



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

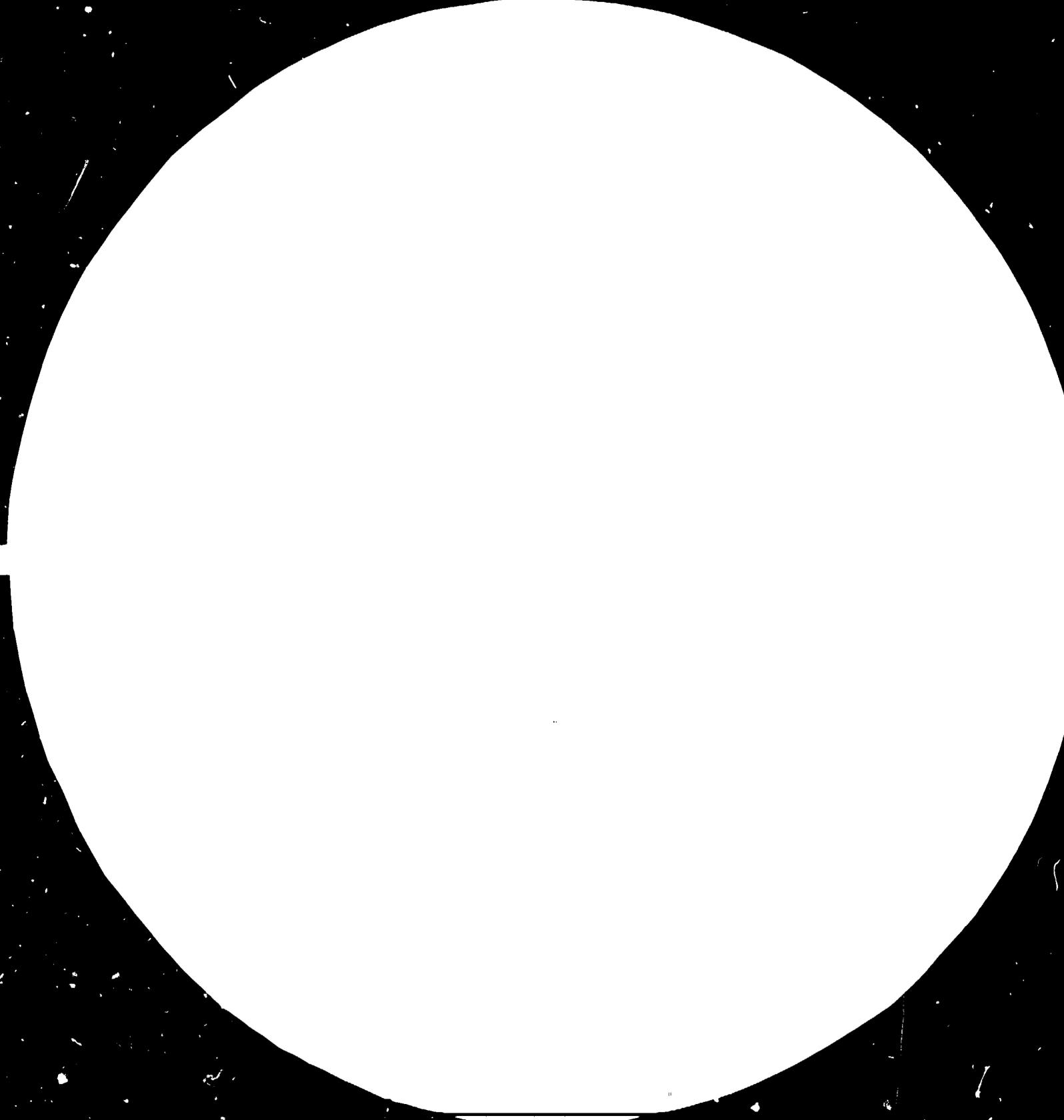
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





3.28

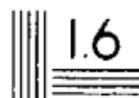
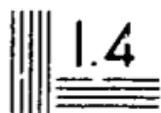
2.5

3.6



4.0

4.5



ANSI #2845-1983 (1987) Resolution Test Chart, Type 2300

Copyright © 1987 by International Technology Corporation

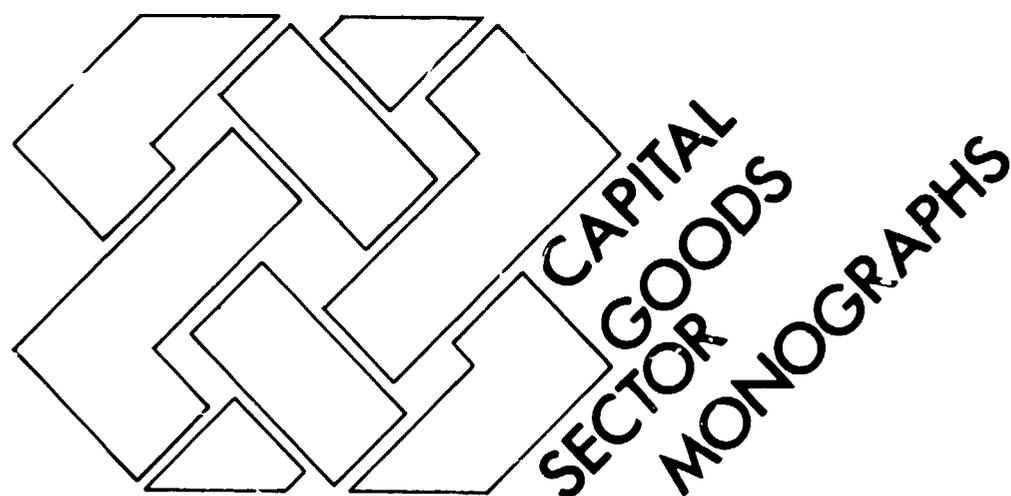
10000 Woodloch Forest Drive, Houston, Texas 77055

800-368-7233, Telex 156280, Cable 156280

CAPITAL  
GOODS  
SECTOR  
MONOGRAPHS

13051  
(1 of 7)

**nacional financiera, s. a.**



**No.1**  
**THE SUPPLY OF CAPITAL GOODS**  
**IN MEXICO**

**NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project**

**MEXICO, D. F., 1979**

*Nacional Financiera, S. A.,  
en Isabel la Católica 51,  
México 1, D. F.*

*This is the first of a series of documents concerned with the supply and demand of the major capital goods sectors in Mexico. It has been elaborated by the NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project as part of the detailed studies being carried out by Nacional Financiera in regard to the situation and prospects of this strategically important industry in the national economy. It should be pointed out that various federal and decentralized organizations, industrial enterprises and their respective associations also participated actively in this work.*

*The study contains the most relevant aspects of the prevailing supply situation of capital goods, especially in those branches of production which were identified as priority activities in Nacional Financiera's document entitled México: Una estrategia para desarrollar la industria de bienes de capital (Mexico: A strategy for developing the capital goods industry). Thus, the new work complements and continues a task begun previously. The present monograph represents a synthesis of research carried out in these branches and constitutes the first in a series of studies in greater detail which will form an integrated collection of documents related to this industrial sector. These documents will, of course, constantly be reviewed and brought up to date in keeping with the progress observed in fact in the industrial development of the country.*

*It is hoped that this publication will contribute toward systematizing information for present and potential investors, officials of the public sector whose task it is to analyze and evaluate this industry and other interested persons. Our objective is to assist in the eventual instrumentation of specific projects of a competitive nature in the domestic and international spheres, following the guidelines of economic policy established by the Mexican Government.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
General Director

NACIONAL FINANCIERA, S. A.

# CONTENTS

	Page
Presentation .....	iii
I. Introduction .....	1
A) The production situation .....	1
B) Principal problems .....	3
C) Expansion possibilities .....	7
II. Platework .....	15
A) The production situation .....	15
B) Specific problems .....	16
3 III. Foundry and forge .....	21
A) Foundry .....	21
B) Forge .....	24
IV. Agricultural machinery and implements .....	27
V. Machine tools .....	29
VI. Earth moving machinery .....	31
VII. Pumps for liquids .....	35
4 VIII. Compressors .....	39
IX. Valves .....	47
X. Diesel engines .....	49
XI. Ball bearings .....	53
6 XII. Electric machinery and equipment .....	55
u XIII. Professional electronics .....	71
Index of tables and charts .....	79

## I. INTRODUCTION

The purpose of this document is to outline the nature of capital goods production in Mexico within each of the main priority sectors.<sup>1</sup> In addition, an effort has been made to identify the relations among enterprises and their production, the most

serious problems faced by these sectors and the production lines which could be developed. Finally, the study presents the most important conclusions derived from a detailed analysis of each of the priority sectors.

### A. THE PRODUCTION SITUATION

It has been estimated that in 1977 the production of capital goods reached a value of almost 40 000 million pesos. Table 1 shows a breakdown of this production figure for each of the production branches which has been defined as priority. It can be seen that the main categories in terms of value are, in order of importance, foundry and forge, electric machinery and platework and heavy machining. These three branches together generated 77% of the internal production of capital goods.

For the purposes of industrial programming and promotion policies, it is convenient to distinguish between equipment that is produced and sold by catalogue and equipment produced and sold on a made-to-order basis. The distinction is important from the point of view of financial support, technological content, definition of minimum production scales, intensity of use of labor and export prospects.

It can be observed that 73% of the local capital goods production corresponds to manufacturing and sales by catalogue. Such a high proportion confirms one of the basic characteristics of national production; that is, the limited manufacture of capital goods in the categories of large sizes

and technologically complex equipment, which are the goods that are usually made to order. This aspect will be discussed at greater length in the analysis of the present supply conditions for each of the priority sectors.

The analysis of capital goods production presented in the following chapters shows that there are about 300 relatively important producers who supply more than 200 groups or families of products within the sector. In this regard, it is important to point out some of the relations among the capital goods producing enterprises and the articles they produce.

The first and most obvious observation is the fact that the machinery industry is dominated by multiple production or coproduction. That is, there are very few enterprises that produce only one product, and even when this may appear to be the case, it is usually due to simplified classification or a lack of explanation of what is hidden behind the product, which usually turns out to be a family of products.

There are many platework factories which fabricate equipment for petroleum, electricity or mining. Moreover, the way the industry is constituted in Mexico, it is the branch most involved in producing custom-made equipment, and the list of goods fabricated may change from one year to the next. In some cases there is product specializa-

<sup>1</sup> For a definition of priority sectors, see *México. Una estrategia para desarrollar la industria de bienes de capital*. NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project. México, D. F., Nacional Financiera, S. A., 1977.

Table 1  
MEXICO: CAPITAL GOODS PRODUCTION BY PRIORITY SECTORS, 1977

Sectors	Production value (Millions of pesos)	Structure %	Composition of production %	
			Catalogue	Custom-made
TOTAL	39 533	100.0	73.1	26.9
<i>Metal products</i>	22 084	55.9	58.2	41.8
Platework and heavy machining	8 136	20.6	55.0	45.0
Foundry and forge <sup>1</sup>	13 948	35.3	60.0	40.0
<i>Non-electric machinery</i>	9 133	23.1	94.0	6.0
Agricultural machinery and imple- ments	2 174	5.5	95.0	5.0
Machine tools	113	0.2	100.0	—
Construction and mining machinery	1 584	4.0	85.0	15.0
Pumps	600	1.5	90.0	10.0
Compressors	537	1.4	100.0	—
Valves	2 376	6.0	100.0	—
Diesel engines	287	3.3	100.0	—
Turbines	—	—	—	—
Gear boxes and ball bearings	462	1.2	70.0	30.0
<i>Electric and electronic machinery</i>	8 316	21.0	90.0	10.0
Electric machinery	8 218	20.8	90.0	10.0
Professional electronics equip.ment	74	0.2	90.0	10.0
Electronic components and parts	24	—	95.0	5.0

<sup>1</sup> Includes captive production and sales to third parties for the manufacture of capital goods.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

tion within this branch, that is, only a few producers fabricate a given product, although this does not limit their producing a wider range of goods.

The case of foundry and forge is a typical example of capacity for producing a wide range of products. The relevant problem here is the scarcity of foundries equipped for producing heavy castings and a serious lack of forged products linked with the capital goods industry.

Even though there is only a small number of firms involved in the production of agricultural tractors, in the corresponding chapter it will be seen that there is a very great diversity of equipment in this category. In the case of farm implements, the number of producers is much larger, but here too there is great diversification. In regard to machine tools, the problem is the scarcity of national products, simplicity of the production processes and limited installed capacity in relation to market needs.

In the sector of earth moving equipment production has been concentrated in one firm which produces a very diversified range of equipment. This firm basically covers the market along with some imports and a few other industries that have begun to produce such products.

Pump production has a longer history in Mexico than the other branches considered here and pro-

vides a good illustration of the "fractionalization" phenomenon in the supply of small, standard and heavy-demand models, along with concentration of the supply of more complex or powerful models in the hands of a small number of enterprises. Nevertheless, those firms that achieve concentration in the large-capacity pumps also have a wide range of products which shows their technological superiority in this branch. It is also true that for the more powerful models of some kinds of very specialized pumps there is a low percentage of national integration.

The case for compressors and valves is similar to that of pumps, and moreover, some enterprises manufacture all three products—pumps, compressors and valves—or at least two of them, at the same time.

Fragmentation is beginning to be evidenced in the supply of diesel motors, especially in low-powered motors, while there is a smaller domestic production capacity in the manufacture of more powerful motors.

A wide range of firms and products is found in the field of electric machinery and equipment production; nevertheless, some very important kinds of articles are not produced in the country, and a certain amount of "fractionalization" of the supply of the most common models of electrical equipment has been noted.

## B. PRINCIPAL PROBLEMS

Table 2 presents a summary of the essential problems affecting present production of capital goods in Mexico, and subsequent chapters provide detailed discussion of these problems.

Many of the problems are inter-linked and frequently affect the entire industry. For example, there is a fairly generalized problem of low productivity in the sector which can be attributed to the existence of machinery having a relatively high degree of obsolescence, which frequently was bought as second-hand equipment. But this problem of low productivity is also linked to the scarcity of trained personnel and a supply that is overly fragmented among an excessive number of brands and models leading to short production lines for each product.

Technology is another area of generalized problems in the capital goods sector. Technological development is inseparable from the expansion of capital goods production. Basically, the conclusions derived from an analysis of the technological field indicate the need to put constant effort into the creation of an adequate technical base for this industry in Mexico. Some of the problems shown in table 2 are related to both the equipment-producing industries and the user industries, with the bridge between them being formed by machinery design in its various phases. This aspect is considered to be important, especially in terms of equipment that is custom-made under particular design specifications.

There is an acute awareness in the capital goods sector that the establishment of such a technical base is an arduous and complex task, and that to a great extent it is linked with the very development of the capital goods industry and with the programmed goals established for that development.

Another aspect of technological problems concerns the acquisition of complete plants, usually through turnkey contracts. Due to the scarcity in Mexico of engineering and contracting groups in this field which could take on such projects, the opportunity for developing an important source of technological experience in the area of design is lost. The largest contracts and main production tasks are not carried out within Mexico, as would be desired. In some cases, the large foreign contractors even have production affiliates in Mexico to whom they usually subcontract products which almost always have a low value per unit of weight or are manufactured very simply. This inevitably means a loss of experience and the impossibility of taking on installation and erection which must be carried out in situ.

Institutional problems are similar to technological questions in terms of the need to adapt them to the development and the firmness of the industry itself. The need for national production

standards cannot be overcome if there is no solid productive base, whose adequate development, in turn, requires a minimum of standards. The excessive diversification of the machinery and equipment range among numerous brands and models preconditions manufacturing possibilities and creates a great many problems for potential producers. This problem generally can be considered as one of the basic factors leading to the "fractionalization" of supply. Table 2 shows clearly that it is most acute in the case of production of smaller-sized equipment and large-scale mass production.

Another element that is important to mention is the lack of adequate financial mechanisms, as well as disparities among the policy objectives of already existing mechanisms. This points to the need for making concentrated efforts to formulate a coherent minimum of common objectives.

In order to better understand another group of difficulties indicated in the above-mentioned table, it is useful to make some comments about one of the characteristic features of many of the mechanical industries. First, a distinction should be made between equipment of a small size, power and capacity, which usually has a larger market and thus requires large-scale production lines, and the larger, more complex equipment, which has a "small" production scale. It can often be seen in the world's industry, that the most important firms involved in producing capital goods make both kinds of goods simultaneously. The large-scale production lines usually give these firms a relatively solid economic base, although they are becoming increasingly competitive. On the other hand, products having greater complexity or capacity, which are produced in limited series, provide training for handling the technical advances that will be required in the future by the user industries and for satisfying possible large-scale demands that may materialize in the future. Thus, the manufacture of more complex equipment must be supported by technical research, since its design and use require more demanding technology.

In Mexico, production usually suffers from the existence of an excessive number of standard mass-produced models so that, even while the size of the market is significant, the economy that ought to result from mass-production is not achieved. Conversely, for larger or more complex equipment there is either no production at all, or production is carried out with a high percentage of imported parts and consequently, very limited national technological participation. That is, the country does not share in the technical mobility of the firm's production. The parent company extends its market for large equipment with a minimum of technology transfer to Mexico.

All of the above comments give an idea of the complexity that is faced by any economic policy which tries to deal with this type of problems.



Description of major problems	Priority sectors										
	Metal products						Non-electric machinery				
	Platework and heavy machining						Agricultural machines & implements	Machine tools	Construction & mining equipment	Pumps	
	Light platework	Structures	Welded pipes	Tanks, heat exchangers, pressure ves- sels, boilers	Platework and heavy machining	Foundry					Forge
<b>Institutions</b>											
Lack of production standards	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Excess diversification of models and kinds of demand	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Lack of the usual related institutions	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Economic policy</b>											
Fiscal disincentives, including decentralization, favor imports	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
System of tax exemption and import permits	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Lack of effective tariff payments by public sector	...	...	...	—	—	...	...	...	...	...	—
Lack of an effective purchasing system oriented toward local products, with adequate mechanisms, evaluation of technology, prices, time payments, etc.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Adequate financial system	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Description of major problems	Priority sectors										
	Non-electric machinery					Electric machinery				Professional electronics equipment	
	Compressors	Valves	Diesel engines	Turbines	Gear boxes & ball bearings	Trans- formers	Breakers & knife switches	Generators	Electric motors	Professional electronics equipment	Electronic components & parts
<b>Production</b>											
Low productivity	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Obsolete and imported used machinery	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Low integration of the productive process in Mexico (low coefficient of national integration)	—	X X X	X X X	—	X X X	X X X	X X X	—	X X X	—	—
Excess of unused diversified capacity	x x x										
<b>Inputs</b>											
Lack of raw materials	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Lack of components, parts and subassemblies	...	...	—	...	—	...	...	...	...	...	—
Lack of standard products	X X X	X X X	—	...	...	...	...	—	—	...	...
Costs and quality	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Technology</b>											
Shortage of labor and skilled intermediate personnel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Shortage of engineering and design technicians	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Low national technological participation	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
In basic concept engineering	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
In product engineering	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
In manufacturing engineering	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Description of major problems	Priority sectors										
	Non-electric machinery					Electric machinery				Professional electronics equipment	
	Compressors	Valves	Diesel engines	Turbines	Gear boxes & ball bearings	Transformers	Breakers & knife switches	Generators	Electric motors	Professional electronics equipment	Electronic components & parts
Lack of technological infrastructure	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Practical impossibility of offering complete (turnkey) plants	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lack of large contracting firms (outside of public works)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Lack of tests, trials and quality control	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Professional preparation of technicians	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Structure of supply</i>											
Fractionalization of supply	xxx	xxx	xxx			xxx					
Excess concentration of supply	XXX					XXX					
Importer-producer duality	—		—		—	—			—	—	
LAFTA competition											
High prices			—								
<i>Market</i>											
Low proportion of demand supplied locally (according to size)	XXX	XXX	XXX	—	XXX	XXX	XXX	—	XXX		—
Structure of commercialization and margins			—								
Size											
Dynamism											
<i>Institutions</i>											
Lack of production standards	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Excess diversification of models and kinds of demand	xxx	xxx	xxx			xxx			xxx		xxx
Lack of the usual related institutions	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Economic policy</i>											
Fiscal disincentives, including decentralization, favor imports	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
System of tax exemption and import permits	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Lack of effective tariff payments by public sector	—	—			—	—	—	—	—	—	
Lack of an effective purchasing system oriented toward local products, with adequate mechanisms, evaluation of technology, prices, time payments, etc.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Adequate financial system	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

... All industrial branches showing this symbol are affected by the problem.

— The problem affects the sector indicated in the column.

XXX Especially affects large, high power, high cost or unusually designed equipment.

xxx Especially affects small, standard, mass-produced or simply designed equipment.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Another fairly well-known problem, linked with all of the above, must be emphasized: that is the dual position of the producer-importer. The origin of many producing companies formed for the purpose of import substitution partially explains this simultaneous position. Nevertheless, this situation places many obstacles in the way of a deeper assimilation of technology in the country, at least as long as the companies' interests are divided between producing and importing, and while it continues to be feasible to depend indiscriminately on foreign technology.

It is important to point out that, with a few exceptions, the industry's problems in achieving

an expansion of capital goods production cannot be attributed to the size of the market nor to lack of market dynamism, especially if it is taken into account that Mexico's market is larger and more dynamic than that of many countries which have, nevertheless, achieved a more substantial and complex production of capital goods which is not based exclusively on exports. The basic problem is, rather, the way in which the market is satisfied. It would seem that the most important problems originate in the interests of foreign exporters and the fact that domestic supply continues to suffer from excessive fragmentation.

### C. EXPANSION POSSIBILITIES

Expansion possibilities in national capital goods supply can be found in three different and complementary forms: i) expansion of the production capacity for goods that are similar to those being produced at present; ii) extension of the ranges of technical specifications of goods produced at present; and iii) introduction of new and different products.

It is important to distinguish among these three categories involved in the expansion of supply because it then is possible to assess different ways in which the problems presented in the previous section may be overcome. To illustrate, various examples might be given. Chart 1 presents the ranges of speed and capacity of the most commonly used compressors. On comparing this chart with others included in the chapter on compressors, several conclusions can be made. In piston compressors, which are the most common kind, it can be seen that there is a large number of local producers, with an overly fractionalized supply; it can also be seen that there is some production of rotary, screw and vane compressors. In contrast, there is no production in Mexico of centrifugal compressors, which are those that have greater capacities.

In order to satisfy the compressors market, it would not be feasible to propose the production of a much greater capacity piston compressor as a new project. In fact, it could be said that the production of the larger capacity compressors ought to be discontinued. On the other hand, it would be appropriate to point out the need for increasing the production volume of compressors currently being manufactured or, in some cases, raise the degree of local integration; although, as has been mentioned, the serious problem of production fragmentation must also be faced.

Turbocompressor manufacture is a field that could be very important for Mexico. In this case there would not only be a new product but also a need for a new plant, since there are considerable differences in their manufacture compared with that of the traditional compressors.

Electric motor production provides another useful illustration of the different treatment required by each product, and also of the fact that not every new project need imply a new factory since new projects may often be combined with those already existing when they have basic aspects of technology in common. For example, chart 2 shows recommended ranges of operation for alternate current motors; it is known that there is an ever-growing need for slow and medium speed synchronous motors with more than 200 HP capacity, and precisely these motors are not yet produced in the country.<sup>2</sup>

Thus, it would seem obvious that there is a need for manufacturing synchronous motors<sup>3</sup> as a new product but this does not mean that a new company ought to be formed; rather it would be more reasonable to strengthen the present production lines of electric motors and generators, with which the synchronous motors have much in common.

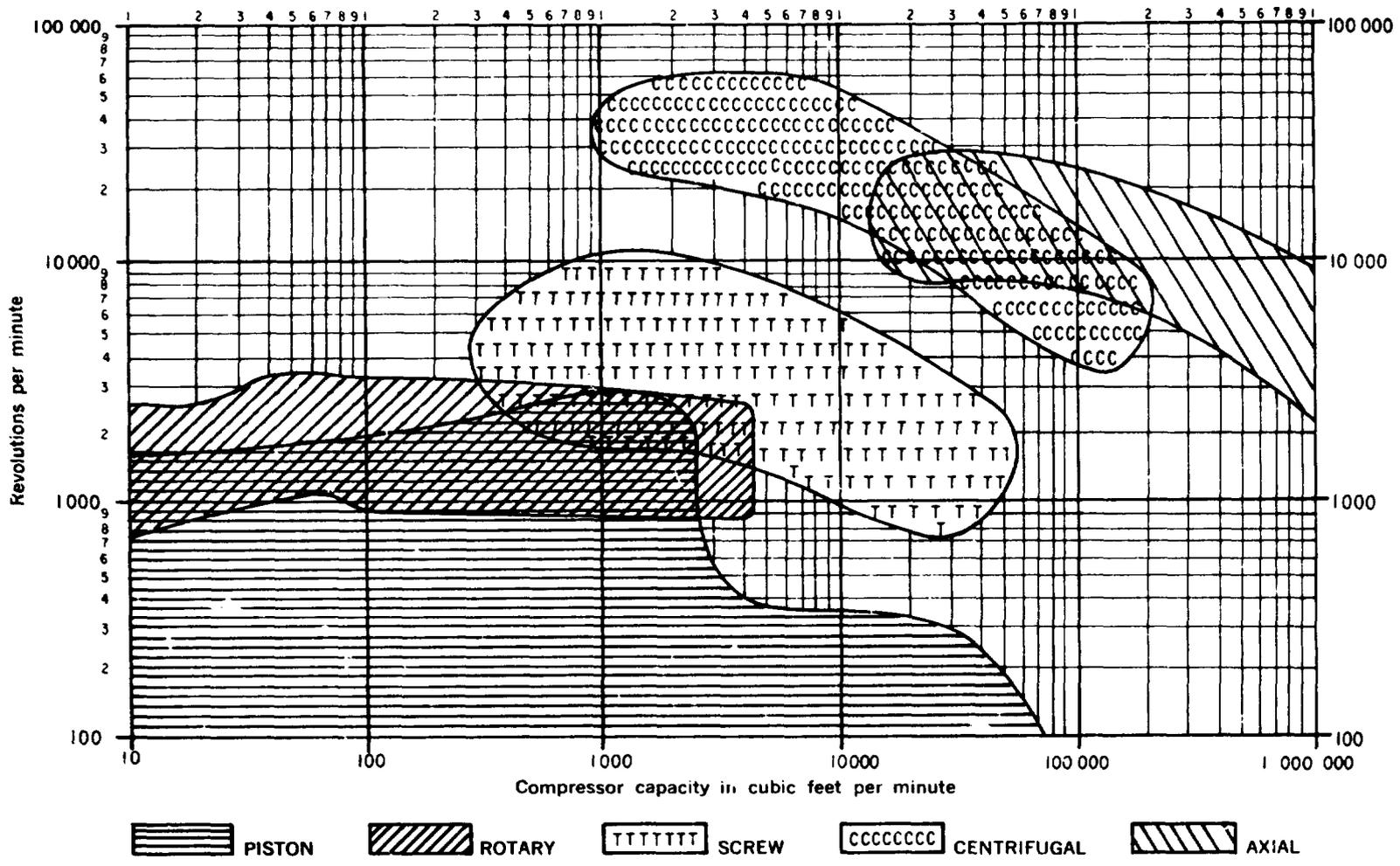
The case of induction motors presently being produced is quite different. Here, there are adequate production levels up to 300 HP, but beyond that level, even though some motors of up to 1 200 HP are produced, total demand is not met. This, then, is a case of the need to broaden the range of power of the motors currently being produced.

Within the framework of these three categories an examination will be made of some of the possibilities for expansion, in terms of priority sectors and specific projects, that were identified following a detailed analysis of the problems outlined and a general evaluation of the future market to be satisfied by these sectors.

<sup>2</sup> Direct current motors are not manufactured either, and they are essential for all kinds of traction uses, among others.

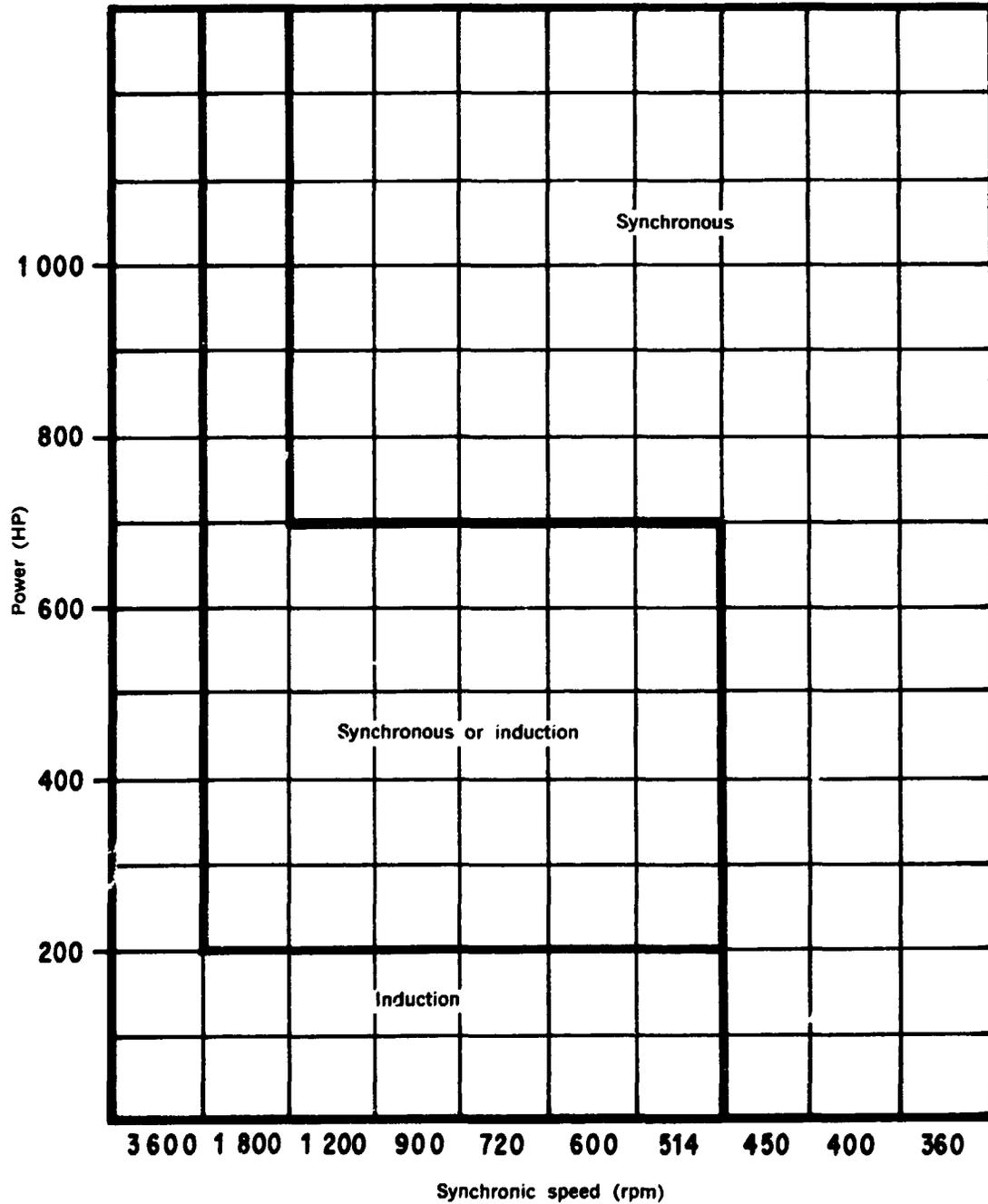
<sup>3</sup> They are commonly used as the motive power for large industrial machines, and are even used for large water pumps since they provide a good power factor.

Chart 1  
TECHNICAL RANGE OF DIFFERENT TYPES OF COMPRESSORS  
IN THE WORLD



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Chart 2  
 RECOMMENDED OPERATIONAL RANGES FOR INDUCTION AND  
 SYNCHRONOUS MOTORS



NOTE: In Mexico induction motors are manufactured only up to 1 200 HP, and few exceed 300 HP; synchronous motors are not produced.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 3 shows investment proposals derived from studies on the supply and demand of the priority sectors of the capital goods industry. These proposals are found at different stages of advancement, from those for which viability studies are already available, to those for which it would be necessary to prepare pre-feasibility studies to determine whether or not it would be wise to undertake a feasibility study.

It must be emphasized that the identification of such investment projects has been formulated for strictly illustrative purposes and in no way constitutes a plan for industrial promotion. These projects are, of course, undergoing detailed analysis and soon the possibilities for instrumentation by present and potential investors will be known.

The new project proposals have been classified in the three categories mentioned above: that is, those which correspond to the category of new products; those which require an expansion of capacity in already existing plants without presenting any important variations in terms of production lines; and those which involve a diversification of production, amplifying it mainly to include products having a greater size, weight, power, range, etc. A total of 157 proposals are presented, which include 110 (70%) for new products; 26 (16.6%) for range increases; and the remaining 21 (13.4%) for increases in existing plant capacities. Forty-two proposals correspond to the group of metal products, 69 to non-electric machinery, 44 to the group of electric machinery and the remaining two to transportation equipment.

Table 3

CAPITAL GOODS PRODUCTION WHOSE DEVELOPMENT IN MEXICO SEEMS TO BE DESIRABLE

Sectors	New products	Increases in installed capacity	Increases in range 1
<i>Metal products</i>			
Platework and heavy machining			
a) Welded pipe	Oil drill pipe (alloy steel) Boiler tubing (flow tubes) 2	Pipes with and without seams up to 44" diameter (mainly carbon steel)	Pipes with seams over 44" diameter (mainly carbon steel)
b) Tanks, pressure vessels and boilers	Complete boilers, 37.5 MW and over for generator plants up to 300 MW 3	Heat exchangers Package and residual heat boilers for the petroleum and sugar industries Distillation towers and internals Thick-walled pressure vessels Air coolers	Heat exchangers  Distillation towers and internals Thick-walled pressure vessels (increase in thickness and size) and air coolers
c) Other platework and heavy machining products	Rod and ball mills  Overhead travelling cranes Blast furnaces Steel furnaces Arc furnaces Plate mills 4 Coking installations and subproducts Other steel industry equipment Copper converters Sinter ovens Leaching plants Equipment for moulding non-ferrous metals Refining ovens for non-ferrous metals Plate mills for non-ferrous metals Equipment for wire-drawing Crucibles for metallurgy Paper machinery and rollers Petroleum land drilling equipment 5	Rod and ball mills Rotary ovens and driers (for cement and other uses)  Cranes	Rod and ball mills Rotary ovens and driers (for cement and other uses)  Cranes

Sectors	New products	Increases in installed capacity	Increases in range 1
Foundry	Grey iron castings over 5 tons		
Forge	Open forge for large parts such as shafts and pump and valve bodies		
<i>Non-electric machinery</i>			
Agricultural machinery and implements	Forrage equipment	Forrage equipment	
Machine tools	Vertical lathe Surface grinders Cylindrical grinders Centerless grinders Cutter sharpener Broaches Universal boring machine Radial drills Multihead drilling machines Combination machines Gear cutting machinery Forging press Pfauler shaping machine Mechanical presses Guillotines Bending machines Automatic single-spindle and semiautomatic turret lathes <sup>6</sup> Precision milling machines <sup>7</sup>	Planomiller Lathes	Parallel lathes over 5 HP and 1.5 tons and 40 cm rotation  Hydraulic presses
Construction and mining machinery	Motorized vibratory and static compactors, 170-300 HP Scrapers, motorized and non-motorized Excavator cranes and draglines on crawler trucks with 80 to 150 ton capacity Rubber wheeled cranes Off-highway trucks Continuous mining machinery with transporter cars Light drills Heavy drills Jumbo drills and tracked perforation drills	Motorgraders, 140-170 HP	Motorgraders, 80, 100, 115 and 225 HP
Pumps	Large volume pumps High pressure hydraulic pumps for motive and control systems <sup>8</sup> Metering multi-input pumps (chemical and food industries)	Pumps for special applications Mud pumps (oil drilling)	Simple process and multistage pumps Multistage pumps for oil pipelines Boiler feeder pumps Condenser pumps Circulation pumps
Compressors	Turbocompressors <sup>9</sup>		
Valves	Safety valves for hydraulic plants Turbine admission butterfly valves Turbine admission globe valves Blowoff valves Safety valves for steam plants Needle valves for discharge	All kinds of valves in diameters over 4"	Automatic control valves larger than 2"

Sectors	New products	Increases in installed capacity	Increases in range :
Diesel motors	Diesel motors, 1 000-6 000 HP <sup>10</sup>		Motors over 150 and up to 1 000 HP, vehicular and stationary types <sup>11</sup>
Turbines	Hydraulic turbines for electricity generation (all kinds) Steam turbines for generating electricity <sup>12</sup> Steam turbines for simple and multistage use, up to 5 000 HP <sup>13</sup> Gas turbines for generating electricity		
Gear boxes and ball bearings	Gear and inversion boxes for marine use Turbine gear boxes (high ratio and power) Precision ball bearings Axial bearings Needle bearings Railway double row conical roller bearings, ABU type <sup>14</sup>		

*Electric machinery*

Transformers			Powers transformers, 10-400 MVA in tensions up to 400 KV <sup>15</sup>
Generators	AC generators for hydraulic turbines AC generators for steam turbines		
Breakers and knife switches	High tension breakers in the range of 145 to 400 KV (project now underway)  High tension knife switches, horizontal, vertical and pantographic	Emergency power plants	Emergency power plants
Electric motors	Synchronous motors  DC station and distribution type motors	Induction motors up to 1 200 HP	Induction motors over 1 200 HP
Connectors and fittings	Connectors and fittings		
Professional electronics equipment	Electronic analog meters, multi-range, overload proof, shockproof laboratory and portable panel instruments (tense filament pivot) Electric strip recorders Digital indicator panels High power digital multimeters Servomechanisms and control systems <sup>16</sup> Electronic activators, electro-pneumatic positioners, transmitters, controllers, and indicators of temperature pressure, flow, level, voltage	Electronic alarms for process monitors Microcomputers	Modulators-demodulators for data transmission Regulated power suppliers Mobile radio-transreceptor over 15 watts output Professional quality electronics components

Sectors	New products	Increases in installed capacity	Increases in range <sup>1</sup>
	DC/AC and AC/DC converter Solid state speed controls for motors Peripheral computer equipment <sup>17</sup> Oscilloscopes service-type up to 10 MHz, 1 or 2 channels Sino wave audio generators over 1 MHz Function generators (up to 1 MHz) Sweep generators for AM/FM pH meters Electrocardiographs Portable pressure meters Electronic absorption spectrometers Spectrophotometers Electronic laboratory scales Electroencephalographs Electronic editing machines Digital clocks and industrial time registers		
<i>T r a n s p o r t   e q u i p m e n t</i>			
Railway transport	Locomotives Passenger cars		

<sup>1</sup> Refers to greater power, weights, capacities and sizes than those of the goods currently produced in Mexico.

<sup>2</sup> These are flow tubes for boilers used in ethylene plants (ethane pyrolysis), made of special steel.

<sup>3</sup> The major user of this boiler is the Federal Electricity Commission (CFE), especially from 80 MW up.

<sup>4</sup> Production in Mexico is beginning, but with a low degree of domestic integration.

<sup>5</sup> This plant includes and expands the production of one of the present manufacturers. It would produce the hoists, mud pumps, towers and rotary table and would buy the other components from third parties. The only user is Petróleos Mexicanos (PEMEX); there would be a demand for 50 rigs per year during 1978-1987. The plant capacity would be 10 rigs per year on one shift and 270 working days. Fixed investments would amount to 70 million pesos; plant personnel would number 183 of which 80% would be skilled and unskilled labor.

<sup>6</sup> Technology is expected to be provided by the English firm Alfred Herbert, Ltd., which will also participate as a stockholder.

<sup>7</sup> The plant is under construction at present.

<sup>8</sup> Principal users are machine tool manufacturers (hydraulic presses) and producers of cranes, jacks, shovels and excavators. The plant would manufacture 20 000 rotary, vane, gear and piston pumps. The demand was estimated on the basis of United States exports to Mexico. Fixed investment would be 30 million pesos and annual sales 52 million pesos. A total of 144 people would be employed, 78% skilled and unskilled labor; monthly outlay for wages and salaries would be 1 million pesos.

<sup>9</sup> For the petroleum and petrochemical industries, in ranges from 4 000 to 32 000 HP.

<sup>10</sup> Diesel motors with this capacity are mainly used in Mexico for trains, earth moving equipment and industrial uses.

<sup>11</sup> Diversification of DINA with Cummins (U. S.).

<sup>12</sup> CFE is the only user. There is no production of these goods in the country. Four turbines would be produced yearly, 2 of 300 MW, 1 of 150 MW and 1 of 37.5 MW. Fixed investment would be 88 million pesos. Total personnel would be 159 persons of which 74% would be skilled and unskilled labor. Monthly outlay for wages and salaries would be 1.3 million pesos. Yearly production would be about 570 million pesos.

<sup>13</sup> There is a project currently underway with low national integration.

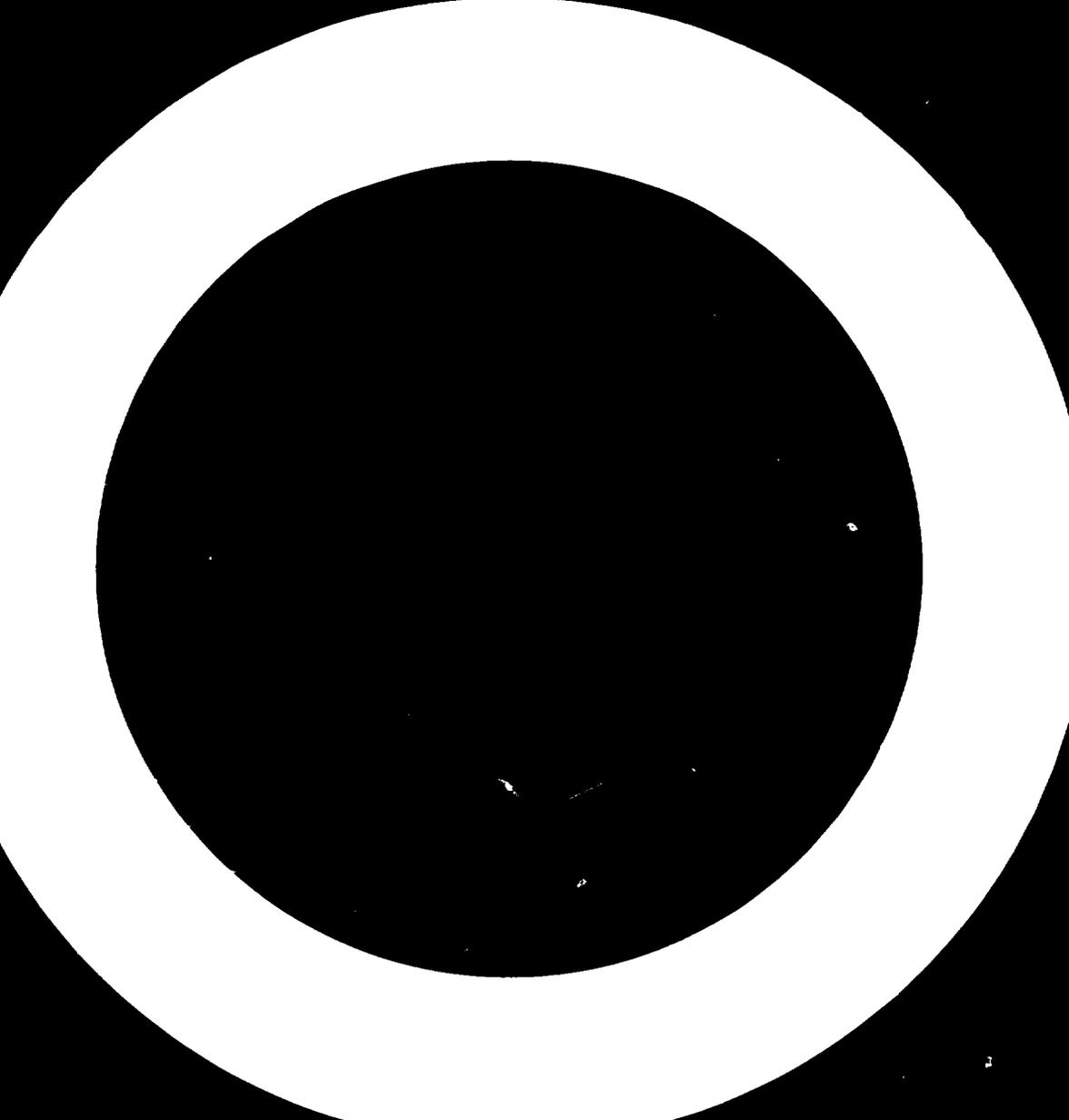
<sup>14</sup> Bearings for railway cars, with dynamic loads from 34 to 96.2 tons. Possible licensor Koyo Seiko, Japan.

<sup>15</sup> Diversification of the products of IEM, S. A. de C. V. and others.

<sup>16</sup> This would be an enterprise dedicated to the design, specification and installation of servomechanisms and control systems. Demand for control systems during 1978-1987 would be about 5 300 million pesos (chemical, petroleum, basic and secondary petrochemicals; pulp and paper, steel, food, cement and sugar industries). Present suppliers in the internal market are distributors or assembly outfits; 9% of parts and components of control systems used in domestic industry are imported. The domestic market amounts to about 400 million pesos yearly. The principal control systems used are the electronic and pneumatic type.

<sup>17</sup> Some of this equipment is already being produced in Mexico.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



## II. PLATEWORK

### A. THE PRODUCTION SITUATION

In 1974, the apparent demand for platework in Mexico was above 5 000 million pesos, of which a little more than 4 500 million was supplied by national production (table 4). It can be seen also that the proportion of imported components used to meet this demand was only 5% in the case of structures and simple vessels, while for boilers, exchangers and similar goods, which are relatively more complex, the proportion of imports was 31% and exports were almost nonexistent. Thus it is evident that there is a greater dependency on imports for the more complex products in the platework industry.

In order to examine the characteristics of platework production in Mexico, a group of 27 enterprises which were responsible for about half of national production were selected. This sample is considered to include almost all of the firms involved in platework for capital goods since the excluded companies were mostly small firms which specialize in construction structures.

Table 5 shows the salient characteristics of this group of 27 enterprises. Their production in 1975 was 125 000 tons with a value of more than 2 200 million pesos and a mean weighted price of about 18 pesos per kilogram, equivalent to the mean prices of simple products such as storage tanks.

The companies in this group generally have more than 100 workers, which defines them as

relatively large firms, from the point of view of employment. The average figures for the 15 largest companies are 324 direct laborers and 530 workers in all.

Table 5

#### PLATEWORK: SIZE OF MAJOR FIRMS,<sup>1</sup> 1975

Production range (tons/year)	Production (tons)	Production value (millions of pesos)	Number of firms
TOTAL	125 228	2 265.9	27
More than 15 000	88 518	848.5	4
From 5 000 to 15 000	5 700	80.0	1
From 1 000 to 5 000	26 734	1 023.4	13
Less than 1 000	3 276	314.0	9

<sup>1</sup> Includes the most representative capital goods-producing firms.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 6 refers to the principal products of the industry. In terms of value, the most important groups of products are heat exchangers and equipment for the chemical industry; second in importance is the category of galvanized structures and towers; storage tanks and platework in general take third place followed by boilers.

Table 6 also includes some products that cannot be considered as traditional platework products: among them the most important are equipment for the paper industry, for oilwell drilling and for the sugar industry. Since platework is quite versatile in a production sense, it has been fairly easy to increase the machining section and move from the production of classic platework products (boilers, exchangers, heavy structures, heavy welding, penstocks, gates, pressure tanks, etc.) to the production of many different kinds of heavy machinery, such as those mentioned above.

The platework industry is moving towards a transition from traditional production to modern

Table 4

#### PLATEWORK: INTERNAL PRODUCTION AND DEMAND, 1974

(Millions of pesos)

Products	Production	Imports	Exports	Apparent internal demand
TOTAL	4 520	661	112	5 069
Structures and low pressure tanks	3 480	192	106	3 566
Boilers and heat exchangers	1 040	469	6	1 503

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 6

## PLATEWORK: PRODUCTION OF MAJOR FIRMS, 1975

Products	Value (Millions of pesos)	Volume (Thousands of tons)	Number of firms included in category
TOTAL PRODUCTION	2 266.6	126.0	
Simple and welded piping	16.7	2.1	2
Structures, galvanized towers	438.3	46.6	5
Pressure vessels and general platework	382.9	47.9	7
Radial gates and antenna bases for satellites	7.7	0.2	2
Ball mills and cement equipment	76.0	0.8	3
Heat exchangers and process equipment	569.6	10.7	11
Boilers and parts	248.2	3.8	6
Cranes	85.5	1.3	2
Paper industry equipment	11.3	0.1	1
Oil drilling equipment	175.6	1.5	2
Sugar industry equipment	101.6	3.0	1
Various	136.8	2.9	4
Subcontracted equipment (sold)	16.4	5.1	—

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

heavy equipment fabrication. Yet its very flexibility is at the same time a weakness, since it is difficult to establish production lines of significant size and equally difficult to deepen the degree of national integration while maintaining the same flexibility unless additional investments are made, supported by significant efforts in product engineering.

It is estimated that in 1975, the year of which available information is most complete, the utilization of installed capacity on a two-shift basis was

close to 80%. According to various subsequent indicators, this average has diminished in the last few years.

In 1975, firms dedicated to the fabrication of structures and towers achieved a more complete utilization of their installed capacity since they were supplying a protected market for mass-produced goods in large volumes. Those dedicated to the production of process equipment made use of their capacity in about the same proportion as the average indicated above, or a little less; and the larger companies involved in heavy mechanical production showed a utilization of capacity that was somewhat less than the average.

Taking into account this distribution of utilization of capacity which varies according to the product in question, it can be concluded that the production capacity for the whole group of enterprises in the sample is 160 000 tons per year, assuming the average utilization of capacity (on the basis of two shifts) weighted by tonnage to be 80%.

The figure of 160 000 tons capacity should be considered as an approximate estimate; nevertheless, there are other ways of measuring capacity on the basis of increases in productivity. The decreasing use of capacity in recent years in the more complex platework plants would seem to indicate that the degree of capacity utilization is strongly conditioned by demand and the proportion of demand satisfied by internal production.

One of the most serious problems faced by platework producers in developing countries is the fluctuation of demand. This not only causes a low utilization of capacity due to uncertainty and the impossibility of completely filling available machining time, but also creates changes in the nature of the products being processed thus introducing factors which reduce productivity during the period required for adapting to such changes.

As one of the chief users of platework products, the public sector is in a better position to establish a programming procedure that would help in resolving many of these problems.

## B. SPECIFIC PROBLEMS

In the previous section, reference was made to the problems faced by this industry, such as low productivity and the effects of serious demand fluctuations on capacity utilization and on possibilities for specialization.

The situation outlined indicates the precarious development of plating in Mexico. Low productivity is connected, at least partially, to antiquated equipment, a low degree of mechanization, insufficient installations, shortage of domestic engineering elements, and usually high costs which result in such high prices that it is difficult to sustain a competitive position. Moreover, some

enterprises which have engineering knowledge prefer to subcontract part of their production to out-of-plant producers and thus the main benefits from plating are shifted from producers to companies, that is, diversified capacity simply becomes piecemeal capacity.

In table 7, where the basic indicators of the major plating production plants are shown, it can be observed that the yields in volume per employee are generally low in comparison with international patterns and even in relation to other Latin American countries. Thus, low yields tend to nullify the advantages of low wages.

Table 7  
**PLATEWORK: BASIC INDICATORS, BY TYPE  
 OF FABRICATION, 1975**

Products	Tons of output per worker	Tons of output per factory square meter	Machine tools per 100 workers
Transmission towers	33.5	1.8	4.1
Structures	10.0	1.0	24.1
Process equipment	4.3	0.4	12.7
Boilers and cement equipment	3.2	0.2	7.9
Heavy machining	4.6	0.2	25.0
Other products	15.7	0.9	6.2

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 7 also gives evidence of a low degree of mechanization. The major enterprises in the sector have a mean of less than 10 machine tools per 100 employees. In contrast, in the United States these figures are between 35 and 41 machine tools per 100 employees (table 8); and in Argentina in 1963, for plants with more than 100 employees (averaging 410 persons) there were 30 machine tools available for every 100 employees, even though at this time the proportion of local engineering was still very small.

Table 8  
**PLATEWORK: STRUCTURE AND AGE OF MACHINE  
 TOOL INVENTORY IN THE UNITED STATES, 1973**  
 (Percentage structure)

Items	Structural platework		Metal products	
	1973	1977	1973	1977
Number of machine tools per 100 workers	35.9	—	41.3	—
Kind of machine tools %	100	100	100	100
Cutting	57	52	62	60
Forming	43	48	38	40
Age of pool of cutting ma- chines %	100	100	100	100
Less than 10 years old	37	34	33	29
Between 10 and 20 years old	40	38	40	34
More than 20 years old	23	28	27	37
Age of pool of forming ma- chines %	100	100	100	100
Less than 10 years old	30	28	28	25
Between 10 and 20 years old	42	41	41	37
More than 20 years old	28	31	31	38

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Another indicator of the difficult situation of this industry is the high percentage of temporary workers.

The machine tool inventory per typical company and by kind of production are shown in table 9. A comparison with the United States clearly shows that Mexico has a high proportion of cutting machines which is an indication that the sector already differs from a classic platework sector and is in the transition process discussed earlier.

Table 9  
**PLATEWORK: NUMBER OF MACHINE TOOLS IN  
 A TRADITIONAL FIRM, BY PRODUCTS, 1975**

Products	(Units)		
	Total	Cutting	Forming
Transmission towers	21	3	18
Structures	39	39	—
Process equipment	34	22	12
Boilers and cement equipment	39	22	17
Heavy machining	70	58	12
Other products	79	52	27

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Another problem which should be pointed out is the obsolescence of the machine tools in plateworking enterprises in Mexico. From table 8 and 10 one might conclude that the inventory in Mexico is newer than that of the United States; nevertheless looking at the sum of the under 10 years old group and that of the over 10 years old group, the structure obtained is almost identical to that of the United States.<sup>1</sup> Apart from this, the Mexican inventory includes second-hand equipment and often the date appearing in information about the age of equipment is the date of purchase, not the date of manufacturing. Only recently has there been an observable tendency to replace machinery with really new equipment, but this tendency has not yet reached significant proportions.

Restrictions are also observed in the case of available cranes and stress relief furnaces. This equipment is shown in table 11. It can be seen that only one firm has hoisting capacity above 100 tons, even though weights in platework frequently exceed this amount (in the case of domes for large boilers, for example). In Brazil there are several similar firms whose present hoisting capacity is 150 tons in a single bay and this is expected to increase to 200 tons as in European companies.

<sup>1</sup> It should be pointed out that the U.S. inventory in platework and metal products is one of the oldest in its machine industry.

Table 10  
**PLATEWORK: STRUCTURE AND AGE OF MACHINE TOOL INVENTORY IN  
 A CHOSEN SAMPLE OF FIRMS, 1975**

(Units)

Machines	Total	Age				Not specified
		Up to 5 years	From 5 to 10 years	From 10 to 20 years	More than 20 years	
<b>Machine tools for cutting</b>	<b>190</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>109</b>	<b>6</b>	<b>15</b>
Cutting	21	7	3	8	1	2
Drills	49	5	8	23	—	13
Lathes	68	9	13	44	2	—
Planers	18	—	3	14	1	—
Boring machines	10	—	3	7	—	—
Milling machines	4	—	—	4	—	—
Gear cutting machines	6	—	—	5	1	—
Cutter sharpeners	5	2	1	2	—	—
Grinding machines	2	1	—	1	—	—
Screw cutting machines	7	2	3	1	1	—
<b>Machine tools for forming</b>	<b>74</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>47</b>	<b>—</b>	<b>—</b>
Bending machines	17	6	9	2	—	—
Mechanical presses	21	1	3	17	—	—
Hydraulic presses	6	1	3	2	—	—
Rolls	11	—	1	10	—	—
Profile forming machines	2	1	—	1	—	—
Others	2	2	—	—	—	—
Special purposes	15	—	—	15	—	—

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

The same restriction applies to heavy-weight machine tools. The equipment in Mexico does not have suitable dimensions for modern large heavy work, apart from the fact that many machine tools are quite old and some of them are second-hand.

Another problem affecting platework is this industry's financial situation. It is easily understood that because of the long fabrication periods required by made-to-order equipment designed specifically for large installations, combined with market fluctuations and changes in production lines, the financial needs for working capital are very large and quite beyond the scope of existing financial mechanisms. The solutions which have been found up to now are not only insufficient but very expensive.

It is not surprising, then, that with all of these problems the platework industry remains in a precarious position, as is seen especially in its low productivity and low index of local engineering knowledge and personnel. Such limited engineering participation not only results in high costs in outflow of foreign exchange and low integration in factories due to insufficient know-how, but also signifies the loss of a very important opportunity for Mexican technicians to penetrate further in design and engineering technologies. In other countries such as Brazil, these kinds of opportunities are being intensively cultivated at present. Mexican advances in this area are limited to complete knowledge of only a few isolated machines and, in a very few cases engineering for complete plants.

Table 11  
**PLATEWORK: CRANES AND FURNACES FOR  
 STRESS RELIEF, BY MAJOR FIRMS**

Overhead cranes (tons capacity)	Furnaces for stress relief (meters)
100/25	4.3 x 4.3 x 8.5 3.7 x 2.3 x 9.7
50/25	3.1 x 3.1 x 6.1
50/10	4.9 x 3.5 x 2.0
35	1.25 x 1.0 x 3.0
30	5.6 x 5.2 x 15.6
25	—
20	12.2 x 4.3 x 4.3
20	—
20	—
18	—
15	—

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Finally, table 12 contains a detailed report on the kind of products fabricated by some of the major plateworking firms in Mexico. The purpose of this table is to illustrate the structure of production even though the table does not include all of the principal companies.

Table 12

## PLATEWORK: FIRMS BY PRODUCT FAMILY

Firms 1	Products or groups of products 2													
	Pipes (welded, rolled and similar)	Structures and frames	Galvanized steel towers (transmission)	Substation structures	Industrial structures	Diverse metal construction and general fabrication	Atmospheric tanks and parts	Standard platework equipment 3	Dust collectors and gas cleaning equipment	Motomixers	Gondola cars	Radial gates	Satellite antenna bases	Vibratory rollers
Cabezas de Acero Kikapoo, S. A.							X							
Torres Mexicanas, S. A.			X			X					X			
Aceros Ecatepec, S. A.	X		X	X		X	X			X		X		X
La Sierrita, S. A.					X	X								
Industria del Hierro, S. A.		X					X						X	
Campos Hermanos, S. A.		X					X							
Metalver, S. A.	X						X							
Industrias Formacero, S. A.		X												
Glitsch Monterrey, S. A.														
Povel, S. A.							X							
Tanques Garza, S. A.														
IFAMESA								X						
Tanques de Acero Trinity, S. A.														
Consorcio Industrial, S. A.														
Avante, S. A.							X		X					
Pfautler Permutil, S. A. de C. V.														
Construcciones Metálicas Monclova, S. A.														
Ce-Rrey, S. A.														
C. S. R. de México, S. A.					X				X					
Industrias Delmex, S. A.														
Ecología, S. A. de C. V.									X					
Cleaver Brooks de México, S. A.														
Clermont, S. A.														
Babcock and Wilcox de México, S. A. de C. V.														
Swecomex, S. A.														
Gatx Fuller, S. A. de C. V.														

Firms <sup>1</sup>	Products or groups of products <sup>2</sup>	Cement industry equipment	Ball mills	Driers	Coolers	Pressure vessels	Pre-heaters	Heat exchangers	Condensers	Package boilers		Boilers mounted in situ	Filters	Cranes	Paper industry equipment
										Smoke tube	Water tube				
Cabezas de Acero Kikapoo, S. A.						X									
Torres Mexicanas, S. A.															
Aceros Ecatepec, S. A.			X	X											
La Sierrita, S. A.		X				X									
Industria del Hierro, S. A.														X	X
Campos Hermanos, S. A.														X	
Metalver, S. A.			X					X							
Industrias Formacero, S. A.															
Glitsch Monterrey, S. A.						X									
Povel, S. A.															
Tanques Garza, S. A.						X									
IFAMESA						X									
Tanques de Acero Trinity, S. A.						X									
Consortio Industrial, S. A.						X		X							
Avante, S. A.				X				X							
Pfaunder Permutil, S. A. de C. V.												X			
Construcciones Metálicas Monclova, S. A.		X				X		X						X	
Ce-Rrey, S. A.		X									X	X			
C. S. R. de México, S. A.															
Industrias Delmex, S. A.								X							
Ecología, S. A. de C. V.					X			X							
Clesver Brooks de México, S. A.											X				
Clermont, S. A.								X			X				
Babcock and Wilcox de México, S. A. de C. V.						X						X			
Swecomex, S. A.					X	X		X	X						
Gatz Fuller, S. A. de C. V.		X													

<sup>1</sup> Order of firms according to average product price.

<sup>2</sup> Product order from less to greater complexity.

<sup>3</sup> Produced by almost all the firms.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

### III. FOUNDRY AND FORGE

#### A. FOUNDRY

##### i) The production situation

The production of castings is considered to be fundamental to the development of the capital goods industry in Mexico since foundry work is one of the critical and most frequently used inputs for that industry. Nevertheless, foundry work in Mexico has evolved with a strong tie to the consumer goods industry, especially the automotive industry, and has only marginally met the requirements of some capital goods such as pumps, compressors and valves.

The ferrous casting industry is made up of about 500 enterprises; of these, plants were selected for this study with capacities for over 5 000 tons per year (19 companies) and those having capacities between 1 000 and 5 000 tons per year (43 enterprises). It is estimated that in 1976 the 19 large firms covered 55.4% of iron production and 90% of the national production of steel. The 43 medium-sized companies supplied 23.4% of nodular and grey iron production and 10% of national steel production in the same year (see table 13).

Large ferrous castings reached an average productivity of 25.5 tons per man in 1976; medium castings, 23.6 tons; and small castings, only 4.8 tons. The national average was 13.2, a figure that is significantly below the average productivity in

Table 13

FOUNDRY: PRODUCTION BY SIZE OF FIRM, 1976<sup>1</sup>

Size of firms <sup>2</sup>	Number of firms	Percentage structure of the production	
		Iron	Steel
TOTAL	500	100.0	100.0
Large	19	55.4	90.0
Medium	43	23.4	10.0
Small	438	21.2	—

<sup>1</sup> Estimated figures.

<sup>2</sup> Large firms are those with over 5 000 tons per year installed capacity; medium-sized firms have from 1 000 to 5 000 ton/year capacity and small firms have under 1 000 ton/year capacity.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project

foundries of the more advanced countries such as Belgium, where in 1974 productivity reached a volume of 34.2 tons per man-year (see table 14).

Tables 15 and 16 contain a partial list of enterprises in the foundry industry and a description of the principal products they make, the material used and the maximum weight of the castings they produce.

##### ii) Specific problems

Apart from the aforementioned problem of low productivity, other problems related to technology and quality control must be mentioned. The technical personnel available in this branch is insufficient, especially in the case of competent metallurgists and semi-specialized technicians. This shortage has a bearing on the high degree of product rejections and, in general, the deficient quality of the work. Only an estimated 70% of large casting operations have adequate quality controls available and for medium-sized castings the estimate is 26%.

Table 14

FOUNDRY: PRINCIPAL ECONOMIC CHARACTERISTICS OF THE FIRMS BY SIZE, 1976<sup>1</sup>

Firms	Production (thousands of tons)	Sales (million of pesos)	Number of workers	Wages <sup>2</sup> (millions of pesos)
TOTAL	603 <sup>3</sup>	11 070	38 491	1 940
Iron castings	453 <sup>3</sup>	7 770	34 341	1 679
Large	251	4 518	9 840	619
Medium	106	1 908	4 501	260
Small	96	1 344	20 000	800
Steel castings	150	3 300	4 150	261

<sup>1</sup> Estimated figures.

<sup>2</sup> Excluding fringe benefits.

<sup>3</sup> Excludes around 50 000 tons of ingot molds representing close to half of this production.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project

Table 15

## FOUNDRY: FIRMS WITH PRODUCTION CAPACITY ABOVE 5 000 TONS PER YEAR, 1976

Firms	Products	Material				Maximum casting weight (tons)
		Grey iron	Nodular iron	Maleable iron	Steel	
Fundiciones de Hierro y Acero, S. A.	Spare parts for mining, cement, chemistry and steelworking Railway wheels	X			X	10
Fundidora de Aceros Tepeyac, S. A.	Mostly parts for railways, construction, steel industry and valves	X			X	20
Acero Solar, S. A.	Parts for mining, sugar, pump industries, etc.				X	5
Amsco Mexicana, S. A.	Mainly for mining industry				X	2.5
Campos Hermanos, S. A.	Hand tools and automotive parts	X				0.1
Ford Motor Company, S. A.	Automotive parts	X				Internal consumption
Fundiciones Ruiz, S. A.	Drains and connections	X				2
Auto Manufacturas, S. A. (D. F.)	Automotive industry		X			0.05
Fabricación de Máquinas, S. A.	Parts for compressors, pumps, electric motors, etc. Cast parts for internal consumption in manufacture of bottle producing machines	X	X			45% internal consumption
Talleres Universales (HYLSA, División Fundición)	Parts for pumps, valves and farm implements Valve bodies		X		X	
Talleres Industriales, S. A.	Centrifugally cast iron pipes and connections, hardware and grain mills	X				0.07
Fundición Monclova, S. A.	Rolls for platemills, shot for shot blasting and various castings	X	X		X	10 and 40 <sup>1</sup>
Cía. Fundidora del Norte, S. A.	Automotive parts, connections and electrical accessories	X	X	X		0.02
Fundición BAFSA	Counterweights, slag pots, balls for ball mills	X				20
Siderúrgica Nacional, S. A.	Parts for railway equipment manufacture, automotive parts	X			X	5
Talleres y Fundición Maestranza	Lathe beds and parts for mining industry	X				2
Auto Manufacturas, S. A. (Puebla)	Automotive parts	X	X			0.16
General Motors de México, S. A. de C. V.	Automotive parts	X				Internal consumption
Metalver, S. A.	Ingot molds and various castings	X			X	90% internal consumption

<sup>1</sup> 10 tons of steel and 40 tons of grey and nodular iron.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 16

**FOUNDRY: FIRMS WITH PRODUCTION CAPACITY FROM 1 000 TO  
5 000 TONS PER YEAR, 1976**

Firms	Products	Material				Maximum casting weight (tons)
		Grey iron	Nodular iron	Maleable iron	Steel	
Lamanin, S. A. de C. V.	Parts for compressors and motors	X	X			2
Fundición La Mexicana	Irrigation systems, marine uses, pipes and connections	X				2
MagnaVal, S. A. de C. V. (Stockham)	Valves	X				
Fundición Nardo, S. A.	Drainpipes and culverts and various castings	X				
Fundidora Panamericana, S. A.	Assorted castings	X				
Maquinaria y Fundición ABC, S. A.	Automotive and various	X				
Vaciados Industriales, S. A.	Assorted castings	X				
Industrial Blaju, S. A.	Pulleys and assorted castings	X				
Nodu Mex, S. A.	Automotive industry (brake drums)		X			
American Foundry de México, S. A.	Automotive casting and pumps	X				
Consortio Industrial, S. A.	Parts for the sugar industry (rollers and assorted castings)	X				5
Fundidora Cuautitlán	Assorted castings	X				
Industrias Memper, S. A.	Assorted castings	X				
San Bar, S. A.	Grain mills	X				
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	Parts for water pumps	X				
Industrias Fontana, S. A.	Parts for water pumps	X				
Menite Metal de México, S. A.	Automotive industry	X				
Fundición Volcán	Assorted castings	X				
Liberty Mexicana, S. A. de C. V.	Parts for sewing machines	X				Internal consumption
Fundiciones Mecánicas, S. A.	Assorted castings	X				
MYMACO, S. A. de C. V.	Assorted castings	X				
Fundición Pantitlán, S. A.	Assorted castings	X				
Maquinaria Automotriz Celorio	Automotive	X				
Sealed Power de México, S. A. de C. V.	Piston rings					Internal consumption
Fundición Vintanelli, S. A.	Assorted castings	X				
Fundición Industrial	Assorted castings	X				
Fundición Lerc	Cylinder liners	X				Internal consumption
Fundidora Sogema, S. A. de C. V.	Parts for automotive, chemical, electric, etc. industries	X	X			
Fundidores Nacionales, S. A.	Parts for compressors, electric motors and valve housings	X				
Jacuzzi Universal, S. A.	Parts for pumps, motors and compressors	X				Internal consumption
CAMISA	Cylinder liners	X				Internal consumption
Taller Tatay, S. A.	Rolls for the sugar industry	X				Internal consumption
Talleres Pok, S. A.	Rolls for the sugar industry	X				Internal consumption
Productora de Hierro Maleable, S. A.	Automotive parts			X		
Webb de México, S. A.	Automotive parts (drums)		X			Internal consumption
Fundidora de Occidente, S. A.	Assorted parts	X				
Hierro y Acero de La Laguna	Lathe beds, parts for pumps and assorted parts	X				70% internal consumption
Válvulas Pacific, S. A.	Valves	X				Internal consumption
Singer Mexicana, S. A. de C. V.	Parts for sewing machines	X				Internal consumption
Fundición La Concepción, S. A.	Agricultural implements	X				
Fundición El Carmen, S. A.	Assorted parts	X				
Volkswagen de México, S. A. de C. V.	Automotive parts	X				Internal consumption
Industrias Unidas, S. A.	Parts for electric insulators		X			Internal consumption

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Another consequence of the high proportion of defective castings and low productivity, is high prices of the products. Sometimes this is because the products have small mass-production demands, a situation associated with an excessive number of producers. This is a reflection, in turn, of the excessive number of plants and product models that involve castings, as is the case for some kinds of pumps, valves and compressors.

However since the foundry industry is a labor intensive activity and one involving difficult environmental conditions, castings exports to developed countries are beginning to grow. Full development of this prospect will, nevertheless, require the resolution of some of the problems that have been outlined here.

Another difficulty faced by Mexican foundry work is the scarcity of plants capable of producing large-sized castings which are essential for the production of capital goods. In table 15, for example, it can be seen that only one specialized firm occasionally produces 40 ton castings and in practice it is difficult to obtain castings of even 10 tons in Mexico. In contrast, countries such as Brazil are currently producing 80 ton pieces and will soon be in a position to produce castings of up to 120 tons.

The practical impossibility of obtaining large castings in the local market has obliged some capital goods producers to replace these castings with heavy welded fabrications when possible and in other cases to simply limit production.

The short supply of domestic input materials has also affected the casting industry, making it necessary to import large quantities of these materials. This not only has an adverse effect on the balance of payments but also provokes rising prices, making the industry itself more vulnerable. Expensive scrap iron is imported, for example, along with pig iron for castings, alloying elements, resins and even foundry sand. For this reason it is considered desirable to support investment projects that could generate the efficient provision of raw materials needed by the foundry industry.

Finally, it should be pointed out that in the case of those foundries which have a captive market since they are associated with the user industry, it may not be easy to modernize or technologically improve the enterprise since in doing so there might in the short run be a transfer of inefficiency or higher prices to the final product. In such cases, it is advisable to carry out a complete examination of the enterprise.

## B. FORGE

Metal forging is one of the basic traditional technical activities of the fabricated metal industry and forged pieces are found in practically all machinery or equipment. Forging consists of giving a form to a previously heated piece of metal through pounding or pressure until it is plastically deformed into the size and shape desired. This can be done through molds which force the metal to take on the form and precision designed into the mold, or it can be achieved directly, without molds, by an experienced forge operator. When a mold is used, the work is called closed forge work; when no mold is used, it is called open forge work.

With forging, the metal not only takes on the desired form but also acquires improved properties; for example, improved yield stress. It is for this reason that forged pieces are usually found in all parts in which excellent mechanical characteristics are needed. These range from hand tools to the vital high resistance pieces used in vehicles, turbines, aviation structures, axles that are subjected to great stress, gears and many more pieces that are essential for machinery.

Thus, forge work is extremely important in that it combines basic mechanical and metallurgical processes with design and finishing which are usually very complex and demanding. All of the care and work that is put into forging means that the production of forged pieces usually requires

fairly large-scale production on lines to be economical.

In Mexico, as can be seen in table 17, there is a considerable number of open and closed forges. Table 18 shows, however, that the uses for these pieces are traditional; that is, in manual tools, bolts and screws and agricultural implements, although in recent years forge development has been mainly absorbed by the automotive industry. The international suppliers for the automotive industry transfer very little forge technology to the country. In some cases, forge shops produce exclusively for the user industries, which usually results in low utilization of capacity. The recent inauguration of a national enterprise, Forjames, S. A. de C. V., presents a possibility for alleviating this situation although it seems that this new company will start out by serving the largest market, which at present is the automotive industry.

The required synchronism in the development of both the forge and capital goods industries underlines the pressing need for foreseeing and coordinating the development of both fields, since the production of capital goods would be seriously limited by a lack of the necessary forged pieces and by the same token, the development of forge work is inconceivable without the existence of a sure market, especially in the field of capital goods.

Table 17  
**FORGE: MAJOR SHOPS AND THEIR PRODUCTS, 1975**

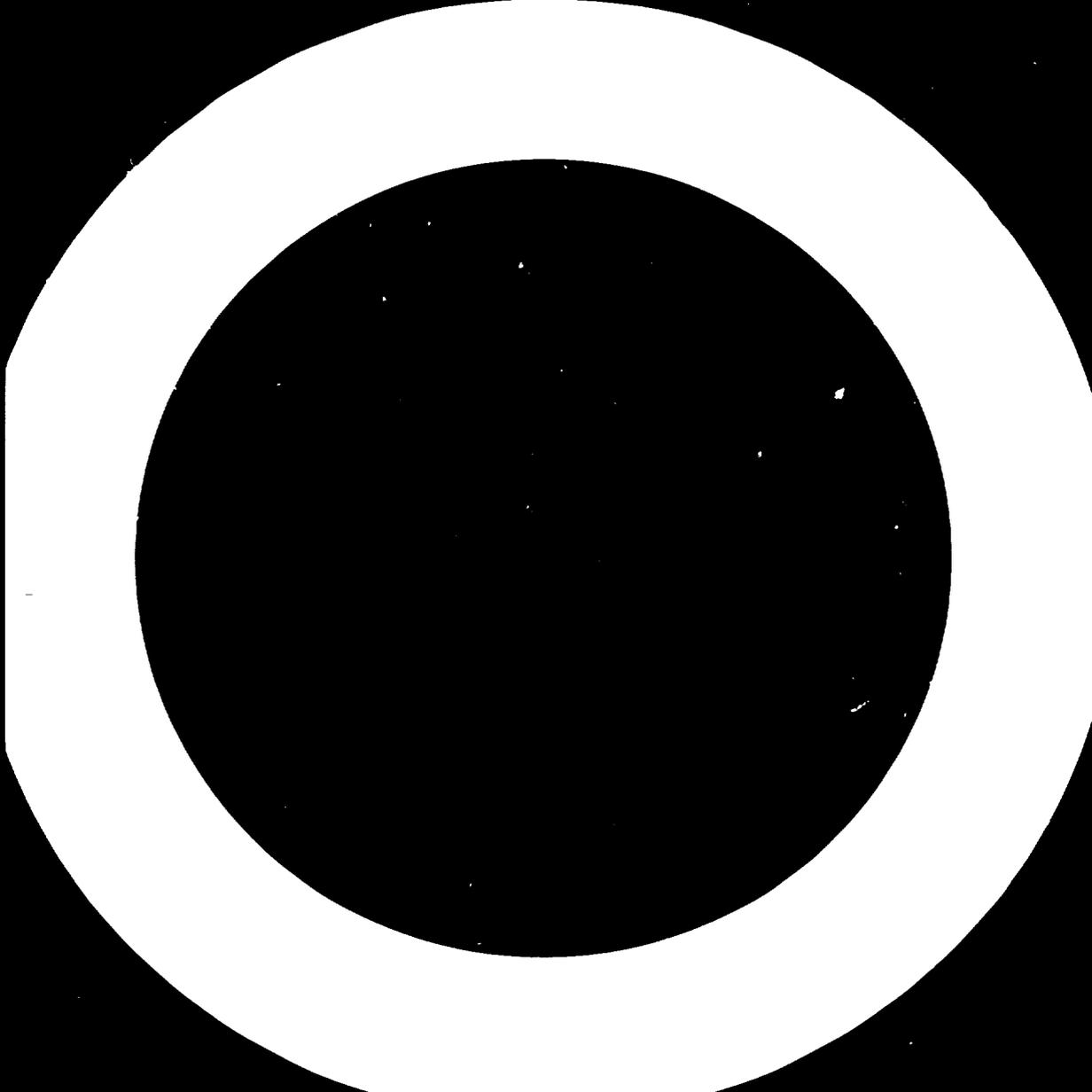
Firms	Type of forge		Products
	Open	Closed	
Campos Hermanos, S. A.	X		Bars, shafts, rings, disks, blocks for dies and others
Campos Hermanos, S. A.		X	Hand and precision tools
Siderúrgica Nacional, S. A.	X		Bars and shafts
Aceros Anglo, S. A. de C. V.	X		Bars and shafts
Fundidora de Aceros Tepeyac, S. A.	X		Bars and shafts
Acero Solar, S. A.	X		Bars
Fábrica de Implementos Petroleros, S. A.	X		Valves
Transmisiones y Equipos Mecánicos, S. A.		X	Automotive industry
Spicer, S. A.		X	Automotive industry
Eaton Manufacturera, S. A.		X	Automotive industry
Trailers de Monterrey, S. A.		X	Automotive industry
Suspensiones Automotrices, S. A.		X	Automotive industry
Aceros de Chihuahua, S. A.		X	Automotive industry
Industria Automotriz de Cuernavaca, S. A. de C. V.		X	Automotive industry
Refacciones Automotrices e Industriales Mexicanas, S. A.		X	Automotive industry
Rassini Rheem, S. A. de C. V.		X	Springs (leaf and coil)
T. F. de México, S. A.		X	Pipe connections
Fabricación de Máquinas, S. A.		X	Machine parts
International Harvester de México, S. A.		X	Agricultural implements
Talleres de Implementos Agrícolas de Nuevo León, S. A.		X	Agricultural implements
Herramientas Nacionales de México		X	Hand and precision tools
Herramientas Universales, S. A. de C. V.		X	Hand and precision tools
Protomex, S. A.		X	Hand and precision tools
Herramientas Klein, S. A. de C. V.		X	Hand and precision tools
Umbrako Mexicana, S. A.		X	Screws
Productora de Tuercas, S. A.		X	Screws
Tijeras y Cuchillería El Barrilito, S. A.		X	Blades
Forjamex, S. A. de C. V.		X	Automotive industry

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 18  
**FORGE: MARKET STRUCTURE**

Industries	%	Industries	%
TOTAL	100	Valves	5
Automotive	35	Machine parts	5
Hand and precision tools	22	Blades and scissors	5
Agricultural implements	9	Forged connections	5
Screws	9	Railway equipment	5

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



## IV. AGRICULTURAL MACHINERY AND IMPLEMENTS

The production of tractors in Mexico is carried out by four enterprises, with five trademarks and 16 different models. In relation to the size of the Mexican market this could be considered excessive, although some models are variations of basic models without essential differences (see table 19). The variety of models could probably be reduced without affecting users.

In 1975, national production reached a total of 11 046 tractors; since the production of a plant of a reasonable economical size would be above 20 000 units per year, the national market does not require more than one single factory.

According to projections made on the basis of historical production growth trends, in 1981 there should be a supply of 20 000 tractors and in 1985, 35 000 tractors (hypothesis 1). Present installed capacity is estimated at 44 000 tractors per year on a three-shift basis.

Nevertheless, given the low level of agricultural mechanization in Mexico, the imperative need to increase agricultural production and the necessity for increasing the yields of the different crops,

a normative projection of the demand for agricultural machinery was made which could be suggested as a goal. This goal could be fixed with the aim of an intensive mechanization effort in Mexican agriculture up to 1985 so that by then the country might expect to have a stock of one tractor per 60 hectares, as a national average. This hypothesis, which would mean having a stock per area similar to that of Spain in 1970 is, moreover, consistent with the goal of agricultural production growth which has been estimated at 5% annually. According to this hypothesis, national tractor production for 1985 should be 100 975 units per year. The figure appears to be high, but countries such as Brazil were producing more than 75 000 tractors in 1976.

It is evident that this agricultural mechanization goal will require intense efforts in production organization, training of technical personnel, adequate financial resources, etc., and that the country will have to start preparing itself right now. For practical purposes, it has been considered useful to elaborate an intermediate projection of the internal demand for tractors, which assumes that the goal of 60 hectares/tractor would be reached by 1990; in 1985 the level of mechanization reached would be 80 hectares/tractor (hypothesis II). Under this assumption, the volume of tractor production would be 62 855 units for 1985, almost 50% above the present installed capacity but lower than Brazil's production in 1976.

Tractor imports in 1975 were around 3 000 units, half of which were new units ranging from 160 to 250 HP.

In terms of exports, Mexico is considered to have certain advantages for favorably competing with countries such as Brazil, Argentina and the United States in the Central American markets. It must be emphasized, however, that exporting requires a strong organization in distribution, sales, maintenance services, repairs, and a regular supply of spare parts; for this reason it is unlikely that such exports could be carried out without the participation of the parent companies which licence local producers.

The production of agricultural implements in Mexico is divided amongst 72 enterprises. Production reached a level of 20 112 implements in 1974; apparent consumption was of 26 478 units.

Installed capacity is estimated to be 57 000 units per year on the basis of three shifts, which would be sufficient to cover demand up until 1978.

Table 19

### AGRICULTURAL MACHINERY: MAJOR PRODUCERS

Firms	Market share in 1975 <sup>1</sup> %
<b>Tractors</b>	
	100.0
Massey Ferguson de México, S. A.	37.8
Siderúrgica Nacional, S. A.	27.4
John Deere, S. A.	20.8
International Harvester de México, S. A.	14.0
<b>Implements<sup>2</sup></b>	
Implementos Agrícolas Mexicanos, S. A. <sup>3</sup>	
John Deere, S. A.	
International Harvester de México, S. A.	
Agrícolas Swecomex, S. A.	
Industrial Kimbell, S. A.	
COMMANG, S. A.	

<sup>1</sup> Calculated on the basis of volume.

<sup>2</sup> The 1970 Industrial Census registered 74 firms including those producing all kinds of agricultural machinery.

<sup>3</sup> Affiliate of Massey Ferguson de México, S. A.; 1970 share in domestic production of agricultural implements estimated at about 30%.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project

It is estimated that expansion will be required to cover the deficit shown in projections for subsequent years and for covering import substitutions, in the case that it is considered desirable to strengthen the substitution process.

In terms of the exportation of farm implements, there has been some experience in this area, although limited, which indicates that this could be an item of specialization for Mexico, since the design and manufacturing technologies of these products are well known in this country. As additional advantages, these products are generally standardized and the majority can be produced without foreign licences. Farm implements are also interchangeable since they are produced for a given tractor horsepower and not according to particular kinds or brands of tractors.

Mexico does not produce combined harvesters and the volume of demand apparently does not

justify the establishment of a plant of a reasonably economical size. Historical trends indicate that national demand would not reach 2 500 units per year by 1985; naturally, if more ambitious assumptions were made, they would lead to different figures. If local manufacture were to be undertaken, by assembly for example, it would require the organization of a single production unit for one or two basic models of universal combines which by changing the heads could serve as harvesters for any kind of grain.

It is useful to point out that in terms of the agricultural machine industry in general, Mexico can achieve a competitive position as soon as the country has plants of an economical size, since diesel motor production facilities are already available and there is a fairly well developed supplier industry which could efficiently support the expansion plans of the enterprises in this field.

Table 20

AGRICULTURAL MACHINERY: PRODUCERS CLASSIFIED BY VOLUME OF PRODUCTION AND RANGE OF UNIT POWER, 1975

Firms	Volume of production (units)			Power range of units (HP)			
	From 1 500 to 2 500	From 2 500 to 3 500	From 3 500 to 4 500	Up to 50	From 50 to 100	From 100 to 150	From 150 to 200
Massey Ferguson de México, S. A.			X	X	X	X	
Siderúrgica Nacional, S. A.		X		X	X		
John Deere, S. A.	X			X	X	X	X
International Harvester de México, S. A.	X				X	X	

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Additional support for the future development of this industry should be provided by the creation of training and engineering centers for the design and testing of equipment, so that the basis for a more solid and autonomous technological development could be gradually established.

The low levels of mechanization and apparent demand for agricultural equipment are due to deficiencies in the agricultural sector. Possibilities for improving mechanization conditions are very complex since they involve many obstacles that are difficult to overcome. The commercialization of agricultural machinery is an important aspect which could have a strong influence on the increase of demand for these machines and, as a result, on the agricultural mechanization of the country. In this regard, it has been observed that providing

credit for users is one way of increasing the employment of agricultural machinery since the decisive factor in purchases of these capital goods is not so much the sales price as the financial conditions that accompany it. Consequently, promotion of the use of agricultural equipment requires strong and inexpensive financial support.

On the other hand, the farmer needs to have agricultural machines available at the opportune moment even though they may not be his property, and this could be handled by rental or sale of machine hours. It should not be forgotten that the goal to be reached is that of raising the level of agricultural mechanization, and the sale of machine hours or rental of equipment could facilitate the mechanization of land whose owners do not have the means for acquiring their own equipment.

## V. MACHINE TOOLS

Mexico has a considerable market for machine tools. The annual demand is estimated at close to 150 million dollars, without including wood-working machines. In international comparisons, Mexico's market occupies an outstanding place in the world, roughly comparable to the demand in Brazil, for example. In this market the share of local production is small — less than 5 million dollars per year — and is made up of simple, light-weight, nonspecialized machines. In contrast, other countries with the same market size have reached the point of supplying at least half or more of their internal demand and have made considerable advances toward increasing specialized production and

entering into the area of numerical control and exportation of simple, robust, low-priced models. In some cases, such as in India, they have even started to export technologically refined and specialized models. Thus, it can be seen that the difference between the potential of this industry and its actual situation at present is one of the most striking contrasts in the national machine industry.

Table 21 shows national production in the last few years and table 22 includes a report on the 13 most important manufacturers (including two projects that are being installed) with data on their production lines.

Table 21  
MACHINE TOOLS: PRODUCTION, 1964-1977

Year	Total			Cutting			Forming		
	Quantity (units)	Volume (tons)	Tons per unit	Quantity (units)	Volume (tons)	Tons per unit	Quantity (units)	Volume (tons)	Tons per unit
TOTAL 1964-1977	8 449	8 891.2	1.05	7 245	5 265.3	0.73	1 204	3 625.9	3.01
1964	200	180.0	0.90	200	180.0	0.90			
1965	206	189.6	0.92	206	189.6	0.92			
1966	228	220.3	0.97	228	220.3	0.97			
1967	283	283.8	1.00	283	283.8	1.00			
1968	296	328.6	1.11	296	328.6	1.11			
1969	360	400.5	1.11	360	400.5	1.11			
1970	423	503.9	1.19	398	423.9	1.07	25	80.0	3.20
1971	453	630.0	1.39	414	461.4	1.11	39	168.6	4.32
1972	492	585.9	1.19	470	473.6	1.01	22	112.3	5.10
1973	548	723.0	1.32	473	501.3	1.06	75	221.7	2.96
1974	1 215	1 323.6	1.09	904	561.5	0.62	311	762.1	2.45
1975	1 318	1 370.7	1.04	1 072	621.9	0.58	246	748.8	3.04
1976	1 243	1 167.3	0.94	1 011	382.1	0.38	232	785.2	3.38
1977	1 184	984.0	0.83	930	236.8	0.25	254	747.2	2.94

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

In any country, the machine tool industry is of light parallel lathes, most of which are used for educational purposes, does not even reach 800 units. In the case of other machines the situation is equally unfavorable; there is no production of basic machinery or its production is just starting. Local machines are, in general, only adequate for light production and technology tends to be relatively elemental and obsolete.

In any country, the machine tool industry is a basic indicator of the condition of the machine

industry; in fact, the machine tool is the specific machine of the machine industry and thus to a great extent fixes the conditions for productivity and technology. Some of the reasons for its importance are the precision standards that are required, manufacturing skill, the technology that must be mastered, implications in regard to user industry productivity and technologies, the constant incorporation of innovations, and the combination of complex techniques and a variety of different kinds of mechanisms.

Up until now, in a general sense, the machine industry's development has been based on the simultaneous development of machine tools. The arguments presented emphasize the importance of giving this activity the priority it deserves and providing it with a financial, institutional and technological framework that would contribute towards overcoming the notable lag that characterizes the development of this sector in Mexico.

The relative lag in this field has many causes: among them it is useful to point out the fact that the machine industry has not undergone intense development nor has it been the object of a deliberate policy leading to its development. As a result of this, investments have to a great extent been directed toward the purchase of second-hand, obsolete machinery which has resulted in low productivity but which provided a way of alleviating

the companies financial problems at the time. This, in turn, implied a low degree of mechanization and, few or no incentives for the production of machine tools. The potential of this industry is enormous and its growth is an essential condition for the coherent and solid growth of the machine industry. Recently, measures have been taken and projects executed aimed toward stimulating the industry's growth.

The machine tool industry in Mexico is still at a very initial stage of development which makes heavy demands in terms of technology, material supplies and high quality components. This fact combined with the constant financial problems it faces which for the moment have been somewhat mitigated by a low proportion of local integration, indicate that the industry will need special support in order to sustain its development.

Table 22  
MACHINE TOOLS: PRODUCERS, BY TYPE OF PRODUCTS

Firms	C u t t i n g										
	Bench drill	Column drill	Hack saw	Cutter	Bench lathe	Horizontal lathe	Turret lathe	Automatic lathe	Vertical milling machine	Universal milling machine	Horizontal milling machine
Herbert Mexicana, S. A. de C. V.							X	X			
Fábrica Nacional de Máquinas-Herramienta, S. A. de C. V.		X				X	X			X	
Oerlikon Italiana de México, S. A. de C. V.									X		X
FAMASA						X					
Máquinas Monterrey, S. A.											
Manufacturera Tosa, S. A.	X	X									
Industria Automotriz, S. A.											
Máquinas Mexicanas, S. A.											
Industrial Lagunera, S. A.	X	X			X	X					
Dreis & Krump de México, S. A.											
Mecanomex			X								
Empacomatic				X							
Mecamex, S. A.						X					

Firms	C u t t i n g					F o r m i n g				
	Tool-room milling machine	Open-sided planer	Manual guillotine	Mechanical guillotine	Hydraulic guillotine	Manual bender	Mechanical bender	Hydraulic bender	Mechanical press	Hydraulic press
Herbert Mexicana, S. A. de C. V.										
Fábrica Nacional de Máquinas-Herramienta, S. A. de C. V.	X									
Oerlikon Italiana de México, S. A. de C. V.	X									
FAMASA										
Máquinas Monterrey, S. A.				X			X		X	
Manufacturera Tosa, S. A.										
Industria Automotriz, S. A.									X	
Máquinas Mexicanas, S. A.										X
Industrial Lagunera, S. A.		X								
Dreis & Krump de México, S. A.			X	X	X	X	X	X		
Mecanomex										
Empacomatic										
Mecamex, S. A.										

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA UNIDO Joint Capital Goods Project.

## VI. EARTH MOVING MACHINERY

There are six construction machinery producers in Mexico which specialize in earth moving equipment at present.<sup>5</sup> Tables 23 to 28 contain their names, the principal characteristics of their production plants, and some data regarding production. The most important goods they produce are the following (see also table 29): a) Compacto, S. A. de C. V. manufactures motorgraders, backhoe excavators, static and vibratory compactors, excavator cranes, draglines and concrete mixers; b) DINA-Komatsu Nacional, S. A. de C. V. produces bulldozer-type Caterpillar tractors with rippers; c) PRIMSA makes wheel loaders; d) Pettibone de México, S. A. produces aggregate crushing and

screening plants; e) Proclain Mexicana, S. A. produces crawler and wheeled backhoe excavators (under technological licence from France); and f) Maquinaria Hidráulica Mexicana, S. A. produces crawler and wheeled backhoe excavators (under a patent from a Franco-American consortium).

The value of earth moving equipment production was more than 1 000 million pesos in 1977. This value represents barely 15% of the demand for such equipment, whose total reached 7 413 million pesos that same year (see table 30). In terms of number of units, it is estimated that domestic production accounted for 716 machines, covering 24% of the total demand for around 3 000 machines in that year. There is no local production of crawler track loaders nor of wheel tractor scrapers.

<sup>5</sup> Of these firms, four also operate as import representatives.

Table 23

### EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT PRODUCED BY COMPACTO, S. A. DE C. V.

Equipment	Power of unit (HP)	Capacity or weight	Operating weight (kg)
Motorgraders	140	—	12 231
Motorgraders	170	—	13 137
Spiked vibratory compactor	37.5	12 000 kg	5 500
Vibratory compactor	37.5	10 000 kg	4 600
Rubber wheel compactor	—	11 804 kg	1 639
Towed tandem compactor of 4-6 tons	52	—	4 236
Towed tandem compactor of 8-10 tons	73	—	7 349
Three-roll road roller of 10-14 tons	73	—	9 225
Concrete mixers	—	6-8 yd <sup>3</sup>	2 900 - 3 350
Backhoe excavators	88	0.35 - 0.50 m <sup>3</sup>	10 000
Excavator cranes	—	3/4 yd <sup>3</sup> (0.57 m <sup>3</sup> )	
		1 1/4 yd <sup>3</sup> (0.95 m <sup>3</sup> )	
		1 1/2 yd <sup>3</sup> (1.15 m <sup>3</sup> )	
Draglines	—	13.6 ton	
		27.7 ton	
		41.0 ton	

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 24

### EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF TRACTORS ON TRACKS PRODUCED BY DINA-KOMATSU NACIONAL, S. A. DE C. V.

Tractor	Power output (HP)	Operating weight (kg)				
		Total	Tractor	Angled dozer blade	Ripper	Control
D 65 A - 6	140	17 420	13 000	2 330	1 600	490
D 85 A - 12	180	25 560	17 900	3 540	3 640	480
D 155 A - 1	320	38 920	26 730	5 520	5 890	780

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 25

**EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF WHEELED FRONT LOADERS  
PRODUCED BY PRIMSA**

Basic characteristics	Model 45-B-150	Model 45-B-175	Model 75-111-A	Model 85	Model 175-B
Capacity (yd <sup>3</sup> )	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
Power output (HP)	95	95	130	221	279
Local integration (%) <sup>1</sup>	76	76	76	75	76
Operating weight (kg)	6 960	7 707	10 305	16 630	12 100

<sup>1</sup> Based on costs, according to PRIMSA.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 26

**EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTION MATERIAL BATCHING  
PLANTS PRODUCED BY PETTIBONE DE MEXICO, S. A.**

Equipment	Basic characteristics
Portable primary plants	The plant includes jaw crushers, impact crushers and hoppers. The brand, a universal kind, is <i>Impact Master</i> ; it includes hoppers and vibratory screen mounted on a truck type frame with double or triple rear axles. Can be supplied with diesel, gasoline or electric motive power plant
Portable secondary plants	Has crushers using hammer or cone mills, etc. Also includes hoppers, <i>Screen Master</i> screen, and diesel motive power plant, all mounted on a truck with double or triple axles
Stationary plants	Is a full crusher center. Includes primary and secondary crushing, hoppers, screens, conveyors, and diesel, gas or electric motive power. Designs cover all ranges of capacity

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 27

**EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF BACKHOE EXCAVATORS PRODUCED  
BY PROCLAIM MEXICANA, S. A.**

Basic characteristics	Model Ty-45	Model TC-45	Model Ly-2P	Model LC-80	Model GC-120
Type of mounting	Pneumatic tires	Tracks	Pneumatic tires	Tracks	Tracks
Power (HP)	55	55	105	105	115
Weight with backhoe (tons)	9.9	10.1	14.2	15.5	23.2
Maximum backhoe capacity (litres)	540	540	110- 900	110- 900	1 200
Maximum loader capacity (litres)	800	800	400-1 600	400-1 600	1 500

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 28

**EARTH MOVING MACHINERY: CHARACTERISTICS OF BACKHOE EXCAVATORS PRODUCED  
BY MAQUINARIA HIDRAULICA MEXICANA, S. A.**

Basic characteristics	Wheel model	Track model
Power output	103 and 116 HP	103 and 116 HP
Hydraulic system	Gear pump Operating cylinders and jacks (elevation, penetration and lift)	Gear pump Operating cylinders and jacks (elevation, penetration and lift)
Drive	Truck type; 5 speed with hydraulic steering, brake and stabilizers	Chain type, driven by 2 hydraulic motors
Total weight (tons)	13.5	13.4

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Graders are used principally in works carried out by the public sector and there is an advanced degree of consolidation and integration in these machines. There is also production of widely used machinery having low capacity or limited power, including bulldozer-type Caterpillar tractors; the low-power units of such tractors which have a wide market, are still imported.

The scarce production of equipment with larger capacities and power and the insufficient production of lower capacity equipment constitute one of the major problems of this industry; national production satisfies a very limited proportion of the demand. This results in an excessive outflow of foreign exchange and a lack of mechanical de-

velopment that restricts the producers of foundry and forge work and also limits the domestic demand for diesel motors.

Not only does national production cover a small proportion of demand, but among the existing producers assembly work predominates and, in general, local integration coefficients are low, which is another of the problems affecting this industry.

Due to the large number of brands and models available on the international market, there is a danger that national supply could become fractionalized among an excessive number of producers to the detriment of national integration and with the result of increasing costs. This problem could still be avoided in Mexico.

Table 29

EARTH MOVING MACHINERY: PRODUCERS CLASSIFIED BY TYPE OF PRODUCT

Firms	Motor-graders	Compactors	Road loaders	Concrete mixers	Backhoe excavators	Excavator cranes	Draglines	Tractors on trucks	Wheeled front loaders	Batching plants
Compacto, S. A. de C. V.	X	X	X	X	X	X	X			
DINA-Komatsu Nacional, S. A. de C. V.								X		
PRIMSA									X	
Pettibone de México, S. A.										X
Proclain Mexicana, S. A.					X					
Maquinaria Hidráulica Mexicana, S. A.					X					

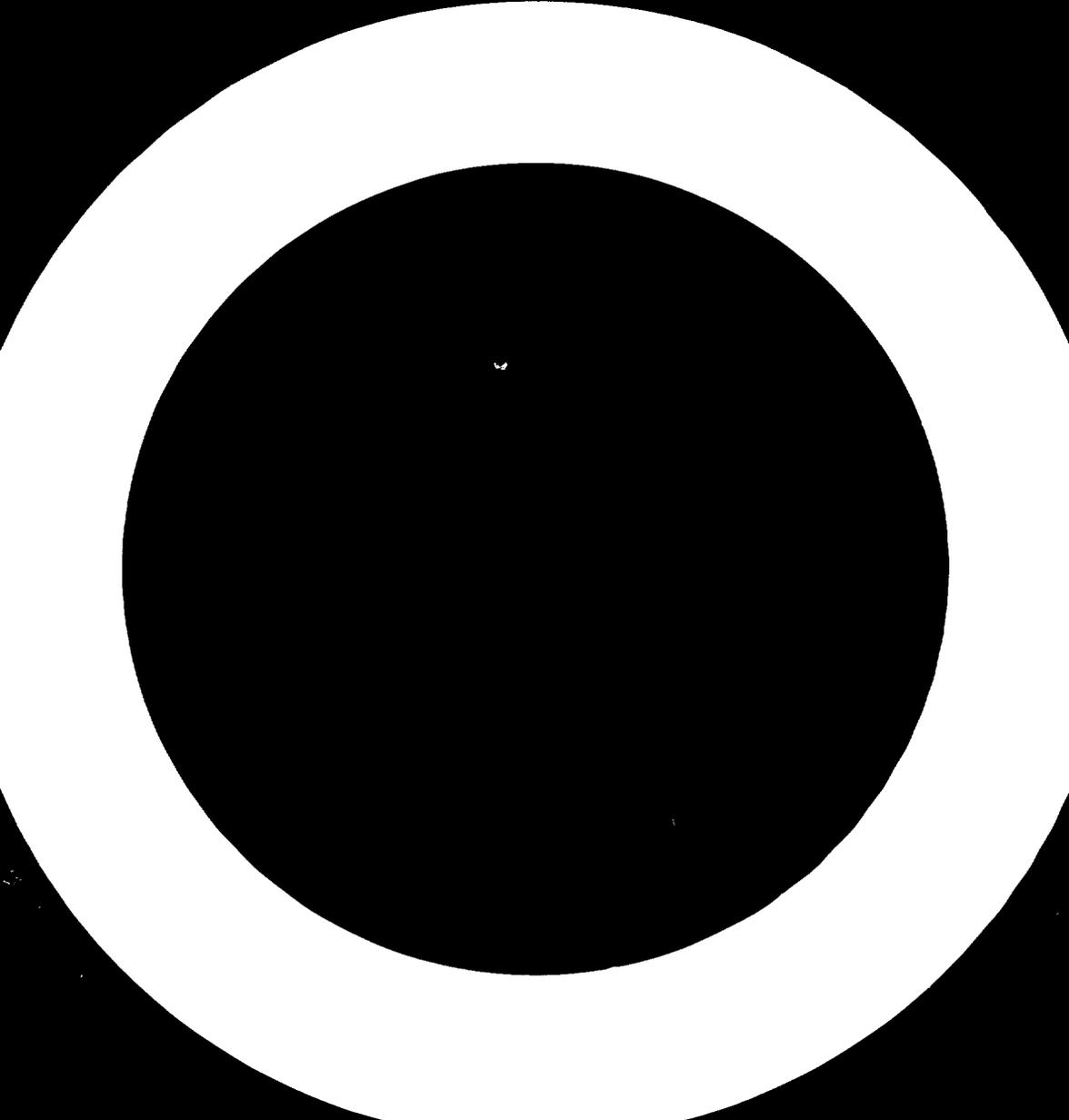
SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 30

EARTH MOVING MACHINERY: ESTIMATED NATIONAL DEMAND, 1977

Equipment	Volume (number of units)	Value (millions of pesos)	Equipment	Volume (number of units)	Value (millions of pesos)
TOTAL	3 000	7 413	Scrapers	150	345
Tractors on tracks	900	2 340	Backhoe excavators	110	198
Front loaders on tracks	550	1 760	Excavator cranes and draglines	40	540
Wheeled front loaders on tracks	250	750	Compactors	400	280
Motorgraders	600	1 200			

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



## VII. PUMPS FOR LIQUIDS

The pump industry could be considered to have a traditional background. Its development has followed the needs for water supplies for urban, domestic, irrigation and drainage uses. In these areas the industry has achieved a considerable degree of development and imports are, at present, insignificant.

The development of the chemical and petrochemical industries has created a need for pumps made of special materials for the processing industries. Among these uses, special pumps are required for oil pipelines, boiler feed, circulation of liquids for high pressure and temperature services, large volumes of water for urban and industrial use, abrasive pulps in mining, mud pumping, etc. All of this has been imposing new demands on the pump industry, and these demands have met with a very limited response from domestic producers. It is in precisely this field that there have been a significant number of pumps imported in recent years.

In general, the pumps most frequently produced in Mexico are the small capacity pumps and while some larger pumps are also produced (as can be seen in chart 3) their production volume represents just a small proportion of the overall demand.

In Mexico at present there are about 60 important pump manufacturers. Of these, approximately 30 have been chosen for an examination of the situation and problems in this sector. Table 31 presents the principal kinds of pumps produced and the names of their manufacturers. It can be seen that of the 30 producers, 13 specialize in only one kind of pump and the remaining 17 produce more than one kind. Of the 17 classes of pumps included in the analysis, almost half are produced by one or two firms, and the other half by a larger number of producers, sometimes as many as eleven.

It is evident that for some kinds of pumps that have a large demand, the supply is fragmented among an excessive number of producers.

The production value of these 30 pump producers in 1977 was close to 600 million pesos, of

which 45% corresponded to the two major firms, 20% to producers of special medium-sized pumps (17 firms) and the rest to the remaining companies which generally manufacture smaller standard pumps on a large scale.

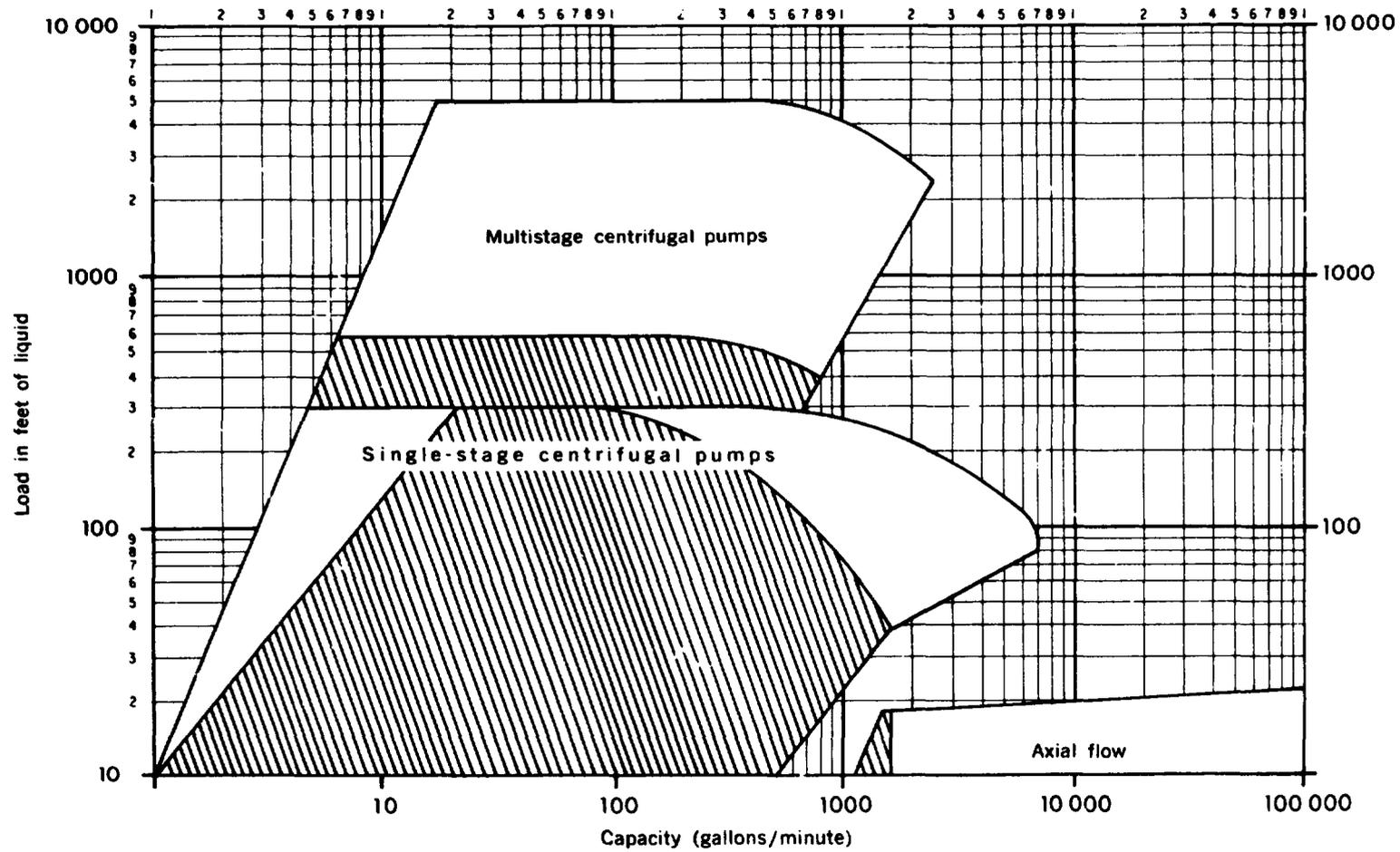
The domestic supply of some kinds of pumps is overly fractionalized. This is the case for axial flow pumps and turbine pumps for deep wells. In the case of centrifugal pumps for industrial process use this is the result of an excessive number of manufacturers and as a consequence, even though the total market is quite large, each producer has only a small share in it. This, in turn, means that users may have a very diversified pump inventory, leading to the problem of keeping up an adequate spare parts stock.

In the case of multistage centrifugal pumps and gear pumps, the most important parts are imported at considerable cost.

The majority of pumps produced in Mexico generally have less than 300 HP capacity; a small number are produced in the 300 to 1 000 HP range, and above this range the number of pumps produced is extremely small. Market size limitations cannot be used as an argument for not producing more powerful pumps since the production of this kind of goods must be looked at as a whole where some kinds of pumps are manufactured in larger volumes than others and the overall economy is obtained in the total production. The pumps which are presently imported are precisely those having high power ranges and high unitary value. The highest range in testing installations in Mexico is between 300 and 700 HP.

Most of the pump factories are equipped with generally antiquated machinery, often second-hand, resulting in low productivity and precision. This situation, even though it may have helped to solve financial problems at one time, implies reduced productivity, relatively greater costs in machining and serious difficulties in the manufacture of large pumps which require a high level of quality and precision. The use of numerical control machines in this industry was initiated only recently and is still extremely limited.

Chart 3  
 COMPARISON OF DOMESTIC SUPPLY OF PUMPS WITH  
 NORMAL WORLD RANGES



 Range of domestic supply.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 31

## PUMPS: PRODUCERS CLASSIFIED BY TYPE OF PRODUCT

Firms	Centrifugal pumps								For corrosive & abrasive liquids and pulp
	Vertical (mixed flow) 1	Vertical propeller (axial flow)	Vertical barrel (encapsulated & submersible)	Vertical turbine type (deep well)	Centrifugal process	Standard horizontal centrifugal 2	Horizontal one-way simple or double suction	Multistage horizontal 3	
Byron Jackson Co., S. A.	X	X	X	X	X		X	X	
Worthington de México, S. A.	X	X		X	X		X		
Conjunto Manufacturero, S. A. <sup>5</sup>									
Industria del Hierro, S. A. <sup>5</sup>									
GEM, S. A. (EPN, S. A.) <sup>5</sup>									
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.					X			X	
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.		X		X	X				
Wilfley Latinoamericana, S. A. de C. V. <sup>5</sup>									X
Alvill, S. A. <sup>5</sup>									X
Sulzer Hermanos, S. A.					X			X	
Sistemas de Bombeo ITT, S. A. de C. V.		X	X	X	X			X	
KSB Mexicana, S. A.				X	X			X	
Industrias Mak, S. A. <sup>5</sup>				X					
Crane Deming de México, S. A.				X	X				
Sperry Rand Mexicana, S. A. de C. V.									
Puriti, S. A. <sup>5</sup>									X
Barnes de México, S. A.		X						X	
Industrias Nylbo, S. A.						X			
Bowmex, S. A.						X			
Manufacturera Tosa, S. A.					X	X			
Peerless Tisa, S. A.		X		X	X	X			
Jacuzzi Universal, S. A.				X		X			
Goulds de México, S. A. de C. V.		X		X	X	X			
Industrial Lagunera, S. A.				X		X			
Aro Mexicana, S. A. <sup>5</sup>									
Sargent de México, S. A. de C. V. <sup>5</sup>				X					
Eva Mex, S. A.		X				X			
Fundición Pizzuto, S. A.						X			
Industrias Torreón <sup>5</sup>		X							
Industrias Guillermo Murguía, S. A.						X			

Firms	Centrifugal pumps			Rotary pumps			Alternating pumps	
	Regenerative turbine type	Vacuum <sup>1</sup>	Injectors	Gear	Piston (lubrication systems)	Hydraulic (high pressure)	Direct action duplex or triplex	Diaphragm
Byron Jackson Co., S. A.								
Worthington de México, S. A.				X				
Conjunto Manufacturero, S. A. <sup>2</sup>							X	
Industria del Hierro, S. A. <sup>3</sup>							X	
GEM, S. A. (EPN, S. A.) <sup>3</sup>							X	
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.								
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.								
Wilfley Latinoamericana, S. A. de C. V. <sup>3</sup>								
Alvill, S. A. <sup>3</sup>								
Sulzer Hermanos, S. A.		X						
Sistemas de Bombeo ITT, S. A. de C. V.								
KSB Mexicana, S. A.								
Industrias Mak, S. A. <sup>3</sup>								
Crane Deming de México, S. A.			X		X			
Sperry Rand Mexicana, S. A. de C. V. <sup>3</sup>						X		
Puriti, S. A. <sup>3</sup>								X
Barnes de México, S. A.			X					
Industrias Nylbo, S. A.					X			
Bowmex, S. A.					X			
Manufacturera Tosa, S. A.	X			X				
Peerless Tisa, S. A.								
Jacuzzi Universal, S. A.			X					
Goulds de México, S. A. de C. V.								
Industrial Lagunera, S. A.								
Aro Mexicana, S. A. <sup>3</sup>						X		
Sargent de México, S. A. de C. V. <sup>3</sup>								
Eva Mex, S. A.								
Fundición Pizzuto, S. A.								
Industrias Torreón <sup>3</sup>								
Industrias Guillermo Murguía, S. A.								

<sup>1</sup> "Vertical" and "horizontal" denote the position of the axis.

<sup>2</sup> Refers to smaller-sized and capacity pumps.

<sup>3</sup> Import content is high.

<sup>4</sup> Can be rotary or centrifugal type.

<sup>5</sup> Firms that manufacture only one kind of pump, other than the standard centrifugal type.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

## VIII. COMPRESSORS

The Mexican compressor industry presents a typical case of fractionalized production since there is an excessive number of producers manufacturing a large variety of models which outnumber market needs.

There is a generalized dispersion of brands and models among the compressors that have the largest overall market, such as compressors for domestic uses, small-scale mining, small industrial installations and public works equipment.

The compressors produced in Mexico, mostly piston compressors and a few rotary vane type compressors, have motors with up to a maximum of 200 HP and their air compression capacity only occasionally reaches more than 1 500 cubic feet per minute (see table 32). Screw type compressors have only recently become available in Mexico and are produced by a small number of manufacturers.

It is fairly usual to find firms which act in a dual capacity as producers of small and medium-sized compressors and importers of large compressors.

Table 32  
COMPRESSORS: NUMBER OF MODELS  
PER MANUFACTURER

Manufacturers	Number of different compressors or models manufactured by each firm
TOTAL	447
Atlas-Copco Mexicana, S. A. de C. V.	14
Chicago Pneumatic Tool de México, S. A.	4
De Vilbiss de México, S. A. de C. V.	23
GEM, S. A.	4
Industrias Guillermo Murguía, S. A.	22
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.	65
Jacuzzi Universal, S. A.	183 <sup>1</sup>
Máquinas de Proceso, S. A. de C. V.	13
Worthington de México, S. A.	31
EPN, S. A.	48
Manufacturera Tosa, S. A.	13
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	6
Mayekawa de México, S. A.	13
Berhard de México, S. A.	4
Grimmer Schmidt	4

<sup>1</sup> Its basic line consists of 40 models.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

One of the basic characteristics of the most important companies in this branch is their mastery of compressed air technology on an international scale. In connection with this, it can be seen that companies have been established in Mexico which do not have their own production installations, but rather subcontract different manufacturers to produce the necessary parts and then

merely assemble them in their own plants. More recently some enterprises have been established with their own production installations, although they usually have small, second-hand equipment; these installations are also used for providing repair service for imported equipment of the same brand.

Table 33 mentions the major producers and their characteristic products. Charts 4 to 9 describe the range of products available in the country and those which could possibly be produced.

For some time in the past, reciprocating compressors were produced in Mexico with greater capacities than those indicated, in response to the demands of Petróleos Mexicanos. This production was discontinued, however, because of technological displacement which tends to favor the use of axial or centrifugal turbocompressors outside the range of capacity of the compressors which were being produced at the time.

If these technological trends are examined and compared with the evolution of Mexican production, it can be seen that world trends are not reflected here, since there is no turbocompressor production in Mexico.

Turning to another aspect of the compressor industry, the national production of rotary vane compressors and screw compressors, which also usually have a strong industrial demand, is lagging and is concentrated in a range of capacities that aggravates the problems of supply fractionalization and excess models, since they compete with the piston compressors.

In short, apart from there being a shortage of compressors in the traditional models, since those having greater power and capacity are imported, there is no local production at all of modern, high capacity compressors for industrial uses such as those needed in the petrochemical industry.

A thorough knowledge of turbocompressor technology would facilitate entry into a number of other related fields, such as gas and steam turbines and turbochargers; moreover it would serve to strengthen knowledge of other technologies which could have a positive effect on the substitution of capital goods imports.

Judging from recent indications, the production of turbocompressors with a low degree of local integration may have already been initiated and this could lead to a situation in which the technological and economic benefits for Mexico would be limited.

Table 33

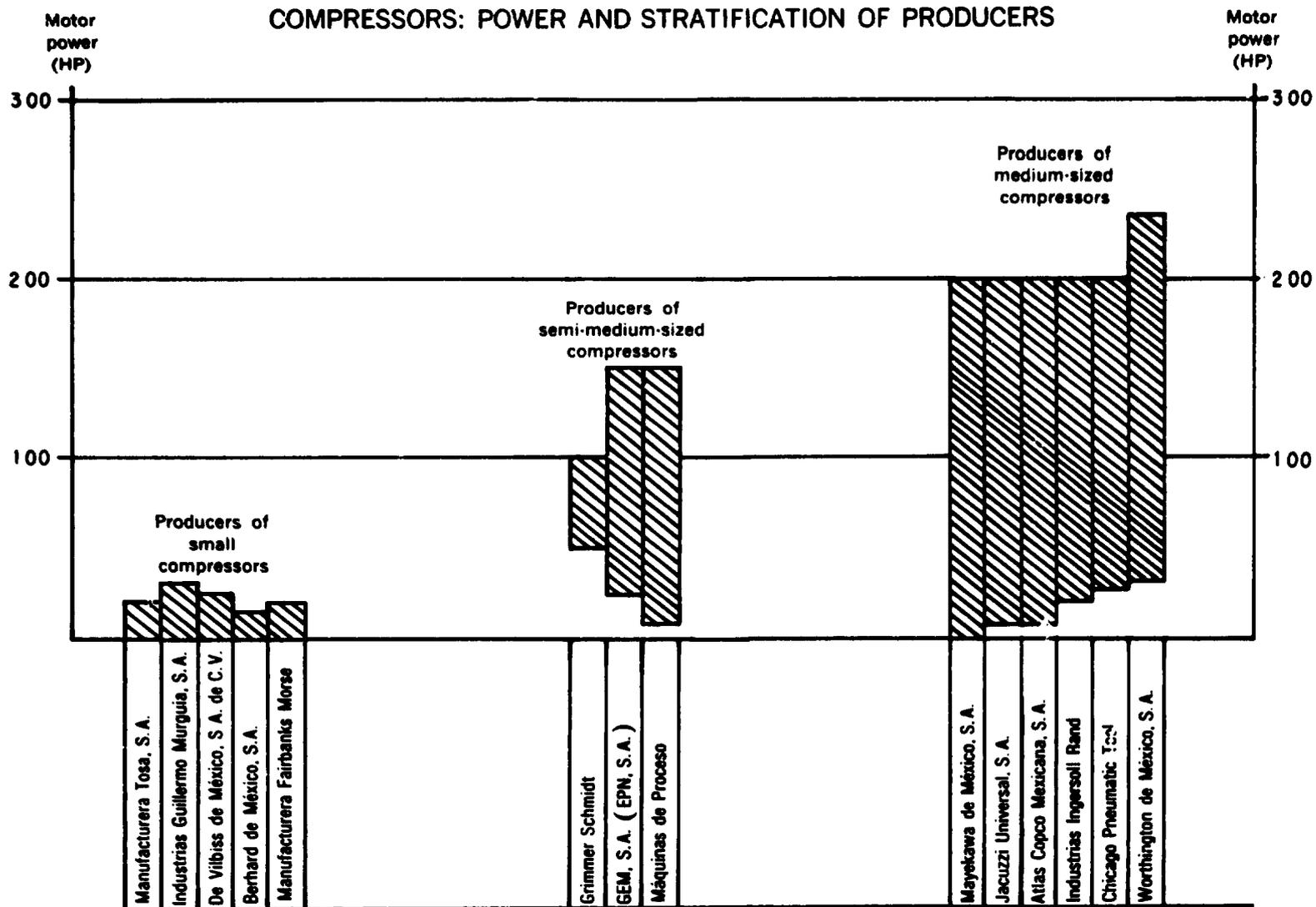
## COMPRESSORS: PRODUCERS CLASSIFIED BY TYPE OF PRODUCT

Firms	Type of compressor				Other complementary products							
	Piston	Rotary	Screw	Diaphragm	Pneumatic tools	Equipment & accessories	Valves	Pumps	Machinery for specific industries	Petroleum equipment	Electric equipment	Construction and mining machinery
Worthington de México, S. A.	X	X					X	X	X			X
Chicago Pneumatic Tool de México, S. A.		X	X		X							X
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.	X	X						X	X			
Atlas Copco Mexicana, S. A.	X		X		X							X
Jacuzzi Universal, S. A.	X							X	X			
Mayekawa de México, S. A.	X		X			X						
Máquinas de Proceso, S. A. de C. V.	X		X		X			X	X			
GEM, S. A. (EPN, S. A.)	X		X				X		X	X		
Grimmer Schmidt	X								X			
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	X							X	X		X	
Berhard de México, S. A.	X			X								
De Vilbiss de México, S. A. de C. V.	X			X		X						
Industrias Guillermo Murguía, S. A.	X					X				X		
Manufacturera Tosa, S. A.	X				X			X	X			
KRNN (Ingeniería Salas, S. A.)	X											
Productos Edgar de México, S. A.	X					X			X			
IMIMM, S. A.	X					X						
Binks de México, S. A.	X			X								
HMCO Wayne	X								X			

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

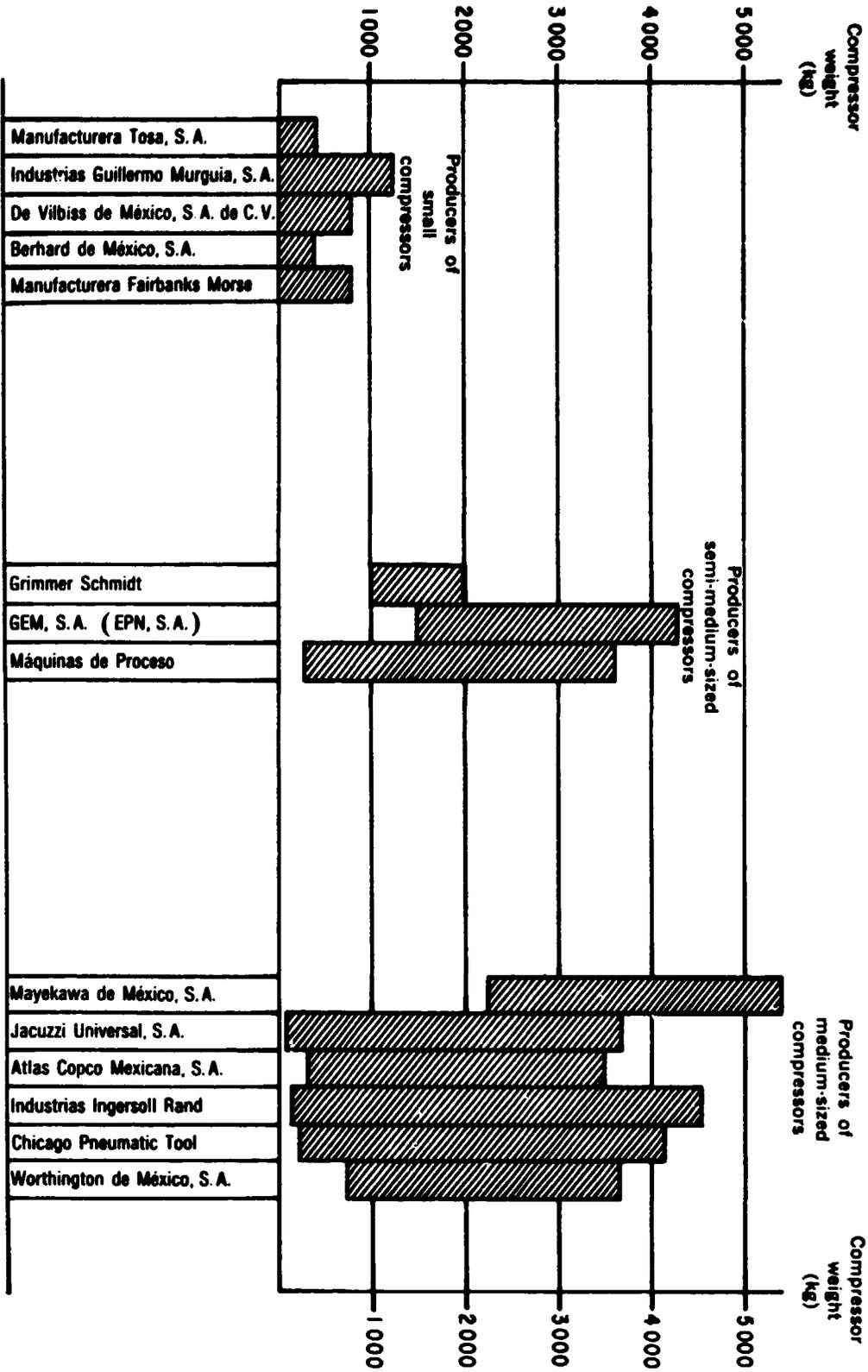
Chart 4

COMPRESSORS: POWER AND STRATIFICATION OF PRODUCERS



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

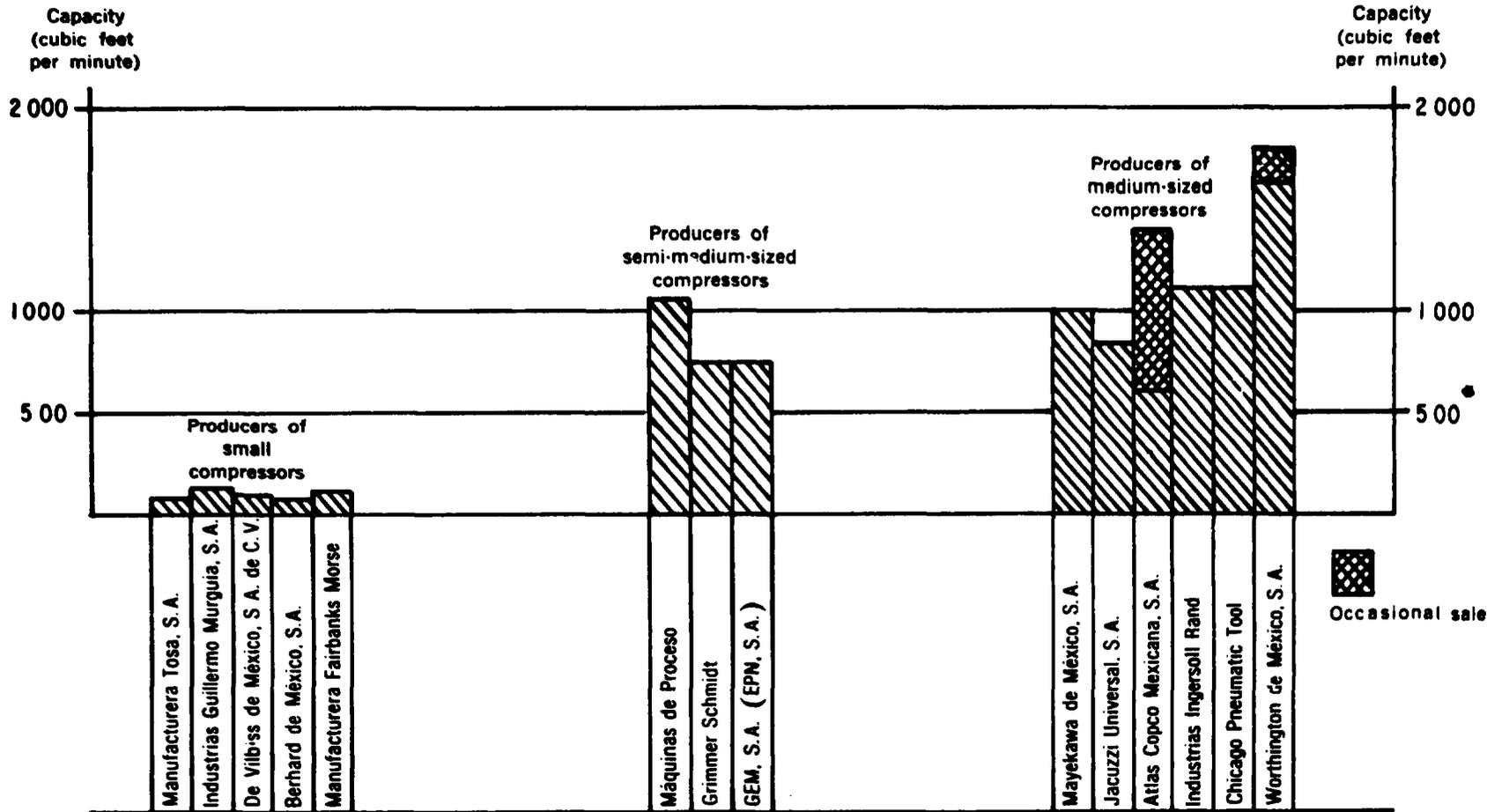
Chart 5  
COMPRESSORS: WEIGHT AND STRATIFICATION OF PRODUCERS



SOURCE: Nacional Financiera, S. A.; NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Chart 6

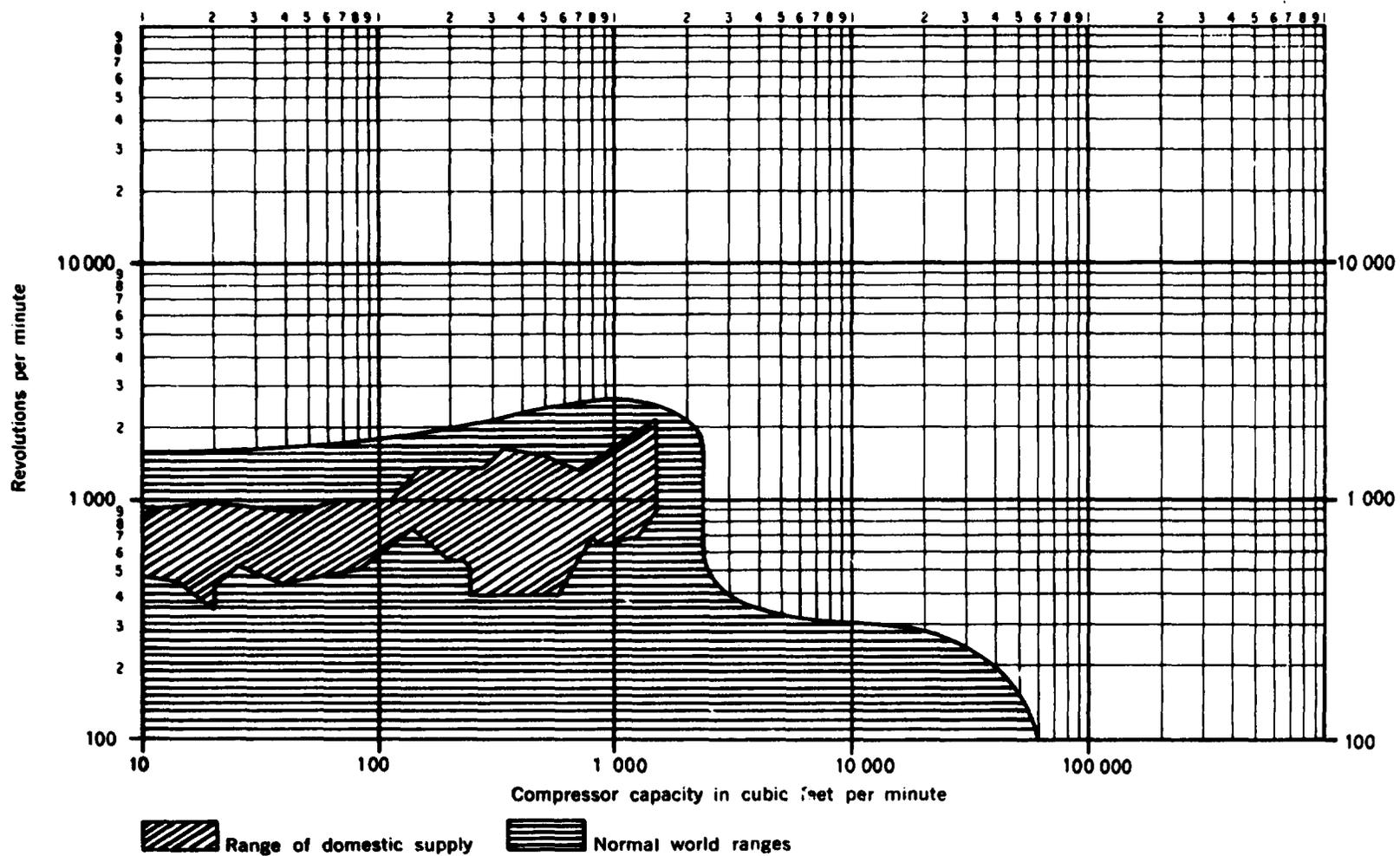
COMPRESSORS: CAPACITY AND STRATIFICATION OF PRODUCERS



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Chart 7

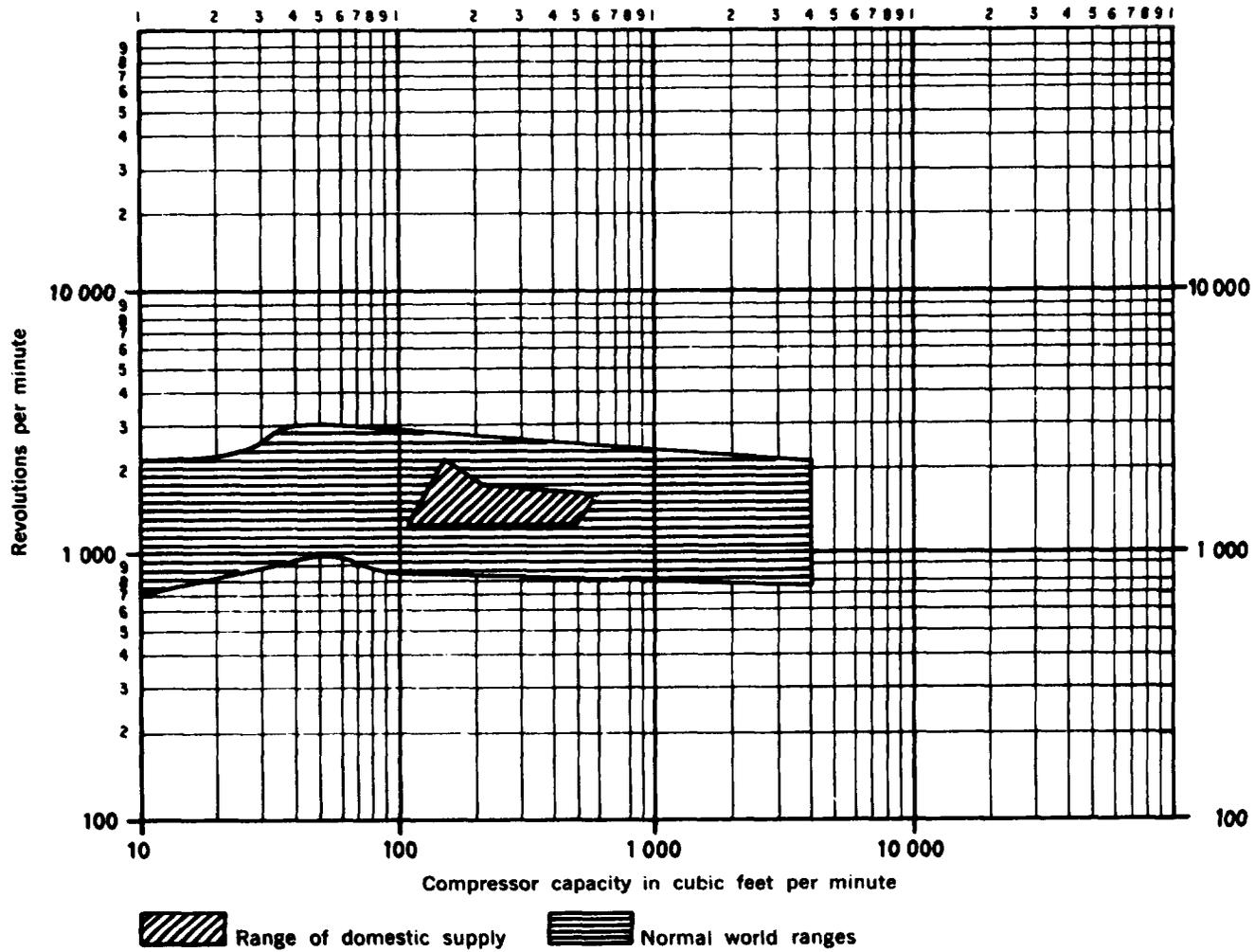
PISTON COMPRESSORS: COMPARISON OF DOMESTIC SUPPLY  
WITH NORMAL WORLD RANGES



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Chart 8

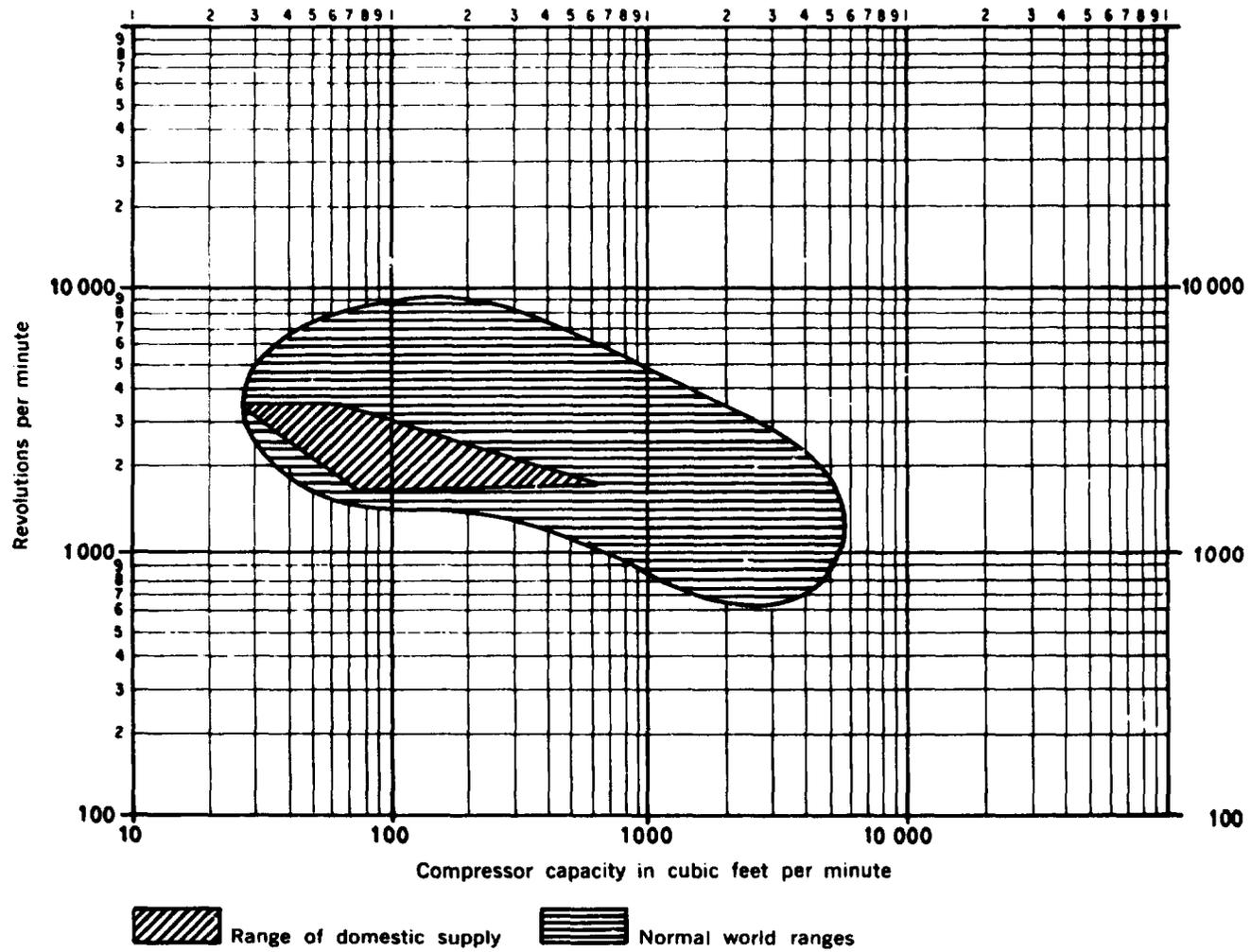
ROTARY COMPRESSORS: COMPARISON OF DOMESTIC SUPPLY  
WITH NORMAL WORLD RANGES



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Chart 9

SCREW COMPRESSORS: COMPARISON OF DOMESTIC SUPPLY  
WITH NORMAL WORLD RANGES



SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

## IX. VALVES

The valve industry in Mexico began in the 1920's and concentrated basically on valve production for the supply of potable water and sewage collection in municipal and domestic installations. The development of the industry was strengthened by the expansion of demand created by the petroleum industry, especially after its nationalization, to satisfy the need for cast iron and bronze valves for handling water, oil and gas at low pressures. In 1958, the production of steel valves for high pressure work was begun.

The industrialization of Mexico created the necessity for producing other kinds of valves, made of different materials in larger sizes which could be used for other kinds of work; among these are valves used for fluid control at high temperatures and pressures (steam), and for fluids having corrosive and abrasive chemical properties in thermoelectric, chemical, petrochemical, sugar and textile plants, among others.

The national cast iron valve industry covers internal demand; imports are occasionally brought in, however. In contrast, large quantities of steel valves are imported and there is as yet no local production of motorized valves, diaphragm valves and those valves which require a more advanced technology and specialized use, such as shielded valves, those which operate through servo-mechanisms, mechanized valves and those having more demanding operating specifications.

In 1974, Mexico imported 2 420 tons of valves with a value of 12 million dollars.<sup>6</sup> Increases in imports have reached a rate of 12% per year in volume and 14% in terms of value.

There are 57 companies in the country that manufacture valves, parts and connections; of these, 50 are members of the Mexican Association of Valves and Connections Manufacturers (Asociación Mexicana de Fabricantes de Válvulas y Conexiones, A. C.).

<sup>6</sup> Besides these imports, consideration must be given to the valves that form part of imported equipment, which are not explicitly mentioned in statistical registers.

Local production includes valves for public works and domestic plumbing as well as some industrial valves which do not work under severe operating conditions. It could be of interest for Mexico to produce more complex valves whose operating conditions are more stringent; these are a basic component of modern industrial installations and form part of their engineering design. Of course, the more complex the installation, the more difficult it is to manufacture such equipment in Mexico because of both the insufficiency of engineering capacity in the area of turnkey projects and the inadequate programming of some of the large industries whose demand projections are not formulated far enough in advance.

To the above, the problem of the high cost of inputs must be added: in this case not only are castings and forgings very costly, but the shortage of suitable forgings and their deficient production standards make the situation even more difficult.

This brief summary of the valve industry's growth and problems gives an idea of the areas in which efforts will be needed to develop the sector, and it should be noted that in many cases, such efforts are not only necessary for strengthening national valve production but also can play an important part in other sectors of the capital goods industry.

Table 34  
VALVES: VALUE OF NATIONAL  
PRODUCTION, 1972-1975

(Millions of pesos)

Year	Total <sup>1</sup>	Steel	Iron	Bronze	Specials
1972	712	319	216	141	36
1973	782	351	237	155	39
1974	1 208	540	368	240	60
1975	1 328	595	403	263	67

<sup>1</sup> Includes accessories and excludes domestic fixtures.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 35

## VALVES: MAJOR PRODUCERS AND TYPES OF PRODUCTS

Firms	Types of products
Ascomática, S. A. de C. V.	Solenoid valves
Bellows Valvair de México, S. A.	Valves for regulation of pressure, directional and diaphragm and automatic; pneumatic and hydraulic cylinders; lubricants and air filters
Cameron Iron Works de México, S. A.	Globe and solid gate valves, safety and mud (flex seal) valves, valves for preventing blowouts and christmas trees
Emca, S. A.	Valves of forged steel
GEM, S. A. (EPN, S. A.)	Christmas trees and solid gate valves
Especialidades para la Industria, S. A.	Bronze, globe, retention, gate, screw, and submersible valves, coupling nuts and flanges; accessories for sanitary and domestic use
Especialidades para Vapor, S. A.	Lubricated, threaded and flanged valves; pressure-regulating valves; steam traps and filters
Fábrica de Implementos Petroleros, S. A.	Cast steel valves; christmas trees; replacement parts for oil drill pumps; drill accessories; flanges and forgings
Fabrimex, S. A. de C. V.	Valves for preventing blowouts
Fábricas Orión, S. A.	Sanitary valves and articles
Fábrica de Válvulas Señowsky, S. A.	Bronze valves and connections
Fisher Governor de México, S. A.	Control and butterfly valves
Fundidores Nacionales, S. A.	Gate, globe, retention and screw valves
Grinnell de México, S. A. de C. V.	Diaphragm and automatic control valves
Helvex, S. A.	Chromed brass wrenches and accessories for sanitary and domestic uses
Herramientas Interamericanas, S. A. de C. V.	Tools for the oil industry
Hidrometalica, S. A.	Bronze valves and domestic water faucets
Ideal Standard, S. A. de C. V.	Bronze faucets and accessories for domestic uses
Industrias Belgw, S. A.	Gate, globe, and retention valves of iron and steel
Industrias Collignon, S. A.	Bronze valves and connections
Industrias Enger, S. A.	Diaphragm, knife, reversible, pinch and screw valves
Industrias Iñiguez, S. A.	Safety, solenoid, directional, reducing and self-contained valves
"L" de México, S. A.	Forged steel connections and flanges
Manufacturas Hersol, S. A.	Solenoid and jergerson special globe valves
Manufacturas y Servicios Industriales, S. A.	Duo-check retention valves, screw and lubricated valves
Medidores Azteca, S. A.	Household water faucets
Misco, S. A.	Pressure reducing, control, temperature, differential pressure, counter pressure, pump pressure, ETD and Spence valves
Nibco de México, S. A.	Bronze valves, globe, husky, retention, gate, screw, submersible valves; union nuts and flanges; accessories for sanitary and domestic uses and connections
Oym, S. A.	Jamesbury ball and control valves
Panamericana de Válvulas, S. A. de C. V.	Cast steel valves
Partes, Modelos y Herramientas, S. A.	Klinger valves
Productos Cowen, S. A.	Sanitary valves and accessories for kitchen and bath
Romzco de México, S. A.	Bronze valves and connections
Rugo, S. A.	Sanitary valves and accessories
Scovill Mexicana, S. A. de C. V.	Valves and cylinders for air control and valves for plants
Speed Mex, S. A.	Stainless steel and carbon steel high pressure connections
Sperry Rand Mexicana, S. A. de C. V.	Control valves
Magnaval, S. A. de C. V. (Stockham)	Cast iron, bronze and butterfly valves
Sycmatica, S. A. de C. V.	Lubrication regulation filters, pressure reducing and automatic diaphragm valves for rubber and plastic presses
T. F. de México, S. A.	Forged steel flanges and connections
Tube Turns de México, S. A.	Forged steel flanges and connections
Union Mex, S. A. de C. V.	Stainless steel piping
Universal de Válvulas, S. A.	Cast steel valves
Valco, S. A.	Industrial high pressure valves
Válvulas Chaul, S. A.	Valves and checks for various uses, thermostatic traps, faucets, etc.
Válvulas Belg de México, S. A.	Iron, stainless steel and carbon steel valves
Válvulas Pacific, S. A.	Iron gate, globe and plug valves
Válvulas Keystone de México, S. A. de C. V.	Butterfly valves
Válvulas Worcester de México, S. A. de C. V.	Ball and diaphragm valves
Vekel de México, S. A.	Bathroom valves and accessories

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

## X. DIESEL ENGINES

Diesel engines currently being produced or assembled in Mexico are of the light, high-speed kind, ranging from 8 to 350 or 400 HP; production of heavy, slow-speed diesel engines is scarce or non-existent, as is the manufacture of the more powerful fast or semi-fast engines used intensively in transport equipment.

The import proportion of diesel engines in relation to total demand has varied between 25 and 35% in recent years, calculated in terms of value. However, the imported proportion is really greater since studies have not been made of the diesel engines that enter as part of complete imported equipment, such as locomotives, earth moving machines, boats, other kinds transportation equipment and power plants.

The level of national integration in local production enterprises is usually low, especially in the case of the most powerful engines; in fact, some whole engines with special characteristics are imported along with a considerable volume of parts, accessories and spare parts.

Table 36 lists the manufacturers and the power ranges of the diesel engines they produce, according to the four major sectors of application: industrial, agricultural, vehicular and marine. In the same table it can be seen that there is an excessive number of power ranges for some individual producers; however this is often the result of the production of a single basic motor with a turbocharger which improves its power.

Table 36  
DIESEL ENGINES: PRODUCTION BY FIRM AND BY POWER RANGE, 1977

Manufacturers	Power range (HP)															
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400
<i>Vehicle</i>																
International Harvester de México, S. A.				X	X											
Diesel Nacional, S. A.						X		X		X					X	
Motores Perkins, S. A.			X		X											
<i>Agricultural</i>																
John Deere, S. A.		X	X	X												
International Harvester de México, S. A.		X	X	X												
Siderúrgica Nacional	X		X													
Motores Perkins, S. A.		X	X		X											
<i>Industrial</i>																
Lister Diesel Mexicana, S. A.	X															
Diesel Nacional, S. A.						X		X		X					X	
Motores Perkins, S. A.			X		X											
Moto Equipos, S. A.	X				X			X		X		X				X
<i>Marine</i>																
Lister Diesel Mexicana, S. A.	X															
Diesel Nacional, S. A.						X		X		X				X		
Moto Equipos, S. A.	X							X				X				X

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Domestic production in terms of number of engines is around 40 000 units per year; two enterprises produce 75% of the total. The most powerful models have low national content, although this could be solved by an integration project in one of the major plants. By way of illustration, it need only be pointed out that in Brazil in 1975, diesel engine production reached the level of 170 000 units, of which 60 000 were mostly high-power, low-speed engines.

A recent study of specific diesel engine imports as opposed to engines incorporated in imported equipment, showed that approximately 90% came from the United States. This study also showed that 13 major brands were explicitly imported, including all the brands produced in Mexico. There is no internal production whatsoever of the principal imported engine even though its producer has gained a dominant position in the market for earth moving machinery through the equipment it sells in Mexico.

In summary, apart from the importance of raising integration levels in local production, there is a need for producing higher power ranges both

for heavy transport and earth moving equipment and for the generation of electricity. The market has not yet been studied sufficiently, but it seems that in terms of volume it is of considerable importance. The need for larger marine engines will depend on the future development of the naval industry.

A detailed report on the kinds and characteristics of the diesel engines produced in the country has been included (table 38).

The distribution of imports, classified according to engine uses, was as follows for the years from 1969 to 1974 (for more details, see table 37):

	%
For vehicles (including agricultural uses)	67
Stationary	20
Marine	13
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Table 37

**DIESEL ENGINES: IMPORTS FROM THE UNITED STATES, 1969-1974**

Year	Total (units)	Automotive		Stationary		Marine	
		Units	Proportion of total %	Units	Proportion of total %	Units	Proportion of total %
1969	1 708	1 068	62.5	444	26.0	196	11.5
1970	2 004	1 262	63.0	452	22.6	290	14.4
1971	1 806	1 323	73.3	351	19.4	132	7.3
1972	2 073	1 527	73.7	260	12.5	286	13.8
1973	2 524	1 622	62.3	303	14.7	599	23.0
1974	3 876	2 600	67.1	935	24.1	341	8.8

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 38

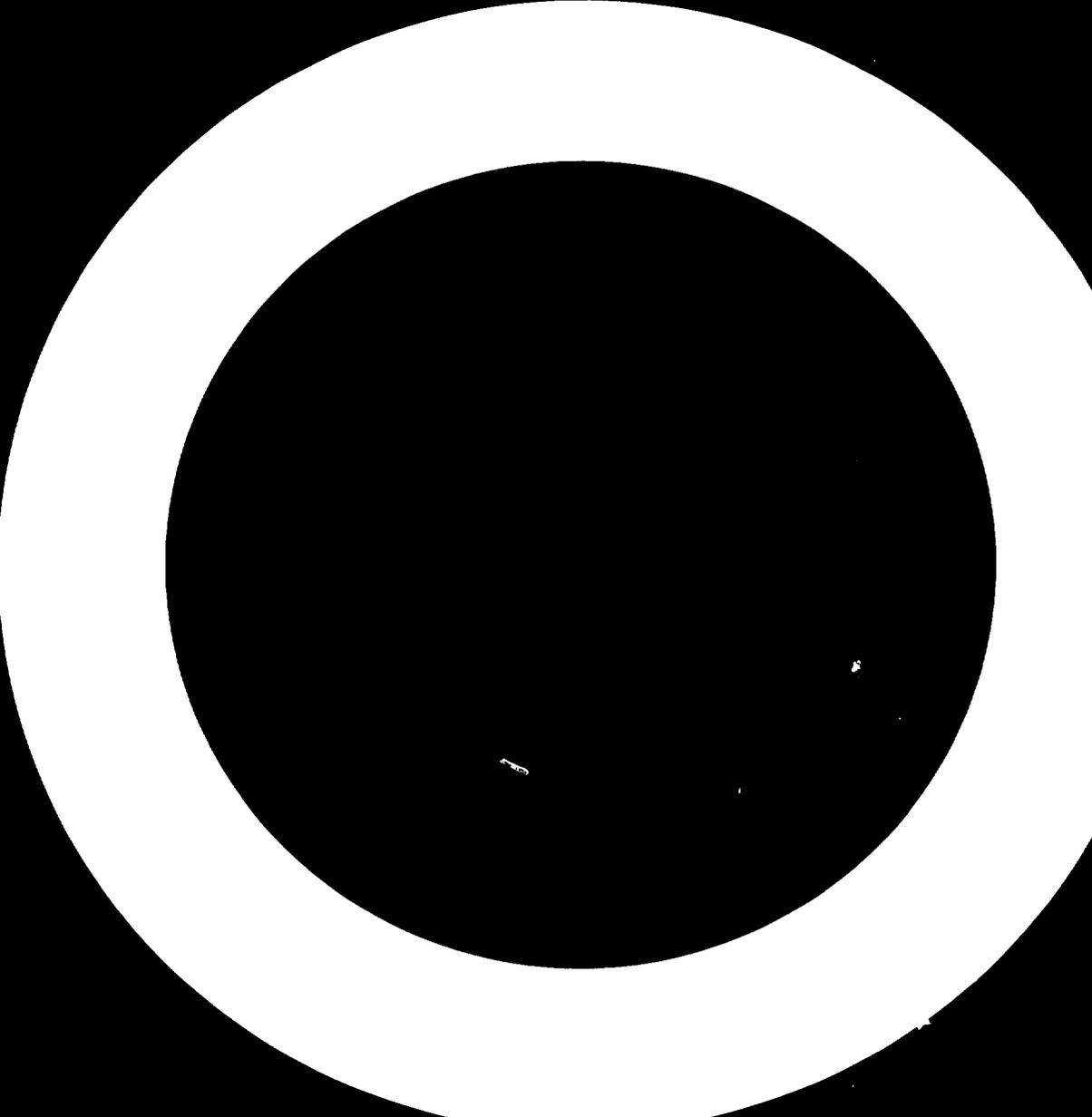
## DIESEL ENGINES MANUFACTURED OR ASSEMBLED IN MEXICO

Brand of motor	Model	Type of motor		Number of cylinders	Diameter by length of cylinder (mm)	Power		Time	Weight (kg)	Cooling		Cylinder		Cylinder capacity and weight per power unit	
		In line	V			HP	rpm			Air	Water	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /cylinder	cm <sup>3</sup> /HP	kg/HP
Lister Diesel Mexicana, S. A.															
Lister	SR1	X		1	88.9 x 98.9	7.75	2 500	4	113	X		552	552	71.2	14.6
Lister	SR2	X		2	88.9 x 88.9	15.5	2 500	4	189	X		1 104	552	71.2	12.2
Lister	SR3	X		3	88.9 x 88.9	23.0	2 500	4	215	X		1 656	552	71.2	9.4
Lister	HR2 F2	X		2	107.95 x 114.3	29.5	2 200	4	286	X		2 090	1 045	70.9	9.7
Lister	HR3 F3	X		3	107.95 x 114.3	44.3	2 200	4	499	X		3 135	1 045	70.9	11.3
Moto Equipos, S. A.															
Volvo Penta	MD1B <sup>1</sup>	X		1	88.9 x 90	10	2 500	4	165	X		560	560	56.0	16.5
Volvo Penta	MD2B	X		2	88.9 x 90	25	2 500	4	220	X		1 120	560	44.8	8.8
Volvo Penta	MD3B	X		3	88.9 x 90	36	2 500	4	290	X		1 680	560	46.7	8.1
Moto Equipos, S. A.															
Rolls Royce	C4-N	X		4	130 x 152	125	1 800	4	990		X	8 114	2 029	64.9	7.9
Rolls Royce	SF-65C	X		6		190	2 100	4	1 275		X	12 161	2 027	64.0	6.7
Rolls Royce	C6-N	X		6		210	2 100	4	1 375		X	12 161	2 027	57.9	6.6
Rolls Royce	SF65CT	X		6		255	2 100	4	1 405		X	12 161	2 027	47.7	5.5
Rolls Royce	C6T	X		6		300	2 100	4	1 425		X	12 161	2 027	40.5	4.8
Rolls Royce	C8T	X		8		400	2 100	4	1 815		X	16 226	2 028	40.6	4.5
Motores Perkins, S. A.															
Perkins	A 4212-2	X				62	2 200				X				
Perkins	A 4248-1	X		4	101.0 x 127.0	73(82)	2 000				X	4 070	1 018	49.6	
Perkins	A 4236-55	X		4	98.4 x 127.0	56(78)	2 800		452 <sup>2</sup>		X	3 864	644	19.5	5.8
Perkins	6354-55	X		6	98.4 x 127.0	121	2 800		380		X	5 800	967	47.9	3.1
Perkins	6354-17	X		6	98.4 x 127.0	121	2 800		390		X	5 800	967	47.9	3.2
Perkins	6354-29	X		6	98.4 x 127.0	121	2 800				X	5 800	967	47.9	
John Deere, S. A.															
John Deere	3164-D	X		3	102 x 110	52	2 500		315		X	2 688	896	51.7	6.1
John Deere	4219-D	X		4	102 x 110	70	2 500		383		X	3 589	897	51.3	5.5
John Deere	6329-D	X		6	102 x 110	104	2 500		519		X	5 392	899	51.9	5.0
Siderúrgica Nacional, S. A.															
Ford	P. T-25	X		2	105.0 x 119.9	25	1 800	4			X	2 080	1 040	83.2	
Cummins	F-5000	X		4		77	2 500	4	342		X	4 183	1 041	54.1	4.4
Cummins	V6-155		X	6	117 x 89	155	3 300	4	542		X	6 195	960	40.0	3.5
Cummins	V8-210		X	8	117 x 89	203	3 300	4	662		X	8 260	1 033	40.9	3.3
Cummins	NTC-250	X		6	139.7 x 152.4	250	2 100	4	1 135		X	14 013	2 336	56.1	4.5
Cummins	NTC-350	X		6	139.7 x 152.4	350	2 100	4	1 260		X	14 013	2 336	40.0	3.6
International Harvester de México, S. A.															
International Harvester	D-179	X				53	2 400		340		X	2 934		55.4	6.4
International Harvester	D-239	X		6	93.7 x 93.7	75.4	25 000		410		X	3 917	646	52.0	5.4
International Harvester	D-312	X		6	98.4 x 112.0	117	3 000		500		X	5 080	852	43.4	4.3
International Harvester	D-360	X		6	98.4 x 129.2	135.6	3 000		525		X	5 868	983	43.3	3.9

<sup>1</sup> M refers to marine varieties; all without M are industrial.

<sup>2</sup> Weight of marine variety.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



## XI. BALL BEARINGS

At present there is only one ball bearing manufacturer in the country: IBISA (Industria de Baleros Intercontinental, S. A. de C. V.), located in Puebla since 1969. This enterprise produces around 7 million ball bearings and conical bearings per year; apart from this, it also sells steel balls.

Initially, the firm produced under a license from SNR of France and afterwards the Swedish firm SKF became associated with IBISA. The company's production, although important for its volume, is limited to a few products in small sizes; the largest bearing it manufactures has an external diameter of only 10 cm.

The market for IBISA's output is distributed approximately as follows: replacement market, 50%; automotive industry and electrodomestic industry, 40%; exports, 10%.

In regard to raw materials, 40% come from abroad; the major item is special steel in the form of a hollow bar.

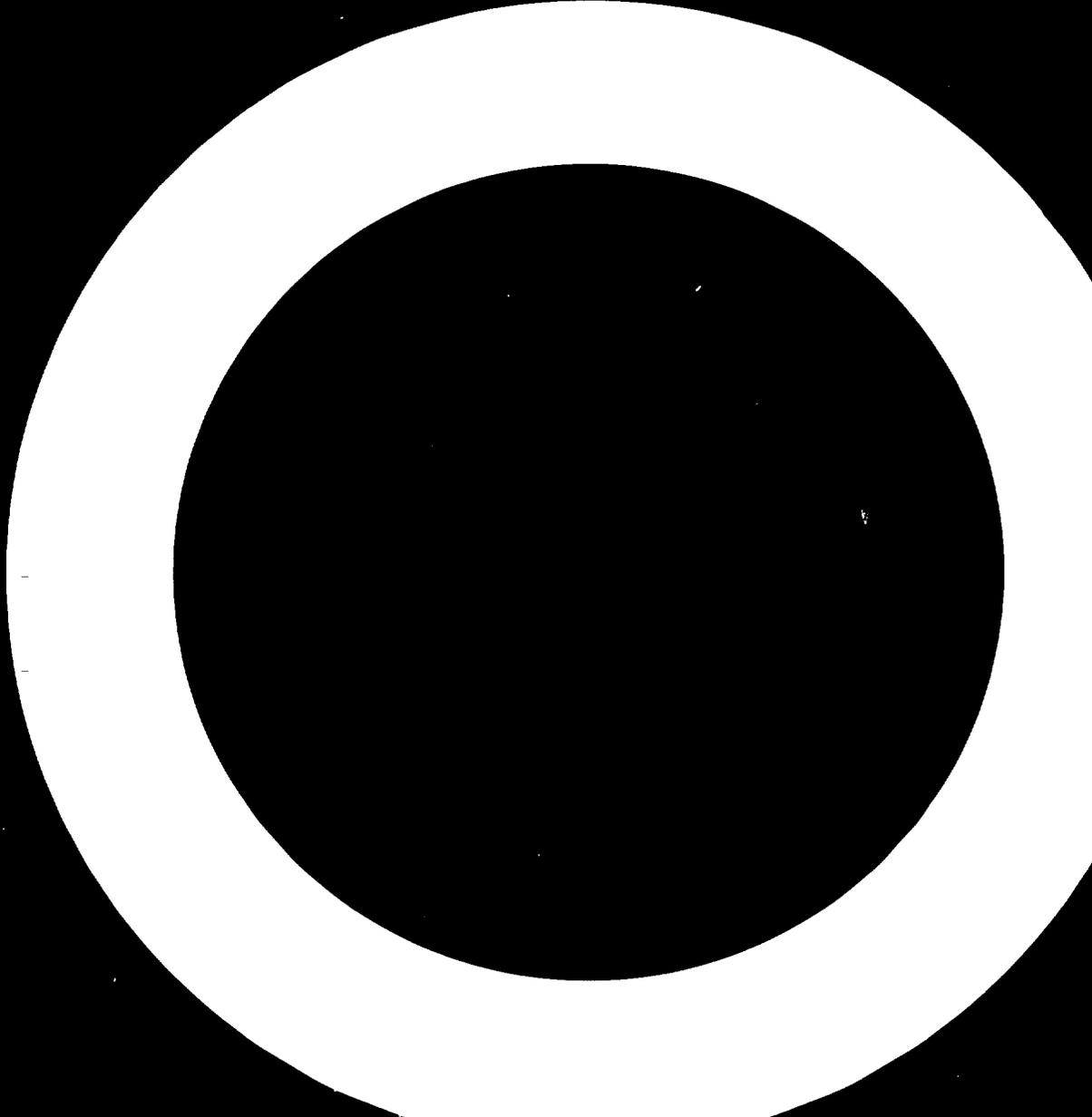
The enterprise has adequate installations and equipment for its current output but should it decide to diversify its production lines and manu-

facture larger bearings, it would be necessary to install additional plant and equipment, mainly for machining and heat treatment. It should be noted that capital goods production requires bearings of larger sizes.

A study could be made of the kinds of bearings that are not manufactured in Latin America, so that through special projects ball bearing production might be able to supply the Latin American market, to complement the internal market for those bearings that are not yet manufactured in Mexico.

If bearings in larger sizes and/or with other characteristics are to be manufactured in Mexico their production must be supported by a forge for circular rings of special steels (in many cases vacuum degasified) and heat treatment, which would represent an important advance in the country's technological infrastructure.

In the other larger Latin American countries, there is already a fractionalization of the supply of simple kinds of bearings while bearings which have a greater technical interest are not yet produced.



## XII. ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT

The production of electric machinery and equipment has undergone rapid evolution associated with the demand of the public sector for the electrification of the country. This evolution has provided an impulse for the diversification of such products. To illustrate, the case of rotating electric machines, transformers and breakers will be examined. In the following section, these cases are treated and the principal producers and products are presented, along with the major problems affecting the industry. It can be mentioned before-hand that many problems are related to a recent standstill in manufacturing, to the shortage of production in industrially vital technological items and to the trend toward an excessive fractionalization of supply in categories of traditional production.

In fact, in regard to electric motors (considering only those with power above 3 HP) national production is practically restricted to induction motors; there is almost no production of synchronous motors, slip ring motors and DC motors.

Table 39 shows the domestic production of these kinds of motors in 1976, classified according to power ranges. It can be seen that the production of high voltage motors above 100 HP is small, since it is limited to 140 units with average power of about 900 HP. This is partially due to the fact that these kinds of motors are only de-

sirable for uses at high speeds. In general, for power above 200 HP and speed equal to or under 1 800 rpm it is advisable to use synchronous motors or induction motors, but beyond 700 HP the use of synchronous motors is the most recommended. In this sense, Mexican production is not adjusted to the technically desirable demand and thus captures only a small part of it.

Table 40 presents a list of the seven major producers of induction motors and the effective power ranges of their products.

The supply of electric generators made in Mexico is structured as follows: for alternate current generators there are three manufacturers, two of which produce low power units (from 0.75 to 3.5 KW) and the third manufactures generators from 3 to 1 500 KW, with average generating capacity between 200 and 300 KW.

For the purposes of this study the production of direct current generators has not been taken into account since they are small capacity units and do not enter into the field of capital goods.

There is no domestic manufacture of generators for the production of electric energy; locally produced generators have insufficient power for this purpose.

Table 39

### ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: PRODUCTION OF ELECTRIC MOTORS OVER 3 HP, 1976

Item	Total	3 to 25 HP	25 to 500 HP low tension	Over 500 HP high tension
Units	37 640	28 000	9 500	140
Value (millions of pesos)	375	128	209	38
Total power (thousands of HP)	1 987	423	1 436	128
Value per unit (thousands of pesos)	10.0	4.6	22.0	271.4
Value per power unit (pesos per HP)	188.7	302.6	145.5	296.9
Average power per unit (HP)	52.3	15.1	151.2	914.3
Number of manufacturers	15	7	4	4

1 Almost all are induction motors. Estimated figures.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

The demand for distribution transformers is easily covered by local manufacturers (22 enterprises produce transformers of up to 500 KVA), except in the case of very specialized equipment. Major producers have even successfully undertaken exportation of their products although only sporadically.

Table 40

**ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: MAJOR PRODUCERS OF INDUCTION MOTORS, CLASSIFIED BY RANGE OF EFFECTIVE POWER**

Firms	Maximum power range (HP)
Industrias IEM, S. A. de C. V.	1 250
Motores U. S. de México, S. A.	750
Manufacturera Fairbanks Mo.se, S. A.	350
General Electric de México, S. A.	25
Reliance de México, S. A.	750
Siemens, S. A.	300
Asea, S. A.	40

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

The demand for power transformers is not completely met at present; only one manufacturer is currently producing transformers with individual capacities of 10 to 100 MVA. As a result of production being lower than demand there are constant imports of these goods. Production capacity in 1975 was 2 800 MVA whereas the demand in the same year was for 6 000 MVA. More than 50% of demand had to be covered by imports.

To illustrate the production situation, information will be provided on one of the major transformer manufacturers. Industrias IEM, S. A. de C. V. is the only local producer of power transformers, with three different manufacturing lines which in practice operate as three independent production units. In the case of low-powered transformers, from 2 MVA to 25 MVA, 222 units with a total of 947 MVA were produced (an average of 4.26 MVA per unit); this average indicates that production includes a large proportion of relatively small capacity transformers, such as those required by the electric sector and industrial users. In the same year (1975), 45 units of transformers with power higher than 25 MVA were produced, giving a total of 1 776 MVA in voltages up to 230 KV (with an average of 39.5 MVA per unit). The maximum capacity produced by this firm is 107 MVA per single-phase transformer in voltages up to 230 KV.

The total demand for low voltage breakers is practically covered by domestic producers. Breakers have been manufactured in México for approximately 27 years under licenses from General Elec-

tric Co. and Westinghouse Electric Co. The low voltage breakers include those of 7.5 KV, 15 KV and 34.5 KV for outdoor services and up to 7.5 KV for indoor use (the latter are of the type using a large volume of oil).

IEM recently began to manufacture indoor breakers of 7.5 KV and 15 KV of the dry magnetic compressed air type which have certain advantages for installation in panels and shielded substations in general.

Energomex, S. A., has also begun to manufacture indoor breakers up to 23 KV, under license from Energoinvest of Yugoslavia.

Outdoor low voltage breakers are not imported at present. The indoor kinds are imported in substantial quantities although they are also manufactured in Mexico. Magnetic action types of breakers have been produced in Mexico for three years and the full range of applications is still not covered. Among imports, those from Brazil occupy an important position and have been carried out under the LAFTA agreement.

The only kinds of breakers over 34.5 KV manufactured in Mexico are those based on compressed air, for up to 115 KV.<sup>7</sup> Imports in this range are quite large and, in addition, all breakers above this voltage range are imported. There are indications that the SF 6 (sulphur hexafluoride) type of breaker up to 400 KV will soon be produced within the country.

Table 41

**ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: CLASSIFICATION OF PRODUCERS BY CAPITAL STOCK**

Range	Capital stock (millions of pesos)	Number of firms	Structure %
	TOTAL	77	100
1	Less than 1	24	31
2	1 to 5	21	27
3	5 to 10	8	11
4	10 to 50	14	18
5	50 to 100	5	7
6	100 to 200	1	1
7	200 to 400	4	5

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

In the National Chamber of Electric Manufacturers (Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME), approximately 300 firms are registered, which can be classified as follows: 77 produce capital goods and parts (26% of the total)

<sup>7</sup> But only up to 110 and 220 KV; demand for 400 KV transformers is not covered.

<sup>8</sup> Only one firm produces a limited quantity of breakers in this range.

Table 42

**ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH LESS THAN ONE MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS**

Firms	AC monophase arc welders transformer type	Monophase arc welders DC static converter	Internal combustion engine DC monophase welders	Resistance monophase welders	Three phase welders DC static converter	Power transformers	Special transformers up to 1 KV	Distribution transformers	Dry distribution transformers	Furnace transformers	Measuring instruments	Current and power transformers
ARO-MAQ. S. A.	X	X	X	X	X							
Central Electromecánica, S. A.						X	X	X	X			
Construcciones Electrometálicas Especializadas, S. A.												
Consultores e Instaladores Industriales, S. A.												
Corta Circuitos Eléctricos, S. A.												
Champion Hobart, S. A. de C. V.	X	X			X							
Electro Mecánica Europea de Puebla, S. A.												
Electro Servicio, S. A.								X	X			
Electrotécnica, S. A.												
Equipos Electromagnéticos, S. A.								X	X			X
Inductomex, S. A. de C. V.												
Industrias Mak, S. A.						X		X	X	X		
Industrias Mexicanas Electromecánicas, S. A.												
Ingeniería Atenea, S. A. de C. V.												
Loria, S. A.												
Manufactureras Eléctricas Industriales, S. A.								X	X			
Maquinaria Eléctrica para la Industria, S. A.						X						
Mecsa División Industrial, S. A.												
Philadelphia Gear Mexicana, S. A.												
Potencia Industrial, S. A.												
Productos Comel Mex, S. A.	X	X										
Soldadoras Eléctricas Industriales, S. A.	X	X		X	X							
Subestaciones Compactas, S. A.												
Viggers Hermanos, S. A.							X	X	X	X		

Firms	Shielded substations	Mobile substations	Open indoor or outdoor substations
ARO-MAQ, S. A.			
Central Electromecánica, S. A.			
Construcciones Electrometálicas Especializadas, S. A.	X		
Consultores e Instaladores Industriales, S. A.			
Corta Circuitos Eléctricos, S. A.			
Champion Hobart, S. A. de C. V.			
Electro Mecánica Europea de Puebla, S. A.		X	
Electro Servicio, S. A.			
Electrotécnica, S. A.			
Equipos Electromagnéticos, S. A.			
Inductomex, S. A. de C. V.			
Industrias Mak, S. A.			
Industrias Mexicanas Electromecánicas, S. A.	X	X	
Ingeniería Atenea, S. A. de C. V.			X
Loria, S. A.	X	X	
Manufactureras Eléctricas Industriales, S. A.			X
Maquinaria Eléctrica para la Industria, S. A.			
Mecsa División Industrial, S. A.	X		X
Philadelphia Gear Mexicana, S. A.			
Potencia Industrial, S. A.			
Productos Comel Mex, S. A.			
Soldadoras Eléctricas Industriales, S. A.			
Subestaciones Compactas, S. A.	X		X
Viggers Hermanos, S. A.	X		X

Off-load knife switches up to 23 KV	On-load knife switches up to 23 KV	Distribution panels	Motor control centers 600-3200 V	Power factor improvement condensers	Fuse cutouts	Automatic breakers up to 36 KV	Compressed air switches high tension
-------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--------------	--------------------------------	--------------------------------------

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

Firms	Magnetic starters	Capacitor banks	On-load current rectifiers	Industrial reactors for motor starters	Starter panels for emergency power plants	Motor reducers	Mono-phase AC generators	Motor generator sets	Three-phase AC generators	Frequency converters	Current rectifiers for galvanoplastics
ARO-MAO, S. A.											
Central Electromecánica, S. A.											
Construcciones Electrometálicas Especializadas, S. A.											
Consultores e Instaladores Industriales, S. A.											
Corta Circuitos Eléctricos, S. A.											
Champion Hobart, S. A. de C. V.											
Electro Mecánica Europea de Puebla, S. A.	X	X									
Electro Servicio, S. A.											
Electrotécnica, S. A.			X								
Equipos Electromagnéticos, S. A.				X							
Inductomex, S. A. de C. V.					X						
Industrias Mak, S. A.											
Industrias Mexicanas Electromecánicas, S. A.											
Ingeniería Atenea, S. A. de C. V.					X	X					
Loria, S. A.					X						
Manufactureras Eléctricas Industriales, S. A.											
Maquinaria Eléctrica para la Industria, S. A.											X
Mecsa División Industrial, S. A.											
Philadelphia Gear Mexicana, S. A.						X					
Potencia Industrial, S. A.							X	X	X	X	
Productos Comel Mex, S. A.											
Soldadoras Eléctricas Industriales, S. A.											
Subestaciones Compactas, S. A.											
Viggers Hermanos, S. A.											

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 43

## ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 1 TO 5 MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Compact substations up to 35 KV 2000 KVA	Distribution panels up to 35 KV 600 A	Motor control centers up to 15 KV 600 A	Low tension distribution panels	Starter and safety panels 600 V 1000 KW	On-load knife switches up to 23 KV	Indoor or outdoor shielded substations	Mobile substations	Distribution transformers
Accesorios Eléctricos, S. A.		X		X		X	X		
Construcciones Eléctricas, S. A.	X	X	X	X	X				
Contreras, S. A.						X			
Delta Mex, S. A.								X	
Electromanufacturas, S. A.								X	
ESB de México, S. A.									
Faarsoel, S. A.			X			X			
Federal Pacific Electric de México, S. A.		X		X			X		
Industrias Electromecánicas Mac's, S. A.									
Ingeniería y Reconstrucciones, S. A.		X		X			X		
Intelcom, S. A.									
Manufacturas Eléctricas Camarena, S. A.		X		X				X	
Manufacturera Eléctrica, S. A.		X		X			X		
Messer Gries Heim de México, S. A.									
Productos Eléctricos Elmex, S. A.		X	X	X		X	X		
Reliance de México, S. A.									
Transformadores e Ingeniería, S. A.								X	
Transformadores Especiales, S. A.								X	
Transformadores Temsa, S. A.								X	
Viggers Hermanos, S. A.							X	X	

Firms	Dry distribution transformers	Power transformers	Transformers for furnaces
Accesorios Eléctricos, S. A.			
Construcciones Eléctricas, S. A.			
Contreras, S. A.			
Delta Mex, S. A.	X	X	X
Electromanufacturas, S. A.		X	
ESB de México, S. A.			
Faarsoel, S. A.			
Federal Pacific Electric de México, S. A.			
Industrias Electromecánicas Mac's, S. A.			
Ingeniería y Reconstrucciones, S. A.			
Intelcom, S. A.			
Manufacturas Eléctricas Camarena, S. A.	X	X	
Manufacturera Eléctrica, S. A.			
Messer Gries Heim de México, S. A.			
Productos Eléctricos Elmex, S. A.			
Reliance de México, S. A.			
Transformadores e Ingeniería, S. A.	X	X	X
Transformadores Especiales, S. A.		X	
Transformadores Temsa, S. A.	X	X	
Viggers Hermanos, S. A.	X	X	X

Individual reactors	Transformer type monophase AC arc welders	Industrial current rectifiers	Current rectifiers	Current rectifiers for charging accumulators	Resistance monophase welders
X	X				
		X	X	X	
	X				X
	X				X
				X	
	X				X
X					

Firms	On-load knife switches	Monophase arc welders DC static converter	Electro- magnetic breakers in air	Three-phase welders, DC static converter	Horizontal & vertical three- phase motors explosion proof & drip-proof	Open three-phase motors 301-2000 HP	Motor generator sets	Frequency converters from 5 KW	Motor reducers
Accesorios Eléctricos, S. A.									
Construcciones Eléctricas, S. A.									
Contreras, S. A.									
Delta Mex, S. A.									
Electromanufacturas, S. A.									
ESB de México, S. A.									
Faarsoel, S. A.									
Federal Pacific Electric de México, S. A.	X								
Industrias Electromecánicas Mac's, S. A.		X							
Ingenieria y Reconstrucciones, S. A.					X				
Intelcom, S. A.									
Manufacturas Eléctricas Camarena, S. A.					X				
Manufacturera Eléctrica, S. A.			X						
Messer Gries Heim de México, S. A.		X		X					
Productos Eléctricos Elmex, S. A.	X								
Reliance de México, S. A.					X	X	X	X	X
Transformadores e Ingenieria, S. A.									
Transformadores Especiales, S. A.									
Transformadores Temsa, S. A.									
Viggers Hermanos, S. A.									

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 44

## ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 5 TO 10 MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Capacitor control & regulation systems	Equipment panels for power factor improvement	Power factor indicators	Systems for power factor studies	Capacitors to correct and control power factor	Capacitors for high tension AC apparatus	Motor control centers	Open indoor or outdoor distribution substations	Indoor or outdoor shielded substations
Balmec, S. A.	X	X	X	X	X				
Brown Boveri Mexicana, S. A.	X					X	X	X	X
Balteau Electrotécnica									
Cia. Manufacturera de Artefactos Eléctricos, S. A.									
Energomex, S. A.	X							X	X
Industrias Sigma, S. A.									
Maquinaria Continental Electric, S. A.									
Miller de México, S. A.									

Firms	Electric panels	Lightning arresters	Magnetic starters	Compressed-air high tension breakers	Industrial furnaces	Measurement transformers	Assorted insulators	Supports for collector bars	Substation bar supports
Balmec, S. A.									
Brown Boveri Mexicana, S. A.	X	X	X	X	X				
Balteau Electrotécnica						X	X	X	X
Cia. Manufacturera de Artefactos Eléctricos, S. A.									
Energomex, S. A.	X								
Industrias Sigma, S. A.									
Maquinaria Continental Electric, S. A.									
Miller de México, S. A.									

Firms	Switches	Breakers	Monophase arc welders. DC static converter	Three-phase welders. DC static converter	Variable speed motor controls	Internal combustion motor AC monophase generators for lighting	Plates for magnetic cores used in transformers	Distribution transformers	Power transformers
Balmec, S. A.									
Brown Boveri Mexicana, S. A.									
Balteau Electrotécnica									
Cia. Manufacturera de Artefactos Eléctricos, S. A.								X	X
Energomex, S. A.	X	X							
Industrias Sigma, S. A.			X	X	X				
Maquinaria Continental Electric, S. A.								X	X
Miller de México, S. A.			X	X		X	X		

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 45

## ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 10 TO 50 MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Insulators	Circuit breakers	Monophase AC arc welders, transformer type	Monophase arc welders, DC static converter	Monophase arc welders, DC rotary converter	Three-phase welders, DC static converter	Electric motors	Motor reducers	High and low tension magnetic starters	Safety breakers	Motor control centers up to 600 A 13.2 KV
A. B. Chance de México, S. A.	X	X									
Armco Mexicana, S. A. de C. V.			X	X	X	X					
Asea, S. A.							X	X			
Cutler Hammer Mexicana, S. A.									X	X	X
Electrotécnica, S. A.											
Industrial Eléctrica, S. A.											
Industrias Sola Basic, S. A.											
Ingeniería Eléctrica Industrial	X										
ITESA, S. A. DE C. V.											
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.							X				
Mex Control, S. A.											
Motores U. S. de México, S. A.							X				
S. y C. Selmec, S. A.											
Sociedad Electromecánica, S. A.											

Firms	Knife switches	Industrial reactors	Indoor or outdoor shielded substations	Power transformers	Distribution transformers	Dry distribution transformers	Transformers for furnaces	Individual furnaces	Current rectifiers	Underground residential substations
A. B. Chance de México, S. A.										
Armco Mexicana, S. A. de C. V.										
Asea, S. A.										
Cutler Hammer Mexicana, S. A.										
Electrotécnica, S. A.	X	X	X	X	X	X				
Industrial Eléctrica, S. A.		X		X	X	X	X			
Industrias Sola Basic, S. A.					X	X		X	X	
Ingeniería Eléctrica Industrial		X		X	X	X	X			X
ITESA, S. A. DE C. V.										
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.										
Mex Control, S. A.										
Motores U. S. de México, S. A.										
S. y C. Selmec, S. A.										
Sociedad Electromecánica, S. A.										

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 46

ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 50 TO 100 MILLION PESOS CAPITAL  
STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Bare and covered wires and cables	Power cables from 5 to 35 KV	Cable for travelling derrick	Mine cable	Lightning rod cable	Power cable over 35 KV	Power cable up to 230 KV	High tension insulators	Special and support insulators
Conelec, S. A.	X	X	X	X	X				
Latinoamericana de Cables, S. A.	X	X				X	X		
Productos Industriales, S. A.								X	X
Siemens, S. A.									
Square D de México, S. A.									

Firms	Transformer bushings	Industrial reactors	Substations for underground residential installation	Power transformers	Distribution transformers	Dry distribution transformers	Transformers for furnaces	Motor control centers up to 600 A 13.2 KV	Fuse cutouts 0.5 - 150 A
Conelec, S. A.									
Latinoamericana de Cables, S. A.									
Productos Industriales, S. A.	X	X	X		X	X	X		
Siemens, S. A.								X	X
Square D de México, S. A.								X	X

Firms	On-load knife switches up to 23 KV	Measuring instruments	Three-phase induction motors up to 300 HP	Motor reducers	Indoor or outdoor shielded substations	Underground residential substations	High and low tension distribution panels	Instruments	Magnetic starters
Conelec, S. A.									
Latinoamericana de Cables, S. A.									
Productos Industriales, S. A.									
Siemens, S. A.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Square D de México, S. A.					X	X	X		X

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 47

ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 100 TO 200 MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Bare and covered wires and cables	Power cables from 5 to 35 KV	Cable for travelling derrick	Mine cable	Lightning rod cable	Power cable over 35 KV	Power cable up to 230 KV	High tension insulators	Special and support insulators
Conductores Monterrey, S. A.	X	X		X	X	X	X		

Firms	Transformer bushings	Industrial reactors	Substations for underground residential installation	Power transformers	Distribution transformers	Dry distribution transformers	Transformers for furnaces	Motor control centers up to 600 A 13.2 KV	Fuse cutouts 0.5 - 150 A
Conductores Monterrey, S. A.		X					X		

Firms	On-load knife switches up to 23 KV	Measuring instruments	Three-phase induction motors up to 300 HP	Motor reducers	Indoor or outdoor shielded substations	Underground residential substations	High and low tension distribution panels	Instruments	Magnetic starters
Conductores Monterrey, S. A.									

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 48

## ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: FIRMS WITH 200 TO 400 MILLION PESOS CAPITAL STOCK AND THEIR PRODUCTS

Firms	Bare and covered wires and cables	Power cables from 5 to 35 KV	Cable for travelling derrick	Mine cable	Lightning rod cable	Power cable over 35 KV	Power cable up to 230 KV	Magnetic starters	Off-load knife switches up to 23 KV	On-load knife switches up to 23 KV	Measuring instruments
Condumex, S. A.	X		X	X	X	X	X				
General Electric de México, S. A.								X	X	X	X
Industrias IEM, S. A. de C. V.								X		X	
Industrias Unidas, S. A.	X	X		X						X	

Firms	High tension oil breakers	High tension outdoor air breakers	Large volume oil breakers for outdoors	Three-phase motors	Motor reducers	Underground residential substations	Shielded substations	High and low tension panels	Power transformers	Distribution transformers	Dry distribution transformers
Condumex, S. A.											
General Electric de México, S. A.	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Industrias IEM, S. A. de C. V.	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Industrias Unidas, S. A.											

Firms	Transformers for furnaces	Motor control centers up to 600 A 13.2 KV	Mobile substations	Three-phase motors 301-2 000 HP	Copper and brass bars and profiles	Copper plate	Lightning arresters	Transformer bushings up to 31.5 KV	Fuse cutouts 0.1-150 A	Support insulators
Condumex, S. A.										
General Electric de México, S. A.	X									
Industrias IEM, S. A. de C. V.	X	X	X	X						
Industrias Unidas, S. A.					X	X		X	X	X

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

and 219 manufacture components and parts not directly related to capital goods (74%). Table 41 contains a classification of the first 77 firms, according to their capital stock. Tables 42 to 48 list the capital goods manufacturers, specifying the kinds of products they manufacture. Each table includes firms within a given range of capital stock value—there are seven ranges all together. The firms in ranges 1 to 3 (from 250 000 to 10 million pesos capital stock) are considered small firms; those in ranges 4 and 5 (from 10 to 100 million pesos are considered to be medium-sized; and those in ranges 6 and 7 (100 to 400 million pesos) are considered large firms.

A summary of the number of companies and of the products in this sector is found in table 49.

Product descriptions are very general, without specifying the maximum manufacturing sizes or capacities, but even so some cases of market fragmentation can be distinguished as well as cases of greater specialization. For example, it can be seen that five products are manufactured by more than ten firms, each one with small or medium-sized plants. On the other hand, 11 products are manufactured by only one or two producers: three of these products are manufactured by large firms and eight are manufactured by small and medium-sized firms (see again tables 42 to 49).

Table 50 indicates the degree of national integration of some of the equipment manufactured in Mexico, particularly that of transformers, rotating machines, and panels.

The analysis of these firms makes it clear that the industry suffers from an excessive number of manufacturers in the categories of products having low power, traditional uses or broad markets, and moreover that in these categories production is insufficient and has a low degree of national integration. In the case of some of the higher powered or specialized high voltage equipment there is no local production at all.

These conditions cannot be blamed on a small market since it has been amply demonstrated that the national market for such goods is quite large and in fact, is comparable to that of European countries on an individual product level.

As in the case of pumps,<sup>9</sup> the companies with advanced international technologies, even though they may be equipped with relatively obsolete machinery, dominate the market for the simple products of greatest demand. Conversely, the manufacture of equipment having greater power or voltage capacity requires more sophisticated technological know-how, more expensive testing installations, more highly skilled personnel and a more complex organization, and thus the company decisions to penetrate this market more thoroughly have been delayed. Production of some of these

goods has however been initiated through assembly and this makes it necessary to subject such production efforts to a coherent plan so as to avoid the fragmentation of supply in the categories which are most suitable for national production.

Table 49

**ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: NUMBER OF MANUFACTURERS OF MAJOR PRODUCTS**

Products	Number of firms
Welders	11
Distribution transformers	22
Special small transformers	10
Measuring instruments	2
Low tension measurement transformers	2
High tension measurement transformers	1
Shielded substations	19
Mobile substations	6
Open indoor or outdoor substations	7
Off-load knife switches up to 23 KV	9
On-load knife switches up to 23 KV	8
Low tension distribution panels	7
High tension distribution panels	13
Motor control centers 600-3 200 V	2
Motor control centers 600-13 200 V	3
Motor control centers 600-15 000 V	3
Starters (manual and magnetic)	7
Capacitor banks	4
Low tension breakers	4
Medium tension breakers	2
High tension compressed breakers	3
High tension oil breakers	2
Current rectifiers	4
AC electric motors up to 200 HP	6
AC electric motors 200-1 000 HP	4
AC electric motors 1 000-2 000 HP	1
Motor reducers	6
AC generators	2
Motor generator sets	2
Lightning arresters	1
Industrial furnaces	1
Insulators	5
Fuse cutouts	5
Electric conductors	5

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

<sup>9</sup> See chapter VII.

The categories of electrical equipment and machinery not yet produced in Mexico have a vital industrial and technological importance. Since there is no significant production of synchronous motors, whose design and manufacture are very similar to that of generators, there is a lack of motive power for a very large number of heavy industrial machines and, likewise, the engineering know-how for producing large generators is also lacking. Similarly, since DC motors are not produced, there is no proficiency in industrial traction, rolling mills and the complex motors with special characteristics adapted for different speed and torque conditions.

The lack of local production of large transformers implies that Mexico is deprived of the possibility of developing its manufacturing engineering capacity which should advance simultaneously with the state of its transmission lines.

Thus, the relative lag in this field must be considered together with the weakness of local technological capacity, and the net result is that Mexico finds itself behind other countries in this area, including other developing countries such as India, Brazil and Argentina.

Table 50

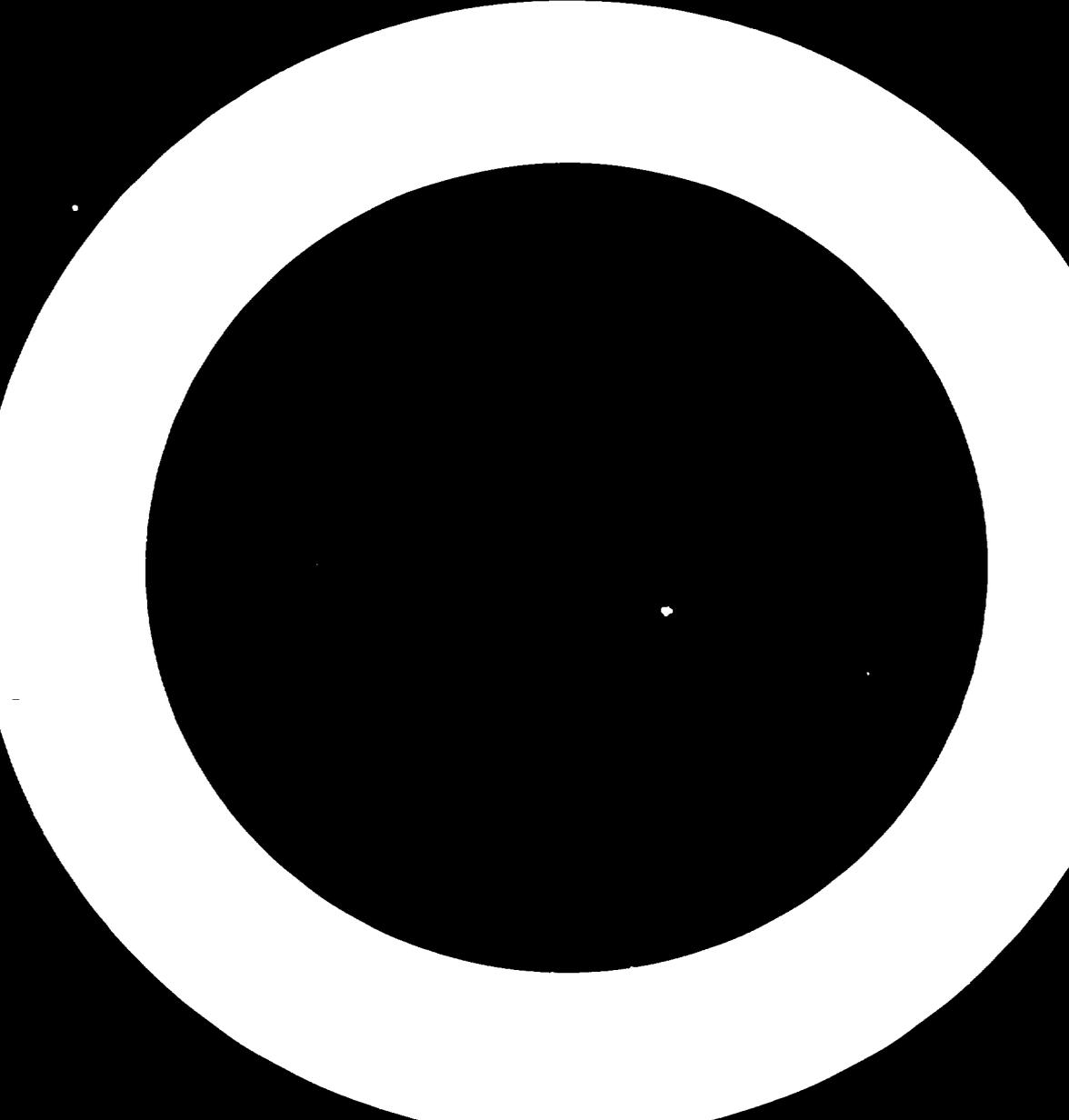
**ELECTRIC MACHINERY AND EQUIPMENT: DEGREE OF NATIONAL INTEGRATION IN SELECTED EQUIPMENT**

Products	Degree of integration <sup>1</sup> %
Distribution and medium-power transformers	80 to 90
Power transformers up to 230 KV	80 to 85
Rotary machines <sup>2</sup>	60 to 80
Distribution panels and motor control centers (CCM)	90 to 100

<sup>1</sup> Estimated in terms of total costs; at international prices the degree of integration could be less.

<sup>2</sup> Includes AC induction motors up to 200 HP and small generators.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



### XIII. PROFESSIONAL ELECTRONICS

Professional electronic production accounts for about 3% of the gross national product in market economy countries; however its economic importance is much greater than would seem to be indicated by this figure because of its technological impact on all other industries and extensive use in society's activities in recent years. Thus, the promotion of development in the electronics industry is not only motivated by a need to achieve equilibrium in the balance of payments but also by a desire to avoid excessive dependence on foreign countries in a key field for the development and modernization of industry as a whole.

Electronic equipment makes extensive use of rapidly advancing technologies. Nevertheless, such technological advances are found primarily in the components involved, since although the equipment is sophisticated, its design and manufacture are relatively simple. Moreover, often in the production and assembly of electronic equipment a certain kind of skilled labor is used which is readily available in Mexico; this gives the country an advantageous position in terms of such production.

Internal market studies related to professional electronic equipment reveal a growing demand which is increasing at a rate of 14% annually. In 1977 the total consumption of finished products was 322 million dollars, of which 73% were imported products. When components and parts are included, consumption figures reach 560 million dollars for that year, with imports estimated at 261 million dollars (see tables 51 and 52). Among imports of capital goods, 10 to 12% corresponded to professional electronics.

For the purposes of the market study, the field of professional electronics was divided into six subsectors and a market profile was prepared for each. The largest of these subsectors is covered by local production of telecommunications equipment while demand for measuring and testing equipment and electronic biomedical equipment is completely supplied by imports. The Mexican made electronic products that are exported in greatest quantity are calculators and semiconductor components.

Chart 10 contains a summary of electronic enterprises according to their activities, and shows that of the 53 firms listed, 33 (62%) are devoted to communications (see table 53).

The various parts and components used in the national electronics industry are found in chart 11.

along with the number of enterprises dedicated to their manufacture. It is noteworthy that the supply of parts and components is mainly directed toward consumer products and only a small portion is for the professional electronics industry.

Market forecasts for the coming five and ten-year periods show a slight increase in local production as compared with imports. However, during the next ten-year period, 68% of the demand for professional electronic equipment will have to be covered by imports. It is expected that the average annual growth of internal production during this period will be 17.2% while imports will grow 12.3% annually.

In view of the outstanding impact of electronics on almost all branches of industry, the consumption of certain kinds of electronic equipment can be considered as an indicator of the technological level of a country.

At the present, the professional electronics industry in Mexico employs approximately 6 000 persons. It is principally an assembly industry that is dependent on foreign firms for the design and technology of its products and their parts. The development of local industry has been hindered by the lack of an ample research and development base, by the scarcity of professional quality components and by the shortage of personnel with sufficient training to direct and supervise the industry. Nevertheless, there are sufficient electronic engineers and skilled industrial workers with the kind of abilities (manual dexterity) required for an electronics assembly industry.

Even though research on electronic products is almost nonexistent within the industry, it is carried out in many academic institutions. In these institutions 89 electronic equipment analysis projects have been identified and 75 prototypes of a large variety of equipment have been elaborated. The coordination of such programs with industrial needs could serve as the technological basis for the development of an entirely local electronics industry.

The main objectives sought in the promotion and acceleration of the development of the professional electronics industry in Mexico are import substitution and the utilization of existing research and development capacity to reduce technological and design dependence. In order to achieve this it is necessary to actively promote the local professional quality electronic component industry, not only to facilitate the desired growth rate but also to

increase the level of local integration in present production.

Even while the increased production will have to depend on the utilization of foreign capital and technology, the need to develop an independent Mexican industry should not be neglected.

The conclusions drawn from market data indicate that in the subsectors concerned with telecommunications equipment and process control instruments, expansion and diversification of present production will have to come from the devel-

opment of existing industries, while in the other subsectors there are important opportunities for the formation of new enterprises.

The growth of demand for imports could be reduced from the present rate of 12.3% annually to 5% in the next five years. This would require investments totalling 49.3 million dollars and would result in savings of 324.2 million dollars in imports. The question of personnel for the program is not considered to be a problem since there is an adequate supply of human resources in the country.

Table 51  
PROFESSIONAL ELECTRONICS: SUMMARY OF THE MARKET FOR FINISHED PRODUCTS, 1973-1982  
(Millions of dollars)

Item	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL FINISHED PRODUCTS</b>										
Production	47.01	61.65	70.20	88.42	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57
Imports	158.88	168.24	197.13	219.42	235.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88
Exports	5.65	7.00	9.10	10.50	12.50	14.60	16.86	19.15	21.57	24.38
Consumption	200.24	222.89	258.23	297.34	321.93	367.44	418.51	476.88	543.71	621.07
<b>1. Telecommunications equipment</b>										
Production	33.65	45.30	50.90	63.70	68.69	81.58	96.88	114.32	133.86	157.20
Imports	78.52	79.44	94.75	92.84	102.24	113.02	125.01	139.08	155.94	174.80
Exports	3.40	4.00	4.70	5.40	6.20	7.07	8.08	9.20	10.50	12.00
Consumption	108.77	120.74	140.95	151.14	164.73	187.53	213.81	244.20	279.30	320.00
<b>2. Instruments and equipment for measurement and control</b>										
Production	—	—	—	—	—	0.10	0.20	0.50	0.60	0.70
Imports	6.40	6.80	7.00	9.30	10.10	11.04	12.07	13.20	14.43	15.78
Exports	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumption	6.40	6.80	7.00	9.30	10.10	11.14	12.27	13.70	15.03	16.48
<b>3. Process control instruments</b>										
Production	8.90	11.40	13.60	16.70	19.90	23.70	27.08	30.90	35.40	40.40
Imports	17.10	23.10	31.40	43.00	49.60	57.00	65.57	75.40	86.60	99.60
Exports	0.25	0.30	0.40	0.30	0.50	0.50	0.55	0.60	0.60	0.60
Consumption	25.75	34.20	44.60	59.40	69.00	80.20	92.10	105.70	121.40	139.40
<b>4. Computers and calculators</b>										
Production	4.46	4.95	5.70	8.02	10.05	12.32	14.92	17.52	20.05	23.02
Imports	36.60	41.15	38.90	46.55	45.65	51.98	58.89	66.54	75.60	86.45
Exports	2.00	2.70	4.00	4.80	5.80	7.03	8.23	9.35	10.47	11.78
Consumption	39.06	43.40	40.60	49.77	49.90	57.27	65.58	74.71	85.18	97.69
<b>5. Biomedical equipment</b>										
Production	—	—	—	—	—	—	0.10	0.15	0.20	0.25
Imports	20.26	17.75	25.08	27.73	28.20	31.30	34.65	38.42	42.60	47.25
Exports	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumption	20.26	17.75	25.08	27.73	28.20	31.30	34.75	38.57	42.80	47.50

<sup>1</sup> Projected figures starting with this year.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

The public sector is the major consumer of professional electronic equipment in Mexico. It covers 84% of total consumption and thus has a significant influence on the market. It could play an important role in the development of local industry if it were to motivate local producers to orient their production programs on the basis of its future needs. Within this same sector there are a considerable number of electronic engineers presently carrying out mainly administrative functions who could possibly be utilized for the design of internal systems or products in cooperation with the manufacturing industry.

According to the results of research carried out up to now, Mexican production of professional electronic equipment should be more selective and should concentrate on products having greater potential.

A series of recommendations have been made on the basis of suggestions and observations presented during this study. They are concerned with several basic problems and are directed toward facilitating and improving the current situation in the electronics industry and furthering its promotion, growth and development, while at the same time improving the quality of national production so that the country may become less dependent on imports of foreign products and technology.

1. To support the accelerated growth of the capital goods electronics industry, it is recommended that:

a) Prefeasibility studies be made for articles showing a good potential for local production;

b) Contacts be established with foreign manufacturers so as to explore the possibilities of receiving technical and financial assistance in relation to the production of such articles.

2. As long as the local component producing industry cannot manufacture components with professional quality levels, the purchase abroad of such items should be facilitated for local finished equipment manufacturers, service and repair shops and research and development organizations. For this reason it is suggested that requirements for import licenses for electronic elements and the parts used in professional equipment should be rationalized. Moreover, import taxes ought to be adjusted so as to provide adequate protection for the local components industry without causing excessive increases in the production costs of equipment manufacturers.

3. In order to stimulate the internal production of electronic components having the levels of quality and reliability needed for professional uses, local producers should have access to the potential market that exists at present in the in-bond processing plants. The annual requirements of the plants in terms of components should be compiled along with the specifications of components that are currently imported so that local producers may have the opportunity of entering into this market competitively.

4. Since at present the in-bond processing plants are manufacturing electronic components for export, it could be considered opportune to encourage their sale on the domestic market, as many

Table 52

PROFESSIONAL ELECTRONICS: SUMMARY OF THE MARKET INCLUDING COMPONENTS AND PARTS, 1973-1982

(Millions of dollars)

Item	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL PROFESSIONAL ELECTRONICS</b>										
Production	207.51	248.15	277.85	308.12	325.64	359.00	396.28	438.29	480.91	529.17
Imports	187.64	199.87	225.70	246.40	261.32	288.68	320.69	358.14	401.17	450.88
Exports	8.15	12.60	20.11	23.55	26.98	33.30	37.96	42.85	47.57	52.88
Consumption	387.00	435.42	483.44	530.97	559.98	614.38	679.01	753.58	834.51	927.17
<b>I. Finished products</b>										
Production	47.01	61.65	70.20	88.42	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57
Imports	158.88	168.24	197.13	219.42	235.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88
Exports	5.65	7.00	9.10	10.50	12.50	14.60	16.86	19.15	21.57	24.38
Consumption	200.24	222.89	258.23	297.34	321.93	367.44	418.51	476.88	543.71	621.07
<b>II. Electronic components and parts</b>										
Production	160.50	186.50	207.65	219.70	227.00	241.30	257.10	274.90	290.80	307.60
Imports	28.76	31.63	28.57	26.98	25.53	24.34	24.50	25.50	26.00	27.00
Exports	2.50	5.60	11.01	13.05	14.48	18.70	21.10	23.70	26.00	28.50
Consumption	186.76	212.53	225.21	233.63	238.05	246.94	260.50	276.70	290.80	306.10

<sup>1</sup> Projected figures starting with this year.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 53

## PROFESSIONAL ELECTRONICS: SUPPLIERS, LISTED BY MAJOR PRODUCTS

Firms	Telecommunications equipment	Instruments and equipment for measurement and control	Computers and calculators	Biomedical equipment
<b>Telecommunications equipment</b>				
Industria de Telecomunicación, S. A.	X			
Teleindustria Ericsson, S. A.	X			
Siemens Telecomunicaciones, S. A.	X			
Standard Eléctrica de México, S. A.	X			
NEC de México, S. A. de C. V.	X			
Empresas Comerciales e Industriales, S. A.	X			
Heuer y Boehme, S. A.	X			
Cía. Motorola Mexicana, S. A.	X			
General Electric de México, S. A.	X	X		X
Industrial y Comercial Electrónica, S. A.	X			
Telettra Industrial, S. A.	X			
Thomson CSF de México, S. A.	X			
Philips Mexicana, S. A. de C. V.	X	X	X	X
Teleinformática de México, S. A.	X			
Transdata, S. A.	X			
Comercial Eléctrica, S. A.	X			
Circuito Cerrado de Televisión, S. A. de C. V.	X			
Industrias Electrónicas ESE, S. A.	X	X		
Industrias Sintronic, S. A.	X			
Macromex, S. A.	X			
Ingeniería de Radio Comunicaciones, S. A.	X			
R. C. Comunicaciones, S. A.	X			
Internacional Electrónica de México, S. A.	X			
International Sound de México, S. A.	X			
ISM, S. A.	X			
Matsushita Electric de México, S. A. de C. V.	X			
Precisión Control de México, S. A.	X			
Ingeniería Bramex, S. A.	X			
Planeta, S. A.	X			
<b>Instruments and equipment for measurement and control</b>				
Preciso Mexicana, S. A.		X		
Laboratorio de Instrumental de Precisión Eléctrica, S. A.		X		
Mexitex, S. A.		X		
Hewlett Packard Mexicana, S. A. de C. V.		X	X	X
Schrack de México, S. A.		X		
Instrumentos de Precisión, KSM		X		
Técnicos Argostal, S. A.		X		
B & K de México, S. A.		X		
RCA, S. A. de C. V.		X		
Raytel, S. A.		X		
Siemens, S. A.		X		X
FIMESA		X		
Industrias Unidas, S. A.		X		
Taylor Instrument de México, S. A. de C. V.		X		
Foxboro, S. A.		X		
Honeywell, S. A. de C. V.		X		
Leeds and Northrup Mexicana, S. A.		X		
Medidores Bailey, S. A.		X		
Fispo, S. A.		X		
Fisher Governor de México, S. A.		X		
Masoneilan Controles y Válvulas, S. A.		X		
West Instruments de México, S. A.		X		
Bristol, S. A.		X		
Beckman Instrument de México, S. A. de C. V.		X		X
Perkin Elmer de México, S. A.		X		X

Firms	Telecommunications equipment	Instruments and equipment for measurement and control	Computers and calculators	Biomedical equipment
<b>Computers and calculators</b>				
Control Data de México, S. A. de C. V.			X	
Digita Victor, S. A.			X	
Honeywell Bull de México, S. A.			X	
Informática Nacional, S. A.			X	
IBM de México, S. A.			X	
NCR de México, S. A. de C. V.			X	
Cia. Burroughs Mexicana, S. A.			X	
Cia. Manufacturera de Nuevo Laredo, S. A. de C. V.			X	
Ferromagnética, S. A.			X	
Printo Bormar, S. A. de C. V.			X	
Sistemas y Componentes, S. A.			X	
Intelex, S. A.			X	
Sistemas Computacionales Avanzados, S. A.			X	
Etienne Bonnefoi Levy, S. A.			X	
Industrias Ransom-Busicom, S. A.			X	
AMI de México, S. A. de C. V.			X	
Texas Instrument de México, S. A.			X	
Máquinas de Información, S. A.			X	
<b>Biomedical equipment</b>				
Cia. Mexicana de Radiología CGR, S. A. de C. V.				X
American Optical de México, S. A.				X

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

of these items are currently imported from other countries.

5. A frequent difficulty experienced by local producers is that of locating supply sources for the parts, materials and services required for production since there is no industrial directory available in Mexico. It is suggested that such a directory be compiled and that its contents include a complete list of all the existing electronics industries in the country with data about their size, production lines, services offered and all other information considered to be of interest.

6. It is recommended that all research related to electronics carried out in academies or other institutions in Mexico should be coordinated through the National Science and Technology Council (CONACYT) so as to avoid duplication of efforts and achieve a better utilization of existing resources. Under the Council control, development programs could be oriented toward finding adequate commercialization channels, and research could be directed toward generating technologies that would be more suitable for the industrial development of the country. The CONACYT should also act as an administrator for the specific product development projects carried out by research and development institutions in cooperation with local manufacturers.

7. Training for specialized workers and production supervisors in the electronics industry should be promoted, preferably through the establishment of a vocational school similar to the Sugar Industry's Training Institute.

8. It is suggested that an industrial scholarship program be undertaken to provide practical

training of graduate electronic engineers within the industrial environment of an advanced foreign country. Such training would include the development of products as well as engineering and technology of production and organization.

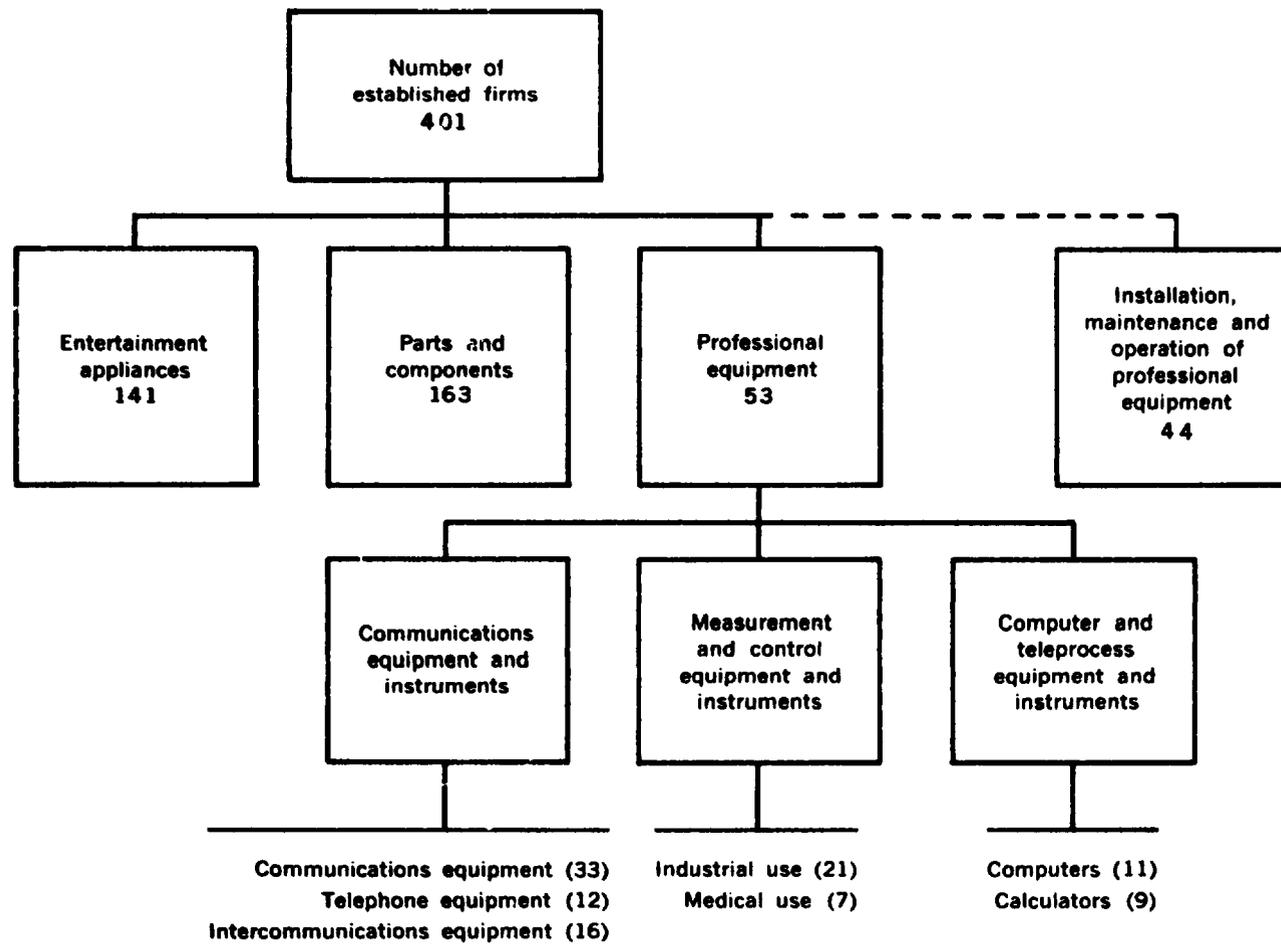
9. It is recommended that a more liberal financing scheme be made available to the small and medium-sized independent manufacturers so as to alleviate their shortage of working capital and stimulate their expansion.

10. At present, special tax concessions are granted to manufacturers who export products with more than 60% domestic integration. It is recommended that the same concession be made available to all local manufacturers that can and wish to export their products, regardless of the degree of national integration in their production. This would be possible if the prices of locally made and imported parts and components with the same quality levels were to be adjusted so that they are comparable, thus making the costs for materials and parts used by local manufacturers competitive, regardless of country of origin of such items.

11. In Mexico there is still a great deal of mistrust of products made in the country due to problems related to the quality of locally made parts and components that enjoy the benefits of protection against imports. It is necessary to undertake an active program for improving the quality control of national production and to look for measures tending to modify the excessive protection of these products. This could help open new opportunities for exportation of Mexican products by contributing to increase quality and reduce prices.

Chart 10

PROFESSIONAL ELECTRONICS: PRESENT SITUATION OF DOMESTIC INDUSTRY



NOTE: The figures in the squares refer to the number of active firms.

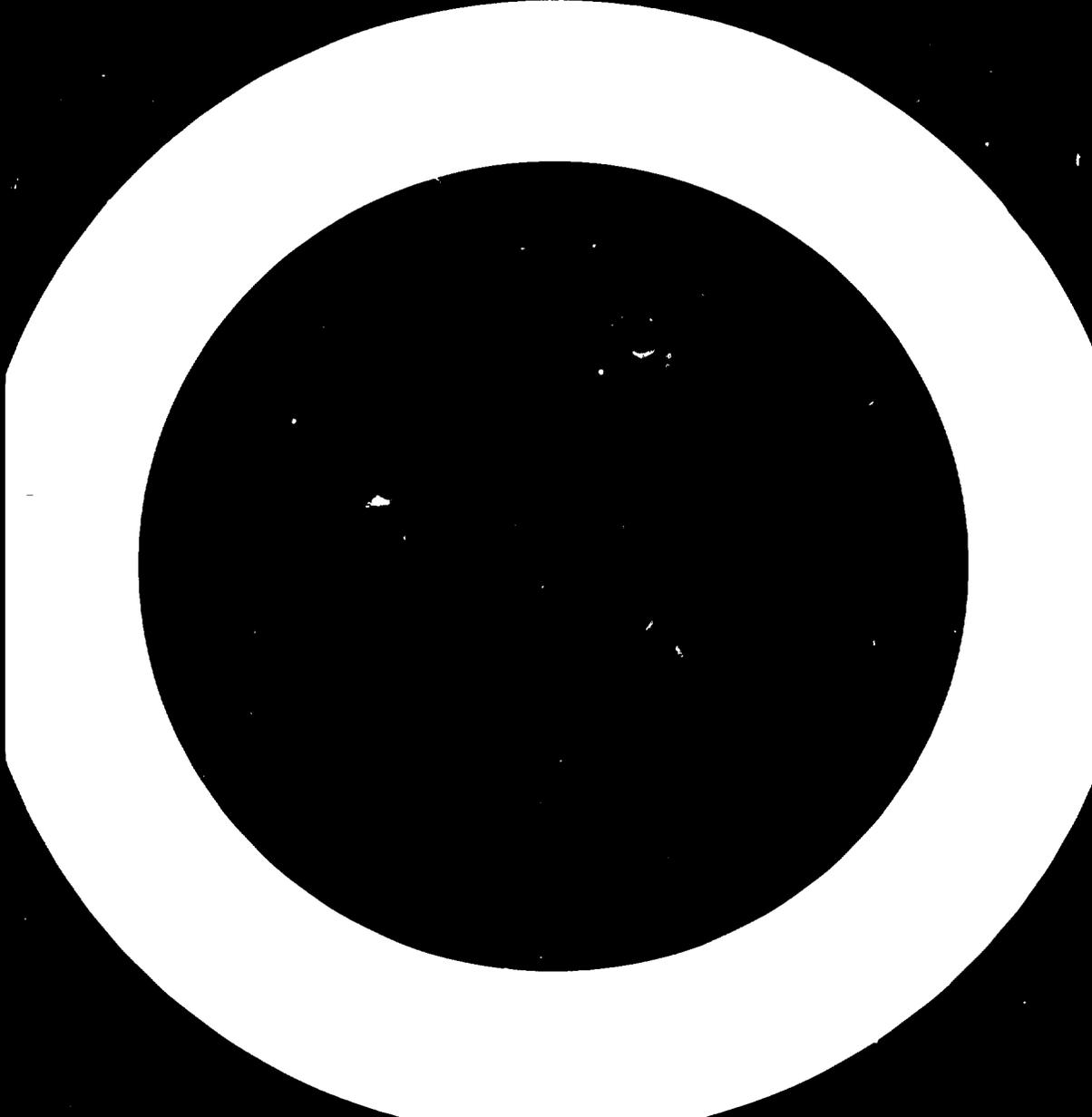
SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

**Chart 11**  
**PROFESSIONAL ELECTRONICS: PARTS AND COMPONENTS USED**  
**BY DOMESTIC INDUSTRY**

Parts	Components		
Wires and cables 5	Antennas 17	Quartz crystals 1	Resistances 10
Bases and sockets 8	Coils 16	Diodes 10	Breakers 16
Keyboards 3	Circuits 10	Power supplies 8	Transistors 15
Connections and plugs 11	Integral circuits 9	Fuses 3	Transformers 17
Chassis and cabinets 15	Capacitors 15	Ferrite cores 3	Electronic valves
Towers for antennas 4		Rectifiers 5	Deflection yokes

**NOTE:** The figures in the squares refer to the number of active firms.  
 Parts and components not numbered are not produced in Mexico.

**SOURCE:** Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.



## INDEX OF TABLES AND CHARTS

### TABLES

Number		Page
1.	Mexico: Capital goods production by priority sectors, 1977 .....	2
2.	Identification of the major problems of the priority sectors .....	4
3.	Capital goods production whose development in Mexico seems to be desirable .....	10
4.	Platework: Internal production and demand, 1974 .....	15
5.	Platework: Size of major firms, 1975 .....	15
6.	Platework: Production of major firms, 1975 .....	16
7.	Platework: Basic indicators, by type of fabrication, 1975 .....	17
8.	Platework: Structure and age of machine tool inventory in the United States, 1973 .....	17
9.	Platework: Number of machine tools in a traditional firm, by products, 1975 .....	17
10.	Platework: Structure and age of machine tool inventory in a chosen sample of firms, 1975 .....	18
11.	Platework: Cranes and furnaces for stress relief, by major firms .....	18
12.	Platework: Firms by product family .....	19
13.	Foundry: Production by size of firm, 1976 .....	21
14.	Foundry: Principal economic characteristics of the firms by size, 1976 .....	21
15.	Foundry: Firms with production capacity above 5 000 tons per year, 1976 ..	22
16.	Foundry: Firms with production capacity from 1 000 to 5 000 tons per year, 1976 .....	23
17.	Forge: Major shops and their products, 1975 .....	25
18.	Forge: Market structure .....	25
19.	Agricultural machinery: Major producers .....	27
20.	Agricultural machinery: Producers classified by volume of production and range of unit power, 1975 .....	28
21.	Machine tools: Production, 1964-1977 .....	29
22.	Machine tools: Producers, by type of products .....	30
23.	Earth moving machinery: Characteristics of equipment produced by Compacto, S. A. de C. V. ....	31
24.	Earth moving machinery: Characteristics of tractors on tracks produced by DINA-Komatsu Nacional, S. A. de C. V. ....	31
25.	Earth moving machinery: Characteristics of wheeled front loaders produced by PRIMSA .....	32
26.	Earth moving machinery: Characteristics of construction material batching plants produced by Pettibone de México, S. A. ....	32
27.	Earth moving machinery: Characteristics of backhoe excavators produced by Proclain Mexicana, S. A. ....	32
28.	Earth moving machinery: Characteristics of backhoe excavators produced by Maquinaria Hidráulica Mexicana, S. A. ....	32

Number		Page
29.	Earth moving machinery: Producers classified by type of product .....	33
30.	Earth moving machinery: Estimated national demand, 1977 .....	33
31.	Pumps: Producers classified by type of product .....	37
32.	Compressors: Number of models per manufacturer .....	39
33.	Compressors: Producers classified by type of product .....	40
34.	Valves: Value of national production, 1972-1975 .....	47
35.	Valves: Major producers and types of products .....	48
36.	Diesel engines: Production by firm and by power range, 1977 .....	49
37.	Diesel engines: Imports from the United States, 1969-1974 .....	50
38.	Diesel engines manufactured or assembled in Mexico .....	51
39.	Electric machinery and equipment: Production of electric motors over 3 HP, 1976	55
40.	Electric machinery and equipment: Major producers of induction motors, clas- sified by range of effective power .....	56
41.	Electric machinery and equipment: Classification of producers by capital stock	56
42.	Electric machinery and equipment: Firms with less than one million pesos capital stock and their products .....	57
43.	Electric machinery and equipment: Firms with 1 to 5 million pesos capital stock and their products .....	60
44.	Electric machinery and equipment: Firms with 5 to 10 million pesos capital stock and their products .....	63
45.	Electric machinery and equipment: Firms with 10 to 50 million pesos capital stock and their products .....	64
46.	Electric machinery and equipment: Firms with 50 to 100 million pesos capital stock and their products .....	65
47.	Electric machinery and equipment: Firms with 100 to 200 million pesos capital stock and their products .....	66
48.	Electric machinery and equipment: Firms with 200 to 400 million pesos capital stock and their products .....	67
49.	Electric machinery and equipment: Number of manufacturers of major products	68
50.	Electric machinery and equipment: Degree of national integration in selected equipment .....	69
51.	Professional electronics: Summary of the market for finished products, 1973-1982	72
52.	Professional electronics: Summary of the market including components and parts, 1973-1982 .....	73
53.	Professional electronics: Suppliers, listed by major products .....	74

#### C H A R T S

1.	Technical range of different types of compressors in the world .....	8
2.	Recommended operational ranges for induction and synchronous motors .....	9
3.	Comparison of domestic supply of pumps with normal world ranges .....	36
4.	Compressors: Power and stratification of producers .....	41
5.	Compressors: Weight and stratification of producers .....	42
6.	Compressors: Capacity and stratification of producers .....	43
7.	Piston compressors: Comparison of domestic supply with normal world ranges	44
8.	Rotary compressors: Comparison of domestic supply with normal world ranges	45
9.	Screw compressors: Comparison of domestic supply with normal world ranges	46
10.	Professional electronics: Present situation of domestic industry .....	76
11.	Professional electronics: Parts and components used by domestic industry ....	77

Se terminó de imprimir este libro el 30 de noviembre de 1979 en Policromía, Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México 7, D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13951

(2 of 7)

**MONOGRAFÍAS  
SECTORIALES  
SOBRE BIENES DE CAPITAL**

**Núm. 2**

**LA PRODUCCION DE  
COMPRESORES EN MEXICO**

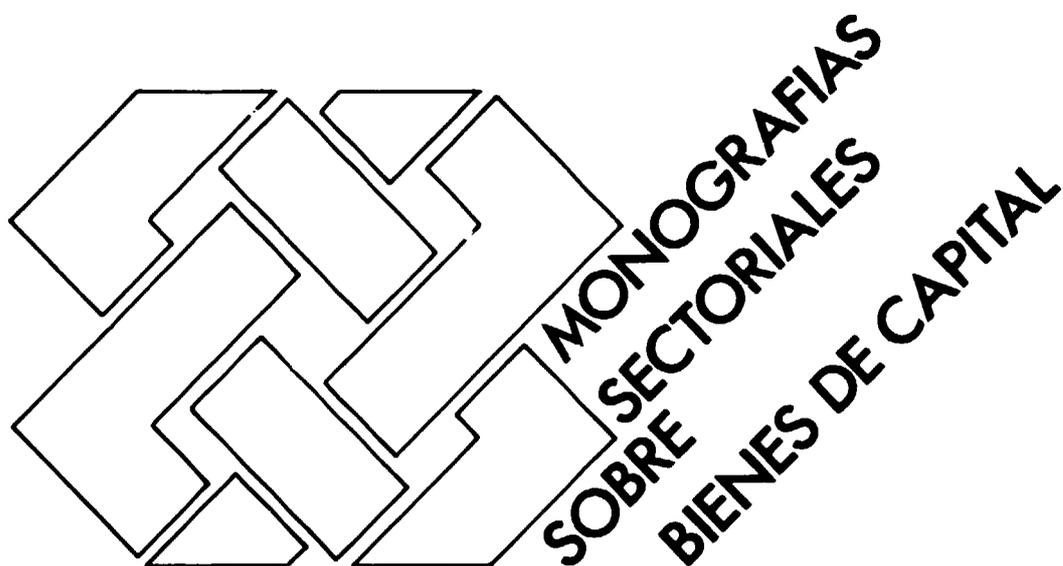
**Núm. 3**

**LA FUNDICION EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

**nacional financiera, s. a.**



**Núm. 2**

**LA PRODUCCION DE  
COMPRESORES EN MEXICO**

**Núm. 3**

**LA FUNDICION EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

**NACIONAL FINANCIERA, S. A.**  
**Isabel la Católica Núm. 51**  
**México 1, D. F.**

*Se ofrecen en este volumen la segunda y tercera de las Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital elaboradas dentro del programa de trabajo del Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, como parte de los estudios detallados que viene realizando Nacional Financiera sobre la situación y perspectivas de esta industria de importancia estratégica para la economía nacional. En la realización de esta tarea se ha contado con la participación activa de organismos federales y descentralizados, así como de empresas y cámaras industriales.*

*Las presentes Monografías contienen los aspectos más relevantes de la situación de la oferta nacional de compresores y fundición, dos sectores de producción de bienes de capital cuyo desarrollo fue identificado como prioritario en los estudios efectuados por Nacional Financiera.<sup>1</sup>*

*Mediante esta publicación, se desea contribuir a sistematizar la información para inversionistas actuales y potenciales, funcionarios del sector público encargados de evaluar esta industria y otros interesados. Tal como se señaló en la primera de las Monografías de la serie,<sup>2</sup> el propósito final sería otorgar orientaciones para llegar a instrumentar proyectos específicos de índole competitiva en los ámbitos nacional e internacional, siguiendo los lineamientos de política económica establecidos por el Gobierno Mexicano.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
Director General

NACIONAL FINANCIERA, S. A.

---

<sup>1</sup> Para un análisis pormenorizado de este tema véase: *México: Una estrategia para desarrollar la industria de bienes de capital*. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. México, D. F., Nacional Financiera, S. A., 1977.

<sup>2</sup> *La oferta nacional de bienes de capital*. Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital, núm. 1. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. México, D. F., Nacional Financiera, S. A., 1978.

# CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	iii

## Número 2

### LA PRODUCCION DE COMPRESORES EN MEXICO

I. Resumen .....	3
II. Clasificación y tendencias de utilización .....	5
III. Empresas productoras y rangos de fabricación .....	7
IV. Grado de integración y precios .....	19
V. Situación de la producción en la industria de compresores	21
Anexo gráfico .....	25
Indice de cuadros y gráficas .....	33

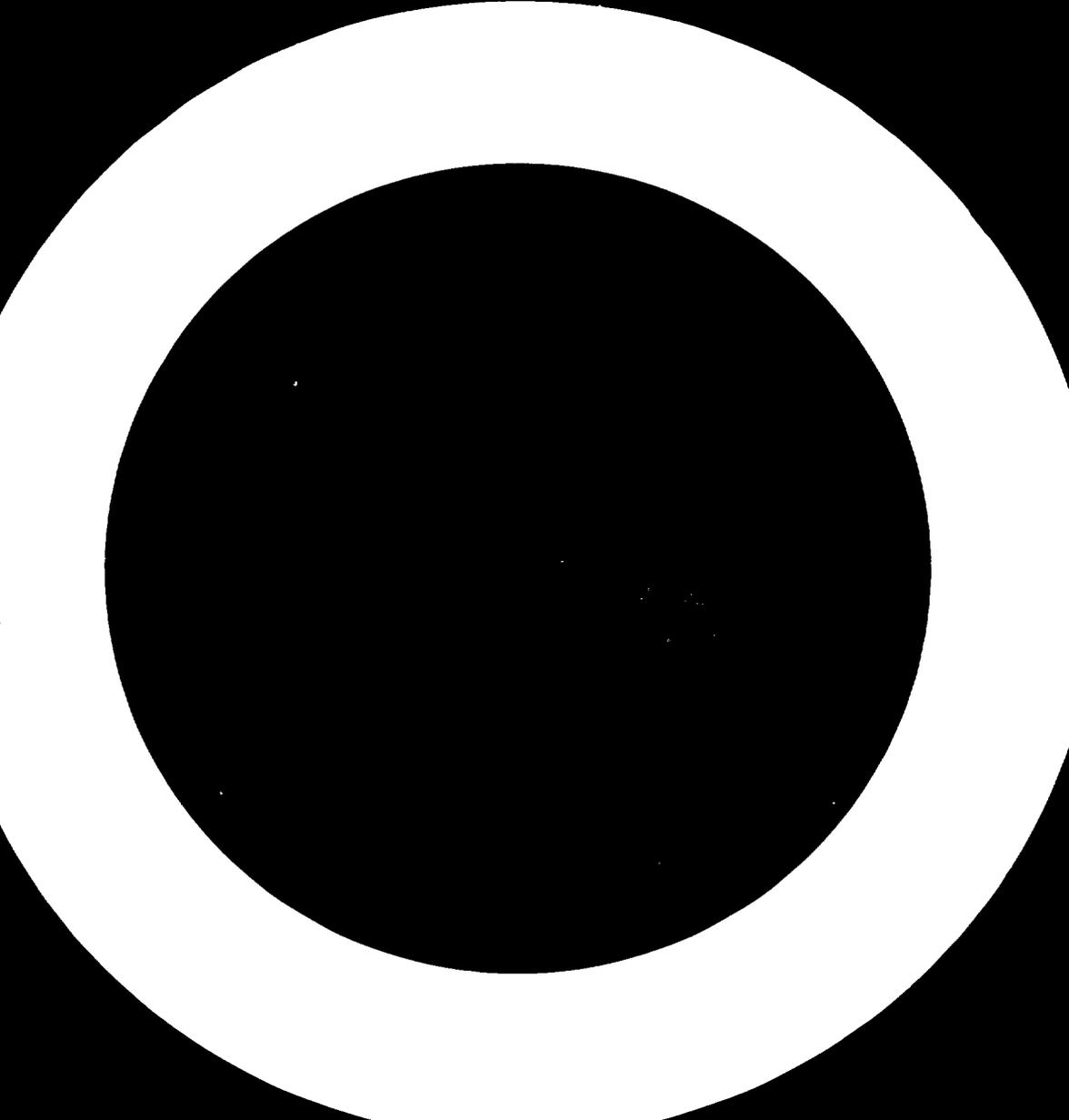
## Número 3

### LA FUNDICION EN MEXICO

I. Conclusiones y recomendaciones .....	37
II. Comparación internacional de la fundición en México ...	41
III. Características generales del sector .....	45
A) Fundición ferrosa .....	45
B) Fundición no ferrosa .....	46
C) Técnicas de producción y equipos característicos .....	46
D) Vinculación de la fundición con la industria metalme- cánica .....	47
IV. Principales características de las empresas .....	49
A) Número de empresas y volumen de la producción ...	49
B) Localización .....	49
C) Integración a agrupaciones industriales .....	50
D) Empresas productoras en el sector fundición .....	54
E) Características de producción .....	55
F) Características de la inversión .....	56
G) Insumos .....	57
H) Costos de fabricación .....	61
I) Mano de obra y sus problemas .....	63
J) Mercado .....	66
K) Aspectos tecnológicos .....	68
L) Perspectivas de expansión y aprovechamiento de la ca- pacidad no utilizada .....	69
Indice de cuadros .....	71

Núm. 2

LA PRODUCCION DE  
COMPRESORES EN MEXICO



## I. RESUMEN

El tipo predominante de compresores fabricados en México es el de pistón para aire, con capacidad máxima de 1 500 pies cúbicos por minuto (42 metros cúbicos por minuto). En 1977, el valor de la producción ascendió a 24 millones de dólares, el de las importaciones a 12 millones y las exportaciones ascendieron a cerca de un millón de dólares. Sin embargo, en realidad las importaciones son mayores, ya que no se incluyen en esas cifras los compresores que se adquieren incorporados en equipos y maquinarias.

En 1977 se produjeron en el país 5 700 compresores, un elevado porcentaje de ellos con potencia inferior a 20 HP (hasta 70 pies cúbicos por minuto).

El mercado mexicano es de magnitud significativa y supera al de algunos países europeos, teniendo además un atractivo potencial de crecimiento. Sin embargo, no se obtienen las ventajas que podrían derivarse de dicho mercado a causa de problemas de excesivo fraccionamiento de la oferta. Atienden al mercado nacional 18 productores con más de 300 modelos de compresores, de modo que en promedio cada empresa produce más de 16 modelos.

Las empresas productoras dominan en general la tecnología del aire comprimido y actúan al nivel del mercado internacional. Es frecuente, en consecuencia, que realicen simultáneamente el papel de importadoras y productoras. Sus instalaciones, además de fabricar, se dedican a prestar servicios de reparación para el parque de maquinaria existente.

No sólo se importan modelos de compresores que no se fabrican en el país; también se realizan importaciones significativas en el mismo rango de los de fabricación nacional.

El grado de integración nacional de los compresores pequeños (hasta 14 HP) es relativamen-

te elevado: 80% a precios internacionales. En el caso de los compresores de mayor potencia y de otros diseños, el grado de integración nacional es inferior: entre 40 y 65%.

Las partes y componentes de los compresores que normalmente se fabrican en el país son piezas de fundición y pailería relativamente simples. Las piezas forjadas, que son las de maquinado más complejo y otras vitales para la producción del compresor, son generalmente adquiridas en el exterior. También se realizan importaciones de insumos normalizados no disponibles en el país y que sería difícil fabricar mientras no se resuelva el problema actual de fraccionamiento de la oferta.

Los compresores fabricados o ensamblados en el país tienen un sobreprecio que fluctúa entre 20 y 50% con respecto a los precios que prevalecen en el mercado de Estados Unidos.

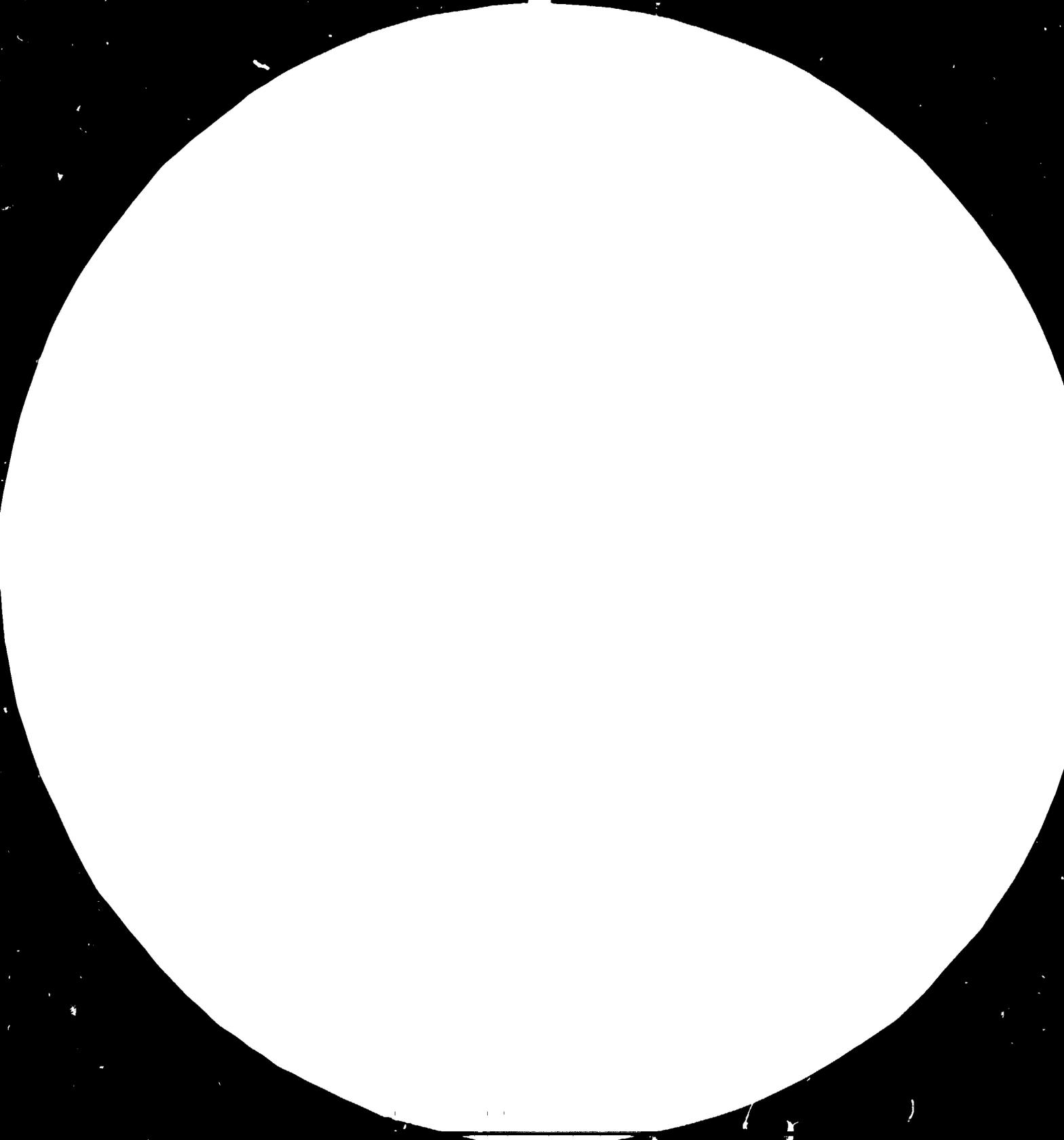
El rango de aplicación de los compresores de pistón se ha reducido mucho en los últimos años. Para grandes volúmenes de aire, fueron desplazados por los turbocompresores, que ahora dominan este campo. En el rango de 1 000 a 1 500 pies cúbicos por minuto, se enfrentan a la fuerte competencia de los compresores rotativos.

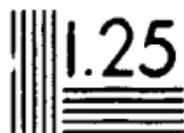
En México no se fabrican los turbocompresores, que forman parte sustancial de las importaciones. Como éstos tienen, desde el punto de vista de diseño y fabricación, similitud con turbinas y turboalimentadores, su producción tendría interés para el país, y sería especialmente importante por las implicaciones en el ahorro de divisas, la incorporación a la tendencia moderna de producir turbomaquinaria y la adopción de técnicas de fabricación y control vitales para el desarrollo tecnológico.



**84.10.15**

**AD.86.07**





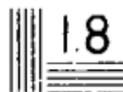
28

25

32

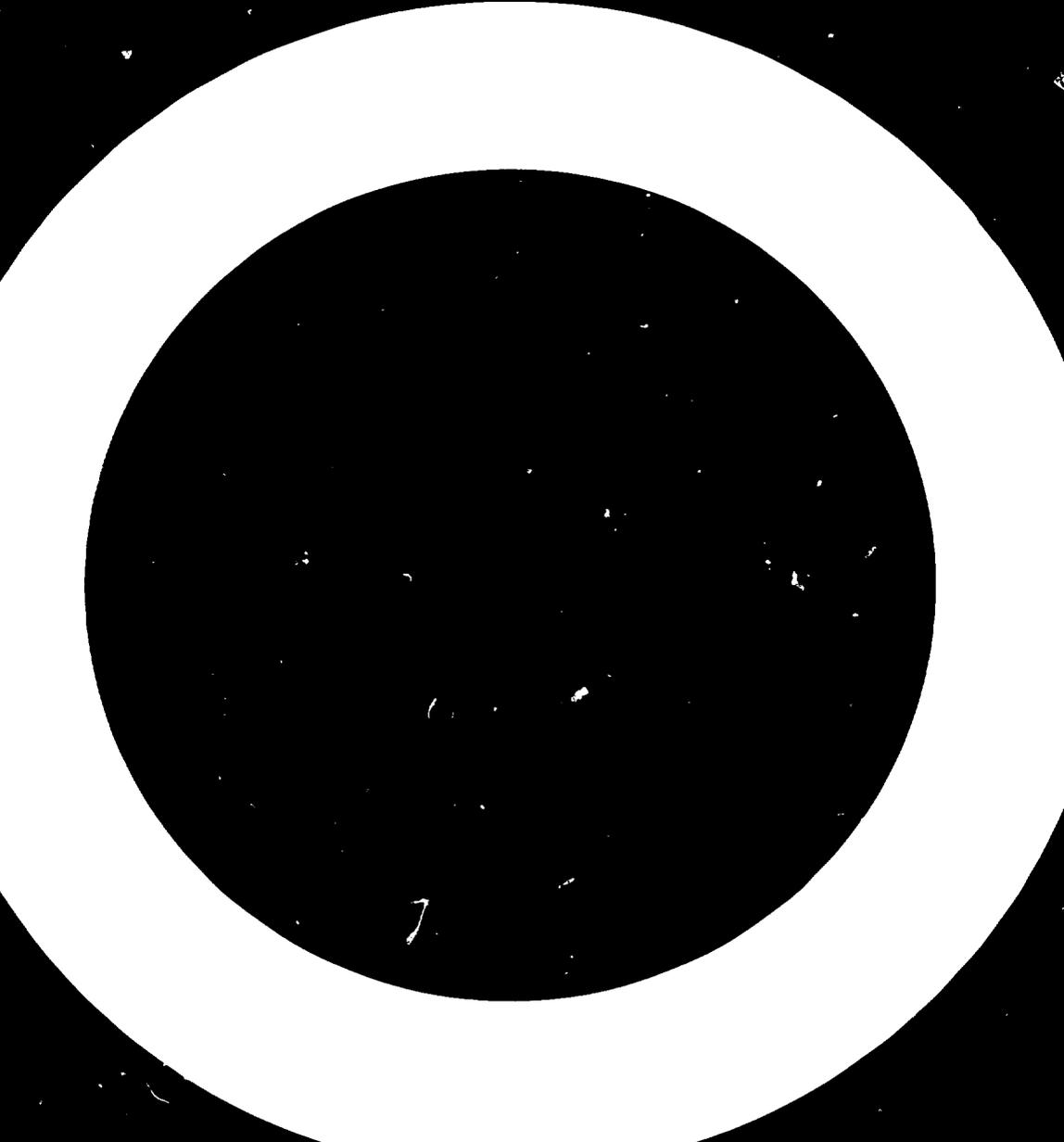


36



## MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
GAYLARD BUILDING, METER DIVISION  
4301 RILEY ROAD, GAITHERSBURG, MARYLAND



## II. CLASIFICACION Y TENDENCIAS DE UTILIZACION

Por su sistema de operación los compresores pueden ser clasificados del modo siguiente:

- a) De desplazamiento
  - i) Alternativos (generalmente de pistón)
    - enfriados por aire o agua
    - con una o varias etapas
    - integrados con motor de gas o no
  - ii) Rotativos
    - de lóbulo
    - de tornillo, lubricados o no
    - de paletas
    - otros
- b) Turbocompresores o centrífugos
  - i) De flujo radial
    - de una o varias etapas
    - según sistema de enfriamiento
    - según unión de la carcasa
  - ii) De flujo axial
    - de una o varias etapas

Los compresores tradicionales son los alternativos o de pistón, los que constituyen el producto dominante en la fabricación mexicana.

La gráfica 1 ilustra los rangos de capacidad de los principales tipos de compresores disponibles en el mercado y que se producen en México.

Para capacidades de gas o aire por encima de los 10 000 pies cúbicos por minuto (pcm), es decir, capacidades mayores, es imprescindible utilizar turbocompresores. Además, en capacidades superiores a los 3 000 pcm y para la mayoría de los usos, los turbocompresores tienden a desplazar por completo a los alternativos.

Se observa en la misma gráfica que tanto los compresores de paletas rotativas como los de tornillo compiten intensamente con los de pistón. La competencia es particularmente elevada en el rango de 1 000 a 1 500 pcm (28 a 4: m<sup>3</sup>/min).

Las empresas especializadas en la fabricación de compresores suelen producirlos simultáneamente de todo tipo y han introducido recientemente en sus líneas turbocompresores de nuevo diseño, menor velocidad de rotación y más económicos. Esta situación tiende a reducir el potencial del mercado de los compresores de pistón y de los otros tipos antes mencionados.

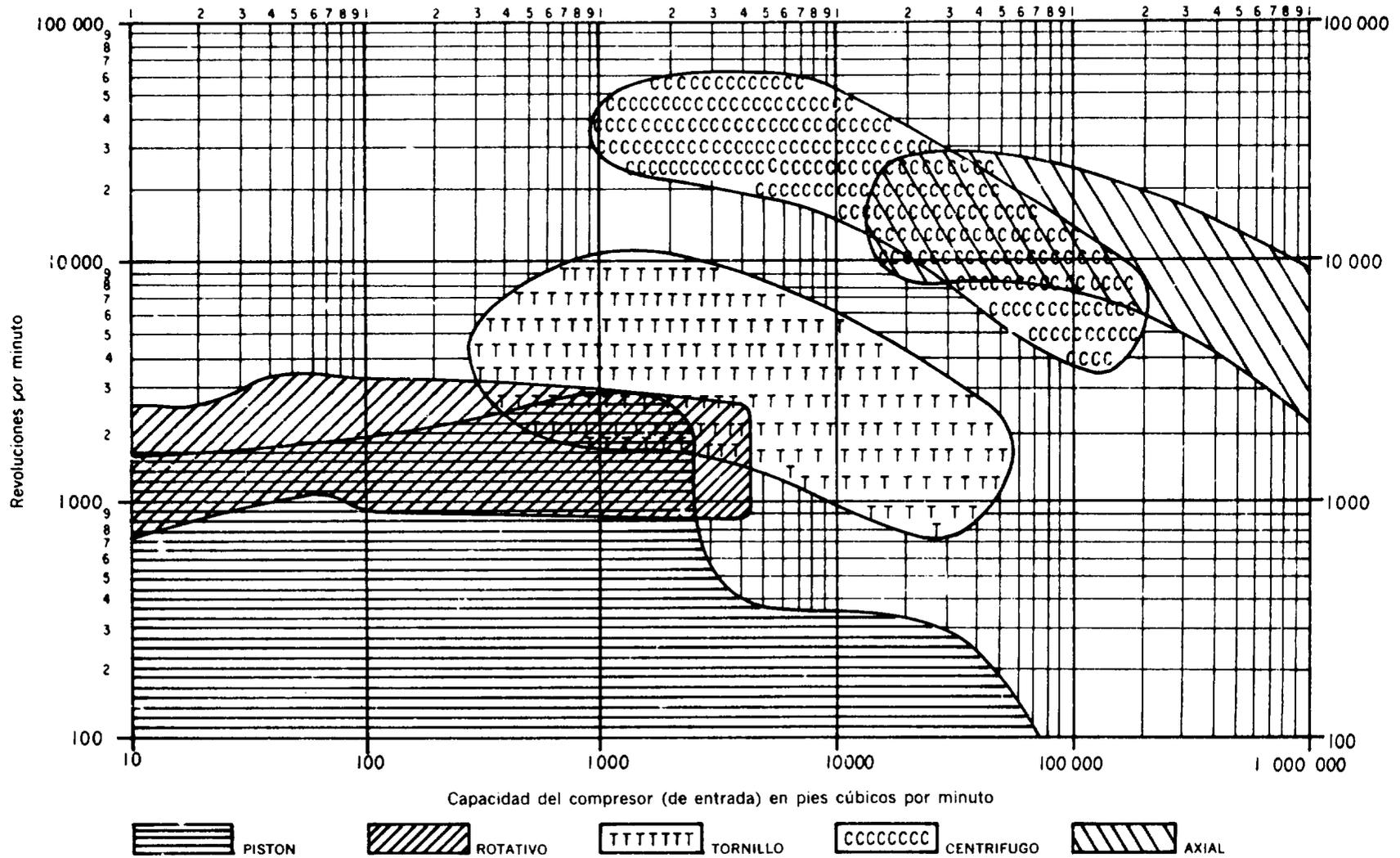
En suma, se aprecia que el campo de aplicación de los compresores de pistón tiende a restringirse a causa de los avances tecnológicos en otros tipos de compresores. El desplazamiento es ya manifiesto en el caso de los que superan los 3 000 pcm y el mismo fenómeno se empieza a observar, aunque con menor intensidad, en capacidades inferiores, pero por encima de los 1 000 pcm.

Cabe destacar, sin embargo, que los compresores alternativos o de pistón tienen aún ventajas en ciertos usos donde se requieren presiones elevadas y un caudal no muy grande, de lo cual se infiere que existe todavía campo para estos compresores en aplicaciones especializadas.

Es importante señalar algunas afinidades de fabricación. Los compresores de pistón tienen muchos elementos comunes de fabricación con respecto a los motores de explosión. En contraste, los turbocompresores son más bien afines a las turbinas de vapor y gas. En este sentido, es importante destacar la afinidad de los turbocompresores para entrar en corrientes tecnológicas más modernas y de mayor amplitud.

La producción de turbocompresores en México representa, de este modo, uno de los accesos a la tecnología moderna de máquinas rotativas de alta velocidad, al manejo de aleaciones especiales de alta resistencia, a diseños y tolerancias exigentes, y a materiales de alta calidad.

Gráfica 1  
RANGO TECNICO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE COMPRESORES  
EN EL MUNDO



FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### III. EMPRESAS PRODUCTORAS Y RANGOS DE FABRICACION

Para este análisis se dispuso de información de 18 productores, los que prácticamente cubren la totalidad de los rangos de compresores que se fabrican o ensamblan en el país.

Estas empresas y el rango de los compresores producidos se incluyen en el cuadro 1. Es frecuente que estas empresas se dediquen a fabricar simultáneamente otro tipo de productos. En términos de comparación internacional, los compresores de mayor capacidad que se producen en el país pueden calificarse sólo como medianos.

La diferenciación que se hace en el cuadro 1 se basa en los compresores de mayor capacidad que llegan a fabricarse o ensamblarse, ya que es frecuente que se produzcan a la vez compresores de rango distinto.

Entre los productores más grandes pueden distinguirse los de reconocido alcance internacional en la especialidad de aire comprimido. Ello conduce a una típica asociación de productos, es decir, la tecnología del aire comprimido es la base común de producción. Así, en la línea compresores, herramientas neumáticas, y equipo minero (a base de aire comprimido), se puede identificar a GEM, S. A. (Gardner Denver); Máquinas de Proceso, S. A. de C. V. (Joy); Atlas Copco Mexicana, S. A.; Chicago Pneumatic Tool de México, S. A. e Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.

Además, GEM, S. A., produce bombas para lodos (en base a pistones) e Industrias Ingersoll Rand, bombas centrífugas.

Otra línea de especialización productiva se encuentra en las empresas que fabrican simultáneamente compresores y bombas centrífugas. En este campo puede identificarse sobre todo a Jacuzzi Universal, S. A. y Worthington de México, S. A. y entre los productores de compresores pequeños a Manufacturera Fairbanks Morse, S. A. y Manufacturera Tosa, S. A.

Los rangos de potencia, peso y capacidad en volumen de aire comprimido de los compresores que se producen, por empresa, se ilustran en las gráficas 2, 3 y 4. Se aprecia que los compresores de máxima capacidad se encuentran en el rango de 1 000 a 1 500 pcm (28 a 42 metros cúbicos por minuto) y potencias que escasamente sobrepasan los 200 HP.

El peso de los compresores de distinto tamaño no guarda una relación constante con respecto a la potencia o volumen de aire, debido a la disponibilidad de compresores portátiles y estacionarios y, además a la posibilidad de empleo alternativo de motores diesel o eléctricos y a que en los compresores de mayor dimensión suele ser necesario comprar por separado los motores.

Sólo una de las empresas fabrica también los motores eléctricos: Manufacturera Fairbanks Morse. Las demás los adquieren cuando se vende la unidad completa motor-compresor, o bien debe adquirirlo el cliente cuando se vende el compresor por separado.

En el caso de los compresores que superan los 200 HP y utilizan motor eléctrico, se hace necesario el uso del motor síncrono, el cual aún no se fabrica en México. La producción de estos compresores, por tanto, consolidaría la demanda de motores eléctricos síncronos o elevaría la de otros tipos de motores.

El rango de los compresores nacionales, en comparación con los disponibles en el mundo, puede apreciarse en las gráficas 5, 6 y 7. En los compresores de pistón el rango es bastante amplio y representativo, hasta los 1 500 pcm y con presiones del orden de 100 a 125 lb/pulg<sup>2</sup> y velocidades de 700 a 1 200 revoluciones por minuto (rpm), aproximadamente. Falta pues producir en México los compresores alternativos de mayor capacidad; pero además, como se señala más adelante, todavía es bajo el grado de integración de los compresores medianos fabricados localmente, y se realiza también una importación significativa de los que se ubican en los mismos rangos de los que se producen internamente.

Esta importación da lugar a otra característica de las principales empresas productoras: cumplen el papel simultáneo de productores e importadores, con lo cual el número de modelos que se ofrece al mercado es aún mayor que el de los que se producen.

En los compresores de tornillo y rotativos de paletas, se concentra la producción en un rango cuyo extremo superior de capacidad es ligeramente más restringido que en los de pistón, importándose los de mayor capacidad en el rango de los que compiten con los de pistón.

Cuadro 1

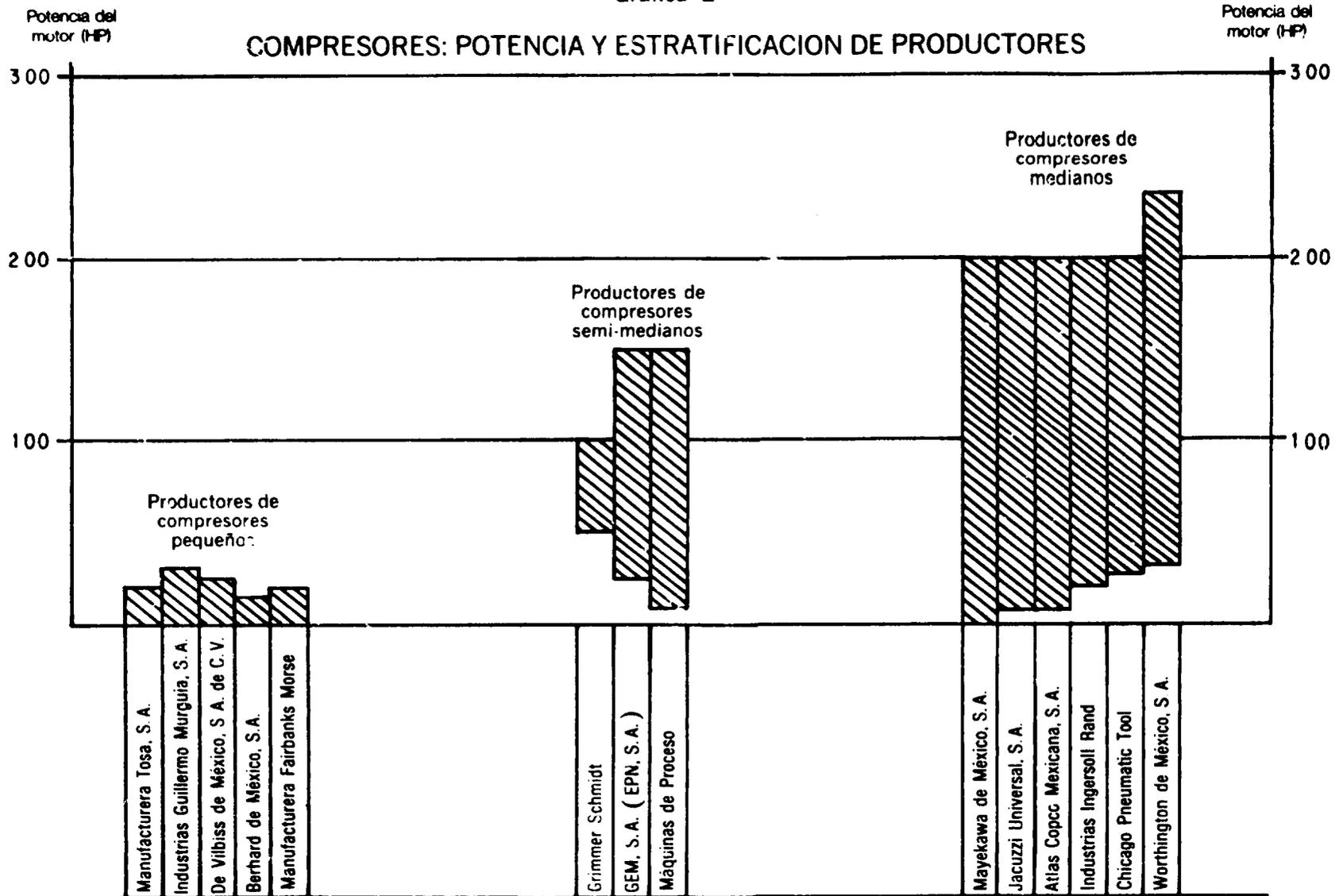
## COMPRESORES: EMPRESAS PRODUCTORAS POR TIPO DE PRODUCTO

Empresas	Tipo de compresor				Otros productos que complementan su producción							
	Pistón	Rotativo	Tornillo	Diafragma	Herramientas neumáticas	Equipo y accesorios	Válvulas	Bombas	Maquinaria para industrias específicas	Equipo petrolero	Equipo eléctrico	Maquinaria de construcción y minería
<i>Productores de compresores pequeños</i>												
Berhard de México, S. A.	X			X								
Binks de México, S. A.	X			X								
De Vilbiss de México, S. A. de C. V.	X			X		X						
HMCO-Wayne	X								X			
Industrias Guillermo Murguía, S. A.	X					X			X			
KRNN (Ingeniería Salas, S. A.)	X											
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	X							X	X		X	
Manufacturera Tosa, S. A.	X				X			X	X			
Productos Edgar de México, S. A.	X					X			X			
<i>Productores de compresores semi-medios</i>												
GEM, S. A. (EPN, S. A.)	X		X				X	X	X	X		X
Máquinas de Proceso, S. A. de C. V.	X		X		X				X			X
IMIMM, S. A. (Grimmer Schmidt)	X					X			X			
<i>Productores de compresores medianos</i>												
Atlas Copco Mexicana, S. A.	X		X		X							X
Chicago Pneumatic Tool de México, S. A.		X	X		X							X
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.	X	X						X	X			
Jacuzzi Universal, S. A.	X							X	X			
Mayekawa de México, S. A.	X		X			X						
Worthington de México, S. A.	X	X	X					X	X			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Gráfica 2

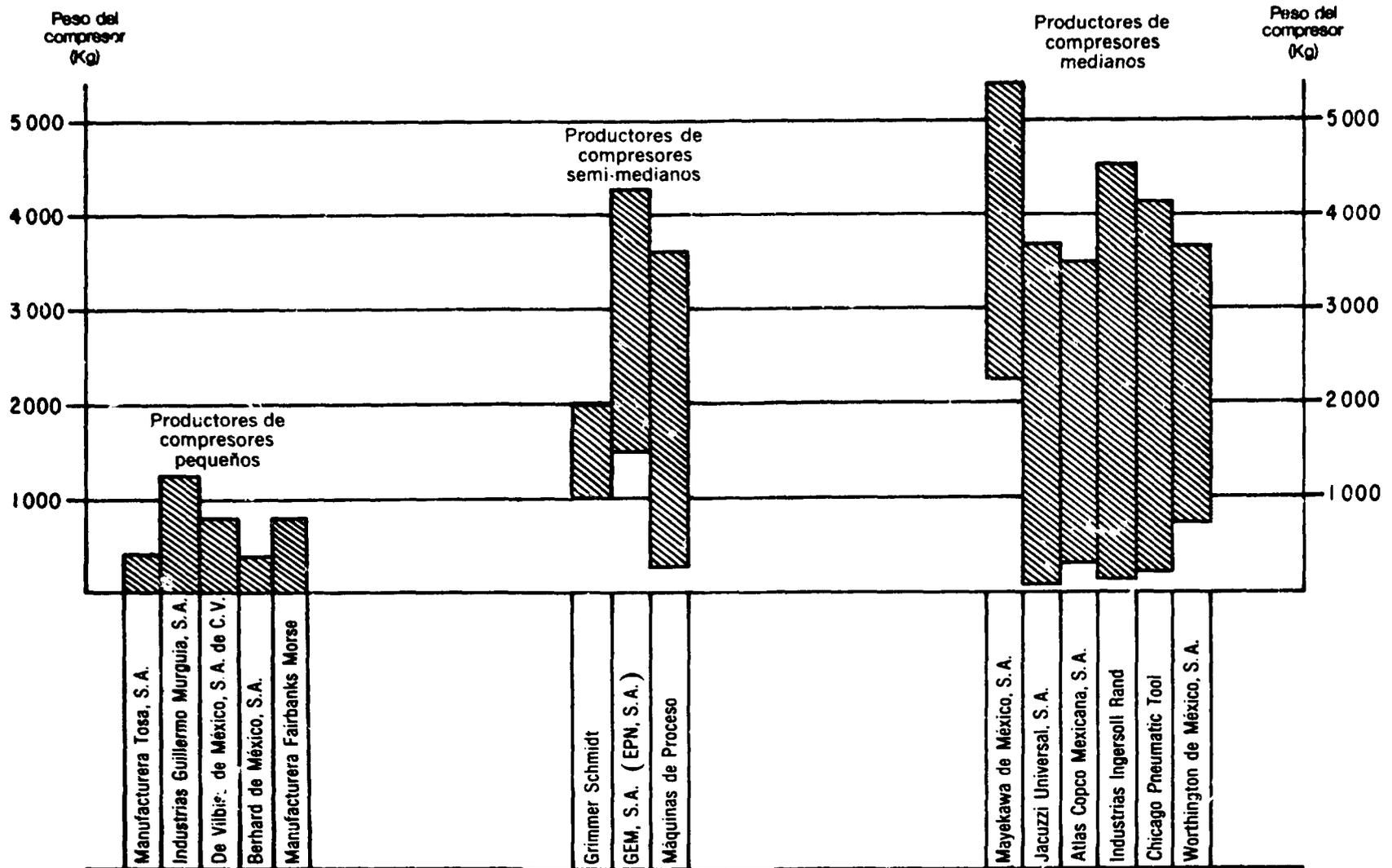
COMPRESORES: POTENCIA Y ESTRATIFICACION DE PRODUCTORES



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 3

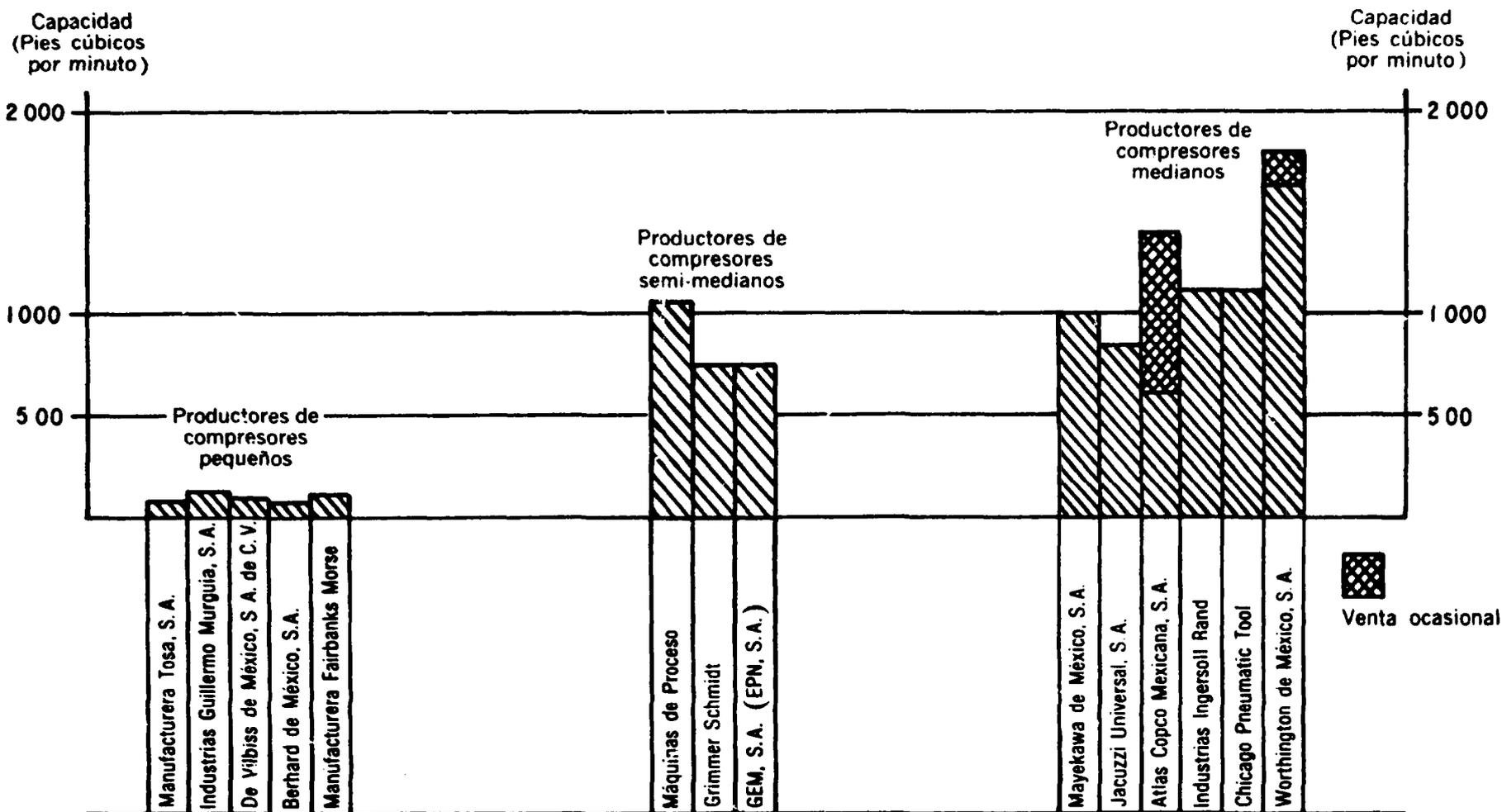
COMPRESORES: PESO Y ESTRATIFICACION DE PRODUCTORES



FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUJI.

Gráfica 4

COMPRESORES: CAPACIDAD Y ESTRATIFICACION DE PRODUCTORES



FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 2

## COMPRESORES: NUMERO DE MODELOS QUE SE FABRICAN O ENSAMBLAN

Empresas	Número de modelos
TOTAL	304 <sup>1</sup>
<i>Productores de compresores pequeños</i>	68
Berhard de México, S. A.	4
De Vilbiss de México, S. A. de C. V.	23
Industrias Guillermo Murguía, S. A.	22
Manufacturera Tosa, S. A.	13
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	6
<i>Productores de compresores semi-medianos</i>	69
GEM, S. A. (EPN, S. A.)	52
IMIMM, S. A. (Grimmer Schmidt)	4
Máquinas de Proceso, S. A. de C. V.	13
<i>Productores de compresores medianos</i>	167
Atlas Copco Mexicana, S. A.	14
Chicago Pneumatic Tool de México, S. A.	4
Industrias Ingersoll Rand, S. A. de C. V.	65
Jacuzzi Universal, S. A.	40 <sup>2</sup>
Mayekawa de México, S. A.	13
Worthington de México, S. A.	31

<sup>1</sup> La cifra asciende a 447 si se consideran todas las variantes de Jacuzzi.

<sup>2</sup> Se refiere a 40 modelos básicos que dan lugar a 183 modelos distintos en la venta.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con base en catálogos e información de las empresas y el catálogo *Compresores de Aire* de la Asociación Mexicana de la Industria de Gas y Aire Comprimido, A. C.

Si se toma en cuenta que el número de modelos que se producen es excesivo —alcanza alrededor de 300 (en realidad son más de 400 si se consideran todas las variedades sobre un mismo modelo básico)—, se aprecia con claridad la situación de fraccionamiento de la oferta en el mercado, la que además se concentra en modelos conven-

cionales de capacidad limitada (véase el cuadro 2). Desde luego, los productores de compresores medianos, por sus más extensos rangos de producción, ofrecen un mayor número de modelos que los productores de equipo pequeño.

El cuadro 3 resume la información sobre la producción de compresores en México. Las cifras fueron estimadas a partir de datos parciales, sobre todo en el caso de los productores de equipo menor, en que los compresores son un producto de fabricación accesoria.

La producción total de compresores fue de aproximadamente 550 millones de pesos en 1977, equivalentes a 24 millones de dólares; sin embargo, no se observa un crecimiento significativo en los últimos dos años. La importación de compresores se sitúa entre 10 y 12 millones de dólares anuales, lo que equivale a 50% de la producción o sea un tercio de la demanda nacional. Las exportaciones han logrado alcanzar apenas un millón de dólares.

Es interesante advertir que el tamaño del mercado local y las importaciones son en realidad mayores, debido a que las compras de compresores incorporados en equipos grandes no se registran explícitamente en las cifras mencionadas. Estos compresores vienen formando parte integral de equipos de refrigeración industrial, maquinaria pesada para movimiento de tierra, equipos para la industria química y alimenticia y otros bienes.

Se destaca de nuevo el considerable fraccionamiento del mercado en cuanto a la producción de compresores. Se estima que existe una producción promedio de 19 unidades de cada modelo, lo que obviamente significa una producción muy reducida para cada uno de ellos. En el caso de los fabricantes de compresores medianos, la producción alcanza en promedio 500 unidades anuales por empresa y alrededor de 65 millones de pesos, cifras que son aún reducidas con relación al volumen del mercado nacional.

Cuadro 3

COMPRESORES: PRODUCCION, 1977<sup>1</sup>

Concepto	Total	Productores de compresores pequeños	Productores de compresores semi-medianos	Productores de compresores medianos
Número de fabricantes	14	5	3	6
Valor de la producción (millones de pesos)	550	90	70	390
Número de unidades producidas	5 700	1 800	900	3 000
Estructura del valor de la producción (%)	100	16	13	71
Estructura de las unidades (%)	100	31	16	53
Número de modelos	304	68	69	167
Unidades promedio por modelo	19	26	13	18
Valor unitario medio (miles de pesos)	96	50	78	130

<sup>1</sup> Cifras estimadas con base en información proporcionada por la Asociación Mexicana de la Industria de Gas y Aire Comprimido, A. C. e información directa de las empresas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

**Cuadro 4**  
**COMPRESORES: VALOR DE LA PRODUCCION**  
**EN OTROS PAISES, 1970-1973**  
(Millones de dólares)

País	1970	1971	1972	1973
Japón	369.5	364.3	—	—
Australia	—	31.6	27.4	—
Italia	36.5	38.9	—	—
Bélgica	56.5	—	—	—
Holanda	—	—	42.9	—
Austria	13.7	17.1	20.2	26.2
Suecia	33.1	36.8	42.0	53.2
España	12.9	14.6	—	—
República Federal de Alemania	996.7	1 231.2	1 444.0	1 763.5

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de *The engineering industries in OECD member countries. Basic statistics. Vol. I, 1970-1973.* Paris, OECD, 1975.

En el cuadro 4 se recoge información para comparar la producción mexicana con la de otros países. Se aprecia que dicha producción es comparable a la de países europeos como Austria y España y se acerca a la de Suecia, que es líder mundial en el campo de la producción a base de aire comprimido. Sin embargo, la fabricación mexicana es significativamente inferior a la de países como Japón y la República Federal de Alemania.

Las ventas de compresores en el país se presentan en el cuadro 5. Estas incluyen la producción, el ensamblaje nacional y las importaciones, pero no se cubre, sin embargo, la totalidad de las empresas (faltan incluso algunos productores importantes). De todos modos, se ilustra con claridad la estructura del mercado nacional; se estima que entre 7 y 9% son compresores portátiles y los demás estacionarios.

**Cuadro 5**  
**COMPRESORES: VENTAS, 1974-1977<sup>1</sup>**  
(Número de unidades)

Concepto	1974	1975	1976	1977
<b>TOTAL</b>	<b>6 452</b>	<b>5 868</b>	<b>...</b>	<b>6 264</b>
<b>Compresores estacionarios</b>	<b>6 031</b>	<b>5 340</b>	<b>5 425</b>	<b>5 855</b>
<b>a) De aire</b>	<b>5 881</b>	<b>5 322</b>	<b>5 421</b>	<b>5 854</b>
Hasta 3/4 HP	3 303	2 715	2 928	3 287
1 - 20 HP	2 152	2 134	2 098	2 234
Acción simple, 15 - 125 HP	143	108	169	132
Doble acción, servicio pesado, 20 - 75 HP	139	216	83	92
Doble acción, servicio pesado, 100 - 150 HP	99	114	107	100
Doble acción, servicio pesado, más de 150 HP	45	35	36	9
<b>b) De gas o proceso</b>	<b>150</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Sobre tanque hasta 20 HP	0	1	1	0
Acción simple, 15 - 125 HP	126	0	0	0
Doble acción, servicio pesado, 20 - 75 HP	13	0	0	0
Doble acción, servicio pesado, 100 - 150 HP	6	12	3	1
Doble acción, servicio pesado, más de 150 HP	5	5	0	0
<b>Compresores portátiles</b>	<b>421</b>	<b>528</b>	<b>...</b>	<b>409</b>
Hasta 160 pcm, gasolina	50	1	8	2
Hasta 150 pcm, diesel	77	84	34	27
151 - 200 pcm, diesel	0	0	...	167
201 - 275 pcm, diesel	172 <sup>2</sup>	199 <sup>2</sup>	...	29
276 - 365 pcm, diesel	46	83	24	61
420 pcm, diesel	0	0	0	0
600 - 750 pcm, diesel	63	153	90	100
751 - 1 050 pcm, diesel	11	7	1	22
1 051 - 1 800 pcm, diesel	2	1	0	1

<sup>1</sup> Las ventas se refieren a los compresores producidos y los importados.

<sup>2</sup> De 161 a 250 pcm.

... Datos no determinados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Asociación Mexicana de la Industria de Gas y Aire Comprimido, A. C.

Se observa en el mismo cuadro que son muy reducidas las ventas de compresores de gas o similares, especializados para la industria química. Ocurre en realidad que en esta industria se utilizan más bien turbocompresores y, como sucede en la industria siderúrgica, no se reflejan en las estadísticas citadas.

El 88% de los compresores vendidos son de baja potencia (20 HP o menos). El uso más frecuente de éstos es en talleres mecánicos artesanales y en muchos talleres e industrias en donde

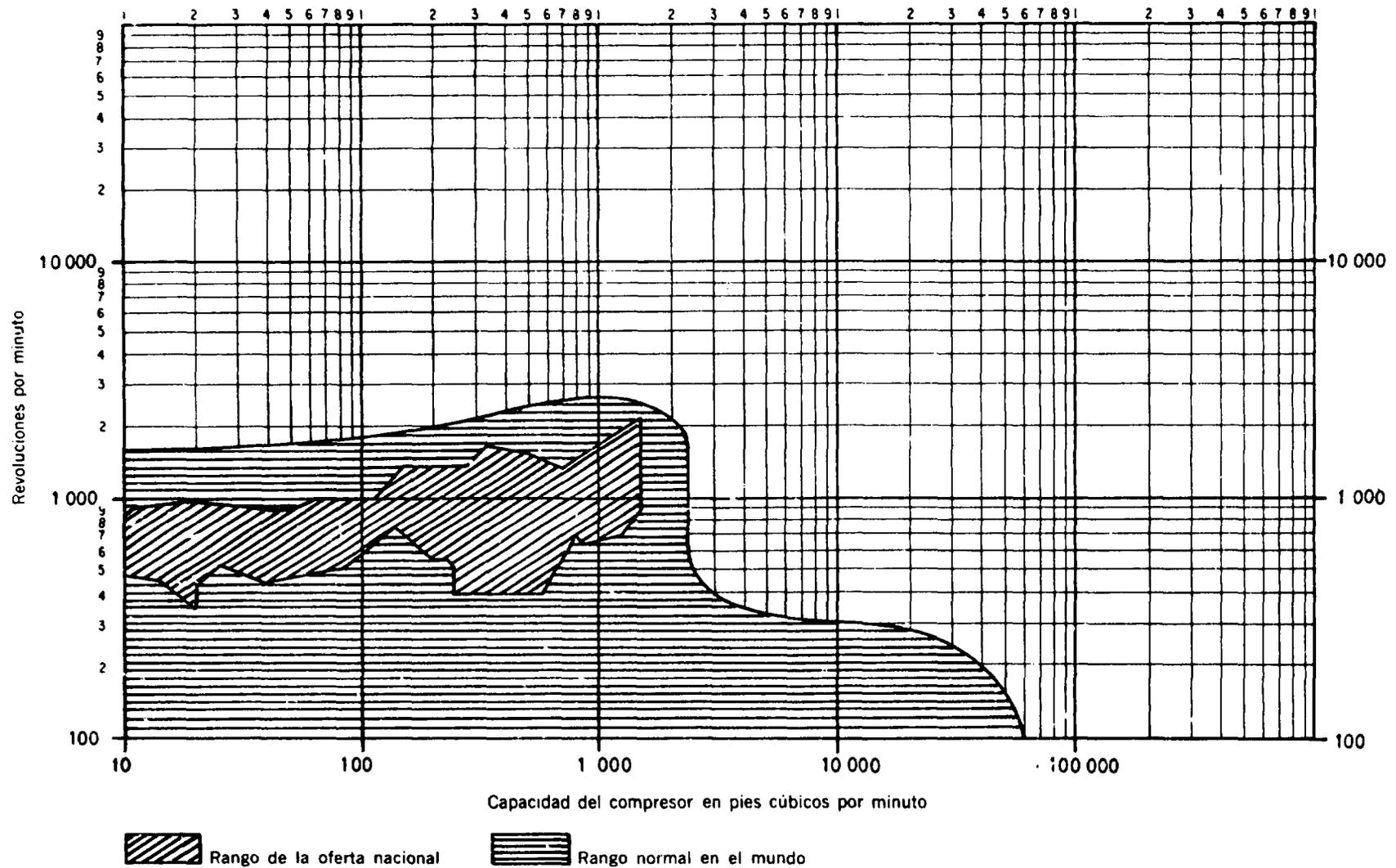
se utilizan como elemento motriz de herramientas neumáticas.

Los compresores mayores que se fabrican en el país tienen su campo de aplicación en la industria y la minería; y los portátiles, en obras públicas, construcciones diversas y también en la minería.

Los compresores destinados a la refrigeración doméstica, o línea blanca, se han excluido del estudio por tratarse de bienes de consumo.

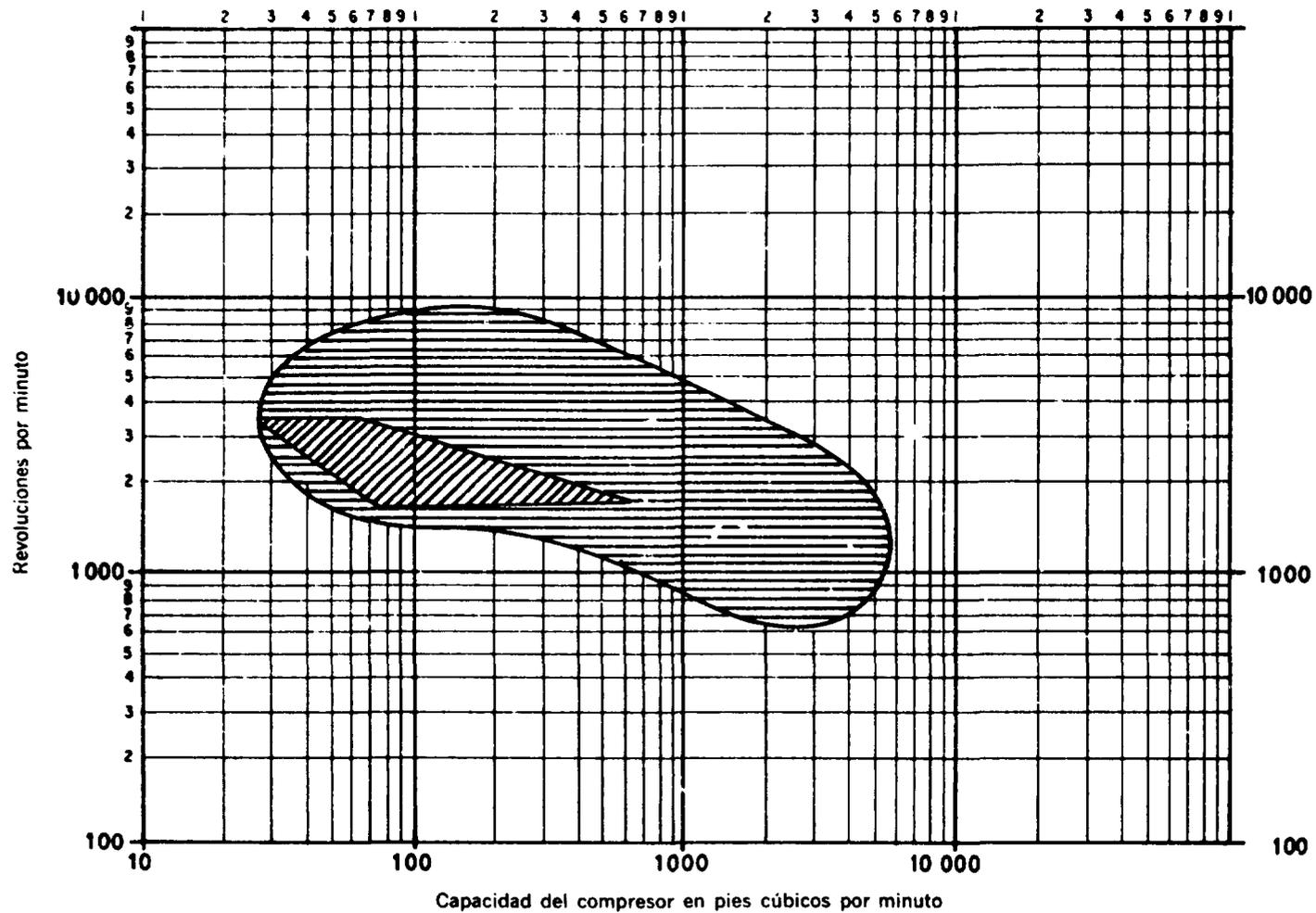
Gráfica 5

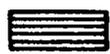
COMPRESORES TIPO PISTON: COMPARACION ENTRE LA OFERTA NACIONAL Y LOS RANGOS NORMALMENTE ALCANZADOS EN EL MUNDO



FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 6  
COMPRESORES TIPO TORNILLO: COMPARACION ENTRE LA OFERTA NACIONAL  
Y LOS RANGOS NORMALMENTE ALCANZADOS EN EL MUNDO

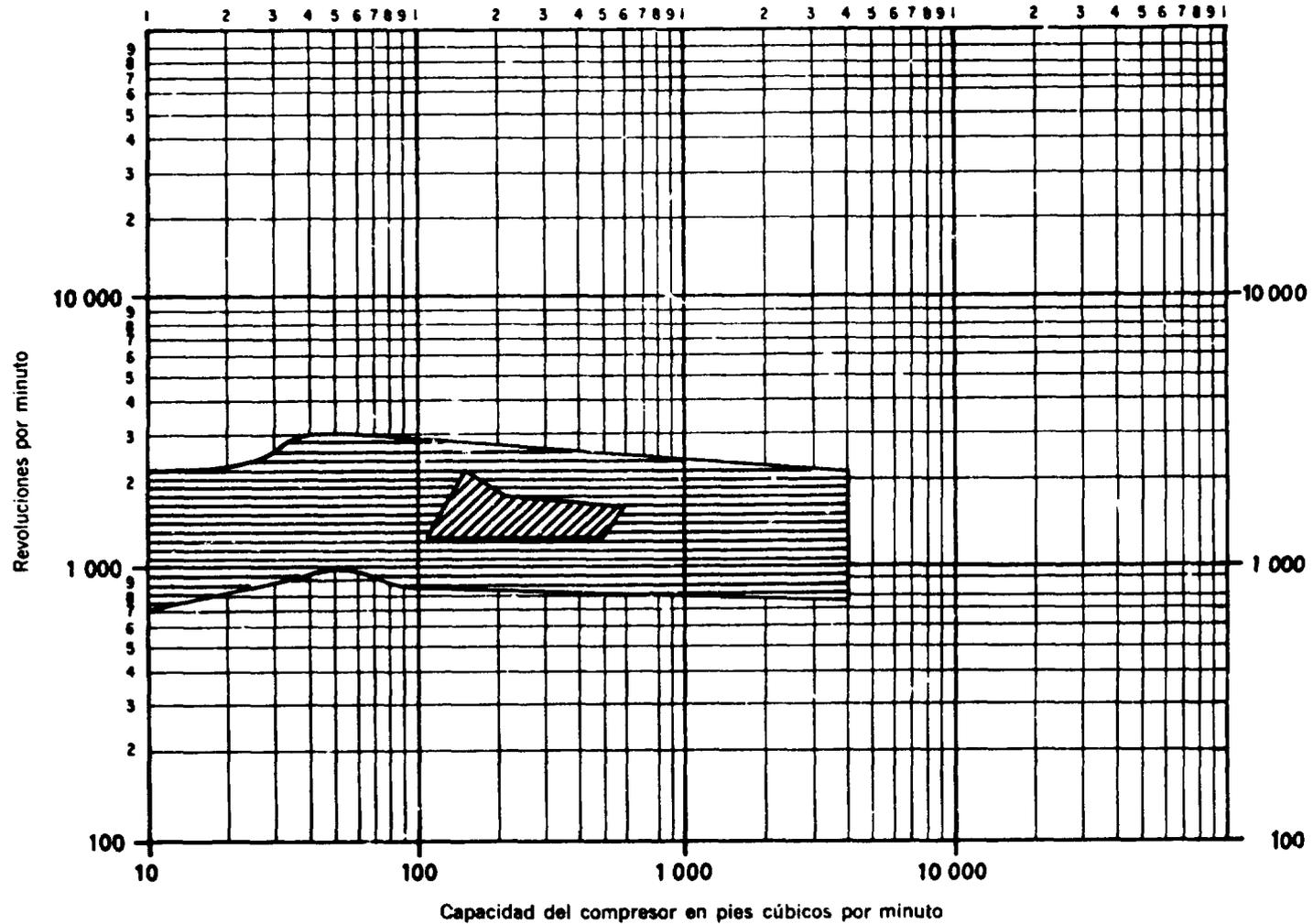


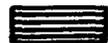
 Rango de la oferta nacional       Rango normal en el mundo

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

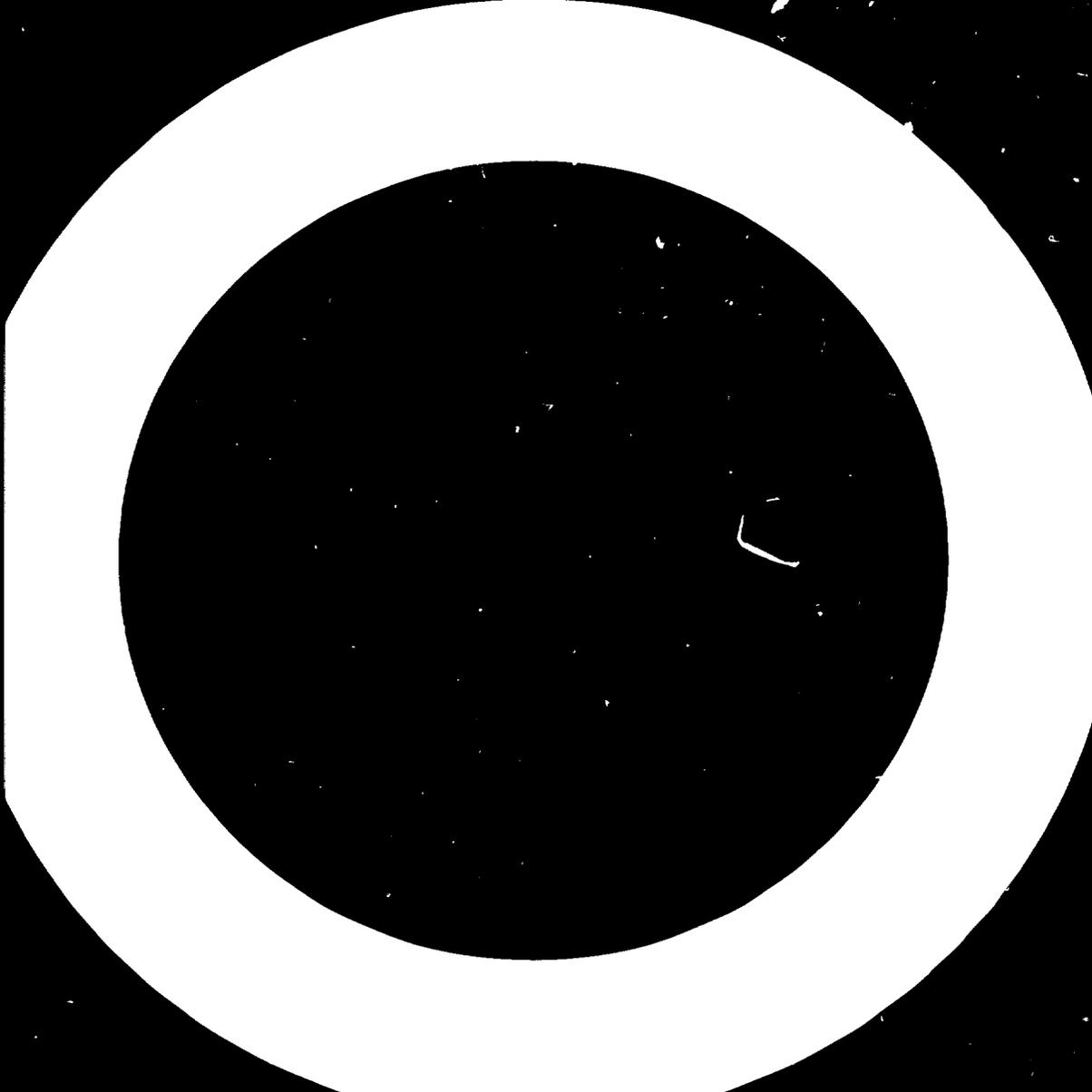
Gráfica 7

COMPRESORES TIPO ROTATIVO: COMPARACION ENTRE LA OFERTA NACIONAL Y LOS RANGOS NORMALMENTE ALCANZADOS EN EL MUNDO



 Rango de la oferta nacional       Rango normal en el mundo

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienestar de Capital NAFINSA-ONUDI.



## IV. GRADO DE INTEGRACION Y PRECIOS

El grado de integración de la producción nacional varía entre amplios márgenes, siendo en general mayor en los compresores de pistón que en los rotativos.

Por no disponerse de formas estándar para medir el grado de integración, se hacen apreciaciones de carácter general. A juzgar por las cifras publicadas, el grado de integración parece ser alto; sin embargo, resulta poco confiable la estimación ya que se basa en precios internos, los que se encuentran distorsionados por la baja escala de integración nacional. Las cifras que se indican en seguida intentan estimar el grado de integración, a base de utilizar precios internacionales.

En los compresores pequeños de pistón hasta de 50 ccm (que corresponden a potencias de aproximadamente 14 HP), se alcanza una integración nacional del orden de 80 a 85%. En los compresores mayores, el grado de integración nacional se sitúa entre 40 y 65%, correspondiendo la cifra inferior a los de mayor capacidad, de tornillo, y la cifra más elevada a los de pistón, de menor capacidad.

Las piezas que se fabrican normalmente en el país son sobre todo las de fundición y pailería, así como aquellas que requieren un maquinado simple. En contraste, se importan las piezas forjadas, que requieren maquinado más complejo, tratamientos térmicos o insumos no disponibles en el país (baleros, anillos y otros).

Así, en general se fabrican las piezas siguientes:

- a) *Fundidas*: Monoblocks, volantes, cilindros, cabezas de cilindros, guías de crucetas y crucetas;
- b) *Pailería*: Patines de soporte, tanques de aire comprimido, y piezas más sencillas como portafiltros, cubiertas y guardas; y

- c) *Otros*: Enfriadores, filtros de aceite y aire, llaves de purga, válvulas y manómetros.

Las partes que suelen importarse son: cigüeñales,<sup>3</sup> bielas, pistones, anillos, discos de válvulas, bombas de lubricación, válvulas de seguridad y válvulas de control. Por lo que hace a los compresores de tornillo, se importan además los tornillos, que deben maquinarse con un equipo especialmente diseñado para ello. Las partes rotativas de los de paletas son fabricadas en el país, al menos por una empresa, aunque las paletas son importadas.

La producción de muchas de estas piezas no es compleja, pero requiere escalas más significativas que las que se logran con el actual fraccionamiento del mercado.

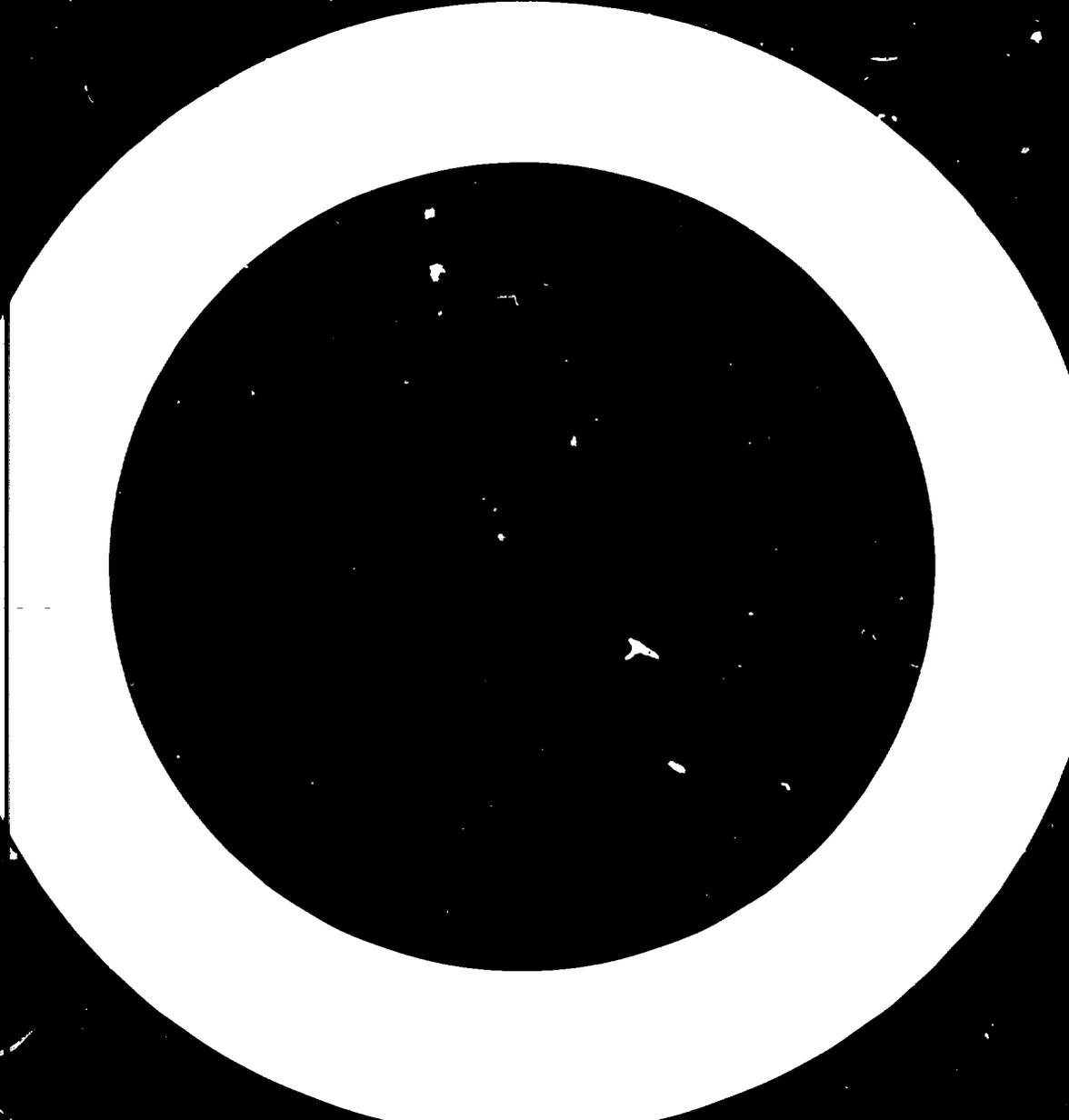
En cuanto a precios, sólo han podido examinarse los correspondientes a una gama reducida de modelos nacionales.

Los compresores de pistón medianos, estacionarios, para servicio pesado que se fabrican en el país, en el rango de 50 a 150 HP, tienen un sobreprecio de entre 20 y 40% (excluido el motor), respecto a los precios norteamericanos actuales. Para los de tornillo, los sobreprecios son del orden de 35 a 50%.

Para facilitar este tipo de comparaciones, el Anexo presenta gráficas con precios norteamericanos recientes de varios tipos de compresores. Ahí se incluyen también relaciones entre la potencia necesaria y el volumen de aire, así como entre potencia y capacidad de algunos modelos.

El usuario debe considerar además del costo del compresor el del motor, la instalación de control, la instalación general y otras erogaciones, todo lo cual incide en un sobreprecio.

<sup>3</sup> En el país se fabrican cigüeñales y bielas de hierro nodular.



## V. SITUACION DE LA PRODUCCION EN LA INDUSTRIA DE COMPRESORES

Las industrias más importantes que se han establecido en el país tienen un sólido dominio de los aspectos tecnológicos y una larga tradición comercial. Ello se debe a que fueron establecidas para la colocación de productos importados tecnológicamente complejos; después iniciaron la producción, con frecuencia, a base de integración incipiente. Así se explica que las operaciones comerciales de las empresas ocupen un lugar significativo en relación a las de producción.

Algunas empresas pudieron incluso establecerse inicialmente en el país, sin necesidad de contar con instalaciones productivas propias, encargando por maquila las piezas a diversos fabricantes y realizando sólo el ensamble. Posteriormente fueron estableciéndose instalaciones productivas, usualmente pequeñas y frecuentemente con equipo usado, que en ocasiones proviene del que se descarta al renovarse el de la planta matriz. Estas instalaciones se utilizan también para servicios de reparación del equipo importado de la misma marca.

En el valor de las ventas totales de los productores de compresores semi-medianos y medianos, la proporción que representan los compresores propiamente dichos es de aproximadamente 40%, aunque varía desde 10% en el caso de los productores de bombas y compresores, hasta 60 u 80% en el de los más especializados en aire comprimido. En cuanto a los productores de compresores pequeños, las proporciones son muy variables.

Si bien suelen trabajarse dos turnos en esta industria, la utilización media de las plantas se estima en 60%; utilización que en el caso extremo de una empresa se estimó en 80% para 1975.

En el cuadro 6 se muestra la ocupación media por empresa y sus rangos. Aun la producción de compresores medianos se lleva a cabo en empresas relativamente pequeñas para la industria mecánica, lo cual es otra consecuencia del fraccionamiento del mercado.

Cuadro 6  
COMPRESORES: PERSONAL EMPLEADO POR EMPRESA, 1977

Empresas	Personas por empresa en promedio	Rango
Pequeñas <sup>1</sup>	60	50 - 85
Semi-medianas	140	130 - 200
Medianas	173	45 - 300

<sup>1</sup> Para estos productores, se estimó sólo la proporción de personal vinculado a la producción de compresores.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA ONUDI.

Cuadro 7  
COMPRESORES: PROPORCION DE MAQUINAS-HERRAMIENTA Y PERSONAL, 1977 <sup>1</sup>

Concepto	Empresas			
	Total	Pequeñas <sup>2</sup>	Semi-medianas	Medianas
Número de máquinas-herramienta	497	80	95	322
Personal total	1 550	240	270	1 040
Personal obrero	1 078	170	188	720
Máquinas-herramienta por cada 100 personas	32	33	35	31
Máquinas-herramienta por cada 100 obreros	46	47	51	45

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

<sup>2</sup> Para estos productores se estimó sólo la proporción de personal y de máquinas-herramienta más vinculados a la producción de compresores. Algunas cifras de este cuadro no son comparables con las del cuadro 6, por no contar con la información de algunas empresas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Se estima, por otra parte, que alrededor de 70% del personal total está constituido por obreros, proporción elevada que no deja lugar al establecimiento de un departamento adecuado de ingeniería. Del resto del personal, como antes se indicó, una elevada proporción se dedica a la comercialización. Se aprecia pues una estructura con un bajo grado de integración y una dualidad importadora-productora.

El cuadro 7 presenta el número de máquinas-herramienta de que dispone la industria y su proporción respecto al personal. La proporción indica un grado de mecanización aparentemente adecuado, explicable si se considera la baja proporción de ingeniería existente. De haber una proporción mayor de personal no directo en funciones técnicas, sería menor el grado de mecanización.

El examen de la estructura del parque de máquinas-herramienta muestra la simplicidad del equipo. En efecto, se estima que 17% corresponde a taladros, 5% a sierras y 34% a tornos, mientras que las mandriladoras tienen una proporción redu-

cida (concentradas además en pocas empresas) y la participación de las rectificadoras es también pequeña (véase el cuadro 8).

Un conjunto típico de máquinas-herramienta por cada categoría de fabricante se presenta en el cuadro 9. Se advierte que sólo en los fabricantes de compresores semi-medianos se dispone de un parque importante que permite emprender una fabricación elaborada.

Sólo dos empresas cuentan con equipo moderno de alta productividad: una dispone de cuatro tornos automáticos de control numérico y otra de un centro de maquinado.

La edad del parque de máquinas-herramienta en la producción de compresores se incluye en el cuadro 10. Se aprecia que más de 50% del equipo tiene entre cinco y diez años y 17% cuenta hasta cinco años, lo que permite concluir que se trata de un parque reciente y por tanto moderno y productivo. Sin embargo, la información se basa en una encuesta efectuada en 1976.

A menudo la fecha consignada como de fabricación de la maquinaria es la de adquisición, y como frecuentemente se trata de maquinaria de segunda mano, la estructura por edades del parque que se señala se torna menos confiable.<sup>1</sup>

Cuadro 8

COMPRESORES: DISTRIBUCION DE LAS MAQUINAS-HERRAMIENTA INSTALADAS, 1976-1977<sup>1</sup>

Tipo de máquinas-herramienta	Proporción de las máquinas instaladas (%)
TOTAL	100
<i>Máquinas-herramienta con arranque de viruta</i>	94
Sierras	5
Taladros	17
Tornos	34
Cepillos	1
Mandriladoras	4
Fresadoras	9
Brochadoras	1
Máquinas para engranes	1
Afiladoras	5
Rectificadoras	7
Roscadoras	3
Otras	7
<i>Máquinas-herramienta de deformación</i>	6

<sup>1</sup> Cifras basadas en una muestra de ocho empresas representativas. En las empresas pequeñas sólo se consideró la proporción de máquinas directamente vinculadas a la producción de compresores.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

<sup>1</sup> En Estados Unidos el parque en este tipo de industria tiene sólo 28% de máquinas con edad hasta de nueve años, de las cuales 7% son de control numérico; las rectificadoras alcanzan 19% y los tornos sólo 22%.

Cuadro 9

COMPRESORES: CONJUNTO TIPICO DE MAQUINAS-HERRAMIENTA POR CATEGORIA DE EMPRESA

(Número de máquinas por establecimiento)

Tipo de máquinas-herramienta	Pequeñas	Semi-medianas	Medianas
Sierras	1	4	4
Taladros	10	20	14
Tornos	12	10	20
Cepillos	1	—	—
Mandriladoras	—	1	3
Fresadoras	3	5	8
Brochadoras	—	—	1
Máquinas para engranes	—	—	—
Afiladoras	1	12	2
Rectificadoras	1	7	6
Roscadoras	—	1	—
Otras	—	—	6

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

La inversión en libros, en 1977, fue en promedio del orden de 33 millones de pesos por empresa para el caso de los fabricantes de compresores intermedios y de 170 millones para los mayores. No obstante, entre estos últimos, la inversión va-

ría de 28 a 470 millones, correspondiendo las cifras menores a las empresas donde predomina el ensamblaje, y las mayores, a empresas diversificadas donde los compresores son una parte menor de las ventas.

Cuadro 10

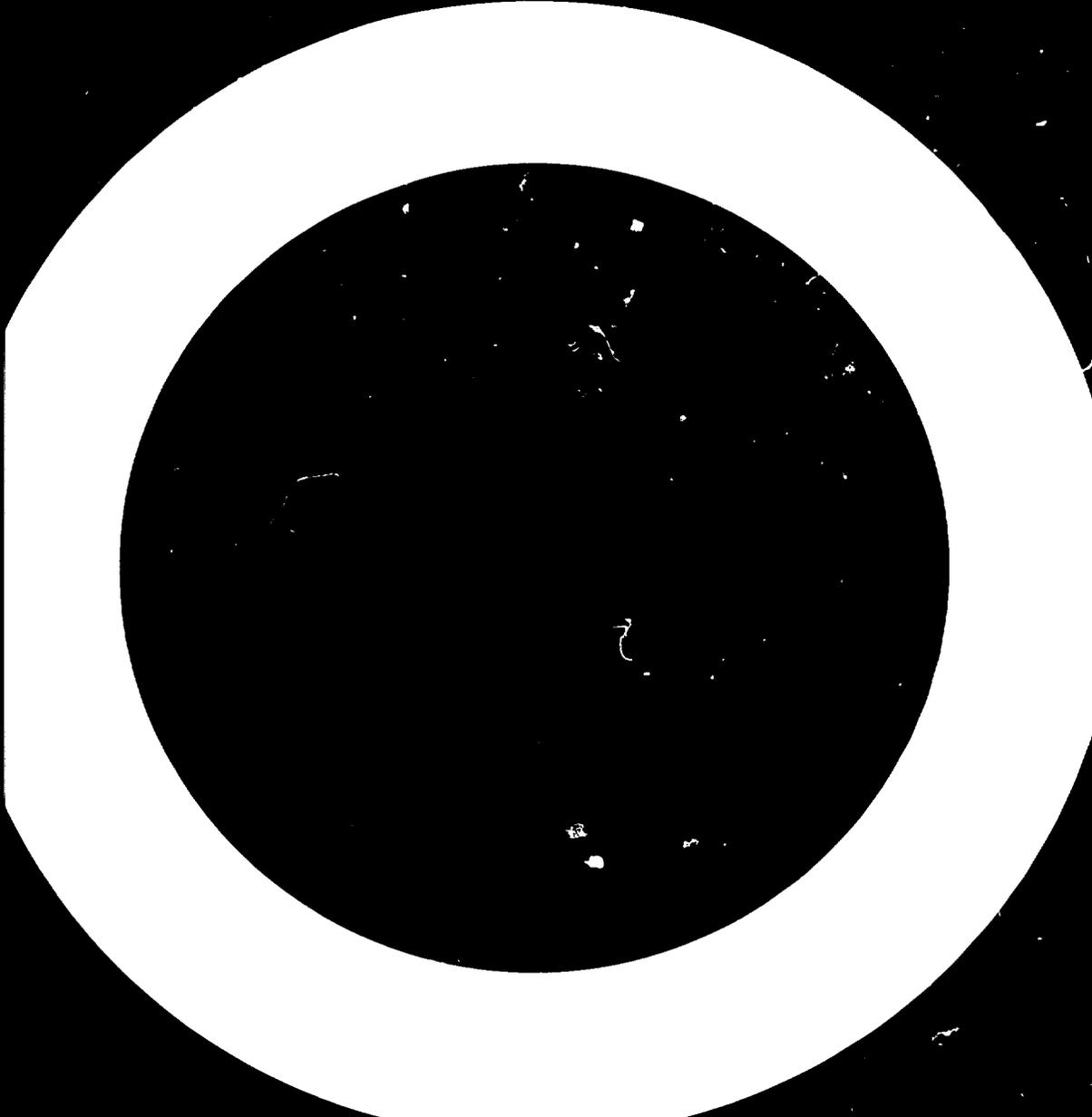
COMPRESORES: EDAD DE LAS MAQUINAS-HERRAMIENTA POR EMPRESA, 1976<sup>1</sup>

(%)

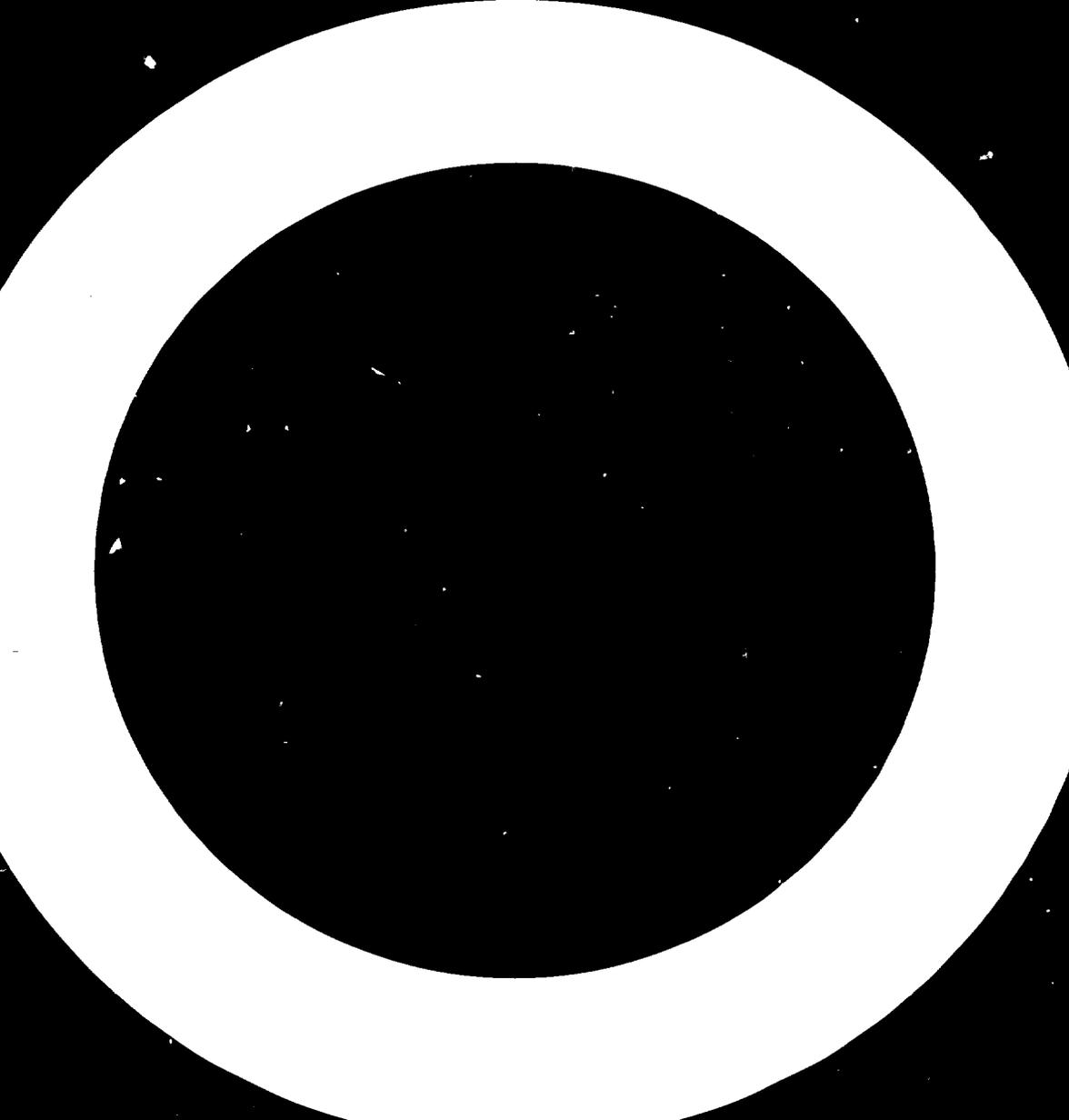
Tipo de maquinas-herramienta	Edad				Tipo de maquinas-herramienta	Edad			
	Hasta 5 años	Más de 5 años y hasta 10	Más de 10 años y hasta 20	Más de 20 años		Hasta 5 años	Más de 5 años y hasta 10	Más de 10 años y hasta 20	Más de 20 años
Sierras	12.5	62.5	25.0	—	Máquinas para engranes	—	100.0	—	—
Taladros	24.7	42.8	31.0	1.5	Afiladoras	20.0	52.0	28.0	—
Tornos	13.8	41.5	37.7	7.0	Rectificadoras	22.6	32.3	45.1	—
Cepillos	25.0	50.0	25.0	—	Roscadoras	—	50.0	50.0	—
Mandriladoras	22.2	16.6	55.5	5.7	Otras	27.2	69.7	3.1	—
Fresadoras	12.5	65.0	22.5	—	Distribución porcentual por edades	16.7	48.9	31.6	2.8
Brochadoras	20.0	60.0	20.0	—					

<sup>1</sup> Cifras basadas en una muestra de ocho empresas representativas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

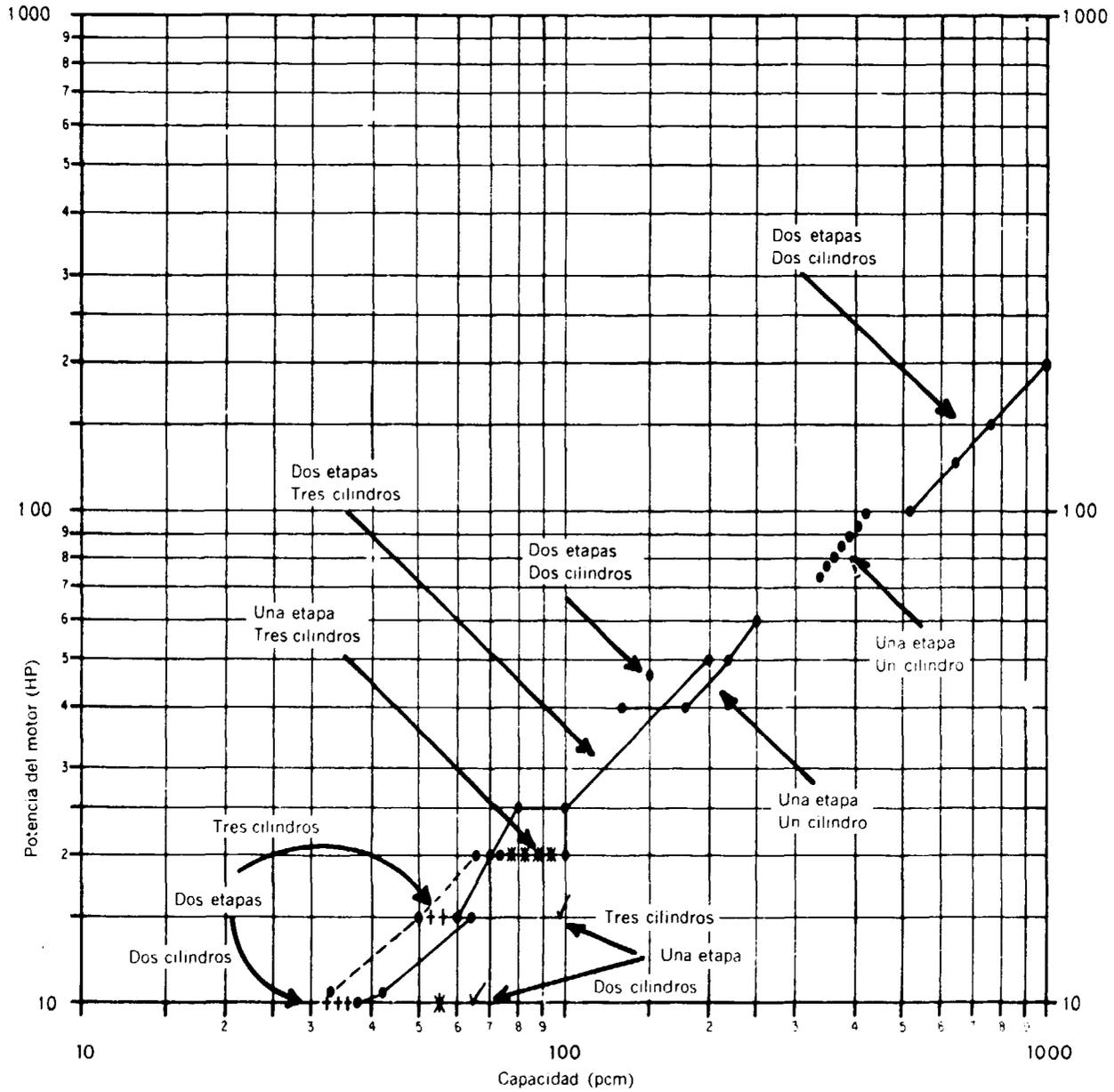


ANEXO GRAFICO



Gráfica 8

POTENCIA Y CAPACIDAD DE ALGUNOS COMPRESORES DE PISTON PRODUCIDOS EN MEXICO

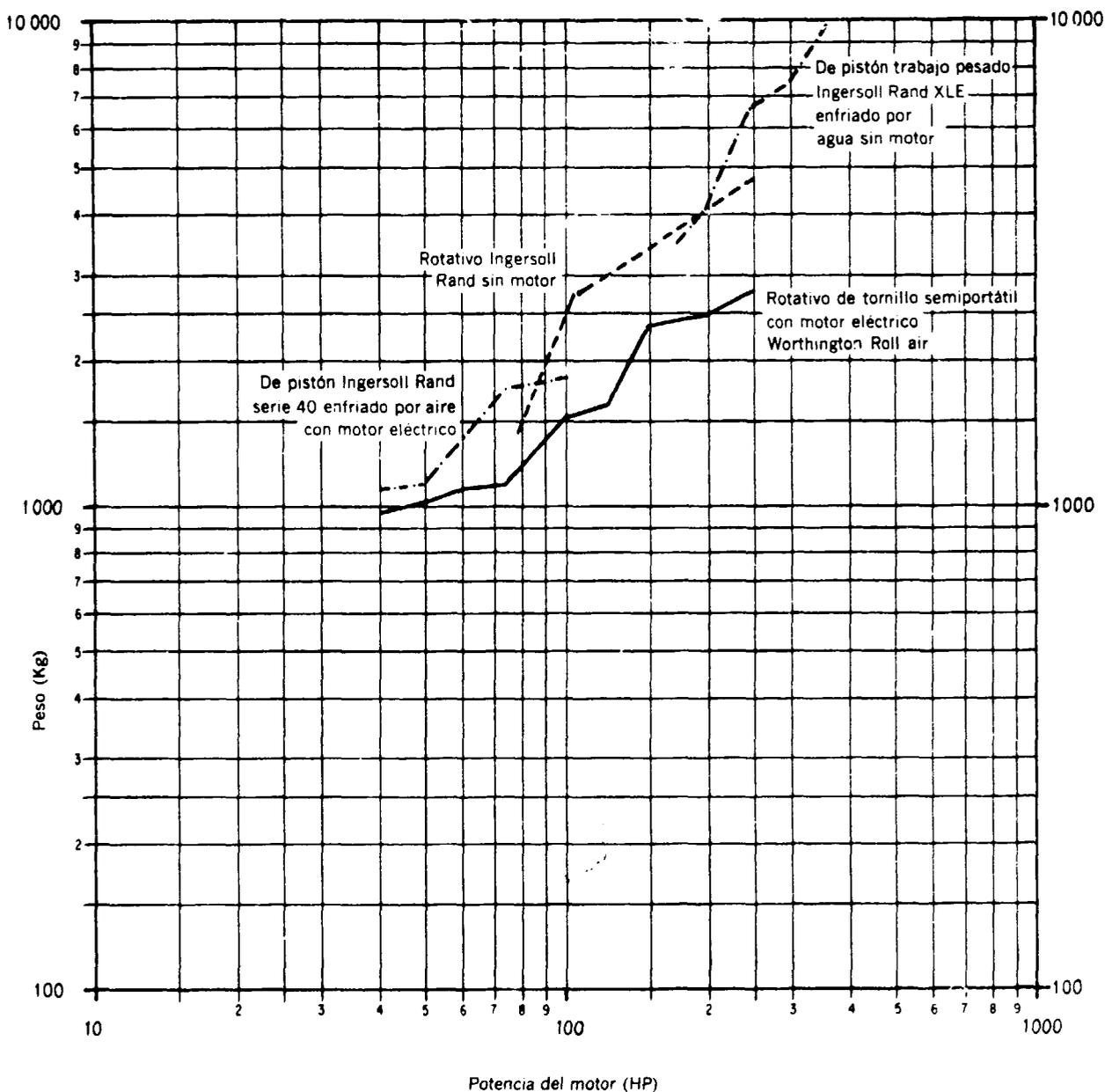


- |               |                          |                             |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ | 40 lb/pulg <sup>2</sup>  | } Maxima presión de trabajo |
| ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ | 60 lb/pulg <sup>2</sup>  |                             |
| ● ● ● ● ● ● ● | 100 lb/pulg <sup>2</sup> |                             |
| ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ | 125 lb/pulg <sup>2</sup> |                             |
| + + + + + + + | 200 lb/pulg <sup>2</sup> |                             |
| ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | 250 lb/pulg <sup>2</sup> |                             |

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 9

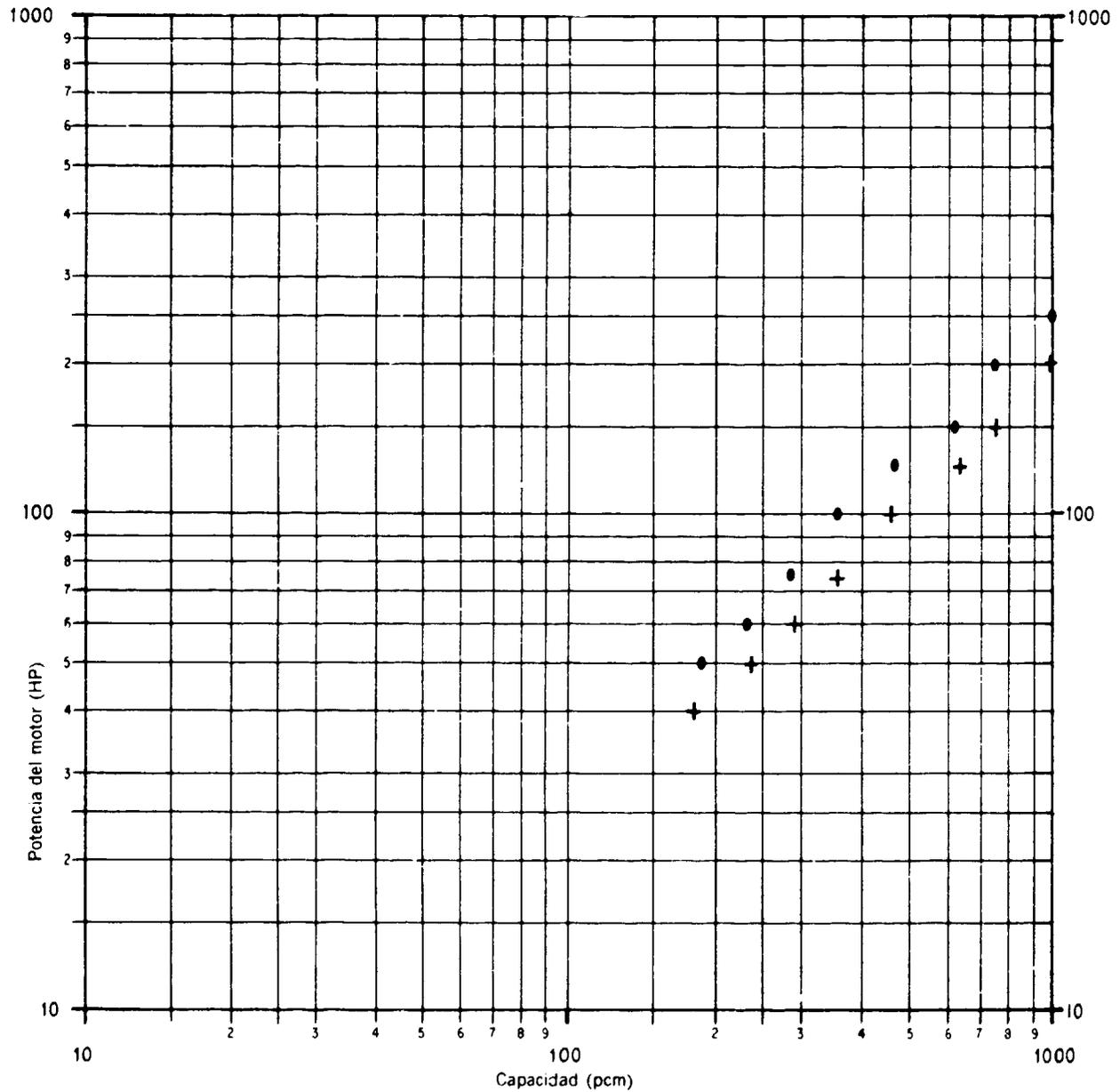
PESO Y POTENCIA DE ALGUNOS  
MODELOS DE COMPRESORES



FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI

Gráfica 10

POTENCIA Y CAPACIDAD DE ALGUNOS MODELOS DE COMPRESORES DE TORNILLO



Modelos de:

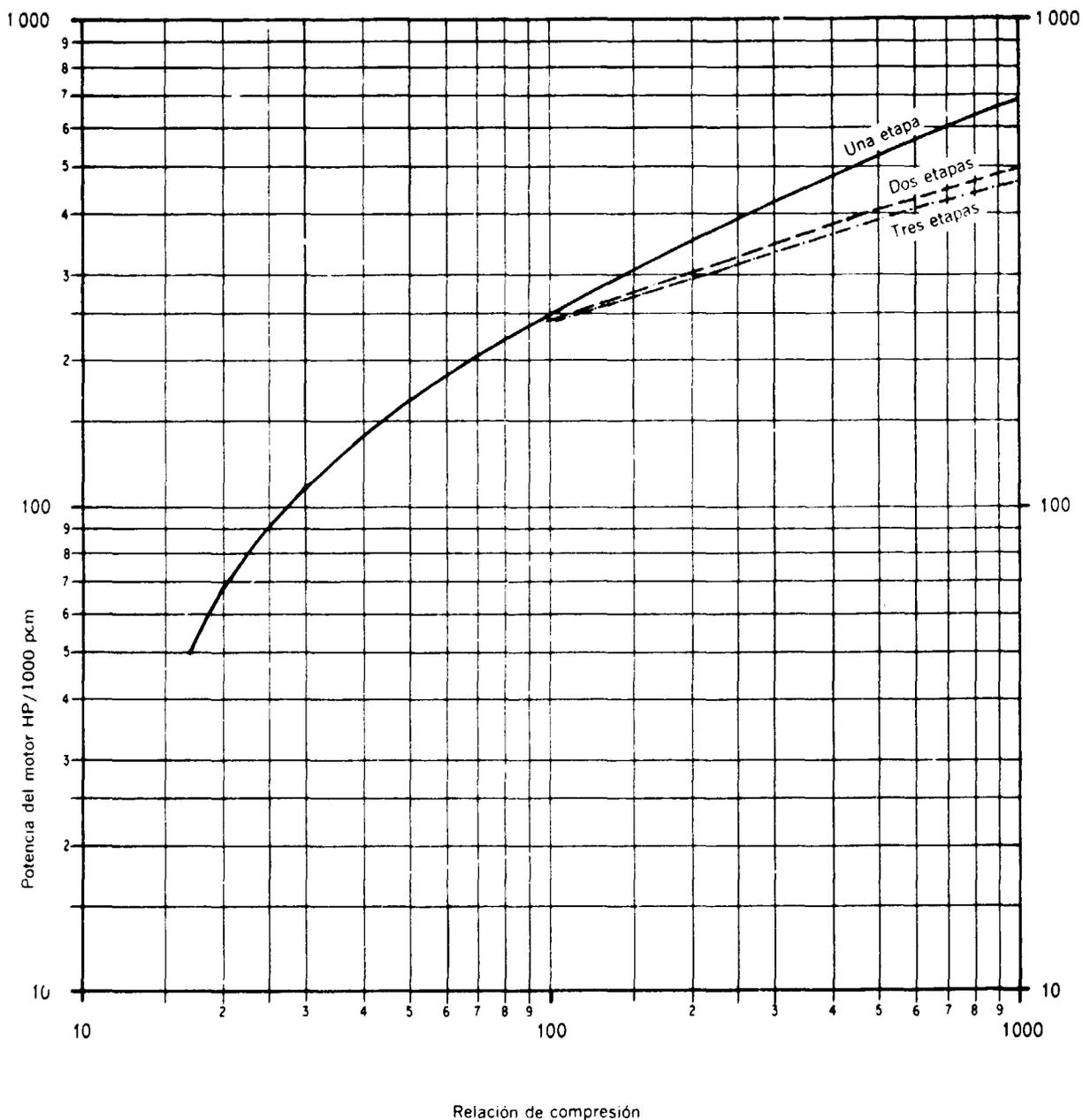
+ + + + + 110 lb, pulg²

• • • • • 125 lb/pulg²

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 11

POTENCIA REQUERIDA PARA LA COMPRESIÓN DE AIRE

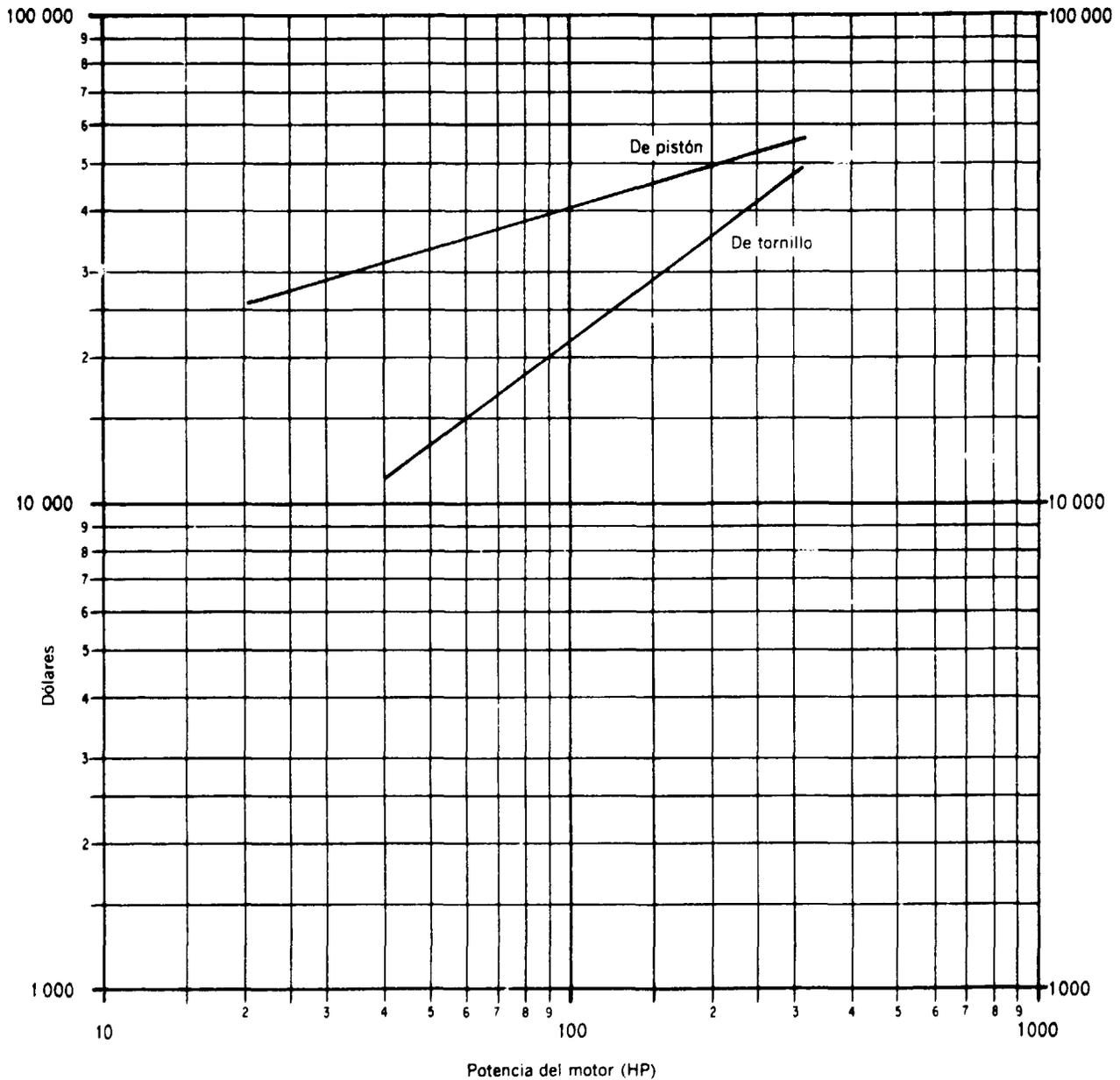


NOTA: Se trata de la potencia al freno; para calcular la del motor se precisa aún considerar la eficiencia de éste. Estimación basada en compresores de pistón.

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Gráfica 12

PRECIOS DE ALGUNOS MODELOS DE COMPRESORES  
EN ESTADOS UNIDOS, 1976



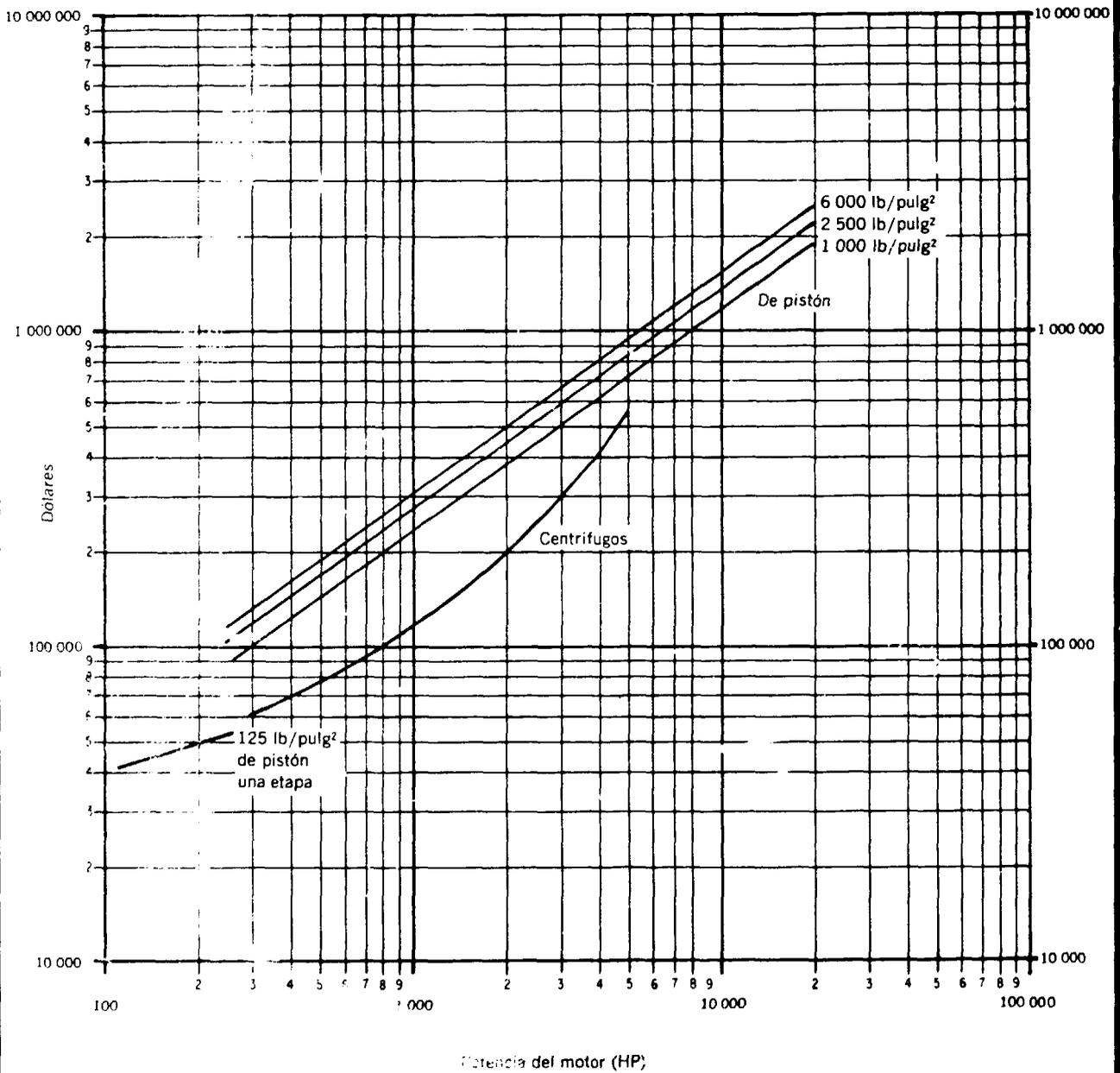
De pistón: Se trata de compresor de servicio pesado, que incluye motor, sistema de lubricación, separador de humedad, posenfriador y tanque de acumulación. Trabaja a presiones de uso normal, bajo 200 lb/pulg.<sup>2</sup>

De tornillo: Solo incluye compresor y motor eléctrico; se trata más bien del modelo liviano.

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 13

PRECIOS DE ALGUNOS MODELOS DE COMPRESORES  
EN ESTADOS UNIDOS, 1976



NOTA: Los precios incluyen compresor, motor, sistema de lubricación, separador de humedad y un mínimo de instrumentos. En los de 125 lb/pulg² se incluye además tanque de acumulación y posenfriador.

FUENTE: Nacional Financiera, S.A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU/DI.

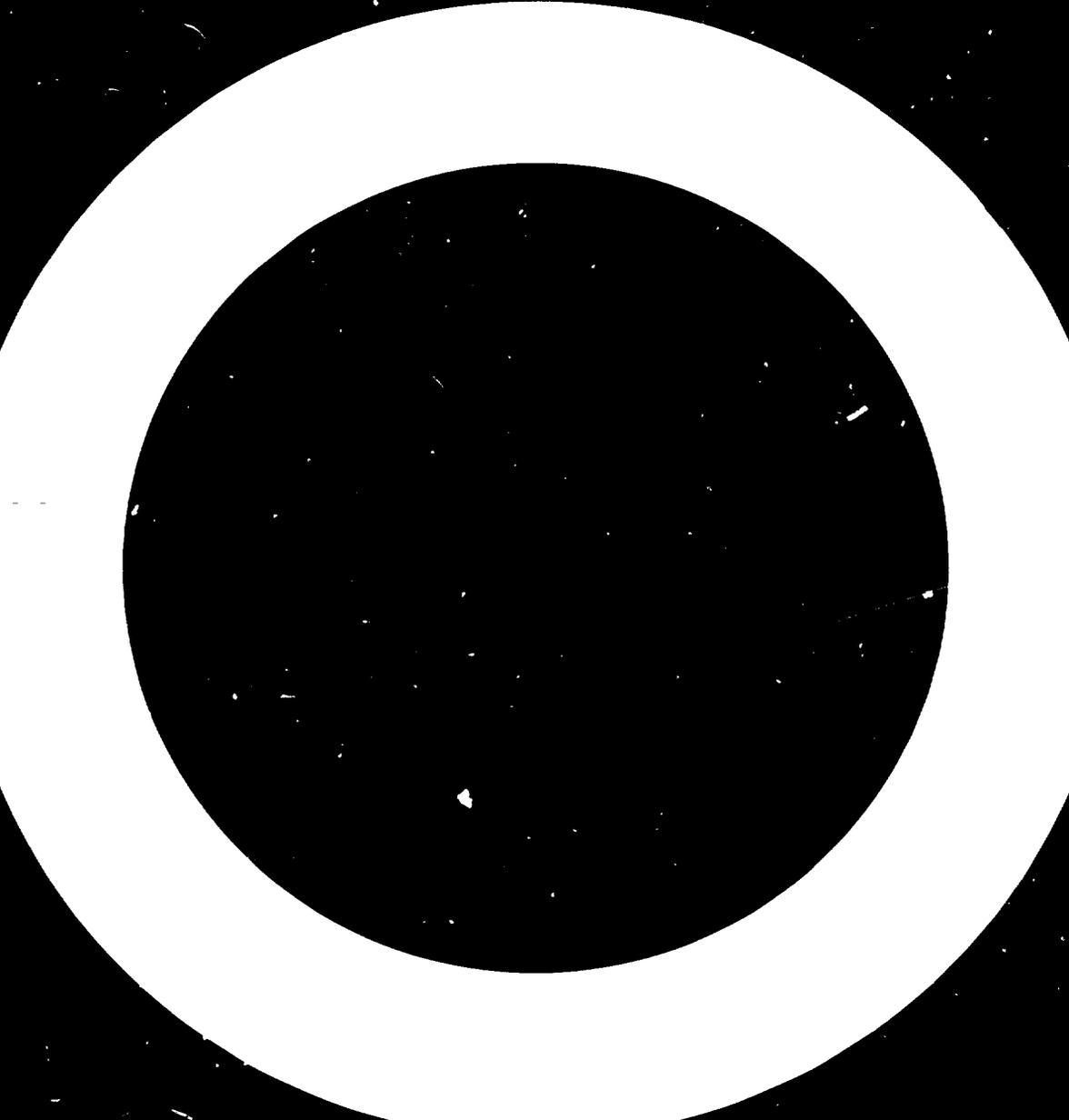
# INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

## CUADROS

Núm.		Pág.
1.	Compresores: Empresas productoras por tipo de producto .....	8
2.	Compresores: Número de modelos que se fabrican o ensamblan .....	12
3.	Compresores: Producción, 1977 .....	12
4.	Compresores: Valor de la producción en otros países, 1970-1973 .....	13
5.	Compresores: Ventas, 1974-1977 .....	13
6.	Compresores: Personal empleado por empresa, 1977 .....	21
7.	Compresores: Proporción de máquinas-herramienta y personal, 1977 .....	21
8.	Compresores: Distribución de las máquinas-herramienta instaladas, 1976-1977 .....	22
9.	Compresores: Conjunto típico de máquinas-herramienta por categoría de empresa .....	22
10.	Compresores: Edad de las máquinas-herramienta por empresa, 1976 .....	23

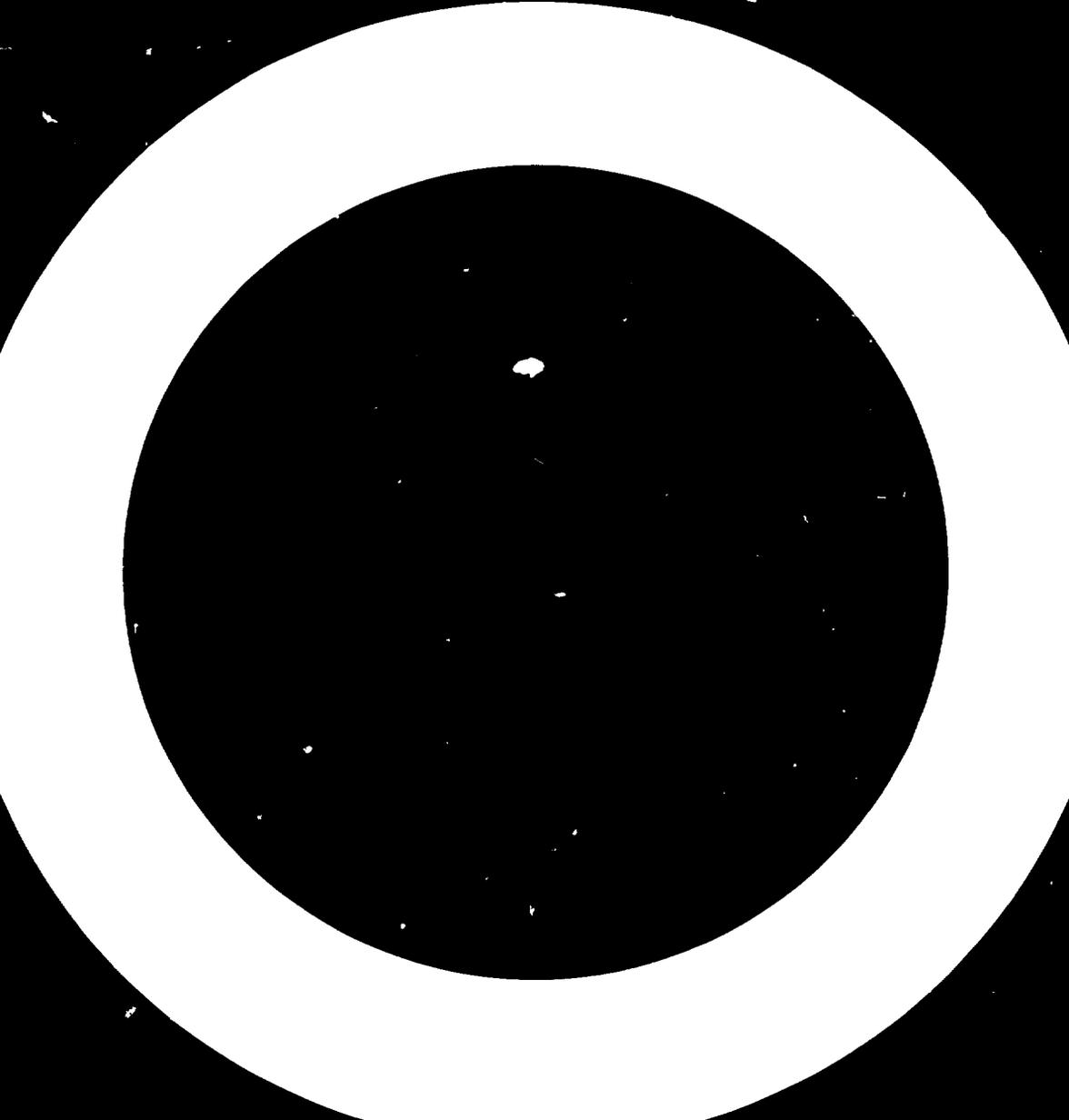
## GRAFICAS

1.	Rango técnico de los diferentes tipos de compresores en el mundo .....	6
2.	Compresores: Potencia y estratificación de productores .....	9
3.	Compresores: Peso y estratificación de productores ..	10
4.	Compresores: Capacidad y estratificación de productores .....	11
5.	Compresores tipo pistón: Comparación entre la oferta nacional y los rangos normalmente alcanzados en el mundo .....	15
6.	Compresores tipo tornillo: Comparación entre la oferta nacional y los rangos normalmente alcanzados en el mundo .....	16
7.	Compresores tipo rotativo: Comparación entre la oferta nacional y los rangos normalmente alcanzados en el mundo .....	17
8.	Potencia y capacidad de algunos compresores de pistón producidos en México .....	27
9.	Peso y potencia de algunos modelos de compresores ..	28
10.	Potencia y capacidad de algunos modelos de compresores de tornillo .....	29
11.	Potencia requerida para la compresión de aire .....	30
12.	Precios de algunos modelos de compresores en Estados Unidos, 1976 .....	31
13.	Precios de algunos modelos de compresores en Estados Unidos, 1976 .....	32



Núm. 3

LA FUNDICION EN MEXICO



## I. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

i) La producción de piezas fundidas reviste una gran importancia como infraestructura necesaria para el desarrollo adecuado de la industria de bienes de capital, ya que es uno de los insumos básicos para dicha industria. Hasta ahora, la fundición en el país se ha desarrollado principalmente con base en la demanda generada por la industria automotriz y por los fabricantes de bienes de consumo, en tanto que la fundición para piezas que se utilizan en la fabricación de bienes de capital, atiende una demanda mucho menor. Puede mencionarse, sin embargo, que los fabricantes nacionales de válvulas, compresores y bombas se abastecen de partes fundidas nacionales, en una alta proporción.

ii) La industria nacional de bienes de capital se encuentra en estado de desarrollo incipiente; aun cuando se conoce su gran potencialidad, se estima que para lograr un desarrollo más adecuado requeriría del soporte de una industria de fundición capaz de producir piezas, oportunamente, y con la calidad y especificaciones requeridas.

iii) En este contexto, el documento se propone analizar la situación actual de la oferta interna en la industria de fundición, particularmente de la ferrosa y señalar sus perspectivas de desarrollo y sus problemas.

iv) La industria de la fundición ferrosa está integrada por aproximadamente 500 empresas, de las que 15 producen piezas de acero. Por lo que respecta a la fundición no ferrosa, existen instaladas en el país aproximadamente 100 empresas dedicadas a la fundición de bronce y aluminio.

v) En cuanto a la producción de piezas fundidas en hierro, 15 empresas contribuyen con 50% de la producción total. Y con respecto a las fundiciones de acero, siete empresas aportan casi 90% del total.

vi) Las empresas consideradas como grandes (19 en total) cubren 90% de la producción de acero y 55.4% de la producción total de hierro gris y nodular; de estas empresas, seis tienen producción de piezas de hierro y acero simultáneamente. Las empresas medianas (43 en total) aportan el 10% restante de la producción de acero y 23.4% de la producción total de hierro gris y nodular. Las pe-

queñas (438 aproximadamente) cubren 21.2% de la producción de hierro gris. Se concluye que 78.8% de la producción total de hierro gris, nodular y maleable y 100% de la producción de acero provienen de sólo 12.4% de las fundiciones instaladas en el país.<sup>1</sup>

vii) En el Distrito Federal y su periferia y en la zona formada por Monterrey y Coahuila, se encuentran instaladas 79% del total de las empresas dedicadas a la fundición de hierro y acero y su producción representa 80% de la total del país.

viii) Se considera que para 1976, en promedio, las empresas grandes productoras de hierro registraron una productividad de 25.5 toneladas-hombre por año, las fundiciones medianas de 23.6 y las pequeñas de sólo 4.8 toneladas-hombre por año. En lo relativo a las fundiciones de acero, para el mismo año, su productividad alcanzó en promedio 36.1 toneladas-hombre por año. Como se ve, la productividad de las fundiciones de acero es superior a la de las fundiciones grandes de hierro.

ix) El grupo de fundiciones grandes en 1976 utilizó en promedio el 76% de la capacidad de su planta y en el caso de las empresas medianas, el aprovechamiento puede considerarse cercano a 66%.

x) Se estima que 70% de las fundiciones grandes de hierro gris, nodular y maleable y 26% de las medianas tienen buen control de calidad; el resto, tanto de las primeras como de las segundas, presenta deficiencias en este aspecto. Las fundiciones catalogadas como pequeñas tienen una participación casi nula en el mercado de fundiciones de calidad y especialidades, debido en parte a la falta de recursos técnicos y económicos, así como a su amplia mezcla de productos. Las fundiciones de acero cuentan por lo general con los elementos técnicos y económicos necesarios, que les permiten obtener productos de buena calidad.

xi) El horno más empleado en la fusión del metal, en las fundiciones de hierro gris, es el horno de cubilote; salvo escasas excepciones, éstos operan ineficientemente y sin control de emisiones

<sup>1</sup> En estas estimaciones no se considera la fundición de piezas no ferrosas.

contaminantes, debido principalmente a la falta de diseños adecuados y conocimientos tecnológicos sobre la operación del equipo. Este aspecto se presenta con más frecuencia en las fundiciones pequeñas.

xii) En general es insuficiente el personal técnico para la fundición; además, suele requerir de un conocimiento más amplio sobre las técnicas y procesos productivos de mayor eficiencia empleados en otros países.

xiii) Los principales insumos de la fundición de hierro gris (chatarra de hierro y coque) son escasos en el país, por lo que se abastece de ellos, en un alto porcentaje, con importaciones, lo cual hace vulnerable la industria además de afectar a la balanza de pagos.

xiv) La inversión por persona ocupada se estima que asciende al equivalente de 24 000 dólares en una fundición grande de piezas misceláneas; en el caso de una fundición grande con producción en serie, se estima del orden de 64 000 dólares y, por último, en una fundición mediana con máquinas semiautomáticas de moldeo, de 14 000 dólares.

xv) Con respecto a la edad de las plantas, debe señalarse que no se han instalado fundiciones grandes en el país en los últimos diez años; más bien, las ya instaladas han crecido mediante ampliaciones.

xvi) La tasa de crecimiento anual de la industria de la fundición en su conjunto es de cerca de 16%.<sup>2</sup> Se estima que será necesario hacer inversiones en fundiciones de hierro gris y acero del orden de 60 millones de dólares (equivalentes) a fin de mantener la tasa actual de crecimiento.

xvii) El principal mercado en 1976 para las piezas de fundición de hierro gris, maleable y nodular (67%) se integró de bienes de capital y bienes de consumo; el resto (33%) se utilizó en la industria automotriz, incluidos los tractores agrícolas.

xviii) Se considera que sólo en cuatro de las fundiciones que fabrican piezas para bienes de consumo y de capital, se tiene la certeza de recibir piezas de buena calidad y de acuerdo con sus especificaciones.

xix) Se estima que los precios de las piezas de hierro gris, maleable y nodular en México se sitúan en promedio entre 15 y 20% sobre los mismos en los países industrializados. En lo relativo a precios de las piezas moldeadas en acero, en algunos casos están entre 30 y 50% por encima de los precios internacionales.

xx) Puede afirmarse que en la industria nacional de fundición aún no se logra un desarrollo tecnológico adecuado, por lo cual la dependencia tecnológica del exterior es pronunciada.

xxi) Se piensa que para seguir abasteciendo adecuadamente a la industria metalmeccánica, de fundición tanto de hierro gris como de acero, sería

necesario buscar un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y, además, programar inversiones dirigidas a la sustitución de partes y componentes que en la actualidad se importan en productos terminados.

xxii) Aproximadamente 25% de la producción total de piezas de hierro gris, nodular y maleable, corresponde a una producción cautiva para utilización interna de las mismas empresas en la fabricación de productos propios. Asimismo, por lo que toca a la producción de acero, sólo 10% corresponde a producción cautiva.

xxiii) La distribución de la producción nacional de piezas fundidas de hierro gris, nodular y maleable, por destino, se estima que es como sigue: industria automotriz, 33%; bienes de consumo, 23%; partes de maquinaria y equipo, 15%; bombas, 10%; rodillos de laminación, ollas de escoria y partes para la industria siderúrgica, 8%; válvulas, 6%; y tubos centrifugados, conexiones y partes para agua potable y drenaje urbano, 5%. Por lo que hace a piezas fundidas de acero, la distribución de la producción, por destino, es la siguiente: equipo ferroviario, 20%; válvulas y bombas, 25%; minería, 20%; partes de maquinaria, 20%; equipo de construcción, 10%; otros, 5%.

xxiv) En términos internacionales, México constituye un mercado significativo para la fundición. La demanda es comparable a la de algunos países europeos y con un crecimiento más elevado, ofrece posibilidades de fabricar potencialmente muchas piezas que ahora se incorporan en equipos importados. Desde luego, el desarrollo de la fundición está ligado al de la industria mecánica mexicana, y en particular al de los bienes de capital.

xxv) La expansión de la fundición mexicana se puede lograr a base de incrementos de la productividad, crecimiento del tamaño medio de las fundiciones, y producción de piezas con peso unitario superior a 10 o 15 toneladas. De avanzarse en los campos señalados, junto con un mejor control de calidad y el desarrollo de tipos de acero más especializados que los actuales, se tendrá no sólo una base más firme en la industria de la fundición, sino que podrá conseguirse una situación atractiva en el mercado internacional de piezas fundidas.

xxvi) Es necesario el desarrollo de una infraestructura tecnológica adecuada que permita el sano crecimiento de la industria de fundición. Con tal objeto se hacen, entre otras, las siguientes recomendaciones: la creación de un instituto de investigación tecnológica, debidamente equipado, con el objeto de impulsar el desarrollo tecnológico de este sector industrial; la instalación de laboratorios de apoyo a las fundiciones en control de calidad; que los centros de enseñanza impartan cursos de especialización para las diferentes ramas de la fundición; y el establecimiento de empresas especializadas para brindar asesoría técnica en diseño de ampliaciones, nuevas instalaciones y procesos.

xxvii) Convendría utilizar los pequeños altos hornos existentes en el país para la producción de arrabio de fundición empleando minerales de bajo

<sup>2</sup> Incluidos hierro gris y acero

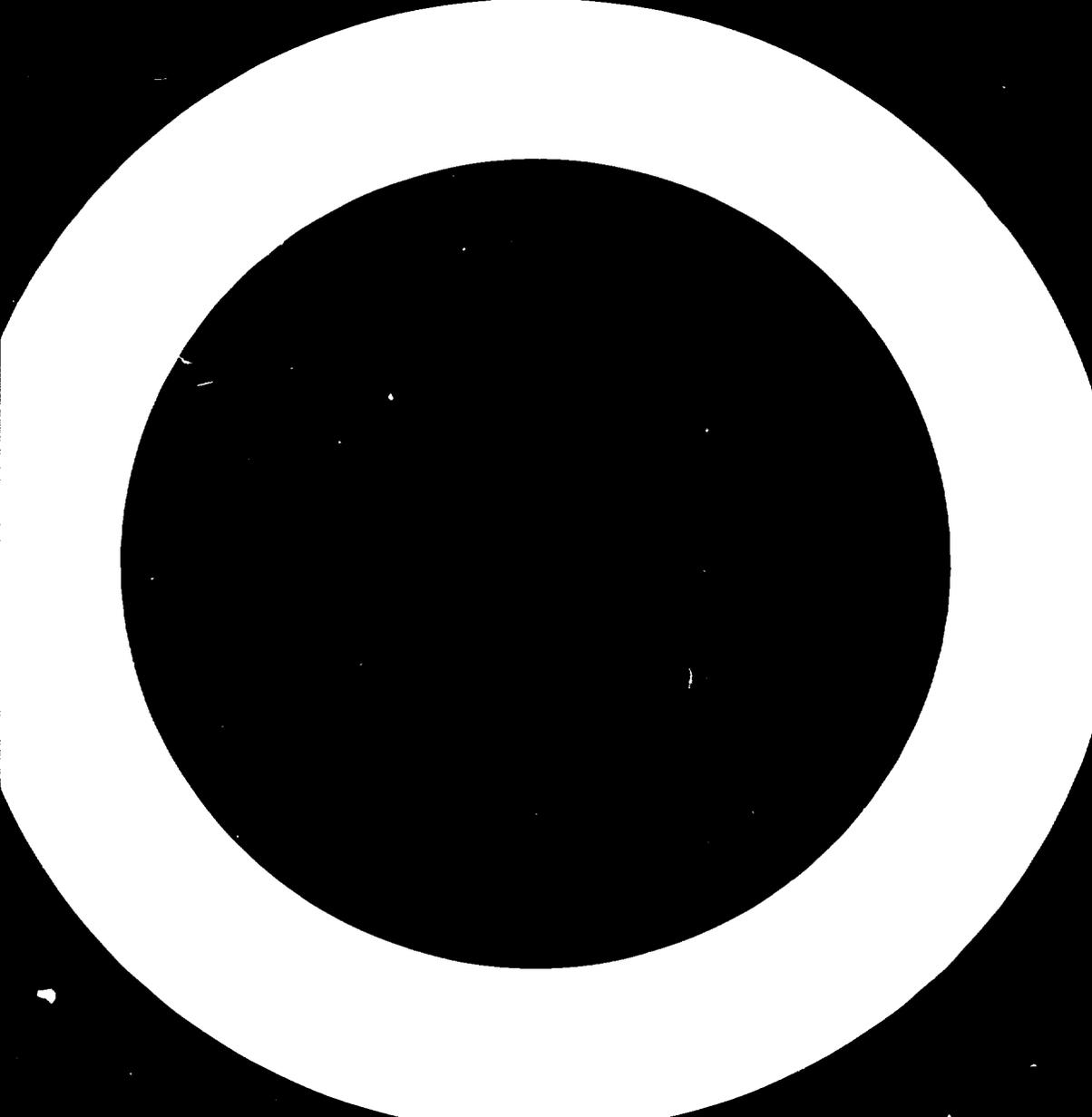
fósforo, a fin de reducir las importaciones de chatarra de hierro y la dependencia del exterior con respecto a este insumo. Es, además, apremiante la necesidad de la investigación técnica y económica sobre la conveniencia de utilizar hierro esponja como materia prima para la fundición, no sólo en el horno eléctrico donde la práctica está ya bien establecida, aunque su uso sea escaso en el país, sino en otros tipos de horno en que aún no se cuenta con buenas prácticas.

xxviii) Debe estimularse la fabricación de coque nacional apropiado para la fundición, en cantidad suficiente para eliminar las importaciones por este concepto.

xxix) Es conveniente modernizar los cubilotes empleados principalmente por las empresas medianas y pequeñas, con objeto de reducir el consumo de coque; también es necesario lograr el mejoramiento de sus procesos para hacer más eficiente la operación de las plantas.

xxx) Es recomendable la instalación y ampliación de las fundiciones de partes automotrices que cubran el crecimiento de la industria automotriz.

xxxi) Finalmente, sería ventajosa la instalación de una o varias fundiciones productoras de piezas misceláneas de alta calidad y estrictas especificaciones, en apoyo de la industria de bienes de capital.



## II. COMPARACION INTERNACIONAL DE LA FUNDICION EN MEXICO

La fundición mexicana ocupa un lugar significativo en el mundo en cuanto a volumen, lo que puede apreciarse en el cuadro 1; y, como en otros productos de la industria metalmeccánica, se confirma una magnitud comparable a la de países europeos como Suecia y Bélgica.

La demanda mexicana por fundición es, sin embargo, considerablemente más importante que la producción. Casi toda la maquinaria que se importa incorpora piezas de fundición que no se registran como tales, constituyendo una demanda encubierta que se torna explícita cuando se inicia la fabricación en el país.

Cuadro 1  
PRODUCCION DE FUNDICION EN ALGUNOS PAISES, 1974-1975  
(Miles de toneladas)

País 1	Hierro gris		Hierro nodular		Hierro maleable		Acero	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975
Unión Soviética	11 000 <sup>2</sup>	16 000	—	256	750	778	4 500	5 582
Estados Unidos	9 974	9 642	2 897	1 656	830	663	1 898	1 759
Japón	4 218	3 104	1 291	962	445	323	890	644
Rep. Federal de Alemania	3 353	2 793	557	563	209	197	339	369
Francia	1 984	1 807	648	694	102	74	270	262
Polonia	1 970 <sup>3</sup>	2 022	—	—	—	—	342	352
Italia	1 732	1 379	99	104	71	52	159	268
Checoslovaquia	1 042	1 060	21	18	36	30	343	349
España	1 016	813	21	30	42	57	143	142
Rep. Democrática Alemana	930 <sup>4</sup>	930 <sup>4</sup>	—	—	23	23	204	204
Canadá	804	662	150	126	62	53	221	217
Brasil	751	813	181	179	60	54	99	115
Reino Unido	705	2 443	104	361	58	197	70	284
Australia	600	460	32	36	25	20	85	60
Suecia	411	363	49	51	15	5	37	37
México	385 <sup>5</sup>	398 <sup>6</sup>	40	45 <sup>6</sup>	7	10 <sup>6</sup>	155	150 <sup>6</sup>
Yugoslavia	392	420	—	—	22	29	57	63
India	363	467	3	3	24	20	56	68
Bélgica	308	227	8	6	2	1	96	88
Holanda	276	274	17	11	15	13	13	13

<sup>1</sup> Se excluyen las lingoteras en casi todos los países.

<sup>2</sup> Se refiere a 1972.

<sup>3</sup> Incluye hierro nodular y maleable.

<sup>4</sup> Incluye hierro nodular.

<sup>5</sup> Incluye 40 000 ton de lingoteras.

<sup>6</sup> Cifras estimadas para 1976. En el caso del hierro se excluye alrededor de 50 000 toneladas de lingoteras que representan cerca de la mitad de esta producción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con cifras de "Ninth and tenth census of world casting production" (1974, 1975). *International Cast Metals Journal*. American Foundrymen's Society.

El paulatino avance de la industria mecánica brasileña, le ha permitido superar la producción de Canadá y acercarse a la de países europeos de mediana potencia económica. México, con un mercado potencial comparable en magnitud al de Brasil, podría también situarse en una dimensión similar. La expansión de la producción de Brasil en la fundición de hierro y acero, durante los dos últimos quinquenios, alcanzó tasas de 13% y 15%, respectivamente, dinamismo que aun puede ser superado por México durante algún tiempo.

El cuadro 1 muestra también una situación similar para México en los diversos tipos de fundición, e indica una posición algo más destacada en hierro nodular y fundición de acero.

Visto desde el ángulo de la mano de obra —aspecto en que se cuenta con mayor información para efectuar comparaciones internacionales—, se nota que un problema generalizado de la fundición mexicana es su baja productividad. El cuadro 2 ilustra la situación del país en comparación con la de otros, advirtiéndose al respecto una posición poco favorable. La productividad por estratos se presenta en el cuadro 3. En las empresas grandes y algunas medianas la productividad en México puede ser comparada con el promedio europeo o norteamericano, pero aún dista de la productividad de los nuevos proyectos en esos países, que sólo puede ser igualada por muy pocas empresas nacionales.

Cuadro 2

PRODUCTIVIDAD DE LAS FUNDICIONES  
EN ALGUNOS PAISES, 1973

(Toneladas por persona ocupada)

País	Productividad media <sup>1</sup>
Estados Unidos <sup>2</sup>	53
Unión Soviética	41
Japón	30
Reino Unido	30
Francia	30
Rep. Federal de Alemania	26
Brasil <sup>3</sup>	27
México <sup>4</sup>	16

<sup>1</sup> La productividad se refiere a toda la industria de la fundición, incluyendo la de metales no ferrosos.

<sup>2</sup> Por trabajador directo en la fundición ferrosa, se obtienen en la actualidad 90 ton/año.

<sup>3</sup> Información basada en 268 empresas encuestadas en 1974, que tienen en promedio 158 personas empleadas por planta.

<sup>4</sup> El cálculo corresponde a la producción de hierro y acero de 1976.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de J. C. Miske. "The foundry industry. A look ahead". Foundry, enero 1978.

Cuadro 3

MEXICO: PRODUCTIVIDAD DE  
LAS FUNDICIONES, 1973

(Toneladas por persona ocupada)

Empresas	Rango <sup>1</sup>	
	Maximo	Minimo
Grandes	65	10
Medianas	75	7
Pequeñas	35	2.5

<sup>1</sup> Basado en información de 34 fundiciones solamente, dentro de las cuales las pequeñas tienen una producción de 70 a 600 ton/año.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Congreso Nacional de la Industria del Hierro y el Acero, 1973.

La baja productividad de las empresas pequeñas es atribuible en parte a que la fundición no juega un papel destacado dentro del proceso productivo de dichas empresas y a una utilización eventual de la fundición en fábricas que elaboran otros productos.

La productividad de las fundiciones europeas de hace alrededor de 40 años era similar a la de las empresas mexicanas ahora; en la posguerra se empezó a reducir notablemente el número de fundiciones en los países europeos, elevándose paralelamente su productividad (ver cuadros 4 y 5) a través de una mecanización creciente y de la adopción de tecnologías modernas. La industria de la fundición se había caracterizado por un ambiente de trabajo bastante duro y pesado que la hacía

Cuadro 4

NUMERO DE FUNDICIONES DE HIERRO GRIS  
EN ESTADOS UNIDOS, REINO UNIDO  
Y ALEMANIA, 1963-1975

(Número de plantas)

País	1963	1964	1974	1975
Estados Unidos	2 269	—	—	1 664
Reino Unido <sup>1</sup>	—	1 243	756	—
República Federal de Alemania	—	1 040	702	—

<sup>1</sup> En 1949 contaba con unas 2 000 fundiciones de hierro gris.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de American Foundrymen's Society. *International Cast Metals Journal*, varios números.

poco atractiva para los trabajadores; sin embargo, en este campo se han producido muchos cambios y se han automatizado inclusive las operaciones manuales difíciles y menos agradables.

El volumen medio de la fundición por empresa (de todo tipo) en Estados Unidos asciende a 5 000 toneladas al año y en Europa se acerca a esa magnitud. En el cuadro 6 se advierte que en México la producción media de las fundiciones alcanza apenas 1 200 toneladas; en cambio en Brasil (cuadro 7) la fundición media se aproxima a 3 000 toneladas. Las principales fundiciones mexicanas no llegan a 40 000 toneladas anuales de capacidad, mientras en Brasil algunas se sitúan en 100 000 toneladas, encontrándose entre las de mayor tamaño en los países desarrollados.

Más adelante habrán de comentarse los problemas que enfrenta la fundición mexicana en cuanto al tamaño máximo de las piezas fundidas y al control de calidad de su producción.

Cuadro 5

BELGICA: EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO, 1953-1974

Concepto	1953	1963	1967	1970	1974
<b>Fundición de hierro</b>					
Kg-hombre-hora	7.9	14.3	18.4	21.0	26.7
Ton-hombre-año	15.1	25.4	31.2	35.4	37.2
<b>Ventas por trabajador</b>					
Miles de francos belgas	183.5	308.3	354.2	478.0	803.0
<b>Fundición de acero</b>					
Kg-hombre-hora	6.7	7.9	8.9	4.1	13.1
Ton-hombre-año	12.9	13.5	13.5	19.7	24.2
<b>Ventas por trabajador</b>					
Miles de francos belgas	214	349	408	615	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de American Foundrymen's Society, *International Cast Metals Journal*, varios números.

Las deficiencias señaladas en la fundición nacional pueden ser superadas aprovechando las experiencias logradas en otros países.

Una proporción sustantiva de las fundiciones en países desarrollados (alrededor de 50%) son empresas cautivas de compañías que fabrican el producto final; la proporción es aún mayor en las fundiciones grandes y eficientes. En México esta proporción es menor, ya que muchas de las empresas usuarias de fundición no han realizado las in-

Cuadro 6

MEXICO: PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS FUNDICIONES, 1976<sup>1</sup>

(Miles de toneladas)

Concepto	Empresas			
	Total	Grandes	Medianas	Pequeñas
Producción total	603	386	121	96
Hierro	453	251	106	96
Acero	150	135	15	—
Número de plantas	500	19	43	438
Producción promedio por empresa	1.2	20.3	2.8	0.2

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

versiones complementarias que se requieren para ese propósito, habiendo preferido importar las piezas fundidas en el mercado local. Esta situación ofrece algunas ventajas para expandir la industria fundidora nacional.

Con fines comparativos, los cuadros 8 y 9 presentan más detalles sobre la fundición en Brasil. En relación con la industria de este país, que en la actualidad logra fundir piezas de 80 toneladas, es importante señalar el proyecto en vías de realización que permitirá fundir piezas hasta de 230 toneladas, lo que sitúa a Brasil entre los primeros países del mundo en cuanto a capacidad para fundir piezas de gran tamaño.

Cuadro 7

BRASIL: PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS FUNDICIONES, 1974<sup>1</sup>

(Toneladas)

Concepto	Total	De hierro	De acero
Número de plantas	438	341	97
Capacidad instalada	1 089 656	991 017	98 639
Capacidad promedio por planta	2 488	2 906	1 017

<sup>1</sup> Información basada en 268 empresas encuestadas, que emplean en promedio 158 personas por planta.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de "Produção Brasileira de peças fundidas". Encuesta anual de la Comisión Técnica de Fundición. *Meturgia*, vol. 31, núm. 213.

Cuadro 8  
BRASIL: PRODUCCION DE FUNDICION, 1970-1976<sup>1</sup>  
(Miles de toneladas)

Año	Tipo de fundicion		
	Hierro	Acero	No ferrosa
1970	605.2	59.4	27.0
1971	683.9	67.7	35.4
1972	772.3	71.8	37.9
1973	894.1	87.6	46.2
1974	1 041.8	109.6	51.9
1975	1 115.9	120.4	76.3
1976 <sup>2</sup>	1 182.0	130.1	83.3

<sup>1</sup> Incluye las lingoteras.

<sup>2</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de una encuesta de 500 fundiciones que representan 95% del volumen de la fundición del país (1976). Associação Brasileira de Fundicao. Carta a los Fundidores (sin fecha).

Cuadro 9  
BRASIL: PRODUCCION POR TIPO  
DE FUNDICION, 1974  
(Toneladas)

Tipo de fundicion	Numero de fundiciones	Produccion
Acero moldeado		98 639
al carbono, comun	42	71 339
de baja aleación	23	15 055
de alta aleación	32	12 245
Hierro fundido		991 017
comun	180	696 814
aleado	59	53 922
maleable	10	59 511
esferoidal (nodular)	92	180 770
No ferrosa		56 683
aleaciones de cobre	104	11 042
aleaciones de zinc	32	7 275
aleaciones de aluminio	100	26 979
aleaciones de magnesio	5	10 257
otras aleaciones	20	1 130

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras del Relevamiento de la Comissao Técnica de Fundicao, 1er. semestre de 1975, publicado en *Metalurgia*, agosto 1975.

### III. CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR

#### A. Fundición Ferrosa

Se denomina fundición ferrosa a la que, como su nombre lo indica, tiene como base de proceso el hierro. Dentro de la fundición se distinguen dos grandes líneas de especialidad: la de acero y la de hierro.

La fundición de hierro se puede dividir en tres tipos principales:

##### 1. HIERRO GRIS

Los productos de fundición de hierro gris son los de mayor demanda. Bajo esta misma denominación se incluye la fundición de los hierros aleados. Este tipo de productos de fundición se emplea ampliamente en la industria automotriz, en la de bienes de consumo y en la industria de bienes de capital en la fabricación de un sinnúmero de partes como cilindros, tapas, pistones de algunos compresores, cuerpos de bombas, cajas de transmisión, bancadas de máquinas-herramienta, etc.

##### 2. HIERRO MALEABLE

Los productos de fundición de hierro maleable se caracterizan por una mayor resistencia a la tensión que los de hierro gris, la que alcanza aproximadamente  $2\ 115$  a  $2\ 820$   $\text{kg/cm}^2$  ( $30\ 000$  a  $40\ 000$   $\text{lb/pulg}^2$ ).<sup>3</sup> Por este atributo de resistencia, los productos de fundición de hierro maleable se emplean principalmente en: conexiones para tuberías, arneses y accesorios para líneas y redes de distribución eléctrica, y en algunas partes para automóviles. Sin embargo, en la actualidad el hierro maleable sufre desplazamiento por el hierro nodular a causa de las ventajas de éste.

##### 3. HIERRO NODULAR

Los productos de fundición de hierro nodular se caracterizan por una mayor resistencia a la tensión  $5\ 600$   $\text{kg/cm}^2$  ( $80\ 000$   $\text{lb/pulg}^2$ ) que los dos tipos de productos de fundición citados. Además,

<sup>3</sup> En Estados Unidos, la fundición perlítica maleable llega hasta  $100\ 000$   $\text{lb/pulg}^2$  (sólo se dan cifras medias para ésta y la fundición nodular).

presentan actualmente costos de producción más bajos que los de hierro maleable; debido principalmente a la utilización de gas en el tratamiento térmico que se requiere para darle maleabilidad.

La fundición nodular ha desplazado al hierro maleable, al acero y a la forja en muchas aplicaciones. Sus propiedades mecánicas son superiores a las del hierro maleable y ligeramente menores que las de la forja. Otra ventaja de la fundición nodular sobre el primero consiste en que no requiere de tratamientos térmicos prolongados que son necesarios para la obtención del hierro maleable. En relación a la forja, en muchos casos el costo de fabricación de la fundición nodular es menor, en virtud del costo del herramental y maquinaria necesaria para producir las piezas forjadas.

En la industria automotriz se ha sustituido la forja por hierro nodular en algunos casos, en piezas críticas como árboles de levas, cigüeñales y masas de rueda. También en otras industrias el hierro nodular ha desplazado al hierro maleable y a la forja como, por ejemplo, en la fabricación de algunos eslabones para cadenas.

La fundición de hierro nodular también se denomina grafiesferoidal por la estructura microscópica de su grafito de nódulos o esferas. Las perspectivas de desarrollo de este material aún están en expansión, en función de los avances tecnológicos, la reducción de costos, el mejor aprovechamiento del magnesio y la eliminación de los tratamientos térmicos, cuando se trate de estructuras ferríticas.

##### 4. ACERO

En la fundición de acero se tienen dos tipos fundamentales: fundición de acero al carbono y fundición de acero aleado.

La diferencia entre los dos tipos de fundición radica esencialmente en la incorporación de elementos de aleación en uno de ellos para mejorar las características de sus productos.

La fundición de acero, en general, tiene su principal aplicación en la fabricación de ciertos bienes

de capital. En México, la industria de la fundición de acero se dedica principalmente a la fabricación de partes de repuesto para maquinaria y a la producción de componentes originales.

Los insumidores más importantes de piezas fundidas de acero son los fabricantes de carros de ferrocarril, de válvulas, de equipo de bombeo y de maquinaria para movimiento de tierra y minería.

## B. Fundición no Ferrosa

### 1. ALUMINIO

Este metal constituye uno de los productos de mayor utilización en la fundición no ferrosa para la fabricación de bienes de capital, ya que se emplea principalmente en la elaboración de partes para interruptores de potencia, algunos conectores, carteros y tapas de válvulas de motores diesel. Además, por sus características de ligereza y resistencia a ciertos desgastes, tiene aplicaciones especiales en motores ligeros, embarcaciones y aeronaves. El aluminio suele alearse con otros metales para mejorar sus características físicas.

La fundición de aluminio puede efectuarse se-

gún diversos tipos de moldeo: en arena, molde permanente o a presión.

### 2. BRONCE

Se denomina bronce a la aleación de cobre con estaño; existen bronce con aleaciones de aluminio, silicio, berilio y cadmio. El bronce fosforado es el que contiene algo de fósforo, adición que mejora sus propiedades físicas. Las aplicaciones del bronce son muy amplias, entre ellas: bronce al manganeso que se emplea en discos de embrague, partes de bomba y vástagos de válvulas. El bronce fosforado se emplea principalmente en bujes, partes para sistemas hidráulicos y aplicaciones químicas.

## C. Técnicas de Producción y Equipos Característicos

### 1. HIERRO GRIS

Las principales técnicas de producción para la fundición de hierro gris se derivan principalmente de la calidad, tamaño máximo por pieza, número de corazones y volumen de producción, de las cuales depende el grado de automatización y el tipo de equipos a emplear. A continuación se describen las secciones relevantes de una fundición:

#### a) Recepción y patio de chatarra

En esta sección se recibe la chatarra, se clasifica por el tipo de material y se almacena. Los equipos principales son grúas viajeras o de otros tipos equipadas con electroimán y básculas de piso; las primeras son empleadas para el manejo de materiales y las segundas para el control tanto de recepción como de carga a los hornos.

#### b) Fusión

En esta sección se efectúa la fusión de la chatarra y otros componentes, que pueden ser de acero, hierro o una combinación de ambos. Para la fusión se pueden emplear distintos tipos de hornos, que se señalan a continuación:

*Horno de cubilote.* Este horno se emplea para la producción de hierro gris y utiliza el coque como energético para la fusión. Se trata del tipo de horno más comúnmente usado en el país, principalmente porque la inversión requerida, los gastos de instalación y el costo de operación son menores que en los otros hornos, aunque en la actualidad ha aumentado la inversión debido al costo adicional del equipo para el control de emisiones. Sin embargo, la operación usual de este horno en México se basa en un alto consumo de chatarra de hierro y coque, que generalmente son de importación.

*Horno de arco eléctrico.* Este tipo de horno es adecuado para la fusión del metal y posterior pro-

cesamiento en un horno de inducción tipo canal; su uso para hierro gris no está difundido en el país.

*Horno de inducción sin núcleo.* Sin lugar a duda, es el horno eléctrico que permite la mejor calidad de metal fundido; la inversión inicial es alta y su costo de operación es mayor que en el cubilote, debido al mayor costo relativo de la energía eléctrica; pero permite la utilización de chatarra de acero, más barata que la de hierro.

*Duplex.* Existe un proceso de fusión llamado duplex que generalmente combina el cubilote con un horno de inducción de tipo canal, a fin de aprovechar el bajo costo de fusión del cubilote y emplear el horno de inducción como horno de retención para controlar la calidad del metal y ajustarlo a las especificaciones. Este proceso es utilizado únicamente por empresas grandes debido al monto de la inversión requerida.

#### c) Moldeo

En esta sección se producen los moldes que le darán la forma al metal fundido. Generalmente éstos son de arena en cajas de metal y sus equipos dependerán del tamaño de las piezas y del volumen que se produzca.

*Moldeo automático.* Este tipo de moldeo se utiliza en la producción de grandes series empleando máquinas que fabrican más de 80 moldes por hora, siendo su aplicación principal en la producción de piezas para la industria automotriz.

*Moldeo semiautomático.* Se emplea para series menores como en la producción de partes de bombas, válvulas, tapas de motor eléctrico y algunas partes de la industria automotriz; el peso máximo por pieza generalmente no excede 180 kilogramos y la inversión es mucho menor que en el proceso anterior. Su uso está difundido dentro de la industria mediana y grande.

*Moldeo mecanizado para piezas grandes.* Este se realiza por medio de inyectores de arena y se emplea para la fabricación de piezas no seriadas de mediano y gran tamaño.

*Moldeo manual.* Se emplea en la mayoría de las empresas pequeñas y consiste en moldear con pisonetas que pueden ser operadas neumáticamente; su inversión es mucho menor que en los procesos anteriores, pero afecta la productividad de la empresa.

Los sistemas anteriores son aplicables para el moldeo con "arena verde", que es el producto más usado en el país.

Existen otros sistemas de moldeo que emplean el método de autofraguado como son los que utilizan resinas y silicatos como aglutinantes. Estos métodos son empleados en la producción de piezas misceláneas, es decir, aquellas que no alcanzan series grandes de producción, y tienen la ventaja de proporcionar un acabado mejor, ahorro de mano de obra y facilidad de moldeo. La inversión inicial no es alta en comparación con otros sistemas de moldeo. Estos son los métodos que se imponen actualmente en los países desarrollados.

#### d) Vaciado

En esta sección se realiza el llenado de los moldes con el metal líquido mediante un cucharón o crisol de vaciado; conviene mencionar que, en algunos casos, el equipo limitante son las grúas de carga, ya que de la capacidad de éstas dependerá el tamaño máximo de la pieza que es posible producir.

#### e) Desmoldeo

En esta sección se separa del molde la pieza fundida ya enfriada. En fundiciones mecanizadas que generalmente corresponden a las empresas medianas y grandes, la separación se realiza por medios mecánicos (vibratorios), en tanto que en las empresas pequeñas esta operación se efectúa manualmente.

#### f) Limpieza

En esta sección se quitan los excedentes de metal (coladas) y la arena adherida a la pieza, empleando para el caso, esmeriles de disco y pendulares, así como sistemas de limpieza por medio de chorro de arena o granalla. Para piezas pequeñas se utilizan tambores rotatorios y para piezas grandes, cabinas.

#### g) Tratamiento térmico

El tratamiento térmico no se aplica a todas las piezas de fundición. En el caso de la fundición gris se aplica únicamente a aquellas piezas que pueden verse afectadas dimensionalmente por una deformación debida a esfuerzos internos del metal. En los casos del hierro maleable y nodular es necesario el tratamiento térmico para darle las características físicas y metalográficas requeridas.

## 2. ACERO

Las técnicas de producción de acero fundido son similares a las empleadas en la producción de hierro gris; la diferencia principal estriba en el equipo de fusión que, generalmente, es el horno eléctrico de arco; únicamente para producciones de aceros especiales o de alta aleación se emplean hornos de inducción sin núcleo.

## 3. BRONCE Y ALUMINIO

Para la producción de bronce o aluminio pueden utilizarse los métodos de moldeo en arena o en molde permanente; sin embargo, existen variantes en el equipo de fusión, donde se emplean crisoles operados con gas u hornos de inducción.

Estos metales también pueden trabajarse por el método de fundición a presión, que consiste esencialmente en el uso de una prensa especial para inyectar el metal fundido en el molde.

## D. Vinculación de la Fundición con la Industria Metalmeccánica

Como se ha mencionado, el sector de la fundición se encuentra ampliamente vinculado con la industria metalmeccánica; después de la placa y de la lámina, el producto de fundición es el insumo más importante en esta industria. El desarrollo de este sector, por tanto, es vital para el abastecimiento adecuado y oportuno de la metalmeccánica.

Los sectores que mayor vinculación tienen con la fundición son:

*Industria automotriz.* Emplea partes fundidas principalmente en el motor, transmisión, diferencial y tambores.

*Industria de válvulas y bombas.* El contenido de fundición empleado en sus productos es superior a 80% dentro del peso total del producto.

*Industria ferroviaria.* Emplea partes fundidas en acero en la fabricación de carros de ferrocarril y para la vía.

*Industria minera.* La fundición abastece de partes para la fabricación y reparación de molinos como son corazas, muelas de quebradora, parrillas, engranes, etc.

*Industria siderúrgica.* Emplea aproximadamente 26 kilogramos de coquilla y 1.30 kg de rodillo de laminación por tonelada de acero producida. Estas cifras pueden variar de acuerdo con la calidad de la fundición y de la operación. La utilización de coquillas está en función de los esfuerzos térmicos originados en los periodos de precalentamiento y enfriamiento. En cuanto a los rodillos, su duración se ve afectada por las características del material a laminar.

*Industria azucarera.* Esta industria requiere de la fundición, principalmente, para los rodillos de los molinos de caña.

Por otra parte, la industria de la fundición guarda una estrecha relación con la industria siderúrgica.

gica, por el hecho de emplear, aunque en menor cantidad, algunos insumos que también utiliza la industria siderúrgica, como son los casos de la chatarra de acero, arrabio y ferroaleaciones, principalmente.

A título ilustrativo, y con objeto de dar una idea de la composición del mercado de la fundición en un país desarrollado, se señalan algunos aspectos de la situación que guardaba hace una década esta industria en Japón. La principal industria usuaria de fundición en dicho país era la fabricación de maquinaria industrial, que absorbía 30% de la producción

total, seguida de la fabricación de moldes, con 25%, y en tercer lugar la industria automotriz, con 16%. Otros destinos tenían menor importancia, por ejemplo, los rodillos de laminación, maquinaria textil, equipo eléctrico y barcos, cada uno con aproximadamente 3.5%, mientras que los bienes de consumo sólo requerían 2.5%.

Puede observarse la notable discrepancia entre la producción de fundición y la estructura de la demanda nacional que se examina posteriormente en este documento.

## IV. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS

### A. Número de Empresas y Volumen de la Producción

La industria nacional de la fundición ferrosa la integran aproximadamente 500 empresas, de las cuales 15 producen piezas moldeadas de acero. Por lo que respecta a la fundición no ferrosa, aproximadamente 100 empresas instaladas en el país se dedican principalmente a la fundición de bronce y aluminio.

La producción de piezas de fundición de hierro en 1976 fue del orden de 453 000 toneladas de piezas limpias. Debe señalarse que 15 empresas fabrican 50% del volumen total. La producción de la fundición de acero ascendió a cerca de 150 000 toneladas; en este caso siete empresas participaron con casi 90% del volumen total.

Clasificando a las empresas de acuerdo a su capacidad de producción, se tienen:

*Empresas grandes*, aquellas cuya producción es superior a 5 000 toneladas por año.

*Empresas medianas*, aquellas con producción de 1 000 a 5 000 toneladas anuales.

*Empresas pequeñas*, aquellas con producción menor a 1 000 toneladas por año.

La estructura productiva del sector de acuerdo con esta clasificación se muestra en el cuadro 10, en el que se aprecia que las empresas grandes (19, o sea 4% del número total) cubren 90% de la producción de acero y 55.4% de la producción de hierro.

Las empresas medianas (43, o sea 8.5% del total) aportan 10% de la producción de acero y 23.4% del volumen total de hierro gris y nodular.

Las empresas pequeñas (438 aproximadamente) elaboran 21.2% de la producción de hierro gris.

El valor de las ventas de la industria de la fundición de hierro y acero en su conjunto se estima que en 1976 fue del orden de 11 070 millones de pesos y se proporcionó empleo a 40 000 personas aproximadamente. Es de notar que cerca de 25% del valor de ventas estimado correspondió a producción cautiva, que, por lo tanto, no suele registrarse estadísticamente como venta de fundición.

Cuadro 10

#### MEXICO: ESTRUCTURA PRODUCTIVA DE LAS FUNDICIONES FERROSAS, 1976<sup>1</sup>

Empresas	Número de empresas	%	Participación en la producción total %	
			Hierro	Acero
TOTAL	500	100.0	100.0	100.0
Grandes	19	4.0	55.4	90.0
Medianas	43	8.5	23.4	10.0
Pequeñas	438	87.5	21.2	—

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

### B. Localización

En el Distrito Federal y su periferia se encuentran instaladas 62% de las empresas dedicadas a la fundición, que aportan 45% de la producción total del país, o sea 269 600 toneladas; 93 000 toneladas corresponden a acero fundido, que representan 62% de la producción total de este metal. Así, en el Distrito Federal y su periferia, según se indica en el cuadro 11, se localizan 42% de las empresas grandes y 63% de las medianas. Es decir, la mayor capacidad de producción de partes de fundición se encuentra concentrada en esa zona.

En el área formada por Monterrey y Coahuila 85 plantas que representan 17% del total de las empresas dedicadas a este ramo contribuyen con 35% de la producción nacional (208 800 toneladas). De estas empresas, seis son grandes y cubren 29% de la producción (176 000 toneladas), cuatro empresas medianas produjeron en 1976, 16 400 toneladas. Las empresas más destacadas en esta zona se dedican a la producción de partes para bienes de capital como son: rodillos de laminación para la industria siderúrgica, granalla, partes de compresores,

Cuadro 11

MEXICO: DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS PLANTAS DE FUNDICION FERROSA, 1976<sup>1</sup>

Concepto	Empresas			
	Total	Grandes	Medianas	Pequeñas
<b>TOTAL<sup>2</sup></b>				
Número de empresas	500	19	43	438
Producción (toneladas)	603 300	386 300	121 000	96 000
<i>Distrito Federal</i>				
Número de empresas	310	8	27	275
Producción (toneladas)	269 600	141 000	68 300	60 300
<i>Monterrey y Coahuila</i>				
Número de empresas	85	6	4	75
Producción (toneladas)	208 800	176 000	16 400	16 400
<i>Guadalajara</i>				
Número de empresas	30	—	5	25
Producción (toneladas)	20 700	—	15 200	5 500
<i>Otras regiones</i>				
Número de empresas	75	5	7	63
Producción (toneladas)	104 200	69 300	21 100	13 800
<i>Distribución porcentual de empresas por regiones:</i>				
Total de empresas	100.0	100.0	100.0	100.0
Distrito Federal	62.0	42.1	62.8	62.8
Monterrey y Coahuila	17.0	31.6	9.3	17.1
Guadalajara	6.0	—	11.6	5.7
Otras regiones	15.0	26.3	16.3	14.4

<sup>1</sup> Incluye hierro y acero.

<sup>2</sup> En orden de importancia, el Distrito Federal contribuye con 45% de la producción de fundición ferrosa del país; el área de Monterrey y Coahuila genera aproximadamente 35%; Guadalajara participa sólo con 3% y otras regiones cubren el 17% restante.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

bombas, partes de máquinas para moldear vidrio, moldes para las mismas, etc. También en esa zona se localiza la fundición mecanizada más grande del país, dedicada a producir partes para la industria automotriz.

En Guadalajara no se encuentra instalada ninguna fundición grande, pero existen cinco empresas medianas: dos trabajan exclusivamente partes

para la industria automotriz y el resto se dedica principalmente a partes para la industria azucarera. Las pequeñas fundiciones instaladas en esta zona proveen de partes a otras industrias locales.

Otras 75 empresas se encuentran diseminadas en el resto del país; las cinco mayores aportaron 11% de la producción generada en 1976.

### C. Integración a Agrupaciones Industriales

Aproximadamente 42% de las empresas grandes están integradas a consorcios industriales de significativa importancia económica para el país, lo que suele originar que estas fundiciones se especialicen en los productos fabricados por las agrupaciones. El resto corresponde a fundiciones con capital privado que trabajan en forma independiente y pueden dedicarse a piezas para la industria metal-

mecánica nacional, en una mayor gama de productos.

Por lo que toca a las fundiciones medianas y pequeñas, en general no pertenecen a consorcios o agrupaciones grandes. No obstante, algunas forman parte de una industria integrada con fundición propia, lo que les permite estar en posibilidad de fundir piezas para otras industrias o simplemente trabajar para autoconsumo.

Cuadro 12

MEXICO: CARACTERISTICAS DE LAS FUNDICIONES CON CAPACIDAD DE PRODUCCION SUPERIOR  
A 5 000 TONELADAS POR AÑO, 1976<sup>1</sup>

Empresas	Localización	Producción (miles de toneladas)	Material				Productos	Peso máximo de fundición (toneladas)
			Hierro gris	Hierro nodular	Hierro maleable	Acero		
TOTAL		379.3 <sup>2</sup>						
Fundiciones de Hierro y Acero, S. A.	Distrito Federal	35.0	X			X	Partes de repuesto para minería, cemento, química y siderurgia Ruedas de ferrocarril	10
Fundidora de Aceros Tepeyac, S. A.	.. ..	35.0	X			X	Partes para las industrias ferro- carrilera, construcción, siderúr- gica y valvulera principalmente	20
Acero Solar, S. A.	.. ..	13.0				X	Partes para la industria minera, azucarera, fabricantes de bom- bas, etc.	5
Amsco Mexicana, S. A.	.. ..	6.0				X	Industria minera principalmente	2.5
Campos Hermanos, S. A.	.. ..	6.0	X				Herramientas de mano y partes automotrices	0.1
Ford Motor Company, S. A.	.. ..	25.0	X				Partes automotrices	Autoconsumo
Fundiciones Ruiz, S. A.	.. ..	12.0	X				Ccladeras y conexiones	2
Auto Manufacturas, S. A.	.. ..	6.0		X			Industria automotriz	0.05
<i>Subtotal Distrito Federal</i>		138.0						
Fabricación de Máquinas, S. A.	Monterrey	25.0	X	X			Partes para compresores, bom- bas, motores eléctricos, etc. Fundición de partes para auto- consumo en la fabricación de máquinas para producir botellas	45% autoconsumo
Talleres Universales (HYLSA, División Fundición)	..	22.0		X		X	Partes de bombas, válvulas y par- tes para implementos agrícolas Cuerpos de válvulas	
Talleres Industriales, S. A.	..	12.0	X				Tubo de hierro centrifugado y co- nexiones, ferretería y molinos de granos	0.07

Empresas	Localización	Producción (miles de toneladas)	Material				Productos	Peso máximo de fundición (toneladas)
			Hierro gris	Hierro nodular	Hierro maleable	Acero		
Fundición BAFSA	Monterrey	7.0	X				Contrapesos, ollas de escoria, bolas para molino	20
Fundición Monclova, S. A.	Monclova	53.0	X	X		X	Rodillos de laminación, granalla y piezas varias	10 y 40 <sup>3</sup>
Cia. Fundidora del Norte, S. A.	Saltillo	55.0	X	X	X		Partes automotrices, conexiones y accesorios eléctricos	0.02
<i>Subtotal Monterrey y Coahuila</i>		174.0						
Siderúrgica Nacional, S. A.	Hidalgo	30.5	X			X	Partes para fabricación de equipo ferroviario, partes automotrices	5
Talleres y Fundición Maestranza	..	6.0	X				Bancadas para tornos y partes para la industria minera	2
<i>Subtotal Hidalgo</i>		36.5						
Auto Manufacturas, S. A.	Puebla	6.0	X	X			Partes automotrices	0.16
General Motors de México, S. A. de C. V.	Toluca	18.0	X				Partes automotrices	Autoconsumo
Metalver, S. A.	Veracruz	6.8	X			X	Lingoteras y piezas varias	90% autoconsumo
<i>Subtotal otras</i>		30.8						

<sup>1</sup> Cifras estimadas. <sup>2</sup> Para algunas empresas en que no se especifica la producción de hierro, se estima en alrededor de 7 000 ton. <sup>3</sup> 10 toneladas de acero y 40 toneladas de hierro gris y nodular.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 13  
MEXICO: CARACTERISTICAS DE LAS FUNDICIONES CON CAPACIDAD DE PRODUCCION ENTRE 1 000 Y 5 000 TONELADAS POR AÑO, 1976 <sup>1</sup>

Empresas	Localización	Producción (miles de toneladas)	Material	Productos	Peso máximo de fundición (toneladas)
<b>TOTAL</b>		106.0 <sup>2</sup>			
Lamanin, S. A. de C. V.	Distrito Federal	3.0	Hierro gris y nodular	Partes para compresores y motores	2
Fundición La Mexicana	.. ..	2.4	Hierro gris	Sistemas de riego, marítimo, tubería y conexiones	2
Magnaval, S. A. de C. V. (Stockham)	.. ..	3.0	Hierro gris	Válvulas	
Fundición Nardo, S. A.	.. ..	2.4	Hierro gris	Alcantarillado y piezas varias	
Fundidora Panamericana, S. A.	.. ..	3.0	Hierro gris	Piezas varias	
Maquinaria y Fundición, ABC, S. A.	.. ..	3.0	Hierro gris	Automotriz y varios	
Vaciados Industriales, S. A.	.. ..	1.2	Hierro gris	Piezas varias	
Industrial Blaju, S. A.	.. ..	2.0	Hierro gris	Poleas y piezas varias	
Nodu Mex. S. A.	.. ..	3.0	Hierro nodular	Industria automotriz (tambores para freno)	
American Foundry de México, S. A.	.. ..	2.4	Hierro gris	Piezas automotrices y bombas	

Empresas	Localización	Producción (miles de toneladas)	Material	Productos	Peso máximo de fundición (toneladas)
Consorcio Industrial, S. A.	Distrito Federal	3.6	Hierro gris	Partes para la industria azucarera (rodillos y piezas varias)	5
Fundidora Cuautitlán	" "	1.8	Hierro gris	Piezas varias	
Industrias Memper, S. A.	" "	4.0	Hierro gris	Piezas varias	
San Bar. S. A.	" "	2.6	Hierro gris	Molinos de granos	
Manufacturera Fairbanks Morse, S. A.	" "	2.0	Hierro gris	Partes para bombas de agua	
Industrias Fontana, S. A.	" "	1.7	Hierro gris	Partes para bombas de agua	
Menite Metal de México, S. A.	" "	2.0	Hierro gris	Industria automotriz	
Fundición Volcán	" "	4.0	Hierro gris	Piezas varias	
Liberty Mexicana, S. A. de C. V.	" "	2.0	Hierro gris	Partes para máquinas de coser	Autoconsumo
Fundiciones Mecánicas, S. A.	" "	2.0	Hierro gris	Partes varias	
MYMACO, S. A. de C. V.	" "	2.0	Hierro gris	Partes varias	
Fundición Pantitlán, S. A.	" "	2.0	Hierro gris	Partes varias	
Maquinaria Automotriz Celorio	" "	1.5	Hierro gris	Automotriz	
Sealed Power de México, S. A. de C. V.	" "	1.3	Hierro gris	Anillos automotrices	Autoconsumo
Fundición Vintanelli, S. A.	" "	1.2	Hierro gris	Piezas varias	
Fundición Industrial	" "	1.0	Hierro gris	Piezas varias	
Fundición Lerc	" "	1.2	Hierro gris	Camisas automotrices	Autoconsumo
<i>Subtotal Distrito Federal</i>		61.3			
Fundidora Sogema, S. A. de C. V.	Monterrey	4.2	Hierro gris y nodular	Partes para la industria automotriz, química, eléctrica, etc.	
Fundidores Nacionales, S. A.	"	2.2	Hierro gris	Partes para compresor, motor eléctrico y cuerpos de válvulas	
Jacuzzi Universal, S. A.	"	3.0	Hierro gris	Partes para bombas, motores y compresores	Autoconsumo
CAMISA	"	3.0	Hierro gris	Camisas automotrices	Autoconsumo
<i>Subtotal Monterrey</i>		12.4			
Taller Tatay, S. A.	Guadalajara	3.0	Hierro gris	Rodillos para la industria azucarera	Autoconsumo
Talleres Pok, S. A.	"	3.0	Hierro gris	Rodillos para la industria azucarera	Autoconsumo
Productora de Hierro Maleable, S. A.	"	2.0	Hierro maleable	Partes automotrices	
Webb de México, S. A.	"	1.2	Hierro nodular	Partes automotrices (tambores)	Autoconsumo
Fundidora de Occidente, S. A.	"	4.0	Hierro gris	Partes varias	
<i>Subtotal Guadalajara</i>		13.2			
Hierro y Acero de La Laguna	Torreón	2.0	Hierro gris	Bancadas para tornos, partes para bombas y piezas varias	70% autoconsumo
Valvulas Pacific, S. A.	"	3.0	Hierro gris	Valvulas	Autoconsumo
Singer Mexicana, S. A. de C. V.	Querétaro	2.5	Hierro gris	Partes para máquinas de coser	Autoconsumo
Fundición La Concepción, S. A.	Puebla	2.0	Hierro gris	Implementos agrícolas	
Fundición El Carmen, S. A.	"	3.6	Hierro gris	Partes varias	
Volkswagen de México, S. A. de C. V.	"	3.0	Hierro gris	Partes automotrices	Autoconsumo
Industrias Unidas, S. A.	Edo. de México	3.0	Hierro nodular	Partes para aisladores eléctricos	Autoconsumo
<i>Subtotal otras</i>		19.1			

1 Cifras estimadas. 2 No se especifican las fundiciones que producen acero.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## D. Empresas Productoras en el Sector Fundición

Cuadro 14

### MEXICO: PRINCIPALES CARACTERISTICAS ECONOMICAS DE LAS FUNDICIONES, POR TAMAÑO, 1976<sup>1</sup>

Empresas	Producción (miles de toneladas de piezas limpias)	Ventas (millones de pesos)	Número de empleados	Salarios <sup>2</sup> (millones de pesos)
TOTAL	603 <sup>3</sup>	11 070	38 491	1 940
Fundición de hierro	453 <sup>3</sup>	7 770	34 341	1 679
Grandes	251	4 518	9 840	619
Medianas	106	1 908	4 501	260
Pequeñas	96	1 344	20 000	800
Fundición de acero	150	3 300	4 150	261

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

<sup>2</sup> Excluye prestaciones.

<sup>3</sup> Excluye alrededor de 50 000 toneladas de lingoteras que representan cerca de la mitad de esta producción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

La mezcla de productos es muy diversa en el sector fundición. Comprende desde coladeras y planchas domésticas de carbón hasta piezas complejas, como pueden ser cuerpos de bombas o monoblocks para motores diesel. Por esta razón, existen fundiciones medianas y grandes que proveen piezas de alta calidad en volúmenes considerables y fundiciones pequeñas que, por lo general, carecen de estas características en sus productos. Con base en la clasificación de las empresas en grandes, medianas y pequeñas, de los cuadros 12, 13 y 14, se describen las características sobresalientes en cuanto a tecnología, líneas de producción, personal ocupado, etc. Se señalan a continuación en forma global los rasgos más notables de cada grupo:

#### 1. EMPRESAS GRANDES

De las 19 empresas grandes, 17 se dedican a la producción de hierro y en 1976 generaron 251 000 toneladas de hierro gris, nodular, maleable y aleado, proporcionando empleo a cerca de 10 000 personas, con una productividad promedio de 25.5 toneladas-hombre por año. Esta cifra se considera un poco baja en relación a la productividad media del orden de 50 toneladas-hombre por año para nuevos proyectos, registrada en algunos países industrializados de Europa.

Los productos de estas empresas se destinan principalmente a las industrias automotriz, minera, de implementos agrícolas, azucarera, petrolera y otras de transformación. Estas industrias requieren de un alto grado de calidad en cuanto a su composición química, estructura metalográfica, acabado superficial y dimensionalidad de las partes fundidas.

El tamaño, peso y complejidad de las piezas son muy variados, pero se puede decir que en este grupo existen empresas que poseen los elementos técnicos y equipos para fabricar cualquier tipo de pieza hasta 40 toneladas de peso y, además, cuentan con los elementos necesarios para el control de calidad adecuado. En el cuadro 15 se presenta información adicional sobre su capacidad para producir grandes piezas.

#### 2. EMPRESAS MEDIANAS

Las 43 empresas medianas consideradas en este trabajo produjeron 106 000 toneladas de piezas limpias de hierro en 1976, ocupando para su producción aproximadamente 4 500 personas, cuya productividad promedio fue de 23.6 toneladas-hombre por año. La productividad es inferior a la obtenida por las empresas grandes, debido fundamentalmente a una menor mecanización y a que se realizan series más pequeñas de producción.

Los productos de este grupo de empresas se destinan principalmente a las industrias de transformación, automotriz, minera, refacciones de maquinaria y equipo, piezas para motores y bombas, conexiones y elementos de tubería sanitaria y válvulas. Por la naturaleza de la producción de este grupo, no siempre se fabrican piezas que cumplan con especificaciones estrictas.

Cuadro 15

### MEXICO: DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE PIEZAS DE FUNDICION SEGUN PESO

Capacidad en peso máximo (toneladas)	Número de empresas <sup>1</sup>	Número de piezas producidas por año <sup>2</sup>	Tipo de piezas
Más de 20	2	6 - 8	Ollas de escoria
10 - 20	3	10 000	Ollas de escoria, lingoteras
5 - 10	5	2 000	Rodillos de laminación, rodillos para molinos de caña, partes para molinos, quebradoras de mineral, cucharas para draga, etc.
2 - 5	11	1 500	Rodillos para molinos de caña, rodillos de laminación, partes para molinos y quebradoras de mineral, contrapesos, etc.
0.3 - 2	18	100 000	Válvulas, bombas, partes para carros de ferrocarril, partes de maquinaria, etc.

<sup>1</sup> Las empresas de los rangos inferiores incluyen en algunos casos a las que tienen capacidad de grandes piezas.

<sup>2</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Las instalaciones de las empresas incluyen algunas anticuadas e ineficientes y hasta plantas modernas debidamente equipadas, que permiten una producción de calidad con productividad adecuada. El incremento de producción de estas empresas se logra por el aumento de su productividad mediante el mejoramiento de sus procesos, técnicas y equipo. Puede decirse que entre empresas grandes y medianas, se obtiene un cierto grado de complementación en cuanto a tamaño de lotes y mezcla de productos.

### 3. EMPRESAS PEQUEÑAS

Las 438 empresas pequeñas produjeron en 1976 alrededor de 96 000 toneladas de piezas limpias de hierro gris, proporcionando empleo a 20 000 personas. Resulta con ello una productividad promedio de 4.8 toneladas-hombre por año, debido a que muchas de ellas sólo operan eventualmente.

La producción de estas empresas cubre, por lo general, las necesidades esporádicas de piezas para el mantenimiento de equipo y maquinaria. También surte de piezas fundidas para servicios e instalaciones sanitarias y maquila piezas sencillas como son: carcazas de bombas de uso doméstico, molinos de granos, partes automotrices sencillas, etc. Este grupo cubre la demanda de piezas que requieren poco control de calidad; sus instalaciones y técnicas de trabajo suelen ser obsoletas y emplean una mayor proporción de mano de obra, pero lamentablemente en base a prácticas empíricas. Estas condiciones explican su baja productividad aunada a la carencia de laboratorios de control de calidad.

En lo referente a recursos humanos, puede señalarse que por el bajo volumen de ventas y altos costos de operación, las empresas pequeñas no emplean técnicos ni obreros de alta calificación,

estando integrado su personal, consecuentemente, por operarios de elevada capacidad física pero de escasos recursos técnicos.

### 4. EMPRESAS PRODUCTORAS DE PIEZAS DE ACERO

Se separa este grupo del restante de empresas, por presentar características diferentes al conjunto de las de fundición ferrosa.

La producción de piezas de acero en 1976 fue del orden de 150 000 toneladas de piezas limpias y se emplearon 4 150 personas. La productividad promedio fue de 36.1 toneladas-hombre por año (cuadro 14).

La producción de estas empresas se destina principalmente a satisfacer la demanda de las industrias petrolera, minera, de la construcción, siderúrgica, ferrocarriles y transporte pesado. Por lo general, la producción de acero en México se efectúa bajo normas estrictas de calidad en lo que se refiere a su composición química, estructura metalográfica, propiedades físicas y dimensionalidad; para tal efecto, esta industria cuenta con técnicas modernas de fabricación y estrictos controles de calidad desde las materias primas hasta la inspección final del producto terminado. Los niveles de calidad obtenidos por este grupo de empresas son equiparables a los de calidad internacional.

En la mayoría de los casos, las empresas cuentan con asesoría técnica extranjera por la cual se pagan regalías usualmente de 3% del valor de las ventas.

En cuanto a sus equipos, están formados por hornos de arco o de inducción, sistemas de moldeo semiautomático y de piso; en términos generales, sus prácticas de operación son modernas.

## E. Características de Producción

### 1. FUNDICIONES GRANDES

#### a) *Equipo de fusión*

El 20% de las fundiciones grandes emplea únicamente cubilote, el 40% el sistema duplex constituido por cubilote y horno eléctrico, el 15% hornos por inducción y el 25% utiliza únicamente horno de arco. Este grupo de fundiciones tiene instalados 33 cubilotes con una capacidad total de fusión de 142 toneladas por hora, lo que da una capacidad promedio de fusión en cubilote de 4.3 toneladas por hora. Asimismo, cuenta con 25 hornos de arco con capacidad total de fusión de 137 toneladas, lo que da una capacidad promedio en horno de 5.5 toneladas por hora.

Por lo que respecta a los hornos de inducción, este grupo tiene instalados 36, con una capacidad instalada de fusión de 150 toneladas y una capacidad promedio de 4.16 toneladas por horno.

Algunas de estas empresas tienen cubilotes modernos de más de 10 toneladas-hora equipados

con precalentadores de aire, enfriamiento para agua y demás accesorios, que les permiten una mayor eficiencia en su operación.

#### b) *Sistema de moldeo*

El 85% de las fundiciones grandes tiene instalados sistemas mecanizados de moldeo constituidos por equipos automáticos de moldeo de alta producción para los que producen grandes series, o bien, formados por sistemas de moldeo en piso de alta producción, empleando inyectores de arena; y el resto de las plantas utiliza sistemas de moldeo semiautomático o moldeo manual.

#### c) *Control de calidad*

El 70% de este grupo de fundiciones mantiene buen control de calidad por medio de laboratorios metalográficos, químicos y físicos bien equipados; y el restante (30%) no cuenta con equipo adecuado para un buen control de calidad.

d) *Peso máximo por pieza*

El 55% de estas fundiciones puede producir piezas con peso mayor a 500 kilogramos mientras que el 45% produce sólo piezas menores a 500 kilogramos.

e) *Utilización de la planta*

El criterio considerado para definir el porcentaje de utilización de la capacidad consiste en tomar como 100% el uso máximo posible de capacidad de planta.<sup>1</sup> El grupo de fundiciones grandes muestra 76% como promedio de utilización de capacidad de planta, nivel que se alcanza debido a que estas fundiciones por lo general trabajan únicamente dos turnos, con excepción de dos empresas que trabajan tres turnos, a fin de aprovechar al máximo su capacidad instalada.

## 2. FUNDICIONES MEDIANAS

a) *Equipo de fusión*

El 74% de las fundiciones medianas emplea únicamente cubilotes, el 13% hornos de inducción, el 9% el proceso duplex de cubilote y el 4% utiliza hornos de arco. El grupo de fundiciones medianas tiene instalados 71 cubilotes con una capacidad total de fusión de 164 toneladas por hora, lo que da una capacidad promedio por cubilote de 2.3 toneladas por hora. Cuenta con sólo dos hornos de arco, de baja capacidad (0.45 toneladas cada uno). Los hornos de inducción en este grupo ascienden a 23 unidades con una capacidad total de 20 toneladas y una capacidad promedio por horno de poco menos de una tonelada.

Por las cifras indicadas, se observa que este grupo emplea principalmente como equipo de fusión el cubilote y que el equipo es de menor capacidad que el empleado por el grupo de empresas grandes.

b) *Sistema de moldeo*

El 56% de este grupo emplea sistemas de moldeo mecanizado y el resto recurre al moldeo por medio de pisonetas, denominado también manual.

c) *Control de calidad*

En las fundiciones medianas se nota la carencia de equipo adecuado para el control de calidad; sólo 26% de las empresas tiene un control de calidad aceptable.

d) *Peso máximo por pieza*

Únicamente 15% de este grupo puede producir piezas con peso superior a 500 kilogramos; otro 34% fabrica piezas con peso unitario entre 100 y 500 kilogramos. La mayor parte (51%) produce piezas menores de 100 kilogramos con una pequeña extensión de algunas de ellas a piezas menores de 500 kilogramos y en su mayoría con escaso control de calidad.

e) *Utilización de la planta*

En las fundiciones medianas el promedio de utilización de la planta es de 66%.

Esto se debe a que algunas fundiciones trabajan tres turnos y otras dos turnos y medio, de acuerdo con el equipo empleado, capacidad y ventas.

## 3. FUNDICIONES PEQUEÑAS

a) *Equipo de fusión*

Casi la totalidad de las fundiciones pequeñas emplea cubilotes hechos en su mayoría localmente, de baja capacidad y eficiencia. Además, no cuentan con equipos para el control de la contaminación.

b) *Sistema de moldeo*

Estas fundiciones moldean por lo general con arena verde, empleando martillos neumáticos o máquinas de moldeo por presión y sacudida, cuyas edades casi siempre van más allá de los 20 años.

c) *Control de calidad*

Las fundiciones de este grupo carecen en su mayoría de elementos adecuados para el control de calidad; algunas cuentan únicamente con el determinador instantáneo de carbón equivalente.

d) *Peso máximo por pieza*

Como se mencionó anteriormente, las fundiciones pequeñas producen piezas sencillas cuyo peso unitario pocas veces excede 200 kilogramos.

e) *Utilización de la planta*

Las fundiciones de este grupo hacen una utilización muy baja de la capacidad de la planta; por lo general laboran uno o uno y medio turnos por día, en virtud de las condiciones de trabajo y sus reducidos volúmenes de venta.

## F. Características de la Inversión

Del análisis de varios proyectos elaborados en los últimos años, se obtuvo el coeficiente de inver-

<sup>1</sup> Calculada a tres turnos de trabajo y seis días a la semana.

sión característico por tonelada de capacidad anual instalada, para los diferentes tipos de fundición en el país:

Tipo de fundición	Inversión por tonelada de capacidad instalada (dólares)
<i>Fundiciones grandes</i>	
Producción mixta de hierro y acero, capacidad superior a 10 000 toneladas por año en dos turnos, con producción no seriada (miscelánea), equipo de alta producción y laboratorio de control de calidad	680
Producción de grandes series, con equipo automático de alta producción, peso máximo de metal por molde de 300 kg, producción en tres turnos superior a 15 000 toneladas por año	980
Producción de hierro o acero, con capacidad superior a 5 000 toneladas por año en dos turnos, con producción no seriada (miscelánea), sin equipo de alta producción y equipo limitado de control de calidad	520
Incrementos de capacidad instalada por medio de ampliaciones, hasta 50% de la capacidad existente	280
<i>Fundiciones medianas</i>	
Producción de hierro gris, en máquinas semiautomáticas de moldeo o inyector de arena, con adecuado control de calidad y producción hasta 5 000 toneladas en dos turnos	520
Producción de hierro gris, con equipo de baja producción intensivo en mano de obra y escaso control de calidad	360
<i>Fundiciones pequeñas</i>	
Producción en hierro gris, con equipo de baja producción intensivo en mano de obra y escaso control de calidad	360
Producción en hierro gris, con moldeo manual y equipo improvisado y control de calidad nulo	240

El coeficiente de inversión por persona ocupada varía de acuerdo con el tipo de fundición de la siguiente manera:

Tipo de fundición	Inversión por persona ocupada (miles de dólares)
Fundición grande con piezas misceláneas	24.0
Fundición grande con producción de grandes series	64.0
Fundición mediana con máquinas semiautomáticas de moldeo	13.6

Con respecto a la edad de las plantas, se encontró que 90% de las empresas grandes tiene entre 10 y 20 años, habiendo realizado ampliaciones constantes a lo largo del periodo. En cuanto a las empresas medianas, 35% muestra edades entre 1 y 10 años, 60% entre 10 y 20 años y 5% mayores a 20 años. Por lo que respecta a las empresas pequeñas, 40% tiene edades entre 1 y 10 años, 50% entre 10 y 20 años y 10% mayores de 20 años.

Puede apreciarse que en los últimos 10 años no se han instalado fundiciones grandes, aunque éstas han crecido merced a ampliaciones sucesivas con el fin de seguir conservando su posición relativa en el mercado de los productos que fabrican. Buena parte de las fundiciones medianas se instalaron en el periodo de 1966 a la fecha, y en su mayoría dependen de las empresas fabricantes de productos finales que requieren fundición como insumo de importancia; algo similar ocurre con muchas fundiciones pequeñas.

Por otra parte, si se considera que la producción de la industria de fundición creció a una tasa media anual de 16% con base en los coeficientes de inversión indicados, se estima que las necesidades de inversión para la industria son del orden de 28 a 30 millones de dólares al año. Las importaciones anuales de maquinaria para fundición son del orden de 15 millones de dólares.

## G. Insumos

### 1. FUNDICIÓN DE HIERRO

La producción de hierro en 1976, ascendió a cerca de 453 000 toneladas de piezas limpias, lo que indica que esta industria empleó aproximadamente 825 000 toneladas de metal líquido.

Para vaciar esta cantidad de metal y tomando como base el tipo de carga que se utiliza en la industria de la fundición en México, fueron necesarias 120 000 toneladas correspondieron a chatarra de circulación o de retorno y 495 000 toneladas de chatarra comprada, de las cuales aproximadamente 120 000 toneladas correspondieron a chatarra de acero y las restantes 375 000 a chatarra de hierro. Debido a la escasez nacional de arrabio para fundición y a su alto costo de importación, el uso de este metal en México es escaso y únicamente se emplea en los casos donde es inevitable hacerlo.<sup>5</sup> Por lo que respecta a los energéticos, el consumo de coque en esta industria en 1976 alcanzó 100 000

toneladas, mientras que la energía eléctrica empleada únicamente para la fusión del metal representó un consumo de 135 millones de KWH.

### 2. FUNDICIÓN DE ACERO

La producción de piezas limpias fundidas en acero (al carbono y aleado) en 1976 llegó a 150 000 toneladas, que representan la producción de 300 000 toneladas de metal líquido. Para ello, se requirieron 150 000 toneladas de chatarra de acero y alrededor de 5 000 toneladas de ferroaleaciones. Para fundir este metal se consumieron aproximadamente 202 millones de KWH.

### 3. DISPONIBILIDAD NACIONAL DE INSUMOS

#### a) Chatarra de hierro

Como consecuencia de la naturaleza de las instalaciones, la escasez de equipo de control sobre la calidad del metal, la baja disponibilidad de arrabio a precios razonables y la ausencia de una tec-

<sup>5</sup> Fabricación de hierro nodular empleando cubilote.

nología que permita variar los contenidos de las cargas de acuerdo con los precios y la disponibilidad de los insumos en el mercado, la mayoría de las fundiciones en el país emplean como insumo principal la chatarra automotriz grado 1, compuesta principalmente por monoblocks automotrices.

Los fundidores nacionales prefieren la chatarra de monoblocks para alimentar sus cubilotes, debido a las estrictas especificaciones de la industria automotriz que exigen una composición química constante y un control preciso del contenido de elementos como el azufre y los residuales. De esta manera, algunos fundidores nacionales tratan de obtener un producto final con una composición química parecida a la chatarra empleada, con objeto de ahorrar la inversión en laboratorios para el control de la composición química del producto, así como el costo del personal técnico necesario. Sin embargo, el resultado final, por lo general, no se adapta a las especificaciones necesarias que algunos productos deben tener.

En contraste con esa práctica deficiente de algunas fundiciones, en los países industrializados se emplean cubilotes altamente tecnificados, con sople de aire caliente y en algunos casos con inyección de oxígeno y enfriamiento por agua, lo que permite emplear cargas más económicas, como pueden ser chatarra de acero o una combinación de chatarra de acero y arrabio, éste último para obtener metales de alta calidad y con la composición química controlada. De esta manera, se obtienen piezas de calidad y alto valor comercial y a costos menores por usar insumos de menor precio, por el ahorro de energéticos en la fusión. El empleo de este tipo de cubilotes requiere una inversión inicial mayor y es aplicable únicamente a escalas de producción mayores a 5 000 toneladas anuales.

En México, la producción de motores es relativamente pequeña, además de que los monoblocks automotrices tienen un largo ciclo de vida promedio, y si a estos factores se suma la falta de mecanismos adecuados para la recolección de chatarra, resulta que la disponibilidad nacional de este tipo de chatarra es insuficiente para cubrir la demanda de la industria fundidora de hierro gris.

Se estima que en 1976 aproximadamente 100 000 (27%) de las 375 000 toneladas de chatarra de hierro gris que la industria de la fundición requirió, fueron de origen nacional y 275 000 toneladas (73%) se importaron de Estados Unidos, que es el principal exportador mundial de este producto.

El precio promedio de la chatarra de hierro gris puesta en planta era, antes de septiembre de 1976, de \$ 2 300.00 (equivalente a 184 dólares norteamericanos), valor que a precios actuales en moneda nacional, por ser producto de importación en su mayoría, se ha incrementado casi al doble. Este aumento de precios origina alzas considerables en los costos de producción y afecta los precios de venta de piezas fundidas así como los costos en las industrias terminales.

La situación de la chatarra de hierro gris representa un problema serio para el país, ya que cada vez será mayor la necesidad de chatarra im-

portada, debido al crecimiento de la fundición y a la insuficiencia de chatarra nacional de este tipo. Además, la industria de la fundición, en el corto y mediano plazo, no podrá cambiar sus instalaciones productivas de manera que le permitan usar chatarra de acero, debido fundamentalmente a las inversiones que se requieren. Por otra parte, las importaciones de chatarra de hierro afectan la balanza de pagos, por lo que, será necesario sustituir este insumo por arrabio de origen nacional. La situación mundial de la chatarra de hierro, en cuanto a disponibilidad y precio, hace pensar también en la necesidad de producir arrabio para la fundición en el país.

#### b) Arrabio para fundición

La producción interna de arrabio deberá atender las necesidades del mercado nacional de este insumo para la fundición y liberarlo parcialmente de fuertes fluctuaciones especulativas que se han dado en otros insumos alternativos.

Aceptando como solución necesaria la producción en el país de arrabio para la fundición de hierro gris, a continuación se presentan algunas alternativas que será necesario evaluar convenientemente, con el propósito de determinar la más adecuada; de manera general estas alternativas resolverían el problema desde el punto de vista técnico:

— *Alto horno de gran capacidad.* La alternativa más económica consistiría en producir arrabio por medio de un alto horno para la capacidad requerida en México durante el periodo que se estime conveniente. Al respecto, no existe en la actualidad ningún alto horno con suficiente capacidad que se encuentre disponible en las instalaciones existentes, y la creciente demanda de productos siderúrgicos obliga a una mayor utilización.

La instalación de un horno completamente nuevo requiere instalaciones propias para coquización, facilidades para abastecimiento de mineral y carbón, instalaciones de servicios, en especial transporte, energía eléctrica, gas, agua, etc.

La instalación completa de una planta de este tipo tomaría alrededor de cuatro años, además de que el monto de la inversión sería elevado. Por otra parte, se obtendría una centralización y escala de interés en la producción de dicha materia prima. Como se observa, esta alternativa debe considerarse como conveniente a mediano plazo, quedando la industria fundidora sin solución integral al problema de la materia prima durante algunos años.

— *Pequeños altos hornos existentes.* Como alternativa a corto plazo puede plantearse la utilización de pequeños altos hornos existentes, los que podrían ser destinados de inmediato a la producción de arrabio para fundición. En la actualidad, estas instalaciones se dedican a la producción de materia prima para productos laminados, lo que plantea el problema de cómo sustituir los insumos para este fin.

— *Instalación de pequeños altos hornos como ampliación de plantas existentes.* Otra posibilidad sería la instalación de altos hornos pequeños, como

extensión de plantas siderúrgicas ya existentes, aprovechando para ello la infraestructura disponible. La instalación de estos hornos podría llevarse a cabo en 18 meses a partir de la fecha en que se aprobara tal alternativa. Por las características de dichos hornos sería factible obtener un alto grado de integración. Estos hornos podrían ser de una capacidad individual del orden de 150 000 a 200 000 toneladas al año.

— *Instalación de pequeños altos hornos en nuevos centros de producción (miniplantas).* Similar a la anterior, pero considerando la creación de nuevos centros productivos a fin de aprovechar pequeños yacimientos de mineral de hierro, existe una instalación de este tipo con capacidad de 30 000 toneladas por año en Nava, Coahuila, operada por Arrabio de México, S. A., la que puede aportar elementos de juicio para evaluar este camino.

— *Arrabio a partir de hierro esponja.* Se ha propuesto la obtención de arrabio para fundición de hierro gris a partir de hierro esponja, utilizando hornos de tipo cubilote. A la fecha, esta alternativa únicamente se ha realizado en forma experimental, pero hace falta definir las ventajas económicas y tecnológicas del proceso.

Cuadro 16

MEXICO: CONSUMO DE CHATARRA DE ACERO, 1960-1976

(Miles de toneladas)

Año	Total	Generada en planta	De importación	Del mercado nacional
1960	930	328	352	250
1961	1 015	372	354	289
1962	1 000	376	281	343
1963	1 327	446	456	325
1964	1 545	512	731	302
1965	1 662	540	788	334
1966	1 801	613	731	457
1967	1 882	668	706	508
1968	1 962	906	459	597
1969	2 072	947	494	631
1970	2 369	1 027	722	620
1971	2 254	1 038	511	705
1972	2 450	1 450	528	472
1973	2 760	1 260	834	675
1974	3 005	1 391	662	952
1975	3 318	1 477	926	915
1976 <sup>1</sup>	3 526	1 857	695	974

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica. *La chatarra en la industria siderúrgica mexicana.* México, D. F., junio 1976.

Por otra parte, el proceso de hierro esponja trae consigo una cadena de requerimientos como son: consumo de gas, disponibilidad de pellets, transporte, etc., por lo que en todo caso deberá evaluarse convenientemente esta posibilidad a fin de compararla con las anteriormente propuestas.

De las alternativas propuestas, a reserva de evaluarse más detalladamente, la correspondiente al aprovechamiento de pequeños altos hornos ya existentes parece ser la más adecuada y rápida. Es de considerar que existen dos hornos de este tipo (alto horno de Piedras Negras y el No. 1 de Altos Hornos de México, S. A.) con la infraestructura adecuada, además de que, con la operación del nuevo horno 5, la aportación de estos pequeños hornos no afectaría en forma notoria a la producción total de la industria siderúrgica.

c) *Chatarra de acero*

Este insumo se emplea en el país para la producción de hierro gris mediante el empleo de hornos de inducción o de arco, agregando el carbono adicional requerido con grafito. Esta materia prima es empleada también por los fabricantes de piezas fundidas de acero; su valor es menor que el de la chatarra de hierro, debido a su mayor disponibilidad en el país. La industria de la fundición de acero prefiere chatarra de acero, limpia y libre de impurezas, razón por la que cubre un mayor precio que el pagado por la industria siderúrgica.

A principios de 1976 (antes de la flotación del peso), la chatarra de acero costaba \$ 1 780.00 por tonelada (equivalente a 142.4 dólares), valor que también se vio afectado por la devaluación del peso.

En el país se genera más chatarra de acero que de hierro, pero la primera tiene una mayor demanda relativa, ya que también es empleada por la industria siderúrgica. El cuadro 16 muestra el consumo de chatarra de acero de la industria siderúrgica, indicando su procedencia.

En relación con la chatarra importada se observan cifras de importancia. De la chatarra de acero para fundición, como se mencionó anteriormente, se prefiere la de mejor calidad, por la cual los fundidores pagan un mayor precio y se abastecen de la generada internamente. La chatarra de acero del mercado nacional proviene de dos fuentes principales, a saber:

— *Chatarra de proceso (chatarra nueva).* Es la proporción de acero sobrante en el proceso de elaboración de un producto terminado. La generación de esta chatarra está en función del nivel del consumo general, del crecimiento de la economía y de la participación de los diferentes sectores consumidores de productos de acero terminado. Este tipo de chatarra es muy apreciado por los fundidores de hierro gris que emplean hornos de inducción, ya que permite la producción de hierro nodular.

En el cuadro 17 puede apreciarse el origen de la chatarra de proceso según el sector que la produce, siendo la industria automotriz, en relación a su producción, la de mayor significación.

— *Chatarra capital (chatarra vieja)*. Es la que representa el sobrante o desecho recuperado del hierro y acero usados en equipos descartados. El volumen de esta chatarra depende no solamente de la cantidad de acero consumido en el pasado en los diferentes sectores, sino también de los costos de recolección, preparación, transporte y sustitución. En el cuadro 18 se presentan algunos ejemplos de

Cuadro 17

MEXICO: PRODUCCION DE CHATARRA DE PROCESO CON RELACION AL PESO DEL PRODUCTO TERMINADO EN LA INDUSTRIA METALMECANICA

Sector de producción	Proporción del producto terminado (%)
Industria de la construcción	3
Equipo de perforación (Industria petrolera)	3
Equipo ferroviario	7
Artículos para uso doméstico	15
Implementos agrícolas	19
Barcos	23
Equipo industrial y herramientas	26
Maquinaria pesada	26
Industria automotriz	31

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero. *Memoria técnica sobre la chatarra en la industria siderúrgica*. Agosto 1973.

la recuperabilidad del acero como chatarra capital y su ciclo de vida promedio.

En términos generales, se puede considerar que la chatarra de origen nacional proviene de sobranes de manufacturas metálicas, botes de lámina, desperdicios de artefactos de lámina, juguetes, automóviles desechados, equipo ferroviario, instalaciones de ingenios, barcos, instalaciones petroleras y estructuras metálicas. Cada una de estas fuentes presenta problemas diferentes en su mercado y la generación de chatarra es insuficiente para el consumo interno.

d) *Coque*

Existen dos tipos de coque: el coque siderúrgico y el coque para fundición. El primero es producido en hornos de tipo batería y su aplicación es específica para la industria siderúrgica, no siendo recomendable su utilización para la fundición. El coque para fundición se produce en hornos de tipo colmena empleando mezclas de varios tipos de carbón, incluyendo coque de petróleo, para mejorar

sus características y procurando que el coque obtenido tenga el menor contenido de cenizas y azufre.

En el país, la industria siderúrgica integrada cuenta con sus propias baterías de hornos para autoconsumo. Por lo que toca al coque para fundición, solamente lo produce una empresa en el país, que utiliza para la coquización hornos de tipo colmena. La mayor parte de lo que produce es a la vez autoconsumido por la propia empresa y ésta vende solamente excedentes a los fundidores nacionales; sin embargo, su calidad no es del todo adecuada para la fundición, debido a los altos contenidos de cenizas y azufre, teniendo un bajo porcentaje de carbono fijo.

Esta situación obliga a que una alta proporción del coque de fundición empleado en México sea de importación, proveniente sobre todo de Estados Unidos. El precio del coque en 1976 era de 98 dólares por tonelada FOB y a principios de 1978 alcanzaba 130 dólares.

Sería conveniente la creación de empresas productoras de coque para fundición, con hornos de tipo colmena para alta producción y debidamente asesoradas en cuanto a la mezcla de diferentes tipos de carbón para obtener coque de buena calidad y así evitar la fuga de divisas por su importación.

e) *Ferroaleaciones*

Tres empresas productoras de ferroaleaciones instaladas en el país elaboran ferromanganeso y ferrosilicio de 50% y 75% y surten a las industrias de la fundición y siderúrgica. Cabe aclarar que estas ferroligas son las más usadas en tales industrias. Sin embargo, se requiere de otras ferroaleaciones que hasta ahora se han estado importando, en parte porque sus requerimientos no justifican aún la fabricación.

Cuadro 18

MEXICO: RECUPERACION DE CHATARRA CAPITAL Y SU CICLO DE VIDA UTIL

Sector	Recuperación potencial (%)	Promedio del ciclo de vida útil (años)
Equipo de perforación	100	11
Artículos para uso doméstico	57	12
Automóviles	100	13
Implementos agrícolas	99	15
Equipo industrial	94	16
Maquinaria pesada	75	18
Equipo ferroviario	86	27
Barcos	100	33

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA ONUDI, con datos del Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero. *Memoria técnica sobre la chatarra en la industria siderúrgica*. Agosto 1973.

## H. Costos de Fabricación

Cuadro 19

### MEXICO: ESTRUCTURA PORCENTUAL DEL COSTO DE PRODUCCION DE UNA FUNDICION DE TAMAÑO GRANDE, 1975<sup>1</sup>

Concepto	%
TOTAL	100
Materiales	
Materias primas	28
Materiales directos	26
Materiales indirectos	3
Mano de obra	
Directa	8
Indirecta	4
Gastos de administración	7
Mantenimiento	2
Energía	4
Depreciación	5
Rechazos	13

<sup>1</sup> Basada en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Los costos de fabricación en las plantas de fundición varían de acuerdo con el tipo de proceso y el grado de mecanización empleado. Con objeto de

presentar cifras ilustrativas sobre tales costos, se tomará como referencia el costo promedio de fundiciones representativas con producción superior a 10 000 toneladas por año y de tipo no totalmente seriado (*jobbing*) con grado de mecanización adecuado.

En el cuadro 19 se presenta un desglose de la estructura porcentual de los principales conceptos que determinan el costo total de fabricación por tonelada de pieza fundida.

#### 1. MATERIALES

Bajo este renglón se agrupan las materias primas, materiales directos y materiales indirectos.

##### a) Materias primas

En este apartado se consideran los componentes que constituyen posteriormente las piezas fundidas, como es el caso de chatarra de hierro, de acero y la de circulación, ferroaleaciones, inoculantes, coque y grafito. No se incluyen aquí los costos de chatarra de circulación, pues ésta ya está considerada en el costo del producto; no obstante el consumo de energía para la fusión de la propia chatarra debe ser considerado. Tampoco se toman en cuenta los costos de rechazo de piezas de mala calidad que, por lo general en México, varía desde 10 hasta 40% del total producido.

En el cuadro 20 se presentan los costos típicos de las materias primas para varios tipos de fundición, con la estructura prevaleciente antes de la flotación del peso.

Cuadro 20

### MEXICO: ESTRUCTURA DEL COSTO DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FUNDICION, 1975<sup>1</sup>

Producto	Materia prima	Consumo por tonelada (kg)	Estructura del costo (%)	Equipo de fusión empleado
TOTAL			100	
Hierro gris	Chatarra de hierro	1 000	77	Cubilote
	Ferroaleaciones	35	14	
	Coque <sup>2</sup>	218	9	
TOTAL			100	
Hierro gris	Chatarra de acero	1 000	67	Horno de inducción
	Ferroaleaciones	35	15	
	Grafito	35	18	
TOTAL			100	
Acero fundido	Chatarra de acero	1 000	81	Horno de arco
	Ferroaleaciones o inoculantes	35	19	

<sup>1</sup> Basada en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

<sup>2</sup> Se incluye el coque necesario para fundir la chatarra de circulación.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## b) Materiales directos

Bajo este renglón están considerados todos los materiales que participan directamente en la producción, entre los principales: arena, bentonita sódica, carbón marino, cereal, óxido de hierro, mogul, silicatos, resinas y ácido fosfórico para el caso de moldeo con arena verde. En el caso de un proceso con autofraguado, los materiales son diferentes, tales como silicatos, resinas, etc. (véase el cuadro 21).

El costo de estos materiales puede variar de un proceso a otro, resultando en cuanto a materiales más caro el proceso de autofraguado, pero se compensa por la reducción del costo de mano de obra, equipo y otros gastos de fabricación.

Los materiales directos por lo general, con excepción de la resina o arenas sintéticas, son de origen nacional. Estos dos materiales importados provienen de Estados Unidos y su aplicación en el país es limitada actualmente.

## c) Materiales indirectos

Son aquellos que no participan directamente en el proceso de fabricación, como: refractarios; materiales indirectos de moldeo como exotérmicos, pinturas, separadores, enfriadores y boquillas; piedras de esmeril; granalla; soldadura; anticorrosivos, etc. (véase el cuadro 22).

Cuadro 21

### MEXICO: ESTRUCTURA DEL CONSUMO Y COSTO DE LOS MATERIALES DIRECTOS EN EL PROCESO DE FUNDICION, 1975 <sup>1</sup>

Material	Consumo por tonelada de pieza fundida (ton)	Estructura del costo por tonelada de pieza limpia (%)
TOTAL		100
Arena nueva	2.8	36
Arena de circulación	11.8	35
Bentonita sódica	0.35	10
Mogul	0.17	4
Cereal	0.12	3
Oxido de hierro	0.01	1
Carbón marino	0.05	2
Silicato	0.01	1
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0.002	1
Resinas	0.01	6
Acido fosfórico	0.002	1

<sup>1</sup> Basada en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## 2. MANO DE OBRA

La variación del costo de la mano de obra dependerá de la productividad de la empresa, de la intensidad de utilización de la mano de obra o de la mecanización que se emplee en los procesos.

Nuevamente, con fines ilustrativos, se presenta en el cuadro 23 una estructura típica de costos representativa de fundiciones nacionales grandes utilizadas como referencia. Estos costos se basan en 250 días de trabajo al año, dos turnos de operación, y un incremento sobre los salarios base de 70% por concepto de beneficios sociales, prestaciones, días no trabajados, aguinaldo y otros.

## 3. GASTOS DE ADMINISTRACION

En este renglón están incluidos los gastos de administración tanto directos como indirectos, considerando en los primeros todos aquellos relativos al personal administrativo en íntima relación con la producción, como sería el caso de los superintendentes de la planta, de control de calidad y mantenimiento. Para los indirectos, se toma en cuenta el personal que labora en la gerencia, en contabilidad, en ventas y en relaciones industriales.

## 4. MANTENIMIENTO

Se refiere a los costos derivados de la conservación y reparación de instalaciones y equipo.

## 5. ENERGIA

Bajo este renglón se distinguen, por un lado, los costos de energía necesaria para alumbrado y

Cuadro 22

### MEXICO: ESTRUCTURA DEL COSTO DE LOS MATERIALES INDIRECTOS EN EL PROCESO DE FUNDICION, 1975 <sup>1</sup>

Material	Estructura del costo por tonelada de pieza limpia (%)
TOTAL	100
Refractarios para hornos, cucharas, etc.	25
Materiales indirectos para moldeo (exotérmicos, pinturas, separadores, enfriadores, boquillas, etc.)	2 <sup>1</sup>
Agitadores, vasos, cucharillas, termopares	6
Piedras de esmeril y puntas montadas	20
Perdigón (granalla)	22
Soldadura	4
Compuesto anticorrosivo	2

<sup>1</sup> Basada en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

accionamiento de equipos y accesorios del horno y, por otro, los originados por la operación propia de los hornos en la fusión del metal.

## 6. DEPRECIACION

Los costos de depreciación varían de fundición a fundición, y dependen del monto de la inversión y de la edad de la planta, principalmente. La es-

tructura ilustrativa de la inversión en que se basan, se presenta en el cuadro 24.

## 7. RECHAZO

El costo originado por este concepto depende del volumen de piezas rechazadas por defectos; en bastantes fundiciones éste llega hasta 40% del total y por regla general es del orden de 20%.

## I. Mano de Obra y sus Problemas

### 1. PERSONAL OCUPADO Y SU CALIFICACION

En el cuadro 14 se indica que en 1976 alrededor de 38 500 personas trabajaron en las fundiciones de hierro y acero, 89% en la fundición de hierro. La participación del personal en los costos totales alcanza alrededor de 13% para fundiciones de productividad cercana a 40 toneladas-hombre por año.

Las empresas grandes, productoras de piezas de hierro, emplearon 25% del personal total ocupado en esta industria, las medianas 12%, las pequeñas 52% y las fundiciones de acero 11% (cuadro 14).

El equipo empleado por la industria de la fundición difiere sustancialmente del utilizado en otras industrias; por esta razón, el personal empleado en la fundición requiere de adiestramiento especia-

lizado en los diferentes equipos y procesos que se emplean. El grado de especialización depende del tamaño de la fundición y el tipo de producción.

Por lo general, en esta industria la capacitación se realiza dentro de la misma planta. Sin embargo, existen escuelas técnicas que proporcionan adiestramiento básico, pero que carecen de los equipos sofisticados que algunas empresas emplean, además de que el personal preparado en ellas es insuficiente.

En el cuadro 25 se muestran las principales características de la mano de obra para la fundición, apreciándose que la inversión más alta por obrero ocupado (64 000 dólares), corresponde a las empresas grandes que laboran las series mayores y que guardan la relación más alta de productividad en cuanto a toneladas anuales por obrero. Asimismo, el índice de mano de obra directa a mano de obra indirecta es de los más bajos en este grupo, debido principalmente a que estas fun-

Cuadro 23

### MEXICO: COSTO DE LA MANO DE OBRA EN EL PROCESO DE FUNDICION, 1975<sup>1</sup>

Sección	Número de personas	Costo de la mano de obra por tonelada de pieza limpia (dólares)
<i>Mano de obra directa</i>		
TOTAL	314	62.70
Grúas	16	3.38
Fusión y colado	40	6.61
Moldeo	86	20.48
Corazones	44	8.72
Acabado	128	23.51
<i>Mano de obra indirecta</i>		
TOTAL	96	26.18
Mantenimiento	34	8.38
Taller de modelos	14	5.31
Almacén y manejo de materiales	8	2.23
Control de calidad	16	5.44
Transporte	24	4.82

<sup>1</sup> Basado en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 24

### MEXICO: ESTRUCTURA DE LA INVERSION EN FUNDICIONES FERROSAS, 1975<sup>1</sup>

Sección	Proporción de la inversión por sección (%)	
	Producción no seriada	Producción en grandes series
TOTAL	100	100
Edificios, terrenos y servicios	35	35
Equipo de fusión	20	20
Producción de corazones	4	4
Moldeo y manejo de moldes	15	10
Enfriamiento de piezas	1	10
Limpieza de piezas	3	4
Acabado y embarque de piezas	4	4
Taller de modelos	2	3
Mantenimiento	1	1
Compresores	8	4
Tratamiento térmico	3	1
Desmoldeo	2	2
Control de calidad	2	2

<sup>1</sup> Basada en la estructura de precios anterior a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 25

MEXICO: PARAMETROS Y CARACTERISTICAS DE LA MANO DE OBRA EN LAS FUNDICIONES, 1975 <sup>1</sup>

Empresas	Características principales de la mano de obra	Productividad (ton-hombre-año)	Inversión promedio por obrero (miles de dólares)	Sueldo anual promedio	Relación mano de obra directa a indirecta	Relación mano de obra calificada a no calificada	Escasez relativa
<b>Grandes</b>							
Producción de grandes series	El personal obrero es calificado con alto grado de especialización en el equipo que opera. Debido al grado de automatización empleado, se requiere de personal experimentado en el mantenimiento y ajuste del equipo utilizado	32	64	4.8	2	5.6	Horneros Modelistas Electricistas Mecánicos
Producción de pequeñas series	El personal obrero debe tener amplia experiencia en la sección donde está asignado, con un bajo grado de especialización; requiere además de destreza y habilidad manual	19	30	5.2	3.2	6	Horneros Moldeadores Armadores Corazoneros Modelistas Electricistas Mecánicos
<b>Medianas</b>							
Producción en serie	El personal obrero es de menor calificación que los anteriores y su grado de especialización es menor al de las empresas grandes con producción en serie	28	35.2	4.4	3.5	4	Horneros Operadores de moldeadores Modelistas Electricistas
Producción pequeñas series y piezas no producidas en serie	El personal obrero es de gran habilidad y destreza con especialización en su sección y con nivel técnico relativamente menor al empleado por empresas grandes	19	28.0	4.8	4.8	5	Horneros Moldeadores Armadores Corazoneros Modelistas Electricistas
<b>Pequeñas</b>							
	El personal obrero es de nivel técnico menor a los grupos anteriores y destaca su trabajo físico, con relación a su habilidad, destreza o aplicación técnica.	10	15.2	3.2	7	8	Horneros Moldeadores Corazoneros

<sup>1</sup> En base a las remuneraciones previas a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

diciones emplean personal indirecto en las secciones de mantenimiento, laboratorio, control de calidad, supervisión y servicios, aspectos que no se contemplan en las fundiciones medianas y pequeñas. El mismo cuadro señala que la inversión más baja por obrero empleado corresponde a las empresas pequeñas (15 200 dólares) y su productividad es también la más reducida (10 toneladas-hombre por año), reflejando la corta inversión en equipo. Esta se sustituye por el uso más intenso de mano de obra de mayor capacidad física pero menor conocimiento técnico. También se observa que este grupo presenta la más alta relación de mano de obra directa a indirecta, en virtud de que el personal indirecto es mínimo y se dedica a labores de limpieza y servicios menores con un relativo menor apoyo al mantenimiento de equipo y escaso control de calidad.

## 2. DISTRIBUCION POR SECCIONES Y SALARIOS TIPICOS

A continuación se señalan las principales categorías o puestos usuales en la industria de fundición, clasificados de acuerdo con las diferentes secciones con que cuentan las empresas de este sector en su proceso productivo; también se proporciona información vinculada a los salarios típicos, sin agregar prestaciones:

Del cuadro 26 se deduce que los salarios más altos corresponden a las categorías de modelista, mecánico, electricista, inspector de calidad, moldeador y hornero, pudiendo explicarse, en parte, por la escasez relativa de estas categorías y porque ellas requieren el más alto nivel de especialización.

Cuadro 26

### MEXICO: ESTRUCTURA DE LOS RANGOS DE SALARIOS TIPICOS EN LAS FUNDICIONES, 1975<sup>1</sup>

Sección	Categoría	Rango de salario respecto al sueldo mínimo (%)		Sección	Categoría	Rango de salario respecto al sueldo mínimo (%)	
		Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo
Fusión y vaciado	Hornero	200	300	Acabado	Operador wheelabrator	150	220
	Ayudante de hornero	150	200		Operador shot blast	150	180
	Cargador de horno	150	170		Cortador fundición	150	220
	Operador de cuchara de vaciado	140	180		Soldador	180	240
	Ayudante operador de olla	120	150		Acabador universal	130	170
	Albañil	150	180		Rebabeador de primera	130	170
Moldeo	Moldeador universal	270	330		Peones	100	130
	Preparador universal	270	330		Grúas	Gruista especialista	200
	Moldeador de primera	170	220	Gruista de primera		150	220
	Preparador de primera	170	220	Gruista de segunda		130	170
	Operador inyector de arena	180	240	Mantenimiento	Electricista	310	380
	Operador moldeadora automática	180	240		Ayudante de electricista	180	240
	Operador moldeadora semiautomática	170	220		Mecánico	300	420
	Molinero	170	220		Ayudante de mecánico	170	220
Ayudante molinero	120	150	Engrasadores	150	180		
Corazones	Corazonero universal	180	240	Taller de modelos	Modelista	390	450
	Corazonero de primera	150	180		Ayudante de modelista	270	330
	Corazonero de segunda	130	170		Peón	100	130
	Operador de máquina corazonera	130	170	Almacén y manejo de materiales	Ayudante de almacenista	230	300
	Operador mezcladora	130	170		Operador de montacarga	180	240
Desmoldeo	Operador vibrador	150	180	Control de calidad	Inspector de recibo	270	330
	Ayudante de operador vibrador	120	150		Inspector de proceso	270	330
	Desmoldeadores	120	150		Inspector de acabado	270	330
					Verificación dimensional	300	370
			Transporte	Chofer	180	240	
				Machetero (ayudante)	130	170	

<sup>1</sup> En base a las remuneraciones previas a la flotación del peso.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3. ESCASEZ RELATIVA

Las categorías consideradas como de salarios más altos, son las que presentan una escasez relativa mayor, en particular en las industrias grandes y medianas.

En primer lugar, aparece el electricista debido a que requiere de amplia experiencia en sistemas automáticos de control y en subestaciones y sistemas de potencia.

El moldeador universal requiere de experiencia en el moldeo de piezas que se producen una por una y principalmente para piezas grandes y complicadas; así también, el armador que complementa el trabajo del moldeador, dejando el molde listo para recibir el metal.

El hornero también es de escasez relativa; este obrero especializado tiene un bajo índice de ro-

tación dentro de las fundiciones y su formación dura varios años, generalmente en la misma empresa, donde trabaja primero como cargador de horno y ayudante de hornero, de donde es seleccionado por su destreza.

En el caso del modelista, puede provenir de las escuelas técnicas existentes o bien de un aprendizaje y adiestramiento dentro de los talleres de modelos. Hay clara escasez de modelistas de alta calificación, capaces de producir un modelo complicado de varios corazones, y la demanda de modelos es mayor que la capacidad actual de producción.

En cuanto a los inspectores de calidad, requieren una escolaridad mayor que las categorías anteriores, ya que deben utilizar instrumentos de precisión; estos trabajadores provienen generalmente de las escuelas técnicas establecidas en el país.

## J. Mercado

El presente examen del mercado nacional de piezas de fundición, se refiere únicamente a la demanda explícita satisfecha por los productores nacionales (oferta), sin tomar en cuenta la demanda encubierta de una cantidad considerable de piezas de fundición que ingresan al país incorporadas como partes de maquinaria.

### 1. HIERRO

La producción de piezas de hierro gris incluyendo el hierro maleable y el nodular en 1976 ascendió a cerca de 453 000 toneladas, distribuidas aproximadamente de la siguiente manera: 149 000 toneladas (33% del total de hierro) en piezas automotrices incluyendo las necesarias para tractores agrícolas y 304 000 toneladas (67% del to-

tal de hierro) en piezas para bienes de capital y bienes de consumo (cuadro 27). Se analizan a continuación estos dos grupos:

#### a) Mercado de piezas para uso automotriz

La fundición es un elemento básico para el desarrollo de la industria automotriz, por lo que se han desarrollado paralelamente.

Los mayores volúmenes de consumo corresponden a Ford Motor Company, S. A.; Chrysler de México, S. A. y General Motors de México, S. A. de C. V. Las piezas de hierro gris y nodular empleadas en automóviles y camiones, que por su peso se consideran más importantes para definir el consumo, son: monoblocks, cabezas de motor, tambores de freno, múltiples de admisión y escape, volantes, cubiertas de clutch (embragues) y rotores del freno de disco.

Las piezas de hierro gris empleadas en tractores son: caja central, semiejes, contrapesos, masas de las ruedas delanteras y soporte frontal.

Los principales productores de piezas de hierro gris para uso automotriz son los siguientes:

- Ford Motor Company, S. A.
- General Motors de México, S. A. de C. V.
- Compañía Fundidora del Norte, S. A.
- Siderúrgica Nacional, S. A.

El consumo de hierro gris en 1976 realizado por los fabricantes de camiones y automóviles fue del orden de 70 000 toneladas; asimismo, el consumo de la industria fabricante de tractores agrícolas se estima en 12 000 toneladas, sumando un consumo total de 82 000 toneladas de piezas de hierro gris generado por los fabricantes de automóviles, camiones y tractores.

El consumo de hierro nodular por la industria automotriz se ha incrementado notablemente en los últimos años, llegando en 1976 a aproximadamente 25 000 toneladas. Los principales usuarios de este metal son:

Cuadro 27

#### MEXICO: DESTINO DE LA FUNDICION DE HIERRO, 1976<sup>1</sup>

Sector	Proporción de la producción total %
TOTAL	100
Industria automotriz	33
Bienes de consumo	23
Partes de maquinaria y equipo	15
Bombas	10
Rodillos de laminación, ollas de escoria y partes para la industria siderúrgica <sup>2</sup>	8
Válvulas	6
Tubos centrifugados, conexiones y partes para agua potable y drenaje urbano	5

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

<sup>2</sup> No se incluyen las lingoteras o coquillas, que se consideran en las estadísticas de la industria siderúrgica.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

- General Motors de México, S. A. de C. V.
- Chrysler de México, S. A.
- Ford Motor Company, S. A.
- Vehículos Automotores Mexicanos, S. A. de C. V.
- John Deere, S. A.
- International Harvester de México, S. A.

Las partes automotrices fabricadas de este metal son: rines de artillería, cigüeñales, tambores de freno, etc.; y para tractores agrícolas: ejes, extensiones, brazos, cubiertas, etc.; además de implementos agrícolas como: platos, palancas, adaptadores y otras.

Los principales fabricantes de estas partes son: Ford Motor Company, S. A.; Auto Manufacturas, S. A.; Nodu Mex, S. A. y Alvarez Automotriz, S. A. El primero de estos fabricantes ha realizado ampliaciones en sus instalaciones principalmente para cubrir el mercado de exportación.

En cuanto al hierro maleable para la industria automotriz, su utilización es muy pequeña en comparación con el hierro gris y nodular y su aplicación está siendo desplazada por este último.

La producción de fundición para la industria fabricante de partes de repuesto para uso automotriz y agrícola en 1976 se integró en la siguiente forma: 25 000 toneladas de piezas de hierro gris, 4 000 toneladas de hierro nodular y 500 toneladas de hierro maleable.

La exportación de piezas fundidas para uso automotriz y agrícola en 1975 se estima en 2 500 toneladas de hierro gris, nodular y maleable.

#### b) Mercado de piezas para bienes de consumo y de capital

El mercado de piezas de hierro para bienes de consumo y de capital se estima en 304 000 toneladas en 1976. Aproximadamente 35% fue cubierto por fundiciones que tienen su propio mercado cautivo; éstas son principalmente fabricantes de bombas para agua, válvulas y máquinas de coser. El resto corresponde a fundiciones que participan abiertamente en el mercado nacional (no cautivo).

La producción de piezas fundidas en este grupo, de acuerdo con el peso de las piezas, está integrada como se muestra en el cuadro 28.

Las piezas de mayor demanda en hierro gris y nodular son: tapas de motor eléctrico, impulsores y carcazas para bomba, catarinas, coronas, poleas, cuerpos de válvula, engranes, fundas para ejes, volantes, contrapesos, bases y cuerpos para maquinaria, rodillos de laminación, rodillos para molino azucarero, quemadores y partes para hornos.

Las zonas más importantes para el mercado de estos productos son: Valle de México, Estado de México, Monterrey y Guadalajara.

En cuanto al control de calidad, pocas son las empresas que cuentan con equipo adecuado; al respecto sólo existen cuatro empresas de este grupo

Cuadro 28

### MEXICO: ESTRUCTURA DE LA FUNDICION DE HIERRO PARA BIENES DE CONSUMO Y DE CAPITAL SEGUN EL PESO DE LAS PIEZAS, 1976<sup>1</sup>

Peso de las piezas limpias (kg)	Proporción de la producción total (%)
Entre 1 y 100	60
Entre 100 y 500	25
Más de 500	15

<sup>1</sup> Cifras estimadas. Se excluyen la industria automotriz y de tractores.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

que pueden entregar piezas de buena calidad de acuerdo con especificaciones.

## 2. ACERO

El mercado de piezas de acero atiende principalmente a las necesidades de partes de repuesto para las industrias minera, del cemento, química y siderúrgica y, en cuanto a partes originales se refiere, sus requerimientos mayores son: para la fabricación de carros de ferrocarril,<sup>2</sup> molinos de caña y válvulas (véase el cuadro 29).

El mercado para este tipo de piezas en 1976 fue de aproximadamente 150 000 toneladas, de las que se estima 70% correspondió a piezas de acero al carbono. El cuadro 30 presenta la integración de la producción de piezas fundidas de acero, conforme al peso de las piezas.

<sup>2</sup> En Estados Unidos, los ferrocarriles representan 35% del mercado para acero fundido.

Cuadro 29

### MEXICO: DESTINO DE LA FUNDICION DE ACERO, 1976<sup>1</sup>

Sector	Proporción de la producción total (%)
TOTAL	100
Equipo ferroviario	20
Válvulas y bombas	25
Minería	20
Partes de maquinaria	20
Equipo de construcción	10
Otros	5

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 30

MEXICO: ESTRUCTURA DE LA FUNDICION DE ACERO SEGUN EL PESO DE LAS PIEZAS, 1976 <sup>1</sup>

Peso de las piezas limpias (kg)	Proporción de la producción total (%)
Entre 1 y 100	30
Entre 100 y 500	50
Más de 500	20

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

### 3. ANALISIS DEL MERCADO NACIONAL

#### a) Precios

El precio promedio de piezas de hierro gris para la fabricación de maquinaria y equipo se calcula en aproximadamente \$ 16.00 por kilogramo <sup>7</sup> en 1976; los precios varían en función del peso de la pieza, su complejidad, el control de calidad necesario, el volumen del pedido, etc. El hierro nodular alcanzó en promedio un precio de \$ 25.00 por kilogramo <sup>8</sup> en el mismo año, variando también como en el caso anterior por los factores señalados.

Respecto al precio de los productos de fundición de hierro gris para uso automotriz, su precio también fue de \$ 16.00 por kilogramo en 1976.

El precio de las piezas de acero fundido en ese mismo año se situó dentro del rango de \$ 30.00 a \$ 80.00 por kilogramo (2.4 a 6.4 dólares), según el grado de aleación, el número de piezas, la complejidad de fabricación, las especificaciones, la calidad requerida, etc.

El rango de precios vigente en 1978, tanto en hierro como en acero, es aproximadamente del mismo nivel que en 1976, si se expresa en dólares equivalentes. Sin embargo, los precios para el hierro gris se sitúan de 15 a 20% arriba de los precios

## K. Aspectos Tecnológicos

### 1. TECNOLOGIA EXTRANJERA

La obtención de tecnología extranjera para la industria de la fundición se realiza principalmente por medio de licencia y asesoría.

#### a) Obtención de tecnología por medio de licencia

Cinco de las 19 fundiciones consideradas como grandes en este documento reciben tecnología por medio de licenciamientos extranjeros; los pagos correspondientes por lo general son del orden de

<sup>7</sup> Equivalente a 1.28 dólares, antes de la flotación del peso.

<sup>8</sup> Equivalente a 2.00 dólares, antes de la flotación del peso.

en vigor en países industrializados. No obstante, se realizan exportaciones a Estados Unidos a consecuencia de los siguientes factores:

— En el caso de las piezas automotrices, son exportadas directamente por las empresas automotrices nacionales a sus matrices en Estados Unidos, con el objeto principal de compensar sus importaciones y satisfacer los límites de integración establecidos.

— Las piezas misceláneas se exportan generalmente a industrias fronterizas que requieren bajos volúmenes. Debido a las estrictas regulaciones para el control de la contaminación, muchas empresas pequeñas en Estados Unidos han cerrado en años recientes, quedando únicamente empresas de mayor tamaño que producen series mayores y ofrecen además largos plazos de entrega para series pequeñas.

En el caso de piezas fundidas de acero, los precios de algunos productos están de 30 a 50% por encima de los internacionales para piezas similares, como resultado del margen de producción establecido en el país y porque generalmente se trata de series reducidas en los casos de partes fundidas para válvulas o bombas. Con respecto a las partes para equipo ferroviario el mercado se divide en sólo tres; igual situación se presenta en las partes para la industria minera. Se observa que un pequeño número de empresas produce 90% de la oferta nacional de piezas fundidas de acero y que éstas, a su vez, se especializan por tipo de pieza, lo que les permite establecer políticas de ventas y de precios, al no contar prácticamente con competencia en el mercado de sus productos.

#### b) Programas de integración de empresas usuarias de piezas de fundición

Un cierto grado de protección a la industria nacional y la necesidad de cumplir con los programas de integración fijados <sup>9</sup> han llevado a las empresas usuarias a que adquieran piezas fundidas a precios mayores que los vigentes en otros países, aun cuando no siempre cubran estrictamente las especificaciones necesarias, sobre todo de calidad.

3% del valor de las ventas netas. Entre las principales licencias así obtenidas se tienen las siguientes:

Producto	Licenciario
Equipo para ferrocarriles	Amsted Industries
Rodillos para laminación	Blaw Knox United Engineering and Foundry Co. British Roll Makers
Equipo para construcción	Esco Corporation
Refacciones para trituradoras	Nordberg International Division
Piezas misceláneas	Midland Ross Co.
Ruedas para ferrocarriles	Amsted Industries

<sup>9</sup> Las partes fundidas en muchos casos son punto de partida para obtener una buena integración.

b) *Obtención de tecnología por medio de asesoría e información técnica proveniente de la matriz en el extranjero*

Este caso es muy frecuente en las industrias automotrices integradas y algunas industrias específicas productoras de bombas, compresores, válvulas, etc. El costo de esta tecnología, generalmente, viene incluido dentro del costo total del paquete tecnológico recibido por la empresa. También se puede obtener tecnología indirectamente, cuando empresas con matrices en el extranjero requieren piezas de fundición con características especiales o con especificaciones muy estrictas; en estos casos, solicitan la información necesaria o autorizan la visita de fundidores nacionales a las empresas en el extranjero, con el objeto de aprender la metodología necesaria para la producción de tales piezas. La tecnología así obtenida no tiene costo para la empresa nacional, aspecto que representa una ventaja que le permite obtener conocimientos técnicos adicionales y líneas de especialización.

## 2. TECNOLOGIA NACIONAL

La obtención de tecnología nacional ocurre sobre todo mediante la difusión de las técnicas empleadas por las empresas más avanzadas en este sentido, hacia otras empresas a través de la contratación de personal diverso que ha laborado en fundiciones con tecnología más adelantada.

Otra forma empleada por las fundiciones para obtener asesoramiento técnico consiste en aprovechar la tecnología que suministran los proveedores de materiales como pinturas, inoculantes, exotérmicos, etc., así como la de los proveedores de equipo.

## 3. SITUACION TECNOLOGICA

Las tecnologías antes mencionadas corresponden sobre todo a la producción de piezas fundidas de acero y son empleadas por pocas fundiciones

que trabajan con técnicas adecuadas y obtienen piezas de calidad a costos razonables. La situación de las fundiciones de hierro gris, es diferente, debido a que éstas suelen carecer de respaldo tecnológico a través de licenciamientos extranjeros, y solamente algunas de ellas reciben como parte de una negociación completa, respaldo tecnológico del extranjero.

Aún no existe en el país un desarrollo tecnológico adecuado en el campo de la fundición, lo que hace que esta industria deba tener una relación técnica dependiente del exterior.

Por todo lo expuesto, parece necesario sugerir una serie de medidas:

a) El establecimiento de servicios técnicos de apoyo a esta industria mediante la difusión de las innovaciones tecnológicas más recientes, asesoría y soporte tecnológico, tanto en el diseño de nuevas instalaciones o modificaciones, como en los procesos empleados.

b) Que las diferentes agrupaciones de la industria de la fundición promuevan y apoyen programas que contribuyan a la formación de técnicos adecuados.

c) El establecimiento de centros de investigación y desarrollo tecnológico dentro de esta área, a fin de proveer a la industria de tecnología que le permita producir piezas de calidad a precios competitivos con relación a los de empresas del extranjero.

d) La instalación de laboratorios debidamente equipados que presten servicio técnico, principalmente a las fundiciones que por su pequeño volumen de producción no pueden invertir en dichos equipos.

e) Que las instituciones educativas mediante cursos de especialización preparen mayor número y mejores técnicos en las diferentes ramas de la fundición.

## L. Perspectivas de Expansión y Aprovechamiento de la Capacidad no Utilizada

### 1. POSIBILIDADES DE EXPANSION

Las fundiciones nacionales pueden incrementar su capacidad de producción mediante un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, para lo que será necesario modificar o cambiar algunos de sus equipos y adicionar otros, a fin de eliminar los cuellos de botella, de tal forma que, por un lado, puedan trabajar tres turnos por día muchas de ellas y, por otro, incrementar la productividad tanto de obreros como de máquinas, empleando tecnologías adecuadas.

Por otra parte, las fundiciones pequeñas y algunas medianas tienen problemas serios de ubicación originados principalmente por las disposiciones en materia de mejoramiento del ambiente, sobre todo en lo que respecta a las emisiones de los cubilotes. Con el crecimiento natural de las ciudades, sus instalaciones se encuentran en la actualidad dentro de zonas densamente habitadas y sus ingresos no les permiten la instalación de equipos para el control de esas emisiones, debido

a que, en muchos casos, la inversión en estos equipos resulta elevada.

Dichas empresas están optando por desplazar sus instalaciones al interior del país o por cerrar definitivamente. Esto último afecta a la producción total de fundición, por lo que es de pensarse que además de conservar la tasa de crecimiento promedio en esta industria, estimada en 16% por año, debe aumentarse la capacidad necesaria para sustituir las fundiciones con problemas de contaminación ambiental y aquellas otras que, por obsoletas o inoperantes, también se vean en la necesidad de cerrar.

Considerando la tasa de crecimiento de 16% anual y tomando los coeficientes de inversión estimados en el presente documento, la industria de la fundición requerirá invertir aproximadamente el equivalente a 62 millones de dólares en el año en curso a fin de cubrir la mayor demanda anual y alcanzar un incremento de producción del orden de 96 000 toneladas a través de nuevas plantas. No

se consiguiera en esas cifras la posibilidad de incrementar la capacidad instalada por medio de ampliaciones o de una mayor utilización de la capacidad instalada actualmente, debido a que, en la mayoría de las fundiciones, se presentan dificultades técnicas en este sentido en el corto plazo.

## 2. NECESIDADES DE DESARROLLO DE LA FUNDICION

### a) Hierro

De acuerdo con la tasa de crecimiento de la industria será necesario, además de aprovechar la capacidad no utilizada, instalar nuevas fundiciones a fin de cubrir, por una parte, la demanda creciente de las piezas que actualmente se están produciendo en el país y, por otra, la nueva demanda creada por la sustitución de partes y componentes que se están importando principalmente como producto terminado, y que, con base en la actual política de sustitución de importaciones y el desarrollo de nuevas industrias de bienes de capital, deberían fabricarse en el país. En tal virtud se considera necesario implementar nuevos proyectos como los que a continuación se señalan:

*Partes para la industria automotriz.* Las actuales fundiciones privadas de partes automotrices están realizando fuertes inversiones en ampliaciones y nuevas instalaciones a fin de satisfacer su mercado. Pero la industria automotriz del sector público requiere realizar, en el corto y mediano plazos, nuevas inversiones a fin de atender el desarrollo de su propio mercado, ya que en el caso de no realizarse oportunamente las inversiones requeridas, se verían precisadas a importar las partes fundidas o restringir el crecimiento de esa industria, principalmente en los renglones de camiones y tractores agrícolas.

*Partes fundidas para bienes de capital.* Para cubrir los requerimientos en el corto y mediano plazos que tendrá la industria nacional de bienes de capital, será necesario instalar nuevas fundiciones eficientes, tanto en personal como equipo adecuado, para producir piezas fundidas en series cortas con calidad y especificaciones que permitan competir en precio y calidad con las de otros países productores.

Las fundiciones que cuentan con elementos para producir adecuadamente dichas piezas, ya tienen sus mercados bien definidos y no suelen contar con capacidad excedente para esa producción. Un caso específico es el de las partes fundidas para la fabricación de máquinas-herramienta, en las

que, por lo general, la obtención de partes fundidas con la calidad requerida resulta difícil, lo que ha obligado a importar las partes fundidas y además maquinadas.

Se prevé, adicionalmente, un desarrollo de interés en la fabricación de muchos otros equipos que requieren fundición. Así, por ejemplo, en el caso de las bombas, se deben producir bombas de gran caudal a fin de satisfacer las demandas de abastecimiento de agua potable, drenaje y riego que el país requiere. Estas bombas incorporan fundición con especificaciones rigurosas, dimensiones y grado de complicación que actualmente no se logran en el país, por lo que será necesario prever esta necesidad.

Se ha estimado que para el periodo 1977-1982 se requerirán como mínimo, alrededor de 120 000 toneladas de piezas fundidas adicionales sólo para bienes de capital, situación que justifica la instalación de algunas fundiciones capacitadas para este tipo de producción. Muchas de estas piezas serán de peso, dimensiones y calidad que hasta ahora no se han producido en México.

*Materias primas.* Como se mencionó en capítulos anteriores, es necesario asegurar el abastecimiento de materia prima para la fundición, eliminando la dependencia del exterior a fin de evitar los problemas de escasez presentados en años pasados y procurar un conveniente ahorro de divisas. Para ello, se recomienda la creación de empresas equipadas con hornos de coquización tipo colmena, que empleen técnicas adecuadas a fin de obtener coque de buena calidad y procurar la utilización de los altos hornos existentes, de baja capacidad para producción siderúrgica, en la producción de arrabio de bajo fósforo para fundición.

### b) Acero

La industria del acero experimenta actualmente un desarrollo de interés, con una tasa de crecimiento superior a la de la fundición de hierro gris, debido principalmente a la creciente demanda de equipo con partes fundidas en este material, el que es empleado por las industrias más dinámicas del país, como son: petróleo, minería, ferrocarriles, azucarera, etc.

Con objeto de seguir abasteciendo adecuadamente de estos insumos a la industria metalmeccánica, será necesario programar inversiones de tal forma que aseguren un crecimiento de la capacidad instalada de la fundición de acero a una tasa de cuando menos 20% anual.

## INDICE DE CUADROS

Núm.		Pág.
1.	Producción de fundición en algunos países, 1974-1975	41
2.	Productividad de las fundiciones en algunos países, 1973 .....	42
3.	México: Productividad de las fundiciones, 1973 .....	42
4.	Número de fundiciones de hierro gris en Estados Unidos, Reino Unido y Alemania, 1963-1975 .....	42
5.	Bélgica: Evolución de la productividad en las fundiciones de hierro y acero, 1953-1974 .....	43
6.	México: Principales características de las fundiciones, 1976 .....	43
7.	Brasil: Principales características de las fundiciones, 1974 .....	43
8.	Brasil: Producción de fundición, 1970-1976 .....	44
9.	Brasil: Producción por tipo de fundición, 1974 .....	44
10.	México: Estructura productiva de las fundiciones ferrosas, 1976 .....	49
11.	México: Distribución geográfica de las plantas de fundición ferrosa, 1976 .....	50
12.	México: Características de las fundiciones con capacidad de producción superior a 5 000 toneladas por año, 1976 .....	51
13.	México: Características de las fundiciones con capacidad de producción entre 1 000 y 5 000 toneladas por año, 1976 .....	52
14.	México: Principales características económicas de las fundiciones, por tamaño, 1976 .....	54
15.	México: Distribución de la producción de piezas de fundición según peso .....	54
16.	México: Consumo de chatarra de acero, 1960-1976 ..	59
17.	México: Producción de chatarra de proceso con relación al peso del producto terminado en la industria metal-mecánica .....	60
18.	México: Recuperación de chatarra capital y su ciclo de vida útil .....	60
19.	México: Estructura porcentual del costo de producción de una fundición de tamaño grande, 1975 .....	61
20.	México: Estructura del costo de las materias primas en el proceso de fundición, 1975 .....	61

Núm.		Pág.
21.	México: Estructura del consumo y costo de los materiales directos en el proceso de fundición, 1975 .....	62
22.	México: Estructura del costo de los materiales indirectos en el proceso de fundición, 1975 .....	62
23.	México: Costo de la mano de obra en el proceso de fundición, 1975 .....	63
24.	México: Estructura de la inversión en fundiciones ferrosas, 1975 .....	63
25.	México: Parámetros y características de la mano de obra en las fundiciones, 1975 .....	64
26.	México: Estructura de los rangos de salarios típicos en las fundiciones, 1975 .....	65
27.	México: Destino de la fundición de hierro, 1976 .....	66
28.	México: Estructura de la fundición de hierro para bienes de consumo y de capital según el peso de las piezas, 1976 .....	67
29.	México: Destino de la fundición de acero, 1976 .....	67
30.	México: Estructura de la fundición de acero según el peso de las piezas, 1976 .....	68

Se terminó de imprimir este libro el 26 de enero de 1979 en *Policromia*, Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México 7, D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13951  
(3 of 7)

MONOGRAFÍAS  
SECTORIALES  
SOBRE BIENES DE CAPITAL

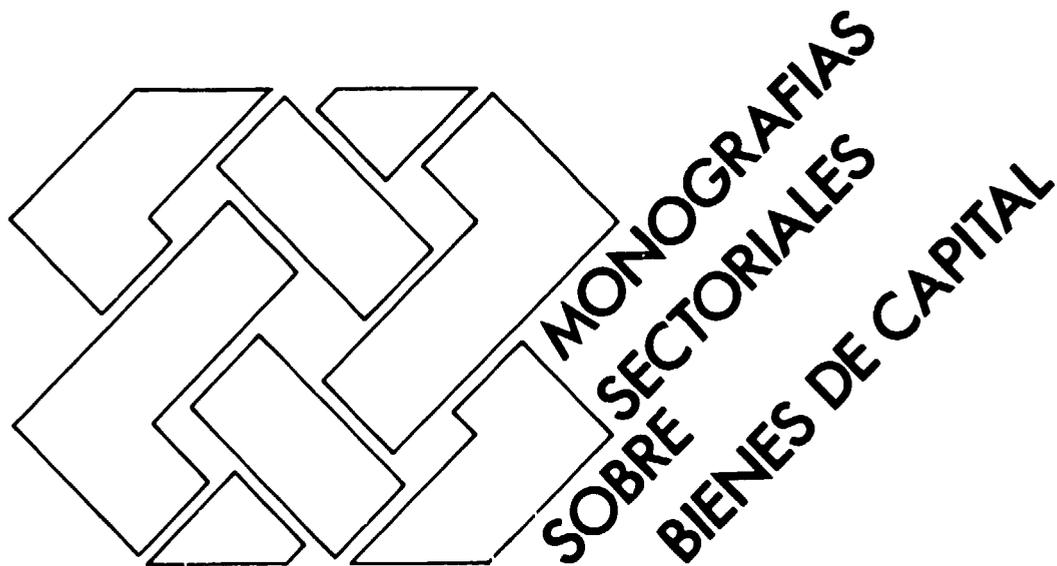
Núm. 4

# LA INDUSTRIA ELECTRONICA PROFESIONAL EN MEXICO

Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI

MEXICO, D. F., 1979

**nacional financiera, s. a.**



**Núm. 4**

**LA INDUSTRIA ELECTRONICA  
PROFESIONAL EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

NACIONAL FINANCIERA, S. A.  
Isabel la Católica Núm. 51  
México 1, D. F.

*La presente es la cuarta de las Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital elaboradas dentro del programa de trabajo del Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, como parte de los estudios detallados que viene realizando Nacional Financiera sobre la situación y perspectivas de esta industria de importancia estratégica para la economía nacional.*

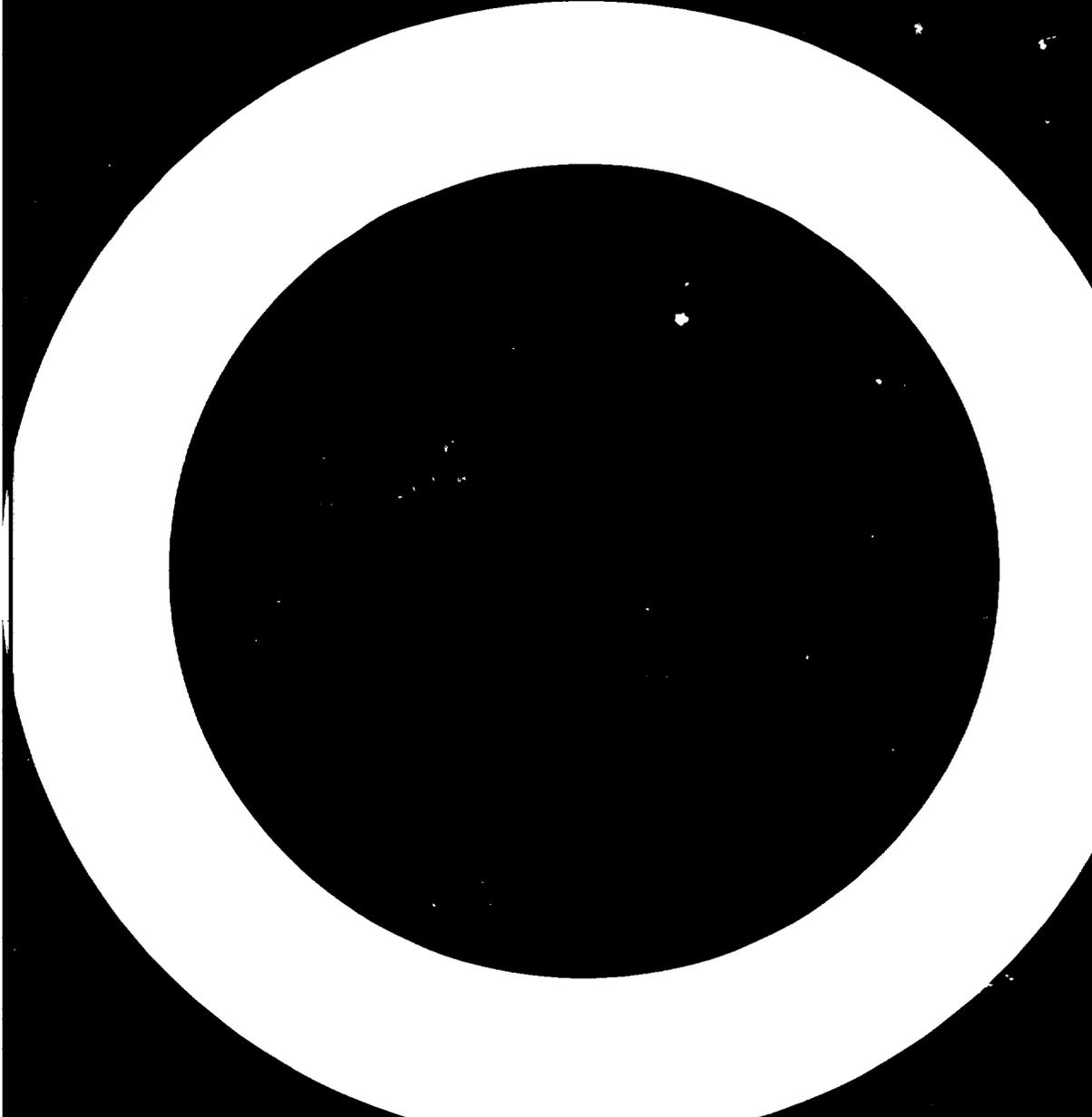
*En este documento se analizan algunos problemas conceptuales y de clasificación de los equipos de electrónica profesional; se incluyen los resultados de una investigación sobre el mercado de tales equipos; se examina la situación actual de la oferta nacional de los mismos; se señalan algunas medidas de política económica que podrían adoptarse para estimular este sector industrial; y se concluye con una identificación preliminar de las iniciativas de inversión que podrían llevarse a cabo para promover el desarrollo.*

*Para elaborar el estudio se dispuso de información que proporcionaron las asociaciones de productores y empresas fabricantes de este tipo de bienes, así como diversas entidades del sector público.*

*Mediante estas publicaciones, se desea contribuir a sistematizar la información para inversionistas actuales y potenciales, funcionarios del sector público encargados de evaluar esta industria y otros interesados. El propósito final sería otorgar orientaciones para llegar a instrumentar proyectos específicos de índole competitiva en los ámbitos nacional e internacional, siguiendo los lineamientos de política económica establecidos por el Gobierno Mexicano.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
Director General

NACIONAL FINANCIERA, S. A.



## CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	iii
I. Conclusiones y recomendaciones .....	1
II. Definición y clasificación del equipo electrónico profesional .....	5
A) Definición de los subsectores de productos .....	5
III. Aspectos conceptuales de la industria electrónica .....	7
A) Características específicas .....	7
B) Tendencias tecnológicas .....	9
IV. Investigación del mercado .....	17
A) Aspectos metodológicos .....	17
B) Perfil del mercado de equipo de telecomunicación .	19
C) Perfil del mercado de instrumentos de medición y prueba .....	29
D) Perfil del mercado de instrumentos para control de procesos .....	33
E) Perfil del mercado de computadoras y calculadoras .	45
F) Perfil del mercado de equipo biomédico .....	56
G) Perfil del mercado de componentes electrónicos y partes .....	61
H) Resumen del mercado .....	71
V. Situación de la producción .....	81
A) Estructura industrial .....	81
B) Calidad y control de calidad .....	82
C) Precios y productividad .....	83
D) Recursos humanos .....	84

	Pág.
E) Investigación y desarrollo electrónico en México . . . .	85
F) Instrumentos de política industrial . . . . .	86
VI. Medidas para apoyar la industria electrónica en México .	89
A) Tecnología . . . . .	89
B) Promoción de una industria independiente . . . . .	90
C) Exportación potencial . . . . .	91
D) Necesidades de capital y de personal . . . . .	93
E) Papel del sector público . . . . .	95
VII. Identificación preliminar de artículos para desarrollar su producción . . . . .	97
Anexo 1 Diseño y desarrollo típicos de un equipo de electróni- ca profesional . . . . .	99
Anexo 2 Proyectos de electrónica profesional auspiciados por instituciones y centros de investigación en México .	101
Índice de cuadros y gráficas . . . . .	105

## I. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La producción de electrónica profesional aporta alrededor de 3% del producto nacional bruto en el conjunto de los países con economía de mercado; pero su importancia económica es mucho más grande que lo que revela este indicador, debido al impacto tecnológico que tiene en todas las industrias y a su profunda penetración en las actividades de la sociedad en los últimos años. Por tanto, la promoción del desarrollo de la industria electrónica nacional no está motivada solamente por la necesidad de equilibrar la balanza comercial mexicana, sino también por la conveniencia de no depender en demasía de países extranjeros, en una área clave para el desarrollo y modernización de la industria en su conjunto.

El equipo electrónico hace uso intensivo de una tecnología que avanza rápidamente. Sin embargo, el avance tecnológico reside de manera primordial en los componentes, pues aunque el equipo es sofisticado, su diseño y fabricación son más simples. Por otra parte, es frecuente en la producción y ensamble de equipo electrónico el uso intensivo de cierto tipo de mano de obra calificada, de la cual se dispone en el país con relativa abundancia; esto sitúa a México en una posición ventajosa.

La investigación del mercado interno de equipo electrónico profesional revela una creciente demanda que aumenta anualmente a un ritmo de 14%. En 1977, el consumo total de productos electrónicos profesionales fue de 322 millones de dólares de los cuales 73% fue importado. De las importaciones de bienes de capital, entre 10 y 12% correspondieron a productos de electrónica profesional.

Para el propósito de la investigación de mercado que presenta este documento, el sector de electrónica profesional se dividió en seis subsectores y se elaboró un perfil de mercado para cada uno de ellos. El mayor de los subsectores está constituido por la producción local de telecomunicaciones, en tanto que la demanda de instrumentos de medición y prueba y la de equipo biomédico electrónico se cubren totalmente con importaciones. Los productos electrónicos hechos en México que se exportan en mayor cantidad son las calculadoras y los componentes semiconductores.

Se han hecho predicciones de mercado para los siguientes cinco y diez años, las cuales pre-

sentan un leve incremento de la producción local comparada con las importaciones. Sin embargo, durante los siguientes diez años, 68% de la demanda de equipo electrónico profesional tendrá que ser cubierta por importaciones. Se espera que el promedio del crecimiento anual de la producción interna durante este periodo sea de 17.2%, en tanto que las importaciones tendrán un incremento de 12.3% anual.

En vista del significativo impacto de la electrónica en casi todas las ramas de la industria, el consumo de cierto tipo de equipo electrónico profesional es indicativo del nivel tecnológico de un país.

La industria electrónica profesional que actualmente existe en México emplea aproximadamente 6 000 personas. Es una industria principalmente ensambladora que depende de empresas extranjeras en cuanto a tecnología y diseño de los productos y sus partes. El desarrollo de una industria local independiente está entorpecido por la falta de una extensa base de investigación y desarrollo, por la carencia de componentes con calidad profesional y por la escasez de personal con suficiente experiencia para dirigirla y supervisarla. Sin embargo, hay suficientes ingenieros graduados en electrónica y trabajadores industriales con el tipo de habilidad (destreza manual) que requiere una industria electrónica de ensamble.

Aunque la investigación de productos electrónicos es prácticamente inexistente en la industria, se lleva a cabo en muchas instituciones académicas. En estas instituciones se han identificado 89 proyectos de análisis de equipo electrónico y asimismo se han elaborado 75 prototipos de una gran variedad de equipos. Una coordinación de estos programas con los requerimientos industriales podría servir como base tecnológica para el desarrollo de una industria electrónica enteramente local.

Los principales objetivos de la promoción y aceleración del desarrollo de la industria electrónica profesional son la sustitución de importaciones y una reducción de la dependencia tecnológica y de diseño de los productos al utilizar capacidades existentes para la investigación y el desarrollo. Para esto, es necesario impulsar la industria local de componentes electrónicos de calidad profesional, no sólo para facilitar el deseado crecimiento,

sino también para aumentar el grado de integración en la producción actual.

Aun cuando el mayor incremento en la producción tendrá que depender de la utilización de tecnología y capitales extranjeros, no debe descuidarse la necesidad de desarrollar una industria mexicana independiente.

De los datos del mercado, se concluyó que en los subsectores de equipo de telecomunicaciones y de instrumentación para el control de procesos, la expansión y diversificación de la producción actual tendrá que provenir del crecimiento de las industrias existentes, en tanto que en los otros subsectores existe una gran oportunidad para formar nuevas empresas.

El crecimiento de la demanda de importaciones puede llegar a reducirse del 12.3% anual que actualmente se observa, a 5% en los próximos cinco años. Ello exigiría realizar inversiones de 49.3 millones de dólares, que darían lugar a un ahorro estimado de 324.2 millones en las importaciones. Se considera que para cumplir con los requerimientos de personal que necesitaría este programa, no existe mayor problema, ya que se cuenta con suficiente dotación de recursos humanos.

El sector público es el mayor consumidor de equipo electrónico profesional en México. Cubre 84% del consumo total, por lo que tiene gran influencia en el mercado y podría representar un papel importante en el desarrollo de la industria local si motivara a los productores nacionales a orientar sus programas de producción con base a sus futuras necesidades. En este mismo sector existe un cuerpo de ingenieros electrónicos dedicados ahora a funciones principalmente administrativas, que posiblemente podrían utilizarse para el diseño de sistemas internos o para el de productos, en cooperación con la industria manufacturera.

La producción mexicana de equipo electrónico profesional debería ser más bien selectiva y concentrarse en productos de mayor potencial. En el capítulo VII de este trabajo se ofrece una lista de los productos que, según los resultados de la investigación, son posibles candidatos para ser producidos en el futuro. Ahí se presenta un esquema para evaluar su potencial de producción sobre bases comerciales, financieras y tecnológicas. Se recomienda hacer una evaluación previa de ese potencial antes de iniciar un completo estudio de factibilidad.

Se derivan una serie de recomendaciones de las sugerencias y observaciones presentadas a lo largo de este estudio. Conciernen a varios problemas básicos y están dirigidas a facilitar y mejorar la situación de la industria electrónica profesional e impulsar su promoción, su crecimiento y su desarrollo, así como a mejorar la calidad de su producción, con la meta de hacer al país menos dependiente de las importaciones y de la tecnología extranjera.

1. Para apoyar un crecimiento acelerado de la industria electrónica de bienes de capital, se recomienda:

a) Hacer estudios de prefactibilidad sobre artículos con potencial de producción local, como se sugiere en el capítulo VII de este documento.

b) Establecer contactos con fabricantes extranjeros a fin de explorar las posibilidades de obtener asistencia técnica y financiera en relación con esta producción, y para apoyar el programa de expansión industrial que se discute en el capítulo VI.

2. En tanto que la industria local productora de componentes electrónicos no sea capaz de fabricar componentes con calidad profesional deberá facilitarse su compra en el exterior por los productores de equipos terminados, así como por las tiendas de servicio y reparación y las organizaciones de investigación y desarrollo. Es por esto que se sugiere racionalizar los requisitos de las licencias de importación para elementos electrónicos y partes usadas en los equipos profesionales. Además, los impuestos de importación deberán ajustarse para proteger en forma adecuada a la industria local de componentes, sin que los costos de producción de los fabricantes de equipo se incrementen excesivamente.

3. A fin de estimular la producción interna de componentes electrónicos con la calidad y confiabilidad necesarios para aplicaciones profesionales, se debe abrir a los fabricantes locales el mercado potencial de componentes profesionales que actualmente existe en las plantas maquiladoras. Se deben recopilar los requerimientos anuales, así como las especificaciones de los componentes que ahora importan dichas plantas para dar a los fabricantes locales la oportunidad de concurrir a este mercado competitivamente.

4. Puesto que en la actualidad las plantas maquiladoras fabrican componentes electrónicos para la exportación, ésta podría ser la oportunidad para venderlos en el mercado doméstico, ya que actualmente se tienen que importar de otros países.

5. Es una dificultad frecuente para los productores localizar fuentes de abastecimiento de partes, materiales o servicios específicos que necesitan en su producción, debido a que no hay un directorio industrial disponible en México. Se recomienda recopilar tal directorio y enlistar las industrias electrónicas existentes en el país, incluyendo datos acerca de su tamaño, líneas de producción, servicios que ofrecen y toda otra información de interés.

6. Se recomienda que toda la investigación sobre electrónica que se efectúa en México, en academias u otras instituciones, sea coordinada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para evitar duplicidad de esfuerzos y lograr una mejor utilización de los recursos existentes. Bajo el control del Consejo, los programas de desarrollo podrían dirigirse a encontrar canales de comercialización adecuados y la investigación podría encaminarse a generar tecnologías más útiles para el desarrollo industrial del país. El CONACYT también debería actuar como administrador de los proyectos de desarrollo de productos específicos que llevaran a cabo los institutos de investigación

y desarrollo existentes, en cooperación con los fabricantes nacionales.

7. Se debe promover la capacitación de trabajadores especializados y supervisores de producción de la industria electrónica, para lo cual es recomendable establecer una escuela vocacional similar a la del Instituto de Capacitación de la Industria Azucarera.

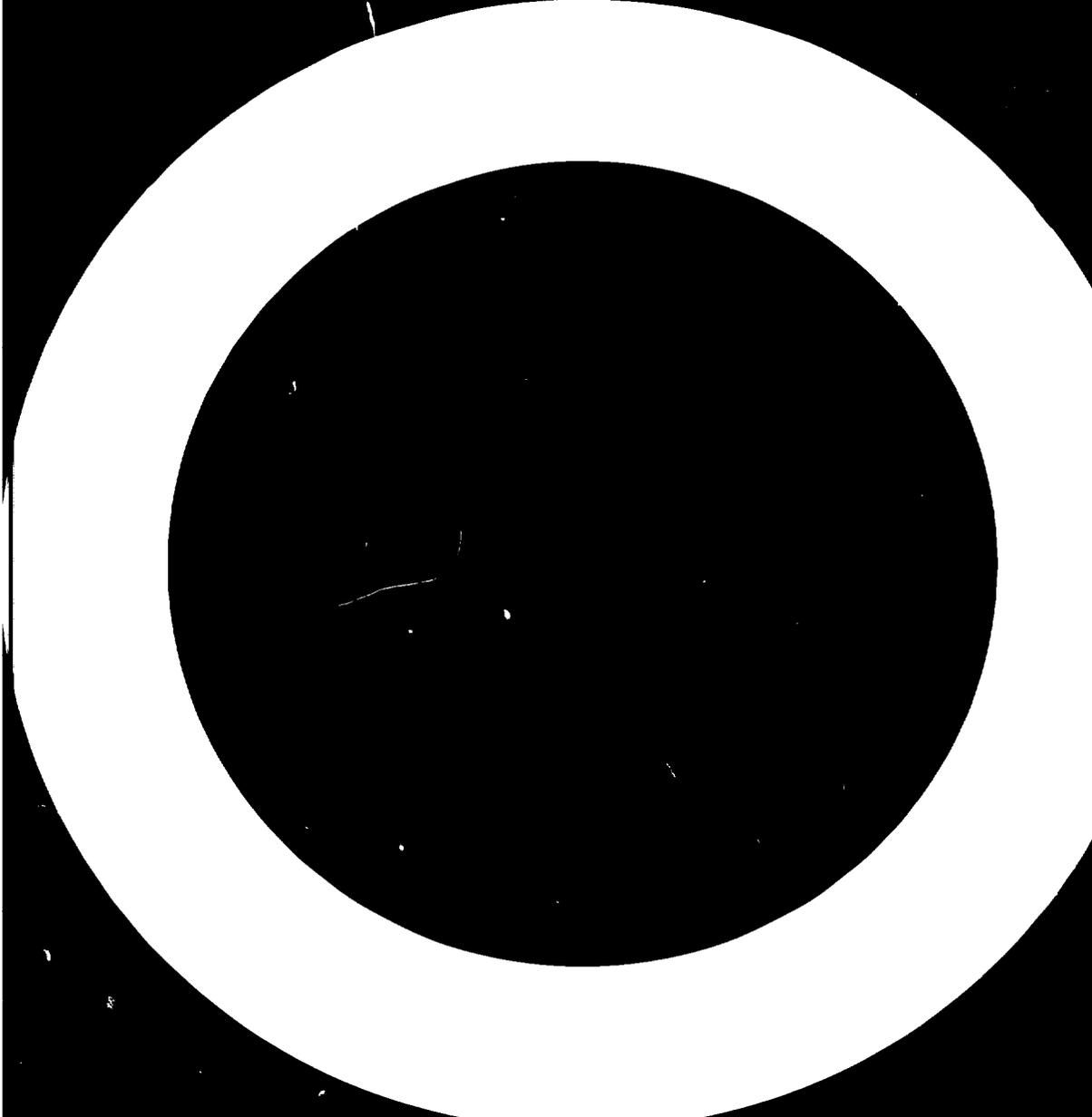
8. Se sugiere establecer un programa de becas industriales para el entrenamiento práctico de ingenieros graduados en electrónica, en el desarrollo de productos, ingeniería y tecnología de producción y organización, en el medio industrial de un país extranjero avanzado.

9. Se recomienda otorgar financiamiento más liberal a pequeños y medianos fabricantes independientes para aliviar su escasez de capital de trabajo y estimular su expansión.

10. Actualmente se otorgan concesiones especiales en los impuestos a los fabricantes que exportan manufacturas con más de 60% de integra-

ción nacional. Se recomienda tratar en la misma forma a todos los fabricantes nacionales que desean y son capaces de exportar, independientemente del grado de integración nacional de sus productos. Esto sería posible si los precios de los componentes y partes hechos localmente y los de los importados de la misma calidad, se ajustaran para ser comparables, de manera que el costo de los materiales y partes usados por los fabricantes locales se independizara del país de origen.

11. Todavía hoy en día existe una considerable falta de confianza en los productos hechos en México, debido a problemas que se han tenido con la calidad de las partes y productos fabricados localmente que disfrutan de protección contra las importaciones. Por esto, es necesario adoptar un programa activo para mejorar el control de calidad de la producción local y considerar algunas medidas que tiendan a modificar el proteccionismo excesivo hacia tales productos. Esto podría aumentar las oportunidades de exportación de los productos mexicanos al influir en el incremento de su calidad y la reducción de sus precios.



## II. DEFINICION Y CLASIFICACION DEL EQUIPO ELECTRONICO PROFESIONAL

Es necesario definir los subsectores individuales de productos incluidos en la categoría de electrónica profesional. El término "electrónica profesional" frecuentemente se usa para diferenciar el equipo electrónico especializado, del equipo para consumo general como son los televisores, radios y equipos de sonido para entretenimiento.

El equipo de bienes de capital está constituido por aquel equipo mecánico y eléctrico —así como las principales partes y componentes de éste— que se utilizan como maquinaria y equipo en las principales ramas de la producción. Esta definición incluye de manera general al equipo electrónico, el cual se usa sólo indirectamente como equipo de producción pero tiene una extensa aplicación en las principales ramas de la producción industrial. El equipo electrónico de bienes de capital desempeña un papel importante en el control de la maquinaria y en los procesos de producción y se usa como equipo de medición y servicio; incluye además equipo para aplicaciones médicas, así como computadoras y equipo de telecomunicaciones, los

cuales representan la mayor parte de los activos de las industrias de servicios.

Debido a la existencia de una gran cantidad de equipo electrónico de bienes de capital, se consideró conveniente dividirlo en varios subsectores, cada uno de los cuales está dirigido a un mercado diferente y formado por ramas especializadas de la industria manufacturera electrónica. Por la misma razón, fue necesario elaborar estudios de mercado separados para cada subsector.

Para los propósitos de esta investigación, el equipo electrónico profesional se ha dividido en los subsectores más comúnmente usados, en los cuales se incluyen componentes electrónicos que aun cuando no se pueden clasificar directamente como equipo de bienes de capital, son importantes para la producción, mantenimiento y reparación del equipo electrónico profesional (así como para el equipo de consumo), además de que la industria de componentes electrónicos es parte de la infraestructura tecnológica necesaria para el desarrollo del sector de equipo electrónico profesional en conjunto.

### A. DEFINICION DE LOS SUBSECTORES DE PRODUCTOS

Los seis subsectores de electrónica profesional que han sido investigados se definen a continuación mediante la lista de los productos principales que incluyen. Una clasificación más detallada se encontrará en los perfiles de mercado presentados en el capítulo IV.

#### 1. *Equipo de telecomunicación*

Equipo telefónico  
Telégrafos-teletipos  
Radiocomunicación  
Equipo de microondas  
Equipo para estaciones y estudios de televisión y radio  
Equipo para radio navegación (uso aéreo y marítimo)  
Radar, sonar

#### 2. *Instrumentos de medición y prueba*

Instrumentos para medir cantidades eléctricas  
Osciloscopios, oscilógrafos  
Analizadores de onda  
Equipo de prueba para elementos electrónicos, diodos, transistores, circuitos integrados  
Equipo de prueba para telecomunicaciones  
Equipo de prueba para microondas y alta frecuencia  
Generadores de señales (pulso, AF, HF)  
Analizadores de frecuencia y sintetizadores  
Instrumentos para la medición de radiación nuclear

3. *Instrumentos para control de procesos*

Instrumentos analíticos (medidores de pH, medidores Redox, cromatógrafos gas-liquidados, analizadores de gas, espectrofotómetros, etc.)

Fuentes de poder reguladas, CD/CA y convertidoras CD/CD

Sensores, registradores, indicadores, controladores, convertidores, transmisores, etc. para el control de procesos industriales

Actuadores eléctricos y válvulas de control

Controles numéricos para máquinas-herramienta

4. *Computadoras y calculadoras*

Computadoras digitales

Computadoras analógicas

Computadoras híbridas

Computadoras para control de procesos

Calculadoras impresoras

Equipo de entrada-salida

Equipo periférico (interface, multiplexers, modems, convertidores D/A, A/D, terminales)

Otras partes y accesorios

5. *Equipo biomédico*

Instrumentación de laboratorio para el análisis de líquidos en el cuerpo

Electrocardiógrafos, electroencefalógrafos

Equipo para la observación de pacientes

Unidades de cuidado intensivo

Equipo terapéutico (diatermia, ultrasónico)

Equipo médico de rayos X para diagnóstico y terapia

Medidores de dosis radioactiva y rayos X

Programas para computadoras médicas (software)

6. *Componentes electrónicos y partes*

Componentes pasivos

Resistencias

Capacitores

Bobinas y transformadores

Filtros y redes

Relevadores

Componentes activos

Tubos al vacío

Tubos de rayos catódicos

Diodos semiconductores, rectificadores

Fotodiodos

Transistores, tiristores, varactores

Circuitos integrados

Cristales piezoeléctricos y transductores

Partes

Conectores

Enchufes, sockets

Interruptores

Tabletas de circuito impreso

Hardware para microondas (plomera)

Fabricación de partes para semiconductores (oblas, cristales intratos, monturas, electrodos, encapsulados de metal, etc.)

### III. ASPECTOS CONCEPTUALES DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA

#### A. CARACTERISTICAS ESPECIFICAS

La industria electrónica, debido a la naturaleza específica de sus productos, muestra algunas características peculiares. Una breve descripción de ellas puede ser de gran utilidad.

a) La industria electrónica necesita de *investigación y desarrollo* relativamente intensos; esto se puede ejemplificar analizando las cifras de gasto que tuvo la industria norteamericana en investigación y desarrollo durante 1976, expresado como proporción de las ventas totales:

	%
Industria electrónica	2.8
Industria en conjunto (incluyendo electrónica)	1.9
Industria automotriz	2.5
Aparatos domésticos	1.1
Materiales para la construcción	1.0
Productos químicos	2.6
Productos de metal	1.2
Maquinaria	1.9

Los gastos de la industria electrónica en investigación y desarrollo son más altos que en la mayoría de las otras industrias. Sin embargo, dentro de la industria electrónica hay diferencias aún más significativas.

	%
Industria electrónica en su conjunto	2.8
Computadoras	5.7
Productos electrónicos terminados	2.2
Semiconductores	7.2

La alta inversión en las áreas de semiconductores y computadoras indica que estos subsectores son particularmente intensivos en tecnología y el gasto relativamente bajo en productos electrónicos

terminados sugiere que la complejidad tecnológica del equipo electrónico está principalmente en los componentes, los cuales simplifican el diseño de los productos terminados.

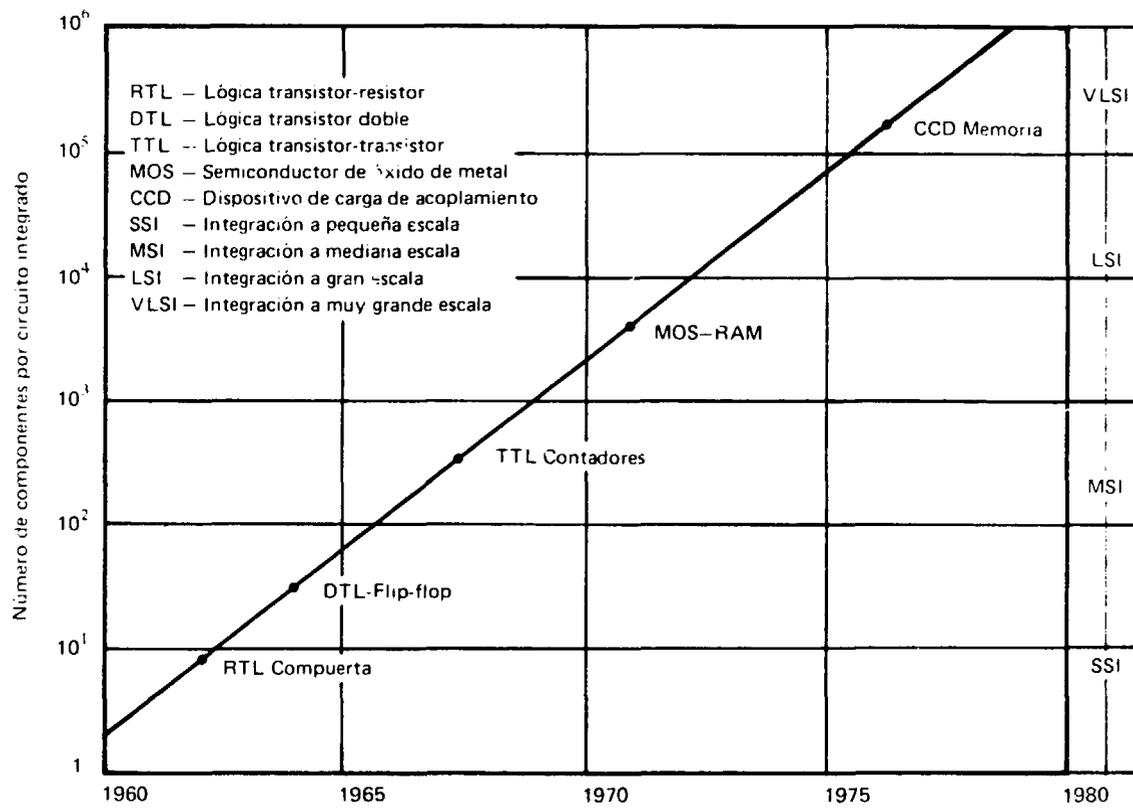
b) La industria electrónica tiene una *productividad más baja* (valor actual de las ventas por hora de trabajo) que otras industrias manufactureras, ya que su producción no puede realizarse mediante procesos completamente automatizados, por lo que el contenido de mano de obra es mayor en esta industria.

Esta afirmación no debe tomarse en forma estricta, debido a que la operación de ensamble con uso intensivo de mano de obra está disminuyendo gradualmente y la fabricación de circuitos integrados está ganando importancia. A pesar de eso, la electrónica sigue siendo una industria que crea más oportunidades de trabajo, por capital invertido, que otros sectores.

c) La manufactura de equipo electrónico no requiere *personal* altamente entrenado o capacitado como sucede, por ejemplo, en la fabricación de equipo mecánico. La mano de obra se utiliza principalmente en el ensamble, pero la precisión de los productos está principalmente dentro de los *elementos electrónicos que se usan y en un grado mucho menor en la forma como se ensamblan.*

d) El *tiempo de vida* de un producto está formado por su periodo de desarrollo y su periodo de ventas hasta el momento en que el producto, debido a la competencia o a las innovaciones, queda obsoleto. En vista de la creciente complejidad del equipo electrónico, en las últimas décadas se ha observado un cambio considerable en el cual el periodo de desarrollo se ha hecho más largo y la vida de las ventas activas se ha reducido; hace veinte años la proporción aceptable era 20% a 80% (es decir, 20% de la vida del producto se gastaba en desarrollo y 80% en ventas), pero ahora una proporción de 40/60 no es rara. Sin embargo, hay indicadores que muestran que esta tendencia se está invirtiendo debido a que parte del tiempo de investigación y análisis (desarrollo del circuito) ya es inherente en elementos electró-

Gráfica 1  
 EVOLUCION DE LOS SEMICONDUCTORES, 1960-1980



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con base en información de diversas publicaciones.

nicos avanzados. Los productos que utilizan completamente circuitos integrados típicos, muestran tiempos de investigación y análisis más reducidos.

e) La industria electrónica tiene una *recuperación de capital* relativamente baja. Por peso invertido es común tener en la industria de semi-

conductores una recuperación de 1.5, y en la de aparatos electrónicos terminados, 2.5, mientras que los empresarios esperan proporciones más altas. Esto puede explicar la renuencia de los inversionistas privados a arriesgar capitales en la industria electrónica.

## B. TENDENCIAS TECNOLOGICAS

El conocimiento de las tendencias tecnológicas es útil para el planificador industrial por varias razones: le ayudan a seleccionar la tecnología más apropiada para un producto específico o para una industria en particular y le permiten decidir cuáles resultados de los desarrollos tecnológicos que se han obtenido en otros países podrían utilizarse para el progreso de la industria local.

El progreso técnico también afecta el precio unitario del equipo electrónico, aún si sus funciones y utilidad permanecen iguales. Los avances en la tecnología electrónica (o más bien la completa utilización de ellos) frecuentemente permitirán mejoras y cambios en los diseños. La aplicación de una tecnología particular en la fabricación de un producto específico dará un indicio del desarrollo probable del mismo y de su precio futuro en el mercado mundial.

La incorporación de la predicción del desarrollo de la tecnología dentro de la estructura de la planeación industrial a largo plazo se está haciendo cada vez más importante, principalmente en la industria electrónica, en la cual los productos están aumentando constantemente en contenido tecnológico.

Durante las últimas tres décadas, la industria electrónica ha experimentado cambios drásticos debido al impacto de la tecnología de los semiconductores. El desarrollo de esta tecnología empezó con la invención del transistor y ha venido a revolucionar el diseño, así como la fabricación de los productos electrónicos, cuyo avance ha sido tan rápido que no ha tenido paralelo en la historia de la tecnología.

El transistor es el elemento activo del circuito. Inicialmente se fabricaba en una pequeña pieza de material semiconductor y pronto empezó a reemplazar a las grandes y costosas válvulas al vacío que consumían gran cantidad de energía. Años más tarde empezó a tomar forma el concepto de circuitos integrados semiconductores donde un gran número de transistores y todas las interconexiones necesarias se formaban en una sola pieza. Esta técnica se hizo práctica común con el desarrollo del proceso planar<sup>1</sup> para hacer transistores, que se implementó en 1959, lográndose con ello el inicio de la era de los circuitos integrados.

La baja disipación de calor de las uniones semiconductoras en los circuitos integrados hizo posible agrupar grandes densidades, y los constantes refinamientos en las técnicas de producción con-

dujeron a un aumento constante en la escala de integración. La gráfica 1 muestra que el número de elementos fabricados en un solo circuito integrado se ha duplicado cada dos años durante los últimos 18. Este desarrollo se ha basado en los continuos adelantos que se han tenido en los procesos, en los materiales y en los controles, más que en cualquier progreso en la tecnología. A fines de los años sesenta la fabricación de semiconductores se hacía en bases de metal y las densidades permitidas eran de alrededor de 100 transistores por milímetro cuadrado. Un cambio hacia la tecnología de los semiconductores con óxido de metal (MOS) permitió duplicar la densidad de elementos por unidad de área. Mejoras en los substratos, una mejor resolución en la fotolitografía, la eliminación de los ácidos y avances en las técnicas de evaporación, así como en otras técnicas de fabricación, contribuyeron al progreso continuo que se muestra como una línea recta en la mencionada gráfica. Hoy en día se pueden obtener circuitos que contienen más de  $2^{18}$  (262 144) elementos y se ha introducido la integración a muy grande escala (VLSI) como la tecnología microelectrónica que dominará en la próxima década.

Hasta ahora no se ha visto una desviación en la línea recta de la gráfica; a la larga será inevitable que la haya en el crecimiento potencial, pero esto será cuando se llegue a límites impuestos por la física. Hasta entonces, todavía será posible una reducción adicional de las dimensiones lineales de los semiconductores hasta 20% de las dimensiones actuales. Recientemente, en 1977, se anunció un proceso llamado V-MOS que reduce el tamaño del circuito en 40% y permite una operación más rápida y una fabricación más barata; sin embargo, los límites de resolución de la fotolitografía convencional (luz visible) prácticamente ya se han alcanzado y ahora se están probando nuevas técnicas, tales como la fotolitografía de rayos X, la escritura con el haz de electrones directo y el uso de los plasmas eléctricos para la reducción de los materiales; técnicas todas que permitirán agrupar una densidad 10 veces mayor dentro de unos 10 años.

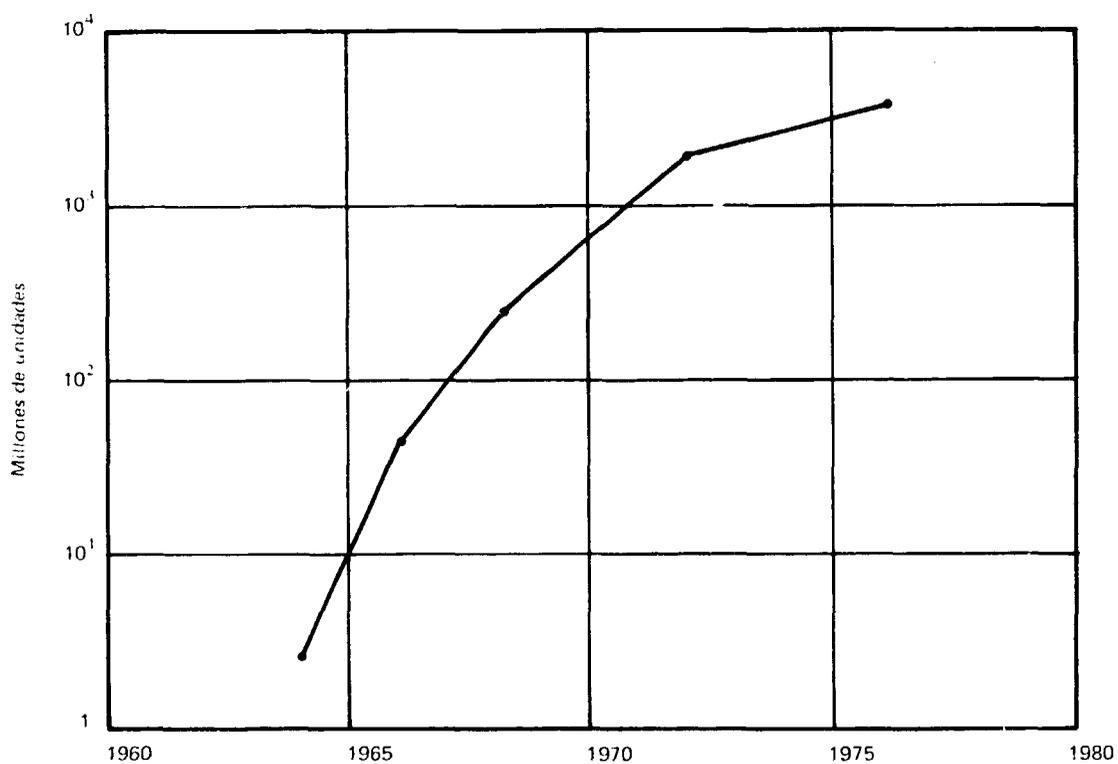
Junto con este desarrollo tecnológico, la producción de circuitos integrados ha ido creciendo cada año. Esto se muestra en la gráfica 2. La producción mundial en 1976 se calculó en 3 500 millones de unidades, habiéndose partido de una producción insignificante solamente 15 años antes.

La densidad siempre creciente en los circuitos y la microminiaturización de los elementos electrónicos, aun cuando son importantes para algunas aplicaciones, no han sido los aspectos más importantes de este desarrollo; la característica más

<sup>1</sup> Proceso planar: técnica especial en la producción de los semiconductores.

Gráfica 2

PRODUCCION MUNDIAL DE CIRCUITOS INTEGRADOS, 1960-1980



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con base en información de diversas publicaciones.

impresionante de la industria microelectrónica ha sido la persistente y rápida disminución del costo de una función electrónica dada. La mayoría de las industrias reduce sus costos en 20-30% cada vez que su experiencia se duplica (experiencia medida en función de su capacidad de producción). Examinando algunos datos de la industria de semiconductores se observa que el costo de los circuitos integrados ha disminuido 28% al año en los últimos 20, y esta tendencia se mantiene. En la gráfica 3 se muestra la función precio, resultante de graficar el precio promedio en relación a la producción anual de circuitos integrados. El costo por función electrónica ha caído aun más rápido (35% al año) desde que la complejidad de los circuitos ha ido aumentando conforme el precio disminuye.

El desarrollo de la tecnología de los semiconductores también ha sido extraordinario por ser uno de los pocos casos en la historia donde un progreso tecnológico de tan grandes consecuencias (algunos autores lo comparan en importancia a la invención de la máquina de vapor), no ha necesitado un aumento en el consumo de energía o en el valor de las materias primas. De hecho, comparándolos con los antiguos dispositivos, los semiconductores necesitan una cantidad de energía mínima para su funcionamiento y cantidades despreciables de materias primas, ya disponibles, para su fabricación.

La tecnología de los semiconductores o microelectrónica no sólo ha hecho que las funciones electrónicas sean mucho menos costosas sino que también sean más reproducibles y más confiables. La confiabilidad de los elementos semiconductores ha ido aumentando continuamente, como muestra la gráfica 4. Hoy en día es mucho mayor que la de los componentes mecánicos (remaches, soldaduras, articulaciones, engranes, ejes, etc.). Como comparación, se muestran en la misma gráfica unas barras horizontales que representan la confiabilidad de algunas partes mecánicas. A mediados de los años sesenta los componentes electrónicos sobrepasaron a los mecánicos en confiabilidad y desde ahí se impuso la tendencia a reemplazar partes mecánicas por elementos electrónicos.

Hace unos cuantos años, la tendencia en la microelectrónica era hacia la especialización y ello llevó al diseño de circuitos integrados para aplicaciones específicas que resultaban limitadas, mientras que el éxito de los elementos integrados se basaba en la producción masiva; el resultado fue la producción de miles de tipos diferentes de circuitos que se enlistaban en catálogos hechos por los productores dando lugar a confusión entre los diseñadores de equipo para encontrar el mejor circuito integrado para una aplicación específica. Hoy la tendencia, debido a las crecientes escalas de integración, es reducir el número de tipos diferentes para hacer que los circuitos se puedan usar más universalmente; el ejemplo más claro se presenta en los microprocesadores y se espera que continúe esta tendencia.

Los futuros desarrollos que se esperan en los semiconductores, aparte del aumento adicional en la densidad de elementos, serán en las nuevas tec-

nologías de memorias, tales como las memorias de burbujas magnéticas (que se espera empezar a utilizar en los años ochenta), los dispositivos superconductores uniones túnel y memorias accesibles con láser o con haces de electrones. Los microprocesadores serán los elementos integrados que más ampliamente se usarán en el futuro con un creciente impacto social.

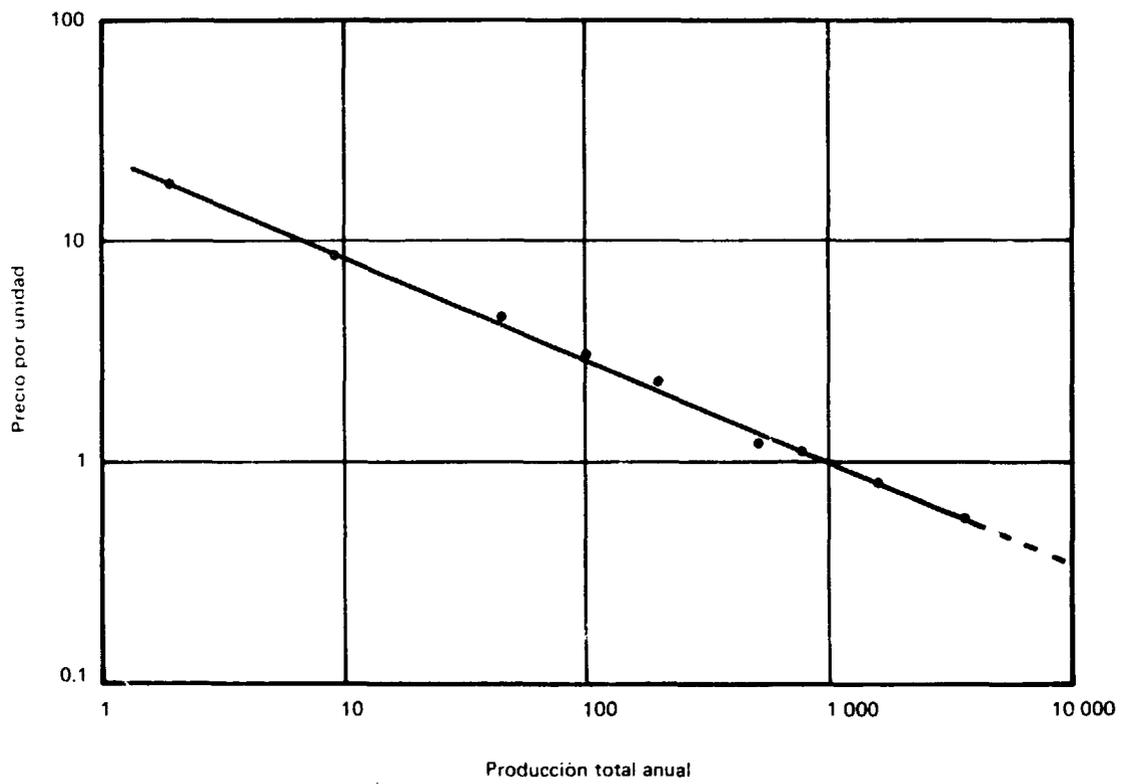
El precio siempre decreciente y la confiabilidad constantemente en aumento de los nuevos elementos electrónicos los ha llevado a aplicaciones universales en el diseño de equipos más pequeños y complejos, efectuando funciones que serían prohibitivas con el uso de la vieja tecnología de los tubos al vacío o de los elementos discretos; sin embargo, los elementos discretos todavía son necesarios. Los circuitos microelectrónicos son dispositivos de baja potencia, capaces de manejar y procesar señales electrónicas, pero debido a las altas densidades agrupadas, solemos lo hacen a niveles de microwatts. El aumento necesario en la señal de potencia, digamos en los displays o en la operación y control del equipo físico, solamente se puede realizar con elementos discretos. Por esto en todas las aplicaciones de potencia, los elementos semiconductores discretos jugarán un papel muy importante en el futuro.

Los componentes electrónicos convencionales, comparados con los semiconductores, han mostrado avances menos espectaculares. Sin embargo, los tubos al vacío se han mejorado y todavía se usan en gran número como tubos de rayos catódicos para equipos de medición y como displays visuales para terminales de computadora y de señales de video en televisión. Los tubos al vacío también son importantes como tubos de potencia para microondas (klystrons, magnetrones); y se han desarrollado tubos como interruptores de haces, capaces de aumentar la potencia de la señal de unos cuantos miliwatts hasta kilowatts en un solo paso a altas frecuencias, una hazaña que no ha sido igualada por ningún dispositivo semiconductor.

Los recientes progresos en los componentes pasivos incluyen el desarrollo de nuevos capacitores con baja impedancia, capacitores electrolíticos de alta frecuencia (tantalio de cuatro puntos) y una nueva unidad electrolítica con capas de aluminio cuya baja inductancia, baja resistencia en serie al equipo y alta capacidad de corriente de rizo la hacen ideal para utilizarse como fuente de poder.

En productos electrónicos terminados se predice que la microelectrónica permanecerá como la tecnología dominante por muchos años más, haciendo que el diseño y fabricación de equipo sea más simple y el uso de la mano de obra menos intensivo. Muchos conocedores de la industria están convencidos de que los productos que hacen uso total de los circuitos integrados avanzados tienen un mercado potencial ilimitado. Se puede apreciar el beneficio del creciente y óptimo uso de los circuitos integrados, en el hecho de que aún en productos terminados avanzados, menos de 10% de su costo ex-fábrica, pero alrededor de 90% de la complejidad técnica, está en los mismos microcircuitos. Actualmente, el rápido desarrollo de los

Gráfica 3  
FUNCION PRECIO DE CIRCUITOS INTEGRADOS



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAF1NSA—JNUDI, con base en información de diversas publicaciones.

elementos semiconductores ha alcanzado al diseño de equipo y esto ha creado un gran número de oportunidades empresariales.

Es significativo que muchos de los nuevos productos finales avanzados de hoy hayan sido, cuando menos al principio, diseñados, fabricados y comercializados por nuevas y relativamente pequeñas compañías. Como ejemplos comunes tenemos el reloj digital y los juegos de televisión.

Para 1987, se espera que el número de funciones electrónicas incorporadas al año en un amplio rango de productos, será 100 veces más grande que hoy. Para ese entonces, el costo por función habrá declinado a la vigésima parte del costo actual.

Los desarrollos futuros que se esperan en los subsectores individuales del equipo electrónico son los siguientes:

a) *Comunicaciones.* En el largo plazo, se piensa que la tecnología de las telecomunicaciones aumentará en importancia, ya que la expansión en la informática requerirá crecientes cantidades de transmisión de datos, voz y video a grandes distancias. La esencia del sistema de telecomunicaciones es el procesamiento de la señal, y la gran capacidad, alta confiabilidad, bajo costo y amplia aplicación de los dispositivos microelectrónicos los hacen ideales para tales propósitos. También es predecible, que mucho del desplazamiento personal necesario para el propósito de recibir o dar información será reemplazado en el futuro por la transmisión de datos, si están disponibles canales de comunicación con capacidad suficientemente alta. Hoy en día ya se están explorando nuevos sistemas: los sistemas de telecomunicaciones experimentales a base de fibras ópticas ya se están probando en Chicago y en Montreal, con un ancho de banda de 2 MHz en un solo haz de fibras de vidrio y requiriendo repetidoras únicamente cada siete kilómetros; en Inglaterra, las terminales de computadora han sido conectadas remotamente a través de cables de fibras de vidrio; y los sistemas de largo alcance usando rayos laser vía satélite parecen ser ya una realidad.

El procesamiento como señales digitales de señales de voz, video y radar encontrarán amplias aplicaciones. Se predice que aumentará el uso de los sistemas de comunicación digital usando modulación por código de pulsos (PCM). Se están investigando nuevos conceptos para aumentar la capacidad en los canales, tales como el TASI (*time assignment speech interpolation*), sistema de multiplexaje en tiempo de muy alta eficiencia. La grabación digital de señales de audio y video está ahora en una etapa experimental con la promesa de que tendrán una distorsión cero y una razón señal a ruido, infinita.

Usos adicionales de la microelectrónica en las comunicaciones incluyen filtros electrónicos activos para frecuencia de voz; sistemas telefónicos con switcheo y memoria; comunicaciones de alta frecuencia en el rango de los 10 MHz, en donde los microcircuitos usando chips de Si (silicio) o de GaAs (arseniuro de galio) eliminan los proble-

mas de demora; y tubos para cámaras de televisión a base de elementos de estado sólido.

b) *Instrumentación.* Al aumentar la disponibilidad de circuitos microprocesadores LSI, se originó una tendencia a desarrollar instrumentos "inteligentes", o sea aquellos instrumentos que no sólo entregan datos básicos sino que también los procesan sobre la base de parámetros de entrada específicos o de un programa de instrucciones. Un ejemplo puede ser un teodolito, el cual no sólo muestra distancias y ángulos en forma digital, sino que también da todos los datos derivados de estas medidas y los almacena en una memoria para graficar por medio de una computadora los perfiles de tierra. Otro ejemplo lo constituye un cromatógrafo de gas, el cual integra e identifica automáticamente picos individuales y se autocalibra de acuerdo a una muestra previamente conocida.

En el futuro, se usarán sistemas de medición automáticos, en donde muchos instrumentos "inteligentes" estarán conectados siempre que se tenga que hacer un gran número de medidas repetitivas (como en el caso de los procesos industriales en donde se realiza un control de calidad sobre el proceso en línea).

Muchas funciones electromecánicas que se realizan en instrumentos para el control de procesos, máquinas vendedoras, instalaciones de señales de tráfico, etc., serán reemplazadas por técnicas electrónicas. Cualquier producto o función que necesite ser programado o controlado, o necesite un control de tiempo, o efectuar decisiones, puede ser implementado idealmente con microcircuitos.

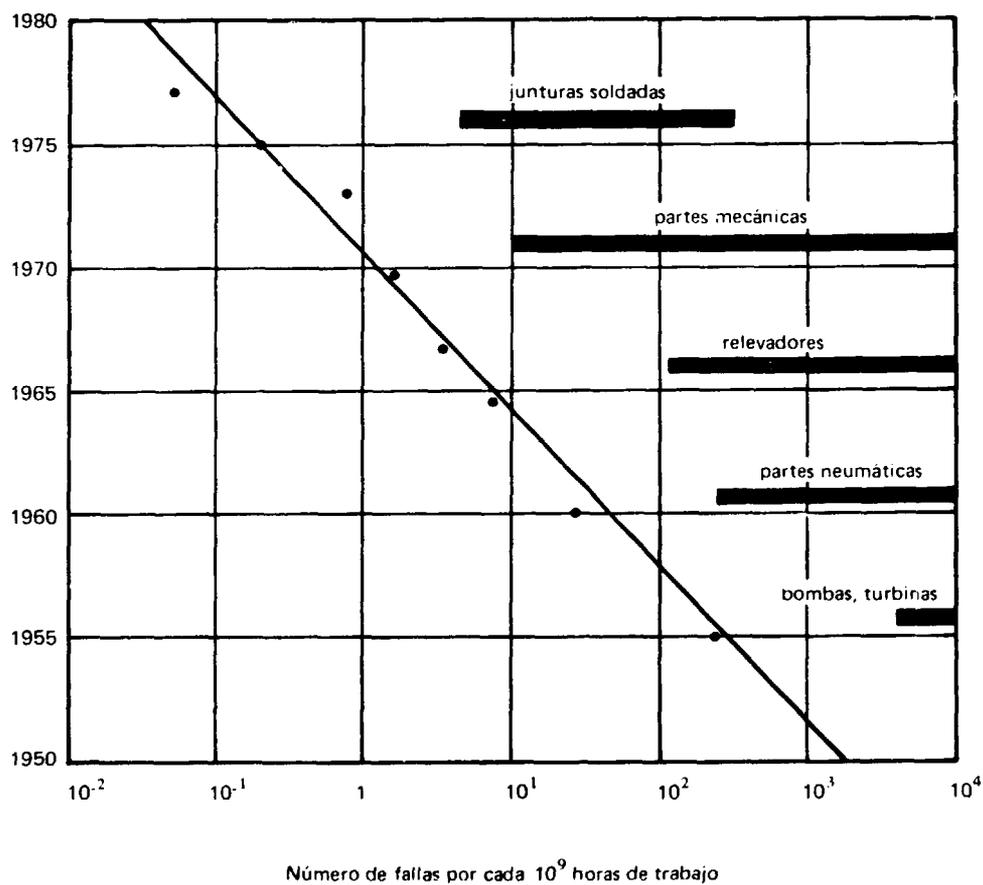
c) *Computadoras.* Las computadoras son las que han dado en el pasado los mayores impulsos al desarrollo de los microcircuitos y continuarán haciéndolo en el futuro. Se esperan aumentos adicionales en la escala de integración con la introducción de nuevas memorias de estado sólido de alta capacidad. El costo reducido y el aumento de potencia de las computadoras harán que éstas sean el producto electrónico más ampliamente usado en el futuro. En las industrias manufactureras, las computadoras auxiliadas por la tecnología crearán la nueva tecnología de las próximas décadas.

d) *Utensilios para el hogar y electrónica de consumo.* Los microprocesadores y otros circuitos LSI (con memorias programables) encontrarán grandes aplicaciones en lavadoras, máquinas de coser, cámaras fotográficas, hornos de microondas, etc., usando tarjetas perforadas o botones para programarlos.

Se introducirán desarrollos espectaculares en la televisión por medio de los tuners electrónicos a base de microprocesadores y con la extensión de los aparatos de televisión, que de simples receptores se convertirán en terminales de información visual que podrán presentar o demandar información específica, la cual se podrá recibir a través de canales de video, líneas telefónicas o generarse en una minicomputadora en el hogar mismo.

e) *Industrias no electrónicas.* El bajo costo y la alta confiabilidad de los componentes electrónicos llevará a aumentar sus aplicaciones en in-

Gráfica 4  
 CONFIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS SEMICONDUCTORES, 1950-1980



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con base en información de diversas publicaciones.

dustrias no electrónicas, donde reemplazarán partes mecánicas que efectúan funciones lógicas o de control en equipos y maquinaria mecánica. Como ejemplo, para el año de 1981 o 1982, ya se ha planeado introducir en la industria automotriz norteamericana sistemas microprocesadores de propósitos múltiples para el control de la economía del combustible, la transmisión, los frenos y los paneles de instrumentación. Los sistemas de diagnóstico a bordo indicarán el funcionamiento de todas las partes mecánicas importantes y el reemplazo de sistemas mecánicos por electrónicos llevará a una mayor confiabilidad y a un costo de mantenimiento más reducido. Se predice que para 1985, 10% del costo de un automóvil será originado por elementos electrónicos.

Las futuras tendencias en la industria electrónica se pueden resumir como sigue:

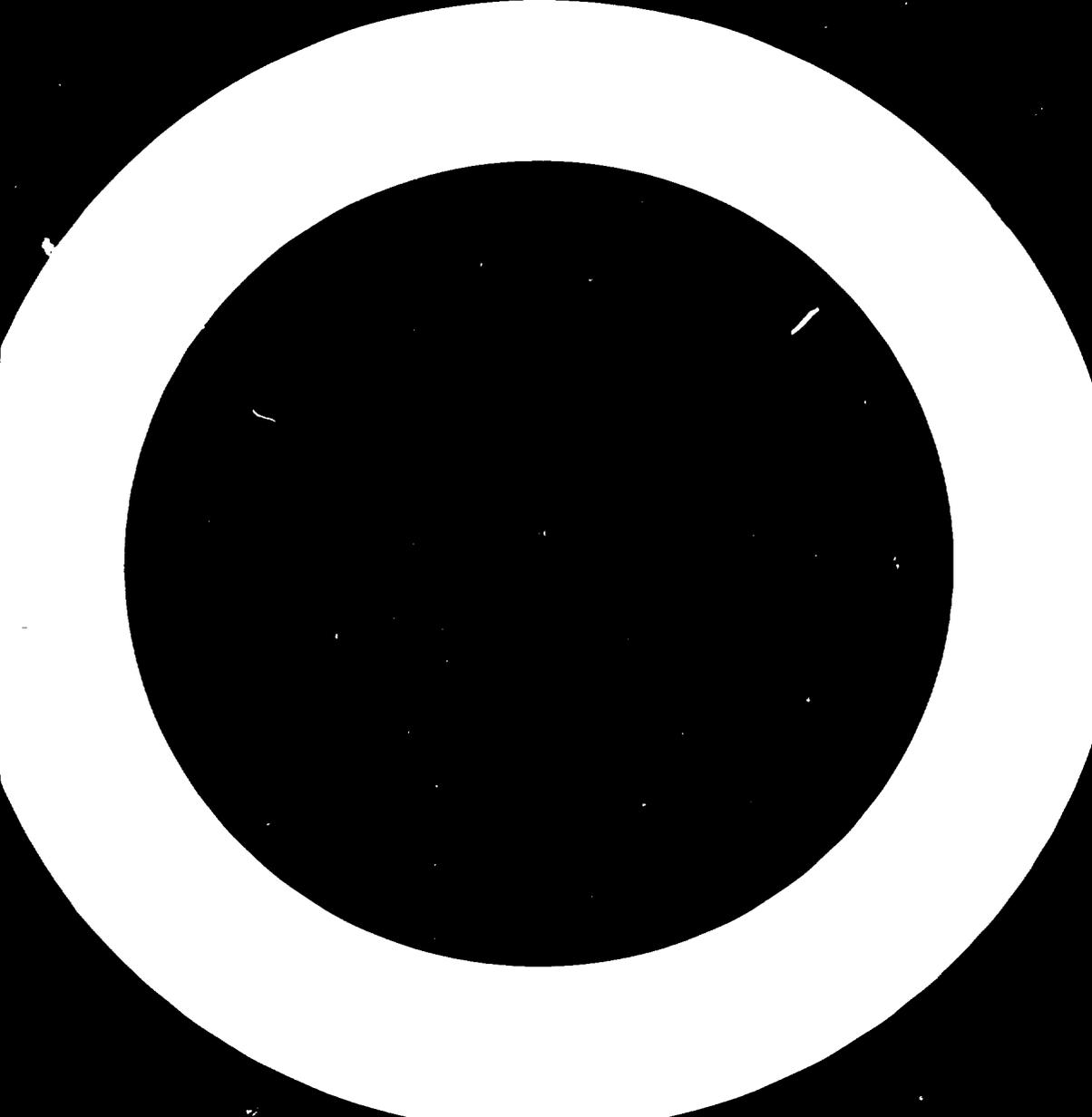
Aumento en la disponibilidad y una reducción continua en el precio de los circuitos LSI y VLSI, con una tendencia a pasar de aplicaciones de circuitos especializadas a generales.

Mayor concentración en el diseño sofisticado y en la tecnología de los elementos integrados.

Creciente reemplazo de dispositivos y funciones mecánicas y electromecánicas por electrónicas.

Disminución en la complejidad del diseño de productos terminados con aumento de la de los elementos electrónicos.

Una penetración más intensa de la electrónica en productos con rango industrial y de consumo aun más amplio en industrias no electrónicas, llevando todo ello a un crecimiento continuo y más rápido de la industria electrónica.



## IV. INVESTIGACION DEL MERCADO

### A. ASPECTOS METODOLOGICOS

La base principal para lograr una buena planeación industrial es una información adecuada del mercado. Esta información debe incluir datos acerca de la oferta y la demanda, importaciones y exportaciones, participación de la industria local en dicho mercado y las tendencias y patrones de crecimiento de todos estos conceptos en el pasado, presente y futuro. Como esta información no existía para el sector de electrónica profesional, la presente investigación se dedicó en parte a la recopilación de los datos que se consideraron más importantes.

Para determinar el tamaño del mercado se utilizó el procedimiento de sumar las importaciones a la producción nacional y del total restar las exportaciones. De esta manera se obtuvieron los datos para estimar el consumo aparente del sector.

En un principio, se planeó obtener la información necesaria consultando las estadísticas oficiales de importación y exportación, así como las cifras de producción, ventas, etc., de la industria local que reúnen las cámaras industriales o bien las oficinas gubernamentales encargadas de ello.

Sin embargo, se hizo evidente que este procedimiento no era adecuado, ya que las estadísticas oficiales adolecen de limitaciones; entre éstas, por ejemplo, se pueden señalar: dificultades para obtener cifras actualizadas, desglose insuficiente de las partidas arancelarias, obstáculos para efectuar una clasificación correcta del equipo que se importa o exporta y otros problemas de carácter similar.

Haciendo una comparación entre las cifras oficiales de exportación de Estados Unidos a México y las estadísticas de importación de los anuarios mexicanos, se observa que en algunas categorías se ha importado de ese país más del doble de lo que registran las cifras de importaciones mexicanas provenientes de todo el mundo. En cuanto a la industria nacional, no existen estadísticas que proporcionen datos completos de la producción anual y otros aspectos importantes.

En vista de lo anterior fue necesario utilizar métodos indirectos para la recolección de los da-

tos requeridos estableciendo contactos y realizando reuniones con varios organismos gubernamentales, con las secciones comerciales de las embajadas extranjeras de los países que exportan a México, con los ejecutivos de cámaras y asociaciones industriales, sociedades de profesionales, distribuidores, productores locales y principales consumidores (véase el cuadro 1).

Los datos oficiales de importación de electrónica profesional proporcionan el valor del equipo que se declara en los documentos de importación (en casi todos se refiere al monto de la factura). Si el equipo es importado por un distribuidor, éste generalmente presenta el precio de fábrica al que comúnmente no se le adicionan las ganancias ni los sobrepuestos. Los datos provenientes de las oficinas mexicanas de ventas o de los representantes de productores extranjeros consignan cifras de menudeo de importaciones directas para usuarios finales.

La política de ventas depende de cada uno de los proveedores; en función de los costos y gastos de las redes locales de ventas y servicios, las cifras de ventas al menudeo en México muestran aumentos de 25% a 150% respecto al valor de importación declarado.

Algunos equipos electrónicos profesionales se importan como parte de otra maquinaria (controles electrónicos para máquinas-herramienta, equipo de control para plantas de fuerza, turbinas, subsistemas electrónicos para la industria alimenticia, etc.) y no se presentan por separado en las estadísticas de importaciones o en las cifras locales de ventas. El consumo de ese equipo es difícil de estimar.

En las estadísticas de importación y exportación, las partes y accesorios generalmente se consideran por separado. Estos se excluyeron de los datos de importación siempre que fue posible, porque se usan casi exclusivamente para ensamblar partes y sistemas importados. Si estos valores fueran incluidos en los datos de importaciones, tendrían necesariamente que ser excluidos de las cifras de producción local para evitar una doble cuantificación. En consecuencia, al evaluar la

Cuadro 1

## ELECTRONICA PROFESIONAL: INFORMACION REQUERIDA Y FUENTES DE DATOS

Información requerida		F u e n t e s	
Primer nivel	Segundo nivel	Primer nivel	Segundo nivel
	Importaciones	Dirección General de Estadística y Censos	Anuario Estadístico de Comercio Exterior
	Exportaciones	Embajadas extranjeras US Trade Center Cámara Mexicana-Americana de Comercio	Estadísticas de los principales países exportadores Permisos de importación
Mercado	Consumo	Importadores Distribuidores	
	Producción nacional	Representantes de compañías extranjeras Asociaciones de exportadores	Estadísticas publicadas por: IMCE CANIECE CANAME AMFEMCA Cifras de producción de la industria nacional
	Tecnología	Mayores consumidores Asociaciones de productores	Departamentos de investigación de los mayores consumidores Cifras de ventas actuales y pronósticos de ventas
Industria nacional	Control de calidad y estándares de producción	Productores nacionales Organizaciones de servicio Cámaras industriales	Registros de transferencias de tecnología IX y X Censo Industrial
	Materias primas y partes	Secretaría de Comercio Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial	Revistas de comercio, locales y extranjeras y otras publicaciones
	Recursos humanos	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	Estadísticas de la industria y economía mexicana publicadas por BANAMEX
Recursos	Educación	Instituciones y organismos gubernamentales Asociaciones profesionales Escuelas industriales Universidades y escuelas técnicas	Banco Nacional de Comercio Exterior Estadísticas de NAFINSA Información estadística recolectada por el CONACYT

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, investigación directa.

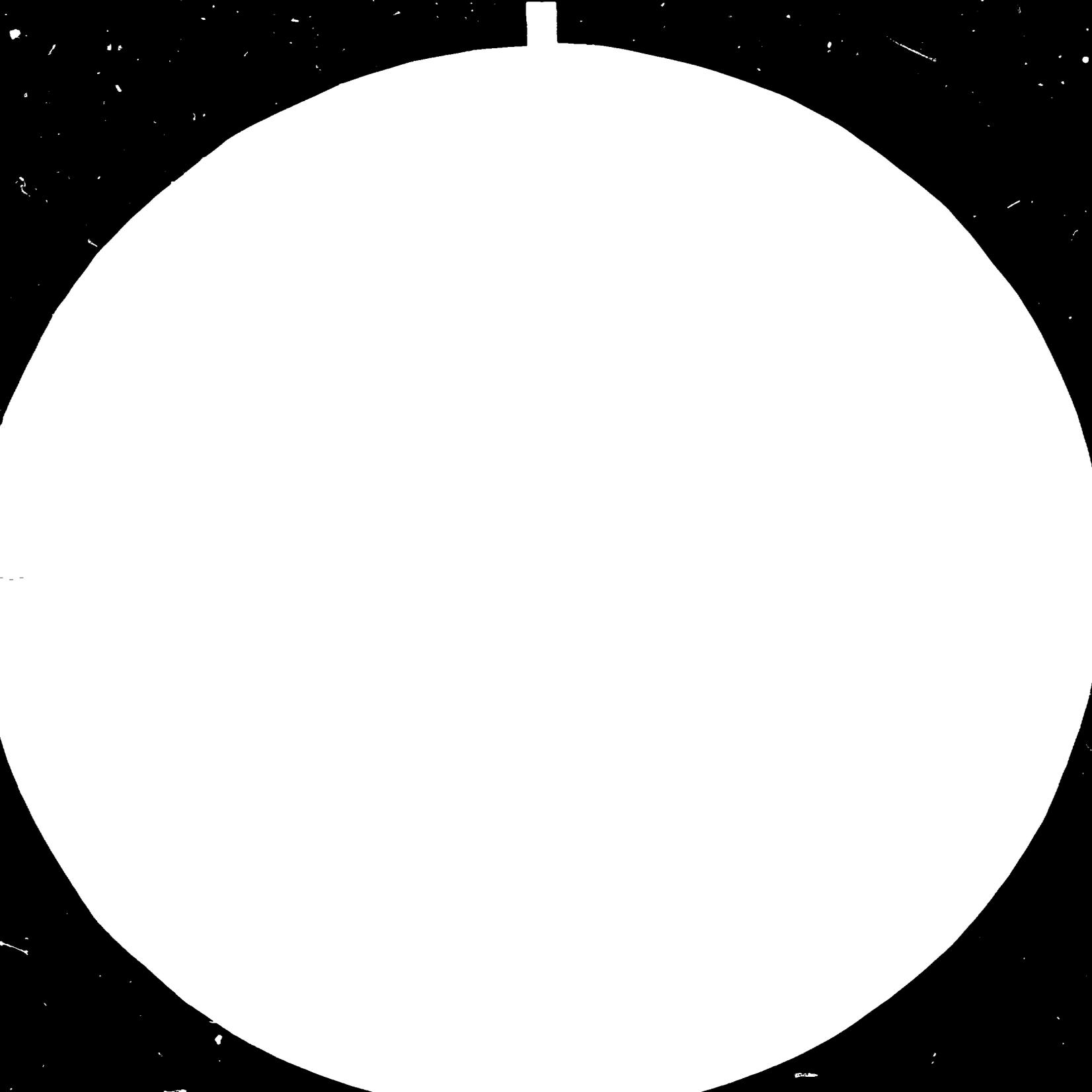
producción local, debe tomarse en cuenta esta parte del valor de la misma si se importaron partes y materiales. El grado de integración nacional de la producción está definido por la parte de los costos directos de producción originados en gastos locales (materias primas, mano de obra, gastos de producción pero no indirectos, como son los gastos de administración, costos de ventas y servicios, etc.) y varía de 15% (ensamblado de partes importadas) a 60%, con un promedio estimado de alrededor de 30%, lo que corresponde a un total de valor agregado de cerca de 50%.

Los datos faltantes fueron suplidos por estimaciones calculadas por interpolación y extrapolación sobre bases actuales, incrementos probables y otros indicadores económicos. La predicción de la futura demanda es particularmente difícil en

este momento. Está principalmente basada en los planes de inversiones de las grandes industrias consumidoras, en las ventas previstas de los grandes proveedores, en el esperado incremento de la penetración de la electrónica en las industrias no electrónicas, en las tendencias e inclinaciones tecnológicas, y en las pasadas y presentes tendencias de crecimiento económico.

Sin embargo, el crecimiento de la industria mexicana ha sido interrumpido varias veces durante el periodo que abarca esta investigación. A mediados de 1975, los permisos de importación para un buen número de productos electrónicos fueron temporalmente suspendidos; la devaluación de la moneda mexicana en septiembre de 1976 incidió adversamente sobre la producción industrial; y como 1977 fue el primer año de una nueva ad-

84.10.15  
AD.86.07





2.8

2.5

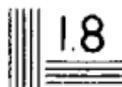
3.2



3.6



4.0



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A  
U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1963  
O - 348-084

ministración pública, la inversión mostró un comportamiento reservado.

Los grandes consumidores como Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad y la red de telecomunicaciones tienen en proceso de revisión sus planes de inversión para los próximos cinco a diez años; aunque no es probable que estos planes cambien drásticamente, cabe advertir que la proyección de la demanda puede variar, a pesar de que se mantengan los órdenes de magnitud.

En los siguientes perfiles de mercado para cada subsector, las proyecciones a 1982 sobre importaciones, exportaciones y consumo se hacen sobre la base de la información primaria disponible. En el subsecuente sumario de los datos del mercado para el total del sector de electrónica profesional, esas proyecciones se extienden hasta 1986 usando hipótesis razonables sobre la posible evolución de cada categoría, con tasas de crecimiento calculadas en base a tendencias históricas o pronósticos económicos e industriales disponibles.

Las cifras de consumo indican las compras actuales de los usuarios finales, pero no necesariamente reflejan sus futuras necesidades. Subsectores específicos de la electrónica profesional, como las computadoras, equipo biomédico e instrumentos de medición y prueba, están fuertemente influenciados por las tendencias de la moda y por agresivas tácticas de ventas que llevan a los usuarios a comprar equipo más complejo aunque no lo necesiten. Hoy en día, el equipo electrónico viene cada vez más sofisticado, con una cuidadosa información técnica para los posibles consumidores (particularmente en industrias no eléctricas), por tanto es necesario tomar decisiones de compra más cuidadosas.

Debido a la presente estructura de precios y a la existencia de barreras de comercialización (cuotas de importación o requerimiento de permisos de importación), es probable que la demanda mexicana de equipo electrónico de bienes de capital sea en el futuro apenas más elevada que la actual en las siguientes áreas: computadoras,

equipo de transmisión de datos, telex y radiocomunicaciones y componentes electrónicos (con calidad profesional).

En los siguientes perfiles de mercado la estimación de la demanda actual se hizo en forma detallada por producto hasta donde fue posible. Se indica si el producto es manufacturado localmente (fabricación o ensamble), si es importado y si la demanda se caracteriza por incremento o decremento, tomando como referencia las fuentes de suministro.

Las cifras se expresan en dólares. Esto se consideró conveniente por las siguientes razones. Dado que la mayoría del equipo es importado, se puede tomar como base el dólar, para comparar más fácilmente las importaciones provenientes de diferentes países y años, sobre todo, después de la devaluación del peso mexicano en 1976. Además, muchos de los pronósticos de ventas de las subsidiarias locales u oficinas de ventas de las compañías extranjeras están también dados en moneda americana, puesto que son preparados para ser usados por sus respectivas casas matrices. Para obtener los datos en pesos mexicanos se tendrían que usar los siguientes tipos de cambio:

		(Pesos por dólar)
Hasta 1975		12 50
1976	Enero-agosto	12.50
	Septiembre	20.04
	Octubre	20.76
	Noviembre	24.38
	Diciembre	20.20
	Promedio anual	15.45
1977		22.50

Todas las proyecciones de importaciones, exportaciones y consumo están también calculadas usando el dólar como base, para eliminar los efectos de las fluctuaciones del valor del peso en relación a esa moneda.

## B. PERFIL DEL MERCADO DE EQUIPO DE TELECOMUNICACION

### 1. LA RED NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

El sistema telefónico en México está bajo la jurisdicción de la Dirección General de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El 96% del sistema es propiedad de Teléfonos de México, S. A., compañía con 49% de participación privada y 51% de participación gubernamental. El restante 4% del sistema es propiedad de dos pequeñas empresas que operan cerca de la frontera de México con Estados Unidos: la Telefónica Nacional y la Telefónica Fronteriza.

El sistema telefónico mexicano originalmente fue desarrollado por dos compañías que a la vez

eran sus propietarias: la compañía sueca L. M. Ericsson y la norteamericana International Telephone and Telegraph Corp. (ITT). En 1947 se creó Teléfonos de México, S. A., que se hizo cargo de las propiedades de la Ericsson y la ITT. En 1958, un grupo de inversionistas mexicanos compró todas las acciones de Teléfonos de México que eran propiedad de compañías extranjeras.

El desenvolvimiento histórico de la Ericsson y la ITT en el sistema telefónico mexicano explica por qué ambas compañías han establecido subsidiarias en México para ahastecer a Teléfonos de México ya sea a través de importaciones, ensamble local o producción, de todos aquellos equipos que con mayor frecuencia necesita. Hoy en día

Cuadro 2

## MEXICO: DEMANDA DE EQUIPO DE TELECOMUNICACION

Productos	Demanda 1			Productos	Demanda 1		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
a) Equipo telefónico y telegráfico				Estaciones de control central			D F
Conmutadores para centrales telefónicas (electromecánicos y electrónicos)		D		Sistemas de localización de personas			D
Pequeños (menores de 1 000 líneas)				Sistemas de señalización			D
Medianos (1 000 - 3 000 líneas)				Vehículos con radio móvil (45 W, 8 canales)			D
Grandes (más de 3 000 líneas)				Equipo de televisión para circuito cerrado			
Conmutadores privados (PBX)				Monitores			D
Pequeños (3 - 40 líneas)				Convertidores de forma de video			F
Medianos (40 - 200 líneas)				Consolas de control			D
Grandes (más de 200 líneas)				Cámaras de televisión			F
Equipo de transmisión				Equipo de microondas			
Sistema carrier para abcnados rurales		D+		Equipo para transmisión de voz			F
Equipo multiplex para sistemas carrier		F		Radio Digital (PCM)			F
Sistemas coaxiales		D+F		Consolas de control	F		
Equipo multiplex con división de frecuencia		D+F		Equipo interfase para video		F	
Digital T-1 carrier multiplex (PCM)		F D		Antenas parabólicas para microondas			D F
Equipo para usuarios finales				Guías de onda			
Equipo para intercomunicación		D		Amplificadores y receptores de bajo ruido			F
Aparatos telefónicos (de disco o botones)			D	Transmisores de microondas			
Dispositivos para conectar teléfonos		F		Convertidores de frecuencia			F
Dispositivos para grabación		F		Consolas para el control de microondas			F
Equipo facsímil, digital o analógico		D		c) Equipo para comunicación de datos			
Teleimpresores			D	Modem (baja, intermedia, alta velocidad)			FD+
Equipo para conferencias múltiples		D		Multiplexores (datos analógicos y digitales)			F D
Equipo automático de disco y selección de rutas para larga distancia		D		Concentradores de datos			F
Call directors		D		Interruptores de mensajes electrónicos			F
b) Radiocomunicación y microondas				Circuitos electrónicos de switcheo de datos			F
Radio móvil				d) Equipo para estaciones de radio y televisión			
Transmisores		F		Transmisores			F
Receptores		F		Cámaras de televisión			F
Transreceptores		F D		Grabadoras de video y audio			F
				Equipo de estudio			F

Los símbolos de esta columna significan:

D: Producto manufacturado localmente (fabricación o ensamble).

F: Producto importado.

+ : Incremento de la demanda.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

estas dos empresas que ahora se llaman Teleindustria Ericsson, S. A. (60% capital sueco y 40% capital nacional) e Industria de Telecomunicación, S. A. (INDETEL) (40% norteamericano y 60% mexicano), son las únicas abastecedoras de equipo telefónico (conmutadores, centrales privadas, equipo para suscriptores, etc.) a Teléfonos de México.

Hasta enero de 1977, había en México aproximadamente 3.5 millones de teléfonos de los cuales 97.3% tenían acceso al sistema local automático. Alrededor de 291 poblados y ciudades tenían servicio directo de larga distancia. A principios de 1976 solamente las tres ciudades más grandes: México, Guadaluajara y Monterrey, podían marcar directa-

mente a 21 países de Norteamérica, Sudamérica y Europa por satélite; ahora, 49 ciudades más han sido incluidas en el sistema de larga distancia internacional. En una forma u otra, México puede comunicarse por teléfono con 54 países.

Entre 1972 y 1977, el sistema telefónico casi ha doblado su capacidad, con una expansión media anual de 13.9%. Esta tendencia se observa en el cuadro 3. En 1977 hubo 58 teléfonos por cada 1 000 habitantes, comparado con 36 que había en 1972.

Cuadro 3

MEXICO: TENDENCIA EN EL CRECIMIENTO TELEFONICO, 1972-1977

Concepto	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Número de teléfonos en servicio	1 900 080	2 163 431	2 481 455	2 844 871	3 233 374	3 638 726 <sup>1</sup>
Número de teléfonos por 1 000 habitantes	35.6	39.2	43.4	48.1	52.9	57.5 <sup>1</sup>
Ciudades servidas	2 651	2 770	2 875	3 018	3 419	3 744
Circuitos de larga distancia (km)	5 121 197	5 856 657	7 067 543	8 118 955	10 323 587	12 591 700
Inversión anual en la expansión telefónica (millones de dólares)	146.66	161.23	222.24	240.05	255.00	272.00 <sup>1</sup>
Inversión anual total, incluyendo costo de la mano de obra (millones de dólares)	181.99	185.86	246.78	310.24	324.24	—
Crecimiento promedio anual 1972-1977 (%)						
Inversión	13.1					
No. de teléfonos	13.9					

<sup>1</sup> Programado; las cifras reales todavía no están disponibles.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Teléfonos de México, S. A., y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La principal concentración, como se podía esperar, es en la ciudad de México, donde ya en 1971 había más de 120 teléfonos por cada 1 000 habitantes, comparado con el promedio nacional que era de 32.8. Esta concentración ha aumentado en los últimos cinco años.

La expansión del servicio telefónico en 1977 se muestra en el cuadro 4. Los nuevos conmutadores telefónicos adicionaron 51 125 líneas y la expansión de las centrales existentes proporcionaron 185 850 líneas más, para un total de 236 975.

El cuadro 5 proporciona la inversión propuesta por Teléfonos de México para los años 1973-1980. Sin embargo, como el presupuesto fue establecido antes de la devaluación de septiembre de 1976, to-

davía se encuentra en proceso de revisión y las nuevas cifras de las inversiones reales de 1977 y los gastos programados para el periodo 1978-1980 aún no están disponibles. Solamente fue posible obtener información parcial del presupuesto de 1978 y 1979 para equipo de larga distancia, el cual muestra un gran incremento sobre los planes originales, que corresponde esencialmente a la nueva paridad entre la moneda mexicana y el dólar. De acuerdo a esta última información proporcionada por la Gerencia de Proyectos de Teléfonos de México, la inversión total en equipo, terrenos y edificios; cables y mano de obra, será de alrededor de 4 500 millones de pesos (unos 200 millones de dólares), de los cuales aproximadamente 50% será para equipo operacional. Se espera que el crecimiento anual sea de cerca de 14%.

Cuadro 4

EXPANSION DEL SERVICIO TELEFONICO AUTOMATICO POR TELEFONOS DE MEXICO, S. A., EN 1977

Centrales telefónicas automáticas	Tipo	Capacidad total	Número de líneas en áreas metropolitanas
Total nuevas líneas		236 975	87 000
Centrales nuevas	PC - 1000	25 200	—
	ARF	21 600	18 000
	AKK	4 125	—
	PC - 32	200	—
Expansión de las centrales existentes	PC - 1000	88 500	—
	ARF	90 800	69 000
	AKK	4 750	—
	PC - 32	1 800	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Gerencia de Proyectos de Teléfonos de México, S. A., y la Dirección de Telefonía, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Cuadro 5

PROGRAMA DE INVERSIONES DE TELEFONOS DE MEXICO, S. A., 1973-1980<sup>1</sup>

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
TOTAL <sup>2</sup>	91.55	122.89	135.38	143.86	154.0 <sup>1</sup>	165.60	177.69	191.05
Centrales telefónicas	55.62	68.80	73.80	79.54	85.69	92.56	100.01	107.93
Equipo de larga distancia	12.19	19.58	25.90	27.92	30.08	32.48	35.04	37.84
Tableros manuales	1.85	5.44	2.83	3.20	3.35	3.52	3.76	4.00
Subtotal	69.66	93.82	102.53	110.66	119.13	128.56	138.81	149.77
Equipo de Microondas, PCM	19.95	26.98	29.98	30.40	32.00	34.08	35.84	38.16
UHF	1.94	2.09	2.97	2.80	2.88	2.96	3.04	3.12
Subtotal	21.89	29.07	32.85	33.20	34.88	37.04	38.88	41.28

<sup>1</sup> Incluye mano de obra y excluye construcción, cables y planta de fuerza.<sup>2</sup> Crecimiento anual promedio, 11.1%.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Gerencia de Proyectos de Teléfonos de México, S. A.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha asumido la responsabilidad de desarrollar la telefonía rural en el país debido a que ésta involucra un alto costo de instalación en áreas poco pobladas por lo que resulta un riesgo comercialmente no redituable. Sin embargo, el servicio rural es proporcionado por Teléfonos de México. A fines de 1976, un total de 3 419 comunidades rurales, en muchos casos con menos de 2 000 habitantes, habían quedado incluidas en la red telefónica rural.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes también ha usado la telefonía rural como campo de pruebas de nuevos sistemas telefónicos. Por ejemplo, todos los sistemas de switcheo digital de estado sólido (que se importaron de Francia) serán instalados en una área rural en el sur del país. El sistema, con una capacidad total de 100 000 líneas, será entregado en 1979 inicialmente para 20 000 suscriptores. El Centro de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones (CIDET) será responsable de la instalación y prueba del sistema. Si este demuestra ser confiable será transferido a Teléfonos de México, que se encargará de su operación.

La confiabilidad del sistema mexicano de telefonía se considera alta, con una eficiencia de 99% (promedio de llamadas nacionales logradas) y un porcentaje ligeramente menor para llamadas internacionales.

Técnicamente hablando, el equipo instalado en las grandes ciudades del país es comparable al de cualquier nación industrializada. La primera central semielectrónica para tráfico local opera en Guadalajara con una capacidad de 40 000 líneas (Sistema Metacont, INDETEL). Otros sistemas semielectrónicos como los AKK y AKE, que se usan como equipo de tránsito para el servicio de larga distancia, están instalados en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara. Estos sistemas son de lo más moderno en el mundo. Los sistemas semielectrónicos son los únicos importados por Teléfonos de

México; todos los demás proyectos de expansión se llevan a cabo con equipo ensamblado localmente con varios grados de integración de componentes producidos en el país.

Los principales sistemas de conmutadores centrales telefónicos que operan en México, son los siguientes:

Sistema	Empresa productora	Capacidad (líneas)
<b>Electromecánico</b>		
<i>(Rotary switching)</i>		
PC-32	INDETEL	4 000
AGF	Ericsson	40 000
<b>Cross-bar</b>		
PC-1 000	INDETEL	40 000
ARF	Ericsson	10 000
<b>Semielectrónicos</b>		
Metacont	INDETEL	40 000
AKK	Ericsson	2 000
AKE	Ericsson	40 000

Adicionalmente a la red telefónica pública, Petróleos Mexicanos (PEMEX) instaló su propia red de comunicaciones para conectar todas las instalaciones que tiene en el país. La red consiste de líneas de microondas y equipo telefónico de frecuencia portadora UHF. De la misma manera, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que posee y opera las plantas generadoras de electricidad y las líneas de transmisión en el país, tiene un sistema de telecomunicaciones de frecuencia portadora con sus líneas de alta tensión, para su uso interno.

Otras facilidades de telecomunicación y transmisión de datos se obtienen de la red telegráfica,

de la red nacional de microondas y de las telecomunicaciones vía satélite.

La red telegráfica cubre las principales ciudades del país. El servicio se presta a través de la Dirección General de Telégrafos Nacionales, mientras que el servicio del sistema nacional de telex se maneja a través de la Dirección General de Telecomunicaciones.

El servicio de telex se inició en 1957 y se unió a la red internacional, primero con la Western Union de Estados Unidos en 1960 y después, en 1961, con el resto del mundo a través de un radio circuito sobre la banda de 10 m con dispositivos para detectar errores y con una terminal en Nueva York. El presente sistema nacional es una red tipo estrella con cinco centros nodales en las ciudades de México, Monterrey, Hermosillo, Guadalajara y Coahuila. La red permite una velocidad de transmisión mayor a 200 bauds (caracteres por segundo).

El tráfico internacional es manual con Guatemala y Costa Rica y existe contacto semiautomático (por medio de satélite, microondas, cable o radio) con Estados Unidos, Canadá, América del Sur, Europa y Japón.

La demanda de usuarios que quieren estar conectados al sistema telex es mucho mayor que la que puede satisfacerse actualmente. Aparentemente los problemas se derivan de una capacidad insuficiente en la red (pues las teleimpresoras ya se producen en México) que hace que los suscriptores tengan que esperar más de dos años para que sus solicitudes sean aprobadas por la Dirección General de Telecomunicaciones.

El sistema teleográfico en México está dividido en dos secciones, el sistema nacional y el sistema internacional. Los dos están interconectados pero funcionan como unidades separadas. El sistema nacional es operado por la Dirección General de Telégrafos Nacionales y el internacional por la Dirección General de Telecomunicaciones. Este último tiene cinco estaciones: ciudad de México, Monterrey, Mérida, Guadalajara y Veracruz, las cuales están completamente automatizadas. El sistema nacional tiene ocho centrales completamente automáticas, cinco de las cuales usan sistemas PED (procesamiento electrónico de datos) con computadoras DC-100.

Además del sistema teleográfico nacional, los Ferrocarriles Nacionales de México tienen un sistema propio con alrededor de 52 000 kilómetros de líneas, así como un sistema de frecuencia portadora para comunicación de voz.

La red nacional de microondas está constituida de 76 estaciones terminales, 211 repetidoras y seis repetidoras pasivas, con capacidad total de 8 millones de kilómetros de circuitos para uso telefónico, y 45 000 canales-kilómetro para televisión, con 27 000 canales-kilómetro en reserva. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes controla y opera este sistema, que también se usa para transmisión de datos.

La red de microondas para servicio telefónico de larga distancia está en constante ampliación;

sólo en 1976, se le agregaron nueve sistemas de microondas para más de 960 canales; 34 sistemas con capacidad mayor de 300 canales; 103 sistemas de 24 canales, 200 equipos multiplex para sistemas de larga distancia; y 290 sistemas carrier con capacidad de 1 a 16 canales.

El Gobierno se encarga de controlar la adquisición de modems para equipos que procesan datos, o sea que es el único comprador de modems importados. Estos vienen de Estados Unidos, Francia y Alemania, pero Francia abastece la mayor parte; se estima que el mercado de modems es de alrededor de 5.5 millones de dólares.

La estación terminal del sistema de microondas está ubicada en Tulancingo, Hidalgo, y es la que une al sistema con el satélite de Comunicaciones Intelsat 4F2,<sup>2</sup> localizado sobre el Océano Atlántico. La capacidad de la estación es de dos circuitos unidireccionales de televisión de color, dos canales de sonido unidireccionales de 12 000 Hz y nueve canales de 4 KHz; además 132 canales telefónicos bidireccionales, que renta la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a Teléfonos de México. Debido a que esta estación ya está trabajando a toda su capacidad, hay planes para construir una nueva, cercana a la anterior, con la cual se espera duplicar la presente capacidad. La construcción se iniciará en 1979. Las cifras sobre inversiones para este proyecto aún no se han publicado y la cantidad que se gastará en la compra del equipo para conectar con el satélite todavía no se precisa.

En México no hay redes dedicadas exclusivamente a la transmisión de datos. Los planes originales que se elaboraron para contar con una red dedicada exclusivamente a este servicio se olvidaron después de conocer los resultados de un estudio que elaboró Teléfonos de México. Se ha establecido una red de transmisión de datos, usando las redes actuales de microondas y teléfonos, que conecta las siguientes ciudades: México, Guadalajara, Monterrey, Mérida y Veracruz. Solamente dos compañías han sido autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para usar líneas telefónicas para transmisión de datos: Teleinformática de México, S. A. y Tiempo Compartido, S. A. (subsidiaria de Time Sharing, Inc., de Estados Unidos). Las compañías que instalen terminales de computadoras pueden obtener servicio a través de alguna de estas dos firmas.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

### a) *Tamaño del mercado*

El cuadro 6 muestra el tamaño estimado del mercado de equipo de telecomunicaciones, de 1973 a 1977 y su proyección hasta 1982. Los valores que presenta se derivan de dos tipos principales de información: las cifras oficiales de importación y la información publicada por los principales usuarios. Las cifras de producción no se pudieron obtener y solamente fue posible conocerlas en forma indirecta. Sin embargo, la Dirección General de Telecomu-

<sup>2</sup> Nombre del satélite con el que está conectado el sistema mexicano.

nicaciones y Teléfonos de México, los más grandes consumidores en términos de valor total, publican reportes anuales sobre nuevas inversiones hechas durante el periodo, con cifras de compra de equipo algo detalladas. Esta información se pudo refinar adicionalmente por medio de entrevistas con funcionarios de dichas fuentes y con proveedores de equipo (importadores y productores). Las entrevistas también sirvieron para determinar el mercado que existe aparte de los dos principales usuarios, tanto en el sector público como en el privado.

#### b) *Discusión de los datos del mercado*

El análisis histórico del mercado muestra que la producción doméstica de equipo telegráfico y telefónico ha ido aumentando constantemente en relación a las importaciones. En 1973, la relación entre el volumen producido y el volumen importado fue de 0.67; en 1977 había aumentado a 1.14. Esto se debe a los esfuerzos que han hecho los productores locales para ampliar su producción y la variedad de sus productos, pero también se debe al estímulo proporcionado por el Gobierno en este renglón.

Cuadro 6

### MEXICO: EQUIPO DE TELECOMUNICACION. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL</b>										
Producción	33.65	45.30	50.90	63.70	68.59	81.58	96.88	114.32	133.86	157.20
Importaciones	78.52	79.44	94.75	92.84	102.24	113.02	125.01	139.08	155.94	174.80
Exportaciones	3.40	4.00	4.70	5.40	6.20	7.07	8.08	9.20	10.50	12.00
Consumo	108.77	120.74	140.95	151.14	164.73	187.53	213.81	244.20	279.30	320.00
<b>a) Equipo telefónico y telegráfico</b>										
Producción	33.32	44.92	50.39	63.02	67.95	80.78	96.00	113.35	132.76	156.00
Importaciones	49.85	57.68	61.94	56.30	59.64	65.50	72.00	79.66	89.20	99.90
Exportaciones	3.40	4.00	4.70	5.40	6.20	7.07	8.08	9.20	10.50	12.00
Consumo	79.77	98.60	107.63	113.92	121.39	139.21	159.92	183.81	211.46	243.90
<b>b) Radiocomunicación y microondas</b>										
Producción	—	—	0.10	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.30
Importaciones	22.25	14.81	24.46	27.38	33.86	38.14	43.01	48.38	54.54	61.44
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	22.55	14.81	24.56	27.50	34.00	38.30	43.20	48.60	54.80	61.74
<b>c) Equipo para comunicación de datos</b>										
Producción	0.33	0.38	0.40	0.53	0.56	0.60	0.64	0.70	0.78	0.84
Importaciones	2.12	2.50	3.35	3.62	3.97	4.48	5.02	5.60	6.25	6.96
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	2.45	2.88	3.75	4.15	4.53	5.08	5.66	6.30	7.03	7.80
<b>d) Equipo para transmisión</b>										
Producción	—	—	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
Importaciones	4.00	4.45	5.00	5.54	4.77	4.90	4.98	5.44	5.95	6.50
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	4.00	4.45	5.01	5.57	4.81	4.94	5.03	5.49	6.01	6.56

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Dirección General de Telecomunicaciones, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los productores nacionales ya han empezado a diversificar su producción y a importar tecnología más avanzada. Ya se han comenzado a ensamblar conmutadores semielectrónicos con bajo contenido nacional. Sin embargo, aun cuando solamente se agregara mano de obra para el ensamblado y prueba de los sistemas, existiría un ahorro de divisas en comparación con las importaciones del producto 100% terminado. Se espera que esta tendencia continúe de modo que para los próximos

años, la producción nacional alcance un crecimiento promedio anual de 18%.

En el pasado, las importaciones de equipo telefónico y telegráfico han mostrado grandes fluctuaciones. Particularmente, la suspensión de permisos de importación en 1975 redujo el crecimiento de las importaciones de 15.7% en 1974 a 7.4% en 1975 e hizo que las compras de 1976 disminuyeran 9%, aproximadamente, con respecto al año anterior. Sin embargo, conforme la economía

vaya recuperando su equilibrio, se espera que las importaciones vuelvan otra vez a aumentar. La predicción de un crecimiento de 6% en 1977, a 12% en 1982, está basada en el posible incremento de sistemas tecnológicamente más avanzados en el futuro. Teléfonos de México tendrá que tomar una decisión acerca de la tecnología futura para la expansión del sistema a fines de 1978, entre sistemas semielectrónicos o sistemas digitales de switcheo. Ambos son sistemas avanzados que necesariamente aumentarán las importaciones para los próximos años. Teléfonos de México piensa que estos sistemas ofrecen una recuperación potencialmente alta sobre la inversión, debido a su bajo costo de mantenimiento. Varias compañías internacionales (Philips, Siemens, NEC), aparte de los principales oferentes actuales, han enviado propuestas sobre sus diferentes sistemas para que sean tomados en cuenta, pero Teléfonos de México se inclina a continuar, de ser posible, con los presentes proveedores.

El volumen del equipo para comunicación de datos es todavía muy bajo como para asignarle alguna importancia particular a los cambios anuales de la producción local y las importaciones de años pasados. La producción local consiste actualmente de modems sencillos y de algún equipo multiplex (hay planes preliminares para empezar la producción de terminales teleimpresoras de comunicación de datos más complejos), pero se espera que crezca menos que las importaciones, debido a que la demanda futura será de equipos más complejos, los cuales tendrán que seguirse importando. Esta predicción se basa en el incremento esperado de la utilización de computadoras y en la posibilidad que tienen los bancos de México, de participar en la red SWIFT.

La gran fluctuación que ha tenido en el pasado el consumo de equipo de radiocomunicación y microondas se debe a que generalmente se adquiere como un sistema completo y su puesta en marcha no es constante año con año. La participación local en este sector es baja debido a que por la alta tecnología de los equipos todavía está fuera de las posibilidades de la industria nacional.

Los factores que se tomaron en cuenta para predecir el crecimiento futuro fueron: los planes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y de Teléfonos de México para la expansión de las redes de microondas actuales; las necesidades de la nueva estación de comunicaciones por satélite de Tulancingo, Hidalgo; y los planes de PEMEX para establecer un sistema adicional de comunicación por microondas a lo largo de la nueva tubería de 48 pulgadas. Esta tubería será de 1 300 kilómetros de largo e irá de Cactus, Chiapas a Reynosa, Tamaulipas. La primera etapa del sistema de microondas se construirá entre Ciudad Anáhuac y Reynosa, y está planeada para incluir 30 estaciones transmisoras, la mayoría de ellas equipadas con equipo UHF y multiplex, y 19 estaciones receptoras con capacidad de 24/120 canales telefónicos. Otro equipo que se espera instalar en este proyecto son 36 antenas parabólicas, 37 consolas de control remoto, equipo de acoplamiento y otros componentes. El valor del equipo de comunicación

que se comprará en la primera etapa se estima en 3 o 4 millones de dólares. Un experto conocedor de la industria estima que el gasto en equipo de comunicación para toda la tubería podría ser de alrededor de 100 millones de dólares.

La producción nacional dentro de esta categoría incluye algunos equipos de radiocomunicación (transmisores-receptores, estaciones de control, radios móvil, sistemas de señalización), así como monitores y consolas de control para sistemas de televisión de circuito cerrado; sin embargo esta producción todavía no es significativa. El crecimiento futuro que puede tener esta producción será principalmente en los renglones de radios móviles, transmisores-receptores y sistemas de localización de personas. No existen planes importantes para aumentar la producción o para diversificarla a otros productos, con excepción del de Motorola de México, que piensa ampliar sus líneas en equipo de radio UHF y empezar la producción de radios de banda civil (sin embargo, todavía necesita la autorización de su casa matriz). NEC de México —que tiene su planta en Cuernavaca y es subsidiaria de Nippon Electric Co. de Japón— ha vuelto a archivar sus planes para aumentar su producción actual e iniciar la producción de equipo de microondas, debido a los problemas laborales que ha tenido en su planta.

La necesidad de equipo para estaciones de radio y televisión y equipo para estudios profesionales, tendrá que seguirse satisfaciendo en su totalidad con importaciones. Los fabricantes locales solamente están produciendo equipo adicional sencillo (consolas y monitores para estudio) y como la mayor parte del equipo que se compra para estaciones de radio y televisión es equipo de alta tecnología, y el volumen total es más bien bajo, se piensa que la situación actual no cambiará porque el mercado no es atractivo para los productores. Se estima que el crecimiento en este sector será poco mayor que el de la economía total, debido a los planes que existen de electrificación rural, los cuales serán seguidos por una expansión de las redes de radio y televisión.

#### *c) Oferta interna de equipo de telecomunicación*

Actualmente la mayoría del equipo de telecomunicaciones es importado. Sólo en el área de equipo telefónico y telegráfico la participación local es importante y en ella la industria nacional ya está bien establecida debido a que la mayor parte de este equipo es menos complicado. En 1977, más de 50% del consumo nacional fue cubierto por producción local.

La mayoría del equipo de comunicación importado se abastece a través de oficinas locales de ventas de compañías extranjeras, en lugar de ser importado directamente por los usuarios finales. La mayoría de estas subsidiarias de ventas tienen contratos de licencia para manufacturar o ensamblar parte de la línea de productos de su casa matriz y actuar como sus representantes de ventas para el equipo que no es manufacturado en el país y que se tiene que importar. Existen algo más de

150 subsidiarias y agentes de ventas de estos equipos en México, pero solamente hay unos cuantos proveedores grandes.

Como se mencionó anteriormente, la mayoría (90%) del equipo telefónico es abastecido por dos compañías:

i) Industria de Telecomunicación, S. A. (INDE-TEL), que importa o manufactura los siguientes productos: conmutadores centrales telefónicos, conmutadores privados telefónicos, equipos de larga distancia, equipos para conferencias múltiples, sistemas de intercomunicación y aparatos telefónicos.

ii) Teleindustria Ericsson, S. A., que produce: conmutadores centrales telefónicos, conmutadores privados telefónicos, equipos multiplex, fuentes de poder, equipo para conferencias múltiples y aparatos telefónicos.

El mercado interno de centrales telegráficas, telex y teleimpresoras está prácticamente monopolizado por la siguiente firma:

iii) Siemens Telecomunicaciones, S. A. Esta compañía inició en 1971 una producción local de

máquinas teleimpresoras que son copia exacta de las máquinas que manufactura su casa matriz en Alemania. El volumen de producción en 1976 fue de 5 000 unidades de las cuales 80% se exportaron principalmente a América Latina. El modelo actual es electromecánico, con un alto porcentaje de integración nacional (60%); la mayoría de las partes mecánicas de precisión se producen en el país con algunos componentes electrónicos y materias primas de importación. Este año, la producción se cambiará a un modelo completamente electrónico con partes mecánicas para el transporte del papel, para el mecanismo de impresión y para el movimiento del carro (actualmente esto se hace con tres motores escalonados y de este modo se eliminan las articulaciones mecánicas). El nuevo modelo, que ya se empezó a producir en Alemania el año pasado, tiene solamente 25% de mano de obra comparado con el modelo antiguo, lo cual hará difícil alcanzar la misma proporción de integración local.

Otras subsidiarias de ventas o ensambladoras de equipo de telecomunicación aparecen en el cuadro 7.

Cuadro 7

OTROS PROVEEDORES DE EQUIPO DE TELECOMUNICACION AL MERCADO MEXICANO

Compañías	Productos	Categoría <sup>1</sup>	Compañías	Productos	Categoría <sup>1</sup>
Standard Eléctrica de México, S. A.	Sistemas de intercomunicación PBX <sup>2</sup> Telemedición Transmisión de datos Radio terminales	D	Transdata, S. A.	Equipo para transmisión de datos Equipo digital Teletipos	D, P
NEC de México, S. A. de C. V.	Frecuencia portadora Microondas	D, P	Comercial Eléctrica, S. A.	Telégrafos de frecuencia portadora Teléfonos secretariales	D
Empresas Comerciales e Industriales, S. A.	Sistemas de intercomunicación Sistemas para localización y llamado de personas Modems Transmisión de datos	P	Circuito Cerrado de Televisión, S. A. de C. V.	Equipo para circuito cerrado de televisión	D
Heuer y Boehme, S. A.	Sistemas de intercomunicación	P	Industrias Electrónicas ESE, S. A.	Conmutadores telefónicos Radio teléfonos Amplificadores para teléfonos	P
Cia. Motorola Mexicana, S. A.	Radiocomunicación Microondas Transmisores - receptores de FM	D, P	Industrias Sintronic, S. A.	Radiocomunicación (fija, móvil y portátil)	P
General Electric de México, S. A.	Radiocomunicación	D, P	Macromex, S. A.	Radiocomunicación (FM, VHF, SSB) Radio marítimo	P
Industrial y Comercial Electrónica, S. A.	Radiocomunicación (FM, UHF)	D, P	Ingeniería de Radio Comunicaciones, S. A.	Equipo de radiodifusión (VHF, SSB, Multiplex)	P
Telettra Industrial, S. A.	Equipo de microondas	D	R. C. Comunicaciones, S. A.	Equipo SSB (más de 100 W)	D, P
Thomson CSF de México, S. A.	Radiocomunicación Microondas (HF, VHF, UHF) Radiotéfonos Modems Radio marítimo Radar	D	Internacional Electrónica de México, S. A.	Sistemas de intercomunicación	D, P
Philips Mexicana, S. A. de C. V.	Equipo de transmisión	D	International Sound de México, S. A.	Equipo de intercomunicación	D, P
Teleinformática de México, S. A.	Modems	D	ISM, S. A.	Equipo de intercomunicación	P
			Matsushita Electric de México, S. A. de C. V.	Equipo para televisión en circuito cerrado	D
			Precisión Control de México, S. A.	Equipo de intercomunicación	P
			Ingeniería Bramex, S. A.	Equipo de frecuencia portadora (VHF, UHF)	P
			Planeta, S. A.	Equipo para televisión en circuito cerrado	P

<sup>1</sup> D = Distribuidor; P = Productor.

<sup>2</sup> PBX = Public Branch Exchange.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

#### d) *Procedencia del equipo importado*

El equipo para telecomunicación que se utiliza en México se importa de varios países que tienen determinada su participación individual en el mercado por la tecnología disponible y por la estructura de precios. A continuación se hace una breve revisión de la misma, la cual puede ser útil para evaluar la posición competitiva de los fabricantes nacionales.

#### i) *Equipo telefónico y telegráfico*

Suecia tiene la porción más grande en el mercado nacional, debido a la pasada participación que tuvo la compañía sueca Ericsson en el desarrollo del sistema telefónico. El equipo sueco tiene excelente reputación en México y es completamente compatible con la actual red telefónica y telegráfica. Se espera que disminuya la participación de Suecia en el mercado durante la próxima década, debido principalmente al incremento que tendrán en este mercado Estados Unidos y Japón. Esto es parcialmente una consecuencia de la baja constante que ha tenido el dólar norteamericano con relación a las monedas europeas, la cual ha reducido la ventaja en precio que tenía el equipo europeo.

Bélgica tiene el segundo lugar en este mercado. El equipo belga se importa a través de IN-DETEL, de la subsidiaria belga de la Bell Telephone de Estados Unidos; este equipo también es 100% compatible con la red mexicana pero los usuarios finales sienten que la calidad del equipo belga no es del todo satisfactoria y han tenido problemas para conseguir refacciones. Por eso se espera que la participación de Bélgica en los próximos años se vea disminuida.

El precio y calidad, así como su cercanía al mercado mexicano han aumentado la participación de Estados Unidos y puede predecirse que ésta se elevará de 11% que tiene actualmente (1977), a 16% en 1982.

El equipo japonés está considerado como de muy buena calidad y excelente precio en México. El análisis histórico muestra que hay una tendencia a que aumenten las importaciones de Japón de este tipo de equipos. Se espera que continúe esta tendencia.

La tecnología avanzada y la excelente calidad del equipo alemán le han dado a este país 4.5% del mercado en 1976; sin embargo, disminuyó hasta 2.8% en 1977, debido principalmente a los incrementos en el precio que hacen que dicho equipo no sea ya competitivo en el mercado mexicano.

#### ii) *Equipo para comunicación de datos*

La parte más grande de este mercado la tiene Estados Unidos con 50%, debido a la larga experiencia que tiene la industria norteamericana en este campo; particularmente en computadoras y terminales, la calidad y compatibilidad del equipo es excelente y su desarrollo anterior muestra una fuerte tendencia a aumentar todavía más esa participación. En segundo lugar sigue Suecia, debido

a la reputación de Ericsson de México, y todo parece indicar que se mantendrá en esta posición en el futuro. También hay equipo alemán entre los mejores en calidad y tecnología y actualmente cubre 14% del mercado, pero probablemente su participación disminuya en el futuro principalmente debido al rápido aumento de sus precios.

#### iii) *Radiocomunicación y microondas*

Actualmente Estados Unidos controla la mayor parte del mercado debido a la calidad y precio de sus productos, pero también por su cercanía al mercado mexicano. No se esperan cambios significativos en el futuro. La tecnología japonesa y sus precios competitivos han dado a Japón 28.7% del mercado en 1977, y se espera que debido a los esfuerzos que está haciendo para elevar sus ventas, este porcentaje muestre un ligero aumento en el futuro.

Asimismo la tecnología y un fuerte respaldo de mercadeo han permitido a Gran Bretaña alcanzar una participación en 1977 de 8.7% en el mercado mexicano; además de los excelentes créditos que ofrece para la compra de equipo, la baja de la libra esterlina hace fuertemente atractivo el equipo inglés para los consumidores mexicanos. Es por esto que se espera un aumento en la participación británica para los próximos años. En 1976, Italia cubrió 8.3% del mercado, principalmente por la buena reputación que tiene el equipo italiano en México. Pero aparentemente el respaldo que se había dado al producto está desapareciendo y es difícil conseguir refacciones. Esto ha reducido la participación de Italia a 6.6% en 1977 y se piensa que en el futuro puede seguir disminuyendo.

Los fabricantes franceses se han esforzado por ofrecer una política crediticia fácil, así como un fuerte respaldo a sus productos y disponibilidad de refacciones, lo que ha hecho que en los últimos años aumente su participación en el mercado; se espera por ello que esta tendencia continúe.

#### iv) *Equipo para transmisión de radio y televisión*

En esta categoría, en la que la mayor inversión corresponde a equipo para televisión, no se han visto cambios en la distribución del mercado local. El líder es Japón debido a la excelente tecnología que incorporan sus equipos y al buen precio que ofrecen en México; le sigue muy de cerca Estados Unidos que tiene buena reputación por su excelencia técnica en este campo y tal vez una ligera ventaja por la amplia disponibilidad de refacciones y servicio que puede ofrecer gracias a su cercanía a México. El equipo francés es competitivo en calidad y precio y ofrece buenas condiciones de pago que lo harán interesante para la industria mexicana.

En el cuadro 8 se presenta en forma resumida la situación del mercado en 1977, así como los principales países que lo abastecen y las tendencias que se esperan para los próximos años.

e) *Canales de distribución*

El equipo que se manufactura o ensambla en México siempre se vende directamente al usuario final debido a que la mayor parte de este equipo es para grandes proyectos y se hace bajo orden o especificaciones del comprador.

Básicamente hay tres tipos de distribuidores. El primero, lo constituyen los fabricantes locales

que son subsidiarios o están asociados con empresas extranjeras y que tienen departamentos especiales dedicados a la importación y mercadeo de productos que fabrica su casa matriz; tal es el caso de General Electric, Motorola, NEC, Siemens, ITT (INDETEL), Ericsson, etc. El segundo grupo está formado por representantes exclusivos de firmas extranjeras que no tienen producción local (Collins Radio, Standard Electric, etc.). Y el tercero, se

Cuadro 8

MEXICO: PARTICIPACION DE LOS PRINCIPALES PROVEEDORES EN LAS IMPORTACIONES DE EQUIPO DE TELECOMUNICACION, 1976

Concepto	País	Participación en las importaciones (%)	Tendencia	Motivo
a) Equipo telefónico y telegráfico	Suecia	58.7	Disminución	Precio
	Bélgica	13.1	Disminución	Calidad, precio
	Estados Unidos	9.4	Aumento	Calidad, precio
	Japón	5.8	Aumento	Tecnología, precio
	Alemania	4.5	Fuerte disminución	Precio
b) Equipo para comunicación de datos	Estados Unidos	49.7	Aumento	Tecnología, precio
	Suecia	29.1	Estabilidad	Tecnología, precio
	Alemania	14.6	Disminución	Precio
	Bélgica	1.0	Estabilidad	Precio
c) Radiocomunicación y microondas	Estados Unidos	33.1	Ligera disminución	Fuertes esfuerzos otros países
	Japón	28.6	Estabilidad	Tecnología, precio
	Gran Bretaña	8.4	Aumento	Tecnología, créditos
	Italia	8.3	Disminución	Falta de respaldo al producto y problemas con las refacciones
	Francia	7.5	Aumento	Calidad, créditos
d) Equipo para transmisión de radio y televisión	Japón	51.9	Ligera disminución	Esfuerzos otros países
	Estados Unidos	41.0	Ligera disminución	Precio, servicios y refacciones
	Francia	5.3	Ligera disminución	Calidad, precios y créditos

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

compone de distribuidores independientes que representan a un numeroso grupo de pequeñas firmas extranjeras y que se dedican a vender equipo importado de varias fuentes. El equipo de las categorías (c) y (d) (cuadro 8), generalmente se vende en esta forma.

Claramente se ve que los artículos más importantes en términos de valor se venden a través de distribuidores del primer tipo, debido a que son éstos los que pueden vender grandes equipos en forma de paquetes.

El precio y las condiciones de pago no juegan un papel muy importante en este mercado, debido a que los compromisos atados del mismo tienden a llevar directamente a negociaciones entre proveedores y usuarios finales. La estructura particular de la demanda y el claro predominio de unos cuantos proveedores, y también de unos cuantos compradores, hacen innecesarias las promociones especiales de ventas, excepto en el renglón de radio móvil en donde el mercado está más competitivo.

f) *Restricciones comerciales*

El Gobierno mexicano mantiene la política de no autorizar permisos de importación para equipos que se producen en el país; sin embargo, ésta no es una limitación particular en este mercado, ya que la producción mexicana que cubre la demanda de equipo telegráfico y telefónico, es de una calidad satisfactoria.

El equipo que se importa tiene que pagar un impuesto *ad valorem* y se da tratamiento preferencial a países de la Asociación Latinoamericana de Libre Comercio.

Para el equipo que se incluye en este sector, el impuesto *ad valorem* generalmente es de 20% y los países con tarifa preferencial solamente pagan de 2% a 6%.

3. ASOCIACIONES INDUSTRIALES

Las siguientes organizaciones están relacionadas con varios aspectos de la industria mexicana de telecomunicaciones:

Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas  
(CANAME)  
Bajío 203 - 501, México 7, D. F.  
Asociación Electrónica Mexicana  
Presa Oviáchic 153, México 10, D. F.

Camara Nacional de la Industria Electrónica y  
de Comunicaciones Eléctricas  
(CANIECE)  
Guanajuato 65  
México 7, D. F.

## C. PERFIL DEL MERCADO DE INSTRUMENTOS DE MEDICION Y PRUEBA

### 1. ANTECEDENTES

El subsector de instrumentos de medición y prueba es uno de los más difíciles de investigar. Las estadísticas oficiales de importación y exportación muestran los países que en forma principal son proveedores de México, pero estas estadísticas son de poca utilidad, ya que sólo algunos de los productos del ramo se identifican en categorías específicas, mientras que la gran mayoría se clasifican en grupos de frontera que si bien se refieren a instrumentos electrónicos también incluyen instrumentos mecánicos y ópticos.

Nuevamente el problema era obtener datos confiables para el subsector, pues su mercado está muy diversificado. A diferencia de otros subsectores de la electrónica profesional, donde la mayor parte de la demanda proviene de un número limitado de grandes industrias u organizaciones y la oferta se concentra en sólo algunas grandes compañías, la enorme variedad de instrumentos incluidos en este grupo indica que su mercado está constituido por un gran número de usuarios y un gran número de proveedores y distribuidores; muchos de ellos dominan en términos de volumen de ventas de las diferentes categorías de productos.

Una excepción es la de los instrumentos altamente especializados y avanzados (por ejemplo: instrumentos de prueba para telecomunicaciones y microondas) los cuales son fabricados por relativamente pocas compañías internacionales y vendidos en México por sus subsidiarias o representantes exclusivos; pero éstos solamente representan una porción relativamente pequeña del subsector.

La mayoría de los instrumentos incluidos en el subsector se usan para mantenimiento, reparación y servicio de equipo eléctrico y electrónico y sistemas operacionales; para control de calidad y prueba de productos terminados; en laboratorios, para diseño y desarrollo de equipo; y en instituciones educativas.

Casi todos los instrumentos de medición y prueba que se utilizan en México son importados. La mayor fuente de importaciones es Estados Unidos, seguido por Japón, Alemania y Holanda.

Los instrumentos de medición y prueba usados en líneas de producción y para prueba de productos terminados en las fábricas subsidiarias o asociadas a compañías extranjeras (que representan la

mayor parte de la producción de equipo electrónico en México) se obtienen principalmente en las casas matrices, junto con el equipo especial de producción. Así el país de origen de los instrumentos es usualmente el mismo que el de la compañía licenciante. En tal virtud, ocasionalmente se encuentra en las compañías subsidiarias equipo relativamente complejo a sido desechado por la matriz en el extranjero pero que resulta muy útil para la subsidiaria en el país. Esta parte del mercado, estimada en 25 ó 30%, está cerrada a cualquier competencia de proveedores independientes.

Los instrumentos de medición y prueba comprados por pequeñas compañías independientes, tiendas de servicio y talleres de reparación, institutos educativos y otras organizaciones no industriales, se compran en base a su calidad, desempeño y precio y en esta porción del mercado existe una fuerte competencia.

Aparte de una empresa importante, que fabrica wathorímetros para la Comisión Federal de Electricidad (CFE), sólo tres compañías nacionales pudieron identificarse como fabricantes de instrumentos simples (ensamble de partes importadas), pero esta producción es insignificante y el precio del ensamblado local se consideró muy alto. Como ejemplo, el Centro de Instrumentos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ha diseñado y construido una serie de fuentes de poder reguladas, destinadas a los diferentes laboratorios de la UNAM y de otras instituciones educativas. Para estas fuentes de poder, las pequeñas carátulas de los medidores analógicos se compran a un fabricante local quien las ensambla a partir de partes japonesas importadas, a un costo de 1 200 pesos. El Centro estima que puede construir carátulas de medidores digitales con 2½ dígitos, por 300 ó 400 pesos, y planea hacerlo así para sus futuros modelos.

Las grandes organizaciones tienen servicio y mantenimiento propios para sus instrumentos. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) posee y opera la mayor parte de la red de microondas en México y sostiene un laboratorio para mantenimiento y servicio de esta red con instrumentos electrónicos de medición y prueba que tienen un valor de poco más de un millón de dólares. Los técnicos de la SCT atienden el mantenimiento y reparación de la mayor parte de estos instrumentos. El Instituto Mexicano del Petróleo, que opera laboratorios petroquímicos y una planta petroquímica

Cuadro 9

## MEXICO: DEMANDA DE INSTRUMENTOS DE MEDICION Y PRUEBA

Productos	Demanda 1			Productos	Demanda 1		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
a) Medidores analógicos (medidores de panel tipo banca)				Analizadores de redes	F		
Instrumentos de carrito móvil	D		F	Equipo de medición de la transferencia en la junta	F+		
Amperímetros				Instrumentos de prueba para semiconductores (dentro y fuera del circuito)			F
Voltímetros				Probadores de diodos			F
Wattímetros				Probadores de transistores			F
Ohmímetros, de lectura directa (bobina cruzada)				Probadores de IC, de CD, de AC	F		
Multímetros				Probadores LSI			F
Medidores de fase				Sondas lógicas			F
b) Medidores analógicos electrónicos (alta impedancia, VTVM)				g) Analizadores de señales			
Microvoltímetros		F		Analizadores de onda			
Micro pico amperímetros				Analizadores de espectro			
Voltímetros diferenciales				Analizadores de Fourier			
Voltímetros de rms				Analizadores de frecuencia			
Voltímetros de vectores				Analizadores de distorsión			
Multímetros				h) Generadores de señales			
Decibelímetros				Generador de onda senoidal			F D
c) Otros medidores				Generadores de funciones			F
Frecuencímetros (tipo de resonancia)		F		Probadores de oscilación			F
Wattímetro			F	Generadores de pulsos			F
d) Medidores digitales (medidores de panel tipo banca)		F+		Generadores de órdenes	F		
Amperímetros				Generadores de frecuencia	F		
Voltímetros				Generadores de señales de:			
Ohmímetros				AM/FM: HF	F		
Multímetros				VHF			F
Wattímetros				UHF			
Frecuencímetros (tipo probador)		F		SHF			
Contadores digitales	F			Osciladores de velocidad	F		
e) Osciloscopios y registradores				Amplificadores de medición	F		
Osciloscopios de servicios, de DC a 10 MHz				i) Equipo de prueba para microondas			
De un sólo canal			F	Atenuadores			
De dos canales				Amplificadores de microondas			
Osciloscopio de laboratorio, de				Detectores de cristal			
DC a 20 MHz			F	Acopladores			
DC a 60 MHz				Filtros			
DC a 120 MHz	F			Moduladores PIN			
Más de 120 MHz	F			Puentes direccionales			
Osciloscopios con almacenaje	F			Sensores de potencia			
Osciloscopios probadores	F			Desviador de fase			
Osciloscopios de destello	F			Tuners			
Registadores, con un canal		D F		Medidores de SWR			
Registadores de varios canales		F		j) Equipo de prueba para telecomunicaciones			
Graficadores X-Y		F		Probadores de canales de voz-datos			F
Graficadores de funciones digitales		F		Analizadores de distorsión amplitud-retardo		F	
f) Instrumentos de prueba para elementos y circuitos electrónicos				Unidades de prueba para transmisión en PSM, TDM			F
Puentes de medición			F	Unidades para medición de ruido	F		
Puentes de resistencia			F	Probadores de oscilaciones en telefonía			F
Puentes de inductancia			F	Localizadores de cables rotos	F		
Puentes de capacitancia			F	k) Equipo probador de producción			
Puentes de impedancia			F	Probadores de tableta de circuito impreso		F	
Puentes de LCR			F	Probadores de cables del equipo		F	
Medidores de factor Q		F		Medidor de espesor del recubrimiento		F	
Medidores de factor señal-ruido	F			Probadores continuos			F
Probadores de baterías			F	Detectores de fuga	F		
Probadores de circuitos digitales	F+			Probadores de recubrimiento de alambre	F		

<sup>1</sup> Los símbolos de esta columna significan:

D: Producto manufacturado localmente (fabricación o ensamble).

F: Producto importado.

+: Incremento de la demanda.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

piloto en la ciudad de México, tiene un inventario de 400 aparatos de medición y prueba, así como instrumentos analíticos y un departamento especial de 60 técnicos responsables de la calibración, servicio y reparación de estos instrumentos.

El Centro de Instrumentos de la UNAM actúa como centro de servicio y reparación para los instrumentos que poseen las universidades del país. Sin embargo, una reciente investigación ha demostrado que de los 125 000 aparatos de prueba electrónicos que existen en México, 30% están descompuestos y otro 30% no está debidamente calibrado, principalmente a causa de la carencia de técnicos calificados que les den el servicio que necesitan o por falta de las partes y refacciones necesarias.

En reconocimiento a este hecho el CONACYT y la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES) han fundado un organismo que se dedica a dar servicio a todos los instrumentos científicos y electrónicos que lo requieran; esta organización se llama Servicios Centrales de Instrumentación y Laboratorio, S. A. (SECIL). SECIL empezó a operar en 1976 y aún es relativamente pequeña, pues su personal técnico consta de solamente nueve especialistas altamente calificados; sin embargo, tiene planes para expandirse y trasladarse a un nuevo edificio. El costo que esta compañía carga en la reparación de los aparatos es de 270 pesos por hombre-hora más los componentes requeridos, lo cual es bajo comparado con el costo típico de 400 pesos que cobran los representantes de las compañías extranjeras en el servicio a sus aparatos. Sólo unos cuantos de los principales fabricantes extranjeros de equipos electrónicos de medición y prueba han establecido servicios de mantenimiento local; la mayoría de los equipos se envían al extranjero para su reparación.

La importancia de mantener los instrumentos de medición y prueba bien calibrados y en servicio es obvia. El problema sin embargo, no sólo consiste en la ausencia de técnicos de servicio calificados sino también, como algunas organizaciones lo han indicado, en la carencia de especificaciones mínimas de funcionamiento nacionales. Los expertos en esta industria han hecho énfasis en la necesidad de un moderno laboratorio de normas y estándares de calidad para hacer frente a los requerimientos de la industria local. Una estimación del costo de tal laboratorio, hecha en 1976, estipula 2.5 millones de dólares como inversión inicial y aproximadamente un millón de dólares anuales para gastos de operación.

Otro problema se refiere a que los componentes electrónicos hechos en México muy pocas veces cumplen los requisitos de confiabilidad, exactitud, bajo coeficiente de temperatura y estabilidad, que son necesarios para los equipos electrónicos profesionales. Además algunos componentes que no se hacen en México, como los capacitores electrolíticos de tantalio, los capacitores de plata y níquel y los capacitores miniatura de papel millar, están clasificados en la misma categoría que los componentes hechos en México y de esa manera no es posible importarlos. La escasez de componentes con calidad profesional es un gran problema para

las organizaciones de servicio y talleres de reparación y hace que las pocas subsidiarias que dan servicio a los aparatos de los fabricantes extranjeros, quienes pueden importar partes originales de su casa matriz, tengan una ventaja definitiva sobre los prestadores de servicios locales.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

Es difícil estimar el tamaño del mercado para este sector; sin embargo, para este trabajo fue posible conseguir una estimación confiable de su tendencia anual de crecimiento mediante encuesta directa entre los encargados de compras de las grandes empresas consumidoras; recopilación de información sobre las ventas de equipo de prueba especial y de datos sobre el mercado total para años específicos tomados de los anuarios estadísticos de importación y exportación, identificándolos por categorías; así como a través de entrevistas con expertos que tienen conocimiento acerca de esta industria, particularmente los ejecutivos de organizaciones independientes que dan servicio a estos instrumentos y los gerentes de producción de grandes compañías.

Actualmente, en México no hay producción importante de instrumentos de medición. La demanda se cubre primordialmente con importaciones, las cuales han tenido un incremento de 12% como promedio anual en el periodo 1973-1977. Los instrumentos de medición y prueba para uso de los consumidores de equipo para servicio y reparación, muestran un futuro crecimiento igual al de la industria electrónica en su conjunto, que en el pasado fue alrededor de 10% y que se espera continúe con el mismo ritmo. Se espera que el crecimiento de la demanda de instrumentación para uso industrial sea grande y que el de la demanda de equipo usado en las instituciones educativas y para investigación y desarrollo sea menor. Sobre esta base se prevé un crecimiento de 10.3% anual del consumo en este subsector para los siguientes cinco años.

Los datos que fueron colectados para todos los productos incluidos en este subsector se encuentran resumidos en el cuadro 10.

La predicción para la producción local de instrumentos de medición y prueba es que será más significativa después de 1978; esto se basa en el hecho de que hay un gran número de productos en este subsector que incorporan baja tecnología y los cuales al mantener un buen potencial de ventas en México siguen dentro de los planes de la industria local. Esto parece ofrecer oportunidades a medianas y pequeñas empresas para entrar a este mercado.

### a) *Proveedores internos de equipo de medición y prueba*

Básicamente hay tres fuentes para cubrir este tipo de equipo:

i) Importaciones directas por subsidiarias de compañías extranjeras desde sus casas matrices;

ii) Compras de distribuidores generales locales, oficinas de ventas y tiendas de menudeo; y

Cuadro 10

MEXICO: DATOS DEL MERCADO DE INSTRUMENTOS DE MEDICION Y PRUEBA, 1973-1982

(Millones de dólares)

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo
1973	—	6.40	—	6.40
1974	—	6.80	—	6.80
1975	—	7.00	—	7.00
1976	—	9.30	—	9.30
1977	—	10.10	—	10.10
1978 <sup>1</sup>	0.10	11.04	—	11.14
1979	0.20	12.07	—	12.27
1980	0.50	13.20	—	13.70
1981	0.60	14.43	—	15.03
1982	0.70	15.78	—	16.48

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

iii) Ventas a través de representantes de fabricantes extranjeros y oficinas exclusivas de ventas (las cuales usualmente manejan líneas de productos de varios fabricantes).

Los equipos más simples y de menor precio generalmente se venden por medio de distribuidores generales y tiendas de menudeo que son la fuente de equipo para muchos negocios de reparación de radio, televisión y aparatos para el hogar en todo el país. Los usuarios de equipo más complejo generalmente lo compran a representantes de los fabricantes o a oficinas exclusivas de ventas, que también están en capacidad de ofrecer garantías.

Las principales compañías representantes, así como los productores locales se enlistan en el cuadro 11.

## b) Restricciones comerciales

Para importar instrumentos electrónicos de medición y prueba se requiere disponer de un permiso previo. Sin embargo, desde 1976 y a fin de encauzar y facilitar la investigación y desarrollo en México, los institutos y laboratorios dedicados a tales actividades pueden importar estos instrumentos sin necesidad de permiso.

Cuadro 11

## PROVEEDORES DE INSTRUMENTOS DE MEDICION Y PRUEBA AL MERCADO MEXICANO

Compañías	Productos	Categoría <sup>1</sup>	Compañías	Productos	Categoría <sup>1</sup>
Preciso Mexicana, S. A.	Multímetros Trazadores de señales Probadores de tubos de vacío	P	Philips Mexicana, S. A. de C. V.	Osciloscopios, generadores multímetros	D
			Técnicos Argostal, S. A.	Osciloscopios (Tektronix)	D
Laboratorio de Instrumental de Precisión Eléctrica, S. A.	Instrumentos de medición para AC y DC	P	B & K de México, S. A.	Osciloscopios, instrumentos de medición, equipo para servicio de radio y televisión	D
Mexitex, S. A.	Distribuye productos hechos por: Digital Equipment Corp. Systron Donner General Radio Radiometer John Fluke	D	Industrias Electrónicas ESE, S. A.	Decibelímetros, osciladores, consolas de instrumentos	D
			RCA, S. A. de C. V.	Equipo electrónico para mediciones especiales	D
Hewlett Packard Mexicana, S. A. de C. V.	Toda la línea de instrumentos de medición y prueba (incluyendo comunicaciones y microondas)	D	Raytel, S. A.	Voltímetros, amperímetros, ohmímetros	D
Schrack de México, S. A.	Voltímetros, amperímetros, wattímetros, multímetros	D	Siemens, S. A.	Equipo para mediciones especiales	D
General Electric de México, S. A.	Instrumentos para mediciones eléctricas	D	FIMESA	Carátulas para medidores analógicos	P
Instrumentos de Precisión, KSM	Multímetros analógicos	D	Industrias Unidas, S. A. (IUSA)	Wattorímetros	P

<sup>1</sup> D = Distribuidor; P = Productor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## D. PERFIL DEL MERCADO DE INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE PROCESOS

### 1. ANTECEDENTES

Casi todos los instrumentos y equipo enlistados en esta categoría se usan no sólo para medir y analizar cantidades físicas específicas (como las que tienen aplicación en control de calidad, pruebas químicas, médicas o de materiales, laboratorios, etc.) sino también en procesos industriales. Por este motivo, a este subsector de equipo electrónico de bienes de capital, generalmente se le llama equipo para control de procesos.

Durante los últimos 10 o 15 años, el uso de la instrumentación para control de procesos ha mostrado un rápido crecimiento en todo el mundo sobrepasando al de otros subsectores de equipo electrónico de bienes de capital (con excepción de las computadoras). Este incremento en el control automático de los procesos de producción ha sido ocasionado por el aumento en el costo de la mano de obra en los países altamente industrializados, así como por las perspectivas de utilizar mejor las materias primas y lograr mayores volúmenes de producción, menos desperdicio y una calidad más consistente del producto final, lo que se puede obtener más fácilmente con el control automático del proceso que con la operación manual de la producción a lo largo de la línea. Algunas de las últimas razones también son aplicables en países que aún no tienen la presión de una mano de obra muy costosa.

Sin embargo, la situación en México está cambiando, ya que los aumentos sucesivos en los salarios han hecho que los costos de producción se eleven, a lo que hay que agregar el reparto de utilidades (8% antes de impuesto) y la reducción de la semana de trabajo, de 48 horas a 40, en abril de 1977. El continuo aumento del costo de la mano de obra tiende a sobrepasar la productividad y por ello hay una tendencia de los fabricantes hacia la automatización y a ocupar cada vez menos trabajadores por unidad de inversión.

Es importante hacer notar que la lista de productos de este subsector incluye el equipo neumático y electroneumático que se usa en el mismo sistema junto con los elementos de control electrónicos que comúnmente se incluye bajo el nombre de instrumentos para control de procesos. Históricamente, los primeros controles industriales efectivos fueron implantados con dispositivos mecánicos o neumáticos que se manejaban mediante simples dispositivos de encendido y apagado. En ese tiempo, los sistemas electrónicos se consideraban menos confiables (por ejemplo, en caso de fallas eléctricas) y también más peligrosos en ambientes explosivos. Sin embargo, ahora los controles electrónicos son más confiables que los elementos mecánicos o neumáticos y los controles neumáticos ya no son competitivos por su precio. Conforme la industria se hizo más compleja, se fueron requiriendo sistemas de control más complicados, que pudieron implementarse gracias a la flexibilidad que ofrecen los dispositivos electrónicos, los cuales permiten que muchos lazos de

control de una planta puedan ser observados y programados en una sola central.

Sin embargo, todavía se usan instrumentos neumáticos en sistemas modernos, como elementos de control final (válvulas y actuadores). Los elementos de control final son dispositivos de fuerza y la fuerza que requieren se puede generar fácilmente con aire a presión actuando sobre membranas o cilindros en vez de engranes o tornillos de avance movidos por motores eléctricos. Los dispositivos neumáticos se usan junto con los controles electrónicos a través de convertidores electrónicos —neumáticos y viceversa. Las instalaciones más antiguas en México (y en todas partes) utilizan un porcentaje considerable de dispositivos neumáticos y aún algunas nuevas instalaciones están equipadas con controles neumáticos, debido a que el personal en algunas industrias está más familiarizado con la tecnología neumática y todavía hay pocos ingenieros de servicio entrenados en los sistemas electrónicos más avanzados. Sin embargo, la tendencia actual es a usar sistemas completamente electrónicos. La industria petrolera, como ejemplo típico de gran industria que usa grandes y complejos sistemas, planea equipar sus futuras plantas petroquímicas y refinerías con instrumentos de control electrónicos, como se verá con más detalle en la sección de industrias usuarias en la última parte de este capítulo.

Considerando los sistemas para control de procesos que se han instalado en la industria nacional en los últimos años y los que se requerirán para proyectos futuros, se obtiene la tendencia de la estructura de dichos controles (exceptuando elementos de control final y válvulas de control) que aparece en el cuadro 12.

Cuadro 12  
MEXICO: TENDENCIA DE LOS CONTROLES  
DE PROCESO, 1974-1982  
(Porcentaje)

Año	Eléctrico-electrónicos	No eléctricos (neumáticos, etc.)
1974	49	51
1975	55	45
1976	62	38
1977	65	35
1978 <sup>1</sup>	67	33
1979	70	30
1980	73	27
1981	76	24
1982	78	22

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

La inversión en sistemas de control de procesos se puede definir como un porcentaje del gasto total en bienes de capital en industrias de proceso. Este porcentaje varía de acuerdo con la cantidad

Cuadro 13

## MEXICO: DEMANDA DE INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE PROCESOS

Productos	Demanda			Productos	Demanda		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
a) Sensores, transductores y accesorios				Contenido de humedad en los sólidos			
Temperatura				Medidores por resistencia			F
Termómetros de resistencia		D		Analizadores infrarrojos			F
Termopar			D	Micromedidores	F		
Bimetales (encendido-apagado)	F			b) Instrumentos analíticos			
Sensores de temperatura por presión de vapor		D		Analizadores de gases	D		F
Pirómetros de radiación			F	Analizadores de oxígeno	D		F
Pirómetros termoelectrónicos		D		Espectrómetros de absorción (visible, ultravioleta, infrarrojos)			F
Pirómetros infrarrojos			F	Fotocalorímetros			F
Presión				Espectrómetros de masas	F		
Tubos Bourdon		D		Cromatógrafos de gases		F	
De diafragma				Cromatógrafos de líquidos	F		
Dispositivos para medir deformaciones				Medidores de pH			F
Dispositivos piezoeléctricos		F		Medidores Redox			F
Medidores de ionización		F		Viscosímetros		F	
Manómetros		D		Balanzas electrónicas para laboratorio		F	
Flujo				c) Convertidores, fuentes de poder, etc.			
Fluómetros de presión diferencial			D F	Fuentes de poder reguladas, tipo laboratorio			D F
Fluómetros tipo Venturi			F	Fuentes de poder reguladas para fabricantes de equipo		F	
Tubos de Pitot			F	Convertidores AC/DC			D F
Rotómetros			D	Convertidores DC/DC		F	
Fluómetros de turbina			F	Convertidores DC/AC		F	
Fluómetros magnéticos			F	Convertidores de señales			
Nivel de líquido				Eléctricas a neumáticas			F
Flotadores (encendido-apagado)			D	Neumáticas a eléctricas			F
Medidores por presión		D		Análogicas a digitales, digitales a analógicas		F	
Medidores de nivel ultrasónico	F			De fase a digital y digital a fase		F	
Transductores piezoeléctricos		F		Voltaje a frecuencia y frecuencia a voltaje		F	
Transductores de fotocelda		F		Transmisores de balance de fuerza		F	
Densidad				Controladores			
Densitómetros fotoeléctricos			F	Controladores indicadores			D F
Densitómetros de radiación			F	Controladores registradores			D F
Espesor, velocidad y otras variables				Controladores analógicos (encendido-apagado) P, PD			D F
Medidores de resonancia ultrasónicos				Transportadores de datos		F	
Medidores de absorción de rayos X, Beta, Gamma				Anunciadores (sistemas de alarmas)			D F
Tacómetros				d) Elementos para control final			
Stroboscopios		F		Válvulas automáticas de control (neumáticas)			D F
Acelerómetros	F			Válvulas automáticas de control (eléctricas)		F	
Controladores de velocidad variable (estado sólido)			F	Válvulas de solenoide (encendido-apagado)		F	
Humedad				Actuadores eléctricos			F
Analizadores higroscópicos		F		Actuadores electroneumáticos			F
Interruptores (encendido-apagado) biplásticos		F		e) Máquinas-herramienta con control numérico			
Psicrómetros		F		Controles punto a punto (Patch board)		F	
Celdas para medir la conductividad eléctrica			F	Controles de cinta (papel, magnética)			
				Centrales de control			
				Controles adaptables			

Los símbolos de esta columna significan:

D: Producto manufacturado localmente (fabricación o ensamble)

F: Producto importado

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

de control que se requiere. En la industria procesadora de alimentos es de alrededor de 3%; la industria química y petroquímica secundaria gasta 5%; y para refinerías y plantas petroquímicas primarias el porcentaje está entre 6 y 8%.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

Para determinar el tamaño del mercado, se encontró que era conveniente dividir los productos del subsector en cuatro grupos, pero usando una clasificación más bien tecnológica que por función como la que se usó en la lista de productos. Los instrumentos para control de procesos, tales como sensores, transductores, transmisores o elementos de control se pueden hacer ya sea usando técnicas neumáticas o electrónicas. Sin embargo, los fabricantes en general producen instrumentos que son similares en tecnología, de modo que las cifras de ventas se refieren a productos que están relacionados por tecnología más bien que por función. Estos cuatro grupos son los siguientes:

i) Instrumentos electrónicos de control con dispositivos electrónicos o eléctricos de las categorías (a), (b) (sin incluir fuentes de poder y convertidores), (d) y (e) de la lista de productos por función (cuadro 13). Estos se usan como instrumentos independientes para medir cantidades físicas en laboratorios, sistemas de control de calidad, etc., así como en sistemas para control de procesos.

ii) Instrumentos de control no electrónicos, incluyendo dispositivos neumáticos y electroneumáticos, tales como transductores, sensores, grabadoras, convertidores, controladores y elementos de control final excepto válvulas.

iii) Instrumentos industriales y analíticos de la categoría (b) y los instrumentos del grupo (c) que no son elementos de control (cuadro 13).

iv) Válvulas neumáticas de control y válvulas operadas eléctricamente.

El mercado de instrumentos de control electrónicos se abastece principalmente de importaciones ya que la industria manufacturera local, bastante fuerte en este subsector, está concentrada en la fabricación de instrumentos menos complicados y de mayor volumen. Sin embargo, considerando la demanda creciente de controles electrónicos, algunas compañías ya han realizado operaciones de ensamble de instrumentos electrónicos desde hace varios años y tienen planeado expandir su producción agregando nuevos productos en el futuro. Hay una compañía que espera aumentar su producción y sus ventas locales 20% en 1978, 50% en 1979, y lo mismo en 1980. Actualmente la industria nacional sólo puede abastecer 3.5% de la demanda total, pero se espera que esta cifra aumente hasta 13% en 1982. Sin embargo, también se prevé que el contenido de integración nacional en la producción se mantendrá más bien bajo debido a que la tecnología que incorporan estos instrumentos es avanzada.

Analizando el consumo pasado de instrumentos de control electrónicos, se encontró que han tenido un crecimiento anual promedio de 43.5%, debido principalmente al uso creciente de los mismos en las nuevas instalaciones. En 1977 el con-

sumo total fue de 25.5 millones de dólares. Conservadoramente se estima que la demanda futura puede aumentar de 20 a 25% en los próximos años, con ventas de 67 millones de dólares en 1982. Alrededor de 20% de los instrumentos en este grupo se usarán como instrumentos independientes para medir cantidades físicas y el resto se aplicará a sistemas para el control de procesos.

Los instrumentos no eléctricos se usan exclusivamente para el control de procesos industriales y en este grupo la producción local es suficiente para abastecer del 60 al 68% de la demanda interna. El porcentaje de integración nacional que tienen estos instrumentos es de 59 a 60%. En 1977 el consumo total fue de 13.9 millones de dólares y de 1973 a 1977 mostró una tasa media anual de incremento de 17%. Las importaciones son sólo de instrumentos especiales que se necesitan en cantidades tan pequeñas que no justifican su producción local. Tomando como base los pronósticos de ventas actuales y un análisis de los planes futuros de las principales industrias consumidoras, se estima que este tipo de instrumentos tendrá un crecimiento de 6.5% anual para los próximos cinco años.

Algunos de los productos de este grupo que se fabrican en el país se exportan. Estas exportaciones se destinan principalmente a países de Latinoamérica a través de los canales de distribución de las grandes compañías transnacionales, de las cuales las empresas locales son subsidiarias.

Los instrumentos analíticos comprenden alrededor de 5% del total de las ventas del subsector. Como se puede ver en la lista detallada de productos (cuadro 13), los instrumentos analíticos son productos de relativamente alta tecnología y por eso la producción local está limitada a la fabricación de equipo auxiliar y accesorios. En 1977 el mercado total de instrumentos analíticos se estimó en 3.4 millones de dólares y se espera que para 1982 alcance 7 millones de dólares mediante un incremento medio anual de 15.5%.

Los instrumentos analíticos se usan principalmente en laboratorios industriales y de investigación; también tienen aplicación como analizadores en sistemas para control de procesos en líneas de producción, aunque esta aplicación todavía no es muy común en México. Se estima que solamente 10% de los instrumentos analíticos usados en México se aplican al control de procesos.

Las válvulas automáticas son el elemento de control final que más frecuentemente se usa en instalaciones para control de procesos y representan más de un tercio del valor total de todos los sistemas de control; sin embargo, esta proporción está cambiando debido a que se espera un uso cada vez mayor de sistemas de control eléctrico-electrónico más avanzados y costosos. En 1973, las válvulas automáticas representaron 43% del valor total de los instrumentos para el control de procesos en planta y se espera que este porcentaje disminuya a 33% en 1982.

La producción local de válvulas automáticas de control puede abastecer de 36 a 39% de la demanda doméstica. Se fabrican solamente aquellas de mayor demanda con un diámetro hasta de

dos pulgadas. El grado de integración local es de 60 a 65% y lo que se importa son solamente partes y materiales especiales como son las membranas de hule. No se fabrican en el país válvulas de tres vías ni las de mariposa, globos y ángulos de gran tamaño.

El incremento del consumo de válvulas automáticas en los últimos cuatro años fue de 24.5% anual, alcanzando 26.2 mil millones de dólares en 1977. Se estima un crecimiento futuro de 11 a 12% acorde con el crecimiento que se espera tener con las nuevas instalaciones proyectadas.

*Controles numéricos en máquinas-herramienta.* Las industrias manufactureras mexicanas utilizan una cierta cantidad de máquinas-herramienta controladas numéricamente; el equipo de control generalmente se importa junto con la máquina básica. Aunque ya existen algunos sistemas flexibles y eficientes que se pueden utilizar en el control de máquinas de producción de pequeña y mediana escala, se piensa que el diseño local o la producción de tales sistemas aun no sería posible en el país. La producción actual de máquinas-herramienta en México es de alrededor de 1 000 toneladas anualmente. Se considera que no es económicamente posible usar sistemas con control numérico antes de alcanzar una producción anual de 20 a 30 000 toneladas, lo que se piensa tomará todavía otros diez años.

No obstante, una de las más grandes fábricas productoras de máquinas-herramienta en México (FAMA-Fábrica de Máquinas, S. A.) está estudiando en cooperación con una compañía norteamericana de semiconductores, la aplicación de microprocesadores para el control numérico de sus máquinas-herramienta. Expertos en la industria de máquinas-herramienta predicen que a mediados de 1980 los fabricantes locales necesitarán algunos tipos simples de control numérico (*punto a punto*) y que hasta principios de los años noventa empezarán a usar sistemas con control de cinta y controles adaptables.

Por esta razón, no se ha estimado en este subsector, el mercado futuro de controles numéricos para máquinas-herramienta (grupo e) en la lista de productos del cuadro 13).

*Computadoras para control de procesos.* Los datos del mercado de las computadoras para control de procesos están incluidos en el perfil del mercado de computadoras y calculadoras (cuadros 22 y 23); sin embargo, de acuerdo a su función, ellas son parte de los sistemas para control de procesos. En grandes sistemas con muchos centros de control individuales, las computadoras pueden aceptar información de muchos sensores y puntos de control y procesar esta información para el control general en la línea de manufactura, en forma óptima. Las computadoras para el control de procesos ofrecen mayor flexibilidad y eficiencia en el control de procesos complejos que la que se obtendría con centros de control individuales e independientes. La tendencia mundial de aumentar el control de procesos industriales por medio de computadoras se apoya fuertemente en la constante disminución de la relación precio/función de

los microprocesadores y minicomputadores, en los cuales se basa el funcionamiento de aquellas.

Las computadoras para el control de procesos todavía no tienen una aplicación significativa en México. Hasta ahora solamente se ha instalado este tipo de computadoras en la industria procesadora de alimentos (Carnation de México, S. A.), y en la industria del acero (Hojalata y Lámina, S. A. y Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S. A.). Esta última tiene una computadora con 250 puntos de control analógico y 250 puntos de controles digitales con control remoto a más de un kilómetro.

Petróleos Mexicanos tiene planeado utilizar en sus nuevas plantas, computadoras para el control de procesos. La planta petroquímica de PEMEX en La Cangrejera, Veracruz (etileno V, capacidad 500 000 ton/año, inversión 1 300 millones de pesos) que entrará en servicio próximamente, estará controlada por computadora. La refinería de PEMEX en Tula, Hidalgo está usando una computadora (Foxboro) para la colección de datos pero no para el control de procesos. De acuerdo con la experiencia que se ha tenido en estas instalaciones, la industria petrolera reorientará sus políticas futuras y se espera que las computadoras para el control de procesos encuentren una aplicación más amplia en ellas. También se debe hacer notar que la tendencia para el futuro es usar microprocesadores individuales en cada centro de control separado y una pequeña unidad central de procesamiento. Esto proporciona mayor confiabilidad y también reduce la proporción de datos requeridos.

Los cuotas de importación para computadoras, incidentalmente, no se aplican a aquellas que se usan para control de procesos.

#### a) *Tamaño del mercado*

El tamaño total del mercado de instrumentos para control de procesos se muestra en el cuadro 14. Los datos han sido proyectados bajo las siguientes consideraciones: el consumo total del equipo incluido en este subsector ha venido creciendo muy rápido en el pasado; sin embargo, se piensa que en el futuro se ajustará más estrechamente a la expansión de las mayores industrias consumidoras. Por esta razón, se calcula que el incremento total será de alrededor de 15% anual en los próximos cinco años. La producción local debería crecer en la misma proporción, pero la tendencia hacia utilización de instrumentos más complejos, hace que esto sea difícil. Entre 1973 y 1977, la producción de la industria local no fue capaz de crecer tan rápido como la demanda. En 1973 la producción local aportó 34.6% del consumo, pero esta aportación decreció continuamente hasta llegar a 28.8% en 1977. Esto se debe tanto al rápido crecimiento del consumo, que no pudo ser igualado por el de la oferta, como a la demanda creciente de sistemas electrónicos. Sin embargo, se piensa que los fabricantes locales mantendrán la presente participación en el mercado y el pronóstico a 1982 se basa en este supuesto. Dentro de la producción nacional hay una porción que ha venido aumentando: la de instrumentación electrónica; sin embargo, debido a la naturaleza de sus componentes es difícil que los instrumentos electrónicos

Cuadro 14

## MEXICO: INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE PROCESOS. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL</b>										
Producción	8.90	11.40	13.60	16.70	19.90	23.70	27.08	30.90	35.40	40.40
Importaciones	17.10	23.10	31.40	43.00	49.60	57.00	65.57	75.40	86.60	99.60
Exportaciones	0.25	0.30	0.40	0.30	0.50	0.50	0.55	0.60	0.60	0.60
Consumo	25.75	34.20	44.60	59.40	69.00	80.20	92.10	105.70	121.40	139.40
<b>a) Controles electrónicos</b>										
Producción	—	0.10	0.20	0.40	0.90	1.80	2.70	4.00	5.90	8.70
Importaciones	6.05	8.85	13.20	20.20	24.60	29.40	35.30	42.20	50.10	58.40
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	6.05	8.95	13.40	20.60	25.50	31.20	38.00	46.20	56.00	67.10
<b>b) Controles no eléctricos</b>										
Producción	4.90	6.25	7.10	7.20	8.40	9.60	10.40	11.20	12.00	13.00
Importaciones	2.75	3.36	4.30	5.78	6.00	6.20	6.40	6.45	6.50	6.60
Exportaciones	0.25	0.30	0.40	0.30	0.50	0.50	0.55	0.60	0.60	0.60
Consumo	7.40	9.31	11.00	12.68	13.90	15.30	16.25	17.05	17.90	19.00
<b>c) Instrumentos analíticos</b>										
Producción	—	—	—	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
Importaciones	1.30	1.70	2.20	2.90	3.20	3.70	4.20	4.80	5.40	6.30
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	1.30	1.70	2.20	3.00	3.40	4.00	4.60	5.30	6.00	7.00
<b>d) Válvulas de control</b>										
Producción	4.00	5.05	6.30	9.00	10.40	12.00	13.58	15.20	16.90	18.00
Importaciones	7.00	9.19	11.70	14.12	15.80	17.70	19.67	21.95	24.60	28.30
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	11.00	14.24	18.00	23.12	26.20	29.70	33.25	37.15	41.50	46.30

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, investigación directa.

contengan la misma proporción de partes nacionales que la que actualmente tiene la producción de instrumentos neumáticos, de manera que el actual valor agregado de este grupo, en términos monetarios, puede verse disminuido adicionalmente.

**b) Oferta interna**

Al principio toda la instrumentación para control de procesos que necesitaba el país se importaba, por lo que las mayores compañías internacionales del ramo decidieron establecer subsidiarias de ventas locales para estar más cerca del mercado y proporcionar el servicio, las refacciones, y el mantenimiento que eran necesarios.

Conforme la demanda llegó a un punto donde la producción local ya era posible, una de las compañías presentó un programa de integración a la Secretaría de Comercio, el cual fue aprobado, y se empezó a fabricar una línea de instrumentación neumática. De acuerdo con la política proteccionista de México para con las empresas que sustituyen importaciones, cualquier fabricante capaz de producir localmente instrumentos con un contenido nacional aceptable, a precio y calidad razonables y en número suficiente para abastecer al mercado mexicano, puede cerrar efectivamente la frontera a la importación de tales instrumentos. Consecuentemente, para no perder su participación en el

mercado local, otras compañías siguieron el mismo camino y ahora hay siete subsidiarias de compañías multinacionales que se han establecido en México y se dedican a la fabricación de algún tipo de instrumento. La más grande de ellas produce en el país 55% de sus ventas totales con un contenido nacional de 60% en instrumentos neumáticos y de 15 a 25% en instrumentos electrónicos; el resto lo importa de su casa matriz.

El precio de los instrumentos que importa México, después de sumar los gastos y derechos de importación, transporte, permisos de importación, seguro, etc., generalmente se eleva 200% con respecto al precio de lista que tiene en el país de origen. El mismo instrumento ensamblado o parcialmente manufacturado en México cuesta entre 140 y 150% más que el precio de lista original. Sin embargo, como la producción trata de aumentar el contenido nacional, esta ventaja se va reduciendo rápidamente por los costos crecientes que tienen las partes y componentes comprados localmente. Por esa razón, los fabricantes nacionales no encuentran ningún incentivo para aumentar la integración nacional en sus productos.

En general, la calidad de los productos fabricados localmente se juzga como excelente y las industrias consumidoras prefieren los productos locales debido a que los fabricantes están más fami-

liarizados con el producto que los distribuidores y pueden dar mejor servicio y mantener inventarios mayores de partes y componentes. Los instrumentos industriales generalmente tienen un diseño conservador con énfasis en una larga vida y su confiabilidad y servicio son más importantes que en otros sectores, ya que una falla en un instrumento de 200 dólares puede detener una línea de producción completa. Por tanto, es más frecuente encontrar cambios por incorporación de una nueva tecnología en otros productos electrónicos que en estos instrumentos.

Esto podría hacer atractiva para los pequeños fabricantes independientes la producción de instrumentos para control de procesos, pues se trata de productos con larga vida de ventas que incorporan solamente pequeños cambios tecnológicos; sin embargo, es extremadamente difícil lograr una penetración en el mercado.

El productor debe ser capaz de ofrecer una línea completa de instrumentos y aceptar la responsabilidad del diseño de los sistemas íntegros, pero esto sólo pueden hacerlo las grandes compañías internacionales. Los instrumentos para control de procesos pocas veces se compran por separado; más bien se adquieren como sistemas de control completos. Debido a esto los productores independientes se verían limitados a subcontratarse con las compañías establecidas que dominan actualmente el mercado.

La situación es diferente para los instrumentos analíticos y aquéllos que se usan en laboratorios industriales. Estos son más bien productos de alta tecnología y debido a que la demanda actual es relativamente baja no han sido todavía suficientemente atractivos para los productores locales. Como se observa en los datos del mercado, el consumo presente se satisface principalmente a base de importaciones.

Una publicación reciente de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica enlista 53 empresas en el campo de la electrónica industrial. En el cuadro 15 se da la relación de las principales compañías que proporcionan instrumentación para control de procesos en México. Todas estas son subsidiarias de compañías norteamericanas.

Todas las firmas anteriores mantienen inventarios locales de refacciones genuinas, lo cual les da una ventaja definitiva sobre los llamados proveedores del tercer mundo. Se estima que el gasto anual en refacciones es aproximadamente de 10% del costo del sistema total y dicho porcentaje es mayor aún en sistemas que trabajan en ambientes corrosivos.

Cuando menos tres de las principales firmas han establecido escuelas para impartir una serie de cursos acerca de instrumentación para control de procesos, dirigidos a ingenieros y personal de mantenimiento de sus compañías usuarias. Naturalmente en estos cursos las firmas hacen mayor énfasis en sus líneas de instrumentos que en otros, pero hay también cursos introductorios que cubren principios generales y diseño de sistemas. Habitualmente una compañía mantiene cuatro cur-

Cuadro 15

PROVEEDORES AL MERCADO MEXICANO DE INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE PROCESOS

Compañías	Productos	Categoría <sup>1</sup>
Taylor Instrument de México, S. A. de C. V.	Instrumentos neumáticos, válvulas (arriba de 2 pulgadas), graficadores electrónicos, registradores, e instrumentos de prueba, paneles y consolas	D, P
Foxboro, S. A.	Instrumentos para el control de todo tipo de procesos (principalmente neumáticos)	D, P
Honeywell S. A. de C. V.	Indicadores electrónicos e instrumentos para control y registro	D, P
Leeds and Northrup Mexicana, S. A.	Registradores electrónicos, sensores de temperatura y sistemas de alarma	D, P
Medidores Bailey, S. A.	Instrumentos neumáticos, paneles para calentadores	D, P
Fispo, S. A. (Fisher and Porter)	Medidores de flujo, sensores de presión y temperatura, controladores y paneles	D, P
Fisher Governor de México, S. A.	Válvulas de control	D, P
Masonilan Controles y Válvulas, S. A.	Válvulas de control	D, P
West Instruments de México, S. A.	Controladores de temperatura, proporcional y PD	D, P
Bristol, S. A.	Instrumentos neumáticos	D, P
Beckman Instrument de México, S. A. de C. V.	Instrumentos analíticos	D
General Electric de México, S. A.	Controles eléctricos	D
Perkin-Elmer de México, S. A.	Instrumentos analíticos, cromatógrafos, espectrofotómetros	D

<sup>1</sup> D = Distribuidor; P = Productor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas, Informe de Actividades 1976-1977.

sos cada año, al cual asisten participantes no sólo de la industria mexicana sino de otros países de Latinoamérica. El curso de dos semanas tiene un costo de 3 000.00 pesos por estudiante.

c) Industrias usuarias finales

Por varias razones, la mayoría de la instrumentación para el control de procesos se compra en forma de grandes sistemas en lugar de comprar instrumentos individuales. Primera, porque al hacerlo así el usuario final disfruta de una extensa va-

riedad de servicios de ingeniería del proveedor y cuando la planta se encuentra operando se entiende que ese proveedor es el responsable del control automático del sistema. Segunda, porque al comprar el sistema completo, el usuario final frecuentemente recibe descuentos considerables que sólo son posibles por el tamaño de la compra. Este ahorro es complementado por una reducción en los inventarios de refacciones que necesita cuando solamente tiene un solo proveedor.

En el cuadro 16 se muestran los principales sectores mexicanos usuarios de instrumentación para control de procesos y la distribución de las ventas totales en 1977.

Cuadro 16

MEXICO: SECTORES USUARIOS DE INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE PROCESOS, 1977

Sectores	Porcentaje estimado del consumo total (%)
TOTAL	100.0
Abastecimiento de agua y energía eléctrica	26.3
Petróleo	25.5
Procesamiento químico	20.2
Metales primarios	9.0
Azúcar	5.4
Procesamiento de alimentos	3.2
Cerámica y vidrio	3.5
Papel y productos de papel	2.4
Otros	4.5

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con información de Petróleos Mexicanos, cámaras industriales e investigación directa.

Las tres principales industrias compran alrededor de 70% del total. La industria generadora de energía eléctrica y la industria petrolera son propiedad del Gobierno Federal, así como parte de la industria química y petroquímica secundaria. De esa manera, el sector público es el principal consumidor y la inversión futura y los planes de expansión de estas tres industrias tendrán una gran influencia en el desarrollo de este mercado.

i) Industria eléctrica

En el sector de energía eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y su afiliada la Cía. de Luz y Fuerza del Centro proporcionaron alrededor de 90% de la electricidad generada en México. En 1977, la capacidad de generación instalada de la CFE alcanzó 13 500 MW y otros 2 000 MW serán agregados en 1978.

Los principales proyectos termoeléctricos de la CFE para el período 1977-1982 se enumeran en el cuadro 17.

Cuadro 17

PRINCIPALES PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, 1977-1982

Localización	No. de proyectos	Capacidad en MW
TOTAL	11	3 336
Baja California	1	75
Sonora	1	45
Sinaloa	2	390
Campeche	1	150
Coahuila	1	320
Guanajuato	1	600
Hidalgo	1	600
Tamaulipas	2	616
Nayarit	1	540

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con información de la Comisión Federal de Electricidad.

Esto es aparte de los 1 300 megawatts que tendrá de capacidad la planta nucleoelectrónica que se construye en Laguna Verde, Veracruz, la cual está programada para terminarse en 1982, y del proyecto hidroeléctrico de Chicoasén, Chiapas que alcanzará un avance de 75% en 1982 y que cuando se termine generará 2 400 megawatts en ocho unidades.

En los últimos ocho años, la CFE ha estado usando instrumentación eléctrica-electrónica en calderas y turbinas y aún cuando la mayoría es analógica hay alguna instrumentación digital en los cuartos de control. Los sistemas auxiliares son neumáticos. La Comisión no está considerando todavía usar computadoras para el control de procesos.

La instrumentación que usa la CFE depende del equipo que se va a controlar, por lo que en la misma planta puede haber instalados controles de diferentes proveedores y diferentes países, todos ellos con terminaciones en el mismo panel de control y consola del cuarto de control central.

A continuación se describe la instrumentación instalada en la planta termogeneradora de Tula, Hidalgo.

Esta planta es una de las más nuevas y cuando se concluya será la termoeléctrica más grande del país. Actualmente, con tres de sus cuatro unidades en operación genera 900 megawatts que se distribuyen mediante líneas de 220 y 440 kilovolts.

La planta tiene cuatro sistemas de control que en seguida se describen:

Sistema de control de generación eléctrica No. 1

— Nombre del proceso: Línea de abastecimiento de gas para las calderas.

- Capacidad: 32 000 pies<sup>3</sup>/h.
- Hay aproximadamente 18 redes en el sistema y los principales oferentes son: General Electric, Honeywell y Fisher Governor.
- No hay analizadores en la corriente (*on stream*); la instrumentación es neumática en el campo y electrónica en el cuarto de controles.

El gas natural se obtiene de una estación de PEMEX, en donde se regula de 5 kg/cm<sup>2</sup> a 7 kg/cm<sup>2</sup>. A esta presión el gas llega a una estación de reducción en donde dos válvulas reguladoras le dan una presión de 5 kg/cm<sup>2</sup> para la línea de gas ardiendo y para la línea de gas del piloto.

En la línea de gas ardiendo existe la siguiente instrumentación: siete interruptores de presión, una válvula de control para la línea de gas ardiendo, dos válvulas de flujo mínimo, un respiradero para la línea de gas principal, y una válvula de descarga para la línea de gas principal.

En la línea de gas piloto se usan los siguientes instrumentos: dos interruptores de presión, un indicador de presión, una válvula de control para pilotos, una válvula de escape, y una válvula de seguridad.

A continuación se da una descripción de los instrumentos usados en el sistema de la línea de gas.

Función	Línea de gas ardiendo (psi) †	
	Rango	Punto de ajuste
Presión normal para la línea de alimentación de gas	0 - 100	60
Cabeza de control del principal mechero de gas de alta presión	0 - 50	27
Cabeza de control del principal mechero de gas de baja presión	0 - 50	1
Presión de gas arriba de la flama	0 - 50	7.35
Presión para el reencendido del piloto	0 - 50	8.55
Programa de carga de gas de alta presión	0 - 50	19.6
Programa de carga de gas de baja presión	0 - 50	—
Válvula de descarga del gas principal	encendido-apagado	—
Válvula de control del gas principal	3 - 15	—
Válvula de escape del gas principal	encendido-apagado	—
Válvula de flujo mínimo en la cabeza de control	—	—

Función	Línea de gas piloto (psi) †	
	Rango	Punto de ajuste
Cabeza de control del piloto alta presión	0 - 18	15
Cabeza de control del piloto baja presión	0 - 18	8
Presión de la cabeza de control del piloto	0 - 27	—
Válvula de descarga para los pilotos del gas	encendido-apagado	—
Válvula de escape para el piloto del gas	encendido-apagado	—
Válvula de control para el piloto del gas	1 - 15	—
Válvula de seguridad para el piloto del gas	—	—

† Presión en libras por pulgada cuadrada.

En cada caldera hay cuatro elevaciones de gas y cuatro elevaciones para combustible. Cada elevación incluye cuatro pilotos y cuatro mecheros, o sea que hay un total de 32 pilotos y 32 mecheros. Para cada uno de los 32 pilotos hay un detector de flama.

La instrumentación en la sala de controles es eléctrica y en el piso de abajo se encuentran los reievadores marca Westinghouse. No hay analizadores en la corriente (*on stream*).

#### Sistema de control de generación eléctrica No. 2

- Nombre del proceso: Sistema de abastecimiento de aire para la combustión en las calderas.
- Capacidad: El abastecimiento de aire es de 2 150 000 lb/h para cada una de las dos calderas.
- Hay 13 lazos en el sistema y el principal proveedor es Medidores Bailey, S. A.
- La instrumentación en el cuarto de control es eléctrica y analógica; las señales neumáticas en el campo son convertidas a eléctricas por relevadores localizados en el piso de abajo.

Hay dos analizadores en la corriente marca Bailey, un analizador de oxígeno y un analizador de la combustión del gas.

Enseguida se detalla la principal instrumentación del sistema:

Función	Rango
Presión diferencial para las calderas	—
Presión diferencial para la salida de gas en el aire precalentado	—
Flujo de aire	0 - 100%
Diferencial presión-aire en recinto/mechero	1 1/2 a 4" H <sub>2</sub> O
Modulación de aire	15 psi
Analizador de oxígeno	0.1 - 10%
Analizador de la combustión del gas	1 - 10%

*Sistema de control de generación eléctrica No. 3*

- Nombre del proceso: Sistema de abastecimiento de combustóleo para la caldera.
- Hay 13 lazos en el sistema. Las válvulas son Fisher Governor y Rockwell, la instrumentación es Honeywell y los interruptores de presión son de United Electric.
- Las señales neumáticas que vienen del campo se convierten a señales eléctricas por medio de relevadores localizados en un piso de abajo. El sistema consiste de seis interruptores de presión, un interruptor de temperatura, dos válvulas de recirculación, una válvula de descarga, una válvula de control, un medidor de flujo y una válvula de flujo mínimo.

No existen analizadores en la corriente.

*Sistema de control de generación eléctrica No. 4*

- Nombre del proceso: Abastecimiento del vapor principal y el vapor recalentado para la turbina.
- Capacidad: 290 megawatts CA.
- Hay aproximadamente 40 lazos en el sistema. La turbina fue construida por Mitsubishi y la instrumentación en general es de Mitsubishi y General Electric.
- Aproximadamente 80% de la instrumentación en el cuarto de controles es neumática y fue proporcionada por General Electric.

Los controles eléctricos Mitsubishi controlan las siguientes variables: la posición del rotor, la expansión de la envoltura o camisa, el diferencial de expansión, la velocidad, la posición de la válvula, la vibración de la flecha de la turbina, y la excentricidad de la flecha de la turbina.

No existen analizadores en la corriente.

Esta planta es un ejemplo típico de instrumentación de diversas fuentes. El resultado es que los paneles de control, las grandes consolas, los instrumentos y controles de diferente diseño, forma y color, se montan unos a continuación de otros, de modo que la apariencia total del cuarto de controles es un poco confusa, al menos para los observadores externos.

ii) Industria petrolera

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es un monopolio controlado por el Gobierno Federal, es una compañía completamente integrada y una de las firmas más grandes en Latinoamérica. El Gobierno ha otorgado una alta prioridad al sector petróleo y PEMEX está comprometido en un vigoroso programa de expansión de sus refinерías y plantas petroquímicas.

El programa de inversiones en refinерías, plantas petroquímicas y oleoductos para los próximos cinco años (incluyendo materiales, mano de obra e instalación) se resume en el cuadro 18.

Cuadro 18

PROGRAMA DE INVERSIONES DE PETROLEOS MEXICANOS, 1977-1982

(Millones de dólares)

Año	Refinerías	Plantas petroquímicas	Oleoductos
1977	391.5	520.1	135.1
1978	293.9	622.3	811.1
1979	248.3	546.0	526.8
1980	365.8	300.8	222.0
1981	373.2	167.5	129.0
1982	363.1	127.9	80.0

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de las Gerencias de Refinación y Petroquímica de Petróleos Mexicanos.

El cuadro 19 ofrece un desglose más detallado de los oleoductos proyectados para el periodo 1977-1979.

El proyecto más grande que se tiene es el del gasoducto con tubería de 42 pulgadas que va de Cactus, Chiapas, a Reynosa, Tamaulipas, de alrededor de 1 300 kilómetros de extensión, para el cual se estima una inversión total de 23 000 a 30 000 millones de pesos (1 000 a 1 300 millones de dólares). La instrumentación que se usará a lo largo de esta tubería será eléctrica-electrónica con facilidades para telemedición y transmisión de datos.

PEMEX utiliza los más avanzados procesos de refinación, destilación primaria, alto vacío, reducción de viscosidad y desulfuración; mucha de la

Cuadro 19

PETROLEOS MEXICANOS: INVERSIONES EN OLEODUCTOS, 1977-1979

(Millones de dólares)

Concepto	1977	1978	1979
TOTAL	135.1	811.1	526.8
Lineas de gas	67.6	635.1	395.7
Lineas de petróleo crudo	33.8	119.6	75.4
Lineas de productos	26.0	51.1	51.0
Lineas petroquímicas	7.7	5.3	4.7

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de las Gerencias de Refinación y Petroquímica de Petróleos Mexicanos.

tecnología que requiere la importa de compañías norteamericanas; sin embargo, hasta 1976, más de 70% de la instrumentación para el control de procesos con que contaba en sus refineries, era neumática. Los funcionarios de la institución se proponen equipar los proyectos futuros con instrumentos electrónicos. En algunas plantas ya se han instalado aparatos eléctricos analógicos, los cuales se pueden convertir en sistemas controlados por computadoras en el futuro.

Hay mucho interés en PEMEX por instalar sistemas de control directo digital (CDD). Ya se ha instalado una computadora en Tula, Hidalgo, y dependerá de la experiencia que se tenga en esta refinería, la rapidez con que la institución adopte los sistemas CDD en otras plantas que ahora están en construcción.

PEMEX usa una gran variedad de analizadores en la corriente (*on stream*) en sus operaciones de refinación. Los siguientes analizadores están operando en Minatitlán, Veracruz en donde está una refinería típica de PEMEX.

Cuadro 20

NUMERO Y TIPO DE ANALIZADORES EN LA CORRIENTE EN LA REFINERIA DE PETROLEOS MEXICANOS EN MINATITLAN, VERACRUZ

T i p o	Número
TOTAL	24
Cromatógrafos	2
Analizadores de gas	
Oxígeno	2
Hidrógeno	2
Sensores de humedad	7
Gravedad específica	1
Viscosidad	2
Sulfuro	1
Turbulencia	1
Propileno	3
pH	3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de las Gerencias de Refinación y Petroquímica de Petróleos Mexicanos.

Las plantas petroquímicas de PEMEX han adoptado más lentamente la instrumentación eléctrica-electrónica que el sector de refinación. Se estima que en 1976 solamente alrededor de 20% de los instrumentos adquiridos eran electrónicos, pero se espera que este porcentaje aumente hasta 65 a 70% en plantas futuras. Igual que en el caso del sector refinación, la decisión para adoptar sistemas CDD dependerá parcialmente de los resultados que se tengan con la nueva computadora que se acaba de instalar en Tula, Hidalgo (una computadora para el

control de procesos marca Foxboro FOX 1). Este sector también usa un gran número y variedad de instrumentos analíticos en la corriente; la instrumentación electrónica que se ha obtenido es de tipo analógica.

Como ejemplo del tipo y número de instrumentos de control usados en una refinería típica, a continuación se describen los sistemas para el control de tres procesos en la refinería de Minatitlán, Veracruz, que es una de las más grandes del país.

Sistema de control de refinación No. 1

- Nombre del proceso: Planta No. 3 para la preparación de petróleo crudo.
- Capacidad: 23 000 barriles por día.
- Hay 30 lazos de control (excluyendo registradores o indicadores). Los principales oferentes son Foxboro y Taylor.
- La instrumentación es eléctrica, analógica con facilidades para conversión a un sistema de supervisión por computadora que podría ser deseable en el futuro. Todos los controles y los módulos de conversión están localizados atrás del panel para evitar que sean tocados por personas que no sean los ingenieros entrenados en instrumentación. Todos los registradores, indicadores y estaciones de control están montados sobre un panel semigráfico, un Foxboro Spec 200 con circuitos electrónicos de control que opera con señales internas de 0 a 10 volts.

En el sistema hay un analizador en la corriente; es un medidor continuo de viscosidad con controles manuales. El cuarto de controles también tiene un indicador digital de temperatura múltiple marca Leeds and Northrup.

Sistema de control de refinación No. 2

- Nombre del proceso: Planta de separación del fluido catalítico.
- Capacidad: 24 000 barriles por día.
- Hay 71 lazos de control automático en el sistema, abastecidos por Foxboro, con excepción de algunos medidores de nivel Fisher and Porter y válvulas Mason-Neilan.
- La instrumentación es 100% analógica y está montada en un panel de control gráfico. Las señales se convierten de voltaje a corriente y de corriente a señales hidráulicas para las válvulas. Hay dos analizadores en la corriente para el propileno.

Sistema de control de refinación No. 3

- Nombre del proceso: Planta purificadora de aguas residuales. Esta planta trata el agua recibida de las unidades de destilación primaria y separación catalítica, separando el gas del agua y quemando el gas como desperdicio.

- Capacidad: 32 m<sup>3</sup> por hora.
- Hay dos puntos de control en la planta: un medidor de nivel y controlador del tanque con válvula Mason-Neilan y un control de temperatura para el gas que está quemando el mechero. Los instrumentos son marca Taylor.
- La señal de control de temperatura se lee en el panel de control que está en el cuarto de controles. El control de nivel se hace en el campo. La instrumentación es analógica y no hay analizadores en la corriente.

Como ejemplo de la instrumentación de control de procesos usada en una planta petroquímica, se expone la del complejo de Pajaritos en Coatzacoalcos, Veracruz. Esta es una de las nuevas y más grandes plantas petroquímicas básicas en México.

Se perfilan a continuación cuatro procesos.

#### *Sistema de control petroquímico No. 1*

- Nombre del proceso: Planta productora de monómero de cloruro de vinilo, construida en 1974.
- Capacidad: 195 toneladas diarias.
- Tiene 60 circuitos de control; los principales proveedores son Foxboro, Taylor, Monsanto y Fisher Governor.
- El proceso se controla en un panel semigráfico en el cuarto de control de los derivados del cloro. El panel regula automáticamente 100% del proceso e incluye los siguientes instrumentos analógicos: 4 medidores del flujo de gas nitrógeno; 4 medidores del flujo de gas dicloroetano; 1 medidor de temperatura multivariable; 2 medidores de gas natural; 3 medidores de presión de vapor; 4 medidores de presión de cloro; 1 medidor de nivel de vapor del cloroetano; 4 medidores del flujo de gas de cloro; 2 controles de disparo; y 1 medidor de nivel del separador ciclónico.

Existen además dos analizadores en la corriente, ambos gravitacionales, fabricados por Monsanto.

#### *Sistema de control petroquímico No. 2*

- Nombre del proceso: Planta criogénica.
- Capacidad: 100 000 toneladas métricas diarias.
- Hay 52 lazos de control abastecidos por Foxboro.
- La instrumentación es principalmente analógica. El panel gráfico incluye un conjunto programador digital para conectarse desde un deshidratador al otro automáticamente. Hay cuatro analizadores en la corriente hechos por Leeds and Northrup y Beckman; dos para el etano: uno para la humedad y

el otro es un analizador infrarrojo para la absorción.

#### *Sistema de control petroquímico No. 3*

- Nombre del proceso: Servicios auxiliares. Generador de vapor de alta presión 650 libras/pulgada cuadrada. (Empezó a operar en 1972).
- Capacidad: 250 toneladas por hora.
- Existen 22 lazos de control. El principal proveedor es Medidores Bailey, S. A.
- La instrumentación es analógica. Hay ocho medidores Bailey en el panel para cada uno de los dos calentadores de 125 toneladas por hora, que miden el flujo, el oxígeno, la temperatura y el nivel; el control es automático. Hay también un medidor de nivel de tanque Yarway y dos registradores multivariables en el panel. Hay dos analizadores en la corriente.

#### *Sistema de control petroquímico No. 4*

- Nombre del proceso: Planta de etileno No. 2 (1972).
- Capacidad: 550 toneladas diarias.
- Existen 311 lazos de control y los principales oferentes son Foxboro y Fisher Governor.
- El control circular gráfico alberga instrumentación analógica. El indicador de temperatura multivariable es de Leeds and Northrup. En total hay 12 analizadores en la corriente que se enlistan a continuación: uno de pureza del metano, uno de etano, uno de CO<sub>2</sub>, uno de etileno, uno de acetileno (derivados indeseables), uno de humedad y seis cromatógrafos de la Cia. Process Analysis, Inc., para CO<sub>2</sub>, etileno, etano, propileno, propano y metano.

#### *iii) Industria química y petroquímica secundaria*

La industria química y petroquímica secundaria mexicana es en una gran proporción de propiedad privada. Los fabricantes nacionales de productos químicos cubren más del 60% de las ventas totales. Las subsidiarias de firmas norteamericanas aportan alrededor de 30% y las subsidiarias de otros países menos de 5% del total. De las 1970 firmas de procesos químicos, 39 están incluidas entre las 300 más grandes empresas del país.

Se estima que cerca de 40 000 personas trabajan en este sector.

En los próximos cinco años la inversión total de esta industria en bienes de capital será de 904 millones de dólares, de los cuales 45 millones se gastarán en instrumentación; esto representa 5% del total. Los gastos en bienes de capital de esta industria, en el periodo 1970-1982, se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21  
**MEXICO: INVERSION EN LA INDUSTRIA QUIMICA  
 Y PETROQUIMICA SECUNDARIA, 1970-1982<sup>1</sup>**  
 (Millones de dólares)

Año	Inversión total en materiales	Gasto en ins- trumentación para control de procesos
TOTAL	1 858.8	92.79
1970	92.5	4.45
1971	98.9	4.79
1972	105.7	5.15
1973	112.9	5.53
1974	129.8	6.40
1975	129.1	6.88
1976	138.0	7.35
1977	147.5	7.35
1978 <sup>2</sup>	157.6	7.84
1979	168.5	8.40
1980	180.1	8.95
1981	192.5	9.50
1982	205.7	10.20

<sup>1</sup> No incluye mano de obra ni costos de instalación.

<sup>2</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de la Asociación Nacional de la Industria Química.

La inversión promedio en instrumentación para control de procesos en esta industria es de 4.9% del capital invertido.

#### d) *Prácticas de comercialización*

Históricamente hablando, alrededor de 80% de los instrumentos para control de procesos se han comprado a través de distribuidores de importaciones o fabricantes locales; otro 10%, a través de agentes de ventas y el restante 10%, directamente al extranjero. Esta última cifra debería ser ligeramente mayor, debido a que PEMEX con oficinas de compras en Houston, Nueva York y París puede conseguir una porción mayor de su equipo a través de importaciones directas.

Normalmente, los distribuidores generales (representantes de varias compañías) venden sistemas de cinco a diez lazos o menos, instrumentos de reposición, controles para motores eléctricos e instrumentos analíticos. La ventaja que tienen los agentes de ventas está en el precio, así como en sus bajos costos de operación, que los hace fuertemente competitivos. La desventaja obvia es en la falta de diseño, ingeniería e instalaciones para proporcionar servicio.

Los grandes sistemas para control de procesos son casi siempre traídos por medio de las subsidiarias locales de las principales compañías internacionales en esa área.

Las compañías usuarias solamente toman en cuenta los productos de compañías con servicio e ingeniería ya probados en México. Entre las compañías calificadas, el factor primordial es el precio; sin embargo, el precio es una consideración más

bien secundaria en los sistemas para control de procesos, debido a que éstos no representan más de 6% de la inversión en equipo de bienes de capital de la planta, pero son los responsables del control y la operación continua de todo el proceso. Esto significa que una gran reducción en el precio de los sistemas sólo representaría una pequeña reducción en el costo total de la planta. Además, rara vez se puede ofrecer una reducción sustancial en el precio sin sacrificar la calidad del equipo, así como la de los servicios que se ofrecen, tales como ingeniería, entrenamiento, supervisión de la instalación, mantenimiento y puesta en marcha. Por eso, el precio es secundario frente a la confiabilidad y el servicio del proveedor.

En muchas instalaciones se pueden encontrar sistemas para control de procesos que no tienen representación en México (particularmente de proveedores del tercer mundo). Estos sistemas generalmente se han importado junto con el equipo o la maquinaria que controlan. Por ejemplo, si una turbina para una planta de potencia se importó de Japón, trae instalado un sistema de control japonés. En esa forma se han importado equipos de Japón, Gran Bretaña, Alemania, Suecia y Holanda. Similarmente, si una planta es subsidiaria, digamos, de una compañía alemana, es lógico que compre sistemas de control hechos en Alemania. No obstante, se piensa que la instrumentación europea es más complicada de lo necesario para adecuarla al monitor de un proceso dado y por eso mismo es más difícil y costosa de mantener. Esto no se aplica a la instrumentación japonesa, la cual tiene un costo ventajoso en México, pero debido a la escasez de servicio no ha podido capturar más de 6% del mercado.

#### e) *Restricciones comerciales y tarifas*

Al igual que otros productos, los instrumentos para control de procesos, solamente se pueden importar con un permiso que proporciona la Secretaría de Comercio. Este permiso no se otorga si el producto en cuestión se hace localmente a un precio razonable, con calidad adecuada y en suficiente volumen como para satisfacer el mercado mexicano.

Los derechos que se pagan al importar instrumentos industriales son de 10% y para válvulas de control automático, de 20%.

Los instrumentos para control de procesos que se importan no tienen que satisfacer estándares técnicos especiales ni están sujetos a reglas de seguridad.

### 3. ASOCIACIONES INDUSTRIALES Y PROFESIONALES

Asociación Mexicana de Fabricantes de Equipos de Medición y Control Automático (AM-FEMCA)

Asociación Mexicana de Fabricantes de Válvulas y Conexos  
 Balderas 144-107, México 1, D. F.

Asociación Mexicana de Ingenieros en Comunicaciones Eléctricas y Electrónicas  
 Balderas y Ayuntamiento, México 1, D. F.

Instrument Society of America (ISA) Sección México

## E. PERFIL DEL MERCADO DE COMPUTADORAS Y CALCULADORAS

### 1. ANTECEDENTES

El rápido avance de la tecnología microelectrónica durante las dos últimas décadas ha tenido su mayor manifestación en las computadoras. La relación precio-funcionamiento de éstas se ha reducido en forma constante, y sus aplicaciones en adminis-

tración, negocios, procesamiento de información, producción y servicios, se han incrementado.

El crecimiento de la economía mexicana y la expansión de la industria han propiciado un incremento en la aplicación de las computadoras. En 1976 había más de 3 400 de ellas instaladas en Mé-

Cuadro 22

### MEXICO: DEMANDA DE COMPUTADORAS Y CALCULADORAS

Productos	Demanda <sup>1</sup>			Productos	Demanda <sup>1</sup>		
	Baja	Medio	Alta		Baja	Medio	Alta
a) Computadoras electrónicas				Equipo para reconocimiento de marcas ópticas (OMR)			F
Minicomputadoras y microcomputadoras			F D	Equipo para reconocimiento de caracteres en cinta magnética (MICR), lectoras y registradoras	F		
Pequeñas, medianas y grandes computadoras				Lectores de entrada de cinta de papel			
Digitales		F		Equipo para la recopilación de fuentes de datos			
Analógicas	F			d) Dispositivos de salida			
Híbridas	F			Perforadores de tarjetas de salida sin teclado	F		
Computadoras para el control de procesos	F			Graficadores digitales		F	
b) Equipo periférico				Graficadores con impresión		F	
Equipo auxiliar de memoria				Impresoras de impacto		F	
Dispositivos de acceso directo a la memoria				Impresoras de no impacto		F	
Núcleo magnético				Registradores de procesos			
Disco magnético			F	Graficadores con display	F		
Disco floppy (disco flexible, diskette)			F	Display alfanuméricos (o de CTR)		F	
Cilindro magnético	D F			Teleimpresoras			D F
Tarjeta magnética				e) Terminales de computadora			
Memoria externa a base de semiconductores			F	Terminales no inteligentes (no programables) con un valor menor a 2 000 dólares			D F
Dispositivos de almacenamiento de acceso secuencial				Terminales microprogramables con un valor de 2 000 a 4 000 dólares	F		
Unidades de cinta magnética				Terminales inteligentes (programables) con un valor de 4 000 o más dólares			F
Convencional (cinta magnética de 1/2" de ancho)			F	f) Procesadores de comunicaciones			
Cartuchos			F	Procesadores de paquetes remotos incluyendo terminales impresoras programables de alta velocidad	F		
Cassettes			F	g) Controladores para equipo periférico y dispositivos de interfase			
Dispositivos de línea de retraso		F		Unidades de interfase para datos asíncronos			
c) Equipo para preparar los medios de entrada (auxiliar)				Unidades de interfase para datos síncronos	F		
Dispositivos de entrada que utilizan disco				Multiplexores asíncronos	F		
Dispositivos de entrada que utilizan diskette				h) Calculadoras			
Dispositivos de entrada que utilizan cinta			F	Calculadoras de escritorio			D F
Dispositivos de entrada que utilizan tarjeta		F		Calculadoras impresoras electrónicas			D F
Lectores de tarjeta de entrada		F		Calculadoras electrónicas con display			D F
Equipo para reconocimiento de caracteres ópticos (OCR)			F	Calculadoras electrónicas impresoras y con display			D F

<sup>1</sup> Los símbolos de esta columna significan:

D = Producto manufacturado localmente (fabricación o ensamble).

F = Producto importado.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

xico. En comparación, en Estados Unidos hay 150 000, con una tasa de crecimiento anual de 25%, y de 45% para las minicomputadoras. En México es poco probable que el crecimiento exceda de 15% (25% para minicomputadoras). En relación con el producto nacional bruto, México tiene 35.4 computadoras por cada 1 000 millones de dólares y Estados Unidos, 79.

La mayor demanda de computadoras en México, proviene de la administración, los negocios y el comercio. Sin embargo, últimamente también ha crecido el interés por las computadoras para la investigación científica y para el manejo de la exploración y la producción petroleras. En escala menor, las computadoras se usan en aplicaciones directas como el control de procesos de manufactura y de otros procesos.

Para los próximos años se espera incrementar la capacidad de las computadoras actualmente instaladas mediante adiciones de equipo periférico y un más eficiente *software*.<sup>3</sup> Con respecto a las terminales, la tendencia es a aumentar el uso de pantallas a base de tubos de rayos catódicos (CRT) e impresores de no impacto. Los sistemas automáticos de memoria irán reemplazando gradualmente a los mecanismos de disco y cintas; esta es una tendencia que se está acelerando entre los usuarios de las grandes instalaciones. En comunicaciones es probable que las operaciones de teleproceso tengan una rápida expansión debido a la creciente necesidad de procesar una gran cantidad de datos en organizaciones tales como bancos, aseguradoras, etc., que tienen filiales en todo el país. Los expertos industriales esperan un fuerte incremento del procesamiento de datos en todos los países de Latinoamérica. En México, el crecimiento actual está limitado principalmente por diversos problemas que se tienen que enfrentar para obtener autorización para usar las líneas telefónicas para transmisión de datos.

El mercado mexicano de computadoras está más controlado por las políticas gubernamentales y las restricciones a la importación, que por la demanda. En efecto, la cuota de importación fijada por el Gobierno mexicano en 1975, (basada en las importaciones de 1974) ha frenado y regulado el crecimiento de este sector. Sin embargo, se tienen que hacer predicciones bajo el supuesto de que tales restricciones se reducirán en un futuro próximo. Los especialistas de la industria local de computadoras están convencidos de que las cuotas de importación de éstas serán retiradas pronto, posiblemente a cambio de un aumento de los impuestos sobre la importación de computadoras ensambladas en el exterior; pero la decisión oficial aún no ha sido tomada.

En la investigación de este subsector, las calculadoras de bolsillo no están incluidas por no considerarse bienes de capital. Sin embargo serán mencionadas, ya que existe en México un amplio mercado para ellas. En 1977 su consumo total fue de 2 000 000 unidades y en su mayor parte eran simples —con sólo las cuatro operaciones fundamen-

tales— y ensambladas localmente. Las ventas de calculadoras de bolsillo para uso científico fueron de aproximadamente 10 000 unidades; la mitad de ellas se importaron de Brasil donde varias plantas maquiladoras las ensamblan.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

En México la demanda de computadoras se cubre casi totalmente mediante importaciones. Además, existe producción local considerable de calculadoras de escritorio (impresoras), que excede a la demanda interna por lo que alrededor de 65% de esta producción se exporta, principalmente a otros países de la Asociación Latinoamericana de Libre Comercio (ALALC).

En la mayoría de los países, el sistema de clasificación de las estadísticas de importación y exportación se estableció antes de que las computadoras electrónicas empezaran a ser importantes. De aquí que éstas se acomoden en diferentes categorías. En las estadísticas de exportación de Estados Unidos, por ejemplo, están incluidas bajo el rubro de "maquinaria no eléctrica"; y en las estadísticas mexicanas se incluyen en un grupo denominado "máquinas de estadística y análogas", bajo el cual, sin embargo, sólo una pequeña parte de la cifra de importación corresponde a las computadoras. Los datos sobre importaciones así como los del consumo total tuvieron que obtenerse de otras fuentes tales como los usuarios finales, los importadores-distribuidores, los productores locales, las agencias gubernamentales y estadísticas preparadas por la Sociedad Mexicana de Computación Electrónica, asociación comercial que desafortunadamente dejó de existir.

El mercado total de computadoras y calculadoras se ha dividido en los siguientes cuatro grupos: minicomputadoras; pequeñas, medianas y grandes computadoras; equipo periférico (comprado por separado); y calculadoras (de escritorio-impresoras).

### i) Minicomputadoras

La venta de minicomputadoras en México se inició en 1968 y ha mostrado un rápido crecimiento. Entre 1973 y 1977, el promedio anual de incremento del consumo ha sido de 30%, alcanzando un valor de 7.46 millones de dólares en 1977. Esto se ha debido en parte al aumento del poder de las minicomputadoras y en parte al descenso de los precios que ha hecho que muchas empresas medianas y pequeñas puedan obtenerlas.

Para los próximos cinco años se espera que el consumo de minicomputadoras tenga un crecimiento más rápido que el de las computadoras de gran tamaño. El sector privado será el mayor consumidor, particularmente de sistemas que puedan crecer con la adición de más memorias de minis, pequeñas o medianas computadoras. Actualmente, no sólo los pequeños consumidores están comprando más minicomputadoras, sino también las grandes empresas están descentralizando sus instalaciones de cómputo usando varias minicomputadoras conectadas juntas (procesamiento distribuido) en lugar de una gran computadora con terminales remotas.

<sup>3</sup> Se refiere a los programas de computación.

Una de las razones de esta tendencia es que las máquinas son de gran confiabilidad, pero también, que las grandes computadoras dependen de los productores para la preparación del *software*. La preparación del *software* es costosa para el usuario, ya que requiere de personal altamente calificado. De la otra forma sólo se necesitan operadores para atender una instalación de minicomputadoras, con lo cual se simplifica el problema del personal.

Las tendencias generales en *software* son las siguientes: hace pocos años, se preparaba para la aplicación que requería el usuario; ahora, cada vez más productores proveen paquetes estándares y más flexibles de *software*, en los que solamente se necesitan pequeñas modificaciones para los diferentes requerimientos individuales. El problema se simplificó adicionalmente en virtud de que las grandes compañías fabricantes de computadoras producen ahora líneas completas de ellas (desde minis hasta las más grandes) con un *software* compatible; de esa manera el usuario puede cambiar a una computadora más potente y seguir usando el mismo paquete básico de *software*.

Se espera que el consumo de minicomputadoras casi se duplique cada tres años, siempre que no sea afectado por las licencias de importación requeridas y las limitaciones en las cuotas de importación.

#### ii) Computadoras pequeñas, medianas y grandes

Este grupo de computadoras ha sido afectado sustancialmente por las regulaciones gubernamentales. La suspensión temporal de las licencias de importación en 1975 redujo las importaciones en ese año 2.5% respecto al año anterior. En 1976 se incrementaron 11.1%, pero la devaluación de la moneda mexicana en septiembre del mismo año redujo las importaciones de 1977 en 5.9%. Para los siguientes cinco años, sólo se espera un pequeño crecimiento anual de 9%.

En 1978 y 1979 la Secretaría de Comercio será muy selectiva al otorgar licencias de importación para grandes computadoras. El Gobierno mexicano considera que la presente capacidad instalada en computadoras no se está usando totalmente y que el futuro crecimiento del poder de cómputo tendrá que venir del equipo periférico adicional (terminales, memorias, etc.), y no de la compra de grandes máquinas.

#### iii) Equipo periférico

El equipo periférico que se entrega junto con la computadora en una nueva instalación puede representar de 35 a 40% del costo total de ésta. Debido a que este equipo no se computa por separado, se le ha incluido en los datos de mercado del grupo (b) del cuadro 23. Sin embargo, también hay un mercado especial para el equipo periférico que se compra por separado. En muchos casos la compra original es para hacer una configuración mínima, pero después se agrega más equipo periférico, según los requerimientos posteriores, para incrementar la capacidad total de la CPU (unidad central de procesamiento). En instalaciones más

antiguas, el equipo de entrada que usa tarjetas perforadas o cinta de papel se está reemplazando por equipo de cinta magnética o unidades de discos, con lo que el equipo periférico mejora la instalación, o bien, la adapta para otras aplicaciones.

El consumo de equipo periférico comprado por separado no ha crecido en forma regular en el pasado. De 4.6 millones de dólares en 1974 bajó a 2.5 millones en 1975 como resultado de las restricciones a las importaciones en ese año. Sin embargo, en el mismo, hubo un gran adelanto en la tecnología de los equipos periféricos que incrementó su capacidad, por lo que las ventas volvieron a aumentar hasta 4.5 millones de dólares en 1976. Para los siguientes dos años se ha previsto un gran incremento en la demanda de los equipos periféricos, por las razones que ya se mencionaron en el punto (ii). Se espera un crecimiento de 50% en 1978 y de 30% en 1979. Esto permitirá que el crecimiento anual alcance un nivel normal de 10 a 15% para 1981-1982, cuando el aumento necesario en el poder de cómputo venga otra vez de la compra de nuevas computadoras y no de la adición de equipo periférico a las instalaciones existentes.

#### iv) Calculadoras

El mercado mexicano para calculadoras de escritorio, impresoras o no impresoras, es ahora de 50 a 60 000 unidades anuales y se cubre casi por completo mediante la producción local. Sólo se importan tipos especiales como cajas registradoras y otras para las cuales la demanda local es todavía relativamente baja. La producción local de calculadoras impresoras empezó hace 12 años y es en realidad el único caso en todo el sector de la electrónica profesional en el cual importantes exportaciones han llevado a economías de escala. En 1973, la industria local exportó 46% de su producción y esta porción aumentó a 63% en 1977.

Actualmente las exportaciones se destinan a Argentina, Brasil y otros países del área de la ALALC, pero se espera que en los siguientes años desciendan un poco debido a que en Brasil el gobierno ha adoptado una fuerte política de protección que hará más difícil la exportación a ese país; además la competencia en otros países de Latinoamérica está creciendo.

Se espera que la demanda local de calculadoras crezca un poco, ya que el mercado formado por las grandes industrias usuarias no está saturado. Las proyecciones de ventas de los productores y distribuidores indican un futuro crecimiento anual de alrededor de 15%. Esta cifra ha sido usada para la predicción del consumo local hasta 1982.

#### a) Datos del mercado

El tamaño total del mercado se resume en el cuadro 23. Estos datos se han compilado con base en información obtenida en discusiones con los principales representantes del sector. El consumo total de computadoras y calculadoras muestra un incremento medio anual de 6.3% durante los últimos cinco años. Para el periodo 1977-1982 se espera un crecimiento de 14.4% al año, suponiendo que

las barreras comerciales que actualmente existen vayan desapareciendo gradualmente.

Las importaciones constituyeron 94% del consumo total en 1973, 91% en 1977 y se ha previsto su disminución a 88% en 1982. Este alto porcentaje se debe a los siguientes factores: las computadoras son productos de alta tecnología; la producción de calculadoras y de algunos equipos periféricos es

limitada, aun cuando el ensamble de minicomputadoras ya se ha iniciado en México; y la tecnología de las computadoras está cambiando rápidamente, por lo que su fabricación no es atractiva para los industriales locales, lo que hace prever que la industria doméstica no llegará a tener importancia en un futuro cercano. En 1973, la producción local cubrió 6.3% del consumo total; en 1977, 8.5% y se prevé que para 1982 cubrirá 11.5%.

Cuadro 23

MEXICO: COMPUTADORAS Y CALCULADORAS. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL</b>										
Producción	4.46	4.95	5.70	8.02	10.05	12.32	14.92	17.52	20.05	23.02
Importaciones	36.60	41.15	38.90	46.55	45.65	51.98	58.89	66.54	75.60	86.45
Exportaciones	2.00	2.70	4.00	4.80	5.80	7.03	8.23	9.35	10.47	11.78
Consumo	39.06	43.40	40.60	49.77	49.90	57.27	65.58	74.71	85.18	97.69
<b>a) Minicomputadoras</b>										
Producción	—	—	—	0.20	0.36	0.46	0.60	0.78	1.00	1.30
Importaciones	2.60	2.92	3.28	5.95	7.11	8.87	11.06	13.79	17.21	21.47
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	2.60	2.92	3.28	6.15	7.46	9.33	11.66	14.57	18.21	22.77
<b>b) Pequeñas, medianas y grandes computadoras</b>										
Producción	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Importaciones	29.60	32.52	31.78	35.22	33.14	35.33	38.19	41.59	45.79	50.78
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	29.60	32.52	31.70	35.22	33.14	35.33	38.19	41.59	45.79	50.78
<b>c) Equipo periférico</b>										
Producción	0.10	0.15	0.20	0.42	0.80	1.00	1.50	2.00	2.40	2.90
Importaciones	3.40	4.41	2.42	4.28	4.10	6.30	7.98	9.35	10.67	12.13
Exportaciones	—	—	0.10	0.20	0.20	0.25	0.31	0.35	0.42	0.53
Consumo	3.50	4.56	2.52	4.50	4.70	7.05	9.17	11.00	12.65	14.50
<b>d) Calculadoras</b>										
Producción	4.36	4.80	5.50	7.40	8.90	10.86	12.82	14.74	16.65	18.82
Importaciones	1.00	1.30	1.50	1.10	1.30	1.48	1.66	1.81	1.93	2.07
Exportaciones	2.00	2.70	3.90	4.60	5.60	6.78	7.92	9.00	10.05	11.25
Consumo	3.36	3.40	3.10	3.90	4.60	5.56	6.56	7.55	8.53	9.64

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de proveedores de equipo y fabricantes locales.

El cuadro 24 muestra el crecimiento anual de cada uno de los grupos y de todo el sector. Se puede ver que el consumo tendrá un crecimiento más rápido en los siguientes cinco años que en el periodo anterior, llegando a un total de 97.7 millones de dólares en 1982.

b) Usuarios finales

Se pueden identificar tres grandes grupos de usuarios:

i) El Gobierno mexicano, incluyendo agencias gubernamentales y empresas paraestatales.

ii) Los grandes grupos industriales o industrias privadas, de las cuales el grupo Monterrey (acero, vidrio, electrónica, turismo, cerveza) es el más importante.

iii) El sector privado en general, consistente de un gran número de pequeñas y medianas empresas comerciales, de negocios e industria.

En general, el Gobierno mexicano es el mayor consumidor de una gran variedad de productos. El

Cuadro 24

MEXICO: COMPUTADORAS Y CALCULADORAS. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982  
(Crecimiento anual en porciento)

Concepto	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982	1973-77	1977-82
<b>TOTAL</b>											
Producción	11.0	15.2	40.7	25.3	22.6	21.1	17.4	14.4	14.8	22.5	18.0
Importaciones	12.4	—	5.5	19.7	—	1.9	13.9	13.3	13.0	14.4	5.7
Exportaciones	35.0	48.1	20.0	20.8	21.2	17.1	13.6	12.0	12.5	30.5	15.2
Consumo	11.1	—	6.5	22.6	0.3	14.8	14.5	13.9	14.0	14.7	6.3
<b>a) Minicomputadoras</b>											
Producción	—	—	—	75.0	31.4	30.4	30.0	28.2	30.0	—	30.0
Importaciones	12.3	12.3	81.4	19.5	24.8	24.7	24.7	24.8	24.8	28.8	24.7
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	12.3	12.3	87.5	21.3	25.1	25.0	25.0	25.0	25.0	30.1	25.0
<b>b) Pequeñas, medianas y grandes computadoras</b>											
Producción	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Importaciones	9.9	—	2.5	11.1	—	5.9	6.6	8.1	8.9	10.1	10.9
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	9.9	—	2.5	11.1	—	5.9	6.6	8.1	8.9	10.1	10.9
<b>c) Equipo periférico</b>											
Producción	50.0	33.3	110.0	90.5	25.0	50.0	33.3	20.0	20.8	—	29.4
Importaciones	29.7	—	45.1	76.9	—	4.2	53.7	26.7	17.2	14.1	13.7
Exportaciones	—	—	100.0	—	25.0	24.0	12.0	20.0	26.2	—	21.5
Consumo	30.3	—	44.7	78.6	4.4	50.0	30.1	20.0	15.0	14.6	7.6
<b>d) Calculadoras</b>											
Producción	10.1	14.6	34.5	20.3	22.0	18.0	15.0	13.0	13.0	19.5	16.2
Importaciones	30.0	15.4	—	26.7	18.2	13.8	12.2	9.0	6.6	7.3	6.8
Exportaciones	35.0	44.4	17.9	21.7	21.1	16.8	13.6	11.7	11.9	29.4	15.0
Consumo	1.2	—	8.8	25.8	17.9	20.9	18.0	15.1	13.0	13.0	8.2

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 23.

área de equipo de oficina y computadoras no es la excepción a esta regla, ya que el Gobierno compra o renta aproximadamente 50% de todas las computadoras instaladas.

Las más importantes dependencias gubernamentales y empresas paraestatales que tienen en uso una o varias computadoras, son las siguientes:

Secretarías de Estado: Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Salubridad y Asistencia, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Secretaría de la Defensa Nacional y Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Principales empresas paraestatales: Altos Hornos de México, S. A.; Complejo Industrial Ciudad Sahagún; Fertilizantes Mexicanos, S. A.; Petróleos Mexicanos (PEMEX); Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas S. A. (SICARTSA); Comisión Federal de Electricidad (CFE); Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); Instituto Politécnico Nacional; Aeronaves de México, S. A.; Banco de México, S. A.; Aseguradora Hidalgo, S. A.; y Nacional Financiera, S. A.

Como se puede ver, el sector público en México tiene muchas actividades que incluyen administración, control, producción industrial, educación pública, salubridad y asistencia, etc. Tomando en cuenta que el Gobierno debe continuar controlando todas las actividades mencionadas, la necesidad de mejores técnicas de administración, la organización de la información estadística y una más rápida transmisión de datos, se lograrán por el uso de un sistema de cómputo más complejo. Es imposible determinar, aunque sea aproximadamente, el monto del presupuesto que debería dedicarse a la compra de computadoras y equipo periférico para cada una de las organizaciones anteriormente mencionadas. Pero, se espera que las principales organizaciones, como la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, CFE, PEMEX, etc., aumenten su capacidad de procesamiento de datos, debido principalmente al incremento de las actividades en sus respectivos campos. Esto no significa que aumentarán las solicitudes de grandes computadoras para los próximos dos años, pero sí que mejorará la utilización de la capacidad básica de las máquinas existentes por medio de un mejor *software* y la adición de terminales y otros equipos periféricos.

El mayor usuario individual de computadoras dentro del Gobierno Federal es la Secretaría de Ha-

cienda y Crédito Público, cuyas actividades incluyen la recolección de impuestos, el control de los ingresos del presupuesto nacional, la dirección de los servicios aduanales y el manejo de la deuda pública.

Para todas las compras gubernamentales de computadoras, la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN) ha establecido claras políticas cuya reglamentación ha sido comunicada a todos los actuales y posibles proveedores. Los programas de compras se realizan por concursos y generalmente se manejan en forma confidencial. Las políticas de compra del Gobierno se ajustan a las siguientes bases:

- i) Igual oportunidad para todos los oferentes;
- ii) Las solicitudes de cotización son preparadas por las oficinas de compras y cubren los siguientes puntos:
  - Especificaciones técnicas;
  - Especificaciones de funcionamiento;
  - Objetivos (uso propuesto) del sistema;
  - Límites de tiempo para el suministro de la oferta y cotizaciones;
- iii) Las negociaciones para la compra se efectúan por conducto de los altos ejecutivos de las empresas proveedoras;
- iv) Los comentarios y recomendaciones de los proveedores se tomarán en consideración;
- v) Se exige el empleo de técnicos mexicanos, siempre que sea posible, para la instalación, servicio y mantenimiento;
- vi) Se exige que el proveedor tenga experiencia y buenos antecedentes en instalaciones similares previas;
- vii) Aceptación de las condiciones del contrato propuestas por SEPAFIN relativas a la compra o renta, entrega e instalación del equipo.

Contrariamente a la política de las empresas privadas de comprar 95% de los componentes del sistema al fabricante del computador, el Gobierno tiende a diversificar sus fuentes de aprovisionamiento en materia de terminales, modems, etc.

El Gobierno también está adelante del sector privado en cuanto a la aplicación de nuevas y más avanzadas técnicas, principalmente por causa de la especialización y capacidad de sus asesores y porque tiene fondos suficientes para usarlos en la compra de mejor y más nuevo equipo.

Asimismo, el sector público es líder en la tendencia general hacia el uso de pantallas en tubos de rayos catódicos. En tanto que se estima que el sector privado sólo usará este tipo de pantallas en 15% de sus instalaciones y seguirá usando teleimpresoras o terminales electromecánicas en 85% de éstas, en el Gobierno se tiene una situación casi inversa. Sin embargo, la industria privada también tiende a incrementar el uso de terminales de tubos de rayos catódicos.

En el sector privado, los grandes grupos industriales son, generalmente, los líderes en el uso de computadoras.

De las grandes empresas industriales y de negocios, el grupo Monterrey es con mucho el más grande. Este grupo está utilizando principalmente computadoras medianas, pero tiene planes para comprar una gran computadora en 1978, y conectar todas las computadoras del grupo juntas, en la misma forma que lo planea hacer el sector público.

De acuerdo con la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Programación y Presupuesto, en 1975 había registradas 470 compañías con más de 500 empleados. Desde entonces este número se ha incrementado por arriba de 500 y se estima que 75% de éstas, tiene una o varias computadoras para uso general.

El número de los pequeños y medianos negocios industriales y comerciales en México, es aproximadamente de 280 000, de los cuales solamente 1 200 (0.43%) tienen una o más computadoras para uso general. Sin embargo, se prevé que dentro de 3 ó 4 años, el número total de compañías llegará a 300 000 y alrededor de 11 000 de ellas (3.7%), estarán en posibilidad de usar computadoras. Esto quiere decir, que tales compañías tendrán la necesidad y el apoyo financiero para instalar una computadora y también se espera que muchas de ellas usen los servicios de firmas especializadas en el procesamiento de datos. De cualquier manera, este sector de la industria será grandemente responsable del crecimiento previsto en el mercado de minicomputadoras.

Los servicios de procesamiento electrónico de datos (PED) son proporcionados en México por diversas organizaciones entre las que se encuentran: los bufetes de servicio regular, que son compañías cuyo capital de trabajo está compuesto por equipo de computación y lo rentan en tiempo compartido a usuarios externos, principalmente para contabilidad, que es la actividad que ocupa poco más de la mitad del tiempo en esta área; las subsidiarias de fabricantes de computadoras que proveen servicio de procesamiento de datos como ayuda a los usuarios de su equipo —ya sea que éste haya sido vendido o rentado— cuando estos tienen problemas en sus instalaciones; las escuelas de entrenamiento y procesamiento para usuarios externos; y finalmente, los centros de servicio semiprivados, operados por grupos industriales principalmente para sus propios afiliados.

Se ha estimado que existen más de 100 establecimientos en esta área, con un total de ventas anuales de más de 20 millones de dólares. La mayoría de las 320 computadoras usadas en los servicios de PED son propias de estas firmas y no rentadas; y en su mayor parte han sido compradas de segunda mano.

Los bufetes de servicio en México se limitan a proveer procesamiento en paquetes, ya que las operaciones de teleproceso (con terminales remotas) involucran el uso de líneas telefónicas para la transmisión de datos digitales y para esto sólo dos organizaciones tienen autorización del Gobierno: Teleinformática de México, S. A. y Tiempo Compartido, S. A.

En tanto que los establecimientos convencionales proveen principalmente servicios de contabili-

dad. Teleinformática de México, debido a su acceso al teleprocesamiento, vende servicios que incluyen consultas a nivel gerencial, transmisión de datos bancarios, soporte de *software* y procesamiento de datos, usando terminales en el lugar donde el cliente necesita y usa la información.

Las compañías de PED son actualmente la más fuerte competencia que tiene el mercado de minicomputadoras. La decisión entre usar minicomputadoras u obtener los servicios de estas compañías depende principalmente de un análisis de costo-beneficio.

La utilización de las computadoras en México se distribuye entre firmas comerciales, industriales y organizaciones gubernamentales (véase el cuadro 25).

Cuadro 25

MEXICO: ESTRUCTURA DE LA UTILIZACION DE COMPUTADORAS POR SECTORES

(Porcentaje)

Sector usuario	Mini-computadoras	Pequeñas, medianas y grandes computadoras
TOTAL	100.0	100.0
Gobierno	15.8	16.7
Manufactura	31.8	35.3
Bancos y aseguradoras	15.8	19.3
Tiendas de menudeo	17.7	6.9
Transportes y Comunicaciones	1.6	2.5
Hospitales	1.8	6.5
Educación e investigación	3.6	4.5
Servicios de procesamiento electrónico de datos	11.9	8.3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de los proveedores de equipo y fabricantes locales

El renglón Gobierno en la tabla anterior se refiere solamente a sus dependencias directas como son las Secretarías y otras oficinas administrativas. Pero si se incluye la participación en la manufactura, los bancos, las aseguradoras, los transportes y comunicaciones, los hospitales y la educación, el sector público usa cerca de 50% de todas las instalaciones de computadoras en México.

En el sector de las manufacturas, el usuario más grande solamente utiliza 9% de las minicomputadoras y 1% de las pequeñas computadoras directamente en la producción; el resto se usa para propósitos administrativos (nómina, contabilidad, control de inventarios, etc.). En Estados Unidos, donde el sector productor es también el mayor usuario, las computadoras se usan principalmente en aplicaciones directas a los procesos de manufactura, lo que ha tenido un rápido crecimiento con la proliferación de microprocesadores y minicomputadoras en línea en las plantas de producción. La misma tendencia puede esperarse en México dentro de algunos años.

c) *Inventario de computadoras en México*

El número total de computadoras instaladas en México ha crecido como aparece en el cuadro 26.

Cuadro 26

MEXICO: NUMERO DE COMPUTADORAS INSTALADAS, 1972-1977

T i p o	1972	1975	1976	1977
TOTAL	680	2 525	2 902	3 309
Minicomputadoras	120	1 640	1 834	2 068
Pequeñas computadoras	—	608	749	882
Medianas computadoras	560	234	273	310
Grandes computadoras	—	43	46	49

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de los proveedores de equipo y fabricantes locales.

Esta información proviene de datos publicados por la ya desaparecida Sociedad Mexicana de Computación Electrónica a los cuales se han sumado los incrementos anuales. Estos datos se han discutido con varias de las compañías de computadoras en México. Si bien las compañías estuvieron de acuerdo con el número total de pequeñas, medianas y grandes computadoras de uso general instaladas, en lo referente a minicomputadoras tuvieron diferentes opiniones. Mientras algunos expertos industriales insistieron en que en 1977 había solamente alrededor de 1 500 minis instaladas, otros dijeron que el número que muestra la tabla (2 068) es algo bajo. Esta controversia parece deberse a una cuestión de definición. Si las minicomputadoras se definen en términos de CPU (unidad central de proceso), el número dado tal vez es alto; pero si se incluyen todas las máquinas para contabilidad (que algunos vendedores clasifican como minis y otros no) el número es algo bajo. Desde luego, también es posible que la base de datos no sea correcta. De todas maneras el cuadro se presenta con el fin de brindar una orientación general.

Ya se ha mencionado que el principal uso de las computadoras en México es en contabilidad y procesamiento de datos administrativos y comerciales. El cuadro 27 presenta información más precisa sobre la utilización de las computadoras.

d) *Proveedores internos*

En México los usuarios finales generalmente compran sus computadoras a los agentes locales y representantes de firmas extranjeras; sólo en contados casos se importan directamente. La mayoría de las grandes compañías internacionales de computadoras tienen subsidiarias de ventas en México, que también proporcionan instalación, mantenimiento y servicio a los clientes locales. Más aún, los representantes más grandes tienen sus propios computadores, que usan para demostración, entrenamiento del cliente y procesamiento de datos fuera de línea como servicio gratis a los clientes cuando

Cuadro 27  
MEXICO: APLICACION DE LAS COMPUTADORAS  
(Por ciento)

Aplicación	Tipo de computadoras			
	Minis	Pequeñas	Medianas	Grandes
TOTAL	100	100	100	100
Procesamiento de datos administrativos y comerciales	75	67	67	50
Control industrial				
Control de procesos	2	1	—	—
Control de maquinaria	1	—	—	—
Dirección de fábrica	6	—	—	—
Comunicación de datos	10	12	17	30
Usos en laboratorios				
Médicos	2	3	3	5
Físicos	1	—	—	—
Resolución de problemas científicos y de ingeniería	—	3	3	10
Educación	3	10	5	—
Otros	—	4	5	5

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, datos estimados para 1979.

las computadoras de estos tienen alguna descompostura.

Excepto en calculadoras de escritorio y oficina, más de 90% de todas las computadoras instaladas en México son de origen estadounidense. La distribución de las importaciones entre los países extranjeros se presenta en el cuadro 28.

Cuadro 28  
MEXICO: IMPORTACION DE COMPUTADORAS  
POR PAIS DE ORIGEN, 1974-1976

País de origen	(Por ciento)		
	1974	1975	1976
TOTAL	100.0	100.0	100.0
Estados Unidos	54.0	65.0	60.0
Brasil	5.4	2.7	6.9
Canadá	7.2	3.9	7.0
Japón	11.1	12.5	10.6
Italia	6.7	2.6	2.1
Alemania Federal	2.6	2.0	5.2
Otros	13.0	11.3	8.2

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de los anuarios de comercio exterior de cada país.

La explicación es que las firmas estadounidenses tienen plantas productoras o ensambladoras en Canadá, Europa y Latinoamérica, desde las cuales envían a México computadoras.

La producción local, que en 1977 cubría alrededor de 8.5% del consumo total de equipo incluido en este subsector, está limitada a los siguientes productos:

i) Ensamble de minicomputadoras: dos compañías que solamente han vendido diez unidades.

ii) Terminales de computadoras: dos compañías con 40% de integración nacional.

iii) Accesorios para minicomputadoras y máquinas de contabilidad.

iv) Calculadoras de escritorio y de oficina: estos productos representan la mayor porción de la producción local; existen varios productores locales, de los cuales, el mayor produce entre 45 y 50% de toda la producción nacional bajo diversas marcas comerciales. Esta compañía tiene contrato con una empresa norteamericana para el aprovisionamiento de partes; sin embargo, el contrato no es exclusivo y la compañía está en libertad de comprar las partes, componentes o tecnología que necesite en cualquier parte del mundo.

De este modo, una calculadora de escritorio puede contener un circuito estadounidense y un mecanismo de impresión japonés, por ejemplo. Lo cual es un excelente arreglo pues reduce el costo de los componentes en comparación con el que resulta de un arreglo de licencia exclusiva (como el que tiene la mayoría de los otros fabricantes) donde todos los componentes y partes deben ser comprados al licenciante.

Cuadro 29  
MEXICO: COSTO DE LOS COMPONENTES  
IMPORTADOS Y PRECIO DE VENTA

Producto	(Dólares)		
	Costo de componentes importados	Precio de fábrica	Precio de venta
Calculadora impresora I	34.5	—	217
Calculadora impresora II	46.0	—	287
Calculadora de escritorio	20.0	—	115
Calculadora de bolsillo	5.34	10	20

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

El costo de las partes y componentes importados es aproximadamente el 17% del precio de venta para calculadoras de oficina y 27% para calculadoras de bolsillo. Todas las partes de plástico se hacen localmente, pero los moldes se importan (actualmente del Japón). Los moldes para las partes de plástico se pueden hacer en México, pero serían tres veces más caros y la entrega tomaría cuatro veces más tiempo.

Algunas compañías fabricantes de computadoras tienen planes para empezar la producción de artículos de este subsector en México. En dichos planes se incluyen los siguientes productos:

**Minicomputadoras.** Tres compañías tienen planes definitivos y los han presentado al Gobierno para su aprobación. Dos de ellas tendrán el 30% de integración mientras que la tercera considera no poder cumplir el requisito de incrementar la integración nacional a 80% en un periodo de cinco años.

**Terminales para computadoras.** Un fabricante que ahora ensambla terminales empezará a armar un nuevo modelo más avanzado en 1978. Otra firma empezará la producción de terminales de video en 1979.

**Impresores de líneas para 300, 600 y 900 líneas-minuto.** El fabricante de estos, estima que podrá producir con un costo de 20 000 dólares, un impresor de líneas que ahora se vende en México en 43 000 dólares.

Las mayores compañías de este sector, incluyendo subsidiarias de ventas, representantes y productores se listan en el cuadro 30.

En el campo de las computadoras y sus accesorios, todas las empresas que realizan operaciones de fabricación o ensamble en México, son

propiedad de las compañías multinacionales del ramo; o si se establecieron después de que la ley mexicana sobre inversiones extranjeras entrara en vigor, tienen 51% de participación nacional, pero dependen de una empresa extranjera específica, la cual sufre la tecnología y las partes, determinando también sus políticas de producción y comercialización.

Es interesante observar que otro país de la ALALC, Brasil, ha seguido recientemente un camino diferente. El gobierno de ese país hizo una invitación general para el establecimiento de una industria fabricante de minicomputadoras, que junto con la compañía estatal COBRA, abastecerá el mercado brasileño, el cual ha crecido rápidamente hasta alcanzar un volumen de 100 millones de dólares anuales. Entre las empresas que respondieron a la invitación se seleccionaron tres grupos industriales locales a pesar de la fuerte competencia de once de las mayores compañías multinacionales de computadoras. Aunque ninguno de estos tres grupos produce actualmente computadoras y tendrán que comprar tecnología en el extranjero, las compañías serán completamente de propiedad brasileña. Los proveedores extranjeros de componentes serán Fujitsu de Japón, Nixdorf de Alemania Occidental y Logobax de Francia; por supuesto, sólo el tiempo mostrará si este experimento tendrá éxito.

Cuadro 30

PRINCIPALES PROVEEDORES DE COMPUTADORAS Y CALCULADORAS AL MERCADO MEXICANO

Compañías	Productos	Categoría	Compañías	Productos	Categoría
Control Data de México, S. A. de C. V.	Computadoras	D	Printo Bormar, S. A. de C. V.	Calculadoras (impresoras, no impresoras)	D, P
Digita Victor, S. A.	Calculadoras (escritorio, bolsillo)	P	Sistemas y Componentes, S. A.	Modems, equipo para transmisión de datos digitales	D, P
Honeywell Bull de México, S. A.	Computadoras, procesamiento de información, terminales	D	Intelix, S. A. (parte del Grupo Majestic)	Microcomputadoras	D, P
Hewlett Packard Mexicana, S. A. de C. V.	Computadoras, calculadoras	D	Sistemas Computacionales Avanzados, S. A.	Microcomputadoras (Altair)	D, P
Informática Nacional, S. A.	Computadoras	D	Philips Mexicana, S. A. de C. V.	Pequeñas computadoras Modems	D, P
IBM de México, S. A.	Computadoras	D	Etienne Bonnefoi Levy, S. A.	Calculadoras de bolsillo	P
NCR de México, S. A. de C. V.	Computadoras, sistemas de procesamiento de datos	D	Industrias Ransom-Busicom, S. A.	Calculadoras (escritorio, bolsillo)	D, P
Cia. Burroughs Mexicana, S. A.	Computadoras, cabezas magnéticas, conectores, controladores de disco	P	AMI de México, S. A. de C. V.	Minicomputadoras, equipo periférico	D
Cia. Manufacturera de Nuevo Laredo, S. A. de C. V.	Calculadoras	P	Texas Instruments de México, S. A.	Calculadoras	D
Ferromagnética, S. A.	Memorias magnéticas	P	Máquinas de Información, S. A.	Minicomputadoras	D

<sup>1</sup> D - Distribuidor, P - Productor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

Las computadoras y equipo para computadoras también se ensamblan en varios países de la ALALC, incluido México, en plantas maquiladoras. La producción de tales plantas en México no se ha considerado en esta investigación, porque no afecta el mercado local. Las plantas maquiladoras se basan en un programa que permite la libre importación de partes o subensambles y requiere la subsecuente reexportación de los productos terminados. Las plantas maquiladoras en Brasil pueden reexportar sus productos a otros países de la ALALC casi sin impuestos, de acuerdo al convenio de este organismo, independientemente del origen de las partes usadas en la producción. Sin embargo, las plantas mexicanas deben reexportar al país de donde son originarias las partes y no están autorizadas para reexportar a otros países de la ALALC, excepto cuando tengan una integración de 60% en el valor agregado en México. Aunque el actual comercio de equipos de computación entre los países de la ALALC es poco significativo, esto pone a México en desventaja en el comercio entre los países de la Asociación.

e) *Prácticas y restricciones comerciales*

Dependiendo de las prácticas de ventas de cada una de las compañías, las computadoras se rentan o se venden. Para las computadoras medianas o grandes lo que predomina es la renta del equipo, en cambio la mayoría de las minicomputadoras se venden. Esto no sólo depende de la capacidad financiera del cliente, sino también de la política de ventas de los proveedores. La mayor compañía de computadoras en México solamente renta y no vende sus equipos. Otras venden y rentan, y algunas distribuidoras de minis, sólo venden, previos arreglos para el financiamiento por medio de bancos locales (con interés mensual de 1.5%).

El monto de las rentas mensuales es, en general, el 4% del valor de venta de la computadora. Por ejemplo, las rentas actuales son las siguientes:

Grandes computadoras	De 40 000 dólares por mes hacia arriba
Minicomputadoras	De 4 000 a 8 000 dólares por mes
Terminales	De 2 000 a 3 000 dólares por mes

Los precios de venta de las computadoras en México equivalen a 200 o 250% del precio de fábrica en los países de origen. El impuesto de importación representa 25% de la diferencia, los gastos de instalación y transporte, de 10 a 15% y la ganancia bruta de 35 a 40%.

Aunque los costos de fabricación de las computadoras han declinado durante los últimos años, muy poco de esto se refleja en los precios actua-

les, puesto que sólo un 20 a 33% del costo total proviene de la manufactura (esto es, excluyendo impuestos, instalación y transporte). El resto proviene de la comercialización, desarrollo del software, soporte al cliente, utilidades y costo de personal, principalmente.

Después de que expira el contrato de renta, que generalmente dura de tres a cinco años, si el cliente decide cambiar a un nuevo o más grande modelo, en la mayoría de los casos las computadoras desechadas se venden a un precio que varía entre 50 y 75% de su costo inicial. Los usuarios de las computadoras de segunda mano son principalmente las compañías que brindan servicio de PED, quienes son propietarias de sus computadoras, en tanto que los otros sectores usuarios (entre los cuales está el Gobierno mexicano) sólo las rentan. Sin embargo, una de las más grandes compañías afirma que destruye las computadoras que no se van a rentar por más tiempo, para que el mercado no quede bloqueado para nuevas ventas y también porque es muy costoso mantener en almacén refacciones para todas las computadoras anteriores.

El hecho es que la mayoría de las computadoras (95%) son rentadas y esto hace que sea difícil determinar el valor real de las importaciones. En tanto que algunas compañías importan computadoras al costo de fábrica, otras las importan al precio de venta, según que los gastos de operación de los importadores (subsidiarias locales, representantes de ventas y organizaciones de servicio) sean pagados por la casa matriz directamente o se cubran por medio de las rentas, o bien si las ganancias son adicionadas localmente.

Como se mencionó anteriormente, las importaciones de computadoras y por tanto todo su mercado, están regulados por decretos específicos dictados por el Gobierno mexicano. La importación de computadoras y equipo periférico requiere permiso de importación otorgado por la Secretaría de Comercio. Además, en julio de 1975, se cancelaron todos los permisos de importación aprobados previamente relativos a materiales y equipos incluidos en el renglón de computadoras, acción que ayudó lateralmente a aliviar la situación adversa de la balanza de pagos. La cancelación de los permisos de importación se retiró posteriormente, pero las futuras importaciones quedaron limitadas por una cuota de 80% del total importado en 1974.

En febrero de 1977, se modificó la cuota impuesta en 1975. La cuota para 1977 se limitó a 80% del valor de las importaciones totales de 1975, pero 50% de ese valor se dividió entre las compañías importadoras de acuerdo a su historial de ventas; el otro 50% se dividió en partes iguales entre todas las compañías importadoras que, o bien no existían en 1974 o no tuvieron muchas ventas en ese año. Esto vino a beneficiar a las compañías que realizaron pocas importaciones durante 1974, 1975 y 1976 y a perjudicar a aquellas que tuvieron grandes ventas en esos años. Sin embargo, el total de importaciones en 1977 fue 13% más alto que en 1974, debido a permisos especiales que

fueron otorgados durante ese año, principalmente para compras hechas por el Gobierno Federal.

Actualmente, la industria de las computadoras estima que el sistema de permisos y control de importaciones es probable que se cambie en un futuro muy cercano. Es también probable que durante los próximos dos años el incremento del poder de cómputo se logre adicionando equipos periféricos y un más eficiente *software*; después se considera recomendable la liberación de las actuales restricciones a fin de no frenar el desarrollo de la economía mexicana.

### 3. EMPLEO EN EL SECTOR DE COMPUTADORAS

Durante las entrevistas con los proveedores y usuarios de computadoras en México, se puso en evidencia la escasez de personal calificado (operadores, analistas, programadores, técnicos) para este sector, aunque los programas educativos para el entrenamiento de especialistas en computación muestran un marcado progreso desde que se realizaron las primeras instalaciones en el país. En un principio, la mayoría de los técnicos, operadores y programadores fueron entrenados exclusivamente por los proveedores del equipo o por los usuarios del mismo, en programas desarrollados dentro de la propia empresa. Cuando la necesidad de personal especializado en el sector se incrementó, se crearon numerosas escuelas privadas y finalmente, se establecieron cursos a nivel universitario.

El patrón actual es que alrededor de 50% del personal técnico es entrenado por las compañías de computadoras con un costo típico de 5 000 pesos mensuales por persona; 28% por las universidades y otras instituciones educativas; y el resto por firmas de consultoría y por las propias compañías usuarias.

A nivel universitario, los programas educativos que existen, son los siguientes:

i) La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ofrece tres opciones en tres diferentes facultades: la Facultad de Ciencias, otorga un grado en ciencias de la computación y ofrece más de 16 cursos en este campo; la Facultad de Comercio y Administración imparte también cursos en ciencias de la computación, pero sólo en forma complementaria, sin otorgar grado; en igual situación se encuentra la Facultad de Ingeniería, que recientemente ha iniciado cursos en sistemas de computación y aplicaciones como una especialización.

ii) El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) también ofrece un grado formal en el campo de la computación. Otras instituciones con programas de estudio formales son el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de las Américas y la Universidad Autónoma de Guadalajara.

Aunque el avance en el nivel universitario ha sido muy importante sólo ha podido cubrir una pequeña parte de la demanda nacional de técnicos o graduados en la rama de las computadoras. El número de profesionales especializados en este campo que se requiere es de aproximadamente 1 300 por año y solamente se gradúan en ese lapso cerca de 400. Un estudio reciente, realizado por el Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas en cooperación con la UNAM, muestra que más de la mitad de los analistas de sistemas en México, no tienen grado de licenciatura y que muchos de los que lo tienen son ingenieros sin ninguna educación particular en materia de computadoras. Los programadores son, en su mayoría, graduados de preparatoria sin ninguna educación adicional, como no sea, tal vez, un breve curso sobre computadoras. Los programadores con grado de licenciatura vienen de áreas como la ingeniería y la contaduría.

Se puede concluir que una gran parte del personal en el ramo de la computación en México, tiene un entrenamiento inferior a los requerimientos de una industria en expansión, dentro de una economía en crecimiento. Aunque ahora se han empezado a tomar las medidas necesarias para corregir esta situación, es poco probable que el personal que actualmente se prepara sea suficiente para satisfacer las necesidades dentro de los próximos cinco o incluso diez años.

Las grandes compañías de computadoras, que aún brindan cursos de entrenamiento en México, también organizan seminarios para sus actuales y posibles usuarios de equipo computacional en varios aspectos de las aplicaciones de las computadoras.

### 4. ASOCIACIONES COMERCIALES, INDUSTRIALES Y PROFESIONALES

Asociación Mexicana de Ejecutivos de Compras, A. C.  
Manuel Ma. Contreras 133 - 512  
México 4, D. F.

Asociación Mexicana de Ingenieros en Comunicación Eléctrica y Electrónica  
Balderas esquina con Ayuntamiento  
México 1, D. F.

Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana  
Paseo de la Reforma 122  
México 6, D. F.

Centro Nacional de Productividad de México  
Periférico Sur 2143  
México 23, D. F.

## F. PERFIL DEL MERCADO DE EQUIPO BIOMEDICO

### 1. ANTECEDENTES

La modernización de la terapéutica y las facilidades de investigación médica, así como la expansión de la red mexicana de seguridad social durante la pasada década, han provocado un crecimiento del mercado de equipo biomédico electrónico.

En este subsector, México depende exclusivamente de las importaciones de equipo e instrumentación electrónica. Sin embargo, en 1977 un fabricante local empezó a ensamblar equipo de rayos X bajo licencia de una compañía francesa, pero esta producción no será significativa sino hasta dentro

de algunos años. El equipo de rayos X es uno de los equipos electromédicos de mayor demanda en México. En los últimos años, alrededor de 20% de todas las importaciones en este ramo, consisten en varios tipos de máquinas de rayos X.

A fin de apreciar el mercado actual y potencial de instrumentación biomédica electrónica, se hará un breve análisis de la estructura actual de los servicios de salud en México.

Los servicios de salud en México son, en su mayor parte, proporcionados por el Gobierno, según se puede ver en el cuadro 32, referente a los hospitales y clínicas que proporcionan estos servicios: 13% están operados por agrupaciones priva-

Cuadro 31

### MEXICO: DEMANDA DE EQUIPO BIOMEDICO

Productos	Demanda <sup>1</sup>			Productos	Demanda <sup>1</sup>		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
a) Instrumentos de análisis para laboratorio				Sistemas de intensificación de imagen fluoroscópica para observación en TV			F
Espectrofotómetros para análisis de sangre y orina			F	Examinadores ultrasónicos			F
Espectrofluorímetros	F			Examinadores de radio-isótopos	F		
Calorímetros		F		Contadores de destellos gamma	F		
Cromatógrafos de gases			F	Contadores de cuerpo entero	F		
Cromatógrafos de líquidos	F			Analizadores de amplitud de pulso	F		
Espectrómetros de masas	F			c) Equipo para vigilancia de pacientes			
Medidores de H para uso médico		F		Monitores cardiacos			F
Analizadores de nitrógeno en la sangre				Monitores de funcionamiento pulmonar	F		
Analizadores de glucosa	F			Unidades de cuidado intensivo fetal-prenatal		F	
Analizadores Orsat	F			Unidades de vigilancia coronaria			F
Contadores automáticos de glóbulos rojos	F			Estaciones centrales para vigilancia de pacientes		F	
Microscopios electrónicos		F		Sistemas portátiles de vigilancia de pacientes			F
b) Instrumentos para diagnóstico				d) Equipo quirúrgico y terapéutico			
Medidores electrónicos de presión de la sangre		F		Desfibriladores			F
Audiómetros (probadores de capacidad auditiva)			F	Marcapasos		F	
Electrocardiógrafos (portátiles o estacionarios)			F	Aparatos de diatermia de onda corta			
Electromiografos			F	Ayuda para la audición			
Fonocardiografos	F			Equipo de fisioterapia ultrasónico	F		
Cardiotocografos	F			Equipo de rayos X para terapia			
Electroencefalografos			F	Instrumentos de medición de dosis radioactivas			
Ecoencefalografos	F			Equipo electroquirúrgico			F
Electronistagmografos	F			e) Computadoras para usos médicos			
Analizadores del funcionamiento pulmonar				Sistemas para computadoras de diagnóstico		F	
Pletismografos				Sistemas para computadoras de registros		F	
Aparatos para medir la saturación de oxígeno en las arterias				Programas para computadoras de análisis de electrocardiogramas			
Estetoscopios electrónicos							
Equipo de rayos X para diagnóstico (dental, quirúrgico, etc.)			F				

<sup>1</sup> F = Producto importado.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

das y 85% por agencias gubernamentales. La última información disponible acerca del número de hospitales en México, es la publicada en el Anuario Estadístico Compendiado, de la Dirección General de Estadística.

Cuadro 32

MEXICO: ESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS DE SALUD, 1975

Organismos	Unidades médicas en servicio
TOTAL	5 322
Departamento del Distrito Federal	25
Ferrocarriles Nacionales de México	90
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	944
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	937
Petróleos Mexicanos	218
Secretaría de la Defensa Nacional	182
Secretaría de Marina	93
Secretaría de Salubridad y Asistencia	2 102
Clinicas privadas	709
Otros	22

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Dirección General de Estadística, Secretaría de Programación y Presupuesto.

La mayor parte del presupuesto federal asignado a los servicios médicos se destina al IMSS (59%) y al ISSSTE (15%).

La distribución de las unidades médicas en función del tipo de servicios que ofrecen, es como sigue:

	%
Hospitales generales	21.0
Hospitales especializados	6.8
Clinicas	6.2
Unidades de consulta externa	66.0

Además de los hospitales y otras unidades médicas, existe un gran número de laboratorios médicos y clínicos en todo el país, los cuales operan en conexión con hospitales, o bien independientemente.

Tan sólo en el Distrito Federal, hay más de 1 200 laboratorios clínicos registrados. La mayoría de éstos son pequeños, integrados por un técnico laboratorista graduado y algunos asistentes. El equipo de laboratorio para estas pequeñas unidades requiere una inversión de 15 000 a 20 000 dólares; para los grandes laboratorios, con 6 a 12 personas, la inversión inicial es de más de 150 000 dólares.

El Centro Médico Nacional es la institución más afamada en México por sus avances en investigación, cirugía, atención de pacientes y medios educativos. Es un grupo de ocho hospitales, localizados sobre una superficie de 1.6 hectáreas en la ciudad de México y pertenece al Seguro Social.

Los hospitales que forman este Centro Médico son:

- Hospital de Convalecencia
- Hospital de Enfermedades del Tórax
- Hospital General
- Hospital de Gineco-Obstetricia
- Hospital de Oncología
- Hospital de Pediatría
- Hospital de Traumatología y Rehabilitación
- Hospital de Infectocontagiosos

Cada uno de éstos tiene un edificio separado con una capacidad que varía de 100 a 1 000 camas. Los casos de enfermos críticos de todo el país se traen a la ciudad de México para ser atendidos en el Centro Médico. El Centro atiende más de 10 000 consultas externas diariamente, además de supervisar a las siguientes organizaciones:

- Academia Mexicana de Cirugía
- Academia Mexicana de Medicina
- Librería
- Bioquímica de la Reproducción — Departamento de Investigación Científica
- Centro de Intoxicación
- Cirugía Experimental
- Departamento de Investigación Científica
- Departamento de Trabajo Social
- Departamento de Medicina Preventiva
- Escuela de Enfermería
- Jefatura de Enseñanza
- Jefatura de Investigación Científica

La mayoría de los servicios de salud y de los nuevos hospitales y clínicas que se empiezan a construir, están situados alrededor de los centros urbanos y no alcanzan a atender a la población rural. Aunque los esfuerzos del Gobierno para implementar servicios de nutrición y salud destinados a los sectores más pobres de la población son intensos, aún no son suficientes para hacer frente a la explosión demográfica del país, que es una de las más altas del mundo con una tasa de crecimiento de 3 a 3.5% anual.

En México se cuenta con más de 25 000 médicos titulados, con la siguiente distribución de especialidades:

	%
Médicos generales	72
Ginecólogos	5
Pediatras	6
Otorrinolaringólogos	3
Cirujanos y ortopedistas	2
Cardiólogos	2
Psiquiatras y neurólogos	1
Otros (dermatólogos, oftalmólogos, dentistas, internistas, etc.)	9

La principal y más grande escuela de medicina está localizada en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Además, en la ciudad de México está la Universidad La Salle que cuenta con facultad de medicina, y el Instituto Politécnico Nacional que imparte cursos en ciencias biológicas y tiene una escuela de medicina rural. Otras importantes escuelas de medicina son: la Universidad de Guadalajara (Jalisco), la Universidad Autónoma de Guanajuato (León), la Universidad Autónoma de Nuevo León (Monterrey) y la Universidad Veracruzana (Jalapa).

La Universidad Nacional Autónoma de México es la más grande del país (tiene más de 100 000 estudiantes) y también cuenta con el cuerpo más grande de estudiantes de medicina (más de 10 000). Estos estudiantes asisten a clases en los salones de la propia facultad, pero también deben recibir algunas lecciones en los hospitales públicos y privados de la ciudad de México. El Gobierno exige a los hospitales privados entrenar a cierto número de estudiantes de medicina cada año. El número de estudiantes en cada hospital depende del tamaño del mismo.

Para poderse graduar, los estudiantes de medicina deben prestar un año de servicio social, ya sea en la ciudad o en áreas rurales (a causa de que la carrera en la Universidad Nacional es prácticamente gratuita). Sin embargo, la mayoría de los estudiantes tratan de quedarse en las grandes comunidades urbanas porque en éstas los hospitales tienen mejores sistemas y equipos, y el interno puede obtener en ellos mejor y más satisfactorio entrenamiento. De cualquier manera, algunos jóvenes se aventuran en las áreas rurales y luchan en ellas con muy pocos recursos tanto económicos como técnicos.

Sólo tres universidades estatales tienen junto a sus escuelas de medicina, hospitales para prácticas; éstas son las Universidades de Guadalajara, Monterrey y León.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de

los Trabajadores del Estado (ISSSTE) son los más grandes compradores de productos médicos, equipos e instrumentos electromédicos. Es de todos conocido que algunos hospitales privados como el Hospital ABC (American British Cowdray), el Hospital Shriners para niños lisiados, o la Institución de Gineco-Obstetricia de Santa Teresa, tienen equipos comparables a los del IMSS y el ISSSTE.

Además de las dos organizaciones ya mencionadas, el tercer gran consumidor de equipo biomédico es el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF).

Entre 1973 y 1977 estas organizaciones consumieron 90% de todo el equipo biomédico, con la siguiente participación promedio:

	%
IMSS	70.7
ISSSTE	16.9
DIF	2.4
Otras	10.0

Un análisis de las compras del IMSS y del ISSSTE durante los años de 1972 a 1976 revela grandes variaciones en el tipo de equipo comprado cada año. Sin embargo, se estima que la estructura porcentual observada en este periodo es característica del mercado total:

	%
Instrumentos de análisis para laboratorio	15.3
Instrumentos de diagnóstico	38.7
Equipo para vigilancia de pacientes	1.4
Equipo quirúrgico y terapéutico	5.4
Computadoras para usos médicos	4.5
Equipo radiológico y aparatos de rayos X	15.2

El equipo radiológico y de rayos X se presenta como grupo separado por considerarse que los gastos en esa área fueron relativamente altos.

Los equipos que con más frecuencia se compraron, fueron los siguientes (en orden de importancia según el número de unidades compradas y no por el valor de los mismos):

- i) Equipos de rayos X
- ii) Electroencefalógrafos
- iii) Desfibriladores
- iv) Electrocardiógrafos

v) Audiómetros (probadores de capacidad auditiva)

vi) Examinadores ultrasónicos

vii) Eco-encefalógrafos

No se sabe qué porcentaje del presupuesto se destina a la compra de cada tipo de equipo biomédico en las diferentes instituciones públicas o privadas, pero se puede calcular que, en general, es de alrededor de 2.5% del gasto total. El equipo médico electrónico más bien se compra en el momento en que se le necesita y no de acuerdo a un presupuesto o plan de compras.

En 1976, el consumo total de equipo electrónico biomédico fue de 27.7 millones de dólares y fue 10% mayor que en 1975. El promedio de incremento anual entre 1973 y 1976 fue de 11%. Tomando en cuenta la expansión planeada del programa nacional de salud, la construcción de nuevos hospitales y clínicas y la tasa de crecimiento de la población así como de la economía en su conjunto, una estimación conservadora para el consumo futuro es que seguirá creciendo aproximadamente al mismo ritmo.

Por ahora, lo único que se hace en este subsector es el ensamble de equipo de rayos X, ya mencionado anteriormente, que empezó en pequeña escala en 1977; también se espera que dentro de pocos años se inicie la fabricación (ensamble) de algunos equipos de análisis para laboratorios médicos. Por tanto, a principios de 1979 se deberán incluir las cifras de la producción nacional en el pronóstico del subsector.

El cuadro 33 muestra los datos de mercado del equipo biomédico para un periodo que va de 1973 a 1982.

#### a) Ventas y servicio de equipo biomédico

El equipo biomédico electrónico se vende en México por medio de distribuidores generales o de representantes y agentes de ventas de productores extranjeros. Sólo los organismos del Gobierno pueden prescindir de los servicios de los distribuidores e importar directamente.

El equipo médico electrónico es producido por muchas de las grandes compañías electrónicas multinacionales y constituye una línea especial de su producción de equipo electrónico; pero también hay pequeñas compañías especializadas en equipo médico. La tecnología de estos equipos no es diferente a la de otros productos electrónicos que son bienes de capital, pero frecuentemente se hacen diseños especiales para que el equipo pueda combinarse con otros equipos en el hospital, de manera que sea particularmente fácil de operar por personal sin preparación especializada sin que resulte dañado. En algunos países es necesario incluir ciertas medidas de seguridad para la protección del equipo contra descargas eléctricas.

A continuación se muestran dos tipos de proveedores de equipo biomédico:

Cuadro 33

### MEXICO: EQUIPO BIOMEDICO ELECTRONICO. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982

(Millones de dólares)

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo
1973	—	20.26	—	20.26
1974	—	17.75	—	17.75
1975	—	25.08	—	25.08
1976	—	27.73	—	27.73
1977	—	28.20	—	28.20
1978 <sup>1</sup>	—	31.30	—	31.30
1979	0.10	34.65	—	34.75
1980	0.15	38.42	—	38.57
1981	0.20	42.60	—	42.80
1982	0.25	47.25	—	47.50

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de proveedores de equipo y sectores usuarios.

i) Casas proveedoras de equipo médico, que comercian con todos los productos requeridos por los hospitales, laboratorios clínicos y médicos privados. Estos son distribuidores generales, que manejan productos de muchos fabricantes. La mayoría de esas firmas en México presenta un catálogo con 8 000 artículos diferentes. Las compañías proveedoras están familiarizadas con las necesidades de la profesión médica, pero en general, no están familiarizadas con los productos electrónicos y por esto no están en condición de prestar el servicio y mantenimiento necesarios para los equipos de esta clase.

ii) Representantes de ventas de compañías extranjeras que producen principalmente equipo e instrumentos de prueba industriales pero con líneas especiales para la producción de equipo médico electrónico. Debido a que éstos manejan una línea de productos más limitada, están más familiarizados con el equipo y pueden, por tanto, proporcionar un mejor servicio con su propio cuerpo de técnicos.

Los técnicos de servicio son usualmente pasantes de ingeniería, pero también hay gente sin educación superior. En general, estos técnicos cuentan con un entrenamiento en el trabajo y en algunas ocasiones son enviados a las casas matrices para conocer los nuevos productos que serán introducidos al mercado. Algunas firmas extranjeras prefieren enviar ingenieros de servicio alrededor del mundo para entrenar a sus técnicos de servicio locales. Algunas de las pequeñas compañías contratan ingenieros por tiempo y los llaman sólo cuando surgen problemas y tienen que hacer reparaciones. En este caso los usuarios tal vez tengan que esperar algún tiempo antes de que sus equipos puedan ser reparados.

Los usuarios finales consideran muy importante la capacidad de un proveedor para apoyar sus ventas con un servicio técnico y de reparaciones efectivo. El equipo médico electrónico generalmente lo operan empleados de los hospitales sin preparación técnica, lo cual provoca que sean más frecuentes las descomposturas en comparación con las de otros equipos de la misma complejidad; y como los hospitales no cuentan con personal técnico para proveer mantenimiento preventivo, servicio y calibraciones periódicas para estos aparatos, necesitan ayuda del exterior ya sea que se proporcione dentro o fuera del hospital. Por otra parte, los hospitales tienen problemas para obtener un servicio eficiente y una buena disponibilidad de partes de repuesto, de manera que algunas veces prefieren comprar equipo más simple y obtener más fácilmente el servicio que requieren.

Se debe mencionar aquí que el problema del servicio y reparación de equipo biomédico existe en muchos países. En reconocimiento de este hecho, ONUDI, en cooperación con el Gobierno húngaro, ha establecido un programa de entrenamiento en mantenimiento y reparación de equipo biomédico. Este programa consiste en un curso de tres meses, que se imparte en Budapest dos veces por año y para el cual los participantes son nominados por sus respectivos gobiernos. ONUDI paga los gastos de viaje de los estudiantes y los gastos de estancia son cubiertos por el Gobierno húngaro. Los requerimientos para los participantes son: conocimiento del inglés (obligatorio); y previo entrenamiento o experiencia en el servicio o reparación de equipo electrónico en general, o cuando menos un conocimiento básico de la electrónica (opcional).

Los consumidores de equipo biomédico se ven influenciados en sus decisiones de compra por las marcas que existen en el mercado, pero no tanto como por la experiencia que han tenido con un proveedor en particular. Las condiciones en ventas previas, la calidad del equipo comprado y el servicio dado por proveedores específicos atraen al cliente más que una marca determinada.

Las importaciones de equipo biomédico están distribuidas de la siguiente manera:

Estados Unidos	Más de 50% (debido a la calidad y a la rápida entrega)
Alemania	De 20 a 22% (principalmente equipo de rayos X)
Holanda	6.5%
Japón	3.5%
Inglaterra y Francia	Menos de 5%

El equipo japonés tiene la reputación de ser más barato que otros equipos (para calidades comparables) y también de recibir mejor servicio, aunque algunas veces se tienen problemas con las refacciones. La participación relativamente alta de Holanda se debe a la compañía multinacional Philips, que produce una bien conocida línea de equipo electrobiomédico.

En algunos países es todavía común alquilar equipo biomédico. En México tres compañías probaron este sistema, pero su experiencia fue que los usuarios actuaban con negligencia y no daban un cuidado adecuado al equipo provocando pérdidas, por lo que el equipo se regresaba en muy mal estado al final del contrato de arrendamiento. La renta de equipo se discontinuó por estos motivos y ahora solamente se vende. Sin embargo, cuando los clientes, principalmente los pequeños laboratorios y médicos particulares necesitan financiamiento, los distribuidores y representantes de ventas se lo proporcionan para la adquisición de equipo con costo de hasta 100 000 dólares. Cuando se trata de equipo más caro, se encargan de conseguirlo a través de un banco, a 1.5% de interés mensual.

Los representantes de ventas que operan en México obtienen comisiones por ventas de 20 a 30%. La estructura de impuestos para equipos importados, es la siguiente:

Electrocardiógrafos, equipo de diatermia, electroencefalógrafos y otros equipos de diagnóstico	10%
Instrumentos de análisis (espectrofotómetros, fotómetros, medidores de pH, etc.)	35%
Aparatos de masaje eléctrico	40%

La importación de equipo biomédico requiere permiso de la Secretaría de Comercio. Sin embargo, los permisos de importación se obtienen fácilmente para productos de este subsector, puesto que no se produce localmente equipo similar o equivalente.

#### b) Normas y regulaciones

No se tienen normas específicas (técnicas o de seguridad) que deba cumplir el equipo biomédico importado a México, excepto en el caso de equipo que use materiales radioactivos.

El equipo para radiación nuclear y de isótopos radioactivos usados en el equipo médico radiológico debe recibir permiso de la Comisión Nacional de Energía Nuclear para poder ser importado.

El usuario debe presentar un examen para demostrar que sabe usar este equipo antes de que se le otorgue el permiso de importación. Algunos proveedores tienen permiso de la mencionada Comisión para entrenar a sus clientes en el uso y procedimientos de seguridad del equipo y están también autorizados para certificar el entrenamiento.

#### c) Distribuidores y proveedores locales

El cuadro 34 presenta los principales proveedores, representantes de compañías extranjeras y distribuidores de equipo biomédico electrónico en México.

Cuadro 34

## PRINCIPALES PROVEEDORES DE EQUIPO BIOMEDICO AL MERCADO MEXICANO

Compañías	Productos	Categoría 1	Compañías	Productos	Categoría 1
American Optical de México, S. A. Av. Oaxaca 112 México 7, D. F.	Instrumentos de análisis para laboratorio	D	Perkin Elmer de México, S. A. Presa de las Pilas 32 México 10, D. F.	Instrumentos de análisis para laboratorio	D
Beckman Instruments de México, S. A. de C. V. Parque Rio Frio 2 Naucalpan, Edo. de México	Equipo para laboratorio médico	D	Siemens, S. A. Poniente 116, 590 México 18, D. F.	Equipo de rayos X	D
Cia. Mexicana de Radiología CGR, S. A. de C. V. Av. Sola 18 México 11, D. F.	Equipo de rayos X	D, P	General Electric de México, S. A. Marina Nacional 365 México 17, D. F.	Electrocardiógrafos Equipo de rayos X Monitores Equipo de radiología	D
Hewlett Packard de México, S. A. de C. V. Av. Periférico Sur 6501 Tepepan, Xochimilco México 23, D. F.	Instrumentos de laboratorio Unidades de cuidado intensivo Monitores Computadoras de uso médico	D	Philips Mexicana, S. A. de C. V. División Sistemas Médicos Durango 157 México 7, D. F.	Equipo de rayos X Electroencefalógrafos Electrocardiógrafos Computadoras de uso médico	D

<sup>1</sup> D = Distribuidor; P = Productor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

### 3. ORGANIZACIONES COMERCIALES Y ASOCIACIONES PROFESIONALES

En México no hay organizaciones especiales que agrupen exclusivamente a técnicos en equipo electrónico biomédico. Sin embargo existen las siguientes organizaciones para equipo médico en general y también otras que involucran varios aspectos de equipo electromédico e instrumentos de análisis para laboratorio, para uso en clínicas o bien para investigación.

Cámara Nacional de Hospitales, Sanatorios, Maternidades y Clínicas Particulares  
Guanajuato 100  
México, D. F.

Instituto Mexicano del Seguro Social  
Centro Médico  
México, D. F.

Sociedad de Microbiología  
Departamento de Microbiología, UNAM  
México, D. F.

## G. PERFIL DEL MERCADO DE COMPONENTES ELECTRONICOS Y PARTES

### 1. ANTECEDENTES

Como se mencionó anteriormente, los componentes electrónicos por sí mismos no son bienes de capital, pero son un requisito necesario para la producción y reparación del equipo electrónico profesional, motivo por el cual se incluye aquí un análisis de su mercado. Esta investigación no sólo está interesada en el mercado de equipo electrónico de bienes de capital en México, sino que intenta también servir como base para la planeación y promoción de la producción local en este campo.

El equipo electrónico en general se debe considerar como una "caja negra" que acepta señales eléctricas de entrada y las transforma para entregarlas a la salida en la forma deseada. Las señales de entrada pueden también generarse dentro del mismo equipo con la ayuda de varios dispositivos que pueden ser teclados, perillas, un programa almacenado, etc., y las señales de salida pueden convertirse en información visual (luz, tu-

bos de rayos catódicos, displays digitales, impresores, graficadores, etc.) o en información audible. Las señales electrónicas se operan, procesan o manipulan mediante elementos electrónicos que son los constituyentes esenciales en el funcionamiento del equipo electrónico. Los elementos pasivos no alteran las señales, únicamente las atenúan; en cambio los elementos activos modifican las señales. Todas las otras partes que se utilizan en la construcción de equipo electrónico solamente efectúan funciones auxiliares; como lo son montar y conectar los elementos a los circuitos, mantener los circuitos mecánicamente juntos y proporcionar una cubierta protectora.

Es claro que la industria productora de equipo electrónico profesional no puede existir sin el apoyo de una industria de componentes electrónicos. En México, la industria electrónica local se inició en 1940 con la producción de bienes de consumo (radios y posteriormente aparatos de TV).

Cuadro 35

## MEXICO: DEMANDA DE COMPONENTES ELECTRONICOS Y PARTES

Productos	Demanda 1			Productos	Demanda 1		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
a) Componentes activos				Electrolíticos			D
i) Tubos al vacío				Tantalo	F		
De recepción e industriales	D, F			Aluminio	F		
De potencia y propósitos especiales				Mica	F		
Gas y vapor (tubos rectificadores de vapor de mercurio, tiratrones)	D, F			De vidrio y enamel vitreo	F		
Sensibles a la luz (fotoceldas, multiplicadores)	F			Cerámicos, excepto chips	D		
Sensibles a la imagen incluyendo tubos intensificadores de imagen y cámaras de TV	F			Variables			
Rayos catódicos excepto para TV		F		Chips			
Tubos para la interrupción de haces de electrones			D	Resistencias			
Tubos para TV a color				Fijas			D
Transistores de potencia				Depósito de carbón			
Transistores de potencia para microondas RF		D, F		Película metálica			
Transistores de potencia regulares				Alambre			
Rectificadores				Variables			
Rectificadores 0.5 - 3.0 amps		D		Potenciómetros de alambre			D
Rectificadores 3.5 - 35 amps		D		Potenciómetros de pista			D+
Rectificadores 35.1 o más amps		D, F		Trimmers de alambre			
Tiristores				Trimmers de pista	F		
Tiristores 0 - 55.0 amps (rms)		D, F		Cemet			
Tiristores 55.1 o más amps (rms)		D, F		Redes de resistencias			
Elementos optoelectrónicos				Resistencias de película delgada			
Fotodiodos		F		Resistencias de película gruesa			
Displays		F		Otras			
Diodos emisores de luz		F+		b) Dispositivos para lectura de datos			
Celdas fotoeléctricas				i) Discretos			
Integrados digitales bipolares				De descarga de gas			
TTL - Schottley - lógicos				Incandescentes			
TTL - estándar - lógicos				Fluorescentes			
ECL - lógicos				Diodos emisores de luz			
Otros - Familias lógicas				ii) Multidigitos			
Memoria Bipolar				De descarga de gas			
Circuitos integrados lineales				Incandescentes			
Amplificadores		D		Fluorescentes			
Comparadores				Electroluminescentes			
Reguladores de voltaje		F		Diodos emisores de luz			
Circuitos para conversión de datos				c) Semiconductores			
Interfases				i) Diodos			
Circuitos especiales		D, F		Diodos de juntura simple para señal pequeña			D
Circuitos integrados digitales MOS				Diodos Zener			D
Lógicos				ii) Transistores de señal pequeña			
Memoria				Transistores bipolares de señal pequeña			D
CMOS (únicamente lógicos)				Transistores de efecto de campo (FET)			F
ii) Componentes pasivos				iii) Filtros, redes y cristales			
Capacitores				Filtros pasivos			D
Papel			D	Filtros de cristal		F	
Cinta			D	Filtros de RFI y EMI		D	
				Filtros activos		D, F	
				Redes RC			
				Líneas de retardo			
				Cristales de cuarzo			D+

Productos	Demanda 1			Productos	Demanda 1		
	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
iv) Componentes magnéticos				Filtros			
Núcleos de memoria para computadoras		D		Acopladores			
Transformadores, chokes, excepto TV		D		Mezcladores y moduladores			
Laminados				Detectores			
Enrollados			D	Atenuadores			
Transformadores de pulso				Terminales			
Componentes para TV				Cargas			
Bobinas de RF			D	Polarizadores			
				Junturas			
v) Accesorios para microondas				Separadores			
Duplexores y protectores del receptor				Turners			
Duplexores				Plomería			
Receptores							
Protectores				vi) Circuitos impresos			
Limitadores				Una capa			D
Switches				Dos capas			D
De diodos				Multicapa	D, F		
Mecánicos				Flexibles		D, F	
Dispositivos de ferrita	D			vii) Switches			
Circuladores				De acción instantánea			D
Switches				Encendido			D
Aisladores				De botón			D
Dispositivos YIG				De deslizamiento			D
Desviador de fase				De tornillo			D
Osciladores de estado sólido				Rotatorios			D
De frecuencia establecida				Coaxial			F
Controlados por voltaje				Thumbwheel		F	
Efecto bulk				De tecla			
Diodo tunnel				De llave individual			
Amplificadores de estado sólido				Estado sólido, incluyendo efecto de campo			
Transistores				viii) Relevadores			
Diodo tunnel				De propósitos generales			D
Efecto bulk				Tipo telefónico			D
Tubos para microondas				De cristal			
Klystrons	F			De alta sensibilidad			F
Magnetrones	F			De pulsos y pasos	F		
Amplificadores de campo	F			Tiempo de retardo	F		
Osciladores de onda con retraso	F			Estado sólido	F		
Componentes para la línea de transmisión				ix) Conectores			
				Coaxiales, tipo estándar	F		
				Coaxiales, miniatura			D
				Cilíndricos			D
				Bastidores y panel			D
				De fusible			
				Circuitos impresos			
				Inserción de tarjeta	F		
				Dos piezas, metal-metal	F		
				Placa-módulo	F		
				Sockets			D, F
				Conectores y enchufes			D

<sup>1</sup> Los símbolos de esta columna significan:  
D = Producto manufacturado localmente (fabricación o ensamble).  
F = Producto importado.  
+ = Incremento en la demanda.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Hasta ahora, esta rama sigue siendo la porción más grande de esta industria, seguida por las industrias telefónica y de equipo de telecomunicación. En el mismo año empezó la producción de componentes electrónicos aparejada principalmente a los requisitos de la industria del entretenimiento, la cual todavía consume 75% de todos los componentes que se producen en México. Hoy en día la industria mexicana de componentes está altamente desarrollada, principalmente en lo que respecta a componentes con bajo y mediano con-

tenido tecnológico, y es capaz de abastecer 95% de la demanda doméstica.

La lista de productos del cuadro 35 pone en evidencia que existe una amplia variedad de elementos con los que se construye equipo electrónico. No todos los artículos enlistados son igualmente importantes para el mercado mexicano, debido a que en algunos subsectores del equipo electrónico profesional no hay producción local y las necesidades de piezas o partes de repuesto son más bien insignificantes.

Mientras que la mayoría de las compañías que producen componentes pasivos convencionales, son de propiedad mexicana, la producción de componentes semiconductores, que se inició en 1963 con elementos discretos y continuó con elementos integrados a partir de 1970 proviene de subsidiarias de empresas multinacionales extranjeras (Estados Unidos, Japón, Holanda), debido principalmente a la avanzada tecnología y al complicado equipo de producción necesario.

Como ya se explicó en el capítulo III, el desarrollo tecnológico más significativo en electrónica durante las últimas décadas ha estado concentrado en los elementos semiconductores, de los cuales los circuitos integrados son hoy en día los productos más avanzados. Los circuitos integrados ya incorporan mucha de la complejidad que caracteriza a los equipos más avanzados, ahorrando de esa manera mucha mano de obra y habilidades en su fabricación. Como ya se dijo, el nivel tecnológico del equipo electrónico está determinado esencialmente por el diseño de los circuitos; son estos componentes electrónicos los que han alcanzado mayor avance tecnológico, convirtiéndose al mismo tiempo en la parte menos costosa del equipo.

En el desglose del costo de un equipo de telecomunicaciones y de un aparato de TV a color de estado sólido (cuadro 36), se puede ver la participación de los diversos componentes electrónicos en el costo de producción total del equipo electrónico típico. Aun cuando un aparato de TV no es un bien de capital, su nivel de complejidad y tecnología es típico de un producto electrónico avanzado. El desglose mencionado se refiere a la producción masiva.

Se debe hacer notar que el contenido de mano de obra en el equipo de telecomunicaciones no se puede reducir tan fácilmente en la producción masiva como sucede en los aparatos de TV. El elemento singular más costoso en una televisión de estado sólido es el cinescopio, que representa 23.5% del costo total de los componentes electrónicos. También se puede ver en el desglose, que los elementos activos del circuito (discretos o integrados) sólo representan una pequeña parte del costo total, alrededor de 3.5%. Los elementos activos y pasivos, que son las partes esenciales en el funcionamiento de un equipo electrónico, representan de 16 a 17% (sin considerar los tubos de rayos catódicos). El costo más alto de los productos electrónicos sigue siendo la mano de obra y las partes no electrónicas. En conexión con esto es interesante hacer notar que en 1976, el mercado mundial para equipo electrónico fue de 82 770 millones de dólares y el mercado para componentes electrónicos (activos y pasivos) fue de 16 787 millones de dólares, o sea 20.3%.

Tomando en cuenta que los semiconductores y circuitos integrados son los elementos más complejos e importantes en el funcionamiento del equipo electrónico y que tan sólo representan una fracción de su costo total, se puede decir que la relación precio-funcionamiento del equipo electrónico, depende mucho del grado en que los fabri-

Cuadro 36

**COSTO DE LOS COMPONENTES DE EQUIPO DE TELECOMUNICACION Y DE LOS TELEVISORES A COLOR, COMO PORCENTAJE DEL COSTO TOTAL DE VENTA**

Elementos electrónico_ y partes	Equipo de tele- comunicaciones	Televisor de color
	(Porcentaje)	
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.0</b>
<b>Elementos activos</b>		
Tubos al vacío	0.15	23.5
Semiconductores	2.76	4.8
<b>Elementos pasivos</b>		
Resistencias	1.68	3.0
Capacitores	3.07	2.1
Bobinas	2.68	3.4
Transformadores	4.90	2.0
Circuitos impresos	0.52	1.2
Partes (relevadores, interruptores de metal plástico y otros materiales)	24.00	17.1
Mano de obra	38.24	24.7
Gastos generales	22.00	18.2

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa

cantes utilicen en su construcción circuitos integrados y otros semiconductores de alto funcionamiento. Las ventas mundiales de componentes electrónicos alcanzaron las cifras de 16 447 millones de dólares en 1974, 15 031 millones de dólares en 1975 y 16 787 millones de dólares en 1976. En el último año Estados Unidos produjo 67.4% y consumió 62% del total. En ese mismo año México consumió 1.4%.

## 2. ANALISIS DEL MERCADO

Como ya se mencionó, la mayor parte de los productos incluidos en este subsector se fabrican localmente y por esa razón los datos del mercado se han recopilado principalmente de fuentes nacionales. La industria electrónica de componentes goza de una fuerte protección con respecto a la importación de componentes electrónicos o similares, protección que ha ayudado al crecimiento de esta industria en el pasado; sin embargo, las políticas de sustitución de importaciones han conducido a eliminar la competencia, dada la hegemonía de algunas compañías en el mercado. Esto ha provocado una disminución en la calidad de los componentes hechos en México y también ha originado una cierta cantidad de contrabando, particularmente de los componentes de alta calidad que se necesitan en equipos electrónicos profesionales. Algunas veces se introducen al país estos componentes bajo una clasificación diferente o junto con otras piezas de equipo, lo cual hace difícil precisar la cantidad de las importaciones.

Cuadro 37

## MEXICO: COMPONENTES ELECTRONICOS Y PARTES. DATOS DEL MERCADO, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL COMPONENTES Y PARTES</b>										
Producción	160.50	186.50	207.65	219.70	227.00	241.30	257.10	274.90	290.80	307.60
Importaciones	28.76	31.63	28.57	26.98	25.53	24.34	24.50	25.50	26.00	27.00
Exportaciones	2.50	5.60	11.01	13.05	14.48	18.70	21.10	23.70	26.00	28.50
Consumo	186.76	212.53	225.21	233.63	238.05	246.94	260.50	276.70	290.80	306.10
<b>a) Tubos al vacío</b>										
Producción	45.50	59.00	62.00	70.00	73.00	77.45	81.70	86.30	90.50	94.00
Importaciones	4.26	3.82	2.90	2.41	2.20	2.00	1.75	1.60	1.50	1.50
Exportaciones	1.50	2.80	7.47	8.45	9.90	11.50	12.80	14.40	16.00	18.00
Consumo	48.26	60.02	57.43	63.96	65.30	70.71	70.65	73.50	76.00	77.50
<b>b) Semiconductores</b>										
Producción	7.60	12.50	15.65	16.70	18.00	22.05	24.20	26.60	28.65	31.15
Importaciones	3.50	4.10	4.33	3.57	2.85	2.50	2.75	3.00	3.20	3.50
Exportaciones	0.60	2.00	2.44	3.52	3.48	6.00	6.40	6.90	7.20	7.50
Consumo	10.50	14.60	17.54	16.75	17.37	18.55	20.55	22.70	24.65	27.15
<b>c) Componentes pasivos y partes</b>										
Producción	107.40	115.00	130.00	133.00	136.00	141.80	151.20	162.00	171.65	182.45
Importaciones	21.00	23.71	21.34	21.00	20.48	19.84	20.00	20.90	21.30	22.00
Exportaciones	0.40	0.80	1.10	1.08	1.10	1.20	1.90	2.40	2.80	3.00
Consumo	128.00	137.91	150.24	152.92	155.38	160.44	169.30	180.50	190.15	201.45

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas, y anuarios de comercio exterior de Estados Unidos y de México.

Para investigar el tamaño del mercado de componentes electrónicos y partes, éstos se han dividido en los siguientes grupos:

Tubos al vacío

Semiconductores

Componentes pasivos y partes

El directorio de socios de la CANIECE enlista 137 empresas en este subsector; adicionalmente hay un número de pequeñas compañías involucradas en la fabricación de partes auxiliares y materiales electrónicos que no son miembros de CANIECE; de manera que el número total de ellas se estima cercano a 200. Sin embargo, la mayor parte de los componentes terminados son producidos por unas cuantas compañías: 20% de los fabricantes producen 80% de los componentes.

En 1976 el mercado mexicano de componentes fue de aproximadamente 234 millones de dólares, de los cuales, 220 millones, 94%, se produjeron en el país.

Este porcentaje ha ido creciendo desde 86% en 1973 y se espera que llegue a 100% en 1981. Considerando que siempre se tendrán que importar algunos componentes de alta tecnología y partes de reposición que tienen una demanda muy

baja, se podría decir que la participación de la industria mexicana de componentes en el mercado local ya ha alcanzado el límite práctico.

El crecimiento anual que ha tenido el consumo de componentes es relativamente bajo; en promedio fue solamente de 6.3% en los últimos cinco años. Para el próximo periodo de igual duración, se pronostica un crecimiento promedio de 5% al año, determinado sobre la base del crecimiento esperado en la electrónica de consumo, la cual utiliza la mayor parte de la producción local.

La importación de componentes electrónicos fue severamente afectada por el Acuerdo de restricciones a la importación de 14 de julio de 1975. En ese año las importaciones disminuyeron 9.7% en comparación con el año anterior y desde esa fecha han continuado disminuyendo a una tasa de 5% anual. Sin embargo, se espera que para principios de 1979 las importaciones vuelvan a aumentar debido a la necesidad creciente que se tiene de componentes más avanzados.

En el cuadro 37 se presentan los datos de mercado para los tres subgrupos mencionados, así como para el sector de componentes en su totalidad. La participación que tuvieron estos tres subgrupos en el mercado total en 1976 aparece en el cuadro 38.

## MEXICO: ESTRUCTURA DEL MERCADO DE COMPONENTES ELECTRONICOS, 1976

(Por ciento)

Concepto	Tubos al vacío	Semi-conductores	Componentes pasivos y partes
Producción	31.9	7.6	60.5
Importaciones	8.9	13.2	77.8
Exportaciones	64.8	27.0	8.3
Consumo	27.4	7.2	65.4

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas.

Este desglose muestra que los tubos al vacío y los semiconductores son los que tienen una participación mayor en las exportaciones, lo cual es sorprendente, ya que se trata de elementos que incorporan la tecnología más alta; pero como se vio en la lista de productos (cuadro 35) el grupo de componentes pasivos incluye un gran número de artículos diferentes y especializados para los cuales los fabricantes locales encuentran el mercado doméstico muy pequeño y poco rentable, por lo que su producción y exportación son insignificantes.

## a) Oferta interna

## i) Tubos al vacío

La mayor parte de los tubos al vacío que se hacen y consumen en México son los cinescopios, de los cuales 80% son tubos para TV en blanco y negro; el resto lo componen tubos para TV a color y válvulas para radio.

Existen cinco fabricantes de tubos al vacío en México; dos de ellos se dedican únicamente a la reconstrucción de cinescopios. Uno de los más grandes productores de válvulas para radio probablemente cierre su planta, debido a que hoy en día prácticamente todos los aparatos y equipos de radio, televisión y audio que se hacen en México usan solamente componentes de estado sólido y la demanda que existe de estas válvulas es sólo para reposición en equipos más viejos.

Tubos sensibles a la luz como las fotoceldas y fotomultiplicadores, que se usaban como sistemas de alarma en México, ahora están siendo sustituidos por resistencias sensibles a la luz (LDR) y fotodiodos. Componentes transductores de imagen como las cámaras de TV y los intensificadores de imagen que se usan en equipos de TV de circuito cerrado, generalmente se importaban; pero después de la devaluación del peso este equipo se ha hecho muy costoso y su crecimiento se ha visto limitado cuando menos en el corto plazo.

Otros tubos de rayos catódicos que se usan en equipos de medición como osciloscopios, etc.,

son importados. La demanda interna que existe es sólo para reemplazarlos en los mencionados equipos.

## ii) Semiconductores

En México existe una producción considerable de elementos semiconductores; son fabricados por empresas subsidiarias de las principales compañías internacionales en el ramo. El equipo de prueba y el equipo especial de producción que se necesita lo han importado de sus casas matrices, limitando la producción local a aquellos procesos que requieren un uso intensivo de mano de obra. En la mayoría de los casos se importan las obleas semiconductoras ya terminadas y solamente se les hace el cortado, separación, montaje y encapsulado. Sin embargo, un fabricante local también efectúa parte del proceso de grabado y remoción en las obleas, las cuales se importan en forma semi-terminada.

El cuadro 39 muestra la distribución del mercado mexicano de semiconductores.

Cuadro 39

## MEXICO: ESTRUCTURA DEL MERCADO DE SEMICONDUCTORES, 1976

Producto	Participación en el mercado (%)
TOTAL	100.0
Semiconductores discretos	75.6
Transistores de potencia, encapsulado plástico	10.6
Transistores de potencia, encapsulado metálico	14.3
Transistores de señal pequeña	15.7
Tiristores	4.1
Dispositivos de germanio	9.6
Diodos	
Zener	4.0
Rectificadores	17.3
Circuitos integrados	24.4
Circuitos integrados lineales	15.0
Circuitos integrados digitales	4.4
MOS y CMOS	5.0

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas e investigación directa.

Las líneas de productos que se fabrican en México son aquellas que se han ido retirando gradualmente en las casas matrices, pero no porque estén obsoletas sino porque las grandes compañías multinacionales fabricantes de semiconductores están cambiando a una producción completa.

Cuadro 40

MEXICO: PORCIONES DEL MERCADO DE SEMICONDUCTORES QUE SE ABASTECEN LOCALMENTE, 1976

Producto	Porcentaje del mercado
TOTAL DE SEMICONDUCTORES	78.7
Transistores de potencia	65.0
Transistores de señal pequeña	20.0
Tiristores	20.0
Rectificadores	100.0
Diodos	75.0
Otros elementos discretos	90.0
Circuitos integrados	20.0

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas e investigación directa.

mente automatizada, en la cual la producción mínima económicamente aceptable es mayor que la demanda de algunos productos específicos. Como consecuencia adicional, la maquinaria de producción convencional está ahora más disponible en Estados Unidos (como ejemplo) y las subsidiarias mexicanas están planeando agregar más líneas de producción en el futuro para aumentar su participación en el mercado mexicano y en el de otros países de Latinoamérica, para el que están exportando alrededor de 20% de su producción local. Sin embargo, hoy en día las compañías extranjeras están reuentes a enviar maquinaria de producción adicional a sus subsidiarias mexicanas, en primer lugar porque piensan que la inversión extranjera en México está sujeta a una reglamentación muy estricta y en segundo, porque los sindicatos de trabajadores estadounidenses se muestran contrarios a transferir líneas de producción a México, basándose en que esto podría reducir las oportunidades de empleo para los trabajadores norteamericanos.

El principal problema de la industria mexicana de semiconductores es la sobreproducción. Las líneas de producción transferidas de las casas matrices están planeadas para una producción mínima económica en el país de origen, la cual es mucho mayor que las necesidades del mercado mexicano actual. Los productores en México están usando de 50 a 60% de su capacidad instalada, y cada vez se hace más difícil exportar a otros países de Latinoamérica debido al creciente proteccionismo que persiste a pesar de los acuerdos de la ALALC. Brasil, por ejemplo, cambió recientemente la clasificación de sus diodos de potencia, que podían ser importados libres de impuestos y los incluyó en el mismo grupo de los transistores, que tienen un alto impuesto a la importación. Esto prácticamente detuvo la exportación de diodos de potencia y rectificadores de México hacia ese país.

La UNAM y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica están llevando a cabo investigaciones acerca de la tecnología de los semiconductores haciendo crecer cristales de germanio (Ge) de una pulgada de diámetro para con ellos producir transistores y otros dispositivos de Ge a nivel de laboratorio. Los objetivos de estos programas no están muy claros ni aún entre el personal que trabaja en ellos. Sería poco real hacer planes para crear una tecnología propia en este campo que fuera la base para una industria local independiente. Como se explica en el capítulo III, las grandes industrias multinacionales de semiconductores cuentan con más de 30 años de experiencia y con las más grandes inversiones en la historia de la electrónica. Por tanto, no tiene por qué repetirse en México toda la evolución técnica, ya que los procesos involucrados en ella son teóricamente simples y están ampliamente difundidos. Se necesitan años de aprendizaje y grandes inversiones en maquinaria y equipo antes de que esos procesos se hagan lo suficientemente repetitivos como para utilizarlos industrialmente. Además, todavía por muchos años, el consumo de semiconductores en México no será lo suficientemente grande como para hacer que la producción de obleas, que son la base de los semiconductores, sea económicamente factible. También se considera que la industria básica de los semiconductores no es apropiada para México por las pocas oportunidades de trabajo que genera por unidad de capital invertido; esto se demuestra en el cuadro 41 al compararla con otras ramas básicas de la industria electrónica.

Cuadro 41

OPORTUNIDADES DE EMPLEO EN LA INDUSTRIA ELECTRONICA MUNDIAL

Industria	Oportunidades de empleo por cada 100 000 dólares de capital invertido <sup>1</sup>
Fabricación de semiconductores	6 - 8
Ensamble de semiconductores	10 - 15
Equipo electrónico profesional	13 - 20
Equipo electrónico de consumo	25 - 35

<sup>1</sup> Dólares de 1972.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Parece más ventajoso utilizar el equipo, las instalaciones y el personal que ahora están trabajando en investigación de semiconductores, en el área de las celdas solares (celdas de silicio), que recientemente ha empezado a desarrollarse a gran escala en el extranjero. Esto podría poner a México en una posición inicial más ventajosa.

iii) Componentes pasivos y partes

Este es el segmento más grande de la industria de componentes electrónicos y es el área en donde

las políticas de sustitución de importaciones del Gobierno mexicano han sido de gran ayuda en los últimos años. Debido al gran número de fabricantes que participan en este segmento, la mayoría de ellos solamente producen una pequeña parte de los artículos que a nivel internacional se consideran de mercado muy pequeño. Esto representa una limitación para introducir maquinaria de producción más avanzada y también es una de las razones por las que el precio de los componentes pasivos sea tan elevado en México.

#### iv) Capacitores

Los capacitores de papel, de película y otros se hacen en México con materiales importados. Prácticamente se usa todo tipo de tecnología para la fabricación de estos componentes; esa tecnología se obtiene de las casas matrices o de los abastecedores de material. Los capacitores en obleas son totalmente importados, así como algunos capacitores de cerámica y electrolíticos que vienen de Argentina y Brasil, respectivamente.

#### v) Resistencias

Las resistencias fijas de carbón depositado, de película metálica y de alambre, se producen en México. Las resistencias de cerámica de alta disipación, así como los alambres de aleaciones precisas se importan. Los potenciómetros de alambre y pista de carbón son hechos únicamente por un fabricante y tienen una calidad muy pobre. Las resistencias y potenciómetros de alta precisión no se hacen en México en este momento.

#### vi) Filtros, redes y cristales

Estos se hacen localmente para la industria de entretenimiento; los de uso profesional se tienen que importar, principalmente para instalarse en osciladores y demoduladores de onda para equipo de radiocomunicación. Los cristales de cuarzo se hacen en México con calidad comparable a la internacional; el mercado actual es de 22 000 cristales por mes, de los cuales de 10 a 14 000 se producen localmente. Se espera que la demanda aumente considerablemente en el futuro debido a las necesidades que se tienen en la industria telefónica y en los sistemas de televisión por cable.

#### vii) Componentes magnéticos

Todos los componentes magnéticos detallados en el cuadro 35 se fabrican en México. Los núcleos magnéticos para memorias de computadora alcanzaron una gran producción hace dos o tres años, pero ahora la producción es insignificante debido al cambio hacia las memorias semiconductoras que ahora se utilizan. Para la laminación de los núcleos de los transformadores se importa la hoja de metal así como los núcleos para las bobinas de radio frecuencia.

#### viii) Accesorios para microondas

Con excepción de los interruptores mecánicos, todos los materiales para microondas se tienen

que importar, debido al tamaño relativamente pequeño del mercado y a las compras esporádicas que dependen básicamente de los proyectos del Gobierno.

#### ix) Circuitos impresos

Localmente se producen circuitos impresos de una sola capa para la industria de entretenimiento y de dos capas para uso industrial. También existe producción de circuitos multicapa, pero ésta es insignificante. Así mismo se fabrican en México circuitos impresos flexibles y *through-hole printing*.<sup>4</sup> En la actualidad los circuitos flexibles tienen un uso limitado en computadoras y no se hacen en grandes cantidades.

Algunos fabricantes de productos terminados están empezando a hacer sus propios circuitos impresos, movidos por las entregas erráticas y por el tiempo que tardan los proveedores en corregir los errores cometidos.

#### x) Switches

En México se fabrican switches de baja potencia para usarse en la industria de entretenimiento, en los siguientes tipos: de acción instantánea, de botón luminoso, de tornillo, de deslizamiento, rotatorios, de tecla y de una sola llave. No se fabrican switches coaxiales ni *thumbwheel* y los de estado sólido no se usan.

#### xi) Relevadores

Debido a la relativamente grande producción de equipo telefónico existe un mercado considerable para los relevadores en México, pero sólo 40% de ellos se producen en el país; el resto se importa por los principales contratistas de Teléfonos de México. Otras importaciones son de relevadores de alta sensibilidad para la protección de maquinaria y equipo industrial y relevadores de retardo. En México todavía no se utilizan relevadores de estado sólido.

#### xii) Conectores

La producción de conectores en México está controlada por una sola compañía, la cual también tiende a controlar las importaciones y es subsidiaria de una de las principales compañías extranjeras fabricantes de conectores. Se importa una gran variedad de conectores en pequeños volúmenes, los cuales no se podrían fabricar localmente. Los más comunes son los de tipo peine, metal a metal, placas modulares, sockets para tablero, etc.; los otros tipos de sockets se fabrican en México.

El porcentaje que tienen los principales elementos pasivos dentro del consumo total, es el siguiente:

<sup>4</sup> Proceso conocido con ese nombre.

	%
Resistencias	15
Capacitores	16
Bobinas y transformadores	33
Circuitos impresos	7
Conectores	29

En el cuadro 42 se enlistan los principales fabricantes mexicanos de componentes electrónicos. Todos ellos son, o bien subsidiarios de compañías extranjeras, o tienen un convenio tecnológico con fabricantes del exterior, además de que se dedican a importar y distribuir los elementos de su casa matriz o compañía asociada, que no se hacen en el país.

Cuadro 42

**PRINCIPALES FABRICANTES MEXICANOS DE COMPONENTES ELECTRONICOS**

Compañías	Productos
Electrónica, S. A. de C. V.	Tubos al vacío, tubos de rayos catódicos Semiconductores Elementos pasivos
RCA, S. A. de C. V.	Tubos al vacío, tubos de rayos catódicos
Dispositivos Electrónicos, S. A.	Tubos al vacío, tubos de rayos catódicos
Fairchild Mexicana, S. A.	Semiconductores
Semiconductores Motorola de México, S. A.	Semiconductores
Industria Mexicana Toshiba, S. A.	Semiconductores
Capacimex, S. A.	Capacitores
Capco, S. A.	Capacitores
Cia. General Electrónica, S. A.	Capacitores, potenciómetros
Electrocap, S. A.	Capacitores
Potter Condensadores Electrónicos, S. A.	Capacitores
National Mexicana, S. A.	Capacitores, resistencias, bobinas
Ohmic, S. A.	Resistencias
Pegasos Electrónicos, S. A.	Resistencias
Elementos Electrónicos, S. A.	Bobinas, transformadores
Circuitos Magnéticos, S. A.	Bobinas, transformadores
Transformadores Especiales, S. A.	Transformadores
Bobinadores Unidos, S. A.	Bobinas, transformadores
Radio Cristal Aztlán, S. A.	Cristales de cuarzo

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

b) Industrias consumidoras

El consumo de los elementos electrónicos y partes, está dividido entre las principales industrias

electrónicas de productos terminados de la siguiente manera:

	%
Productos electrónicos de entretenimiento	75
Telecomunicaciones	15
Otros	10

El renglón de otros incluye los talleres de servicio y reparación, así como a los fabricantes de equipo electrónico profesional, siendo este último el que consume la mayor porción de los componentes importados.

Es claro que la industria mexicana de componentes electrónicos ha enfocado su producción a satisfacer las necesidades de las más grandes industrias fabricantes de equipo de entretenimiento, no sólo en lo referente al tipo de productos que usan sino también en cuanto a la calidad de los componentes que necesitan. Este es uno de los mayores problemas que han frenado el desarrollo de la industria electrónica profesional de equipo terminado en México: la mayoría de los componentes con "calidad comercial" no pueden ser usados en el equipo profesional, el cual necesita de componentes con especificaciones más estrictas, con menores tolerancias, con mas alta confiabilidad, con más bajo coeficiente de temperatura, etc., que los que se utilizan en los componentes empleados en la industria electrónica de esparcimiento.

La industria de componentes electrónicos expresa que el principal requisito que exige la industria electrónica de esparcimiento es el de contar con componentes de bajo precio, razón por la cual aquella se limita a fabricarlos al menor precio posible y a satisfacer únicamente las especificaciones comerciales. Las empresas capacitadas para producir componentes con calidad profesional son aquellas que cuentan con asesoría y tecnología extranjeras, pero dicen que eso no se puede hacer debido a que no existe un mercado que justifique el esfuerzo. Por otro lado, los posibles productores de equipos profesionales terminados dicen que no pueden iniciar ninguna producción debido a que no hay proveedores locales de componentes con calidad profesional.

Lo expresado por la industria de componentes electrónicos ha sido contradicho por la industria electrónica de equipo no profesional.

Según ésta, cuesta tres veces más integrar componentes hechos localmente que comprarlos a su casa matriz, aun cuando las oficinas de ventas obtienen ganancia en tales importaciones. Además, la calidad y la entrega de los componentes que se hacen en el país son muy erráticas. Por estas razones, algunas compañías han establecido su propio sistema de control de calidad en las plantas de los proveedores e inspeccionan rigurosamente todos los materiales que reciben; así han llegado a reducir el porcentaje de componentes rechazados, de 60% que era hace cinco años a 15% actualmente, lo que todavía es alto a nivel internacional.

Existe la creencia de que las empresas no destruyen los productos rechazados por el control de calidad, sino que los venden a pequeños distribuidores y tiendas de menudeo donde las tiendas de servicio, pequeños talleres, así como pequeños fabricantes obtienen sus componentes. Esto explica por qué se hace tanto énfasis acerca de la calidad de los componentes mexicanos en este segmento de la industria.

Debido a los problemas mencionados, varios fabricantes de productos de consumo están planeando iniciar su propia producción de componentes, lo cual tal vez no sea una inversión económicamente viable, pero les daría componentes con la calidad que necesitan y sin problemas de entrega. Se debe hacer notar que la tendencia opuesta ocurrió hace más de 25 años en los países altamente industrializados; más y más fabricantes de productos finales dejaron de hacer sus propios componentes y empezaron a comprarlos a compañías especializadas, las cuales, sobre la base de una producción de gran volumen, eran capaces de fabricarlos a un precio más bajo y con mejor calidad.

Las consideraciones anteriores sobre la calidad de los componentes hechos en México, no se aplican a los semiconductores. Existe la opinión general de que los semiconductores hechos localmente tienen calidad internacional, debido a que se hacen de obleas semiterminadas en las mismas máquinas de producción y se chequean con el mismo equipo de prueba que el que se usa en la casa matriz en el exterior. La mayor parte de la producción de semiconductores de las subsidiarias en México de compañías estadounidenses, reúne las especificaciones militares norteamericanas y parte de esa producción se re-exporta a Estados Unidos.

#### c) *Canales de distribución*

Los componentes que se hacen en el país se venden directamente a los fabricantes de equipo original, tales como los grandes fabricantes de equipo de esparcimiento y la industria de telecomunicaciones. Los fabricantes de componentes mexicanos también actúan como importadores y distribuidores de componentes importados desde su casa matriz o de compañías filiales. Los únicos que hacen importaciones directas son los usuarios finales que son compañías subsidiarias de empresas extranjeras y que los necesitan en el ensamble de productos específicos. Talleres de servicio y reparación locales, así como pequeños fabricantes de equipo, compran a través de distribuidores menores, pero las ventas a este grupo no representan más de 10% del mercado.

#### d) *Restricciones del mercado*

Como en caso de otros productos, los componentes electrónicos solamente se pueden importar si se obtiene un permiso de importación de la Secretaría de Comercio. Los componentes iguales a los que se hacen localmente no se pueden importar y este reglamento también se aplica a los componentes de calidad profesional, debido a que la clasificación que usa la Secretaría no diferencia entre componentes con calidad comercial o profesional.

El sistema de permisos de importación fue creado originalmente dentro del marco de la política de sustitución de importaciones y ha generado un ambiente proteccionista en la industria local. Sin embargo, en el caso de los componentes electrónicos se ha creado una gran desventaja para el desarrollo de una industria electrónica de bienes de capital, la cual sólo podría crecer si tuviese un rápido acceso a componentes de calidad profesional. Es opinión general de la industria fabricante de productos electrónicos terminados, que las desventajas del presente sistema de restricciones a las importaciones ya superan las ventajas del mismo; por tanto, las compras foráneas deberían ser liberadas, sin eliminar la protección necesaria para la industria local.

Los actuales derechos de importación para los componentes electrónicos varían de 20 a 25%; excepto para los cristales de cuarzo que son de 32% y para los productos procedentes de los países miembros de la ALALC, que varían de 0 a 10%.

### 3. ASOCIACIONES COMERCIALES

No existe en México ninguna asociación comercial o profesional de fabricantes de elementos electrónicos. La mayoría de las compañías en este sector son miembros de la CANIECE; también hay otras organizaciones relacionadas con varios aspectos del uso, fabricación o comercio de componentes electrónicos y partes, como las que se enlistan en seguida.

Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas (CANIECE)  
Guanajuato 65  
México 7, D. F.

Cámara Nacional de la Industria de Radio y Televisión  
Paseo de la Reforma 455-9  
México 5, D. F.

Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos, A. C.  
Paseo de la Reforma 45-6  
México 1, D. F.

Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana  
Paseo de la Reforma 122-8  
México 6, D. F.

Asociación Mexicana de Ingenieros en Comunicaciones Eléctricas y Electrónicas, A. C. (AMICEE)  
Balderas y Ayuntamiento  
México 1, D. F.

Asociación de Comerciantes de Materiales y Equipo Eléctrico  
José María Marroqui 81-302  
México 1, D. F.

## H. RESUMEN DEL MERCADO

En los cuadros que se presentan a continuación se muestran las cifras de producción, importaciones, exportaciones y consumo para cada uno de los subsectores de productos electrónicos terminados; el subsector de partes y componentes electrónicos ha sido incluido en este estudio y analizado por separado debido a la importancia que tiene dentro del sector, aun cuando en estricto sentido puede argumentarse que estos productos no deben considerarse como bienes de capital.

El cuadro 43 presenta un resumen de los datos del mercado que aparecieron en secciones anteriores; se presentan aquí exclusivamente las cifras relativas a equipo electrónico terminado.

El cuadro 44 muestra cifras para los seis subsectores, o sea, para los equipos electrónicos profesionales en conjunto y para los componentes electrónicos y partes.

Las variaciones porcentuales anuales correspondientes al equipo electrónico terminado se muestran en el cuadro 45, y en el cuadro 46 se agregan las de los componentes electrónicos y partes.

En el cuadro 47 se observa la participación relativa que tuvo cada uno de los subsectores en el mercado de bienes de capital de carácter electrónico, en 1976.

Cuadro 43

### MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. RESUMEN DEL MERCADO DE PRODUCTOS TERMINADOS, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL PRODUCTOS TERMINADOS</b>										
Producción	47.01	61.65	70.20	88.42	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57
Importaciones	158.88	168.24	197.13	219.42	235.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88
Exportaciones	5.65	7.00	9.10	10.50	12.50	14.60	16.86	19.15	21.57	24.38
Consumo	200.24	222.89	258.23	297.34	321.93	367.44	418.51	470.88	543.71	621.07
<b>1. Equipo de telecomunicación</b>										
Producción	33.65	45.30	50.90	63.70	68.69	81.58	96.88	114.32	133.86	157.20
Importaciones	78.52	79.44	94.75	92.84	102.24	113.02	125.01	139.08	155.94	174.80
Exportaciones	3.40	4.00	4.70	5.40	6.20	7.07	8.08	9.20	10.50	12.00
Consumo	108.77	120.74	140.95	151.14	164.73	187.53	213.81	244.20	279.30	320.00
<b>2. Instrumentos de medición y prueba</b>										
Producción	—	—	—	—	—	0.10	0.20	0.50	0.60	0.70
Importaciones	6.40	6.80	7.00	9.30	10.10	11.04	12.07	13.20	14.43	15.78
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	6.40	6.80	7.00	9.30	10.10	11.14	12.27	13.70	15.03	16.48
<b>3. Instrumentos para control de procesos</b>										
Producción	8.90	11.40	13.60	16.70	19.90	23.70	27.08	30.90	35.40	40.40
Importaciones	17.10	23.10	31.40	43.00	49.60	57.00	65.57	75.40	86.60	99.60
Exportaciones	0.25	0.30	0.40	0.30	0.50	0.50	0.55	0.60	0.60	0.60
Consumo	25.75	34.20	44.60	59.40	69.00	80.20	92.10	105.70	121.40	139.40
<b>4. Computadoras y calculadoras</b>										
Producción	4.46	4.95	5.70	8.02	10.05	12.32	14.92	17.52	20.05	23.02
Importaciones	36.60	41.15	38.90	46.55	45.65	51.98	58.89	66.54	75.60	86.45
Exportaciones	2.00	2.70	4.00	4.80	5.80	7.03	8.23	9.35	10.47	11.78
Consumo	39.06	43.40	40.60	49.77	49.90	57.27	65.58	74.71	85.18	97.69
<b>5. Equipo biomédico</b>										
Producción	—	—	—	—	—	—	0.10	0.15	0.20	0.25
Importaciones	20.26	17.75	25.08	27.73	28.20	31.30	34.65	38.42	42.60	47.25
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	20.26	17.75	25.08	27.73	28.20	31.30	34.75	38.57	42.80	47.50

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, cuadros 6, 10, 14, 23 y 33.

Cuadro 44

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. RESUMEN DEL MERCADO INCLUYENDO COMPONENTES Y PARTES, 1973-1982

(Millones de dólares)

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL</b>										
Producción	207.51	248.15	277.85	308.12	325.64	359.00	395.28	438.29	480.91	529.17
Importaciones	187.64	199.87	225.70	246.40	261.32	288.68	320.69	358.14	401.17	450.88
Exportaciones	8.15	12.60	20.11	23.55	26.98	33.30	37.96	42.85	47.57	52.88
Consumo	387.00	435.42	483.44	530.97	559.98	614.38	679.01	753.58	834.51	927.17
<i>I. Productos terminados</i>										
Producción	47.01	61.65	70.20	88.42	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57
Importaciones	158.88	168.24	197.13	219.42	235.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88
Exportaciones	5.65	7.00	9.10	10.50	12.50	14.60	16.86	19.15	21.57	24.38
Consumo	200.24	222.89	258.23	297.34	321.93	367.44	418.51	476.88	543.71	621.07
<i>II. Componentes electrónicos y partes</i>										
Producción	160.50	186.50	207.65	219.70	227.00	241.30	257.10	274.90	290.80	307.60
Importaciones	28.76	31.63	28.57	26.98	25.53	24.34	24.50	25.50	26.00	27.00
Exportaciones	2.50	5.60	11.01	13.05	14.48	18.70	21.10	23.70	26.00	28.50
Consumo	186.76	212.53	225.21	233.63	238.05	246.94	260.50	276.70	290.80	306.10

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadros 37 y 43.

Cuadro 45

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. RESUMEN DEL MERCADO DE PRODUCTOS TERMINADOS, 1974-1982

(Crecimiento anual en porciento)

Concepto	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL PRODUCTOS TERMINADOS</b>									
Producción	31.1	13.9	26.0	11.6	19.3	18.2	17.4	16.4	16.5
Importaciones	5.9	17.2	11.3	7.5	12.1	12.0	12.3	12.8	13.0
Exportaciones	23.9	30.0	15.4	19.0	16.8	15.5	13.6	12.6	13.0
Consumo	11.3	15.9	15.1	8.3	14.1	13.9	13.9	14.0	14.2
<i>1. Equipo de telecomunicación</i>									
Producción	34.6	12.4	25.1	7.8	18.8	18.8	18.0	17.1	17.4
Importaciones	1.2	19.3	2.0	10.1	10.5	10.6	11.2	12.1	12.1
Exportaciones	17.6	17.5	14.9	14.8	14.0	14.3	13.9	14.1	14.3
Consumo	11.0	16.7	7.2	9.0	13.8	14.0	14.2	14.4	14.6
<i>2. Instrumentos de medición y prueba</i>									
Producción	—	—	—	—	—	100.0	150.0	20.0	16.7
Importaciones	6.3	2.9	32.9	8.6	9.3	9.3	9.4	9.3	9.4
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	6.3	2.9	32.9	8.6	10.3	10.1	11.7	9.7	9.6

Concepto	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>3. Instrumentos para control de procesos</b>									
Producción	28.1	19.3	22.8	19.2	19.1	14.3	14.1	14.6	14.1
Importaciones	35.1	35.9	36.9	15.3	14.9	15.0	15.0	14.9	15.0
Exportaciones	20.0	33.3	— 25.0	66.7	0.0	10.0	9.1	0.0	0.0
Consumo	32.8	30.4	33.2	16.2	16.2	14.8	14.8	14.9	14.8
<b>4. Computadoras y calculadoras</b>									
Producción	11.0	15.2	40.7	25.3	22.6	21.1	17.4	14.4	14.8
Importaciones	12.4	— 5.5	19.7	— 2.0	13.9	13.3	13.0	13.6	14.4
Exportaciones	35.0	48.1	20.0	20.8	21.2	17.1	13.6	12.0	12.5
Consumo	11.1	— 6.5	22.7	0.2	14.8	14.5	13.9	14.0	14.7
<b>5. Equipo biomédico</b>									
Producción	—	—	—	—	—	—	50.0	33.3	25.0
Importaciones	— 12.4	41.3	10.6	1.7	11.0	10.7	10.9	10.9	10.9
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumo	— 12.4	41.3	10.6	1.7	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 43.

Cuadro 46

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. RESUMEN DEL MERCADO INCLUYENDO COMPONENTES Y PARTES, 1974-1982

(Crecimiento anual en porciento)

Concepto	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
<b>TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL</b>									
Producción	19.6	12.0	10.9	5.7	10.2	10.4	10.6	9.7	10.0
Importaciones	6.5	12.9	9.2	6.1	10.5	11.1	11.7	12.0	12.4
Exportaciones	54.6	59.6	17.1	14.6	23.4	14.0	12.9	11.0	11.2
Consumo	12.5	11.0	9.8	5.5	9.7	10.5	11.0	10.7	11.1
<b>I. Productos terminados</b>									
Producción	31.1	13.9	26.0	11.6	19.3	18.2	17.4	16.4	16.5
Importaciones	5.9	17.2	11.3	7.5	12.1	12.0	12.3	12.8	13.0
Exportaciones	23.9	30.0	15.4	19.0	16.8	15.5	13.6	12.6	13.0
Consumo	11.3	15.9	15.1	8.3	14.1	13.9	13.9	14.0	14.2
<b>II. Componentes electrónicos y partes</b>									
Producción	16.2	11.3	5.8	3.3	6.3	6.5	6.9	5.8	5.8
Importaciones	10.0	— 9.7	— 5.6	— 5.4	— 4.7	0.7	4.1	2.0	3.8
Exportaciones	124.0	96.6	18.5	11.0	29.1	12.8	12.3	9.7	9.6
Consumo	13.8	6.0	3.7	1.9	3.7	5.5	6.2	5.1	5.3

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 44.

Con respecto a la producción, se puede observar que solamente intervienen tres subsectores, correspondiendo la mayor participación al equipo de telecomunicaciones, con 72.0%; completan esta producción los instrumentos para control de procesos (18.9%) y las calculadoras y computadoras (9.1%).

En cuanto a las importaciones, se puede ver que todos los subsectores participan en mayor o menor grado, distinguiéndose una vez más las telecomunicaciones con 42.3%, seguidas por las computadoras y calculadoras y el instrumental para control de procesos, con 21.2% y 19.6%, respectivamente.

De las exportaciones totales, las telecomunicaciones representan más de 50%, distribuyéndose el resto entre computadoras y calculadoras (45.7%) e instrumentos para control de procesos (2.9%).

Por último, el consumo local de equipo electrónico profesional está dividido de la siguiente manera: telecomunicaciones (50.8%), instrumentos de medición y prueba (3.2%), instrumentos para control de procesos (20.0%), computadoras y calculadoras (16.7%) y equipo biomédico (9.3%).

Es importante hacer notar que todos los instrumentos de medición y prueba y todo el equipo biomédico que se utilizan en el país, se abastecen con importaciones por no existir producción local.

La evolución de las importaciones de equipo electrónico de bienes de capital durante el periodo de 1973 a 1982 se muestra en el cuadro 48 (únicamente productos finales).

Cuadro 47

MEXICO: PARTICIPACION RELATIVA DE CADA UNO DE LOS SUBSECTORES DE EQUIPO ELECTRONICO DE BIENES DE CAPITAL EN EL MERCADO TOTAL, 1976

(Por ciento)

Subsector	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo
TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL	100.0	100.0	100.0	100.0
1. Equipo de telecomunicación	72.0	42.3	51.4	50.8
2. Instrumentos de medición y prueba	0.0	4.3	0.0	3.2
3. Instrumentos para control de procesos	18.9	19.6	2.9	20.0
4. Computadoras y calculadoras	9.1	21.2	45.7	16.7
5. Equipo biomédico	0.0	12.6	0.0	9.3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 43.

De los datos del mercado se hace evidente que la producción nacional de equipo electrónico profesional ha crecido de manera constante y se predice que lo continuará haciendo en el futuro. Sin em-

Cuadro 48

MEXICO: IMPORTACIONES DE EQUIPO ELECTRONICO PROFESIONAL (PRODUCTOS TERMINADOS), 1973-1982

Año	Total (millones de dólares)	% cambio anual	Importaciones como % del consumo total
1973	158.88	—	79.3
1974	168.24	5.9	75.5
1975	197.13	17.2	76.3
1976	219.42	11.3	73.8
1977	235.79	7.5	73.2
1978 <sup>1</sup>	264.34	12.1	71.9
1979	296.19	12.0	70.8
1980	332.64	12.3	69.8
1981	375.17	12.8	69.0
1982	423.88	13.0	68.2

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 43.

bargo, la contribución de los productores mexicanos al mercado se puede apreciar mejor cuando se considera en relación a las importaciones y al consumo. El porcentaje del consumo total cubierto por los productores nacionales se ha calculado como el valor de la producción menos las exportaciones y dividido por el consumo. Los resultados para cada uno de los subsectores y para el sector completo, se muestran en el cuadro 49.

La gran producción en el país de partes y componentes electrónicos, destinada principalmente a la industria de esparcimiento (75%), contribuye a elevar las cifras de los seis subgrupos creando una falsa impresión de la capacidad de la industria local para fabricar equipo electrónico profesional. Una situación más realista se obtiene cuando se considera únicamente el mercado para productos profesionales terminados. En el cuadro 49 se ve que la industria manufacturera puede sólo satisfacer alrededor de 27% de la demanda total de equipo electrónico profesional en México, aunque se espera que este porcentaje continúe creciendo constantemente y pueda alcanzar 32% en 1982.

Una situación parecida se presenta si se usa como indicador de la capacidad de la industria nacional, el cociente de la producción sobre las importaciones. Este cociente aparece en el cuadro 50 para los productos finales. De ambos cuadros se puede deducir que existe, en general, un incremento en la participación local, excepto en el subsector de instrumentos para control de procesos, que ha venido mostrando una tendencia decreciente en el pasado, aunque tiende a nivelarse en la actualidad. Esto se debe a que esta industria empezó como una industria mecánica para la fabricación de equipo de control neumático muy simple y le ha resultado difícil

Cuadro 49

MEXICO: CONTRIBUCION DE LA INDUSTRIA NACIONAL A LA DEMANDA DE EQUIPO ELECTRONICO PROFESIONAL, 1973-1982

(Producción menos exportaciones, como porcentaje del consumo)

Subsector	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL	51.5	54.1	53.3	53.6	53.3	53.0	52.8	52.5	51.9	51.4
1. Equipo de telecomunicación	27.8	34.2	32.8	38.6	37.9	39.7	41.5	43.0	44.2	45.4
2. Instrumentos de medición y prueba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.6	3.6	4.0	4.2
3. Instrumentos para control de procesos	33.6	32.5	29.6	27.6	28.1	28.9	28.8	28.7	28.7	28.6
4. Computadoras y calculadoras	6.3	5.2	4.2	6.5	8.5	9.2	10.2	10.9	11.2	11.5
5. Equipo biomédico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5
Subtotal productos terminados	20.6	24.5	23.7	26.2	26.8	28.0	29.2	30.2	31.0	31.8
6. Componentes electrónicos y partes	84.6	85.1	87.3	88.5	89.3	90.1	90.6	90.8	91.1	91.2

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadros 43 y 44.

cambiar su producción a la de equipo electrónico, y en particular a la de equipo más complejo, para el cual la demanda crece muy rápidamente.

De esos cuadros se derivan ciertas conclusiones útiles para promover el desarrollo de la industria electrónica profesional. Este desarrollo puede basarse en la expansión de la producción de las industrias existentes, o en la puesta en marcha de nuevas plantas.

Puede ser menos problemática la expansión de las industrias existentes por medio de la diversificación de productos. Por ejemplo, sería más fácil agregar un nuevo producto, similar a los que ya se fabrican, en las líneas de producción existentes, ya que se cuenta con la tecnología, la experiencia en la producción y en muchos casos con capacidad

ociosa que se puede aprovechar. Sin embargo, como la mayoría de las compañías existentes son propiedad de compañías extranjeras, o están controladas por éstas en sus programas de producción y en sus políticas comerciales, es más difícil que acepten propuestas para expandir su producción.

La otra posibilidad sería la de establecer nuevas fábricas, pero en ésta se encontrarían problemas referentes a tecnología, producción, falta de experiencia y escasez de administración capacitada.

El cuadro 49 indica que la planeación en los subsectores 1, 3 y 6 se deberá basar en la expansión de las industrias existentes, en tanto que en los otros subsectores se tiene como única posibilidad la formación de nuevas empresas. Esto, por supuesto, sólo se aplica a las compañías independientes

Cuadro 50

MEXICO: PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL EN EL MERCADO DE EQUIPO ELECTRONICO PROFESIONAL (PRODUCTOS TERMINADOS), 1973-1982

(Relación porcentual entre la producción y las importaciones)

Subsector	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>1</sup>	1979	1980	1981	1982
TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL	0.30	0.37	0.36	0.40	0.42	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52
1. Equipo de telecomunicación	0.43	0.57	0.54	0.69	0.67	0.72	0.77	0.82	0.86	0.90
2. Instrumentos de medición y prueba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.04	0.04
3. Instrumentos para control de procesos	0.52	0.49	0.43	0.39	0.40	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41
4. Computadoras y calculadoras	0.12	0.12	0.15	0.17	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27
5. Equipo biomédico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA ONUDI, cuadro 43.

que compiten con los proveedores existentes, y no a las compañías que tienen subcontratos con alguna de las grandes firmas de computación.

En el cuadro 51 se aprecia el impacto que han tenido las importaciones en la balanza de pagos; ahí se muestran las importaciones de equipos de bienes de capital y específicamente de equipo electrónico profesional, expresadas como porcentaje del total,

hasta 1977. Los bienes de capital representan aproximadamente 40% del total de importaciones, en tanto el equipo electrónico profesional únicamente representa alrededor de 4%. El total de las importaciones de equipo electrónico en la balanza de pagos, en términos monetarios, es bastante bajo. Sin embargo, el impacto económico es grande en vista de la importancia tecnológica de la electrónica en todas las ramas de la industria.

Cuadro 51

MEXICO: IMPORTACIONES DE BIENES DE CAPITAL, 1970-1977

(Millones de dólares)

Año	Total de importaciones de mercancías	Importaciones de bienes de capital			Importaciones de equipo electrónico profesional <sup>1</sup>			
		Valor	% cambio anual	% del total	Valor	% cambio anual	% del total	% de bienes de capital
1970	2 326.8	1 083.0	—	46.5	—	—	—	—
1971	2 254.0	1 015.1	— 6.3	45.0	—	—	—	—
1972	2 717.9	1 191.5	17.4	43.8	—	—	—	—
1973	3 813.4	1 548.6	30.0	40.6	187.6	—	4.9	12.1
1974	6 056.7	1 726.5	11.5	28.5	199.9	6.6	3.3	11.6
1975	6 580.2	2 390.8	38.5	36.3	225.7	12.9	3.4	9.4
1976	6 029.6	2 509.9	5.0	41.6	246.4	9.2	4.1	9.8
1977	5 487.5	1 977.4	—21.2	36.0	261.3	6.0	4.8	13.2

<sup>1</sup> Incluye componentes y partes.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 44 y datos del Banco de México, S. A., informes anuales.

Por otra parte, en el periodo de 1973 a 1977 para el cual los datos son confiables, aproximadamente 11.0% del total de las importaciones de equipo de bienes de capital está formado por equipo electrónico. Los cambios anuales fluctúan mucho para las importaciones totales de bienes de capital (su promedio de incremento anual es de 12.8%), pero las importaciones de equipo electrónico presentaron una variación menor (con incremento medio de 8.7%), debido a que la industria local ha crecido más rápidamente que las importaciones y el consumo (véase también el cuadro 45).

Resultan más ilustrativos los datos del mercado de equipo electrónico de bienes de capital, cuando se relacionan con los del crecimiento de la economía mexicana en conjunto. En el cuadro 52 se compara el crecimiento de la industria nacional de equipo electrónico profesional (representado por las cifras de producción) y el crecimiento del consumo (que refleja la expansión de las industrias usuarias) con el crecimiento del producto interno bruto.

Cuadro 52

MEXICO: COMPARACION DEL CRECIMIENTO DE LAS INDUSTRIAS PRODUCTORAS Y USUARIAS DE EQUIPO ELECTRONICO CON EL PRODUCTO INTERNO BRUTO, 1973-1982

(Por ciento)

Concepto	1974	1975	1976	1977	1973-1977	1973-1982 <sup>1</sup>
Crecimiento anual del PIB (en pesos corrientes)	31.3	21.4	24.2	36.5	28.4	—
Crecimiento de la producción de equipo electrónico <sup>2</sup>	31.1	13.9	26.0	11.6	20.1	18.8
Crecimiento de las industrias usuarias <sup>2</sup>	11.3	15.9	15.1	8.3	12.6	13.4

<sup>1</sup> A partir de 1978 las cifras son proyectadas.

<sup>2</sup> Productos terminados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA ONUDI, cuadro 43 y datos del Banco de México, S. A., informes anuales.

El firme incremento de las importaciones que muestran los datos del mercado, se compara en seguida con el incremento del producto interno bruto (PIB) para apreciar su verdadero significado (cuadro 53).

Cuadro 53

MEXICO: RELACION ENTRE LAS IMPORTACIONES DE BIENES DE CAPITAL Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO, 1970-1977

Año	PIB (miles de millones de dólares)	Importaciones de bienes de capital		Importaciones de equipo electrónico profesional <sup>1</sup>	
		Millones de dólares	% del PIB	Millones de dólares	% del PIB
1970	33.50	1 083	3.2	—	—
1971	36.19	1 015	2.8	—	—
1972	40.98	1 192	2.9	—	—
1973	49.57	1 549	3.1	158.9	0.3
1974	65.10	1 727	2.7	168.2	0.3
1975	79.06	2 391	3.0	197.1	0.2
1976	79.48	2 510	3.2	219.4	0.3
1977 <sup>2</sup>	74.49	1 977	2.6	235.8	0.3

<sup>1</sup> Productos terminados.

<sup>2</sup> Cifras preliminares.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 43 y datos del Banco de México, S. A., informes anuales.

El pronóstico del mercado de productos del sector de electrónica profesional que se ha presentado abarca los siguientes cinco años con base en información directa. Sin embargo, se requiere extender el pronóstico para cubrir un periodo de 10 años, esto es hasta 1986; para esta extensión se usó un factor fijo de crecimiento para cada categoría y subsector, única estimación posible en este momento. Estos factores de crecimiento se indican en el cuadro 54.

Con base en las tasas de crecimiento anotadas en este cuadro, se puede calcular el consumo para cada subsector y para el sector total.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que en un mercado tan cambiante como el de la electrónica

Cuadro 54

MEXICO: FACTORES ESTIMADOS DE CRECIMIENTO DEL SECTOR ELECTRONICO PROFESIONAL, 1983-1986

(Porcentaje)

Subsector	Crecimiento anual estimado para 1983-1986		
	Producción	Importaciones	Exportaciones
1. Equipo de telecomunicación	18.0	10.4	14.0
2. Instrumentos de medición y prueba	12.2	9.4	1
3. Instrumentos para control de procesos	14.0	14.0	5.0
4. Computadoras y calculadoras	12.0	14.0	12.0
5. Equipo biomédico	1	11.0	1
6. Componentes y partes	6.0	3.0	10.0

<sup>1</sup> No se usó un factor fijo para estas categorías, en virtud de su bajo volumen.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

profesional un pronóstico a largo plazo se debe tomar con cautela. Un pronóstico de este tipo es muy sensible a pequeñas variaciones de la economía nacional o a cambios en el ámbito internacional.

La proyección de los datos del mercado se presenta en los cuadros 55 y 56. Aunque para las importaciones se predice un crecimiento considerable en términos de valor, su participación decrece en relación al mercado total (consumo) de los productos electrónicos profesionales terminados, como se muestra en el cuadro 59. Las importaciones representaron 79.3% del consumo en 1973, 73.2% en 1977 y se espera que ese porcentaje decrezca hasta 64.3% en 1986.

Las cifras acumulativas del mercado para el periodo 1977-1986 se muestran en los cuadros 57 y 58. El consumo total de equipo electrónico profesional durante este periodo se espera sea de 6 208 millones de dólares, de los cuales 4 199 millones, 68%, tendrán que ser importados.

Cuadro 55

## MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. PROYECCION DEL MERCADO DE PRODUCTOS TERMINADOS, 1977-1986

(Millones de dólares)

Concepto	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>TOTAL PRODUCTOS TERMINADOS</b>										
Producción	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57	258.42	301.51	351.79	410.80
Importaciones	235.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88	474.80	531.91	596.12	668.26
Exportaciones	12.50	14.60	16.86	19.15	21.57	24.38	27.72	31.48	35.54	40.27
Consumo	321.93	367.44	418.51	476.88	543.71	621.07	705.50	801.94	912.37	1 038.79
<b>1. Equipo de telecomunicación</b>										
Producción	68.69	81.58	96.88	114.32	133.86	157.20	185.50	218.90	258.30	304.80
Importaciones	102.24	113.02	125.01	139.08	155.94	174.80	193.00	213.00	235.20	259.70
Exportaciones	6.20	7.07	0.08	9.20	10.50	12.00	13.70	15.69	17.80	20.30
Consumo	164.73	187.53	213.81	244.20	279.30	320.00	364.80	416.21	475.70	544.20
<b>2. Instrumentos de medición y prueba</b>										
Producción	—	0.10	0.20	0.50	0.60	0.70	0.78	0.88	0.90	1.10
Importaciones	10.10	11.04	12.07	13.20	14.43	15.78	17.26	18.90	20.66	22.60
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	0.10	0.15	0.20	0.30
Consumo	10.10	11.14	12.27	13.70	15.03	16.48	17.94	19.63	21.36	23.40
<b>3. Instrumentos para control de procesos</b>										
Producción	19.90	23.70	27.08	30.90	35.40	40.40	46.06	52.50	59.85	68.3
Importaciones	49.60	57.00	65.57	75.40	86.60	99.60	113.54	129.44	147.56	168.22
Exportaciones	0.50	0.50	0.55	0.60	0.60	0.60	0.63	0.66	0.69	0.73
Consumo	69.00	80.20	92.10	105.70	121.40	139.40	158.97	181.28	206.72	235.72
<b>4. Computadoras y calculadoras</b>										
Producción	10.05	12.32	14.92	17.52	20.05	23.02	25.78	28.88	32.34	36.22
Importaciones	45.65	51.98	58.89	66.54	75.60	86.45	98.55	112.35	128.08	146.01
Exportaciones	5.80	7.03	8.23	9.35	10.47	11.78	13.19	14.78	16.55	18.54
Consumo	49.90	57.27	65.58	74.71	85.18	97.69	111.14	126.45	143.87	163.69
<b>5. Equipo biomédico</b>										
Producción	—	—	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
Importaciones	28.20	31.30	34.65	38.42	42.60	47.25	52.45	58.22	64.62	71.73
Exportaciones	—	—	—	—	—	—	0.10	0.20	0.30	0.40
Consumo	28.20	31.30	34.75	38.57	42.80	47.50	52.65	58.37	64.72	71.78

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadros 43 y 54.

Cuadro 56

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. PROYECCION DEL MERCADO INCLUYENDO COMPONENTES Y PARTES, 1977-1986

(Millones de dólares)

Concepto	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL</b>										
Producción	325.64	359.00	396.28	438.29	480.91	529.17	584.48	647.11	718.15	799.14
Importaciones	261.32	288.68	320.69	358.14	401.17	450.88	502.60	560.55	625.62	698.65
Exportaciones	26.98	33.30	37.96	42.85	47.57	52.88	59.07	65.98	73.44	82.00
Consumo	559.98	614.38	679.01	753.58	834.51	927.17	1 028.01	1 141.68	1 270.33	1 415.79
<i>I. Productos terminados</i>										
Producción	98.64	117.70	139.18	163.39	190.11	221.57	258.42	301.51	351.79	410.80
Importaciones	275.79	264.34	296.19	332.64	375.17	423.88	474.80	531.91	596.12	668.26
Exportaciones	12.50	14.60	16.86	19.11	21.57	24.38	27.72	31.48	35.54	40.27
Consumo	321.93	367.44	418.51	475.18	543.71	621.07	705.50	801.94	912.37	1 038.79
<i>II. Componentes electrónicos y partes</i>										
Producción	227.00	241.30	257.10	274.90	290.80	307.60	326.06	345.60	366.36	388.34
Importaciones	25.53	24.34	24.50	25.50	26.00	27.00	27.80	28.64	29.50	30.39
Exportaciones	14.48	18.70	21.10	23.70	26.00	28.50	31.35	34.50	37.90	41.73
Consumo	238.05	246.94	260.50	276.70	290.80	306.10	322.51	339.74	357.96	377.00

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadros 44 y 54.

Cuadro 57

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. DATOS ACUMULADOS DE LA PROYECCION DEL MERCADO DE PRODUCTOS TERMINADOS, 1977-1986

Concepto	Total (millones de dólares)	Tasa de crecimiento anual (%)	Concepto	Total (millones de dólares)	Tasa de crecimiento anual (%)
<b>TOTAL PRODUCTOS TERMINADOS</b>			<b>3. Instrumentos para control de procesos</b>		
Producción	2 253.2	17.2	Producción	404.1	14.7
Importaciones	4 199.0	12.3	Importaciones	992.5	14.5
Exportaciones	244.0	13.9	Exportaciones	6.1	4.3
Consumo	6 208.2	13.9	Consumo	1 390.5	14.6
<i>1. Equipo de telecomunicación</i>			<i>4. Computadoras y calculadoras</i>		
Producción	1 620.0	18.0	Producción	221.1	15.3
Importaciones	1 711.0	10.9	Importaciones	870.1	13.8
Exportaciones	120.5	14.1	Exportaciones	115.7	13.8
Consumo	3 210.5	14.2	Consumo	975.5	14.1
<i>2. Instrumentos de medición y prueba</i>			<i>5. Equipo biomédico</i>		
Producción	5.8	35.0	Producción	2.2	24.0
Importaciones	156.0	9.4	Importaciones	469.4	11.0
Exportaciones	0.7	—	Exportaciones	1.0	—
Consumo	161.1	9.8	Consumo	470.6	10.9

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 55.

Cuadro 58

MEXICO: ELECTRONICA PROFESIONAL. DATOS  
ACUMULADOS DE LA PROYECCION DEL  
MERCADO INCLUYENDO COMPONENTES  
Y PARTES. 1977-1986

Concepto	Total (millones de dólares)	Tasa de crecimiento anual (%)
<b>TOTAL SECTOR ELECTRONICA PROFESIONAL</b>		
Producción	5 278.3	10.5
Importaciones	4 468.2	11.5
Exportaciones	522.0	13.1
Consumo	9 224.5	10.9
<i>I. Productos terminados</i>		
Producción	2 253.2	17.2
Importaciones	4 199.0	12.3
Exportaciones	244.0	13.9
Consumo	6 208.2	13.9
<i>II. Componentes electrónicos y partes</i>		
Producción	3 025.1	6.1
Importaciones	269.2	2.0
Exportaciones	278.0	12.5
Consumo	3 016.3	5.2

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadro 56.

Cuadro 59

MEXICO: IMPORTACIONES DE EQUIPO  
ELECTRONICO PROFESIONAL, 1973-1986  
(Millones de dólares)

Año	Todos los sectores		Productos terminados	
	Valor total	% del consumo	Valor total	% del consumo
1973	187.64	48.5	158.88	79.3
1974	199.87	45.9	168.24	75.5
1975	225.70	46.7	197.13	76.3
1976	246.40	46.4	219.42	73.8
1977	261.32	46.7	235.79	73.2
1978 <sup>1</sup>	288.68	47.0	264.34	71.9
1979	320.69	47.2	296.19	70.8
1980	358.14	47.5	332.64	69.8
1981	401.17	48.1	375.17	69.0
1982	450.88	48.6	423.88	68.2
1983	502.60	48.9	474.80	67.3
1984	560.55	49.1	531.91	66.3
1985	625.62	49.2	596.12	65.3
1986	698.65	49.3	668.26	64.3

<sup>1</sup> A partir de este año las cifras son proyectadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, cuadros 43, 44, 55 y 56.

## V. SITUACION DE LA PRODUCCION

### A. ESTRUCTURA INDUSTRIAL

La industria electrónica local se inició produciendo en México equipo de esparcimiento por importantes empresas de Estados Unidos, Alemania, Holanda, Suecia y Japón. Aún hoy en día, la industria de radio y televisión representa el mayor subsector de esta rama. En 1976, la producción total de aparatos electrónicos tuvo un valor de 14 350 millones de pesos, correspondiendo a la producción de equipo electrónico profesional 1 366 millones de pesos.

La Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas (CANIECE) enlista un total de 397 empresas con 72 000 empleados en la producción, servicio y distribución de productos electrónicos catalogados de la siguiente manera:

Total	397
Electrónica de consumo	141
Telecomunicaciones	22
Electrónica industrial y científica	53
Componentes electrónicos y partes	137
Instalación, mantenimiento y servicio a equipo de telecomunicaciones	44

Como ya se ha señalado, la industria electrónica profesional mexicana es principalmente una industria ensambladora. La mayoría de las principales compañías son parcial o totalmente propiedad de empresas extranjeras, de las cuales dependen para la tecnología y el diseño del producto. Las compañías netamente mexicanas, generalmente tienen convenios tecnológicos o fabrican productos bajo licencia de firmas extranjeras y sólo unas cuantas, principalmente pequeñas compañías, son completamente independientes.

La legislación mexicana exige que las nuevas empresas extranjeras que deseen establecerse en el país, tengan 51% de participación nacional. Algunas compañías extranjeras sienten que solamente pueden producir eficientemente y mantener la reputación de sus productos si conservan el 100% del control de la administración, diseño de la planta, programa de producción y políticas de mercadotecnia. Otras compañías piensan que con 49% de participación, su contenido de tecnología les permite controlar las operaciones. Se sigue permitiendo la operación de empresas 100% extranjeras que se fundaron antes de que la ley sobre inversiones extranjeras tuviese efecto. Por otra parte, todas las compañías deben de tener un grado mínimo de integración local en su producción, de acuerdo con la importancia que tiene el producto para la economía mexicana, su nivel tecnológico y disponibilidad de recursos, como son mano de obra, partes, componentes, electricidad, etc., y materias primas para su producción.

La dependencia de la industria local respecto de la tecnología extranjera, hace que no exista diseño ni desarrollo de productos nacionales. Debido a que las firmas electrónicas mexicanas son subsidiarias de compañías extranjeras, su producción y sus políticas de comercialización son, en buena parte, determinadas por sus casas matrices y no hay incentivos para desarrollar un producto localmente.

La industria está más bien concentrando sus esfuerzos en la adaptación de tecnología extranjera a las condiciones mexicanas y especialmente a un mercado de pequeño volumen, y actualmente no hay indicios de que esta situación vaya a cambiar. Durante el curso de esta investigación, las entrevistas que se tuvieron con los industriales indicaron una preferencia por continuar la manufactura o ensamble de productos diseñados en el extranjero en vez de producir y comercializar productos desarrollados por ellos mismos o por otros grupos mexicanos (universidades o institutos). Se identificaron las siguientes razones de esta actitud:

Poca familiaridad con el diseño y desarrollo de productos.

Renuencia a aceptar el riesgo comercial que involucra el lanzar un nuevo producto.

Limitaciones financieras y métodos de comercialización ya establecidos, por lo cual se prefiere la planeación a corto plazo y no a largo plazo.

Desconocimiento de modernos procedimientos para comercializar y exportar (casi todas las exportaciones actuales se manejan a través de los canales de distribución de las compañías matrices).

Dificultades en la predicción actual de los costos.

La organización y el manejo de las fábricas mexicanas de equipo electrónico profesional y consecuentemente la calidad y la confiabilidad de los productos electrónicos hechos en México están en un rango que va de muy pobre a excelente (comparándolos con los estándares internacionales), depen-

diendo del tipo de planta, actitud de la gerencia, etc. Se debe admitir que la mayor eficiencia y calidad del producto se encuentra en empresas subsidiarias de compañías extranjeras, que están organizadas y administradas conforme a los patrones de la casa matriz en el exterior.

La industria electrónica mexicana se enfrenta a una cantidad de problemas que empresas similares en otros países no tienen: altos costos, calidad insuficiente y entregas erráticas de materias primas y partes, no disponibilidad de componentes electrónicos, restricciones y largo tiempo de espera para las importaciones requeridas, etc. Algunos de estos problemas se discuten en las siguientes secciones. También hay dificultad para localizar fuentes de abastecimiento, servicios industriales o subcontratadores locales, ya que no hay una lista industrial completa o directorio (parecido al *Thomas Register of American Manufacturers*, de Estados Unidos) o un "Quién hace qué", disponible en México. Sería de gran ayuda para la industria si las cámaras industriales pudiesen cooperar para preparar un directorio de este tipo.

## B. CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Los productos que se ensamblan en México principalmente con partes importadas, tales como equipo para telecomunicación, instrumentos para control de procesos, computadoras y calculadoras y elementos semiconductores, deben satisfacer estándares internacionales de calidad; otros productos donde se usan forzosamente elementos y partes hechos localmente no alcanzan este nivel. El problema de la calidad de los elementos electrónicos hechos en México, ya ha sido mencionado en el capítulo IV, sección G y se considera como uno de los principales obstáculos para el desarrollo de la industria electrónica profesional.

El Gobierno mexicano reconoce desde hace tiempo la necesidad de mejorar la calidad de los productos hechos en México y ha establecido organizaciones que están trabajando para conseguir un control de calidad mejor en los productos nacionales y poder ayudar a los exportadores a cumplir con los estándares vigentes en países extranjeros. Además de esto, hay asociaciones de control de calidad como las siguientes, que están trabajando activamente en México:

La Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio dispone de 42 comités de estandarización y ha generado alrededor de 3 000 documentos que especifican las características, valores y estándares concernientes a diferentes productos. Su biblioteca tiene más de medio millón de estándares y reglas de otros países y ofrece asistencia técnica al sector manufacturero. La DGN ha establecido un sello oficial de garantía para indicar que el producto que lo lleva cumple los estándares de calidad mínimos. Este sello de garantía lo exige el Gobierno cuando hace compras a productores locales.

La Comisión Nacional de Calidad para Productos de Exportación (CONACALPE) fue creada en

1973 para supervisar los estándares mínimos de control de calidad para los productos mencionados.

El Instituto Mexicano de Control de Calidad (IMECCA) es una asociación industrial con aproximadamente 110 industrias asociadas y 400 miembros individuales. Publica una revista denominada *Sistemas de Calidad*, que tiene aproximadamente 2 300 suscriptores. Esta es la única revista editada específicamente acerca del control de calidad en México.

El Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE) es un organismo oficial que ayuda a los fabricantes nacionales brindándoles asesoría técnica con propósitos de exportación. Utiliza las especificaciones y prácticas extranjeras en materia de control de calidad y regularmente ofrece cursos y seminarios para proporcionar información sobre estándares de control para exportar de acuerdo al país importador.

La Federación Latinoamericana de Organizaciones de Control de Calidad (FLOCC) ha sido creada por IMECCA junto con la Asociación para el Comercio de Perú, para fomentar políticas, acuerdos y reglas sobre control de calidad entre los países latinoamericanos.

La Sociedad Americana para la Prueba de Materiales (ASTM), Sección México es una rama de la asociación americana con una membresía mexicana de 170 profesionales y usuarios industriales de equipo de prueba.

La Asociación Mexicana de Estadística y Control de Calidad (AMECC), Sección México de la *American Society for Quality Control*, tiene aproximadamente 150 miembros. Esta asociación sostiene reuniones periódicas con los gerentes industriales de control de calidad y publica un boletín mensual

para sus miembros, organizando frecuentemente seminarios, cursos y conferencias técnicas.

De lo anterior se desprende que la estructura básica para lograr buena calidad en la producción ya existe en México. Sin embargo, estas organizaciones juegan un papel pasivo ya que no se puede obligar a los productores a hacer uso de la asistencia y de los servicios que ofrecen. Será necesario un amplio programa de educación que haga al personal de las empresas en todos los niveles, más consciente de la necesidad de elevar la calidad, además de otro que ofrezca estímulos al trabajo eficiente.

Algunas compañías han introducido un sistema de honor basado tanto en la calidad como en la cantidad de trabajo producido con buenos resultados, pero estas son todavía pocas. Se sugiere que las

organizaciones en referencia tomaran un papel más activo en ofrecer seminarios sobre diversos tópicos relacionados con la calidad, puntualidad y habilidad del operario directamente en las plantas productoras. Adicionalmente se tendría la posibilidad de establecer un laboratorio de pruebas independiente, el cual efectuaría pruebas periódicas de varios productos de acuerdo a estándares internacionales o en comparación con productos extranjeros similares. Si se descubriesen faltas serias, estas se podrían discutir confidencialmente con el fabricante y se les proporcionaría asistencia para corregirlas. Si la pérdida o irregularidad de la calidad de los productos se debe a la materia prima o a los componentes, es necesario encontrar una forma para que estos tengan la calidad requerida. Finalmente, se podrían dar subvenciones financieras a los fabricantes de equipo de control de calidad.

### C. PRECIOS Y PRODUCTIVIDAD

Los productos electrónicos que se hacen en el país invariablemente tienen precios más altos que los importados. Parte de ello se debe al costo más alto de las materias primas y de las partes y componentes electrónicos hechos localmente, y parte, a la baja productividad de esta industria que resulta en un costo de producción más alto. Sin embargo, existe una gran variación en la industria que va desde empresas muy bien organizadas y administradas, a plantas en las que el diseño general y el flujo de trabajo indican baja eficiencia.

Se puede demostrar que el obrero mexicano es tan eficiente como el de Estados Unidos o el de Europa. Para ello, se comparó la operación de una planta subsidiaria alemana establecida en México con la de su casa matriz. Ambas poseen idéntica maquinaria de producción, diseño y organización. El producto nacional tiene un alto contenido técnico y casi todas sus partes se hacen localmente con personal mexicano entrenado localmente. Sin embargo, algunas de sus materias primas son

importadas. La integración local es de 65%. Los resultados de la comparación se observan en el cuadro 60.

El incremento en el tiempo de producción de partes en México no se debe a una productividad más baja del trabajador mexicano, sino más bien a una menor productividad de la maquinaria. Por ejemplo, las herramientas de corte no se pueden importar porque se fabrican en México. Sin embargo, las herramientas locales son dos veces más caras y sólo duran 30% de la vida de las importadas. Consecuentemente hay más tiempo perdido y menos productividad por máquina.

Generalizando, se puede afirmar que las principales razones del alto costo de producción en México son las siguientes:

Problemas de administración en todos los niveles.

Planeación ineficiente de la planta y del flujo de trabajo.

Baja utilización de la maquinaria.

Costo más alto de las materias primas y partes.

Entrega errática de partes y componentes así como una planeación insuficiente.

Necesidad de mantener grandes inventarios de partes, materias primas y componentes (para compensar la falla señalada en el punto anterior, lo cual inmoviliza una parte importante del capital).

Baja utilización de la mano de obra.

Sobre proteccionismo que genera posiciones monopolísticas de los proveedores, lo cual hace imposible obtener una segunda fuente de abastecimiento.

Cuadro 60

#### COMPARACION ENTRE UNA PLANTA EN MEXICO Y UNA EUROPEA DE UNA MISMA COMPAÑIA

(Por ciento)

Concepto	Producción de	
	partes	Ensamble
Tiempo normal de producción establecido por la compañía	100	100
Tiempo de producción necesario en la planta europea	80	100
Tiempo de producción en México	125	100

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, investigación directa.

## D. RECURSOS HUMANOS

La industria electrónica es intensiva en tecnología; y la tecnología es conocimiento asociado a la gente que puede aplicarla, utilizarla y mejorarla. Para este aspecto de la tecnología que no aparece en documentos es indispensable un entrenamiento técnico apropiado para el personal. En la industria electrónica de países que generan tecnología y desarrollan sus propios productos, el personal técnico (ingenieros en varios niveles) representa 6% de la fuerza de trabajo total.

De acuerdo a la información que proporcionó la Cámara Nacional de la Industria Electrónica (CANIECE), la fuerza de trabajo ocupada en esta industria es de 72 000 personas, pero no existen cifras sobre el número de ingenieros electrónicos que trabajan en la misma. Usando un coeficiente estándar, deberían ser de sólo 4 320; sin embargo, se calcula que la cifra real se acerca a los 5 000, además de los 14 000 que laboran en la industria de componentes electrónicos.

Asumiendo una permanencia media de 20 años para un ingeniero electrónico, y suponiendo adicionalmente una tasa conservadora de 6% de crecimiento anual de la industria, el requerimiento anual para todos los sectores de ésta sería de 475 ingenieros. Esto da una estimación gruesa del número de estudiantes que se deberían de graduar en las varias escuelas de ingeniería electrónica cada año. Sin embargo, debido a que ésta, es en gran parte una industria ensambladora, se estima que el número de ingenieros no debería pasar de 3% de la fuerza de trabajo total, por lo que la cifra antes mencionada tendría que bajar a la mitad.

Un estudio hecho recientemente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en cooperación con el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, reveló que de 1971 a 1976, se graduaron un total de 4 732 estudiantes de las 29 escuelas de ingeniería electrónica que existen en México. El promedio para ese periodo fue de 788 graduados por año, pero el número sigue creciendo. Tan sólo en 1976 se graduaron 1 188. También se reportó que muchos de los graduados no encuentran empleo en su especialidad. Entrevistas con ingenieros en varios institutos han demostrado que la mayoría de los estudiantes tienen poca probabilidad de obtener un empleo adecuado en la industria y sólo logran colocarse como agentes de ventas de productos electrónicos, situación que se repite aún con los graduados; también es frecuente que los egresados se desempeñen en actividades completamente ajenas a su especialidad.

Es posible que por estas razones no haya en la actualidad escasez de ingenieros electrónicos en México; en cambio parece existir una carencia muy grande de ingenieros con adecuada experiencia en la industria. Para aliviar esta situación se sugiere proporcionar becas para el entrenamiento industrial de graduados en ingeniería electrónica. El CONACYT proporciona anualmente un número de becas para

estudios de posgrado (maestrías, doctorados) en instituciones académicas de México y del extranjero, pero hasta donde se sabe, se han dado muy pocas becas para entrenamiento industrial. Es conveniente mencionar que ONUDI ha apoyado con asistencia técnica a varios países que no tienen una industria electrónica fuerte, a establecer un programa bajo el cual los ingenieros electrónicos pueden entrenarse en el departamento de desarrollo o de producción de grandes compañías electrónicas internacionales.

En el plan de ONUDI, los ingenieros trabajan para dichas compañías sin recibir sueldo por un periodo de seis a 12 meses, y al terminar poseen una experiencia que no se puede adquirir en instituciones académicas. Sus conocimientos incluyen la organización para desarrollar el trabajo, la apreciación de la importancia del mismo, el desarrollo del potencial para evaluar y elaborar productos orientados a la investigación y desarrollo y la aplicación del conocimiento académico en un ambiente comercial. La pasada experiencia con estos programas de becas industriales ha sido muy alentadora.

Los ejecutivos de la industria electrónica mexicana también reportan que hay escasez de obreros semiespecializados, artesanos, operadores de maquinaria, técnicos y gerentes entrenados adecuadamente.

Existen en México instituciones para el adiestramiento de personal de producción y técnicos, tales como el Instituto Politécnico Nacional y el Instituto Tecnológico de Monterrey. Para ingresar a una vocacional técnica se requiere certificado de secundaria o equivalente y los cursos se concentran en técnicas de prueba y procesos básicos para la fabricación de componentes electrónicos pasivos. No se pudo obtener información acerca del número anual de graduados pero aparentemente es más bajo que la demanda actual, lo cual indica que existe la necesidad de expandir la educación técnica a nivel medio en México.

La escasez de personal especializado en las fábricas es también evidente en otras ramas de la industria, y ya se han dado algunos pasos para aliviar este problema. En abril de 1975, el Gobierno Federal estableció un instituto para la capacitación en la industria azucarera, con énfasis en el entrenamiento en planta; y en febrero de 1976, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social estableció una oficina para la capacitación profesional en general. Sin embargo, no se sabe si estos esfuerzos también incluirán la industria electrónica.

Una reforma a la ley educativa promulgada en 1973 da a la educación intermedia una orientación más vocacional con mayor énfasis en la preparación para el trabajo inmediato basada en el adiestramiento tecnológico, que a largo plazo deberá beneficiar a la industria mexicana en conjunto.

## E. INVESTIGACION Y DESARROLLO ELECTRONICO EN MEXICO

Prácticamente no existe en México investigación ni desarrollo de productos industriales y la ingeniería industrial se limita a adaptar diseños extranjeros a la producción mexicana.

No obstante, se efectúa investigación y desarrollo electrónico en las escuelas técnicas y en las universidades, pero sólo con propósitos educativos, así como para desarrollar y construir los instrumentos y equipo electrónico que se necesitan internamente en estas instituciones. También se han construido algunos prototipos en cantidades limitadas para laboratorios de estudio y aplicaciones a la enseñanza.

Al presente, no hay enlace entre la industria y las instituciones académicas en donde se efectúa desarrollo electrónico y tampoco hay un programa coordinado de investigaciones que puedan servir a las necesidades que tiene la industria. Igual que en otros países, existe el viejo conflicto entre la industria y las instituciones académicas; la industria se queja de que el principal propósito de la investigación académica es la publicación de trabajos en revistas profesionales y no el desarrollo de diseños prácticos. Las visitas a dos de las más importantes instituciones de investigación (el Centro de Instrumentos de la UNAM y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica) demostraron que los instrumentos electrónicos y equipo desarrollado por los estudiantes como parte de sus tesis de maestría, no fueron hechos pensando en la producción, ya que los estudiantes carecen de la habilidad y previsión del ingeniero en diseño industrial; sin embargo, los proyectos muestran gran ingenio, y no hay razones que impidan convertir estos modelos en productos comerciales. Un fabricante que deseara producir alguno de estos equipos sin recurrir a un acuerdo de tecnología con una firma extranjera se beneficiaría usando uno de los prototipos como punto de partida.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ayuda a financiar la investigación y desarrollo en las instituciones públicas.

En 1970, el gasto en investigación ascendió a solamente 0.13% del producto interno bruto. En ese año se adoptó un plan para aumentar este porcentaje a 0.4% en 1976. Recientemente, el CONACYT condujo una investigación acerca de los programas de investigación y desarrollo electrónico que se han realizado en México y planea coordinar estos esfuerzos en el futuro, de manera que se eviten duplicidades. El CONACYT es la institución apropiada para guiar los programas de desarrollo, de manera que los productos resultantes se puedan usar comercialmente sin reducir el valor educacional de la investigación. Con información obtenida de los industriales y de los estudios de mercado acerca de nuevos productos que deberían fabricarse en México, el CONACYT podría subcontratar programas de desarrollo de productos específicos con insti-

tuciones de gran experiencia. Tales programas deberían conducirse en la misma forma que los programas de las grandes industrias, sobre la base de una especificación general del producto; la institución seleccionada entregaría un anteproyecto con especificación del tiempo y estimaciones del material para ser aprobado por el CANACYT; y tal vez con la participación del fabricante. Revisiones periódicas del diseño y un sistema de pago progresivo proporcionarían en control necesario. El Anexo I da un ejemplo de tal tipo de programa para el desarrollo de un producto.

El estudio del CONACYT encuentra un serio obstáculo para la investigación y desarrollo de la electrónica en las dificultades que se tienen para importar las partes y elementos electrónicos necesarios. Generalmente, los permisos de importación que solicitan las instituciones educacionales se otorgan, pero los trámites originan grandes demoras que aumentan el costo del proyecto. Además, la falta de comunicación entre los institutos de investigación y la industria y la falta de experiencia industrial de los investigadores hacen que los esfuerzos se concentren más en la investigación básica que en la investigación aplicada u orientada hacia el producto.

Los principales centros de investigación y desarrollo en electrónica, en México, son los siguientes:

### *Universidad Nacional Autónoma de México*

Centro de Instrumentos

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas

Instituto de Ingeniería, Unidad de Instrumentación y Coordinación de Automatización

### *Instituto Politécnico Nacional*

Escuela Superior de Física y Matemáticas

Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CIEA)

Departamento de Física del CIEA

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Centro de Investigaciones

### *Universidad Autónoma Metropolitana*

Unidad Ixtapalapa

### *Universidad Iberoamericana*

### *Universidad Anáhuac*

### *Universidad La Salle*

### *Instituto Nacional de Energía Nuclear*

<sup>1</sup> Análisis de la electrónica en centros de investigación y enseñanza superior de México, trabajo inédito.

*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica*

*Instituto de Investigaciones Eléctricas*

La mayoría de los proyectos de desarrollo conducidos por las instituciones anteriores han sido en las áreas de las ciencias de la computación y sus aplicaciones, telecomunicaciones, e instrumentos para control de procesos y de medición. El número de proyectos de investigación efectuados es de 89 y se han desarrollado 75 prototipos. El informe del CONACYT proporciona una lista detallada de todos los proyectos, una copia de la cual se incluye en el Anexo 2. En seguida se da el número de proyectos por categorías individuales:

<i>Proyectos desarrollados</i>	<u>89</u>
Comunicaciones y equipo asociado	6
Instrumentos de medición y prueba	23
Computadoras y calculadoras	32
Instrumentos para control de procesos	16
Electrónica biomédica	1

Componentes electrónicos	3
Otros	8
<i>Prototipos</i>	<u>75</u>
Equipo de comunicación	17
Instrumentos de medición y prueba	29
Computadoras y calculadoras	12
Instrumentos para control de procesos	12
Electrónica biomédica	3
En preparación	2

Los centros de investigación cuentan con una sólida infraestructura en equipo y recursos humanos. Sin embargo, tienen problemas de financiamiento y sus áreas de investigación no se apegan a los requisitos que exige el desarrollo industrial de México. En general, existen posibilidades de cooperación entre estos centros y la industria para generar la tecnología que ésta requiere y aliviar, de paso, los problemas financieros de las instituciones. Se considera, al respecto, que el CONACYT tendrá que desempeñar un papel importante en la utilización óptima de los recursos físicos e intelectuales.

## F. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA INDUSTRIAL

Los instrumentos de política industrial y fiscal jugarán un papel significativo en la realización del crecimiento industrial. El pasado crecimiento industrial en México ha estado estimulado significativamente por la legislación y las políticas gubernamentales, las cuales se han orientado básicamente hacia la sustitución de importaciones, dando lugar a un mercado altamente protegido para los bienes producidos en el país. Ello propició que cuando un fabricante local probaba que era capaz de producir un artículo en cantidad suficiente para satisfacer la demanda interna y con calidad razonable, podía cerrar la frontera a las importaciones.

Para el sector de electrónica profesional, se considera que estas medidas proteccionistas pueden ser benéficas en épocas de crecimiento económico (tanto interno como extranjero), pero en periodos de estancamiento, como los que ha padecido la economía mexicana en los últimos años, el proteccionismo excesivo puede llegar a ser contraproducente para el mercado. Recientemente el Gobierno Federal empezó a modificar gradualmente el sistema de permisos de importación, disminuir las cuotas de importación para industrias específicas y confiar más en los impuestos a la importación para regular el mercado. Para el sector de electrónica profesional, esto puede servir para racionalizar el patrón de precios relativo y lograr que el nivel de proteccionismo refleje prioridades del desarrollo de la electrónica.

Las medidas más importantes que ha diseñado el Gobierno para crear el clima apropiado para el crecimiento industrial y que ya se han instrumentado, son las siguientes:

i) La Ley para Promover la Inversión Mexicana y Regular la Inversión Extranjera entró en vigor el 9 de mayo de 1973 y determina que, como regla general, la inversión extranjera no puede participar con más de 49% del capital de la empresa. Sin embargo, permite variaciones de este porcentaje, en ciertas áreas geográficas, ramas de la actividad económica, o casos especiales donde la variación se considera conveniente para la economía del país, corresponde resolver sobre ello a la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras.

ii) La Ley sobre el Registro de la Transferencia de Tecnología. Expedida el 28 de diciembre de 1972, estipula que todos los convenios sobre tecnología extranjera deben ser aprobados y registrados por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

iii) La Ley de Invenciones y Marcas, de febrero de 1976. De acuerdo con este ordenamiento, los productos fabricados en México bajo una marca registrada extranjera deben llevar además un registro de marca mexicana original. Esto significa que las subsidiarias de compañías extranjeras (así como las fábricas mexicanas completamente licenciadas) deben usar una marca registrada combinada.

El propósito de esta disposición parece haber sido el de reducir el predominio de los nombres comerciales extranjeros en el mercado mexicano y desanimar a los productores mexicanos de hacer copias exactas de productos extranjeros, estimulándolos, en cambio, a aumentar el contenido nacional.

iv) La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en un Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación de 3 de marzo de 1978, amplió la gama de estímulos fiscales a las empresas que fabrican en México bienes de capital y dispuso beneficios de la depreciación acelerada de sus activos a las empresas que adquieran bienes de capital de fabricación nacional.

El Acuerdo concede subsidios hasta de 100% de la cuota ad valorem señalada en la tarifa del impuesto general de importación, que causen la maquinaria y equipo, materias primas básicas, partes y componentes no producidos en el país, destinados a la fabricación de bienes de capital. Asimismo, reducciones hasta de 75% de la percepción neta federal del impuesto sobre ingresos mercantiles y de 15 a 20% del impuesto sobre la renta al ingreso global de las empresas nuevas o necesarias en la rama; y la depreciación acelerada de las inversiones en maquinaria y equipo.

v) Entre los incentivos a la exportación figuran el financiamiento directo; información sobre posi-

lidades en el mercado; subsidios de los impuestos de importación y, sobre ingresos mercantiles.

Los Certificados de Devolución de Impuestos (CEDIS) se otorgan a las empresas que reúnen las siguientes condiciones:

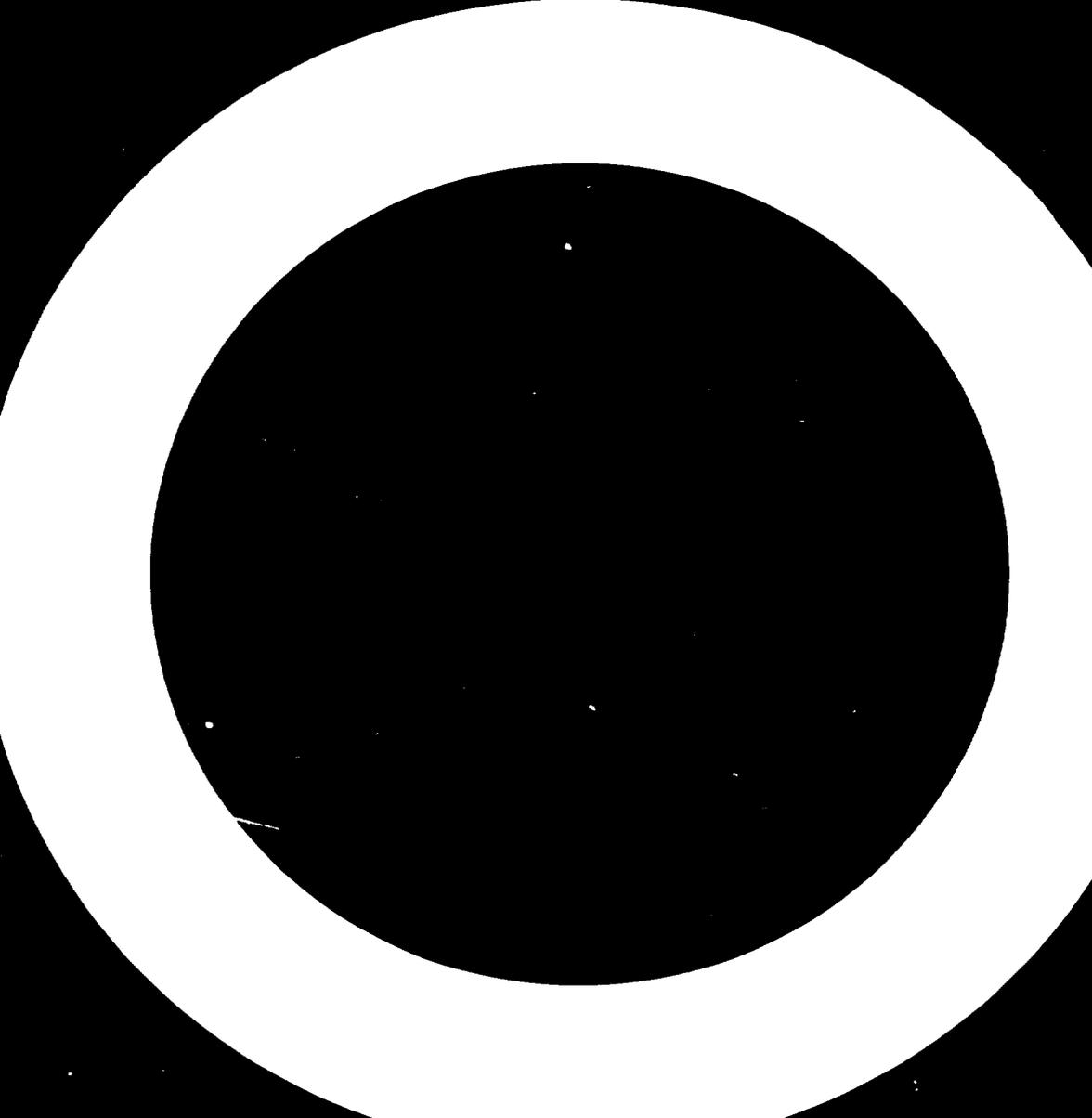
Un contenido nacional en el producto de 60% ó mayor;

Que la empresa tenga un mínimo de 51% de capital nacional;

Regalías, pagos de asistencia técnica, patentes o derechos de uso de marca que no excedan de 3% del valor de las ventas; y

Acuerdos de asistencia técnica que tengan la aprobación del Gobierno Federal.

vi) Dentro de la estructura central de estas políticas, el Gobierno ha establecido el Fondo para el Fomento de las Exportaciones de Productos Manufacturados (FOMEX) y el Fondo de Equipamiento Industrial (FONEI), ambos diseñados para financiar las exportaciones y para apoyar a la industria nacional. Se han efectuado una serie de ajustes a las reglas de operación de estos Fondos con objeto de ofrecer nuevos apoyos financieros a la fabricación y venta de bienes de capital; para fomentar el desarrollo tecnológico se incluye el financiamiento a la elaboración de prototipos dentro de los apoyos del FONEI.



## VI. MEDIDAS PARA APOYAR LA INDUSTRIA ELECTRONICA EN MEXICO

### A. TECNOLOGIA

En la industria electrónica, ha sido particularmente fuerte la influencia de la tecnología en su crecimiento. Más aún, la electrónica no cuenta con una tecnología estable; ésta es básicamente dinámica. Por tanto, solamente un flujo constante de tecnología puede sostener su crecimiento continuado.

En países altamente industrializados, el crecimiento de la industria electrónica de productos finales está apoyado por una fuerte inversión en investigación y desarrollo y por una industria avanzada de componentes electrónicos. Las principales contribuciones al crecimiento de la industria se deben a grupos de ingenieros o técnicos que abandonan las grandes empresas y se organizan por cuenta propia. De esa manera, la industria establecida proporciona el entrenamiento industrial y la experiencia necesaria para el inicio exitoso de una nueva compañía. Esta forma de crecimiento solamente se puede dar en un país con una industria lo suficientemente fuerte, y con una reserva de gente experimentada, ya que el crecimiento y la diversificación industrial por creación de nuevas empresas representa un drenaje constante de los recursos de la industria existente.

En México la industria electrónica ha crecido principalmente por el influjo de la tecnología y el capital extranjeros y se piensa que esta tendencia continuará en el futuro. Sin embargo, la inversión extranjera debe considerarse solamente como un instrumento complementario. La política gubernamental es al respecto clara y definida.

Excluyendo las subsidiarias que son completamente de propiedad extranjera, existen básicamente dos posibilidades para obtener la tecnología necesaria: la asociación de capitales (*joint ventures*), o a través de acuerdos de licenciación o *know-how*.

La asociación de capitales es un vehículo efectivo para la transferencia de tecnología entre el capital extranjero y la inversión local, que se reparten el riesgo comercial. El principal problema

son sus altos costos de producción, generalmente 30 a 50% más altos que en el país proveedor, a pesar de que los salarios mexicanos son más bajos. En el campo de los componentes electrónicos, la asociación de capitales no tiene además mucha aceptación por las compañías occidentales.

Los convenios de licenciación o de *know-how* pueden ser de gran valor para los fabricantes locales. Sin embargo, estos acuerdos generales son difíciles de operar aun cuando se concluyan entre socios con una habilidad técnica comparable. Un socio menos desarrollado encontrará difícil obtener beneficios de convenios de esta clase. Los acuerdos de licenciación son una forma más eficiente para la negociación de tecnología, aunque deberían ir precedidos de un estudio sistemático de la información técnica publicada en ese campo; además de que necesitan personal suficientemente experimentado para poder hacer uso adecuado de la tecnología comprada. La industria electrónica mexicana está en gran parte basada en la asociación de capitales o convenios de licenciación, por lo que se piensa que ya existe una amplia experiencia con este tipo de transferencia de tecnología.<sup>6</sup>

Por supuesto que el desarrollo de la industria que ha venido del exterior, así como la creada localmente, también tienen desventajas potenciales cuando la tecnología que se consigue no es la más apropiada. No obstante, la contribución y asistencia que han proporcionado las empresas extranjeras multinacionales al desarrollo de la industria electrónica, han sido importantes. La tecnología que se importa sobre la base de un objetivo puramente comercial, puede ser efectiva para un

<sup>6</sup> Véanse al respecto las publicaciones de Naciones Unidas: *Pautas para la adquisición de tecnología extranjera por los países en desarrollo. Con especial referencia a los acuerdos de licencia para la transmisión de tecnología*. Por Rana K. D. N. Singh. Nueva York, N. Y., mayo 1973; 61 p. (ID/98). *Manual para la preparación de acuerdos de construcción de empresas mixtas en países en desarrollo*. Nueva York, N. Y., 1974; 82 p. (ID/68).

producto específico pero tal vez no proporcione beneficios a largo plazo y no pueda considerarse "apropiada", si es que se define como "tecnología apropiada" aquella que contribuye óptimamente a los objetivos económicos y sociales del desarrollo de la electrónica profesional.

Las desventajas potenciales de importar tecnología para la electrónica profesional son que algunas veces aquella ya es obsoleta o no es la apropiada, debido a que se ha desarrollado para condiciones diferentes, en países industrializados. La tecnología más apropiada para México debe ser poco intensiva en capital y debe hacer mayor uso de mano de obra no especializada. También hay el peligro de que la tecnología se tenga que comprar bajo condiciones que aumentan indebidamente los costos de producción por la obligación de comprar partes o subensambles bajo condiciones desfavorables, por la imposición de restricciones a exportar, o por la limitación al desarrollo de la propia tecnología, etc.

A este respecto la industria mexicana cuenta con cierta protección, ya que el Gobierno está ayudando a seleccionar la tecnología apropiada directa e indirectamente a través de sus políticas industrial, comercial, tecnológica, fiscal y monetaria; particularmente a través de la Ley sobre el Registro de la Transferencia de Tecnología y la Ley para Promover la Inversión Mexicana y Regular la Inversión Extranjera.

Frecuentemente es difícil decidir que tipo de tecnología es la apropiada; por ejemplo, un proceso de manufactura que es aplicable solamente a un producto específico, en el cual la tecnología es inherente a la maquinaria, que no puede ser reproducida en el país, no es apropiado porque es de uso limitado y no puede proveer una base para el desarrollo y fabricación de otros productos. Por otro lado, un buen ejemplo de tecnología apropiada para la fabricación electrónica es la de las tablas para circuitos impresos. Esta tecnología significa un adelanto importante en la producción y

se puede adaptar a las líneas de ensamble tanto manuales como automáticas de muchos productos diferentes.

Mucho se ha escrito acerca de la necesidad de obtener tecnología apropiada para el desarrollo industrial; pero los requisitos básicos de tales tecnologías nunca se han definido explícitamente, tal vez porque es difícil establecer criterios que sean válidos para todas las industrias y para todos los países. Sin embargo, parece que los siguientes criterios son relevantes para el caso del sector de electrónica profesional.

La tecnología apropiada deberá:

i) Ser útil para la producción a pequeña y gran escala;

ii) Permitir un equilibrio entre capital y mano de obra; por ejemplo: de acuerdo a las necesidades de la industria debería ser posible seleccionar un proceso más intensivo en capital u otro más intensivo en mano de obra;

iii) No estar ligada a maquinaria específica y única;

iv) Permitir su aplicación a muchos productos diferentes;

v) Permitir el uso de materiales locales;

vi) No requerir de un entrenamiento largo y altamente especializado del personal involucrado en su aplicación;

vii) Estar relacionada con los productos existentes y con procesos a los cuales mejorará en lugar de reemplazarlos; de esa manera no se hará obsoleta la tecnología existente; y

viii) Estar a un nivel de complejidad apropiado, de tal suerte que se pueda entender completamente y ser asimilada por la industria local, en lugar de copiada solamente.

## B. PROMOCION DE UNA INDUSTRIA INDEPENDIENTE

Las ventajas que tiene el desarrollo industrial al comprar tecnología extranjera son potencialmente mayores que las que se tendrían tratando de generar tecnología propia. Muchos expertos opinan que una industria en desarrollo debería evitar fuertes inversiones en investigación y desarrollo debido a que es más ventajoso invertir el capital disponible en planeación de la producción, adaptación de diseños extranjeros, capacitación, etc.

Sin embargo, se piensa que la actual infraestructura industrial y los recursos disponibles en México pueden soportar el desarrollo de una industria electrónica independiente si se agrega suficiente apoyo financiero y técnico. Esto permitiría un crecimiento adicional por encima del nivel presente (que ahora está determinado esencialmente por los intereses comerciales de las industrias multinacionales extranjeras), ya que una fuerte dependencia de la tecnología extranjera en una área con tal alto impacto en casi todas las ramas de

la industria, es peligrosa y limita seriamente las posibilidades de implementar una planeación industrial.

Los empresarios nacionales que ya producen algunos equipos y componentes profesionales en pequeña escala, podrían formar el núcleo de una industria electrónica local, pero a juzgar por los resultados de encuestas llevadas a cabo al realizar esta investigación, están saturados de múltiples problemas entre los que, los tres principales son los siguientes: falta de apoyo para investigación y desarrollo, problemas financieros y deficiente abastecimiento de componentes.

Actualmente, los empresarios independientes son demasiado pequeños para soportar su propia investigación y desarrollo. Algunas compañías usan circuitos descritos en los manuales de aplicación de los grandes fabricantes de componentes (semiconductores y circuitos integrados) o en revistas

profesionales que están bien ubicadas en las artes del diseño pero cuyos diagramas no son muy apropiados para la producción local. Estas compañías necesitan cuando menos asesoría técnica para seleccionar los circuitos apropiados. No existe en México capacidad para investigación y desarrollo en electrónica; existe capacidad potencial, pero está concentrada en instituciones académicas sin contacto con la industria. La coordinación de estos programas de desarrollo con las necesidades de la industria podría llevar a la utilización de esta capacidad para el desarrollo y apoyar a los fabricantes locales.

Los problemas financieros de los fabricantes son principalmente debidos a la escasez de capital de trabajo. Las materias primas y las partes se tienen que comprar al contado, mientras que los compradores de equipo profesional, la mayoría de ellos grandes empresas, pagan de tres a seis meses después. Por esta razón, los fabricantes se ven obligados a utilizar préstamos de los bancos (generalmente al 1.5% mensual) lo que reduce sus ganancias y sus posibilidades de crecimiento.

Tal vez la mayor desventaja que se tiene para el desarrollo de la industria electrónica de bienes de capital es la dificultad de obtener componentes electrónicos con calidad profesional. La calidad y la confiabilidad de los componentes hechos en México no son suficientes para los productos profesionales terminados y las actuales restricciones a las importaciones hacen virtualmente imposible para los fabricantes independientes obtener las partes requeridas. Esto da a las subsidiarias extranjeras una ventaja definitiva debido a que ellas pueden importar componentes y subensambles para su producción, directamente de su casa matriz. Uno de los pasos más importantes que se tienen que dar para resolver este problema es desarrollar una industria local de componentes profesionales o hacer que éstos sean fácilmente accesibles liberando las restricciones a la importación.

El actual mercado interno de componentes profesionales es todavía insuficiente para atraer a los fabricantes locales que tecnológicamente podrían hacerlos. Sin embargo, hay un mercado potencial en México para esos componentes, formado por las plantas maquiladoras que fabrican productos para reexportarse, con componentes libres de impuestos. Más de 60% de las plantas maquiladoras instaladas en México hacen productos electrónicos. Se estima que esta industria emplea 25 000 personas y que el valor total de los componentes importados es de 25 millones de dólares al año. Si fuese posible abrir este mercado a los fabricantes locales se podrían producir económicamente componentes profesionales en el país. También existen fabricantes de componentes semiconductores que no se pueden vender en el mercado local debido a las restricciones a que están sujetas las operaciones de las plantas maquiladoras. Sería igualmente de gran ayuda para la industria local de productos terminados el que se pudieran comprar directamente en las plantas ensambladoras los componentes semiconductores necesarios.

Se tienen que tomar medidas efectivas para promover y acelerar la industria electrónica de bienes de capital; ellas deben incluir la selección y adquisición de tecnología apropiada, la utilización del potencial existente en investigación y desarrollo, la solución al problema de los componentes, y la creación de los sistemas de apoyo técnico y financiero que requieren los fabricantes independientes. Existen otros factores adicionales que son necesarios en el crecimiento industrial: más inversionistas, habilidad administrativa, niveles adecuados de educación y entrenamiento y conocimiento del mercado, los cuales son más difíciles de obtener que la tecnología y el capital, pero que deben tomarse en cuenta para una planeación industrial efectiva.

### C. EXPORTACION POTENCIAL

Para la mayoría de los equipos electrónicos de tipo profesional, el mercado interno mexicano todavía es muy pequeño para lograr beneficios económicos, por lo que es necesario contar con mercados de exportación para hacer viable la producción. Hasta ahora, los principales obstáculos que han tenido los productos mexicanos para penetrar en mercados extranjeros han sido la falta de soporte técnico para lograr la calidad necesaria y costos de producción que hagan al producto competitivo internacionalmente. La exportación potencial es una consecuencia primero de la calidad y luego del precio, pero no a la inversa. Al planear la producción de un nuevo producto, las posibles ventas al extranjero no deben considerarse de manera principal. Los esfuerzos que se necesitan para lograr que un producto sea competitivo en el mercado internacional, frecuentemente se subestiman. El equipo exportable debe reunir: calidad, funcionamiento, confiabilidad, apariencia, servicio, etc. Por eso la producción inicial se debe basar solamente en la demanda interna, pero desde los

primeros años el producto se puede ir preparando para la exportación.

Los mercados más cercanos y por esto mismo más lógicos para México son el norteamericano y el de los países de la ALALC. Estados Unidos ofrece un gran mercado para equipos electrónicos profesionales, pero al mismo tiempo es el que tiene mayor número de fabricantes. Los productos que se hacen por completo en Estados Unidos son básicamente productos de gran volumen que se prestan a una producción automatizada, mientras que los equipos con alto contenido de mano de obra generalmente se importan. Existen numerosos ejemplos de fabricantes extranjeros que han tenido éxito en el mercado norteamericano por haber sido capaces de incorporar tecnologías más modernas a sus productos terminados antes que la industria local estadounidense. Por esta razón, los productos que tienen un potencial más prometedor en el mercado son aquellos que hacen uso de mano de obra intensiva y de componentes avanza-

dos (circuitos integrados) e innovaciones tecnológicas. El mercado norteamericano es exigente y altamente competitivo.

Los países latinoamericanos también representan un gran mercado potencial para las exportaciones, que se facilitan por los convenios de la ALALC; sin embargo, en muchos países latinoamericanos los principales fabricantes multinacionales de productos electrónicos profesionales han establecido subsidiarias, y los productos de su programa (que también son los principales productos que se fabrican en México) no se pueden importar. Las ventajas potenciales que podría tener México para exportar productos libres de derechos a otros países de la ALALC, que lo situarían en posición favorable frente a las compañías norteamericanas y europeas, se han visto grandemente reducidas por las medidas proteccionistas impuestas en aquellos países. Únicamente los productos que no están dentro de los programas de las grandes firmas internacionales con subsidiarias en América Latina, tienen un verdadero potencial de exportación en esta región.

Además de la calidad y el precio, la documentación y el apoyo al producto son igualmente importantes para preparar productos técnicamente avanzados para la exportación.

Generalmente las nuevas empresas, y en particular aquellas que disfrutan de un mercado local indiscriminado y poco saturado, no reconocen la importancia que tiene el apoyo al producto, lo cual las pone en una situación más desfavorable en los mercados extranjeros que lo que podría justificar la calidad de sus productos.

Por apoyo al producto se debe entender toda aquella información básica que proporciona el fabricante de un producto técnico a los usuarios, distribuidores e ingenieros de servicio. El tamaño y contenido del paquete de apoyo al producto varía de acuerdo al tipo del mismo y al mercado para el cual se produce, pero en todos los casos se debe proporcionar una completa información.

La documentación de apoyo refleja la filosofía de servicio y de esa manera resulta benéfico para el productor la preparación de manuales de servicio que puedan llevar a mejoras del producto mediante el diagnóstico de fallas leves, simplificación de las operaciones, mejoras en los procesos de calibración, acceso a los componentes, etc.

La siguiente relación da una idea de lo que es un sistema complejo de apoyo al producto:

Nombre	Función
A. Especificación técnica	Definir los parámetros y aspectos técnicos del producto. Definir los varios tipos o modelos disponibles.
B. Instructivo de operación	Proporcionar instrucciones de operación adecuadas para usar el producto. En equipos poco complejos el instructivo reemplaza al manual de operación (inciso C). Para productos complejos deben proporcionarse B y C.
C. Manual de operación	Permitir que el producto se instale y use adecuadamente. Proporcionar instrucciones de operación incluyendo mantenimiento, diagnóstico de fallas, procedimientos de seguridad e instrucciones para obtener asistencia del fabricante.
D. Manual de servicio	Proporcionar una descripción técnica completa que incluya diagnóstico de fallas, reparación y calibración, así como procedimientos rutinarios de mantenimiento. Este manual debe ser distribuido entre el personal de servicio.
E. Instructivo de servicio	Para uso de los ingenieros de servicio que trabajan con el producto. En equipo menos complejo este inciso reemplaza al D. Ambos, D y E, se deben proporcionar cuando se trata de equipo más complejo.
F. Lista de refacciones	Para uso de los centros de servicio, distribuidores y agentes. La lista tiene que ser completamente ilustrada. Generalmente también incluye el inciso D.
G. Diagramas de pared	Para exhibirse en los talleres de reparación y usarse durante el entrenamiento de personal.
H. Transparencias	Para usarse en cursos de entrenamiento de ingenieros de servicio y operadores de equipo altamente complejo.
I. Manual de adiestramiento	Para usarse en el adiestramiento. Si se tiene un instructor calificado, los incisos C y D se pueden usar como manuales de adiestramiento.

El manual de servicio es uno de los documentos más importantes en el paquete de apoyo al producto. A continuación se muestra una lista que contiene los puntos típicos que debe cubrir un manual de servicio.

*Sección 1. Datos técnicos*

- Estadísticas, dimensiones, pesos, características de la oferta, factores ambientales, datos de funcionamiento
- Lista de fuentes de datos
- Advertencias y precauciones para su uso

*Sección 2. Instrucciones de operación*

- Procedimientos normales de operación
- Medidas de seguridad y emergencia
- Diagnóstico y reparación de fallas del operador
- Procedimientos para reportar fallas a la fábrica

*Sección 3. Descripción técnica*

- Detalles técnicos completos, con gráficas

*Sección 4. Datos de instalación*

- Información acerca de su almacenamiento, empaque y desempaque

Procedimientos para su manejo y transportación

Detalles de instalación y conexión

Pruebas después de la instalación

*Sección 5. Instructivo de servicio*

Diagnóstico de fallas y reparación

Desensamble, inspección, pruebas de subensamble y reensamble

Procedimientos para la calibración

*Sección 6. Rutinas de servicio*

Frecuencia y procedimientos de las rutinas de inspección

Monitoreo del funcionamiento

Procedimientos para el mantenimiento preventivo

*Sección 7. Lista de partes*

Lista de partes, referencia cruzada para explotar las ilustraciones

Inventario recomendado de partes y refacciones

## D. NECESIDADES DE CAPITAL Y DE PERSONAL

El aspecto más importante del estudio de mercado que se presentó en el capítulo IV de esta investigación es que este estudio permite reconocer completamente las implicaciones del modelo de demanda. El crecimiento industrial de México necesita una cantidad creciente de equipo electrónico de bienes de capital y la cantidad de divisas que se tendrían que gastar para importar equipo que no se fabrica en el país, es bastante significativa y va en aumento.

Según los cuadros 43 a 46, el crecimiento promedio anual previsto para los años 1978-1982 es el siguiente:

Concepto	Productos terminados (%)	Todo el sector (%)
Producción	17.1	10.2
Importaciones	12.5	11.8
Exportaciones	13.6	12.2
Consumo	14.0	10.8

Este patrón de crecimiento está basado en el nivel y estructura actuales de la producción y toma en cuenta las medidas legislativas y políticas para regularla.

Se espera que el crecimiento del mercado de equipo electrónico profesional y el de la industria electrónica local continúe a una tasa más alta que la de la economía en su conjunto. Este desarrollo tendrá un efecto positivo en la industrialización del país. Sin embargo, las importaciones también crecerán a la misma tasa.

Desde hace varios años el Gobierno mexicano, en vista del volumen y valor de estas importaciones, ha establecido medidas protectoras y promocionales que indudablemente han dado un gran estímulo a la industria local ayudando a reducir las compras al exterior a su presente nivel.

Sin embargo, las políticas y controles protectionistas también han tenido efectos indeseables, como una baja eficiencia en la producción, ganancias desmedidas y una elevación de los costos. Los objetivos más importantes de cualquier plan o estrategia para promover la industria electrónica profesional deben ser la reducción de estas desventajas manteniendo el objetivo general de reducir las importaciones y aumentar la producción local.

La limitación artificial de las importaciones por aumentos drásticos en los impuestos o mediante cuotas de importación, debe modificarse cuando tales medidas tengan un efecto negativo en muchas industrias que dependen de esos productos para su expansión y desarrollo. Además, las brechas resul-

tantes en el mercado promueven las importaciones ilegales y aumentan los precios locales.

Por esto, debe inducirse un cambio en el modelo de crecimiento descrito, pero por otros medios. Dado que el aumento del consumo no se puede detener, sólo será posible reducir las importaciones por medio de un incremento en la producción, para lo cual se requiere de una mayor inversión financiera. El capital es un factor indispensable y sería interesante estimar la cantidad adicional de capital que se requiere invertir (aparte de la inversión regular anual que la industria se proporciona a sí misma), para poder lograr un efecto significativo en el modelo de mercado de los productos electrónicos terminados.

Suponiendo que se tiene el propósito de reducir el crecimiento futuro de las importaciones del 12.3% previsto a 5% anual, las cifras de producción e importaciones de 1977 a 1982, suponiendo que no haya cambios en las exportaciones ni en el consumo, serían las siguientes:

(Millones de pesos)

Concepto	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Producción	98.64	134.46	175.41	223.07	278.68	344.52
Importaciones	235.79	247.58	259.36	272.96	286.60	300.93

Las siguientes cifras corresponden al crecimiento anual de la producción (en por ciento) que se tendría que realizar, y al valor de la producción adicional que se tendría que generar por encima de los valores previstos en el cuadro 43.

Concepto	1978	1979	1980	1981	1982
Crecimiento anual necesario (%)	36.3	30.4	27.2	24.9	23.6
Valor de la producción anual adicional (millones de dólares)	16.76	19.47	23.45	28.89	34.38

La tasa anual de crecimiento de la producción tendría que ser, en promedio, de 28.5% la cual es 10.9% mayor que la tasa de crecimiento prevista actualmente.

Por tanto, la participación de la industria local en el mercado nacional aumentaría de la siguiente forma:

Concepto	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Previsión actual (%)	26.8	28.0	29.2	30.2	31.0	31.8
Planeada (%)	26.8	32.6	37.9	42.8	47.3	51.5

La cantidad de capital que se necesita inyectar anualmente a la industria electrónica profesional para tener el efecto deseado, debe estimarse a partir de la producción adicional anual que se sugiere.

La industria electrónica es relativamente intensiva en el uso de mano de obra, particularmente en la fabricación de productos finales, los cuales no permiten una automatización a gran escala. Por eso se piensa que una relación producto-capital de

2.5:1 es bastante razonable y tal vez hasta optimista. Un análisis de la industria electrónica mexicana basado en el IX Censo Industrial de 1970 mostró que esta proporción estaba entre 0.95 y 3.32 en 181 empresas, dependiendo de su tamaño y de su producto específico.

Usando una relación de 2.5, se obtienen las siguientes cifras:

Año	Millones de dólares	Millones de pesos
1978	6.7	150.8
1979	7.8	175.2
1980	9.4	211.1
1981	11.6	260.0
1982	13.8	309.4

Así, el apoyo financiero promedio que se tendría que dar a la industria electrónica profesional para inducir el desarrollo en favor de una reducción significativa de las importaciones, debería ser de unos 9.9 millones de dólares, o sea 221.3 millones de pesos, por año durante los próximos cinco, hasta llegar a un total de 49.3 millones de dólares en todo el periodo.

Como se mencionó anteriormente, el capital solamente es uno de los requisitos, aun cuando es esencial. El resultado deseado solamente puede cumplirse si al mismo tiempo se asegura la disponibilidad de tecnología y recursos humanos. El ejercicio anterior solamente se hizo para mostrar las necesidades de financiamiento.

La mayor parte del capital requerido tendría que provenir de fuentes locales debido a que, aun cuando se contara con la inversión extranjera, las leyes mexicanas requieren que el capital mayoritario sea nacional en las nuevas empresas.

Parece ser que este capital invertido traería amplias recompensas. Los ahorros en moneda extranjera que se obtendrían en la importación de equipo, serían los siguientes:

Año	Millones de dólares
1978	16.76
1979	36.23
1980	59.68
1981	88.57
1982	122.95

Esto representa un total de 324.2 millones de dólares en cinco años, o sea 6.6 veces el capital necesario para lograrlo. Aun considerando que cierto porcentaje de esta cantidad se tendría que gastar en partes importadas, las posibilidades previstas seguirían siendo atractivas.

También es interesante estimar las necesidades adicionales de mano de obra para lograr este crecimiento basándose en la producción promedio por trabajador en la industria nacional. Se puede estimar una cifra razonable utilizando los datos que

publicó la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas (CANIECE) en su informe anual de actividades 1976/1977. El valor total de la producción de aparatos electrónicos (la mayoría de los cuales son productos electrónicos para el mercado de entretenimiento) fue de 14 350 millones de pesos en 1976 y el empleo total de esta industria fue de 72 000 personas. Esto da una productividad anual por empleado de 199 305 pesos. Usando esta cifra las necesidades de personal adicional (creación de nuevos empleos), serían como sigue:

Concepto	1978	1979	1980	1981	1982
Total de empleos	1 901	2 203	2 556	3 011	3 585
Ingenieros y técnicos	114	132	153	180	215

El número de ingenieros que se requiere se ha calculado sobre la base de 6% de la fuerza de trabajo total, que es la cifra generalmente aceptada para una industria independiente que desarrolla sus propios productos. Si parte del aumento en la producción se derivara de la asociación de capitales o por la producción de diseños extranjeros bajo licencia, esta cifra podría ser más baja.

Las necesidades totales de personal que muestra la estimación anterior no parecen presentar un serio problema, excepto, tal vez, en la necesidad de que haya una administración competente a nivel medio y superior. Los ingenieros y técnicos calificados que se requieren se pueden conseguir en México y se podrían reclutar para este programa si se les ofrecieran salarios razonables.

## E. PAPEL DEL SECTOR PÚBLICO

Del análisis que se hizo en el capítulo IV de los perfiles individuales del mercado, se puede deducir que el sector público es el principal consumidor de equipo electrónico profesional en México. La participación que tienen las varias organizaciones gubernamentales y las empresas de propiedad del Gobierno, es la siguiente:

	%
Telecomunicaciones	95
Equipo de medición y prueba	85
Instrumentos para control de procesos	70
Computadoras y calculadoras	55
Equipo biomédico	90
Participación total en el mercado	84

Debido a la gran participación que tiene el Gobierno en el consumo total, sus necesidades futuras, planes de expansión y métodos de aprovisionamiento son muy significativos para el desarrollo del mercado de bienes de capital electrónicos. Se piensa que el sector público podría desempeñar un papel importante en el desarrollo de la industria local si ayudara a orientar los futuros programas de inversión y los planes de diversificación de los productos de acuerdo a sus necesidades futuras.

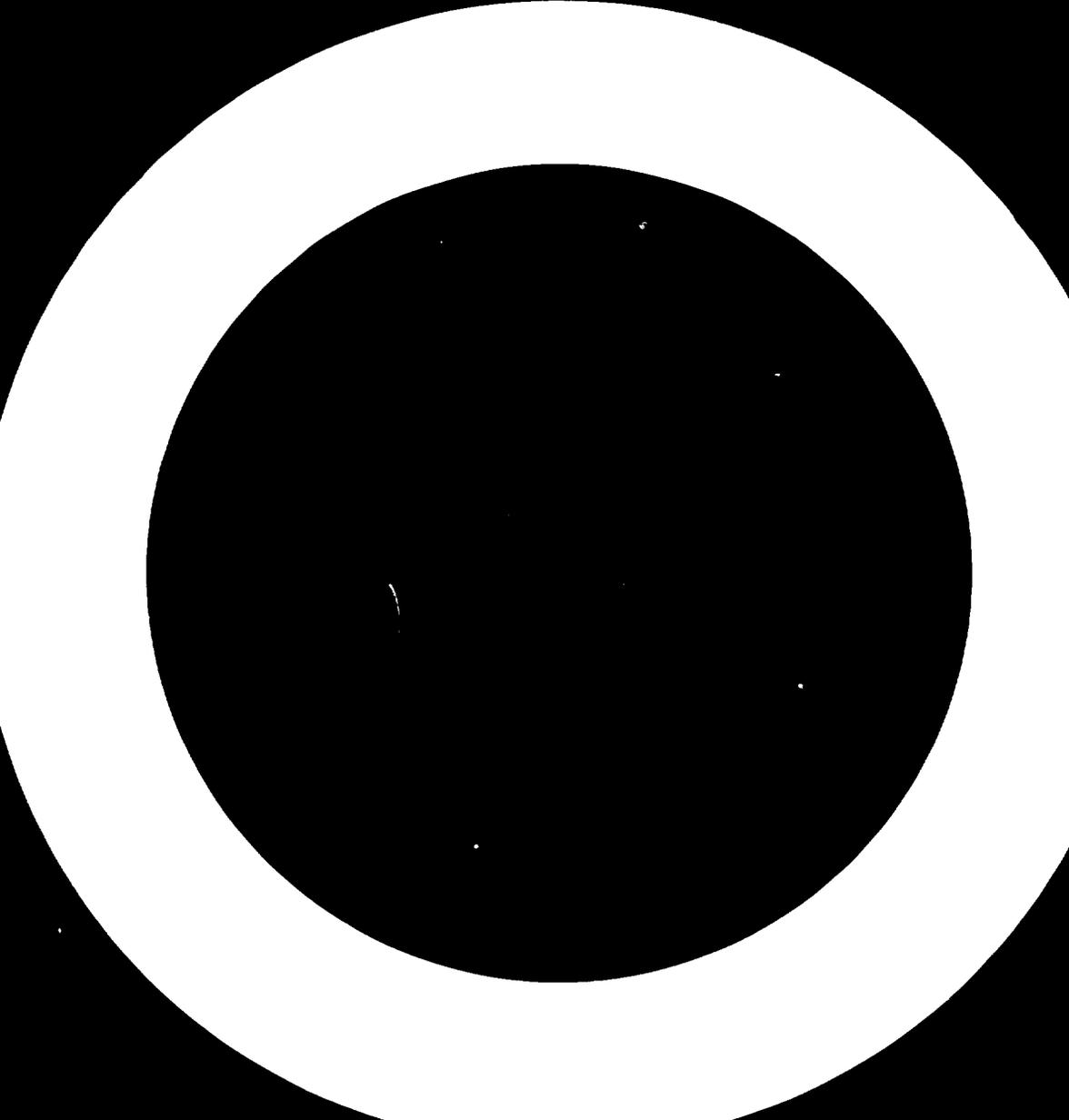
Las grandes organizaciones y empresas del sector público planean y presupuestan sus necesidades de equipo con la debida anticipación. Estos planes se publican en forma global, pero si se publicara una lista detallada del número y clases de equipos que se comprarán en el futuro, ésta sería de gran ayuda para los fabricantes locales. Estas listas podrían comunicarse a la industria local por medio de las cámaras industriales existentes. Esto haría que los fabricantes estuvieran más enterados

de la demanda de equipo específico y podría actuar como incentivo para ampliar sus programas de producción y participar más en el mercado local.

Se está dando un desarrollo acelerado a la tecnología local al demandar a las empresas estatales la instrumentación de extensos programas de investigación en esta área; aun cuando los planes definitivos no se han formulado, dicha instrumentación parece ser posible.

Las organizaciones técnicas y las industrias del sector público no solamente tienen departamentos técnicos responsables de la operación, mantenimiento, calibración y reparación del equipo electrónico, de telecomunicaciones, de sistemas de control, etc., sino que además tienen una reserva relativamente grande de ingenieros, que actualmente se ocupan solo de funciones administrativas.

Debería ser posible utilizar este potencial organizando grupos de ingeniería que condujeran a la investigación de sistemas electrónicos, a su diseño, a la optimización y otros estudios, los cuales permitirían a estas organizaciones especificar equipos e implementar sus propios sistemas en el futuro, en vez de atenerse a las recomendaciones y a la capacidad de un sólo vendedor. Los departamentos de ingeniería del sector público también podrían ayudar a los fabricantes directamente en el diseño y mejoramiento de los instrumentos que demandan en gran escala sus organizaciones. Aun cuando las empresas del Estado son solamente usuarias y no productoras del equipo electrónico profesional, ellas se podrían beneficiar grandemente con los programas de desarrollo de esta industria, programas que podrían elaborarse en cooperación con la industria del país, ya que esto puede llevar a conseguir un mejor y más apropiado equipo.



## VII. IDENTIFICACION PRELIMINAR DE ARTICULOS PARA DESARROLLAR SU PRODUCCION

Durante el curso de esta investigación cierto número de productos surgieron como primeros candidatos para su posible fabricación en México. Estos productos se caracterizan por tener una demanda relativamente grande, por estar dentro de las posibilidades tecnológicas de los productores mexicanos y por tener un gran mercado internacional. También, son productos que han sido sugeridos por varios industriales como poseedores de un buen mercado potencial. No se pretende que la siguiente lista incluya todas las posibilidades puesto que es muy difícil determinar las ventas actuales o las importaciones de productos individuales. Sin embargo, se considera que puede servir como base para futuras y más detalladas investigaciones.

### 1. Equipo de telecomunicación

Sistemas de localización de personas \*

Radios móviles (transreceptores) para vehículos y usos marítimos

### 2. Instrumentos de medición y prueba

Medidores analógicos

Instrumentos de tablero de rango simple \*

Ohmiómetros

Wattímetros

Multímetros tipo banca, a prueba de descargas

VTVM de estado sólido, tipo banca

Probadores simples de transistores, para uso en laboratorios

Medidores digitales para panel \*

Multímetros digitales, 2 ½ y 3 ½ dígitos

Generadores de audio para servicios de AM/FM

Osciloscopios, tipo servicio, 1 ó 2 canales hasta 10 MHz

Registradores de descarga eléctrica

Graficadores X-Y

### 3. Instrumentos para control de procesos

Paneles para indicadores y controladores eléctricos

Controladores para:

Temperatura

Presión

Flujo (diferencia de presión)

Nivel

Voltaje

Convertidores de potencia DC/DC y DC/AC \*

Controles de estado sólido para motores eléctricos

Medidores de pH

Balanzas electrónicas (tipo laboratorio)

Espectrofotómetros de absorción

Fotocalorímetros

Fuentes de poder reguladas:

Tipo laboratorio \*

Módulos para uso de los fabricantes de equipo

### 4. Computadoras y calculadoras

Ensamble de mini y microcomputadoras \*

Teleimpresoras (con formato electrónico)

Equipos periféricos (terminales de video, impresoras de no impacto)

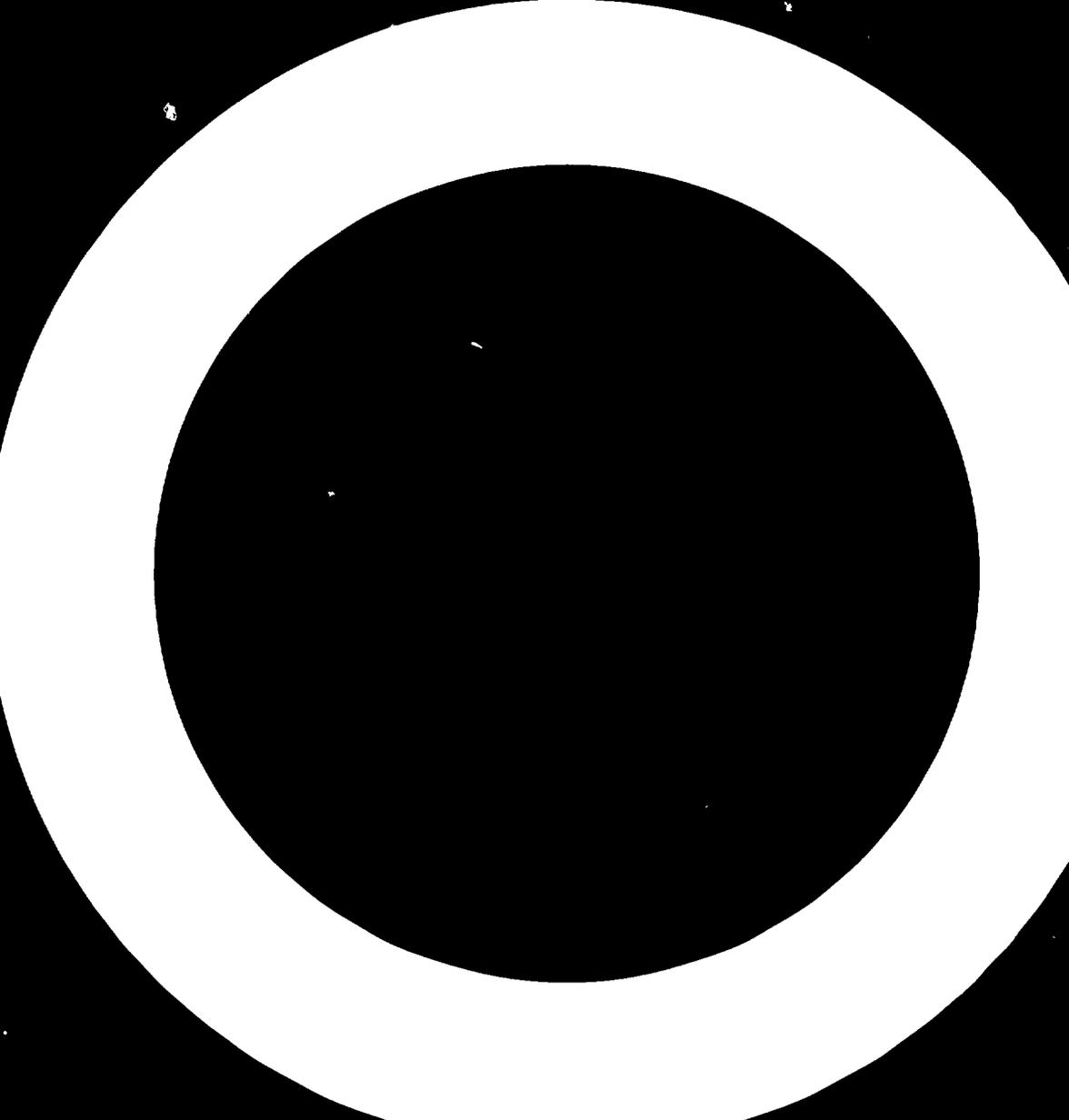
### 5. Equipo biomédico

Medidores electrónicos de presión de sangre, con indicador digital del pulso, portátiles

Electrocardiógrafos, portátiles \*

Electroencefalógrafos, portátiles

\* Significa que algunos modelos se han empezado a fabricar, o que existen diseños y prototipos disponibles localmente.



## A N E X O 1

### DISEÑO Y DESARROLLO TÍPICOS DE UN EQUIPO DE ELECTRONICA PROFESIONAL

El siguiente es un bosquejo del ciclo completo del programa para el desarrollo de un producto, incluyendo el diseño del producto y el desarrollo del equipo electrónico.

1. *Estudio de productos similares que existen en el mercado*
  - Comparación de especificaciones, funcionamiento y precios, tamaño, peso y complejidad
  - Investigación de patentes de este producto
  - Posibilidad de agregarle otras características o funciones
  - Existencia de productos con diseño demasiado complicado de acuerdo a la función que desempeñan
2. *Diseño preliminar*
  - Especificaciones técnicas y físicas
  - Especificaciones de funcionamiento (Esto deberá estar basado en los requerimientos de los posibles clientes, en la competencia al producto, en los estándares industriales existentes, tanto locales como extranjeros para el caso en que el producto pueda ser exportado.)
3. *Diseño del circuito*
  - Diseño preliminar del circuito
  - Selección de componentes; disponibilidad de circuitos integrados
  - Revisión de las especificaciones funcionales
  - Alternativas de diseño. Índice costo-complejidad contra funcionamiento

Cálculo del costo de los componentes, las tolerancias y la disipación de calor

Diseño final del circuito

4. *Ensamble y prueba del circuito*

Construcción en el laboratorio de un modelo funcional del circuito

Prueba de funciones; estabilidad, precisión, sensibilidad al ruido eléctrico, protección contra operación indebida, protección contra sobrecargas, confirmación de especificaciones eléctricas

5. *Diseño mecánico y esquema de los componentes*

Construcción del módulo

Facilidad de manejo

Distribución y disipación de calor

Diseño industrial

Selección de materiales y acabado

6. *Construcción y prueba del prototipo*

Construcción de un prototipo, el cual deberá tener características eléctricas y mecánicas tan parecidas como sea posible al producto final

Pruebas eléctricas y mecánicas en el medio ambiente

Si se descubren problemas, rediseñar los subsistemas o módulos específicos

7. *Análisis de la dependencia y el valor de la ingeniería*

El análisis de dependencia muestra las deficiencias en el diseño, así como la dependencia excesiva respecto a elementos individuales, las redundancias, la insuficiencia de pruebas de acceso para el diagnóstico de fallas, la calibración, reparación y el cálculo del MTBF (tiempo medio entre fallas) y el MTTR (tiempo medio de reparación), lo cual ayudará a establecer las políticas de servicio, el número de partes que se deben tener en almacén, etc.

El análisis de valor estima el costo de los subsistemas individuales, componentes y partes en relación a su importancia en el funcionamiento

8. *Ingeniería de producción*

Decisión sobre el proceso y los métodos de producción

Si es necesario, rediseñar la planeación de la producción o la adaptación de la maquinaria de producción existente

9. *Esquemas finales*

De producción, de las herramientas y de los planes de producción

10. *Análisis del costo final*

Análisis del costo en base a una escala de producción estimada, al costo fijo, al costo indirecto, etc.

11. *Preparación de un sistema de apoyo al producto*

Catálogo de ventas

Manual de servicio y reparación

Manual para los propietarios

Lista de partes

Planeación de las promociones de ventas

12. *Producción*

Producción piloto con completo control de calidad y pruebas

Producción completa

13. *Comercialización*

## A N E X O 2

# PROYECTOS DE ELECTRONICA PROFESIONAL AUSPICIADOS POR INSTITUCIONES Y CENTROS DE INVESTIGACION EN MEXICO

El CONACYT proporciona la siguiente relación de proyectos de investigación y desarrollo y prototipos de equipos electrónicos desarrollados en

México por varios institutos, universidades y centros de investigación.

### A. PROGRAMAS DE DESARROLLO

#### 1. *Comunicaciones y equipo asociado*

- Conmutador telefónico automático reconfigurable
- Conmutador telefónico en base a microprocesadores
- Central telegráfica automática
- Central telegráfica para un subcentro de servicios de transmisión de datos
- Laboratorio de circuitos de comunicación
- Unidad automática básica

#### 2. *Instrumentos de medición y prueba*

- Diseño de un transductor
- Sonda miniatura para la medición de velocidades de flujo de agua
- Espectrofotómetro
- Diseño y construcción de un multímetro digital
- Frecuencímetro digital
- Despliegue de imágenes multiespectrales para su análisis sistemático
- Medición de parámetros del transistor bipolar de unión

Medidor de diodos Zener

Medición automática de parámetros "H" de transistores

Generador de funciones

Lámpara estroboscópica

Prospector magnético

Telescopio de 2m en Baja California

Localización de epicentros

Red sísmológica mexicana de apertura continental (RESMAC)

Red automática micrometeorológica y sistema de eco-sondeo (RAMSES)

Medición de parámetros

Amplificadores operacionales (AO)

Laboratorio lógico portátil

Circuitos y sistemas

Generador de funciones

Generador y corrector de errores. Código Hamming

Osciloscopio de propósito general

#### 3. *Instrumentos para control de procesos*

Horno de temperatura controlada

Medidor y controlador de pH

<sup>1</sup> Análisis de la electrónica en centros de investigación y enseñanza superior de México, trabajo inédito.

Fuente de poder 15V a 15A limitada 1% de regulación  
Fuente regulada del 5V/1A a prueba de corto circuito  
Fuente de alto voltaje para circuitos con válvulas  
Fuente de alimentación triple para micro-procesadores  
Fuente bipolar  
Control de temperatura  
Modelo experimental de un ascensor  
Tablero de control de temperatura y relevador de estado sólido  
Levitador magnético para la enseñanza del control  
Sistema didáctico controlador de tipo PID  
Diseño y construcción de un control digital para suministro de líquidos  
Diseño y construcción de un control de temperatura para un horno  
Diseño y construcción de un convertidor A/D programado  
Desarrollo de laser a base de CO<sub>2</sub> para aplicaciones industriales

#### 4. *Computadoras y calculadoras*

Sistema didáctico de comunicaciones digitales  
Emulación de una minicomputadora con una microcomputadora  
Controles numéricos de máquinas-herramienta  
Procesador analógico de señales  
Simulador de un computador de control de área  
Taladro programable  
Sistemas semiautomáticos para captura de información manuscrita  
Sistema auxiliar para autocorrelación  
Diseño y construcción de un puerto de entrada y salida  
Unidad de control de acceso para terminales remotas  
Factibilidad y costos de diseño y construcción de una terminal remota  
Generador de pulsos y palabras  
Micro-programación  
Modelo electrónico de sismos  
Diseño de una unidad aritmética para ser integrada a una microcomputadora  
Sistema de cómputo microprogramado  
Estudio del grupo simétrico de orden ocho

Programa ejecutivo en tiempo real  
Sistema de diseño automático de tarjetas  
Programa de nómina para microcomputadora  
Programas para analizar y sintetizar redes eléctricas para computadoras  
Modelo para el estudio de transitorios en los sistemas eléctricos de potencia  
Estudio de equivalencia en la estabilidad dinámica de los sistemas electrónicos de potencia  
Medición y procesamiento de parámetros  
Diseño y construcción de un tablero analizador de transistores  
Microprogramación y emulación  
Sistemas operativos  
Terminal modular CRT para computación  
Comunicación entre los computadores HP 2 100 y la computadora desarrollo intellec MDS  
Acceso a centros de cómputo de alta capacidad en la ciudad de México  
Control de telescopio de 2.14 m  
Procesamiento digital de señales

#### 5. *Equipo biomédico*

Vectocardiografía tridimensional

#### 6. *Componentes electrónicos y partes*

Crecimiento de cristales  
Desarrollo de una fuente antifuerite de ruido  
Convección fotovoltaica de energía solar

#### 7. *Otros*

Análisis de las sobre-tensiones debidas a descargas atmosféricas en líneas de alta tensión  
Desarrollo de un modelo teórico para diseño acústico de salas de auditorio  
Diseño y construcción de un taller  
Transporte electrónico en aislantes  
Coloración de sólidos a temperatura ambiente  
Sistema para el diseño y construcción de circuitos impresos y máscaras para circuitos integrados  
Crecimiento de monocristales y capas epitaxiales de silicio  
Nuevas estructuras CCD

## B. PROTOTIPOS

Al igual que en las investigaciones, el grueso de los prototipos enfocan a equipo de medición y prueba, computación (destacando principalmente la producción de modems), e instrumentación industrial.

### 1. Comunicaciones y equipo asociado

Radiotransmisor y radioreceptor de UHF  
Receptor y transmisor de microondas  
Sistema modular de multiplexaje  
Unidad aritmética básica  
Sistema digital para mostrar el procesamiento de datos (ALU)  
Oscilaciones forzadas reguladas en velocidad  
Bafles ampliadores de audio  
Osciladores  
Fuentes de poder reguladas, audiómetro, medidor de nivel de sonido  
Amplificador de audio  
Aguja de chandli  
Calibrador de profundidad para alto parlante  
Péndulo  
Graficador de modulación mecánica  
Conmutador automático privado multilineal compatible con la red pública  
Teléfono digital con capacidad de memoria de hasta 5 teléfonos  
Restrictor de llamadas de larga distancia

### 2. Instrumentos de medición y prueba

Acelerómetro  
Frecuencímetro digital parcial para hacer medición de campo  
Calorímetro  
Decibelímetro digital  
Voltímetro digital  
Cronómetro digital  
Multímetro digital  
Minilaboratorio portátil  
Generador programable de funciones  
Generador de señales  
Generador de funciones  
Generador de chispa  
Escalador  
Base de tiempo  
Coincidencia universal  
Discriminador integral  
Analizador monocanal  
Amplificador lineal  
Medidor de radiación  
Monitor de radiación (de bolsillo)  
Medidor de relación  
Estaciones sismológicas (sistemas operativos)  
Sensores micrometeorológicos

Termómetro electrónico

Cronómetro digital controlado por sensores ópticos

Consola para medir aceleraciones

Clasificador automático de vehículos

Equipo para una red telemétrica hidrológica de adquisición y procesamiento de información sobre precipitación pluvial y avenidas en cuencas cercanas a presas

Estación meteorológica digital

### 3. Instrumentos para control de procesos

Fuente de poder

Fuente de poder 0 a 15V AMP DC

Fuente de poder FP - 200

Fuente de poder FP - 300

Eliminador de batería

Fuente regulada de 0 a 30 VCD, 1 amper

Fuente regulada de 0 - 50 VCD, con medidores digitales

Fuente regulada de 0 - 20 VCD, con medidores digitales

Fuente regulada de 0 - 20 VCD, 20 amper

Fuentes de alimentación (0-40V - 2A)

Fuente de alto voltaje (0-100V)

Laser CO<sub>2</sub> miniatura

### 4. Computadoras y calculadoras

Registro automático en cinta cassette

Central de adquisición de datos

Terminal alfanumérica para sistemas de cómputo

Terminal de video de 7 colores para comunicación hombre-máquina

Unidad de control de acceso para terminales remotas

Unidad de control de acceso para terminales remotas modem inalámbrico

Intérprete de cinta magnética

Modems de 600 y 1200 bauds

Sistema cassette

Modem simplex

Unidad terminal remota

Instrumentación digital (medidora del flujo, temperatura, etc.)

### 5. Electrónica biomédica

Aparato de analgesia dental

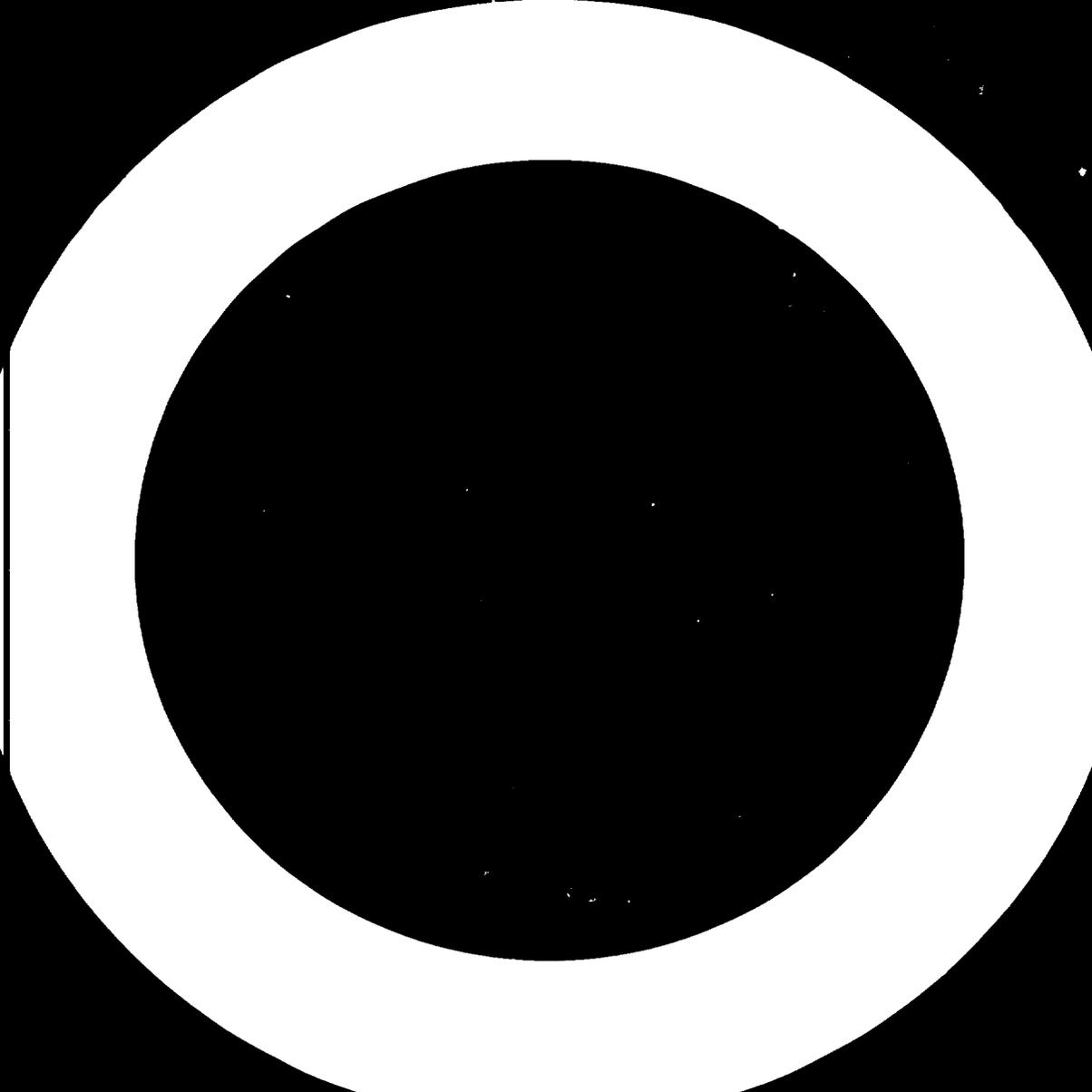
Contador de partículas biológicas

Electrocardiógrafo

### 6. En preparación

Desarrollo de equipo de control digital para secuencia cíclica

Instrumentación y control para plantas termoeléctricas



# INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

## CUADROS

Núm.		Pág.
1.	Electrónica profesional: Información requerida y fuentes de datos .....	18
2.	México: Demanda de equipo de telecomunicación ...	20
3.	México: Tendencia en el crecimiento telefónico, 1972-1977 .....	21
4.	Expansión del servicio telefónico automático por Teléfonos de México, S. A., en 1977 .....	21
5.	Programa de inversiones de Teléfonos de México, S. A., 1973-1980 .....	22
6.	México: Equipo de telecomunicación. Datos del mercado, 1973-1982 .....	24
7.	Otros proveedores de equipo de telecomunicación al mercado mexicano .....	26
8.	México: Participación de los principales proveedores en las importaciones de equipo de telecomunicación, 1976 .....	28
9.	México: Demanda de instrumentos de medición y prueba .....	30
10.	México: Datos del mercado de instrumentos de medición y prueba, 1973-1982 .....	32
11.	Proveedores de instrumentos de medición y prueba al mercado mexicano .....	32
12.	México: Tendencia de los controles de proceso, 1974-1982 .....	33
13.	México: Demanda de instrumentos para control de procesos .....	34
14.	México: Instrumentos para control de procesos. Datos del mercado, 1973-1982 .....	37
15.	Proveedores al mercado mexicano de instrumentos para control de procesos .....	38
16.	México: Sectores usuarios de instrumentos para control de procesos, 1977 .....	39
17.	Principales proyectos termoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, 1977-1982 .....	39
18.	Programa de inversiones de Petróleos Mexicanos, 1977-1982 .....	41
19.	Petróleos Mexicanos: Inversiones en oleoductos, 1977-1979 .....	41
20.	Número y tipo de analizadores en la corriente en la refinería de Petróleos Mexicanos en Minatitlán, Veracruz .....	42
21.	México: Inversión en la industria química y petroquímica secundaria, 1970-1982 .....	44

Núm.		Pág.
22.	México: Demanda de computadoras y calculadoras . . .	45
23.	México: Computadoras y calculadoras. Datos del mercado, 1973-1982 (Millones de dólares) . . . . .	48
24.	México: Computadoras y calculadoras. Datos del mercado, 1973-1982 (Crecimiento anual en porcentaje) . . . .	49
25.	Estructura de la utilización de computadoras por sectores	51
26.	México: Número de computadoras instaladas, 1972-1977	51
27.	México: Aplicación de las computadoras . . . . .	52
28.	México: Importación de computadoras por país de origen, 1974-1976 . . . . .	52
29.	México: Costo de los componentes importados y precio de venta . . . . .	52
30.	Principales proveedores de computadoras y calculadoras al mercado mexicano . . . . .	53
31.	México: Demanda de equipo biomédico . . . . .	56
32.	México: Estructura de los servicios de salud, 1975 . . . .	57
33.	México: Equipo biomédico electrónico. Datos del mercado, 1973-1982 . . . . .	59
34.	Principales proveedores de equipo biomédico al mercado mexicano . . . . .	61
35.	México: Demanda de componentes electrónicos y partes	62
36.	Costo de los componentes de equipo de telecomunicación y de los televisores a color, como porcentaje del costo total de venta . . . . .	64
37.	México: Componentes electrónicos y partes. Datos del mercado, 1973-1982 . . . . .	65
38.	México: Estructura del mercado de componentes electrónicos, 1976 . . . . .	66
39.	México: Estructura del mercado de semiconductores, 1976	66
40.	México: Porciones del mercado de semiconductores que se abastecen localmente, 1976 . . . . .	67
41.	Oportunidades de empleo en la industria electrónica mundial . . . . .	67
42.	Principales fabricantes mexicanos de componentes electrónicos . . . . .	69
43.	México: Electrónica profesional. Resumen del mercado de productos terminados, 1973-1982 . . . . .	71
44.	México: Electrónica profesional. Resumen del mercado incluyendo componentes y partes, 1973-1982 . . . . .	72
45.	México: Electrónica profesional. Resumen del mercado de productos terminados, 1974-1982 . . . . .	72
46.	México: Electrónica profesional. Resumen del mercado incluyendo componentes y partes, 1974-1982 . . . . .	73

Núm.		Pág.
47.	México: Participación relativa de cada uno de los subsectores de equipo electrónico de bienes de capital en el mercado total, 1976 .....	74
48.	México: Importaciones de equipo electrónico profesional (productos terminados), 1973-1982 .....	74
49.	México: Contribución de la industria nacional a la demanda de equipo electrónico profesional, 1973-1982 .....	75
50.	México: Participación de la industria nacional en el mercado de equipo electrónico profesional (productos terminados), 1973-1982 .....	75
51.	México: Importaciones de bienes de capital, 1970-1977 .....	76
52.	México: Comparación del crecimiento de las industrias productoras y usuarias, de equipo electrónico con el producto interno bruto, 1973-1982 .....	76
53.	México: Relación entre las importaciones de bienes de capital y el producto interno bruto, 1970-1977 .....	77
54.	México: Factores estimados de crecimiento del sector electrónico profesional, 1983-1986 .....	77
55.	México: Electrónica profesional. Proyección del mercado de productos terminados, 1977-1986 .....	78
56.	México: Electrónica profesional. Proyección del mercado incluyendo componentes y partes, 1977-1986 .....	79
57.	México: Electrónica profesional. Datos acumulados de la proyección del mercado de productos terminados, 1977-1986 .....	79
58.	México: Electrónica profesional. Datos acumulados de la proyección del mercado incluyendo componentes y partes, 1977-1986 .....	80
59.	México: Importaciones de equipo electrónico profesional, 1973-1986 .....	80
60.	Comparación entre una planta en México y una europea de una misma compañía .....	83

## GRAFICAS

1.	Evolución de los semiconductores, 1960-1980 .....	8
2.	Producción mundial de circuitos integrados, 1960-1980 .....	10
3.	Función precio de circuitos integrados .....	12
4.	Confiabilidad de los elementos semiconductores, 1950-1980 .....	14

Se terminó de imprimir este libro el 12 de febrero de 1979 en Policromía. Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México 7, D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13951

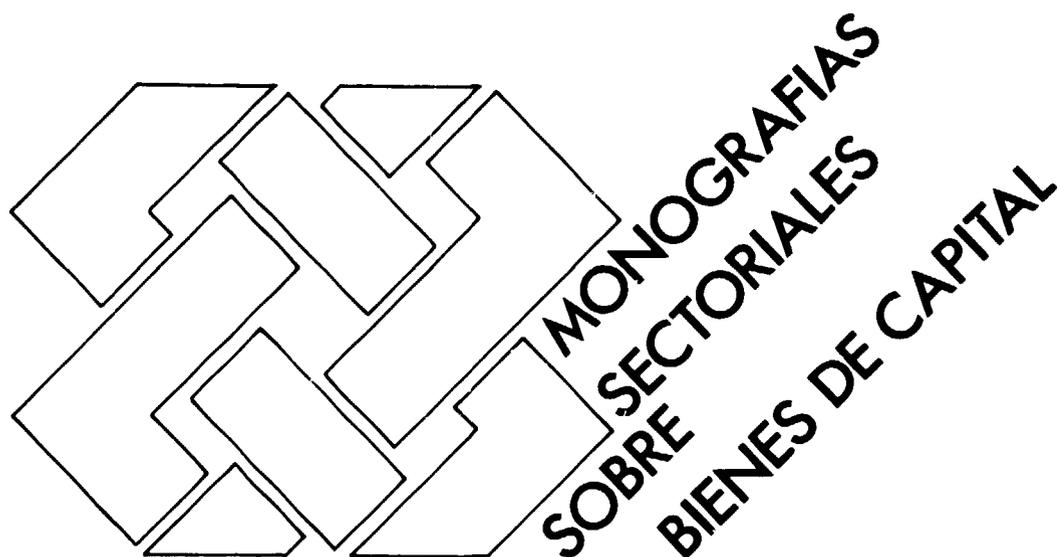
(4 of 7)

MONTE  
SANTO

LA DEMANDA DE

PETROLERA Y

**nacional financiera, s. a.**



**Núm. 5**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LAS INDUSTRIAS  
PETROLERA Y PETROQUIMICA BASICA EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

NACIONAL FINANCIERA, S. A.  
Isabel la Católica Núm. 51  
México 1, D. F.

*Este documento es la quinta de las Monografías Sectoriales que forman parte de las investigaciones detalladas que viene realizando Nacional Financiera sobre la situación de la oferta y la demanda de bienes de capital.*

*En el estudio se analiza la magnitud de la demanda futura de la maquinaria y equipo que requiere Petróleos Mexicanos para habilitar sus proyectos de refinación, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos en el periodo de 1977 a 1986.*

*Las inversiones de Petróleos Mexicanos para el lapso 1977-1982 se han estimado en más de 300 000 millones de pesos, las que, de acuerdo a información disponible, aumentarán hasta 430 000 millones de pesos en el periodo de 1983 a 1986. De estas cifras, las ramas de producción consideradas en el presente estudio para determinar la demanda de bienes de capital, participan con un promedio de poco más de 50% de la inversión total; y de esa proporción, poco menos de la mitad, a su vez, constituyen bienes de capital. Es evidente, por tanto, que se trata de un importante segmento de la demanda de maquinaria y equipo.*

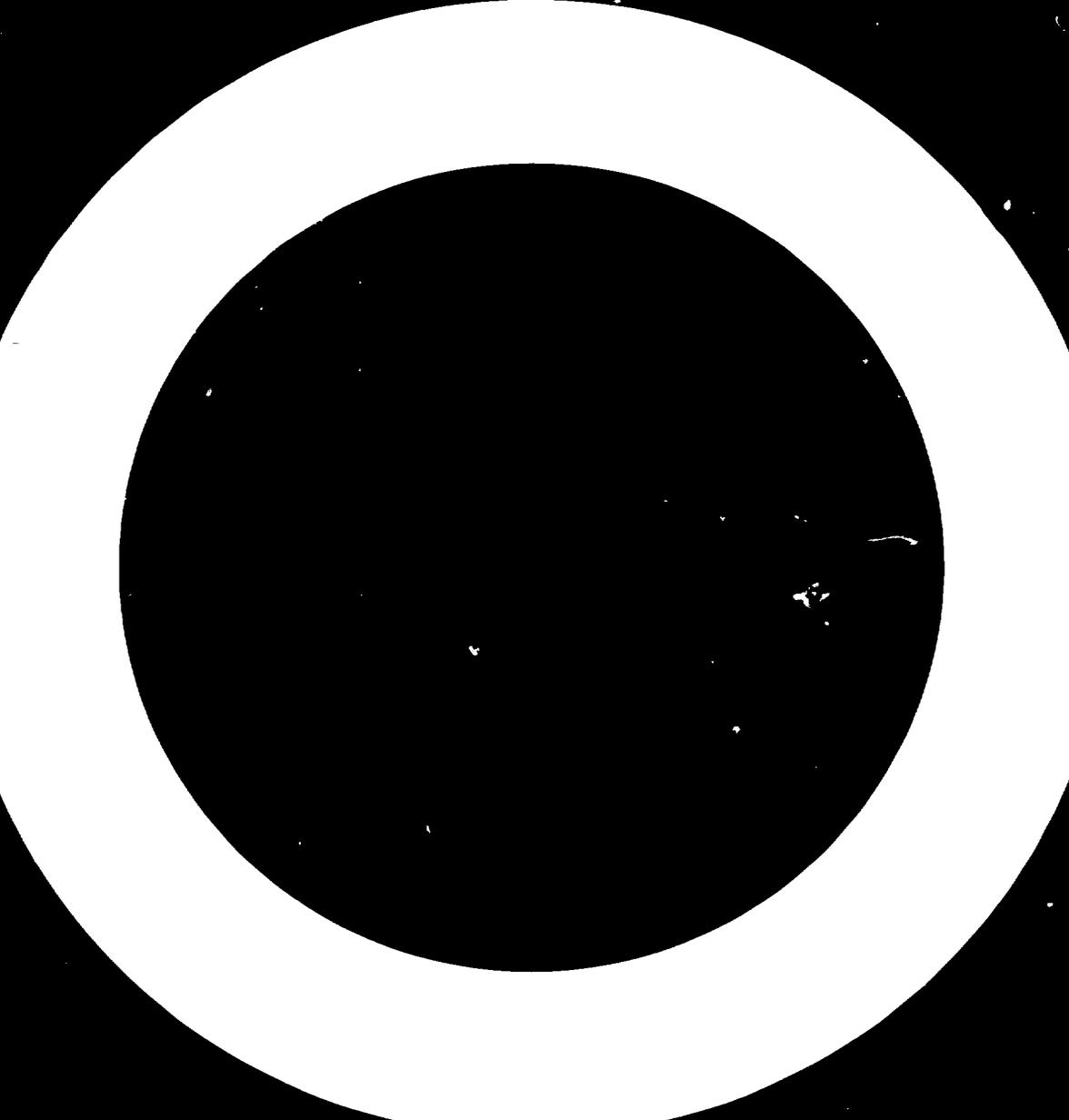
*Para elaborar el estudio se agradece la buena disposición y la aportación de información que proporcionaron, entre otras instituciones, Petróleos Mexicanos y las empresas Bufete Industrial y Procesos de México. El documento constituye un esfuerzo de investigación que contó también con el apoyo sustantivo del Instituto Mexicano del Petróleo. La conjunción de esfuerzos entre Nacional Financiera —a través de su proyecto conjunto NAFINSA-ONUDI— y el Instituto Mexicano del Petróleo se ha fortalecido al proseguir a investigar el papel que juegan las firmas de ingeniería en el desarrollo de los bienes de capital. Debido a su importancia y extensión, próximamente aparecerá como documento por separado.*

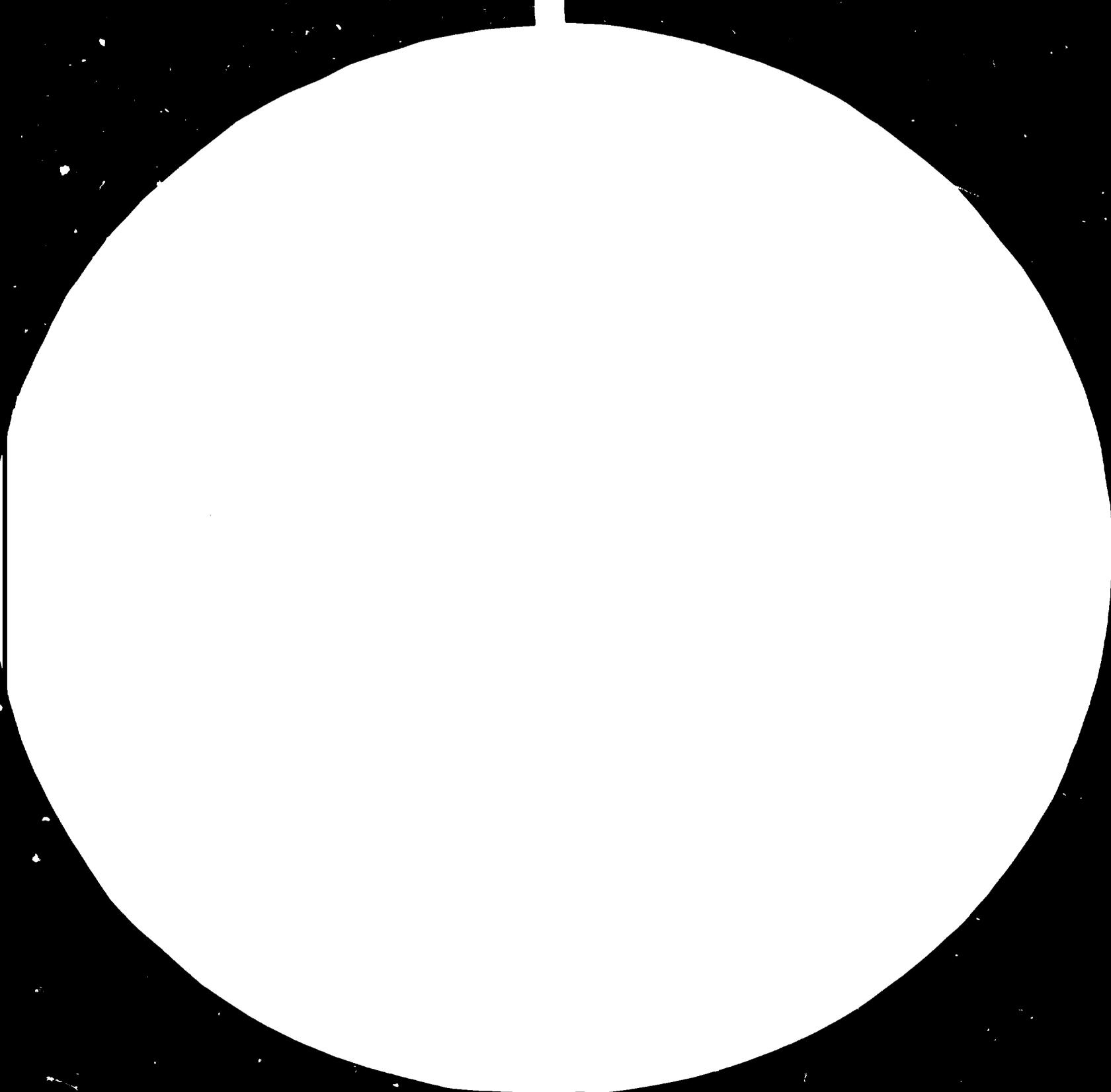
*Es conveniente aclarar que las estimaciones sobre el futuro desarrollo de la industria se basaron en los programas y políticas formulados por Petróleos Mexicanos hasta el momento de realización del propio estudio. Si bien ulteriores cambios en dichos programas modificarán en parte los resultados obtenidos, se puede afirmar que las órdenes de magnitud se mantendrán dentro de márgenes aceptables y servirán para orientar al inversionista potencial en los campos más significativos y atractivos.*

*Animados del propósito de contribuir a sistematizar la información para inversionistas actuales y potenciales, funcionarios del sector público encargados de evaluar la industria de bienes de capital y otros interesados, esperamos con esta publicación ofrecer orientaciones para la realización de proyectos específicos de índole competitiva en los ámbitos nacional e internacional, siguiendo los lineamientos de política económica establecidos por el Gobierno Mexicano.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
Director General

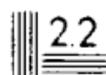
NACIONAL FINANCIERA, S. A.







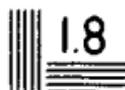
32



36



4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1910A  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

## CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	iii
I. Resumen y conclusiones .....	1
II. Situación actual y perspectivas del sector petrolero .....	3
III. Programa de inversiones .....	7
IV. Aspectos metodológicos .....	13
A) Clasificación de bienes de capital .....	13
B) Características de algunos bienes de capital seleccionados .....	14
C) Clasificación de bienes de capital por origen de fabricación .....	15
D) Definición de proyectos de PEMEX .....	15
E) Determinación del valor de la demanda de bienes de capital .....	16
F) Caracterización de la demanda .....	16
G) Funciones peso .....	17
H) Funciones precio .....	17
I) Modelo de refinación .....	18
J) Modelo petroquímico .....	19
Apéndice A. Funciones peso de los equipos .....	20
Apéndice B. Funciones precio de los equipos .....	27
V. Comparación de precios del equipo y materiales originarios de México y Estados Unidos .....	37
A) Materiales .....	37
B) Equipo .....	37
VI. Demanda de bienes de capital para la refinación de petróleo .....	39

	Pág.
A) Valor de la demanda de equipo y materiales por unidad de producción .....	39
B) Cálculo de la demanda total de equipo y materiales para el periodo 1977-1986 .....	42
C) Características del equipo y de los materiales .....	42
VII. Demanda de bienes de capital para la petroquímica básica	51
A) Valor de la demanda .....	51
B) Características del equipo y de los materiales .....	56
VIII. Demanda de bienes de capital para el transporte y distribución de hidrocarburos .....	57
IX. Demanda de equipo y materiales para la industria petrolera .....	61
Indice de cuadros y gráficas .....	63
Resumen en inglés .....	69

## I. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se estima que el valor de la demanda de los bienes de capital que se utilizan en los procesos de refinación, petroquímica primaria y transporte y distribución de hidrocarburos en México, podrá alcanzar poco más de 93 500 millones de pesos de 1977 en el periodo 1977-1986.<sup>1</sup> La cifra anterior no considera las erogaciones en infraestructura, construcción y bienes de consumo. Incluyendo estos tres conceptos la cifra se elevaría a 210 000 millones de pesos para el decenio considerado.

El cuadro 1 muestra el valor de la demanda de la industria petrolera nacional de los equipos de mayor importancia clasificados por rama usuaria, para el periodo 1977-1986, los que en su conjunto representan 66% de la demanda total que genera dicha industria. Entre tales productos ocupa un lugar relevante la tubería, que absorbe 53% del total; le siguen en importancia los compresores con 14.1%, los intercambiadores de calor con 12%, los

recipientes a presión con 11.8% y las válvulas con 9.1%. El valor total de la demanda conjunta de estos bienes de capital se estima que alcanzará 61 951 millones de pesos en el periodo considerado.

Por lo que se refiere a compresores, la demanda se concentra en los de gran tamaño que aún no se fabrican en el país, por lo que ello podría dar origen a estudios específicos de preinversión que determinarían la conveniencia de su fabricación interna.

Respecto a los demás equipos, aunque actualmente se producen en el país, se considera que la capacidad instalada no es, por ahora, suficiente para cubrir la demanda, por lo que se justifica indagar la posibilidad de formular proyectos de inversión en esas áreas.

En función al peso, se han escogido los equipos de mayor demanda, mismos que aparecen en el cuadro 2, donde la tubería representa poco más de 74% del total, 4.2 millones de toneladas; le siguen en importancia, la placa de acero para tanques con el 12.7%, el acero estructural con 5.9%, los recipientes a presión con 4.8% y los intercambiadores de calor con el 2.4% restante.

Aunque se tienen indicaciones de que se incrementará la capacidad de producción de tubería

Cuadro 1

### MEXICO: BIENES DE CAPITAL PARA LA INDUSTRIA PETROLERA, CON DEMANDA SUPERIOR A 5 000 MILLONES DE PESOS, 1977-1986

(Millones de pesos de 1977)

Productos	Valor	%
TOTAL	61 951	100.0
Tubería	32 818	53.0
Compresores	8 762	14.1
Intercambiadores de calor	7 424	12.0
Recipientes a presión	7 303	11.8
Válvulas	5 644	9.1

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

<sup>1</sup> La estimación de la demanda futura se ha realizado en términos de unidades y de valor a precios de 1977. Adicionalmente, se caracterizaron los equipos más importantes de acuerdo a su capacidad en lo que toca a potencia y área de intercambio, así como al material de que están contruidos y su peso. Fue indispensable, para ello, estimar la "curva de población" de las diferentes clases de equipo consideradas en el análisis.

Cuadro 2

### MEXICO: ESTIMACION DEL VOLUMEN DE LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA LA INDUSTRIA PETROLERA, 1977-1986

(Toneladas métricas)

Productos	Toneladas	%
TOTAL	4 245 000	100.0
Recipientes a presión	203 000	4.8
Intercambiadores de calor	101 000	2.4
Tubería	3 150 000	74.2
Placa de acero para tanques	540 000	12.7
Acero estructural	251 000	5.9

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

para hacer frente a la demanda originada por la construcción de gasoductos, resulta necesario realizar estudios tendientes a la creación o ampliación de las unidades fabriles para cubrir la demanda generada en otras ramas como refinación, oleoductos, etc.

La presente investigación se enfrentó a un considerable grado de dificultad para clasificar y caracterizar el equipo. Sin embargo, en donde fue posible, éste se clasificó por tamaño, capacidad y material de que estaba constituido. Cabe destacar que prácticamente todos los recipientes a presión están hechos de acero al carbono, a excepción de algunos reactores; las corazas de los intercambiadores de calor son, asimismo, de acero al carbono; y los tubos son de aleaciones ferrosas y no ferrosas.

Los intercambiadores tipo cabeza flotante representan 87% del valor total de la demanda en la rama de refinación.

Actualmente, los soloaires (enfriadores de aire) no son utilizados en forma extensiva por Petróleos Mexicanos debido a que sus plantas se ubican, principalmente, en lugares con abundancia de agua; pero se estima que el uso de soloaires se incrementará a futuro en refineries como las de Cadereyta y Tula II, donde los recursos acuiferos no son de consideración.

El valor de las bombas centrífugas representa 84% del total de la demanda en el renglón de refinación; el 16% restante está constituido por bombas reciprocantes (de pistón) de baja capacidad, que se utilizan principalmente como dosificadoras. Un alto porcentaje de las bombas centrífugas están dotadas de las carcasas de acero fundido y sólo 11 a 13% de ellas tienen impulsores de cromo. Por otro lado, únicamente 12% de las bombas

utilizadas en refineries tienen accionadores de turbina, mientras el 88% restante cuenta con motores eléctricos.

El cuadro 3 incluye el cálculo de precios para el equipo de una refinaria modelo, a valores de 1977.

Ante las limitaciones de información para definir y caracterizar una parte del equipo, fue necesario estimar correlaciones matemáticas entre el peso de los equipos, como variable dependiente, y el tamaño de éstos como variable independiente, con respecto al precio (variable dependiente). De ellas se obtuvieron altos niveles de confiabilidad en la estimación, lo que permitió hacer deducciones para el cálculo y análisis requeridos.

Un examen general del nivel comparativo de precios del equipo petrolero indica que el que se fabrica en el país tiene, aparentemente, un nivel de costo más bajo que el importado.

Cuadro 3

MEXICO: PRECIOS DE EQUIPOS RELEVANTES PARA LA INDUSTRIA PETROLERA, 1977

Productos	Pesos por kilogramo
Columnas y torres	37
Recipientes y reactores	36
Intercambiadores de calor	
Con coraza y haz de acero al carbono	54
Con haz de acero aleado	88
Con haz de admiralty <sup>1</sup>	73

<sup>1</sup> Aleación cúprica.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

## II. SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL SECTOR PETROLERO

La extracción y refinación de petróleo, actividades importantes para el desarrollo económico del país, se caracterizan por un dinámico crecimiento, superior, en los últimos años, al ritmo de la economía nacional en su conjunto. El producto interno bruto de la industria petrolera, en 1977, fue de 20 740 millones de pesos, a precios de 1960, resultando, para el periodo 1965-1977, una tasa anual de crecimiento cercana a 9%, mientras que, para el mismo lapso, el producto interno bruto total creció a una tasa de 5.6% anual. En cuanto a la participación de la industria del petróleo en el producto interno bruto, en los años considerados, pasó de 3.5% en 1965, a cerca de 5.1% en 1977.<sup>2</sup>

Con base en el Censo Industrial de 1970, se estima que el personal ocupado en actividades directas de extracción y refinación de petróleo fue de poco más de 17 000 personas, con un capital invertido de aproximadamente 14 150 millones de pesos, lo cual caracteriza a ésta como una industria de densidad de capital intermedia entre lo que sería el promedio del sector industrial y el de la industria petroquímica.<sup>3</sup> Además, el efecto indirecto de esta actividad económica sobre el empleo es significativo, pues en el encadenamiento inter-industrial se estima que por cada empleo generado en esta industria se requieren alrededor de seis plazas en actividades auxiliares a la misma.

La actividad de extracción y refinación de petróleo es competencia exclusiva del Estado, quien a su vez la delega en la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX), que en la actualidad cuenta con siete refinarias ubicadas en distintas regiones del país, cuyas capacidades productivas alcanzan, en conjunto, 973 500 barriles por día (véase el cuadro 4). De ellas, tres son de mayor importancia; la situada en Minatitlán, Veracruz, con capacidad de refinación de 275 000 barriles diarios y unidades de procesamiento capaces de alimentar de hidrocarburos a sus propias instalaciones petroquímicas; la de Salamanca, Guanajuato, con ca-

pacidad de procesamiento de crudo de 200 000 barriles diarios; y la de Ciudad Madero, Tamaulipas, con capacidad de 185 000 barriles diarios. La participación conjunta de estas tres plantas en la capacidad total de refinación del país es de 67.8%.

Cuadro 4

### PETROLEOS MEXICANOS: NUMERO DE REFINERIAS, UBICACION Y CAPACIDAD DE DESTILACION PRIMARIA Y FRACCIONAMIENTO DE GASOLINA NATURAL, 1977

(Barriles por día)

Refinerías	Capacidad de destilación primaria	%
TOTAL	973 500	100.0
Minatitlán, Veracruz	275 000	29.3
Salamanca, Guanajuato	200 000	20.5
Ciudad Madero, Tamaulipas	185 000	19.0
Tula, Hidalgo	150 000	15.4
Azacapatzalco, Distrito Federal	105 000	10.8
Poza Rica, Veracruz	38 000	3.9
Reynosa, Tamaulipas	20 500	2.1

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de las memorias de labores de Petróleos Mexicanos

Los productos obtenidos en el proceso de extracción y refinación de petróleo se utilizan básicamente como energéticos. En la actualidad se estima que los requerimientos de energéticos en el país se satisfacen en 90% con hidrocarburos, y se considera que, aun cuando se vislumbra el aprovechamiento de otras fuentes de energía, el petróleo seguirá constituyendo la fuente primordial.

Durante el periodo 1965-1977, la producción de petróleo crudo (y líquidos de absorción) de Petróleos Mexicanos creció a un ritmo promedio de 9.6% anual, al pasar de 132.1 millones de barriles en 1965, a 396.2 millones en 1977 (véase el cua-

<sup>2</sup> Estimación basada en cifras del Banco de México, S. A.

<sup>3</sup> La inversión por hombre ocupado, o densidad de capital, es sólo indicativa debido a que las cifras de inversión podrían incluir variaciones importantes explicadas por el régimen de depreciación.

dro 5). Este desenvolvimiento se vio influido, entre otros factores, por el relativo desarrollo del sector industrial del país, que ha generado mayores demandas de combustibles y otros productos del petróleo; y sobre todo, por el acelerado ritmo de crecimiento de la rama del transporte, especialmente del automotor. A lo anterior debe agregarse la capacidad de PEMEX para concurrir a los mercados internacionales, lo que sitúa al país como importante exportador de petróleo y de algunos productos petroquímicos. El espectacular crecimiento ha sido posible gracias a la explotación de pozos petroleros en los nuevos mantos localizados, particularmente, en el sureste del país.

Cuadro 5

MEXICO: PRODUCCION DE PETROLEO,  
GAS NATURAL Y REFINADOS, 1965-1977

Año	Petróleo crudo y líquidos de absorción (millones de barriles/año)	Gas natural (millones de m <sup>3</sup> /año)	Refinación de petróleo y líquidos de absorción (miles de barriles/día)
1965	132.1	13 964	364.6
1966	135.0	14 984	355.5
1967	149.9	16 222	403.9
1968	160.5	16 334	428.8
1969	168.4	17 217	412.7
1970	177.6	18 831	445.0
1971	177.3	18 219	462.1
1972	183.4	18 695	527.5
1973	189.6	19 163	561.0
1974	238.7	21 086	641.8
1975	294.4	22 373	668.0
1976	327.3	21 854	724.8
1977	396.2	21 148	811.2
Tasas anuales de crecimiento (%)			
1965-1970	6.1	6.2	4.1
1970-1975	10.6	3.5	8.5
1970-1977	12.1	1.7	9.0
1965-1977	9.6	3.5	6.9

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de las memorias de labores de Petróleos Mexicanos.

En lo tocante a la producción de gas natural, el incremento medio anual, para el periodo 1965-1977, fue de poco más de la tercera parte del registrado en la producción de petróleo crudo y líquidos de absorción, a consecuencia de la explotación de mantos petrolíferos de baja relación gas-petróleo; sin embargo, el descubrimiento de nuevos campos como los de la región de Reforma, Chiapas, con alta relación gas-petróleo (500-1 en promedio) hará posible incrementar la producción de gas, pre-

viéndose incluso, excedentes que podrían destinarse a la exportación.

Por su parte, la producción de refinados creció, durante el mismo periodo, a una tasa media anual de 6.9% (cuadro 5), crecimiento inferior al de la producción de crudos, en virtud de la porción de éste que se ha venido destinando a la exportación.

Una refinera está constituida por diversas secciones en las que se separan y procesan fracciones de hidrocarburos, que dan como resultado diversos productos como gas licuado, gasolinas, kerosinas, diesel, combustibles, lubricantes, parafinas y gas natural. Las ventas de estos productos, en el periodo 1971-1975, registran un crecimiento anual promedio de 20%, cifra elevada en comparación con el desenvolvimiento de la producción de refinados. La elevada tasa de aumento parece deberse, principalmente, a los incrementos en los precios de dichos productos durante el lapso en estudio.

Las inversiones anuales realizadas por PEMEX en extracción y refinación de petróleo, plantas petroquímicas y transporte y distribución de hidrocarburos, durante el periodo 1967-1972, permanecieron casi constantes a un nivel de cerca de 4 500 millones de pesos (véase el cuadro 6).

Durante el quinquenio 1972-1977, dichas inversiones se incrementaron sustancialmente alcanzando un promedio anual de 15 366 millones de pesos debido, en parte, a la instalación de la nueva refinera de Tula, Hidalgo, y al incremento de los precios.

Los cuadros 7 y 8 muestran los programas de producción de petróleo crudo, refinados y gas natural para el periodo 1977-1982, así como las exportaciones programadas. La tasa media de incremento anual que arroja la producción programada de petróleo crudo es de 18.7% en el periodo y 1% de las exportaciones totales (crudo y refinados) alcanza 48.5%.

Con base en cifras de PEMEX se ha estimado que la producción de petróleo crudo se incrementará de 953 000 barriles por día en 1977, a 2 242 000 barriles en 1982; esto representa un incremento en la explotación de 18.7% anual durante ese lapso. Se estima que las exportaciones de petróleo crudo alcanzarán alrededor de 894 000 barriles diarios en 1982 y que la exportación de refinados se iniciará, posiblemente, a finales de 1978 (cuadro 7).<sup>1</sup>

Para hacer frente a la producción programada de petróleo y refinados, PEMEX, tiene en marcha la instalación de seis nuevas refineras; asimismo, se ampliarán algunas de las existentes, como es el caso de las de Ciudad Madero, Minatitlán y Salamanca, que incrementarán su capacidad de procesamiento (véase el cuadro 9).

La capacidad de refinación en destilación primaria que fue de 974 000 barriles diarios en 1977,

<sup>1</sup> Este programa fue revisado por Petróleos Mexicanos, adelantándose la meta prevista de 1982 a 1980. Según el programa de PEMEX, en 1982 se contempla alcanzar una producción de 3.064 millones de barriles diarios de crudo.

Cuadro 6  
INVERSIONES DE PETROLEOS MEXICANOS,<sup>1</sup>  
1967-1977

(Millones de pesos)

Año	Inversión
1967	4 573
1968	4 627
1969	4 809
1970	4 069
1971	4 226
1972	4 704
1973	6 624
1974	8 395
1975	13 575
1976	23 982
1977	34 916

<sup>1</sup> Incluye inversiones para explotación, extracción y refinación de petróleo, para transporte y distribución de hidrocarburos y para petroquímica primaria.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de Petróleos Mexicanos.

se ha programado que se eleve a 1 670 000 barriles en 1982. La certidumbre para alcanzar dicho aumento está basada en la instalación de las refinerías de Salina Cruz, Oaxaca, que al concluir su primera etapa, en 1979 incorporará al conjunto una capacidad de refinación de 170 000 barriles diarios, mientras que con la segunda etapa tendrá en 1982, una capacidad adicional de proceso de 200 000 barriles diarios, asimismo, la de Tula, Hidalgo, en su segunda etapa, a concluirse en 1982, alcanzará una capacidad de refinación adicional de 200 000 barriles por día y la de Cadereyta, Nuevo León, en su primera etapa, a terminarse en 1980, tendrá una capacidad de operación de 235 000 barriles de petróleo crudo por día.

La demanda interna de productos refinados será de tal magnitud, hacia 1982, que requerirá ocupar alrededor de 72% de la capacidad total de refinación instalada en ese año, y se tendrá un excedente de capacidad productiva que permitirá hacer frente a probables desviaciones en los pronósticos de ventas y a las exigencias de exportación.

Para 1986 se tiene programado aumentar la capacidad de refinación de Petróleos Mexicanos en 400 000 barriles diarios, mediante la tercera etapa de la refinería de Salina Cruz (a concluirse en 1984), y la segunda etapa de la refinería de Cadereyta (a terminarse en 1985), cada una de las cuales aportará una capacidad de 200 000 barriles diarios más.

Cuadro 7

PETROLEOS MEXICANOS: PLAN DE PRODUCCION Y EXPORTACION DE PETROLEO  
CRUDO Y REFINADOS, 1977-1982<sup>1</sup>

(Miles de barriles por día)

Conceptos	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Producción de petróleo crudo	953	1 246	1 522	1 781	2 028	2 242
Exportación total	153	336	568	770	960	1 105
Crudo	153	303	354	563	773	894
Refinados	—	33	214	207	181	211

<sup>1</sup> Este programa ha sido revisado por Petróleos Mexicanos, adelantando a 1980 la meta de 1982.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de Petróleos Mexicanos.

Las capacidades por área de procesamiento de las nuevas refinerías así como la fecha probable de inicio de operaciones aparecen en el cuadro 10.

El programa de instalación de plantas petroquímicas contempla el establecimiento de complejos petroquímicos en La Cangrejera, Allende, Pajaritos y Cosoleacaque, en el Estado de Veracruz; y en Cactus, Chiapas. Se proyectan además plantas en Poza Rica, Veracruz; San Martín Texmelucan, Puebla; Salina Cruz, Oaxaca; Cadereyta, Nuevo León, y Salamanca, Guanajuato, las que se proyectan construir antes de 1982. Asimismo, hacia 1986, se tiene programada la instalación de 22 plantas petroquí-

micas primarias adicionales a las existentes con ubicación aún no definida.

Para los propósitos de este estudio se han incluido en el análisis todos los procesos de refinación de petróleo crudo, los servicios auxiliares inherentes, y en los complejos petroquímicos primarios, se han considerado, además, la elaboración de monómeros, intermedios, aromáticos y también polímeros tales como polietileno y polipropileno, sin incluir otros polímeros como PVC y poliestireno, en adición al procesamiento y endulzado de gases, la separación criogénica y la re-

<sup>2</sup> Proceso de eliminación de ácido sulfhídrico o de radical hidrosulfhídrico del gas natural.

<sup>3</sup> Proceso para separar hidrocarburos a baja temperatura.

Cuadro 8  
**PETROLEOS MEXICANOS: PROGRAMA DE PRODUCCION DE GAS NATURAL, 1977-1982**

Año	Millones de pies cúbicos por día	Equivalentes en barriles de crudo por día <sup>1</sup>
1977	2 183	442
1978	2 164	438
1979	2 916	590
1980	3 150	638
1981	3 378	684
1982	3 630	735

<sup>1</sup> Un millón de pies cúbicos equivale a 4.94 barriles de crudo, en condiciones normales de presión y temperatura.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Petróleos Mexicanos.

cuperación de azufre. Cabe aclarar que la producción del complejo de La Cangrejera, ubicado en Veracruz, se ha considerado íntegramente en el sector petroquímico aunque incluye también procesos de refinación.

En lo que se refiere al cálculo de la demanda de bienes de capital para el transporte y distribución de hidrocarburos, se han incluido las necesidades de equipo de todos los ductos planeados por PEMEX para transportar tanto hidrocarburos como productos petroquímicos primarios (bombas, compresores e instrumentos en general y los tanques de almacenamiento ubicados fuera de los centros de producción).

Como consecuencia de la expansión de capacidad en los procesos de refinación y petroquímica, planeada por PEMEX, el programa de construcción de ductos que la apoyen resulta altamente significativo.

El programa contempla la ampliación y construcción de nuevos ramales de ductos, de los cuales el más importante es el gasoducto que se tiene de Cactus, Chiapas a Reynosa, Tamaulipas y cuyas características lo colocan como una de las obras de ingeniería de mayor importancia en su

tipo en el hemisferio occidental, superada sólo por el oleoducto Alaska-Estados Unidos que se concluyó en agosto de 1977.

La línea transportará el gas natural extraído conjuntamente con el petróleo de los campos de Reforma, Chiapas, a una distancia aproximada de 1 300 kilómetros.

El gasoducto Cactus-Reynosa tendrá hacia 1981 una capacidad de transporte de 2 000 millones de pies cúbicos por día y el inicio de su operación se proyecta para 1979, con una capacidad inicial de transporte de 1 000 millones de pies cúbicos al día.

El diámetro del gasoducto será de 48 pulgadas y la presión de trabajo de 1 000 libras por pulgada cuadrada, que se mantendrá mediante 17 estaciones de compresión de 52 000 HP cada una.

La preparación del gas requerirá de una planta de endulzado y otra de separación de condensados (criogénica); esta última, con capacidad de 50 000 barriles por cada millón de pies cúbicos de condensado por día, se ubicará en Cactus, Chiapas.

Cuadro 9

**PETROLEOS MEXICANOS: AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE REFINACION DE PETROLEO CRUDO EN LAS PLANTAS EN OPERACION, 1978-1979**

(Barriles por día)

Conceptos	Ciudad Madero	Minatitlán	Salamanca
Hidrodesulfuradora de naftas	—	25 000	25 000
Reformadora de naftas	—	20 000	16 000
Hidrodesulfuradora de destilados intermedios	25 000	25 000	—
Desintegradora catalítica	28 000	—	40 000
Azufre	—	85	—
Lubricantes	—	—	2 000
Fecha probable de arranque	1978	1979	1979

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 10

**PETROLEOS MEXICANOS: INCORPORACION DE CAPACIDAD DE REFINACION DE NUEVAS PLANTAS, 1977-1985**  
(Miles de barriles diarios)

Áreas de procesamiento	Total	Salina Cruz I	Cadereyta I	Salina Cruz II	Tula II	Salina Cruz III	Cadereyta II
Inicio de operación		1979	1980	1982	1982	1984	1985
Capacidad procesadora de crudo	1 205	170	235	200	200	200	200
Destilación primaria	1 070	170	100	200	200	200	200
Destilación al vacío	610	75	135	100	100	100	100
Hidrodesulfuradora de naftas	205	25	36	36	36	36	36
Hidrodesulfuradora de kerosina	150	25	25	25	25	25	25
Hidrodesulfuradora de diesel	150	25	25	25	25	25	25
Reformadora catalítica	140	20	20	25	25	25	25
Desintegradora catalítica	240	40	40	40	40	40	40
Lubricantes	10	—	—	—	—	—	10

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del programa sexual de Petróleos Mexicanos.

### III. PROGRAMA DE INVERSIONES

En este capítulo se examina la magnitud y destino de las inversiones anuales programadas por Petróleos Mexicanos para instrumentar sus proyectos en los aspectos de refinación, petroquímica y transporte y distribución de hidrocarburos.

Las estimaciones de gasto anual se elaboraron a base de las prioridades de inversión del programa de PEMEX y pueden desde luego cambiar con nuevas políticas de la institución; de ahí que las cifras anuales de gasto deben considerarse hipótesis de trabajo. Sin embargo, la distribución de las inversiones mantendrá valores máximos al principio del sexenio (1977-1982) y mínimos al final, como se observa en la gráfica 1, en donde se presenta el total a invertir a partir de las cifras expuestas en el cuadro 11.

Petróleos Mexicanos planea invertir alrededor de 77 000 millones de pesos para refinación, 70 000 millones para petroquímica y 62 000 millones para transporte y distribución de productos.

Estas cifras incluyen la inversión destinada a maquinaria y equipo (bienes de capital), construcción, administración e ingeniería y otras obras de infraestructura.

La asignación de inversiones por plantas de refinación para el periodo 1977 a 1986 aparece en el cuadro 12. Se observa que la mayor inversión en el decenio se destinará a las tres etapas de la refinería de Salina Cruz, Oaxaca, con 27 300 millones de pesos, siguiendo en importancia los proyectos I y II de Cadereyta, Nuevo León, a los que se canalizarán 16 555 millones de pesos, y finalmente, a las ampliaciones de Tula I y a su segunda etapa, donde se ha programado invertir 10 504 millones; estas tres regiones absorberán, en conjunto, 70.0% de la inversión total para refinación. Es conveniente aclarar que dichas cifras son preliminares; sin embargo, sus variaciones serán poco significativas en el lapso de ejecución de las obras (véase la gráfica 2)

Aunque no se dispone de la distribución anual de las inversiones para los proyectos petroquímicos específicos, se tiene en cambio la inversión conjunta destinada a cada uno de los complejos petroquímicos que se instalarán en el periodo considerado (véase el cuadro 14). La suma de inver-

Cuadro 11

#### RESUMEN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES DE LA INDUSTRIA PETROLERA PARA REFINACION, PETROQUIMICA Y TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS, 1977-1986<sup>1</sup>

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Año	Total	Refinación	Petroquímica	Transporte y distribución
TOTAL	209 705	77 627	69 878	62 200
1977	23 815	8 854	11 703	3 259
1978	39 281	6 713	14 001	18 567
1979	32 539	7 851	12 285	12 403
1980	20 219	8 230	6 768	5 221
1981	15 204	8 396	3 769	3 039
1982	12 929	8 169	2 870	1 882
1983	13 704	7 670	3 411	2 623
1984	18 972	7 850	5 777	5 345
1985	18 205	6 855	5 512	5 838
1986	14 836	7 039	3 774	4 023
Estructura de la inversión (%)	100.0	37.0	33.3	29.7

<sup>1</sup> Estas cifras incluyen inversiones en maquinaria y equipo, construcción, administración e ingeniería y otras obras de infraestructura.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos.

sión programada para petroquímica básica asciende a cerca de 70 000 millones de pesos, los que se destinarán principalmente a seis plantas petroquímicas (91.3% del total). Es posible prever que los planes de expansión programados por Petróleos Mexicanos para la industria petroquímica básica, colocarán a esta rama entre las más importantes en el hemisferio occidental y la dotarán de capa-

Cuadro 12

## PETROLEOS MEXICANOS: PROGRAMA DE INVERSIONES EN REFINACION, 1977-1986

(Miles de pesos, a precios de 1977)

Refinerías	Total	1977	1978	1979	1980	1981
<b>TOTAL</b>	<b>77 626 590</b>	<b>8 854 030</b>	<b>6 712 650</b>	<b>7 850 710</b>	<b>8 230 200</b>	<b>8 396 000</b>
Azcapotzalco, Distrito Federal	119 700	85 700	34 000	—	—	—
Ciudad Madero, Tamaulipas	1 225 100	883 900	341 200	—	—	—
Minatitlán, Veracruz	1 751 200	883 060	695 890	172 250	—	—
Salamanca, Guanajuato	997 330	552 950	315 910	128 470	—	—
Tula I, Hidalgo	504 400	434 400	50 000	20 000	—	—
Tula II, Hidalgo	10 000 000	—	—	1 269 000	2 996 000	3 396 000
Salina Cruz I, Oaxaca	7 299 760	3 797 020	2 042 650	1 460 090	—	—
Salina Cruz II, Oaxaca	10 000 000	—	1 270 000	2 995 000	3 395 000	205 000
Salina Cruz III, Oaxaca	10 000 000	—	—	—	1 270 000	4 795 000
Cadereyta I, Nuevo León	6 555 100	2 217 000	1 963 000	1 805 900	569 200	—
Cadereyta II, Nuevo León	10 000 000	—	—	—	—	—
Planta de lubricantes	7 000 000	—	—	—	—	—
Otras refinerías	10 000 000	—	—	—	—	—
Modificaciones en diseño 10%	2 174 000	—	—	—	—	—

Refinerías	1982	1983	1984	1985	1986
<b>TOTAL</b>	<b>8 169 000</b>	<b>7 670 000</b>	<b>7 850 000</b>	<b>6 855 000</b>	<b>7 039 000</b>
Azcapotzalco, Distrito Federal	—	—	—	—	—
Ciudad Madero, Tamaulipas	—	—	—	—	—
Minatitlán, Veracruz	—	—	—	—	—
Salamanca, Guanajuato	—	—	—	—	—
Tula I, Hidalgo	—	—	—	—	—
Tula II, Hidalgo	2 004 000	335 000	—	—	—
Salina Cruz I, Oaxaca	—	—	—	—	—
Salina Cruz II, Oaxaca	335 000	1 800 000	—	—	—
Salina Cruz III, Oaxaca	3 395 000	205 000	335 000	—	—
Cadereyta I, Nuevo León	—	—	—	—	—
Cadereyta II, Nuevo León	1 285 000	2 980 000	3 380 000	2 020 000	335 000
Planta de lubricantes	1 150 000	2 350 000	2 350 000	1 150 000	—
Otras refinerías	—	—	1 000 000	3 000 000	6 000 000
Modificaciones en diseño 10%	—	—	785 000	685 000	704 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Instituto Mexicano del Petróleo (cifras preliminares) y Petróleos Mexicanos.

idad excedente para permitir significativas exportaciones de sus productos.

El programa de inversiones para la implementación de los proyectos en la rama de transporte y distribución de hidrocarburos, alcanza en el periodo 1977 a 1986, 62 200 millones de pesos, y las

erogaciones mayores se destinan a gasoductos que absorberán 33 877 millones de pesos; entre éstos destaca el de Cactus, Chiapas a Reynosa, Tamaulipas. Los oleoductos, ductos para refinados y centros de almacenaje tienen programadas inversiones por 12 788, 7 643 y 6 713 millones de pesos respectivamente (véase el cuadro 13).

Cuadro 13

**PETROLEOS MEXICANOS: PROGRAMA DE INVERSIONES EN TRANSPORTE Y DISTRIBUCION  
DE HIDROCARBUROS, 1977-1986**

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Conceptos	Total	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>TOTAL</b>	<b>62 200</b>	<b>3 259</b>	<b>18 567</b>	<b>12 403</b>	<b>5 221</b>	<b>3 039</b>	<b>1 882</b>	<b>2 623</b>	<b>5 345</b>	<b>5 838</b>	<b>4 023</b>
Oleoductos	12 788	760	2 690	1 697	447	414	185	763	2 703	2 173	956
Gasoductos	33 877	1 520	14 290	8 903	3 098	1 145	330	350	1 265	1 776	1 200
Ductos para refinados	7 643	585	1 151	1 147	949	711	536	643	436	811	674
Ductos para petroquímica	1 179	174	120	105	80	90	100	110	130	130	140
Centros de almacenaje	6 713	220	316	551	647	679	731	757	811	948	1 053

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUJI, con datos de Petróleos Mexicanos, División de Planeación de Transporte y Distribución de Hidrocarburos.

Cuadro 14

**PETROLEOS MEXICANOS: PROGRAMA DE INVERSIONES EN PLANTAS  
PETROQUIMICAS, 1977-1986**

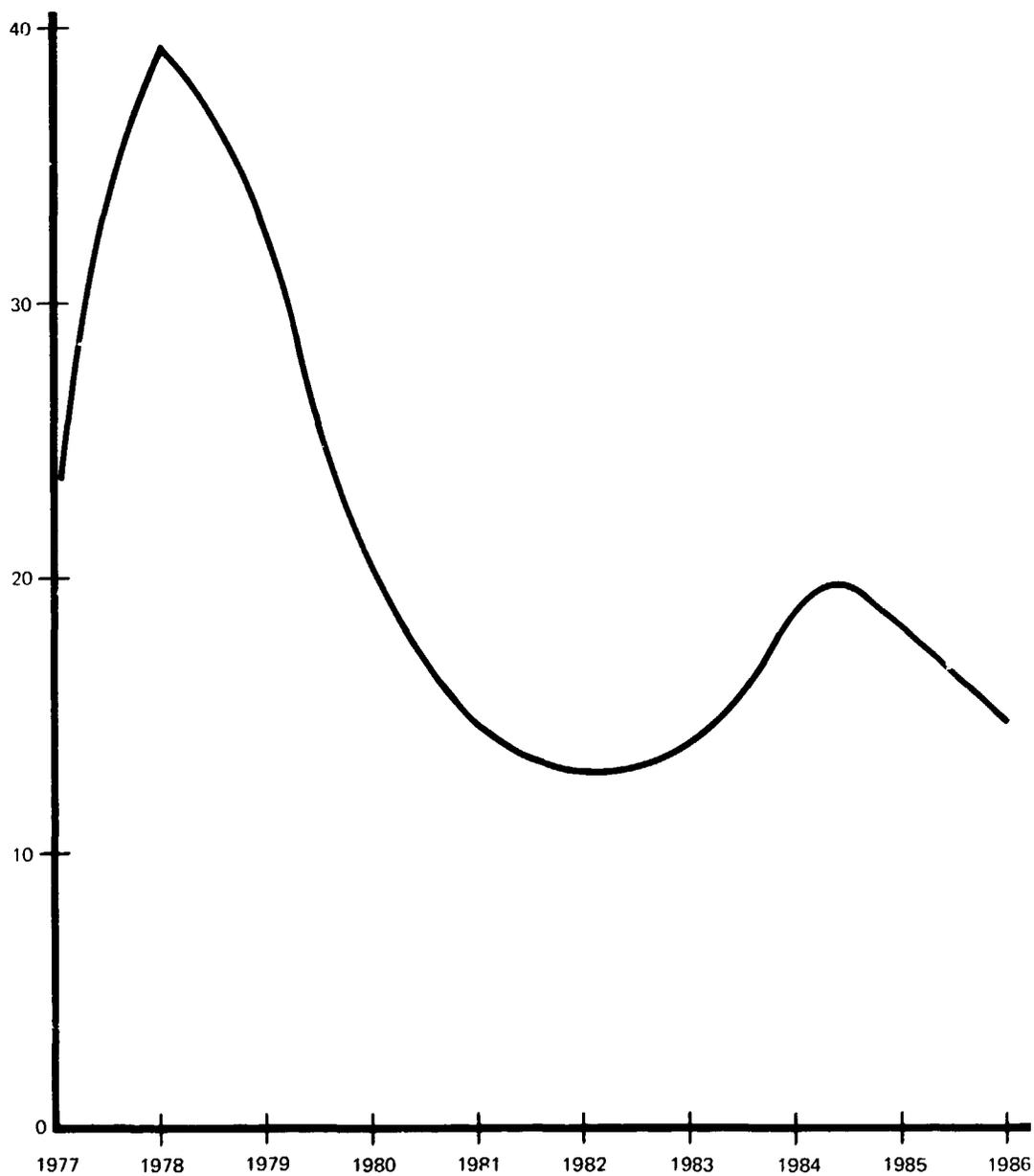
(Millones de pesos, a precios de 1977)

Ubicación de las plantas	Valor de la inversión	Estructura (%)	Ubicación de las plantas	Valor de la inversión	Estructura (%)
<b>TOTAL</b>	<b>69 878</b>	<b>100.0</b>	<b>San Martín Texmelucan, Puebla</b>	<b>1 398</b>	<b>2.0</b>
Ubicación aun no definida	22 561	32.3	Pajaritos, Veracruz	908	1.3
La Cangrejera, Veracruz	11 522	16.5	Tula, Hidalgo	839	1.2
Cunduacán, Tabasco	10 830	15.5	Salamanca, Guanajuato	629	0.9
Alfende, Veracruz	10 271	14.7	Salina Cruz, Oaxaca	280	0.4
Cactus, Chiapas	6 218	8.9	Cadereyta, Nuevo León	140	0.2
Poza Rica, Veracruz	2 375	3.4	Minatitlán, Veracruz	21	—
Cosoleacaque, Veracruz	1 886	2.7			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUJI, con datos del Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos.

Gráfica 1

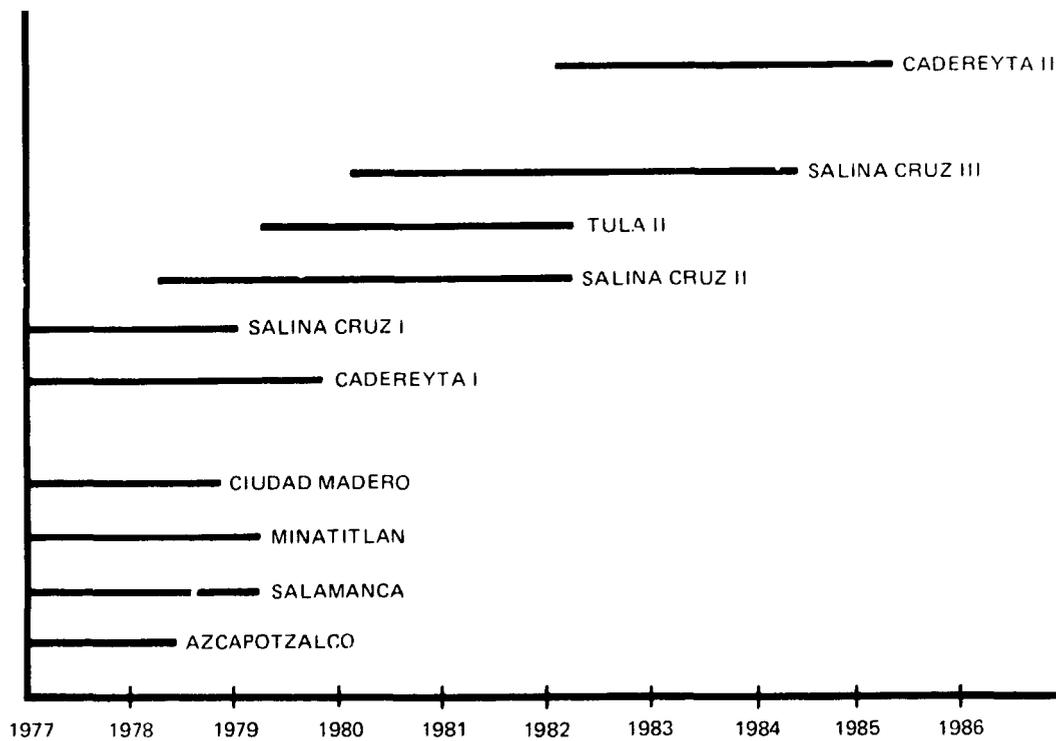
DISTRIBUCION ANUAL DE LA INVERSION DE PETROLEOS MEXICANOS PARA REFINACION, PETROQUIMICA BASICA Y TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS, 1977-1986  
(Miles de millones de pesos, a precios de 1977)



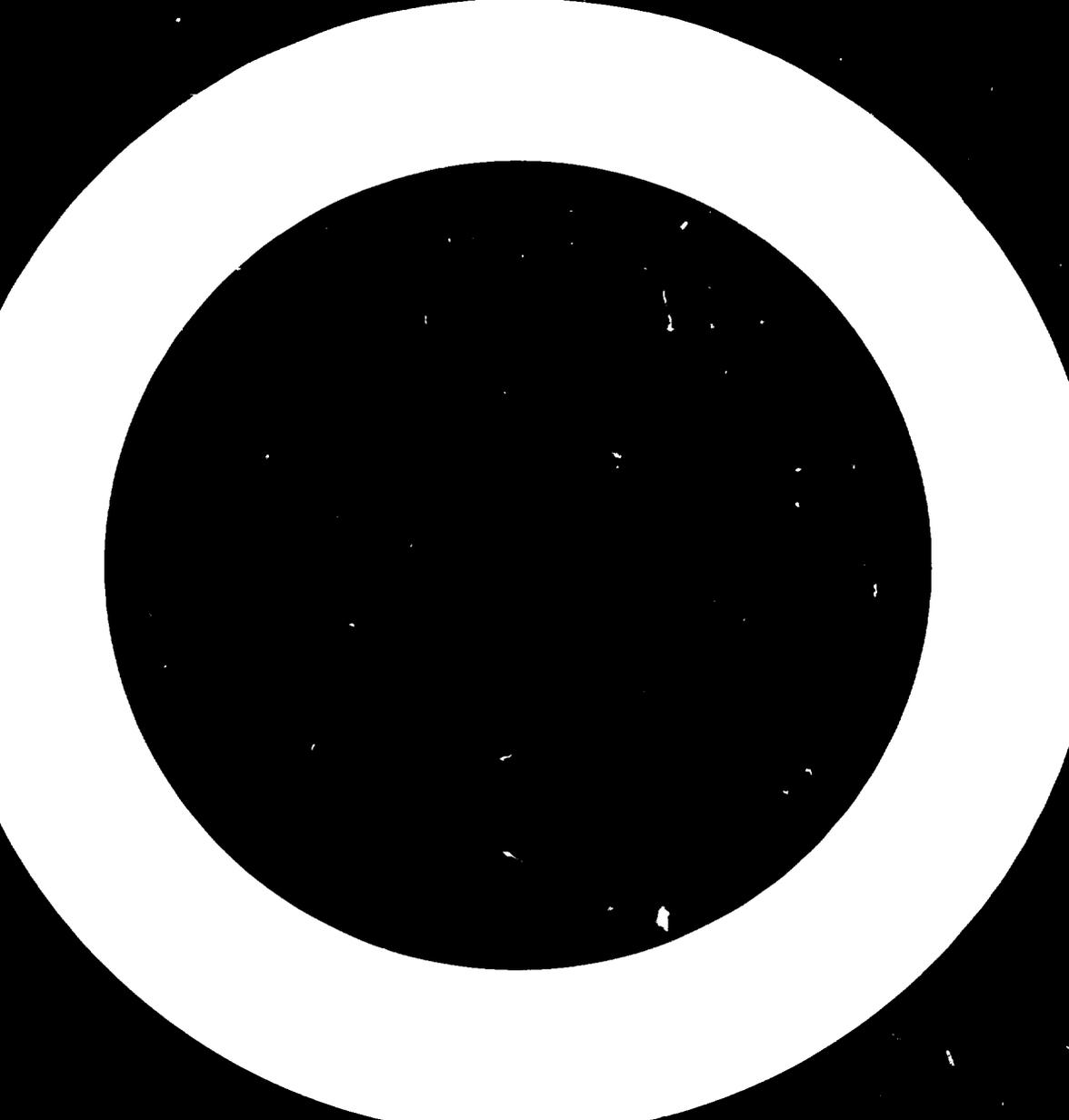
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos.

Gráfica 2

PROGRAMA DE EJECUCION DE OBRAS DE REFINACION  
DE PEMEX , 1977-1986



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUO', con datos del programa sexenal de Petróleos Mexicanos.



## IV. ASPECTOS METODOLOGICOS

En razón de la amplitud y complejidad de las tres ramas consideradas (refinación, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos), así como debido al largo periodo de proyección de la demanda de bienes de capital, fue indispensable diseñar una metodología específica adaptada a esas condiciones a fin de obtener resultados

confiables. Asimismo fue necesario hacer las estimaciones de demanda de cada una de las familias de equipo, de acuerdo con características técnicas tales como tamaño, peso, potencia, etc., factores indispensables para cuantificar la demanda y que sirvieran de apoyo a la programación específica de la industria productora de bienes de capital.

### A. CLASIFICACION DE BIENES DE CAPITAL

Como primer paso se procedió a elaborar una clasificación de bienes de capital que englobara los tipos específicos tanto del material como del

equipo que demanda el sector, definiendo también la gama de cada producto, con lo que se llegó a la identificación que se presenta enseguida.

#### CLASIFICACION DE BIENES DE CAPITAL DE LA INDUSTRIA PETROLERA

- |                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Intercambiadores de calor       | 6. Compresores                  |
| 1.1 De cabeza flotante             | 6.1 Centrifugos                 |
| 1.2 Tubo en U                      | 6.2 Accionadores                |
| 1.3 En recipiente                  | 6.2.1 Eléctricos                |
|                                    | 6.2.2 De turbina                |
| 2. Enfriadores de aire (soloaire)  | 6.3 Reciprocantes               |
| 3. Calentadores                    | 7. Sopladores                   |
| 3.1 Tubos y quemadores             | 7.1 Accionadores                |
| 4. Recipientes a presión           | 8. Turbinas de vapor            |
| 4.1 Torres                         | 9. Motores diesel               |
| 4.2 Recipientes y tanques pequeños | 10. Instrumentación             |
| 4.3 Reactores                      | 10.1 Instrumentos               |
| 4.4 Internos de torres             | 10.2 Válvulas de control        |
| 5. Bombas y accionadores           | 10.3 De desplazamiento positivo |
| 5.1 Accionadores eléctricos        | 11. Motores                     |
| 5.2 Accionadores de turbina        | 12. Transformadores             |
| 5.3 Bombas centrífugas             | 13. Paneles de distribución     |
| 5.4 Bombas reciprocantes           |                                 |

14. Centros de control de motores
15. Materiales eléctricos
16. Calderas
  - 16.1 Calderas principales
  - 16.2 Calderas para recuperación de calor
  - 16.3 Calderas de sobrecalentamiento
17. Turbogeneradores
  - 17.1 Generadores
  - 17.2 Turbinas
18. Torres de enfriamiento
19. Equipo para tratamiento de agua
20. Quemadores de campo
21. Equipo especial y misceláneo
22. Materiales para tanques de almacenamiento
23. Tubería
  - 23.1 Tubos
  - 23.2 Válvulas
  - 23.3 Conexiones
24. Acero estructural
25. Conductores eléctricos
26. Partes de repuesto

El siguiente material, aunque utilizado por la industria petrolera, ha sido excluido por no corresponder a la industria de bienes de capital en los términos definidos por el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI:

- a) Concreto
- b) Refractario
- c) Aislamiento
- d) Pintura

Algunos de los materiales y equipos englobados en las inversiones pero excluidos en el cálculo de la demanda de bienes de capital por las razones expuestas, fueron los siguientes:

- a) Edificios (incluyendo acondicionamiento de aire)
- b) Laboratorios
- c) Talleres
- d) Sistemas contra incendio
- e) Almacenes
- f) Vehículos automotrices
- g) Vagones de ferrocarril y su equipo
- h) Tratamiento de efluentes
- i) Instalaciones portuarias
- j) Infraestructura
- k) Caminos
- l) Construcción casas-habitación
- m) Centros médicos
- n) Comunicaciones (teléfonos, etc.)

Del análisis efectuado se llegó a la selección de 26 clases de maquinaria, equipo y materiales importantes, considerados como bienes de capital, que son utilizados en los procesos de refinación, petroquímica y transporte y distribución de hidrocarburos. Debe aclararse que, aunque el monto de las inversiones en los bienes excluidos es considerable, su contenido en términos de bienes de capital es reducido, y consecuentemente no afecta en forma sensible la validez de las estimaciones hechas en este trabajo.

## B. CARACTERISTICAS DE ALGUNOS BIENES DE CAPITAL SELECCIONADOS

1. *Intercambiadores de calor.* En cuanto fue posible, los haces de tubos y canales se trataron separadamente y de acuerdo al material de que estaban contruidos; es decir, acero al carbono, admiralty (aleación cúprica) o acero aleado (cromo-níquel y níquel-cobre). Prácticamente todas las corazas de los intercambiadores de calor son de acero al carbono y muy pocas están recubiertas.

2. *Enfriadores de aire (soloaire).* Los tubos que los constituyen son por lo general de acero al carbono o de acero al cromo, en cambio todas las aletas son de aluminio.

3. *Calentadores.* Son todos ellos calentadores de fuego directo y se han tratado sin desagregación por componentes.

4. *Recipientes a presión.* Se ha dado especial atención a los materiales de que están contruidos. Los pequeños tanques a presión atmosférica están incluidos en este renglón. Otros equipos, como los evaporadores, silos, extractores, cristalizadores y ciclones, aunque se encuentran raramente en las unidades de refinación, petroquímica o distribución de hidrocarburos, se han incorporado a este renglón.

5. *Bombas y accionadores.* Dentro del rubro de bombas centrífugas podrían incluirse otras bombas rotativas, cuya utilización en el sector petrolero es sumamente baja, por lo que no ameritan tratamiento por separado. En donde fue posible se listaron los accionadores separadamente.

6. *Turbinas y motores.* En el trabajo se desglosan estos accionadores separadamente.

7. *Instrumentación.* Los reductores de presión se incluyen en el grupo de válvulas de control.

8. *Calderas.* Las bombas y sus accionadores y sopladores se han excluido de este renglón y se han considerado dentro de los rubros generales de bombas y sopladores.

9. *Equipo para tratamiento de agua.* Este rubro incluye equipo para los tratamientos de agua de alimentación y condensados así como para los agua potable.

10. *Equipo especial y misceláneo.* Incluye filtros, agitadores, grúas, eyectores y juntas de expansión. Todos ellos, de baja importancia relativa dentro del valor total del equipo petrolero.

11. *Materiales para tanques de almacenamiento.* En este grupo solamente se consideran las placas de acero, excluyéndose el costo de la mano de obra utilizada en la construcción de los tanques.

12. *Tubería.* Este renglón incluye todos los tipos de válvulas excepto las de control (incluyendo válvulas de relevo y de solenoide); en cambio las conexiones comprenden adaptadores, conexiones propiamente dichas, empaques y pernos.

13. *Conductores eléctricos.* Incluye todos los cables y material conduit.

14. *Partes de repuesto.* Son aquellas que se han solicitado con el equipo original. Cuando fue posible, estas partes de repuesto se asignaron al equipo correspondiente.

## C. CLASIFICACION DE BIENES DE CAPITAL POR ORIGEN DE FABRICACION

El siguiente equipo se fabrica sobre pedido en los talleres de maquinado o pailería:

- a) Recipientes a presión
- b) Intercambiadores de calor
- c) Enfriadores de aire
- d) Acero estructural

El resto ha sido clasificado dentro de lo que se ha llamado equipo de catálogo. Cabe aclarar que ciertos compresores son fabricados sobre pedido.

Por último, cabe señalar que la información contenida en este documento sobre la demanda de equipos considerados como de pailería, podría servir como base para dimensionar algunos talleres de fabricación de bienes de capital.

## D. DEFINICION DE PROYECTOS DE PEMEX

Con el propósito de cuantificar la demanda de maquinaria y equipo para la industria petrolera fue necesario considerar el programa de proyectos, tanto de los que se encontraban en ingeniería, como de los que ya estaban en proceso de construcción en 1977, para los tres sectores seleccionados. El programa de proyectos para refinación se obtuvo directamente de Petróleos Mexicanos para los años de 1977 a 1986; el programa para habilitar los proyectos de producción de petroquímicos primarios se basó, asimismo, en información de Petróleos Mexicanos para los años 1977-1982; para después de 1982, se utilizó información proporcionada por el Instituto Mexicano del Petróleo. La programación de proyectos para la rama de transporte y distribución parece estar menos definida; sin embargo, en este renglón, se

tomaron en cuenta los proyectos propuestos por el Instituto Mexicano del Petróleo en concordancia con la opinión de Petróleos Mexicanos.

El resumen de los proyectos se presentó en el capítulo II de este trabajo y las estimaciones de la inversión en los mismos se ha expuesto en forma detallada en el capítulo III.

Los planes de ejecución de los proyectos y las fases de su programación están basados también en información obtenida de Petróleos Mexicanos y del Instituto Mexicano del Petróleo. Por principio, la programación de las inversiones de PEMEX se efectúa procurando evitar gastos excesivos en cualquier año; sin embargo, existen "picos" en cada sexenio (véase de nuevo la gráfica 1).

## E. DETERMINACION DEL VALOR DE LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL

Para determinar el valor de la demanda de cada uno de los 26 rubros en que se han clasificado los bienes de capital, fue necesario calcular la participación del valor de los bienes de capital dentro del costo de cada uno de los proyectos representativos que debe ejecutar PEMEX, para lo cual se diseñaron modelos aplicables a los proyectos de cada rama.

Los modelos para refinación y petroquímica se diseñaron tomando en cuenta los proyectos de Petróleos Mexicanos. Sin embargo, el modelo de refinación resultó una representación más fidedigna que el de petroquímica, como se analizará posteriormente. El costo del equipo y materiales para el modelo de refinación resulta de calcular los precios de sus componentes de bienes de capital, en cada una de las unidades representativas.

El tamaño y el precio han sido ajustados a datos reales de proyectos recientemente estructurados o en proceso de ejecución por parte de PEMEX; para ello se han usado las órdenes de compra y los precios de cada uno de los equipos por separado.

Todos los precios se han ajustado a los valores de mercado imperantes en el año de 1977, tomando en consideración el origen de los equipos. Los factores de escalación o ajuste para equipos adquiridos en el exterior se basaron en el índice Marshall and Stevens publicado por la revista *Chemical Engineering*.<sup>7</sup> Cabe aclarar que para escalar los precios de los intercambiadores de calor se usaron los índices Nelson. Es importante señalar que para obtener una escalación más

Cuadro 15

**FACTORES DE ESCALACION PARA EQUIPO  
NACIONAL, 1973-1977**

Conceptos	1973	1974	1975	1976	1977
Fabricación de productos metálicos	2.77	1.91	1.61	1.39	1.00
Recipientes a presión de acero al carbono	3.10	2.12	1.66	1.12	1.00
Intercambiadores de calor	2.50	1.73	1.50	1.37	1.00
Construcción de maquinaria	2.28	1.90	1.59	1.39	1.00
Construcción de artículos eléctricos	2.12	1.85	1.64	1.39	1.00

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras del Banco de México y estimaciones directas.

Cuadro 16

**FACTORES DE ESCALACION PARA EQUIPO  
NORTEAMERICANO, 1973-1977**

Conceptos	1973	1974	1975	1976	1977
Equipo fabricado	1.49	1.25	1.12	1.06	1.00
Intercambiadores de calor	2.08	1.66	1.38	1.19	1.00
Bombas y compresores	1.71	1.36	1.16	1.08	1.00
Instrumentación y control	1.37	1.22	1.12	1.04	1.00
Tubos, válvulas y conexiones	1.63	1.29	1.14	1.09	1.00
Acero estructural	1.59	1.30	1.13	1.06	1.00

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Arkadie Pikulik y Héctor E. Díaz, "Cost estimating for major process equipment". *Chemical Engineering*, vol. 84, núm. 21, octubre 10, 1977; pp. 106-122. Nelson Index, publicado periódicamente en *Oil and Gas Journal*.

precisa de los precios de adquisición de los bienes de capital, hubo que utilizar las estadísticas publicadas por el Bureau of Labor Statistics, del Gobierno de Estados Unidos, procedimiento que puede aplicarse en otros futuros trabajos. Sin embargo, los índices usados en este estudio se emplean frecuentemente para determinar costos de capital de proyectos, por lo cual se han considerado adecuados.

Para escalar los valores del equipo y materiales adquiridos localmente, se utilizaron los índices de precios que elabora el Banco de México en los renglones de "Fabricación de productos metálicos", "Construcción de maquinaria" y "Construcción de artículos eléctricos".

La escalación de precios para los intercambiadores de calor y los recipientes a presión de acero al carbono, se hizo basándose en experiencias previamente adquiridas por el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Los cuadros 15 y 16 muestran los factores de escalación para equipo nacional y para el procedente de Estados Unidos respectivamente, y para evitar confusión con las diferentes tasas de cambio de la moneda mexicana con respecto a monedas extranjeras, los equipos y materiales se han escalado en la moneda del país vendedor a precios de 1977, y posteriormente se ha hecho la conversión a moneda nacional, utilizando un factor de conversión de 22.75 pesos mexicanos por dólar. El ajuste de los precios se hizo con base en la fecha de compra de cada uno de los equipos.

## F. CARACTERIZACION DE LA DEMANDA

La metodología expuesta en el punto anterior permitió cuantificar el valor de la demanda anual

<sup>7</sup> Thomas H. Arnold y Cecil H. Chilton, "New index shows plant cost trends". Vol. 70, núm. 4, febrero 18, 1963; pp. 143-152.

de cada una de las clases de bienes de capital. Resulta conveniente, además, caracterizar con detalle esa demanda, de tal forma que pueda servir de base para planificar la industria de bienes de capital. En el caso de los compresores, por ejem-

plo, es importante determinar la participación de los compresores de fabricación en serie (pequeños compresores de aire) dentro de la demanda global y la de los de fabricación específica, tales como los de gran tamaño que se usan en las plantas de amoniaco, etileno y de reformación catalítica.

La caracterización del equipo se hizo de acuerdo a los siguientes parámetros: a) tamaño, b) tipo y c) material de que está construido el propio equipo.

Debe entenderse por "tamaño" la característica fundamental de capacidad de cada uno de los equipos. Así, para los intercambiadores de calor sería el área de intercambio; la potencia se usaría para referirse al tamaño de motores o turbinas; y cualquier otra unidad estándar ingenieril se utilizará para un bien específico, dependiendo del tipo de equipo en cuestión.

El "tipo" del equipo se aplica en aquellas áreas en donde es necesario distinguir diferentes clases de equipo; tales como bombas centrífugas, bombas

recíprocas o intercambiadores de calor de cabeza flotante o de tubo en U, etc.

Los "materiales de que está construido" el equipo se han identificado en lo posible por separado, como es el caso del acero al carbono o el de las aleaciones (ferrosas y no ferrosas). Ocasionalmente se identifican separadamente el acero aleado, admiralty<sup>8</sup> y las aleaciones de cobre-níquel.

La distribución por tamaño del equipo resulta también importante para precisar la demanda futura del mismo; los tamaños de intercambiadores de calor, bombas y recipientes han podido calcularse, debido a que por su gran número, presentan cierto grado de continuidad.

En cambio, por lo que respecta a motores diesel, turbogeneradores, torres de enfriamiento, etc., su comportamiento dentro de las unidades de refinación no se presta a análisis estadístico o matemático continuo, por lo que sus variaciones se manejan como funciones discretas.

## G. FUNCIONES PESO

El cálculo del peso de los equipos es particularmente importante para identificar la demanda de bienes de capital, ya que es indispensable para programar las capacidades productivas de los talleres en términos de toneladas de tubería; placa, fundición, etc.

Los pesos no son comúnmente usados en los proyectos de ingeniería ya que los tamaños de los equipos están definidos por comparación con otros procesos o a través de parámetros específicos. Ocasionalmente los oferentes de equipo indican el peso de los mismos en los planos para facilitar el diseño de las cimentaciones necesarias para su montaje. Sin embargo, en muchos casos no se

dispuso de información sobre el peso de los equipos.

Es por ello que fue necesario desarrollar correlaciones de peso con respecto a parámetros de ingeniería<sup>9</sup> para algunos de los equipos como los intercambiadores de calor, recipientes a presión y bombas. Estas correlaciones adicionadas al peso calculado para tubería y acero estructural proporcionaron información adecuada para poder proyectar las dimensiones futuras de talleres de fabricación. Por supuesto que para el equipo eléctrico y para la instrumentación, los pesos no tienen significado alguno. El apéndice A de este capítulo contiene las correlaciones entre peso de los equipos principales y los parámetros de ingeniería.

## H. FUNCIONES PRECIO

El término "precio" significa el valor al cual los bienes de capital son adquiridos por los sectores consumidores. Es costumbre utilizar el término "costo" en proyectos de ingeniería; sin embargo, "precio" parece ser más conveniente para los fines de este estudio.

Para efectuar el análisis fue necesario expresar las características de ciertos bienes de capital en toneladas de material fabricado, por lo que resultó conveniente determinar los precios por unidad

de peso de dicho equipo. El estudio requirió, por ejemplo, calcular los precios por kilogramo de intercambiadores de calor, bombas y recipientes a presión. En virtud de que los precios no eran una función lineal de los tamaños de los equipos por los efectos de las economías de escala, hubo

<sup>8</sup> Aleación cúprica.

<sup>9</sup> Unidades de medida de capacidad tales como área, longitud, diámetro, potencia, etc.

necesidad de efectuar las correlaciones correspondientes para conocer su grado de vinculación; se encontró con ello una relación inversa, es decir, si el tamaño se incrementaba, el precio por unidad de peso decrecía.

En la literatura técnica se encuentran estimaciones de correlación entre el costo (precio) del equipo y el tamaño del mismo. Estas correlaciones se aplican a precios vigentes en Estados Unidos y a menudo requieren una completa definición del equipo en cuestión. Por ejemplo, para recipientes a presión, deben ser conocidos el espesor de la pared del recipiente, las características de las partes tales como registros, boquillas, bordes, sillas, etc. Asimismo, para los intercambiadores de calor debe co-

nocerse el diámetro de la coraza, las boquillas y el diámetro de los tubos. Tales correlaciones proporcionan un elevado grado de confiabilidad; sin embargo, como son aplicables únicamente al equipo fabricado en Estados Unidos no fueron utilizadas en este estudio.

En lugar de ellas se han desarrollado varias funciones precio en este trabajo. Estas funciones se basan en las órdenes de compra de los proyectos ajustadas a valores de 1977, por lo que reflejan los precios del equipo de origen nacional; los precios de equipos importados se presentaron con fines exclusivamente de comparación. El apéndice B de este capítulo contiene las regresiones entre los parámetros de ingeniería de los equipos principales y su precio correspondiente.

## I. MODELO DE REFINACION

Del cuadro 17 y de la gráfica 2, se han tomado los elementos para formular el modelo de una futura planta de refinación mexicana, habiéndose escogido la refinería de Salina Cruz II, ya que Tula II y Salina Cruz III son de la misma capacidad y contienen las mismas unidades; Cadereyta II, aunque también será de la misma capacidad, incluirá una

planta productora de lubricantes. Son similares también las refinerías de Salina Cruz I y de Cadereyta I, con pequeñas diferencias en su capacidad procesadora de crudos. Además, Salina Cruz I y Cadereyta I serán terminadas en poco tiempo a fin de que puedan operar antes de 1979.

Cuadro 17

### PETROLEOS MEXICANOS: NUEVAS REFINERIAS EN PROYECTO. UNIDADES QUE LAS COMPONENTE Y CAPACIDAD PRODUCTIVA, 1977-1986

(Miles de barriles por día)

Unidades de refinación	Salina Cruz I	Cadereyta I	Salina Cruz II	Tula II	Salina Cruz III	Cadereyta II
Destilación primaria	170	100	200	200	200	200
Atmosférica combinada	—	135	—	—	—	—
Destilación al vacío	75	62	100	100	100	100
Hidrosulfuradora de naftas	25	36	36	36	36	36
Hidrosulfuradora de kerosina	25	25	25	25	25	25
Hidrosulfuradora de gasoleo	25	25	25	25	25	25
Desintegradora catalítica	40	40	40	40	40	40
Reformadora catalítica	20	20	25	25	25	25
Lubricantes	—	—	—	—	—	10
Avance estimado de la obra a 1977 (%)	82	64	—	—	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de Petróleos Mexicanos.

Para estructurar el modelo representativo de refinación no se dio demasiada importancia a proyectos que serán completados próximamente. Ello se debe a que son necesarios, como mínimo, dos años para poner en marcha la creación o expansión de una empresa fabricante de bienes de capital.

Es por ello que los proyectos de expansión de las refinerías de Azcapotzalco, Salamanca, Minatitlán y Ciudad Madero no se han incluido en el modelo de refinación. Estas ampliaciones serán terminadas antes de 1979; sin embargo, las inversiones son de pequeña consideración.

Habiendo establecido que la refinería de Salina Cruz II es el modelo representativo de las refinerías por instalar hacia 1986, el siguiente paso consistió en determinar los bienes de capital que demandará tal refinería. A la fecha se desconocen las especificaciones y precios del equipo para tal refinería ya que la ingeniería del proyecto está actualmente en proceso de desarrollo.

Por tal motivo, se recurrió a las especificaciones técnicas de las refinerías de Tula I, ya en operación, Salina Cruz I y Cadereyta I, así como al valor de los equipos adquiridos, escalando y desescalando las capacidades con respecto a la refinería modelo.

La forma en que se estructuró la refinería modelo se presenta en el cuadro 18.

Para evaluar la inversión se realizaron ajustes en cada una de las unidades expuestas en el cuadro 18, con respecto a su capacidad productiva.

Por tener datos más recientes, se utilizaron los precios de las unidades de proceso de las refinerías Salina Cruz I y Cadereyta I.

Las condiciones de operación indican que la estructura y características de los equipos de servicio en cada una de las refinerías no difieren grandemente unos de otros y según opinión de Petróleos Mexicanos, son prácticamente constantes. Por ello, para completar la refinería modelo en lo que concierne a servicios, se tomaron los equipos a instalar en la refinería de Cadereyta I y Salina

Cruz I, estimando algunas de las partes faltantes en el costo futuro de estas dos refinerías y añadiendo algunos de los precios de equipo de la refinería de Tula I.

Cuadro 18

**BASES DE CALCULO Y FUENTES PARA ESTRUCTURAR UNA REFINERIA MODELO EN MEXICO**

Unidades de refinación	Origen de los parámetros	
	Técnicos	Precios
Destilación primaria	Salina Cruz I	Salina Cruz I
Destilación al vacío	Salina Cruz I	Salina Cruz I
Hidrosulfuradora de naftas	Tula I	Salina Cruz I
Hidrosulfuradora de kerosina	Tula I	Salina Cruz I
Hidrosulfuradora de gasoleo	Tula I	Salina Cruz I
Reformadora catalítica	Tula I	Salina Cruz I
Fraccionamiento y tratamiento	Tula I	Salina Cruz I
Desintegradora catalítica	Tula I	Cadereyta I
Servicios	Cadereyta I	Cadereyta I Salina Cruz I Tula I

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## J. MODELO PETROQUIMICO

La metodología seguida para determinar el valor de la demanda de los equipos que intervendrán en el programa petroquímico de PEMEX se basa en un agrupamiento de proyectos por similitud en sus procesos productivos. A tales grupos se les ha aplicado la estructura porcentual del valor de los equipos de plantas tipo.

Son cinco los grupos en que se han dividido los proyectos y cada uno está constituido de la manera siguiente:

*Grupo No. 1. Procesos tipo olefinas.* Incluye etileno, propileno, acetaldehído, ácido acrílico, butadieno, monómero de cloruro de vinilo, percloro etileno, tetracloruro de carbono, acrilonitrilo, óxido de etileno y óxido de propileno. El desglose del valor de los equipos de una planta de etileno se aplicó a este grupo de procesos.

*Grupo No. 2. Procesos tipo gas de síntesis.* Este grupo incluye todos los proyectos de amoníaco y metanol, y la estructura porcentual de las plantas de amoníaco se aplicó en su totalidad a este grupo.

*Grupo No. 3. Procesos tipo aromáticos.* Incluye los aromáticos, estireno, cumeno, dodecibenceno y a ellos se aplicó la distribución porcentual de una planta de etilbenceno-estireno.

*Grupo No. 4. Procesamiento de gases.* Este grupo está constituido por las plantas criogénicas y endulzadoras. El desglose del valor de tales plantas se hizo por separado ya que se contó con los datos respectivos.

*Grupo No. 5. Procesos del tipo de refinación* Este grupo está constituido por todos los proyectos de refinación que entran en los complejos petroquímicos, y están formados por plantas de destilación primaria, fraccionamiento de naftas, hidrosulfuradora y reformadora. El desglose porcentual del valor de los equipos se hizo con base en cifras estadísticas de plantas tipo incluidas en el modelo de refinación.

Es necesario aclarar que los servicios inherentes a cada uno de los grupos de proyectos y a cada uno de los proyectos en sí, a excepción de las plantas de amoníaco, se estimaron a través de la distribución porcentual del valor de los equipos de la refinería de Cadereyta.

Un desglose para los servicios en las plantas de amoníaco fue proporcionado por PEMEX y éste se aplicó a todas las plantas tipo gas de síntesis. Por otro lado, las estimaciones sobre materiales como tubería, instrumentación, material eléctrico y acero estructural, se basaron en cálculos de PEMEX para el sector petroquímico primario.

# A P E N D I C E A

## FUNCIONES PESO DE LOS EQUIPOS

Estas correlaciones se han desarrollado para poder obtener el peso aproximado de los equipos principales, a partir de parámetros de ingeniería.<sup>10</sup> Se incluyen correlaciones para los equipos siguientes: recipientes a presión, columnas, carcasas y haces y tubos para intercambiadores de calor, bombas (incluyendo motores y bases), y motores.

### 1. RECIPIENTES A PRESION

El peso de este tipo de equipos se obtiene a partir de una relación logarítmica entre el peso del equipo y un factor E. Este valor E se determina en función de las dimensiones de los equipos, conforme a la fórmula (2) que se presenta a continuación.

$$I_n W = 3.046 + 0.621 I_n E \quad (1)$$

$$E = \frac{(L/D + 1.82) PD^3}{25\,600 + 1.2 P} \quad (2)$$

en donde:

W = peso del recipiente en kilogramos, incluyendo boquillas, válvulas y registros

L = longitud del recipiente en pulgadas

D = diámetro nominal del recipiente en pulgadas

P = presión de diseño del recipiente en lb/pulg<sup>2</sup>

Los pesos de estos equipos pueden ser obtenidos de la gráfica 3; el valor de E se representa en la abscisa y el peso del recipiente en la ordenada. La ecuación (1) se obtiene a partir de los datos incluidos en la gráfica 3; el coeficiente de correlación es de 0.984.

### 2. COLUMNAS

Al igual que en el caso anterior, para obtener el peso de las columnas se utilizó una ecuación logarítmica que relaciona el peso de estos equipos con un factor R, el cual está en función de las dimensiones y características de los equipos.

$$I_n W = 0.694 + 0.882 I_n R \quad (3)$$

$$R = \frac{(L/D + 1.82) PD^3}{25\,600 + 1.2 P} + 20 L \quad (4)$$

<sup>10</sup> Los datos básicos de ingeniería que sirvieron para estimar los parámetros de las ecuaciones, no se incluyen en el estudio, pero se dispone de ellos en Nacional Financiera, en el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

en donde:

W = peso de la torre o columna, sin incluir internos pero incluyendo soportes, registros y boquillas, en kilogramos

L = altura de la columna (sólo coraza) en pulgadas

D = diámetro nominal del recipiente en pulgadas

P = presión de diseño en lb/pulg<sup>2</sup>

Cabe aclarar que la correlación no es aplicable a los tanques abiertos.

Con los parámetros básicos (D, P y L) se obtiene el valor de R en la ecuación (4), y el del peso a partir de este valor, mediante la ecuación (3). La gráfica 4 contiene los puntos que permitieron estimar por correlación la ecuación (4); el coeficiente de correlación es de 0.959.

### 3. INTERCAMBIADORES DE CALOR

#### a) Carcasas

La estimación del peso de los intercambiadores de calor se obtiene sumando el peso de la carcasa y el del haz de tubos. La carcasa se calcula como un recipiente a presión, con la siguiente ecuación:

$$I_n W = 4.144 + 0.537 I_n H \quad (5)$$

$$H = \frac{(Lt/Ds + 2.5) Ps Ds^3}{25\,600 + 1.2 Ps} \quad (6)$$

en donde:

Lt = longitud del tubo en pulgadas

Ds = diámetro nominal de la carcasa en pulgadas

Ps = presión de diseño de la carcasa en lb/pulg<sup>2</sup>

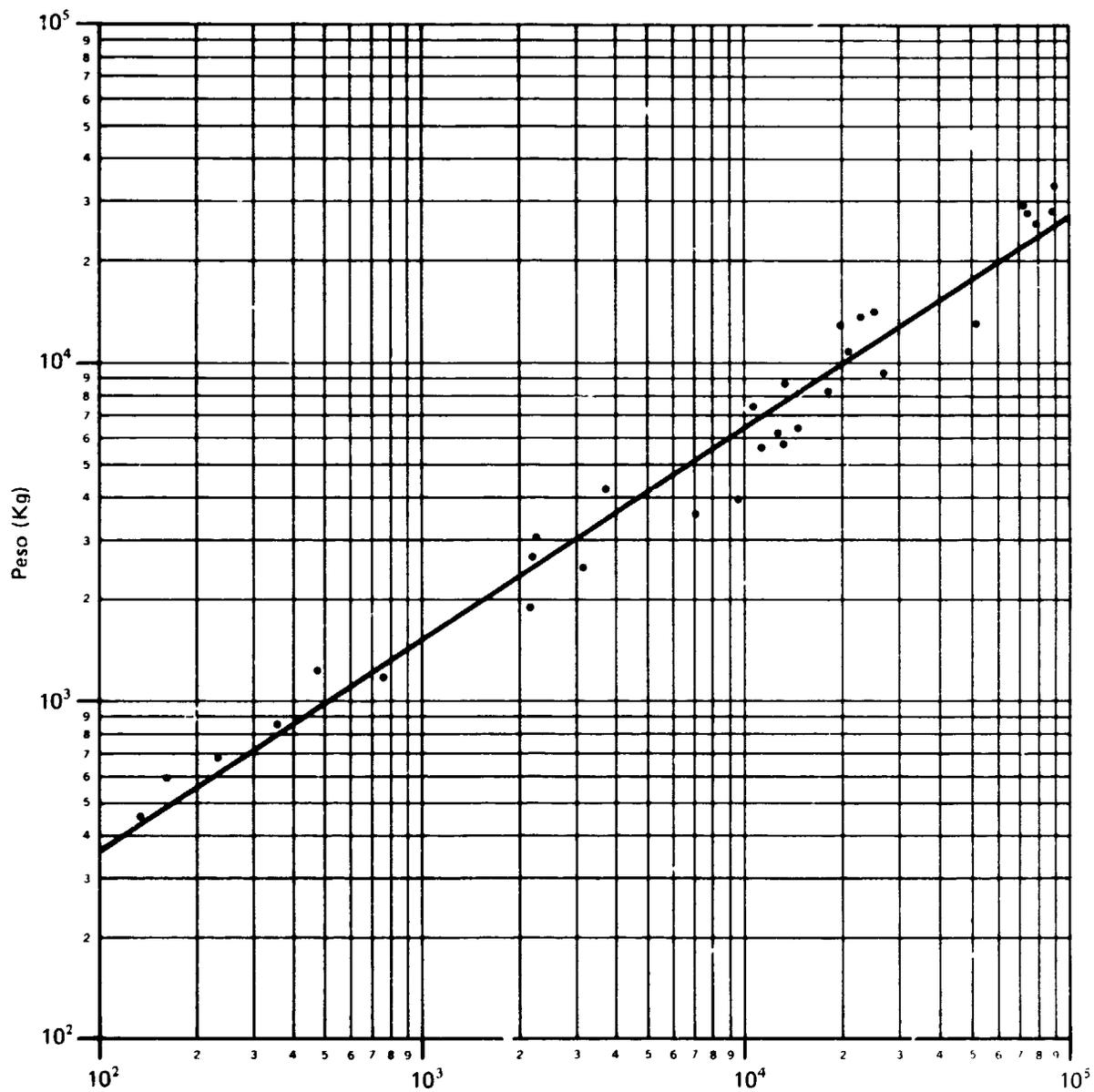
La gráfica 5 muestra la curva cuyos datos se obtuvieron por correlación con los puntos ahí incluidos; el coeficiente de correlación es de 0.974. La ecuación anterior se aplica a todos los intercambiadores de calor con cabezas flotantes; sin embargo para los de tipo U no se puede utilizar esa ecuación.

#### b) Haz de tubos

La ecuación logarítmica que se utiliza para obtener el peso del haz de tubos es la siguiente:

Gráfica 3

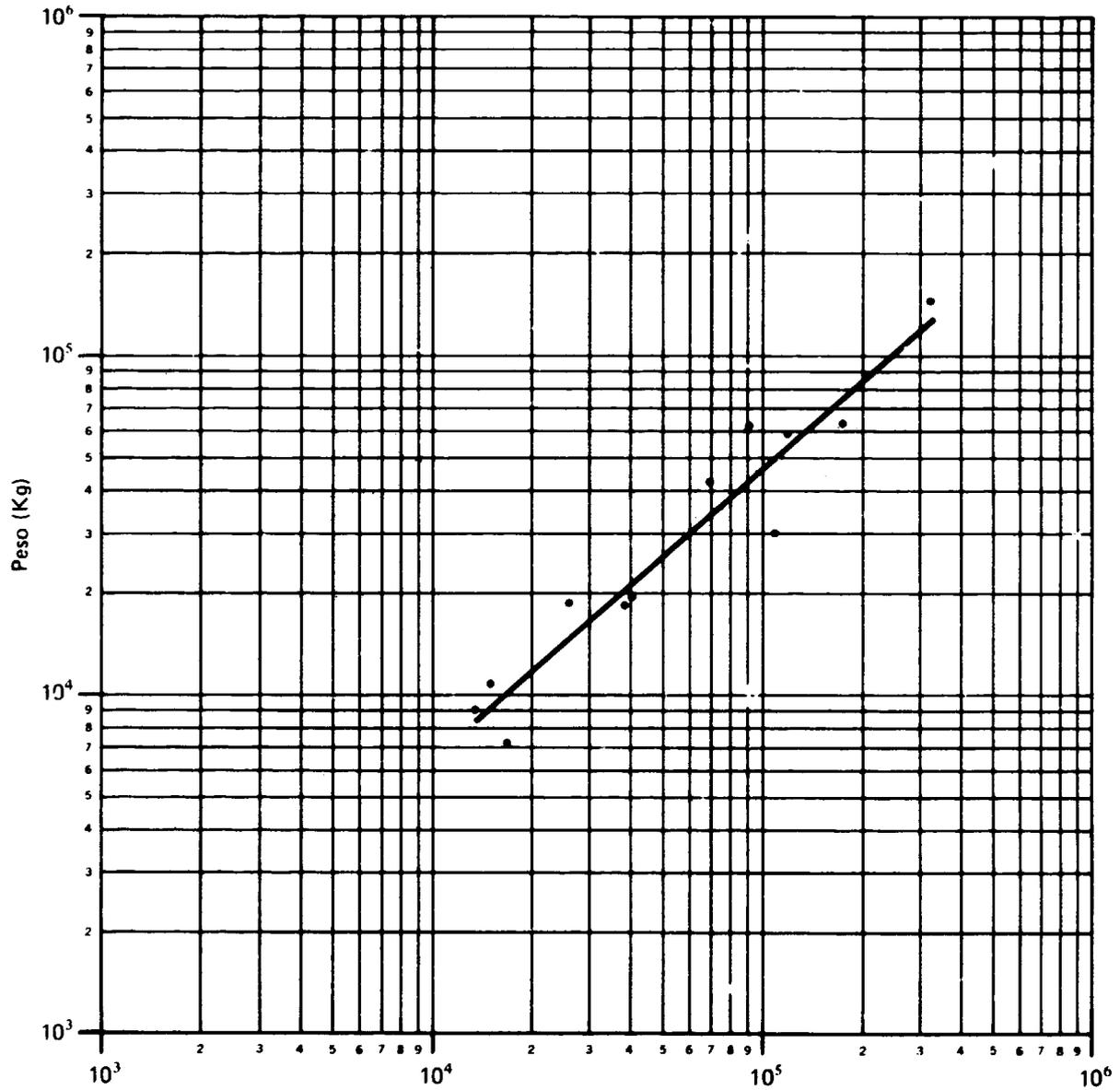
FUNCION PESO DE LOS RECIPIENTES A PRESION



$$E = \frac{\left( \frac{L}{D} + 1.82 \right) P D^3}{(25600 + 1.2 P)}$$

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 4  
 FUNCION PESO DE LAS COLUMNAS

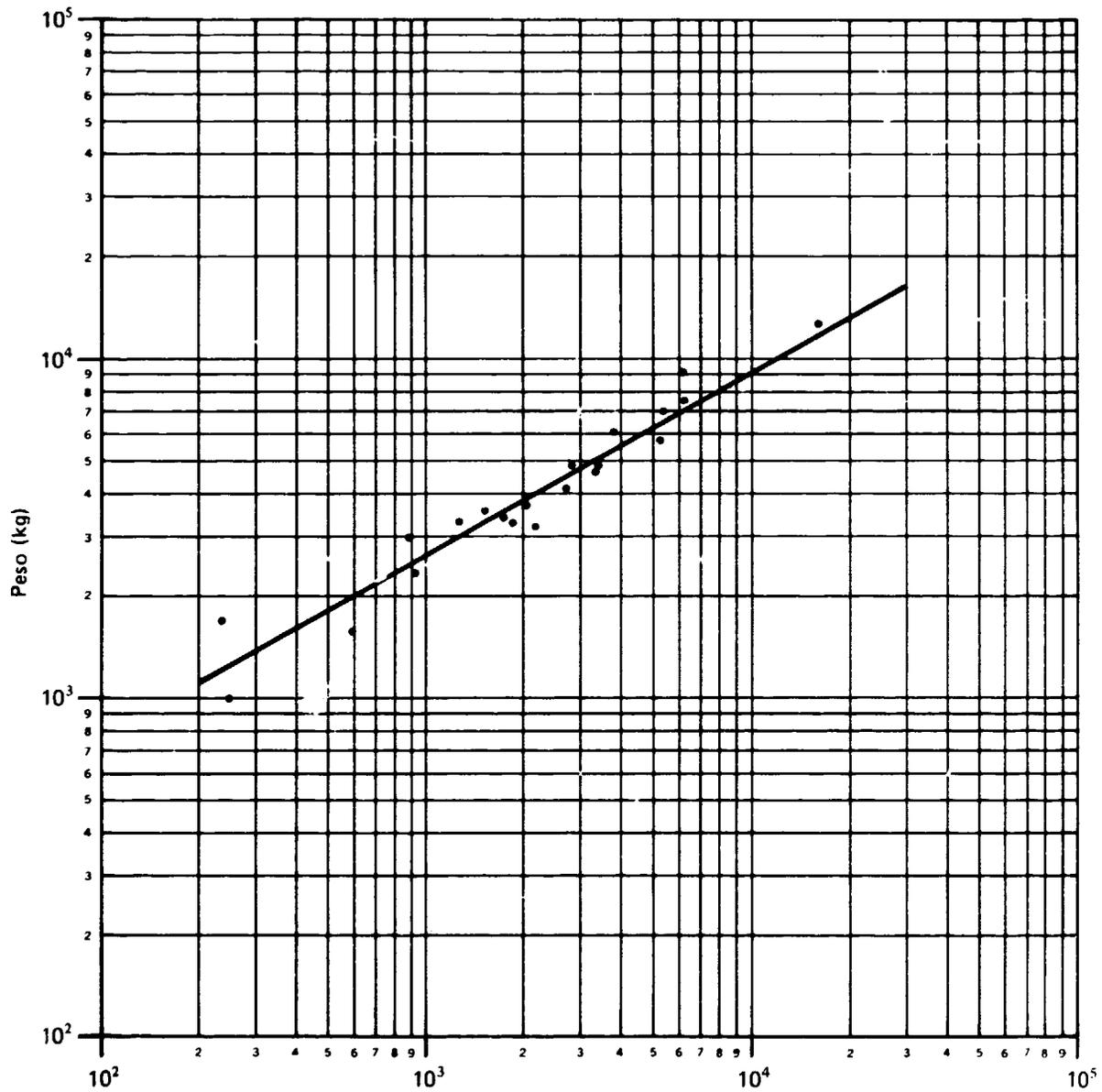


$$R = \frac{\left(\frac{L}{D} + 1.82\right) PD^3}{(25600 + 1.2P)} + 20L$$

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI,

Gráfica 5

FUNCION PESO DE LA CUBIERTA DE LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR

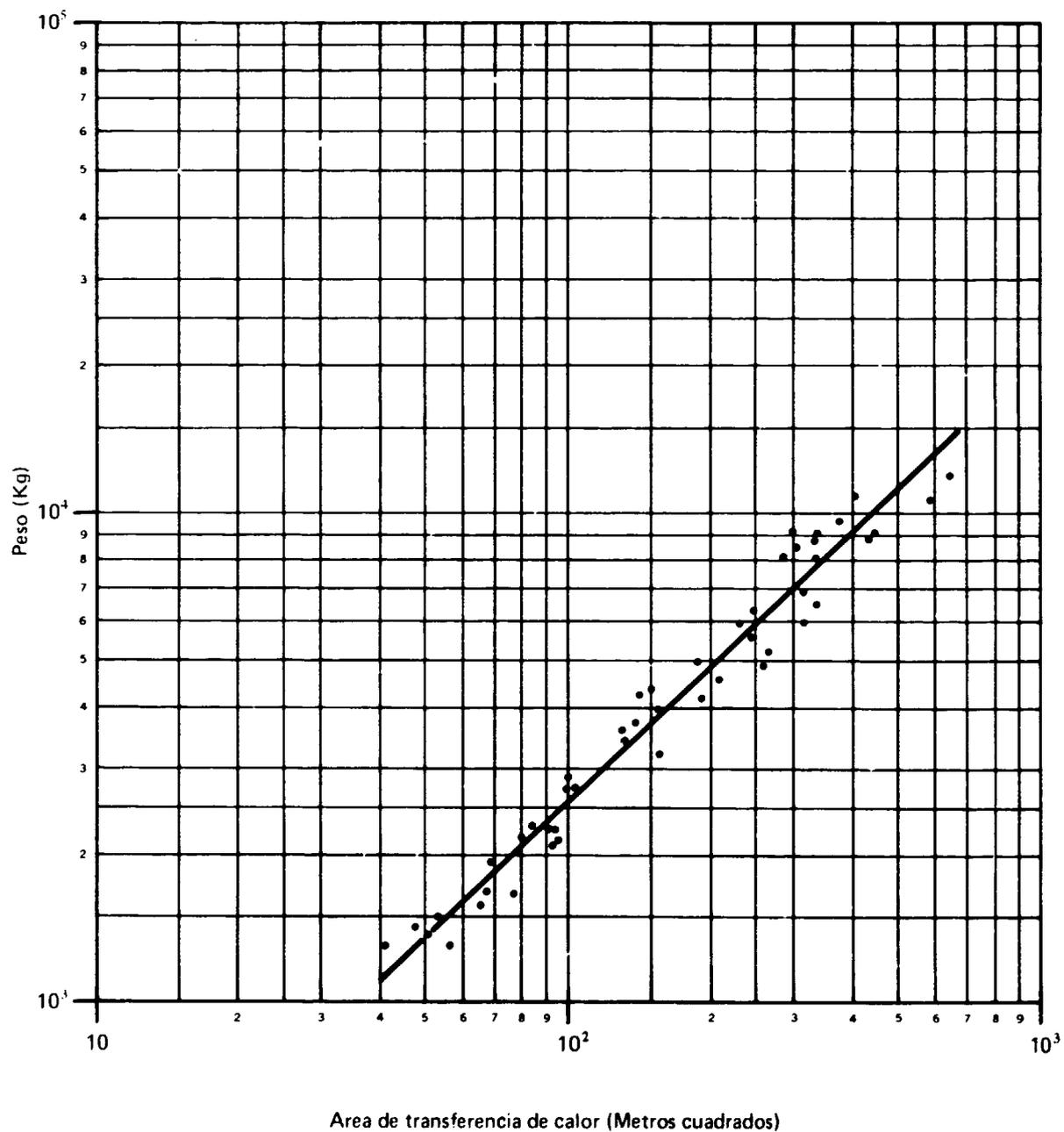


$$H = \frac{\left( \frac{L_f}{D_s} + 2.5 \right) \left( P_s D_s^3 \right)}{(25600 + 1.2 P_s)}$$

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUD.

Gráfica 6

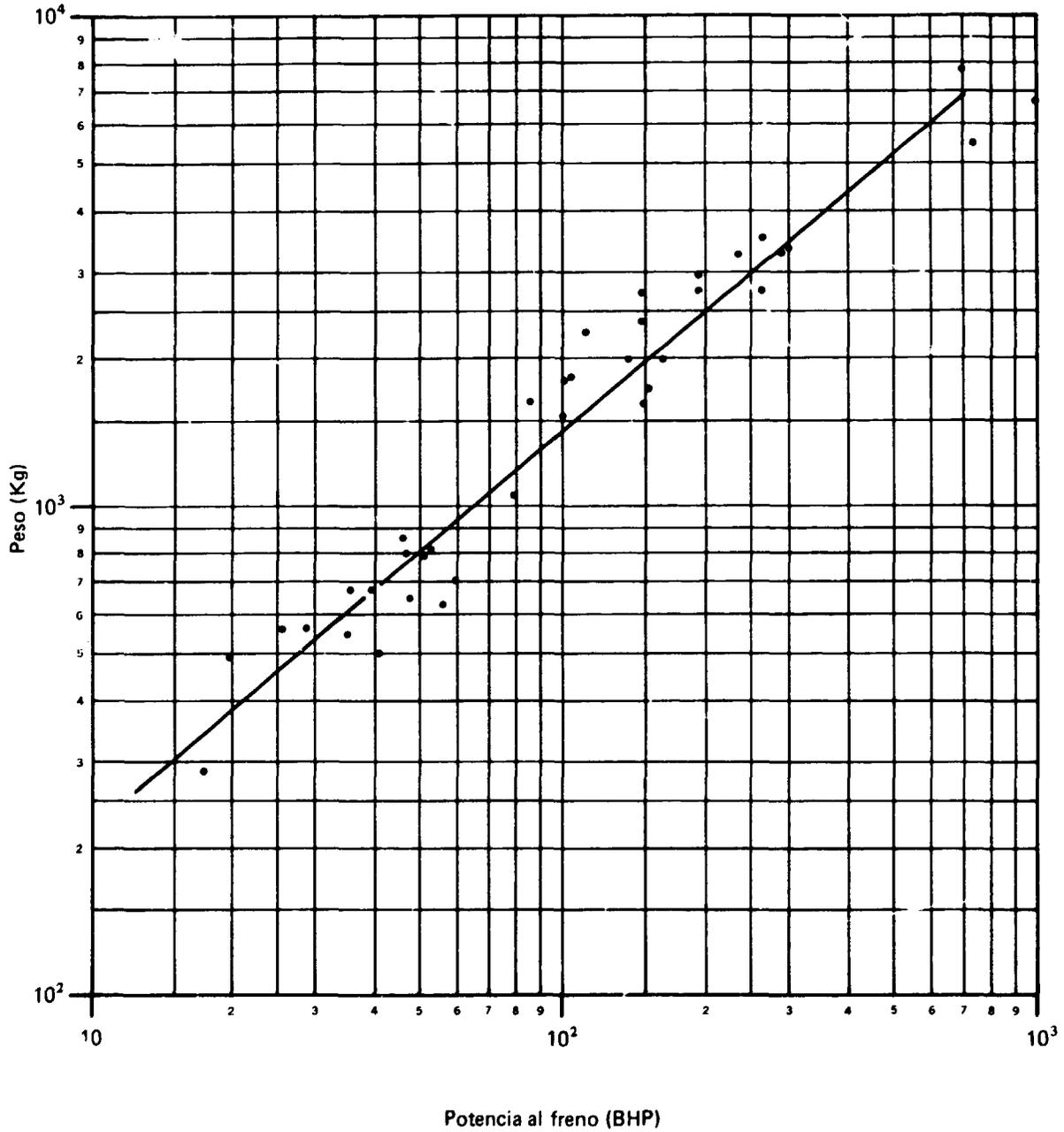
FUNCION PESO DEL HAZ DE TUBOS DE LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 7

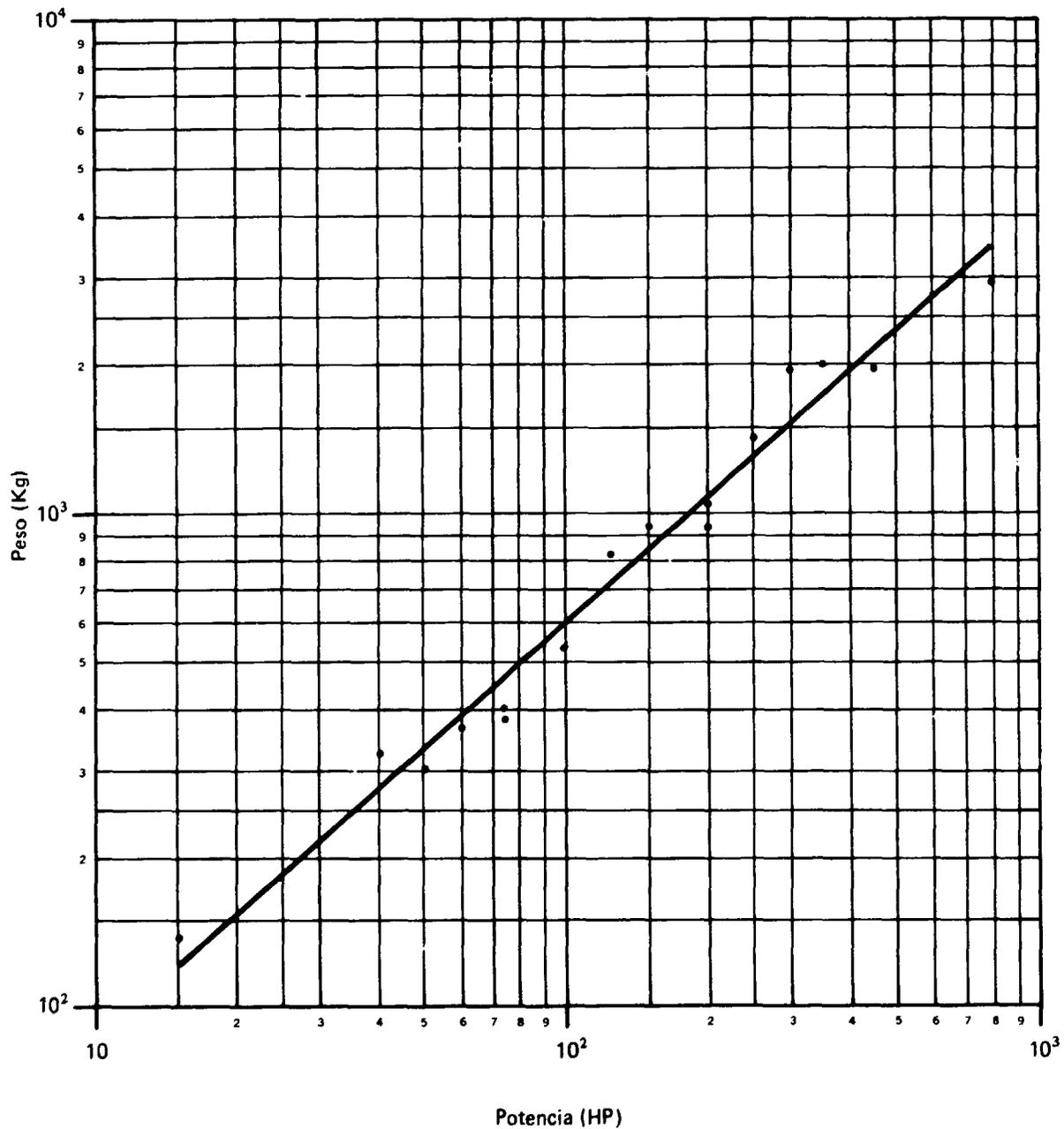
FUNCION PESO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Gráfica 8

FUNCIÓN PESO DE LOS MOTORES ELECTRICOS



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

$$I_n W = 3.630 + 0.914 I_n A \quad (7) \quad \text{en donde:}$$

en donde:

W = peso del haz en kilogramos

A = área de transferencia de calor en m<sup>2</sup>

La ecuación se ajusta con los datos incluidos en la gráfica 6; el coeficiente de correlación es de 0.993. Esta ecuación se aplica para manojos de tubos de acero al carbono, acero aleado y aleaciones de admiralty y cuproníquel; es válida cuando las diferencias en presiones entre la carcasa y la tubería no exceden las 350 lb/pulg<sup>2</sup> y para diámetros de carcasa menores de 44 pulgadas.

#### 4. BOMBAS ACOPLADAS A MOTOR

El peso total de bombas centrífugas o rotativas con motor eléctrico y base, se relaciona a la potencia al freno de la bomba en la ecuación (8). Esta se aplica para potencias de frenado de 15 a 1 000 HP. No se aplica a bombas de desplazamiento positivo, reciprocantes o a las accionadas por turbinas; algunas aleaciones para las carcasas pueden ser más ligeras.

La ecuación se define como:

$$I_n W = 3.534 + 0.813 I_n B \quad (8)$$

W = peso total en kilogramos de la bomba, motor y base

B = potencia al freno en HP

La ecuación (8) aparece en la gráfica 7, así como los datos a partir de la cual se obtuvo por correlación; el coeficiente correspondiente es de 0.973. El peso combinado de la bomba y de la base puede ser obtenido restando al peso del motor obtenido en la ecuación (9), el de la ecuación (8). Esto permite separar la parte ferrosa de la eléctrica. El peso de la base no tiene ninguna relación matemática con el tamaño de la bomba.

#### 5. MOTORES ELECTRICOS

El peso de los motores eléctricos está relacionado con su potencia en la siguiente ecuación logarítmica:

$$I_n W = 2.498 + 0.842 I_n M \quad (9)$$

en donde:

W = peso del motor en kilogramos

M = potencia del motor en HP

Esta ecuación y los datos con que se obtuvo aparecer en la gráfica 8, con un coeficiente de correlación de 0.985.

## APENDICE B

### FUNCIONES PRECIO DE LOS EQUIPOS

Las funciones de precio se han desarrollado para relacionar los precios con el peso o dimensión de los equipos.<sup>11</sup> En la parte de este estudio donde se comparan los precios de los equipos de Estados Unidos y México, se observan variaciones significativas entre ambos, lo que incide indirectamente en un bajo coeficiente de correlación de estas funciones, y por tanto en una reducida confiabilidad para propósitos de extrapolación.

Se desarrollan funciones de precio en relación a su peso para intercambiadores de calor, recipientes, columnas y bombas centrífugas. Además se desarrolla una función de precios para motores en función de su potencia.

<sup>11</sup> Los datos básicos de ingeniería que sirvieron para estimar los parámetros de las ecuaciones, no se incluyen en el estudio, pero se dispone de ellos en Nacional Financiera, en el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

#### 1. INTERCAMBIADORES DE CALOR

Es importante señalar que estas funciones logarítmicas no se aplican para los de tipo U, ni para las carcasas multicapa con monel de origen extranjero.

Para la carcasa de acero al carbono y tubos del mismo material la ecuación obtenida es la siguiente:

$$I_n P_n = 10.234 - 0.785 I_n W + 0.013 (I_n W)^2 \quad (10)$$

en donde:

P<sub>n</sub> = precio por kilogramo en pesos del intercambiador

W = peso en kilogramos

Esta función se encuentra en la gráfica 9, con un coeficiente de correlación de 0.985.

Para la carcasa de acero al carbono y tubería de admiralty la ecuación es la siguiente:

$$I_n P_n = 3.277 + 0.505 I_n W - 0.0047 (I_n W)^3 \quad (11)$$

en donde:

$P_n$  = precio por kilogramo en pesos

$W$  = peso en kilogramos

Esta relación se representa en la gráfica 10, con un coeficiente de correlación de 0.998.

Para la carcasa de acero al carbono y tubos de aceros aleados, la relación logarítmica que vincula los precios con los pesos de los equipos es la siguiente:

$$I_n P_n = 1.852 + 0.603 I_n W - 0.00356 (I_n W)^3 \quad (12)$$

en donde:

$P_n$  = el precio por kilogramo en pesos

$W$  = peso en kilogramos

Esta función se representa en la gráfica 11, con un coeficiente de correlación de 0.953, y no es aplicable para tubos de cuproníquel.

## 2. RECIPIENTES A PRESION

La ecuación logarítmica obtenida por correlación es la siguiente:

$$I_n P_n = 7.352 - 0.569 I_n W + 0.0185 (I_n W)^2 \quad (13)$$

en donde  $P_n$  y  $W$  representan el precio por kilogramo y el peso en kilogramos, respectivamente.

La gráfica 12 contiene los datos y la curva; el coeficiente de correlación es de 0.781.

## 3. TORRES Y COLUMNAS

La función está determinada por la siguiente ecuación:

$$I_n P_n = 1.899 + 0.375 I_n W - 0.00183 (I_n W)^2 \quad (14)$$

en donde:

$P_n$  = el precio por unidad en kilogramos incluyendo las partes internas, en pesos

$W$  = peso en kilogramos

Esta función aparece en la gráfica 13, con un coeficiente de correlación de 0.776.

## 4. BOMBAS CENTRIFUGAS

La ecuación correspondiente que se obtuvo por correlación es la siguiente:

$$I_n P_n = 7.442 - 0.0123 (I_n W)^2 - 0.0019 (I_n W)^3 \quad (15)$$

en donde  $P_n$  es el precio por kilogramo de la bomba, sin incluir la base ni el motor.

La curva al respecto aparece en la gráfica 14, con un coeficiente de correlación de 0.997.

## 5. MOTORES ELECTRICOS

La ecuación se define así:

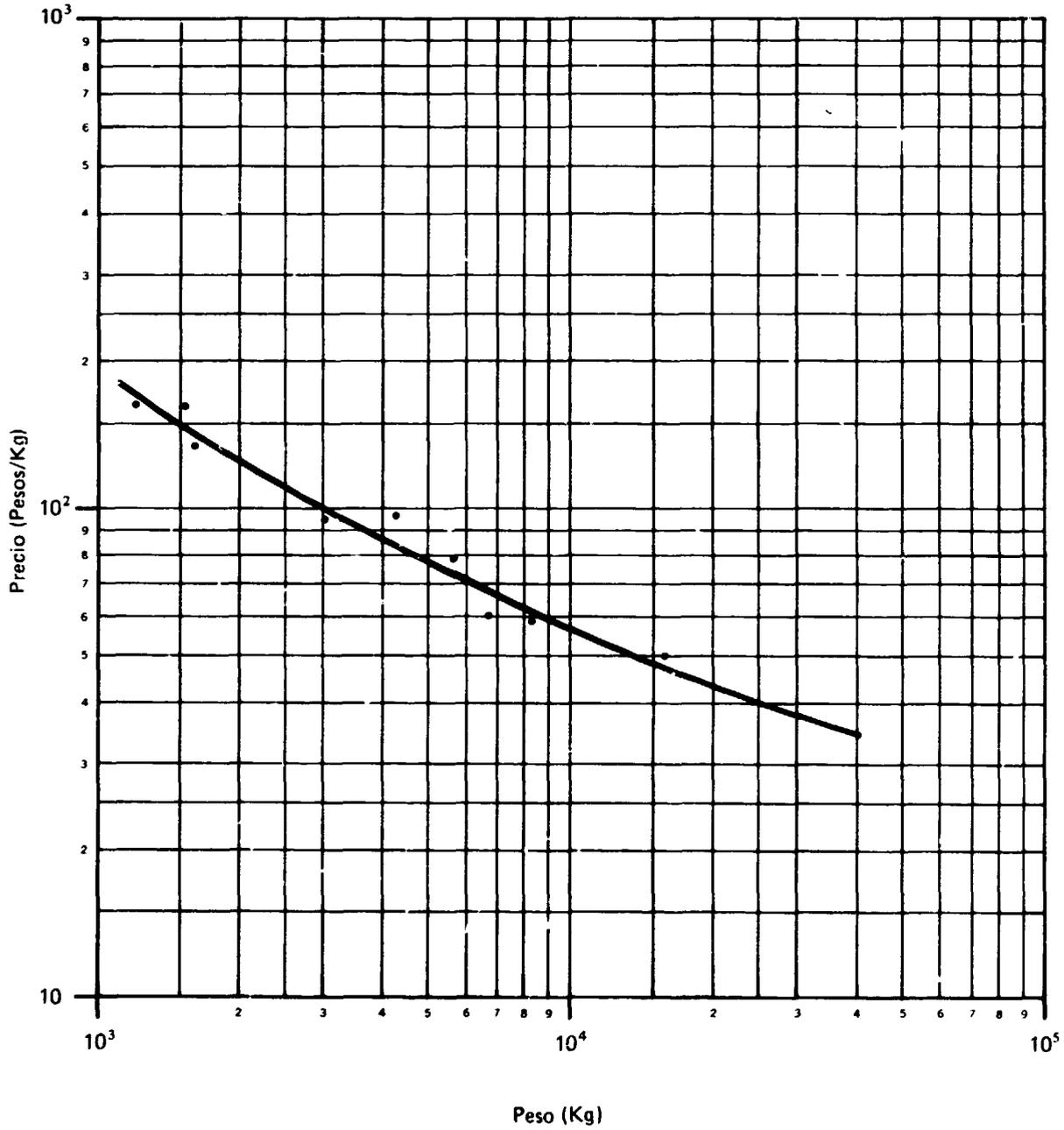
$$I_n C = 6.031 + 1.149 I_n M \quad (16)$$

en donde  $C$  es el precio del motor por kilogramo y  $M$  es la potencia en HP.

Se muestra la función en la gráfica 15, con un coeficiente de correlación de 0.948.

Gráfica 9

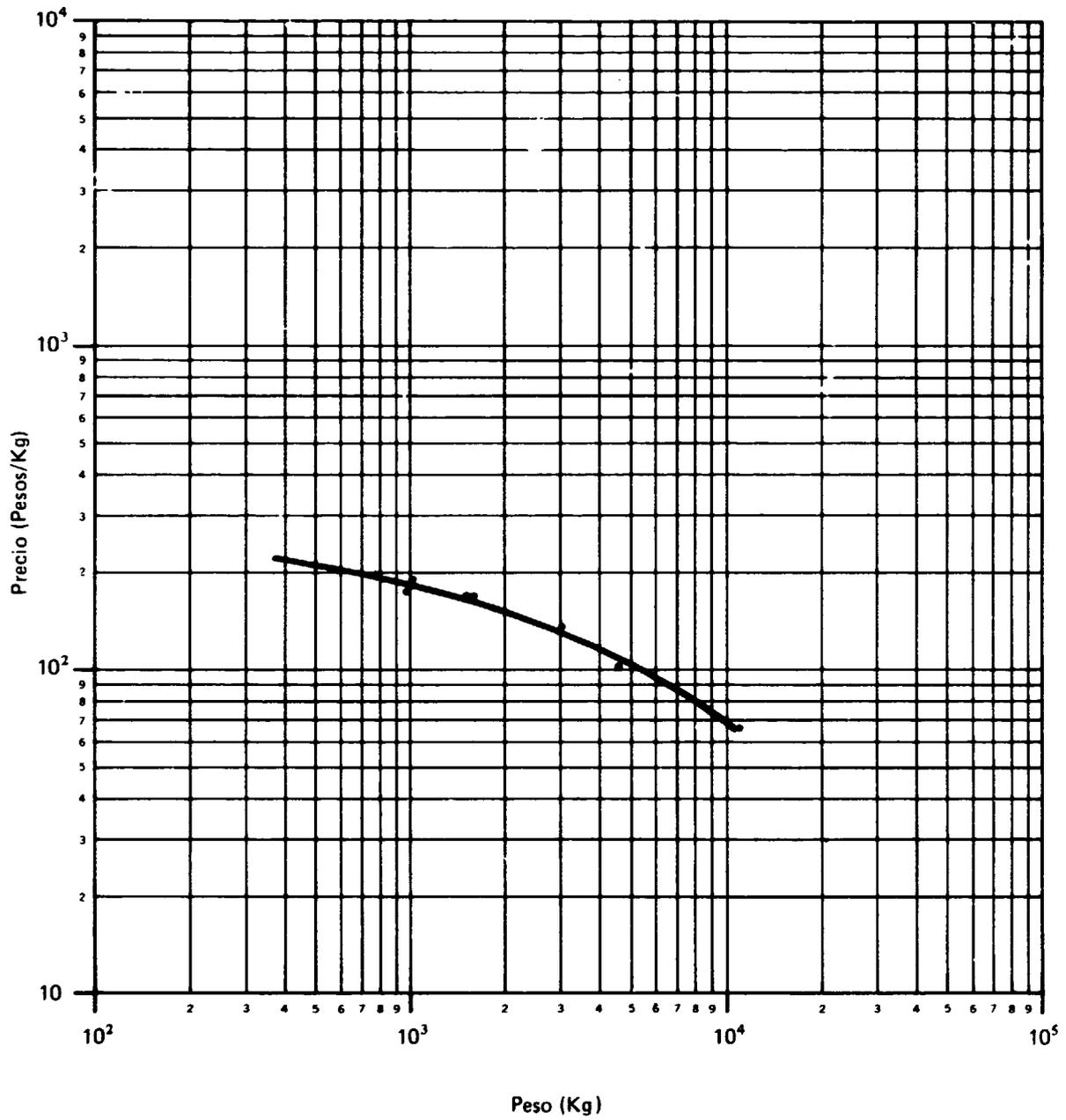
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE ACERO  
AL CARBONO



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 10

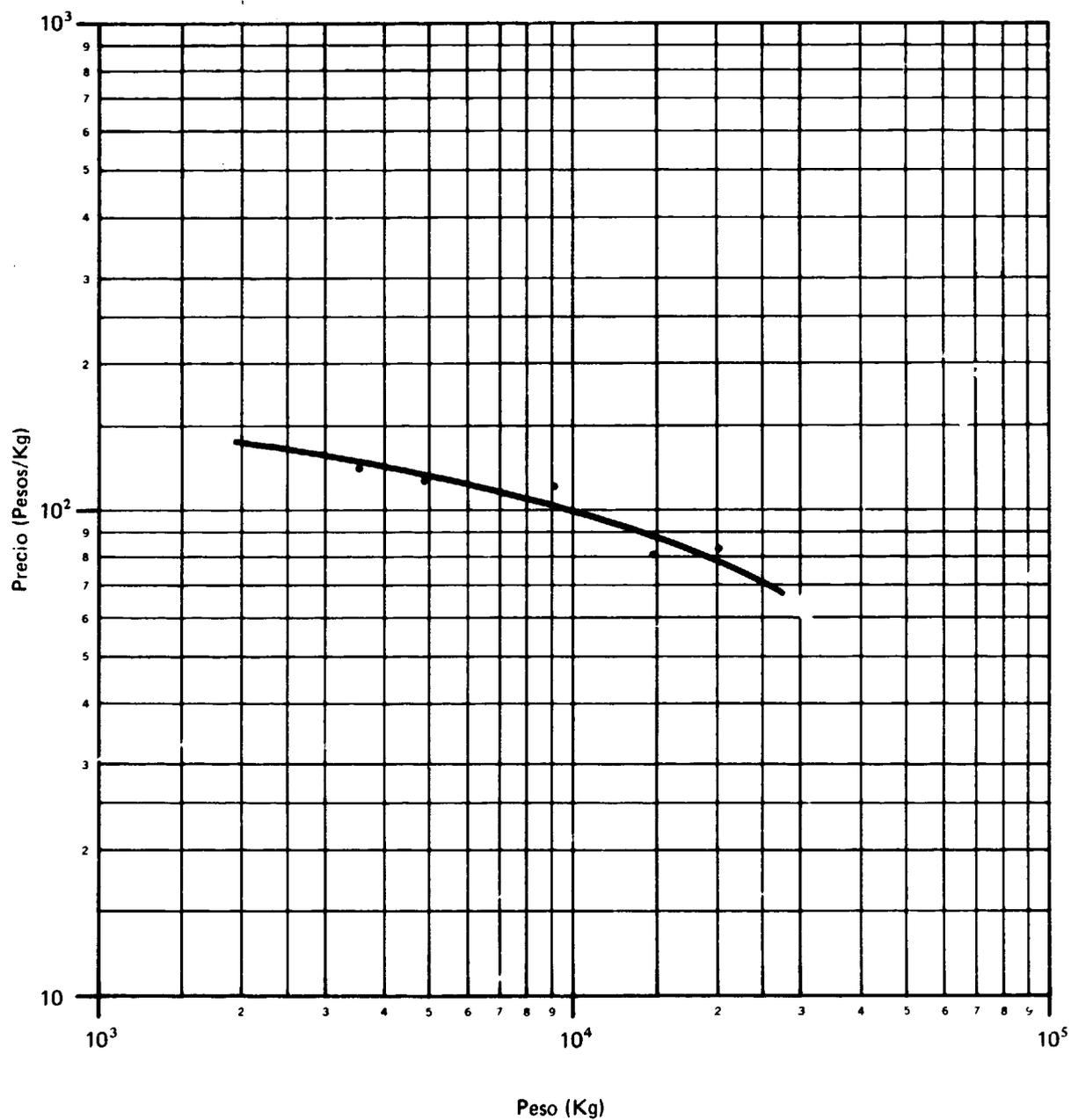
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE ADMIRALTY



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUUDI.

Gráfica 11

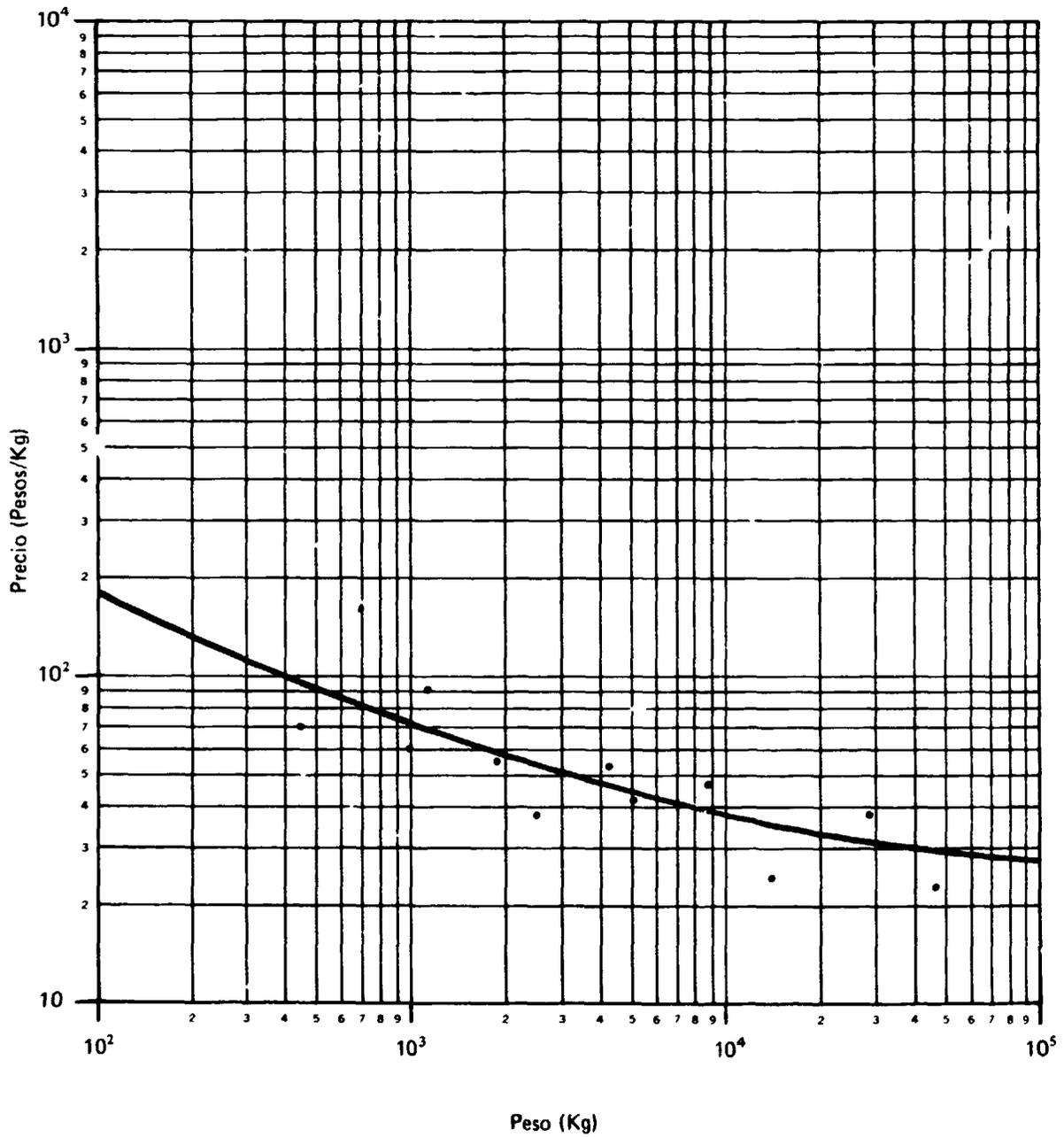
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE ALEACION



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 12

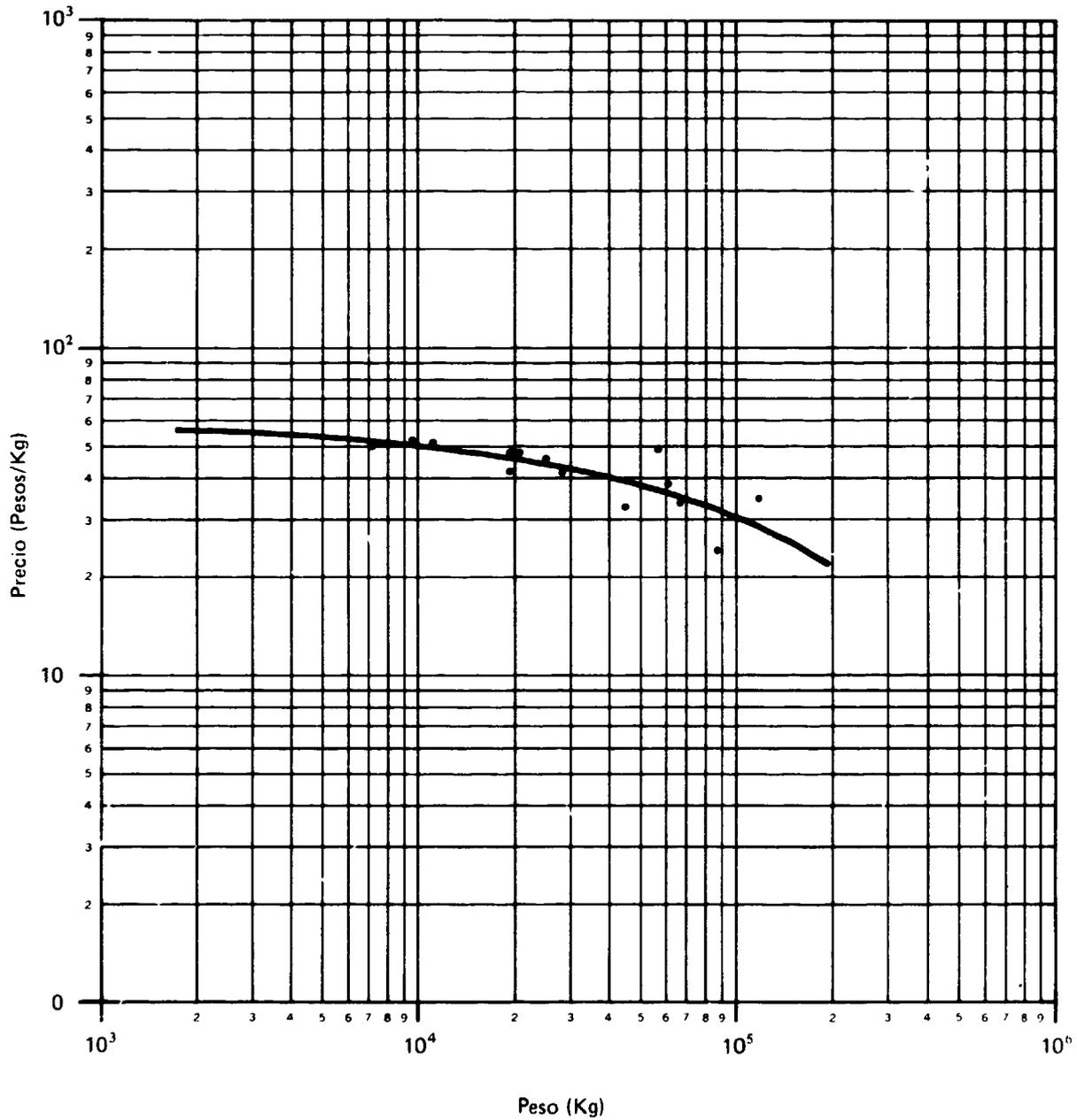
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LOS  
RECIPIENTES A PRESION



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 13

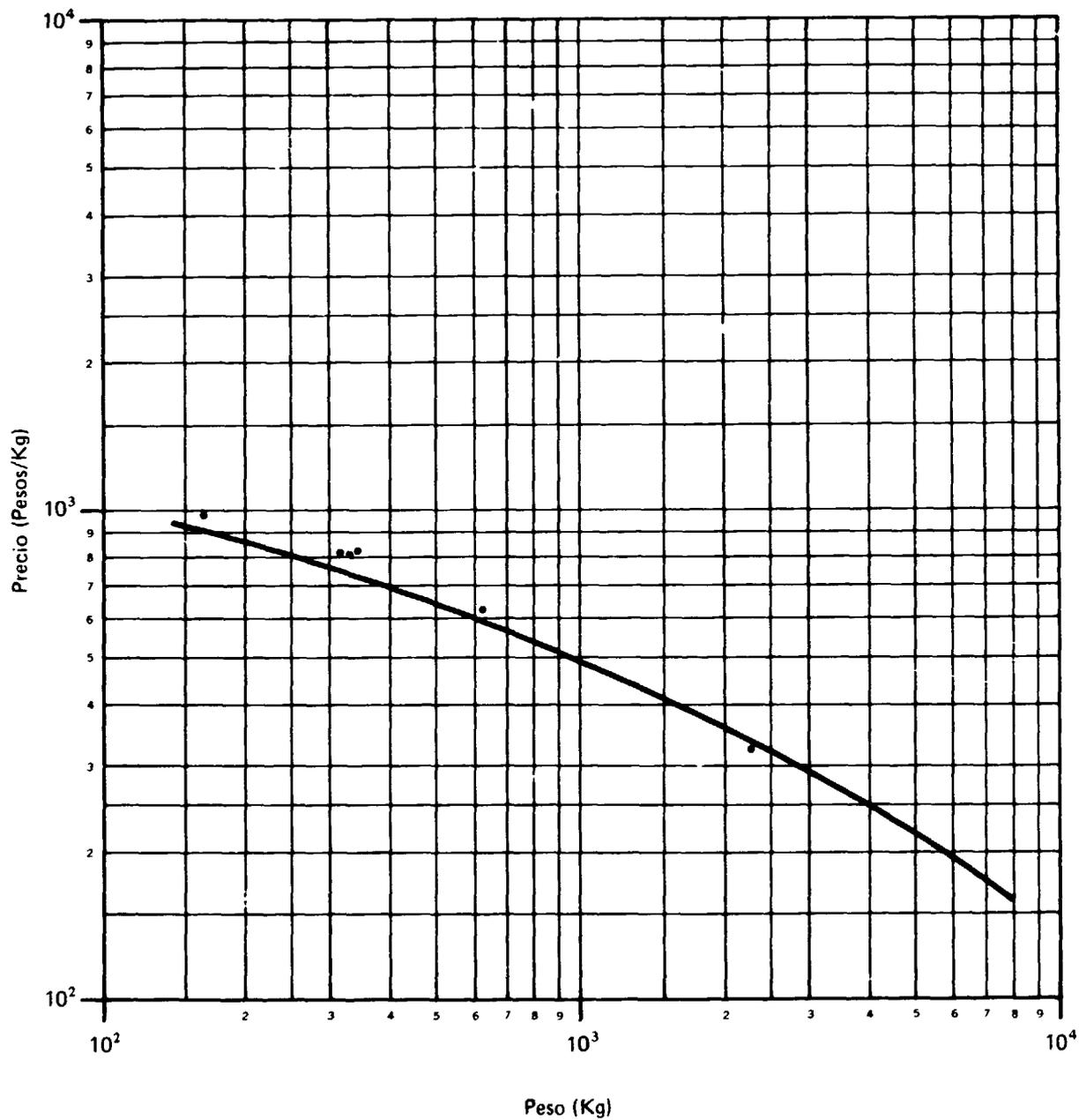
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LAS TORRES  
Y COLUMNAS



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 14

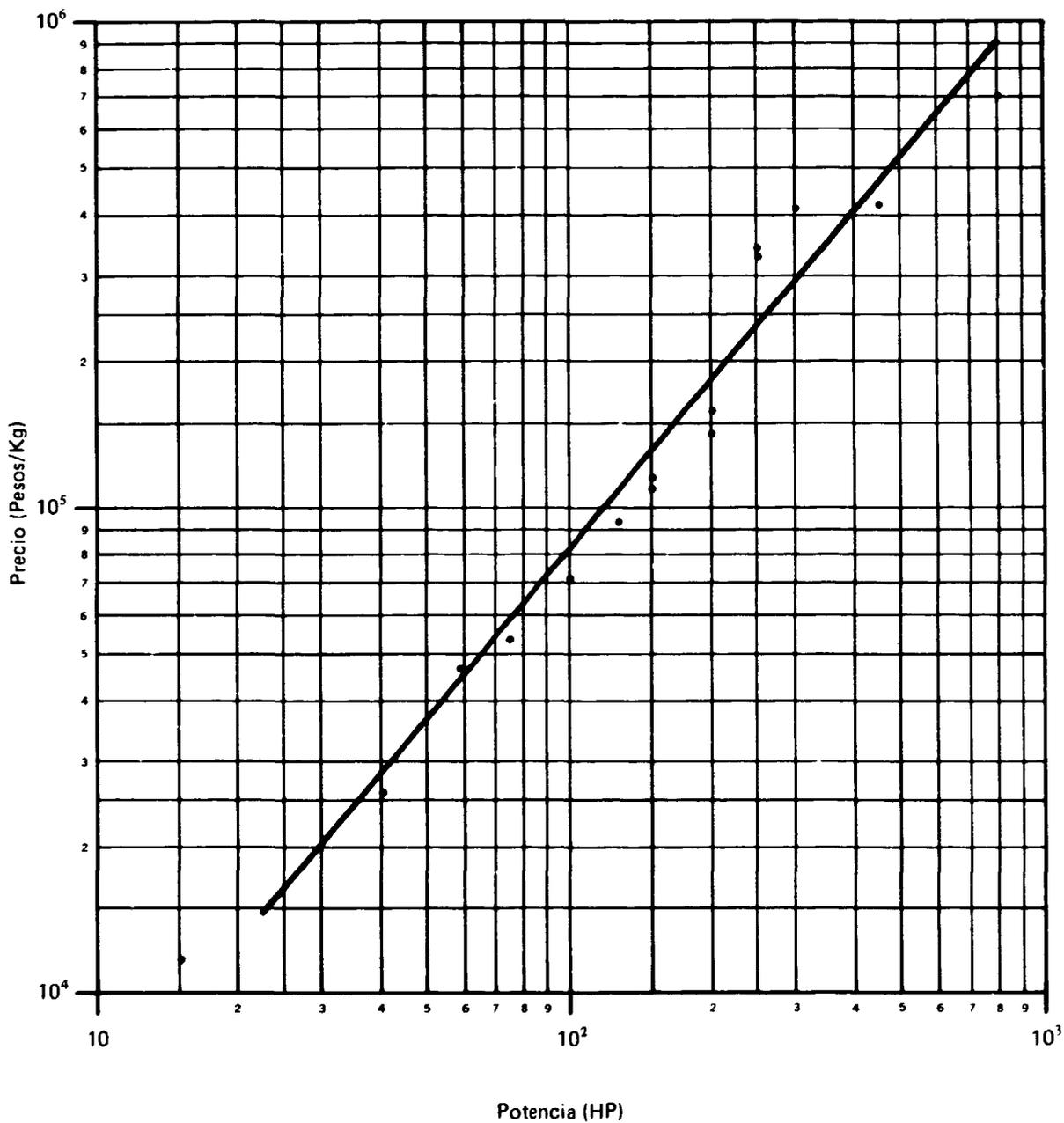
FUNCION PRECIO UNITARIO DE LAS BOMBAS  
CENTRIFUGAS  
(SIN EL ACCIONADOR Y LA BASE)



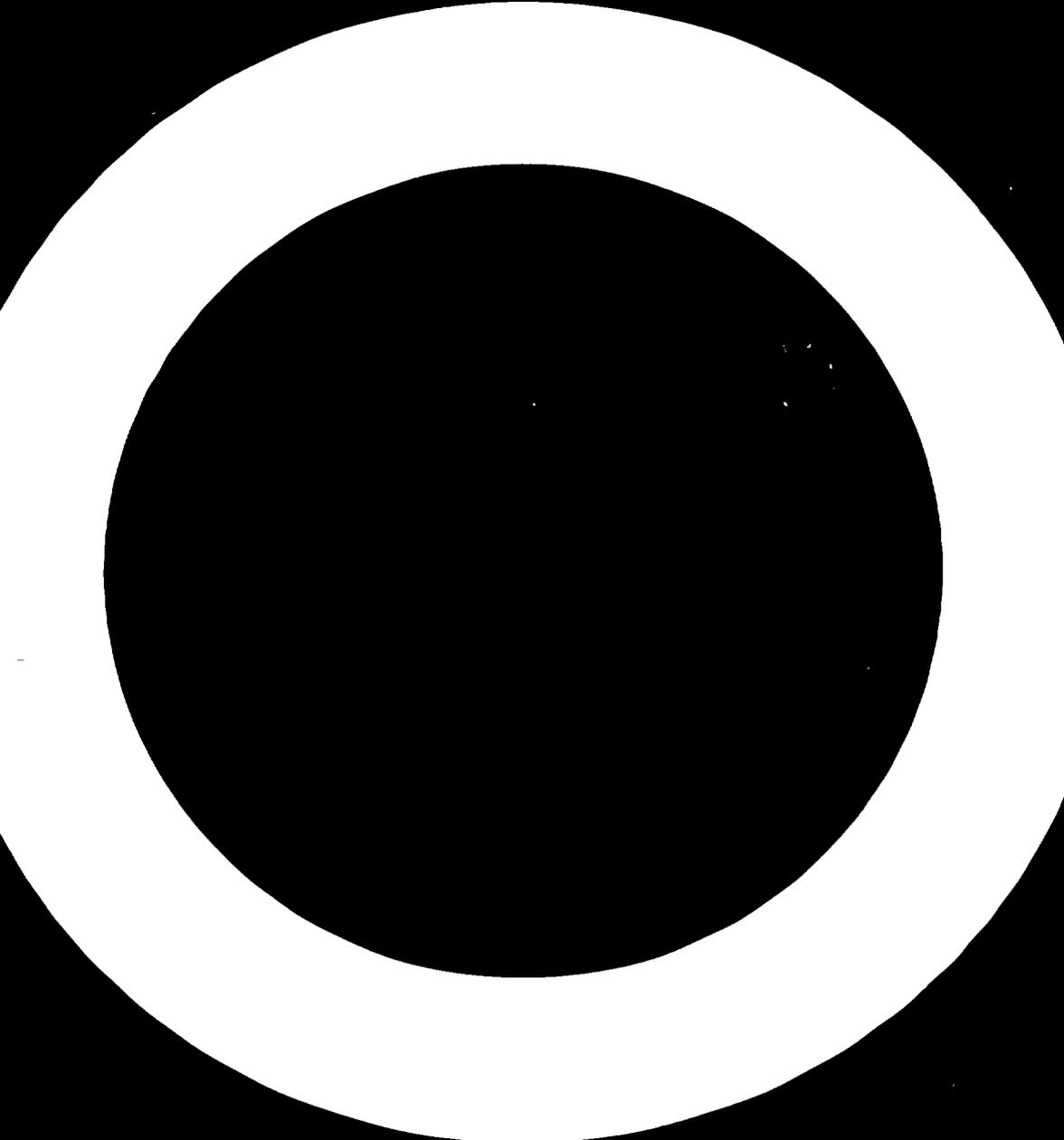
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 15

FUNCIÓN PRECIO UNITARIO DE LOS  
MOTORES ELECTRICOS



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUFI.



## V. COMPARACION DE PRECIOS DEL EQUIPO Y MATERIALES ORIGINARIOS DE MEXICO Y ESTADOS UNIDOS

Se realizó una comparación entre los costos de materiales y mano de obra que prevalecen en el país y los que rigen en Estados Unidos, a fin de fijar precios de referencia a las estimaciones de la demanda de bienes de capital de la industria petrolera.

De la información obtenida en forma directa, se pudieron estimar los siguientes índices para una de las industrias mexicanas más importantes productoras de bienes de capital, para el año de 1977.

Costo directo hombre-hora por unidad producida	\$ 30.75
Costo indirecto por unidad producida	66.70
Administración, impuestos y beneficio por unidad producida	<u>64.55</u>

Costo total por unidad (pesos)	\$ 162.00
Costo total equivalente en dólares (\$ 22.75 por dólar)	7.12
Costo total con relación a la mano de obra directa	5.27 <sup>12</sup>

En Estados Unidos de acuerdo con datos del Bureau of Labor Statistics, a mayo de 1977, el promedio de emolumentos en mano de obra directa para trabajadores de la industria metalmeccánica era de 5.73 dólares la hora. Actualmente los costos de fabricación para recipientes a presión, por ejemplo, son de un mínimo de 16.5 dólares la hora lo que hace una razón de costo total a mano de obra directa de 2.88.

### A. MATERIALES

El precio de la placa de acero al carbono, LAB productor en Estados Unidos, en octubre de 1977 era de 15.1 dólares por 100 libras, equivalente a 7 571 pesos por tonelada. A la misma fecha, en Japón, el precio era de 65 000 yens, equivalente a 6 175 pesos por tonelada. El precio en México, en esa misma fecha, alcanzaba 6 080 pesos por tonelada, o sea que el costo comparativo por hombre-hora significaba en esa rama, 162 pesos en México, contra 375 pesos en Estados Unidos.

Lo anterior significa, en términos generales, que en México los costos internos son considerablemente más bajos que los costos de productos similares en Estados Unidos. De lo que se infiere que la fabricación de bienes de capital en México, podría ser competitiva si la capacidad productiva se utilizase con una alta eficiencia; sin embargo, esta posibilidad está limitada por la poca uniformidad de la demanda interna.

### B. EQUIPO

Para efectos de comparación se han examinado algunas de las últimas cotizaciones internas y ex-

ternas de equipo para la refinería de Salina Cruz I, verificándose el punto de embarque de los equipos para establecer el origen de los mismos y se han obtenido los siguientes resultados:

<sup>12</sup> \$ 162.00 ÷ \$ 30.75 = 5.27.

**Ejemplo No. 1. Bombas de rangos 105-108 BHP de diversos oferentes**

(Cotizaciones en pesos por unidad)

Vendedor	Para bombas	Para motores de 125 HP
Byron Jackson (México)	92 802	76 120
Cotizaciones de diversos oferentes de Estados Unidos para bombas del rango 105-108 BHP	84 820	81 780
	108 380	75 120
	134 280	83 340
	138 940	147 940
	113 520	108 320

**Ejemplo No. 2. Bombas de 4.5 BHP**

(Cotizaciones en pesos por unidad)

Vendedor	Para bombas	Para motores de 7.5 HP
Byron Jackson (México)	35 972	3 000
Cotizaciones de diversos oferentes de Estados Unidos para bombas de 4.5 BHP	25 720	4 290
	59 176	8 480
	41 650	3 490
	55 610	4 460
Cotización en el Reino Unido	41 840	3 520

**Ejemplo No. 3. Bombas de rangos 160-170 BHP**

(Cotizaciones en pesos por unidad)

Vendedor	Bombas		Motores	
	Potencia (BHP)	Cotización	Potencia (HP)	Cotización
Byron Jackson (México)	170	178 650	200	63 443
a) Estados Unidos	187	284 460	250	83 345
b) Estados Unidos	166	451 800	200	63 336
c) Reino Unido	—	236 150	250	185 416

Los precios cotizados para todas las bombas Byron Jackson son libre a bordo (LAB) Santa Clara, Estado de México, y los motores de origen estadounidense están cotizados LAB Laredo, Texas. Las cifras anteriores están basadas en el valor de cambio vigente, e indican que tales bombas son más baratas en México que en Estados Unidos; sin embargo, ocasionalmente algunas firmas norteamericanas cotizan a precios más bajos que los fabricantes nacionales.

Asimismo, se compararon las cotizaciones para intercambiadores de calor, las que se incluyen en el ejemplo 4.

**Ejemplo No. 4. Intercambiadores de calor (orden de pedido fechado el 17 de enero de 1977)**

(Cotizaciones en pesos por pie cuadrado)

Vendedor	Precio	Origen
Ecología	335	México
Surtec	406	Estados Unidos
Schryve	863	Francia

Las cotizaciones nacionales de los intercambiadores de calor, según tipos, varían en grandes proporciones, como se puede apreciar en el ejemplo que sigue:

**Ejemplo No. 5. Intercambiadores de calor de fabricantes nacionales**

(al 25 de marzo de 1977)

(Cotizaciones en pesos por pie cuadrado)

Tipo	Swecomex	Clermont	Metalver
EA-403	559	490	869
EA-404	391	375	403
EA-406	703	612	793
EA-407	490	495	748

El análisis de las cotizaciones se hizo extensivo a instrumentos, válvulas de control, y recipientes a presión. De él se llegó a la conclusión de que los oferentes nacionales de instrumentos cotizan, por norma, a más bajo precio que los oferentes externos, y sólo en algunos casos por arriba de ellas. Es conveniente apuntar que las cotizaciones nacionales de recipientes a presión varían entre sí a veces hasta en un 100%.

Evidentemente, un estudio comparativo entre los precios nacionales de bienes de capital requiere de un mayor número de ejemplos que los dados aquí, pero dicho estudio queda fuera de los objetivos y alcances de este trabajo. Sin embargo, del análisis tanto de las cotizaciones como de los costos de material, mano de obra y procesos, se puede concluir que la industria local, en su estructura actual, debiera tener una posición competitiva apreciable, si pudiesen eliminarse las fluctuaciones de la demanda a través de una adecuada programación de las compras y si los materiales (como aceros y aleaciones de alta calidad) pudiesen obtenerse oportunamente en el mercado nacional.

## VI. DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA LA REFINACION DE PETROLEO

### A. VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO Y MATERIALES POR UNIDAD DE PRODUCCION

Siguiendo la metodología expuesta en el capítulo anterior, se calculó el valor de los equipos para cada una de las unidades consideradas en el modelo de refinación y los resultados aparecen en los cuadros 19 a 28.

Cuadro 19

#### MODELO DE REFINACION: VALOR TOTAL DE LA DEMANDA DE EQUIPO

(Pesos de 1977)

Nombre de las unidades	Valor
<b>TOTAL</b>	<b>3 259 199 580</b>
Destilación primaria	318 207 162
Destilación al vacío	255 715 278
Hidrodesulfuradora de naftas	173 311 138
Reformadora catalítica	274 442 896
Hidrodesulfuradora de gasoleo y kerosina	283 843 924
Fraccionamiento y tratamiento	28 679 014
Desintegradora catalítica	661 643 528
Servicios	1 263 356 640

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 20

#### MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD DE DESTILACION PRIMARIA (CAPACIDAD DE 200 000 BARRILES POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>318 207 162</b>
1	Intercambiadores de calor	23 229 206
3	Calentadores	102 462 724
4	Recipientes a presión	115 827 348
	4.1 Torres	85 274 826
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	19 337 864
	4.4 Internos de torres	11 214 658
5	Bombas y accionadores	76 687 884
	5.1 Accionadores eléctricos	29 601 572
	5.2 Accionadores de turbina	13 803 790
	5.3 Bombas centrífugas	31 441 956
	5.4 Bombas recíprocantes	1 840 566

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 21

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD  
DE VACIO (CAPACIDAD DE 100 000  
BARRILES POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>255 715 278</b>
1	Intercambiadores de calor	118 778 114
2	Enfriadores de aire	17 474 912
3	Calentadores	56 729 764
4	Recipientes a presión	44 066 932
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	42 124 264
	4.3 Reactores	1 942 668
5	Bombas y accionadores	16 208 556
	5.1 Accionadores eléctricos	1 500 408
	5.2 Accionadores de turbina	4 203 290
	5.3 Bombas centrífugas	10 504 858
21	Equipo especial y misceláneo	2 457 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 23

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD  
REFORMADORA CATALITICA  
(CAPACIDAD DE 25 000  
BARRILES POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>274 442 896</b>
1	Intercambiadores de calor	46 380 880
2	Enfriadores de aire	12 898 886
3	Calentadores	65 042 978
4	Recipientes a presión	37 873 108
	4.1 Torres	8 392 020
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	7 193 368
	4.3 Reactores	22 025 640
	4.4 Internos de torres	262 080
5	Bombas y accionadores	3 567 746
	5.1 Accionadores eléctricos	1
	5.2 Accionadores de turbina	1
	5.3 Bombas centrífugas	1
	5.4 Bombas reciprocantes	1
6	Compresores	108 679 298

<sup>1</sup> Inversiones indeterminadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 22

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD  
HIDRODESULFURADORA DE NAFTA  
(CAPACIDAD DE 25 000 BARRILES  
POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>173 311 138</b>
1	Intercambiadores de calor	54 227 082
3	Calentadores	10 394 930
4	Recipientes a presión	33 956 832
	4.1 Torres	4 268 628
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	9 015 188
	4.3 Reactores	20 673 016
5	Bombas y accionadores	11 954 124
	5.1 Accionadores eléctricos	1
	5.2 Accionadores de turbina	1
	5.3 Bombas centrífugas	1
	5.4 Bombas reciprocantes	34 762
6	Compresores	62 716 290
21	Equipo especial y misceláneo	61 880

<sup>1</sup> Inversiones indeterminadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 24

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD  
HIDRODESULFURADORA DE GASOLEO  
Y KEROSINA (CAPACIDAD DE  
25 000 BARRILES POR DIA  
POR UNIDAD; 2  
UNIDADES)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>283 843 924</b>
1	Intercambiadores de calor	96 450 354
3	Calentadores	25 165 322
4	Recipientes a presión	54 737 774
	4.1 Torres	8 929 648
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	11 574 290
	4.3 Reactores	32 598 930
	4.4 Internos de torres	1 634 906
5	Bombas y accionadores	20 174 336
	5.1 Accionadores eléctricos	1
	5.2 Accionadores de turbina	1
	5.3 Bombas centrífugas	1
	5.4 Bombas reciprocantes	39 494
6	Compresores	85 903 818
21	Equipo especial y misceláneo	1 412 320

<sup>1</sup> Inversiones indeterminadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 25

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD DE FRACCIONAMIENTO Y TRATAMIENTO (CAPACIDAD DE 25 000 BARRILES POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>28 679 014</b>
1	Intercambiadores de calor	19 037 928
4	Recipientes a presión	7 689 864
	4.1 Torres	6 375 642
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	1 314 222
5	Bombas y accionadores	1 951 222
	5.1 Accionadores eléctricos	1
	5.2 Accionadores de turbina	1
	5.3 Bombas centrifugas	1
	5.4 Bombas reciprocantes	1

<sup>1</sup> Inversiones indeterminadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 26

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD DESINTEGRADORA CATALITICA (CAPACIDAD DE 40 000 BARRILES POR DIA)

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>661 643 528</b>
1	Intercambiadores de calor	147 493 154
2	Enfriadores de aire	13 034 840
3	Calentadores	19 141 668
4	Recipientes a presión	193 874 408
	4.1 Torres	44 978 206
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	50 338 652
	4.3 Reactores	88 480 938
	4.4 Internos de torres	10 076 612
5	Bombas y accionadores	26 352 508
	5.1 Accionadores eléctricos	6 174 714
	5.2 Accionadores de turbina	4 633 538
	5.3 Bombas centrifugas	15 544 256
6	Compresores	46 850 440
7	Sopladores	67 253 368
16	Calderas para recuperación de calor	140 928 060
21	Equipo especial y misceláneo	6 725 082

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 27

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO EN LA UNIDAD DE SERVICIOS

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>1 263 356 840</b>
1	Intercambiadores de calor	8 413 496
4	Recipientes a presión	44 934 344
	4.1 Torres	5 749 380
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	39 184 964
5	Bombas y accionadores	92 875 874
	5.1 Accionadores eléctricos	27 738 074
	5.2 Accionadores de turbina	20 817 160
	5.3 Bombas centrifugas	43 845 620
	5.4 Bombas reciprocantes	475 020
6	Compresores	6 294 288
7	Sopladores	17 904 796
9	Motores diesel	3 862 586
12	Transformadores	47 437 390
13	Paneles de distribución	106 776 488
14	Centros de control de motores	32 102 070
16	Calderas	265 744 752
17	Turbogeneradores	189 886 977
18	Torres de enfriamiento	49 850 164
19	Equipo para tratamiento de agua	25 122 183
20	Quemadores de campo	783 874
21	Equipo especial y misceláneo	3 727 360
22	Materiales para tanques de almacenamiento	367 640 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 28

MODELO DE REFINACION: VALOR DE LA DEMANDA DE MATERIALES

(Pesos de 1977)

Clasificación de los materiales	Descripción de los materiales	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>2 546 898 536</b>
10	Instrumentación	275 857 400
15 y 25	Materiales eléctricos <sup>1</sup>	170 807 000
23	Tubería	1 460 422 600
	23.1 Tubos	809 073 720
	23.2 Válvulas	400 156 120
	23.3 Conexiones	251 192 760
24	Acero estructural	129 815 140
26	Partes de repuesto adquiridas con el equipo original	162 269 380
	Promedio total de partes de repuesto para el modelo de refinación <sup>2</sup>	509 996 396

<sup>1</sup> Excluye equipo eléctrico.<sup>2</sup> Basado en el promedio por años de operación al final de 1986. No incluye las partes para refinarias existentes.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

## B. CALCULO DE LA DEMANDA TOTAL DE EQUIPO Y MATERIALES PARA EL PERIODO 1977 - 1986

La demanda total de equipo y materiales para el modelo de refinación sería la siguiente (en pesos de 1977):<sup>13</sup>

TOTAL	5 806 098 116
Equipo	3 259 199 580
Materiales	2 546 898 536

El valor de la inversión del módulo entraría 4.7 veces en la demanda total de equipo y materiales del periodo 1977-1986, de acuerdo al programa de instalación de refineries de PEMEX, considerando cuatro refineries completas (Salina Cruz II, Tula II, Salina Cruz III y Cadereyta II); y 70% del módulo de inversión para las que se encuentran actualmente en construcción (Salina Cruz y Cadereyta).

La inversión en equipo y materiales para ese periodo sería pues, de 27 300 millones de pesos (4.7 x 5 806).

Aplicando la estructura porcentual resultante, por familia de equipos, se obtiene la demanda de bienes de capital que aparece en el cuadro 29.

Para calcular la demanda anual se debe multiplicar la cifra antes obtenida (27 300 millones de pesos) por la estructura porcentual anual resultante del programa de inversiones en refinación en el periodo considerado, lo que supone una relación constante entre los gastos para equipo y materiales y los restantes (ingeniería, montaje, materiales de construcción, etc.).

Cuadro 29

### MEXICO: VALOR DE LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA LA REFINACION DE PETROLEO, 1977-1986

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor	Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>27 366</b>	14	Centros de control de motores	151
1	Intercambiadores de calor	2 416	15 y 25	Materiales eléctricos <sup>1</sup>	803
2	Enfriadores de aire	204	16	Calderas	1 911
3	Calentadores	1 311	17	Turbogeneradores	892
4	Recipientes a presión	2 505	18	Torres de enfriamiento	234
5	Bombas y accionadores	1 174	19	Equipo para tratamiento de agua	118
6	Compresores	1 459	20	Quemadores de campo	4
7	Sopladores	400	21	Equipo especial y misceláneo	68
8	Turbinas de vapor	Incluidas en máquinas rotativas	22	Materiales para tanques de almacenamiento	1 728
9	Motores diesel	18	23	Tubería	6 864
10	Instrumentación	1 297		23.1 Tubos	3 803
11	Motores	Incluidos en máquinas rotativas		23.2 Válvulas	1 881
				23.3 Conexiones	1 181
12	Transformadores	223	24	Acero estructural	610
13	Paneles de distribución	502	26	Partes de repuesto	2 474 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Excluye equipo eléctrico.

<sup>2</sup> El valor de las partes de repuesto de refinación no es una función continua del modelo, por lo que la cifra que aparece no es múltiplo de 4.7.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

## C. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y DE LOS MATERIALES

Los equipos identificados en el modelo de refinación tienen las siguientes características técnicas, que se anotan a continuación por clase:

### Clase 1. Intercambiadores de calor

La gráfica 16 presenta la distribución de intercambiadores de calor por unidad de área de transferencia (tamaño) para el modelo de refinación.

<sup>13</sup> La diferencia entre la inversión total y la calculada en equipo y materiales, está representada por los valores imputados a ingeniería, construcciones civiles, mano de obra, etc.

La distribución porcentual por tipo de intercambiador se anota a continuación:

Tipo	Participación (%)
Cabeza flotante	87
Tubo en "U"	12
Cabeza estacionaria	1

El número total de intercambiadores en el modelo es de 320 y su precio y peso promedio según el material de construcción se presentan en seguida:

Material	Peso medio (Toneladas)	Precio medio (Pesos/kg)
Acero al carbono	19.5	54
Aleación	26.8	88
Admiralty <sup>1</sup>	17.4	73

<sup>1</sup> Aleación cúprica.

El precio unitario promedio total de los intercambiadores de calor es de 73.50 pesos/kg. Cabe aclarar que los materiales indicados corresponden, el primero (acero al carbono) a todas las carcasas y

los restantes (admiralty y aleaciones) a tubos y canales.

El peso de los componentes de los intercambiadores incluidos en el modelo es el siguiente:

	(Toneladas)
Carcasas de acero al carbono	2 894
Haz de tubos de acero al carbono (tubos y canales)	1 048
Haz de tubos de aleación y admiralty	2 908
Intercambiadores en el modelo	6 850
Peso unitario promedio	21.4

Las características técnicas de los enfriadores de calor del modelo de refinación aparecen en el cuadro 30.

### Clase 2. Enfriadores de aire

Los enfriadores de aire no se usan extensivamente en las refineries de PEMEX ya que éstas se ubican en lugares con abundantes recursos acuíferos, como es el caso de Salina Cruz. Sin embargo, se estima que tales enfriadores se utilizarán en mayor grado en futuras refineries, por lo que es indispensable considerarlos.

Cuadro 30

### CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS ENFRIADORES DE AIRE EN LA REFINERIA MODELO

Unidad de refinación	Número de unidades	Área en metros cuadrados <sup>1</sup>		Material de que están contruidos	Peso total (toneladas)	Ventiladores accionados con motor eléctrico <sup>2</sup>
		Sin aletas	Con aletas			
<b>Destilación al vacío</b>						
Enfriadores	3	200	Por unidad 4 000	Acero cromo-aluminio	56.0	6 x 30
Enfriadores	2	190	Por unidad 3 800	Acero cromo-aluminio	37.0	4 x 30
<b>Reformadora catalítica</b>						
Enfriadores	3	—	Total 37 800	—	—	—
Enfriadores	3	—	Total 4 800	—	—	—
Enfriadores	3	—	Total 10 100	—	—	—
<b>Desintegradora catalítica</b>						
Enfriadores	2	—	—	Acero al carbono-aluminio	8.2	2 x 30
Enfriadores	2	—	—	Acero al carbono-aluminio	12.1	2 x 20

<sup>1</sup> El área del tubo son las aletas; dicha área se estimó duplicando el factor comúnmente usado en el diseño de los enfriadores.

<sup>2</sup> La potencia del motor está estimada en HP.

<sup>3</sup> Se desconoce el número de cambiadores por tipo, por lo que se reportan únicamente las áreas totales de intercambio, también por tipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### Clase 3. Calentadores

El número de calentadores por unidad de refinación, su capacidad térmica y los materiales con que se fabrican se presentan en el cuadro 31.

### Clase 4. Recipientes a presión

Como recipientes a presión se consideran torres, reactores, recipientes y tanques pequeños. Prácticamente todos los recipientes son de acero

al carbono, algunas torres están recubiertas con aleaciones y sólo ciertos reactores son de acero aleado y de pared de más de dos pulgadas de grueso. Con base en cálculos relativos a equipos individuales se obtuvieron los siguientes pesos en toneladas de los recipientes de acuerdo con sus materiales de construcción:

Productos	Acero al carbono	Aleación
TOTAL	6 565	1 092
Recipientes	3 740	—
Torres	2 042	—
Reactores	783	1 092

Cuadro 31

### CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS CALENTADORES EN LA REFINERIA MODELO

Unidad de refinación	Número de unidades	Capacidad por unidad (millones de BTU por hora) <sup>1</sup>	Material de que están constituidos los tubos	Peso total estimado (toneladas)
Destilación primaria	2	272	5 cromo, 1/2 molibdeno	920
Destilación al vacío	2	62	acero al cromo	284
Hidrodesulfuradora de naftas	2	31	acero al cromo	68
Hidrodesulfuradora de destilados intermedios				
Calentadores	2	53	acero al cromo-molibdeno	380
Calentadores	2	34	"	—
Reformadora catalítica				
Calentadores	1	56	30% acero al carbono	—
Calentadores	1	74	70% acero al cromo-molibdeno	80
Calentadores	1	14	"	—
Calentadores	1	32	"	—
Calentadores	1	16	"	—
Desintegradora catalítica	1	99.3	acero al carbono	163

<sup>1</sup> BTU = unidad británica de calor (*British thermal unit*).

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

La gráfica 17 muestra la distribución del número de recipientes por peso dentro del modelo:

Productos	Peso medio (tors)	Precio medio (pesos/kg)
Torres	56	37
Recipientes y reactores	14	36

#### Clase 5. Bombas y accionadores

Dentro del modelo se identificaron las bombas por su tipo: centrífugas ó rotativas y reciprocantes.

Todas las bombas reciprocantes son dosificadoras o de inyección de baja potencia, es decir, menores a 3/4 de HP y representan 13% del total. En cambio las bombas rotativas representan 2.6% del número total, y el restante 84.4% se refiere a bombas centrífugas. El número total de bombas en el modelo es de 305 unidades.

La mayoría de las bombas tienen la carcasa de acero fundido y de 11 a 13% de los impulsores son de acero al cromo.

El peso estimado de las bombas, sin considerar el motor, es de 575 toneladas. Su promedio de potencia es de 126.3 HP. En la gráfica 18 se muestra la distribución de las bombas por potencia (BHP) para el modelo de refinación.

#### Clase 6. Compresores

La distribución de compresores por unidad de refinación y por clase, así como sus características se presentan en el cuadro 32.

#### Clase 7. Sopladores

Los sopladores existentes dentro de cada unidad de refinación y sus características se muestran en el cuadro 33.

#### Clase 8. Turbinas de vapor

El número de turbinas de vapor en el modelo es de 36, y representa 12% de los accionadores en la refinación. Dicha cifra no incluye las turbinas de los turbogeneradores. El tamaño de las turbinas es variado y la mayor alcanza una potencia de 1 360 HP.

#### Clase 9. Motores diesel

Los motores diesel se utilizan en la refinación para casos de emergencia (sistema de contraincendio); su número y características son las siguientes:

Tipo de unidades	Número	Potencia (HP)	Peso (kg)	Peso total (kg)
Servicios	2	300	3 159	6 318

#### Clase 10. Instrumentación

En esta clase se han incluido tanto los instrumentos de medición, como los medios de control. Las válvulas de control representan aproximadamente un tercio del valor de los instrumentos; esto es, 50 millones de pesos en el modelo de refinación. La demanda de instrumentos de desplazamiento positivo es relativamente baja.

Cuadro 32

## CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS COMPRESORES EN LA REFINERIA MODELO

Unidad de refinación	Número de unidades	Potencia (BHP)	Material componente		Accionador		Peso total con accionador (toneladas)
			Carcaza	Interno	Tipo	Potencia (HP)	
<b>A. Compresores centrifugos</b>							
Hidrosulfuradora de naftas	1	740	acero al carbono	—	—	—	—
Reformadora catalítica	1	4 000	acero al carbono	—	Turbina	4 200	16.0
Hidrosulfuradora de destilados intermedios	2	961	acero al carbono	—	Turbina	—	21.8
Desintegradora catalítica	1	4 150	acero al carbono	acero inoxidable	Turbina	4 150	20.3
<b>Servicios</b>							
Compresores centrifugos	2	285	acero al carbono	acero al carbono	Motor	300	10.9
Compresores centrifugos	1	550	acero al carbono	acero al carbono	Motor	600	6.7
Compresores centrifugos	2	550	acero al carbono	acero al carbono	Turbina	574	6.4
<b>B. Bombas reciprocantes</b>							
Reformadora catalítica	2	800	acero al carbono	acero al carbono	Motor	820	—
Desintegradora catalítica	2	60	acero al carbono	acero al carbono	Motor	60	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

*Clase 11. Motores eléctricos*

El número de motores eléctricos en el modelo de refinación se eleva a 270 unidades, es decir, cerca de 88% de los accionadores totales. El motor más grande tiene una potencia de 1 610 HP.

*Clase 12. Transformadores*

El uso de transformadores en la refinación es variado. Su capacidad oscila de 112.5 y 1 000 a 10 000 KVA de potencia.

*Clase 16. Calderas*

Para el modelo de refinación se requieren tres calderas principales con capacidad de 200 toneladas-hora cada una. La unidad desintegradora catalítica tiene una caldera de recuperación de calor.

*Clase 17. Turbogeneradores*

Para generar la corriente eléctrica necesaria para el modelo de refinación se requieren dos

turbogeneradores con accionador de turbina y con potencia de 32 000 KW cada uno.

*Clase 18. Torres de enfriamiento*

En promedio, el modelo de refinación puede tener tres torres de enfriamiento de las siguientes capacidades: 50 000, 60 000 y 100 000 galones por minuto. Tales unidades se encuentran en la refinación de Cadereyta I; la capacidad puede cambiar en función de la localización.

*Clase 22. Tanques de almacenamiento*

Todos los tanques de la refinación son fabricados de acero al carbono y la demanda de placa de acero para el módulo será de 60 400 toneladas.

*Clase 23. Tubería*

El modelo demandará alrededor de 7 700 toneladas de tubería, de las cuales un alto porcentaje en peso es de acero al carbono.

Cuadro 33

## CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS SOPLADORES EN LA REFINERIA MODELO

Unidad de refinación	Número de unidades	Potencia (BHP)	Material		Peso (ton)	Accionador	
			Carcaza	Interno		Tipo	Potencia (HP)
Reformadora catalítica	1	11 930	acero al carbono	acero al carbono	137.4	Turbina	11 930
<b>Servicios</b>							
Sopladores	3		sopladores de calderas				
Sopladores	7		ventiladores de torres de enfriamiento				

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Los tubos de los calentadores que se fabrican principalmente de aleación se han excluido.

*Clase 24. Acero estructural*

El modelo de refinación tendrá una demanda de aproximadamente 21 700 toneladas de acero estructural. Este volumen incluye escaleras de todos tipos y plataformas. PEMEX utiliza concreto reforzado para soportar su tubería. La demanda total de placa, tubos y bombas para el periodo aparece en el cuadro 34, y significa 4.7 veces su tonelaje reportado en el modelo.

Esta lista no incluye otros equipos como turbinas, compresores y sopladores.

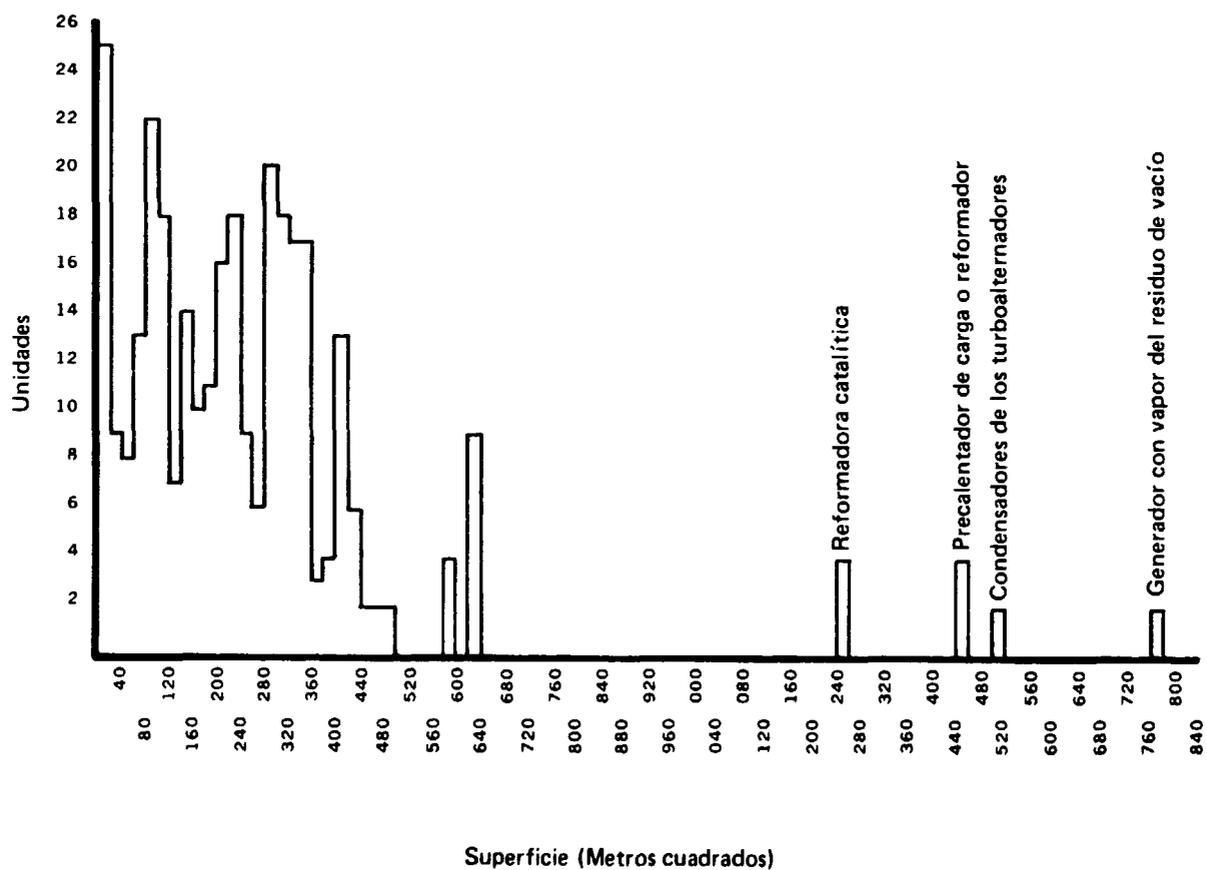
Cuadro 34  
MEXICO: DEMANDA TOTAL DE ACERO ESTRUCTURAL, 1977-1986

Materiales	Toneladas
Placa de acero al carbono (corazas de intercambiadores de calor y recipientes a presión)	44 500
Placa de acero aleado	5 100
Placas de acero al carbono para tanques de almacenamiento	284 000
Haz de tubos de intercambiadores de calor (incluyendo canales)	
De acero al carbono	4 900
De acero aleado	13 650
Bombas y base	2 700
Tubería de acero al carbono (excepto la de calentadores)	364 000
Acero estructural	102 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Gráfica 16

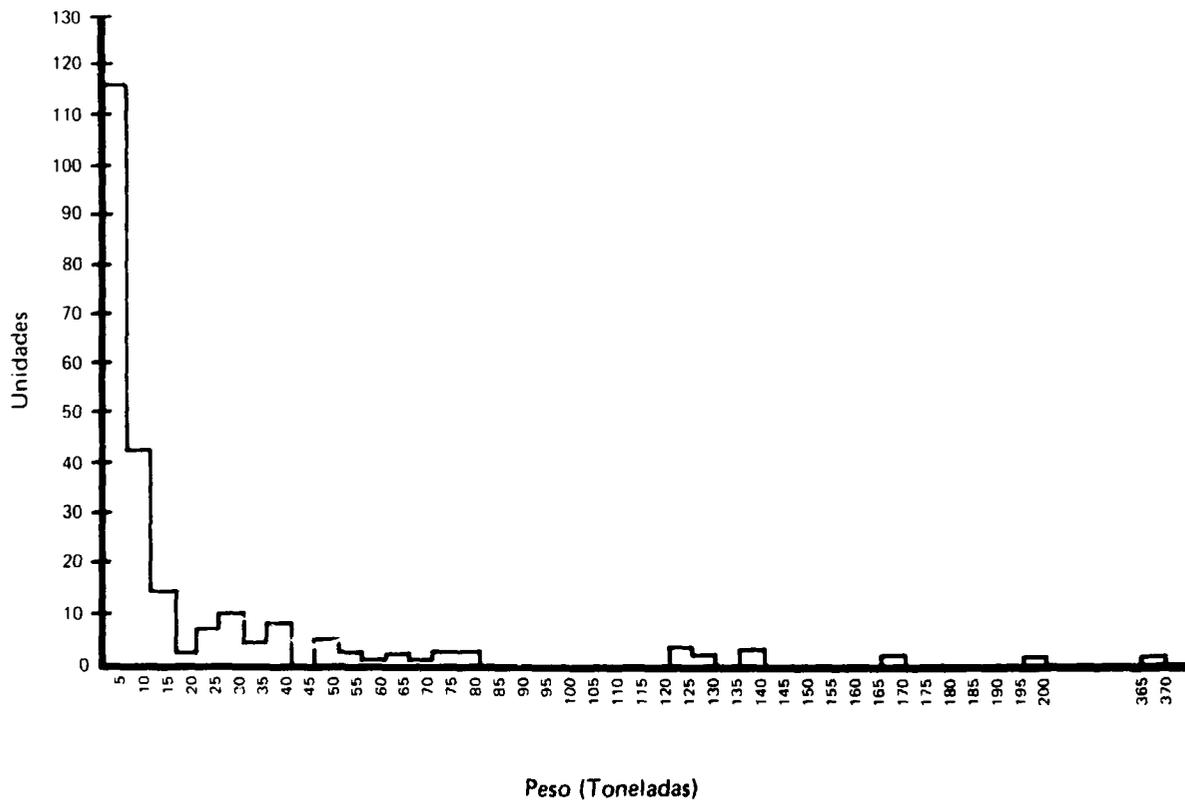
DISTRIBUCION DE LA MEDIDA DE  
INTERCAMBIADORES DE CALOR POR UNIDAD  
DE AREA DE TRANSFERENCIA EN UN MODELO  
DE REFINACION



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUFI.

Gráfica 17

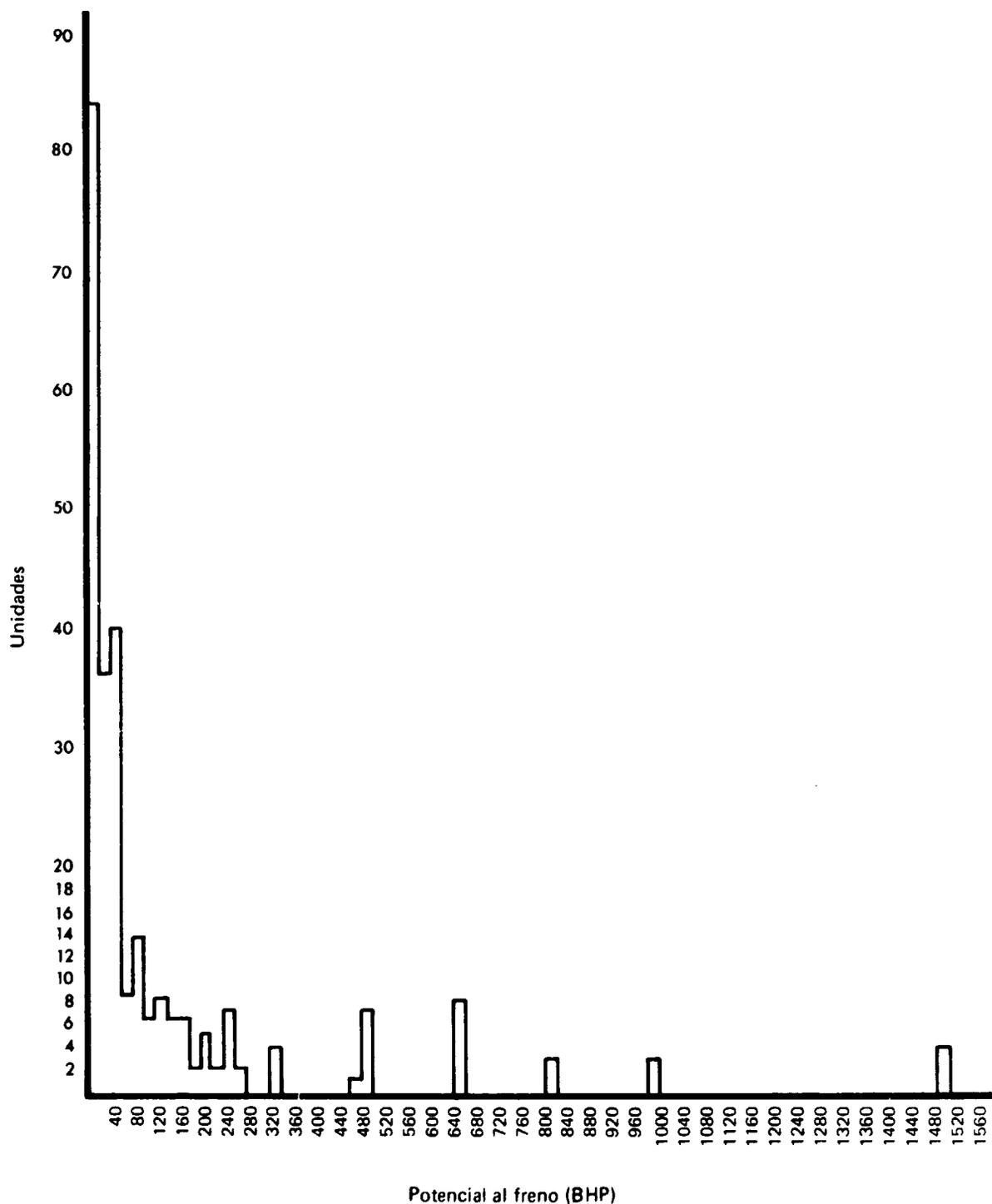
DISTRIBUCION DEL NUMERO DE RECIPIENTES  
A PRESION POR PESO DENTRO DE UN MODELO  
DE REFINACION



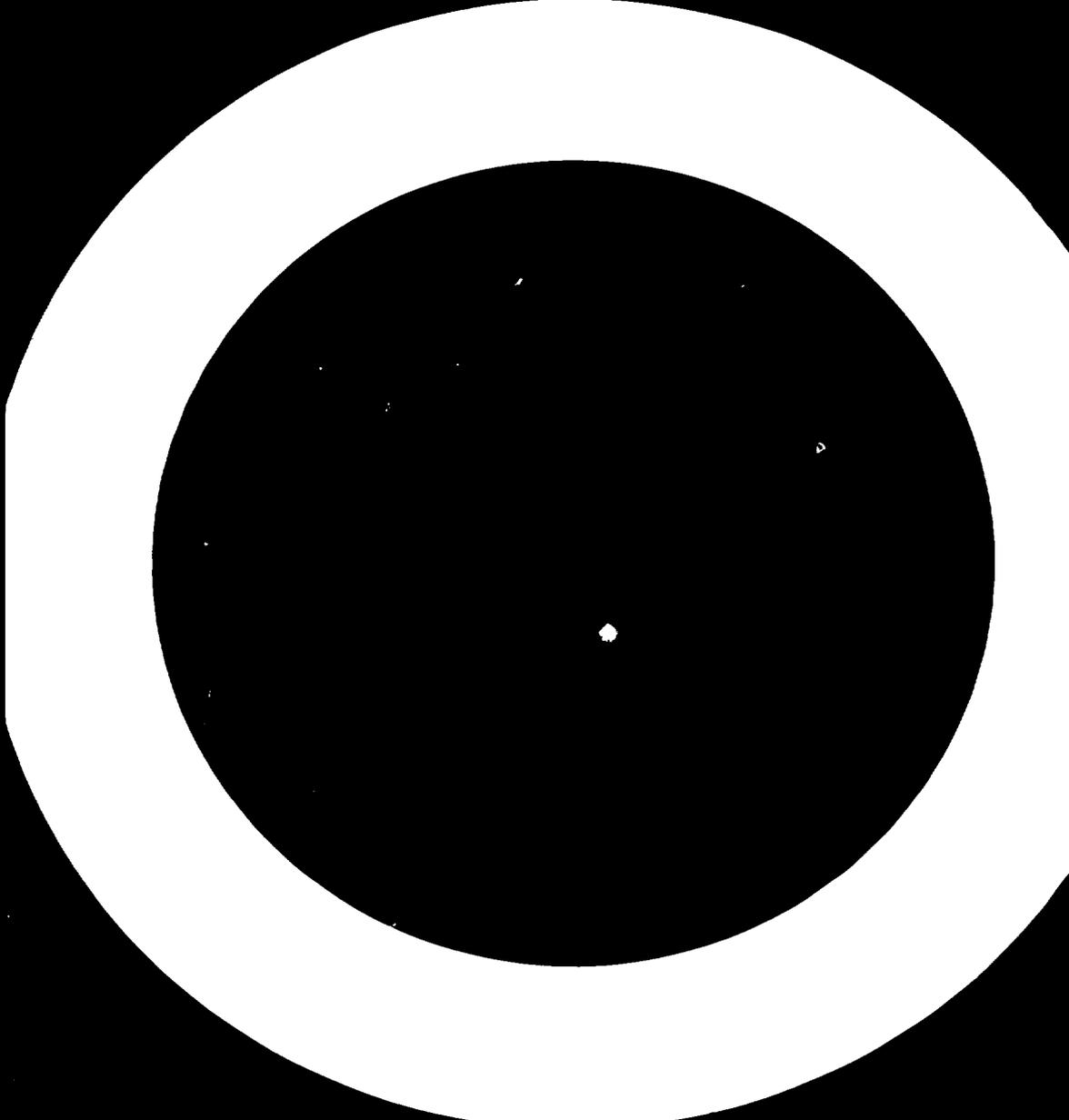
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFinsa-ONUDI.

Gráfica 18

DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE BOMBAS  
PARA UN MODELO DE REFINACION



FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital  
NAFINSA-ONUDI.



## VII. DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA LA PETROQUIMICA BASICA

### A. VALOR DE LA DEMANDA

El método planteado en el capítulo IV para determinar la demanda de equipo que requiere Petróleos Mexicanos, a fin de instrumentar sus proyectos de petroquímica básica, se apoya en las estructuras de valor de los equipos de cada una de las unidades típicas.

Para calcular las estructuras de las plantas de etileno, estirenoetilbenceno, criogénicas y endulzadoras, se acudió a las órdenes de compra de proyectos ya ejecutados, escalando los precios con base en los de 1977 y aplicando los mismos índices utilizados en el modelo de refinación.

Dentro de los complejos petroquímicos se incluyen algunas unidades de refinación de hidrocarburos tales como hidrodeshulfuradoras, plantas de destilación primaria, reformadoras, unidades de tratamiento y fraccionamiento, etc. Por ello al calcular la demanda futura de equipo de tales unidades se usaron las estructuras resultantes del modelo de refinación.

La estructura del valor del equipo de una planta de amoníaco, incluyendo servicios, se obtuvo de Petróleos Mexicanos.

El equipo para servicios en el modelo petroquímico se calculó a partir de la estructura de la refinería de Cadereyta. En los cuadros 35 y 36 aparecen las estructuras resultantes.

Al aplicar dichas estructuras porcentuales a las inversiones programadas por planta, estimando que su montaje tendrá un periodo de maduración de aproximadamente tres años antes de la fecha de arranque programada, se obtuvo el valor de la demanda de los equipos en dos periodos de tres años y uno de cuatro, tal como aparecen en el cuadro 37.

Cabe aclarar que las inversiones estimadas para las unidades de refinación se escalan a partir de las usadas en el modelo respectivo, usando un exponente de economías de escala de 0.6 a 0.7, según la unidad de refinación de que se trate.

Las cifras de inversión por rubro de cada una de las unidades que componen el modelo petroquímico aparecen en los cuadros 38 a 48.

Cuadro 35

#### ESTRUCTURA DEL VALOR DEL EQUIPO DE SERVICIOS EN PLANTAS PETROQUIMICAS

(Por ciento)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Amoníaco	Cadereyta
	<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
1	Intercambiadores de calor	—	1.0
4	Recipientes a presión	—	5.3
	4.1 Torres	—	0.7
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	—	4.6
5	Bombas y accionadores	18.9	11.1
	5.1 Accionadores eléctricos	5.6	3.2
	5.2 Accionadores de turbina	4.2	2.5
	5.3 Bombas Centrífugas	9.1	5.4
6	Compresores	—	0.8
7	Sopladores	2.5	2.1
9	Motores diesel	—	0.5
10	Instrumentación	—	0.9
12	Transformadores	2.5	5.4
13	Paneles de distribución	—	10.7
14	Centros de control de motores	—	1.9
16	Calderas	—	31.3
17	Turbogeneradores	—	22.5
18	Torres de enfriamiento	11.6	4.3
19	Equipo para tratamiento de agua	13.6	2.2
23	Tubería	50.9	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

**Cuadro 36**  
**ESTRUCTURA DEL VALOR DEL EQUIPO PARA ALGUNAS PLANTAS PETROQUIMICAS**  
 (Por ciento)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Etileno	Amoniaco	Estireno	Endulzadoras	Criogénicas	Destilación primaria	Hidro-desulfuradora	Reformadora	Tratamiento y fraccionamiento
	<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
1	Intercambiadores de calor	29.9	21.0	35.3	18.2	31.3	7.3	31.2	17.7	64.8
2	Enfriadores de aire	—	—	—	—	2.7	—	—	—	—
3	Calentadores	8.7	24.3	11.6	—	0.6	32.5	6.0	24.9	—
4	Recipientes a presión	22.3	26.5	34.8	50.9	14.0	36.1	19.8	14.5	26.2
	4.1 Torres	9.9	7.7	12.2	26.8	3.4	26.4	2.5	2.2	21.7
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	10.4	4.0	7.8	16.2	10.3	6.2	5.3	3.6	4.5
	4.3 Reactores	0.8	14.8	12.1	—	—	3.5	12.0	8.1	—
	4.4 Internos de torres	1.2	—	2.7	7.9	0.3	—	—	0.6	—
5	Bombas y accionadores	8.4	6.2	5.5	18.8	1.4	24.1	6.7	1.4	6.7
	5.1 Accionadores eléctricos	—	1.8	—	—	—	9.3	—	—	—
	5.2 Accionadores de turbina	1.0	1.4	—	—	—	4.3	—	—	—
	5.3 Bombas centrífugas	7.4	3.0	—	—	—	10.0	—	—	—
	5.4 Bombas reciprocantes	—	—	—	—	—	0.5	—	—	—
6	Compresores	29.9	22.0	12.1	11.2	50.0	—	36.3	41.5	—
7	Sopladores	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	Equipo especial y misceláneo	0.8	—	0.7	0.9	—	—	—	—	2.3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

**Cuadro 37**  
**MEXICO: DEMANDA DE EQUIPO Y MATERIALES PARA LA PETROQUIMICA BASICA, 1977-1986**  
 (Millones de pesos, a precios de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Total	1977-1979	1980-1982	1983-1986
	<b>TOTAL</b>	<b>31 752</b>	<b>17 178</b>	<b>6 301</b>	<b>8 273</b>
1	Intercambiadores de calor	5 008	2 612	938	1 458
2	Enfriadores de aire	112	81	9	22
3	Calentadores	1 701	912	486	303
4	Recipientes a presión	4 797	2 410	1 078	1 309
5	Bombas y accionadores	2 007	1 023	452	532
6	Compresores	4 968	2 537	911	1 520
7	Sopladores	92	47	18	27
8	Turbinas de vapor	—	—	Incluidas en maquinaria rotativa	
9	Motores diesel	31	17	6	8
10	Instrumentación	1 086	596	177	313
11	Motores	—	—	Incluidos en maquinaria rotativa	
12	Transformadores	299	175	40	84
13	Paneles de distribución	571	312	106	153
14	Centros de control de motores	103	56	19	28
15	Materiales eléctricos	260	130	56	74
16	Calderas	1 662	960	310	392
17	Turbogeneradores	1 234	707	249	278
18	Torres de enfriamiento	359	196	74	89
19	Equipo para tratamiento de agua	161	110	22	29
20	Quemadores de campo <sup>1</sup>	2	2	—	—
21	Equipo especial y misceláneo	59	7	5	47
22	Materiales para tanques de almacenamiento	211	78	49	84
23	Tubería	5 008	3 118	895	995
	23.1 Tubos	2 774	1 727	496	551
	23.2 Válvulas	1 373	855	245	273
	23.3 Conexiones	861	536	154	171
24	Acero estructural	898	485	180	233
26	Partes de repuesto	1 123	607	221	295

<sup>1</sup> Se supone que los quemadores se adquieren durante el primer trienio, aunque parte de ellos se utilicen en los periodos subsecuentes.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 38

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA DE ETILENO, CON CAPACIDAD DE 182 000 TONELADAS POR AÑO

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	898 524 893
1	Intercambiadores de calor	270 709 913
3	Calentadores	78 839 240
4	Recipientes a presión	200 918 705
	4.1 Torres	89 320 356
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	93 943 415
	4.3 Reactores	6 839 078
	4.4 Internos de torres	10 815 856
5	Bombas y accionadores	76 048 144
	5.2 Accionadores de turbina	8 610 083
	5.3 Bombas centrífugas	67 438 061
6	Compresores	272 008 891

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-CNUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 40

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA DE ESTIRENO, CON CAPACIDAD DE 150 000 TONELADAS POR AÑO

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	163 779 810
1	Intercambiadores de calor	57 836 000
3	Calentadores	18 929 000
4	Recipientes a presión	56 814 000
	4.1 Torres	19 979 000
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	19 782 000
	4.3 Reactores	12 696 000
	4.4 Internos de torres	4 357 000
5	Bombas y accionadores	8 952 000
6	Compresores	20 064 810
21	Equipo especial y misceláneo	1 184 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 39

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA DE AMONIACO, CON CAPACIDAD DE 445 000 TONELADAS POR AÑO

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	377 339 717
1	Intercambiadores de calor	79 011 881
3	Calentadores	91 471 076
4	Recipientes a presión	99 760 304
	4.1 Torres	29 021 520
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	15 073 829
	4.3 Reactores	55 684 955
5	Bombas y accionadores	23 216 436
	5.1 Accionadores eléctricos	6 862 720
	5.2 Accionadores de turbina	5 152 255
	5.3 Bombas centrífugas	11 201 461
6	Compresores	82 986 998
21	Equipo especial y misceláneo	873 022

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 41

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA ENDULZADORA DE GASES, CON CAPACIDAD DE 500 MILLONES DE PIES CUBICOS POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	58 614 880
1	Intercambiadores de calor	10 659 934
4	Recipientes a presión	29 832 960
	4.1 Torres	15 730 924
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	9 463 341
	4.4 Internos de torres	4 638 695
5	Bombas y accionadores	10 993 632
6	Compresores	6 567 179
21	Equipo especial y misceláneo	561 175

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 42

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA  
CRIOGENICA, CON CAPACIDAD DE  
500 MILLONES DE PIES CUBICOS  
POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>351 426 803</b>
1	Intercambiadores de calor	100 804 176
2	Enfriadores de aire	9 592 416
3	Calentadores	2 132 943
4	Recipientes a presión	49 320 849
	4.1 Torres	11 881 682
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	36 344 627
	4.4 Internos de torres	1 094 540
5	Bombas y accionadores	4 906 019
6	Compresores	175 670 400

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 44

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA  
HIDRODESULFURADORA DE NAFTA,  
CON CAPACIDAD DE 85 000  
BARRILES POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>302 930 836</b>
1	Intercambiadores de calor	94 641 753
3	Calentadores	18 124 348
4	Recipientes a presión	59 309 962
	4.1 Torres	7 455 378
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	15 743 786
	4.3 Reactores	36 110 798
5	Bombas y accionadores	20 782 720
6	Compresores	109 970 235
21	Equipo especial y misceláneo	101 818

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 43

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA  
DE DESTILACION PRIMARIA, CON  
CAPACIDAD DE 200 000 BARRILES  
POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>320 913 388</b>
1	Intercambiadores de calor	23 244 836
3	Calentadores	102 411 078
4	Recipientes a presión	115 779 915
	4.1 Torres	85 239 910
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	19 330 029
	4.3 Reactores	11 209 976
5	Bombas y accionadores	76 771 334
	5.1 Accionadores eléctricos	29 631 779
	5.2 Accionadores de turbina	13 814 925
	5.3 Bombas centrífugas	31 483 689
	5.4 Bombas recíprocas	1 840 941
21	Equipo especial y misceláneo	2 706 225

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 45

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA  
DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA  
REFORMADORA CATALITICA, CON  
CAPACIDAD DE 45 000 BARRILES  
POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	<b>TOTAL</b>	<b>372 532 007</b>
1	Intercambiadores de calor	65 993 614
3	Calentadores	92 547 267
4	Recipientes a presión	53 888 276
	4.1 Torres	7 993 234
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	13 483 308
	4.3 Reactores	30 457 984
	4.4 Internos de torres	1 953 750
5	Bombas y accionadores	5 857 420
6	Compresores	154 245 430

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 46

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y TRATAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 100 000 BARRILES POR DIA

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	24 743 992
1	Intercambiadores de calor	16 284 996
4	Recipientes a presión	6 584 942
	4.1 Torres	5 459 636
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	1 125 306
5	Bombas y accionadores	1 673 854
21	Equipo especial y misceláneo	200 200

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 48

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE SERVICIOS DE LA PLANTA DE AMONIACO

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	57 683 224
5	Bombas y accionadores	10 895 339
	5.1 Accionadores eléctricos	3 220 635
	5.2 Accionadores de turbina	2 419 195
	5.3 Bombas centrifugas	5 255 509
10	Instrumentación	1 459 453
12	Transformadores	1 444 706
18	Torres de enfriamiento	6 660 886
19	Equipo para tratamiento de agua	7 864 728
23	Tubería	29 358 112

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 47

MODELO PETROQUIMICO: VALOR DE LA DEMANDA DE EQUIPO DE LA PLANTA DE SERVICIOS

(Pesos de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Valor
	TOTAL	463 808 500
1	Intercambiadores de calor	4 622 800
4	Recipientes a presión	24 689 200
	4.1 Torres	3 159 000
	4.2 Recipientes y tanques pequeños	21 530 200
5	Bombas y accionadores	51 630 700
	5.1 Accionadores eléctricos	15 240 700
	5.2 Accionadores de turbina	11 438 000
	5.3 Bombas centrifugas	24 952 000
6	Compresores	3 458 400
7	Sopladores	9 837 800
9	Motores diesel	2 122 300
10	Instrumentación	4 204 400
12	Transformadores	24 753 500
13	Paneles de distribución	49 592 300
14	Centros de control de motores	8 974 600
16	Calderas	145 605 800
17	Turbogeneradores	104 333 500
18	Torres de enfriamiento	19 790 200
19	Equipo para tratamiento de agua	10 193 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

## B. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y DE LOS MATERIALES

Para efectuar el análisis de la demanda sólo fue posible disponer de caracterizaciones técnicas para las plantas de etileno, amoníaco y endulzadoras, debido a la insuficiente información disponible y, en parte, a la elevada confidencialidad de la misma.

El equipo utilizado en plantas petroquímicas no difiere radicalmente del equipo empleado en las plantas de refinación, ya que ambas se caracterizan por ser procesadoras de fluidos.

Las diferencias fundamentales entre las plantas petroquímicas y las de refinación se refieren a que las primeras tienen mayor proporción de equipo de pailería (principalmente en las plantas criogénicas), manejan mayores temperaturas (calentadores de etileno), contienen mayor porcentaje de aleaciones (criogénicas y etileno), utilizan un número más elevado de compresores de mayor tamaño y emplean más reactores.

Lo más significativo de las características de las plantas de amoníaco y etileno fue que las primeras generan una elevada demanda de compresores y las segundas, de compresores y calentadores; de tal manera que esta demanda puede justificar el establecimiento de proyectos específicos de fabricación de estos equipos. El número y características de los compresores y calentadores se da en seguida.

### Compresores

#### i) Demanda para plantas de amoníaco

8 unidades de 14 125 BHP c/u con accionador de turbina

8 unidades de 31 800 BHP c/u con accionador de turbina

8 unidades de 13 885 BHP c/u con accionador de turbina

#### ii) Demanda para plantas de etileno

7 unidades de 14 305 BHP c/u con accionador de turbina

7 unidades de 13 498 BHP c/u con accionador de turbina

7 unidades de 2 840 BHP c/u con accionador de turbina

### Calentadores

Demanda para las plantas de etileno:

35 unidades de 85 mm BTU-hora c/u.

## VIII. DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA EL TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS

En esta parte del estudio, se cuantifica la demanda de bienes de capital que generará el transporte y distribución de hidrocarburos. Los poliductos de distribución se han dividido en ductos que transportan líquidos y los que conducen gases. Aquí se cuantifica la demanda de tubería, bombas y compresores, instrumentación y tanques (dentro de las áreas de distribución), excluyendo los equipos que se utilizan en las áreas de refinación y petroquímica, que ya han sido considerados en sus ramas específicas.

Las cifras que se tomaron en cuenta para determinar el valor del equipo que demanda la transportación de hidrocarburos, se obtuvieron de Petróleos Mexicanos y de algunas firmas de ingeniería nacional y extranjera.

La información de Petróleos Mexicanos incluye el análisis del oleoducto Cárdenas-La Venta-Pajaritos, con tubería de 20 pulgadas de diámetro y longitud de 123 kilómetros, que cuenta con una estación de bombeo ubicada en Pico de Oro, Veracruz; y dos gasoductos con longitud de 113 kilómetros cada uno y diámetro de 24 pulgadas, con dos estaciones de compresión.

Cuadro 49

### ESTRUCTURA DEL VALOR DE LA DEMANDA DEL EQUIPO Y MATERIALES PARA POLIDUCTOS

Equipo y materiales	Transporte de líquidos %	Transporte de gas %
TOTAL	100.0	100.0
Tubería	77.5	79.8
Válvulas	11.1	4.8
Conexiones	6.0	2.6
Bombas y accionadores	5.1	—
Compresores y accionadores	—	11.8
Instrumentación	0.3	1.0

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de Petróleos Mexicanos y otras empresas.

Se ha calculado que el equipo y los materiales representan 58% de la inversión total.

La estructura porcentual del valor de los equipos y materiales para los poliductos se presenta en el cuadro 49.

Las áreas de almacenamiento, en que se utilizan principalmente tanques, representan 7% de la inversión en poliductos. Se estima que del valor de los tanques construidos, 21.5% corresponde a material utilizado y el restante 78.5% al costo de mano de obra. El precio local promedio de la placa de acero al carbono, en pesos de 1977, es de \$ 6 080 por tonelada; mientras el precio interno de la tubería es de \$ 10 414 por tonelada. Asimismo, el desglose del equipo de las áreas de almacenamiento es de 65% para tubería, 21.5% para válvulas y 13.5% para conexiones.

Las inversiones anuales programadas, durante el periodo 1977-1986, para la instalación de ductos para líquidos y gases y sus correspondientes equipos y materiales en el periodo 1977-1986, se presentan en el cuadro 50, donde se puede observar que el presupuesto para gasoductos es superior al de ductos para líquidos.

Con la aplicación del desglose antes mencionado, al valor de la demanda del equipo y materiales de transporte de hidrocarburos, se obtuvieron las cifras que aparecen en el cuadro 51, relativas a tubería, válvulas, conexiones y placa de acero para tanques de almacenamiento, para el periodo 1977-1986.

Utilizando los precios por unidad de peso de la tubería y placa de acero al carbono, se calculó la demanda de acero en toneladas para tubería y tanques para el mismo periodo (véase el cuadro 52).

La estimación del valor de la demanda de las bombas para líquidos y compresores para gases, excluyendo los accionadores, se presenta en el cuadro 53, en tanto que en el cuadro 54 se expone el valor de la demanda de los instrumentos necesarios para accionar los ductos; estos cálculos también son realizados para el periodo 1977-1986.

Cuadro 50

MEXICO: VALOR DE LA DEMANDA DEL EQUIPO Y MATERIALES PARA DUCTOS, 1977-1986

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Año	Inversión total	Total equipo y materiales	Líneas para líquidos		Líneas para gas	
			Inversión	Equipo y materiales	Inversión	Equipo y materiales
TOTAL	55 487	32 182	21 610	12 533	33 877	19 649
1977	3 039	1 763	1 519	881	1 520	882
1978	18 251	10 585	3 961	2 297	14 290	8 288
1979	11 852	6 874	2 949	1 710	8 903	5 164
1980	4 574	2 653	1 476	856	3 098	1 797
1981	2 360	1 369	1 215	705	1 145	664
1982	1 151	667	821	476	330	191
1983	1 866	1 082	1 516	879	350	203
1984	4 534	2 630	3 269	1 896	1 265	734
1985	4 890	2 836	3 114	1 806	1 776	1 030
1986	2 970	1 723	1 770	1 027	1 200	696

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 51

MEXICO: VALOR DE LA DEMANDA DE TUBOS, VALVULAS Y CONEXIONES PARA EL TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS, 1977-1986

(Miles de pesos, a precios de 1977)

Año	Total	Tubos	Válvulas	Conexiones	Placa de acero <sup>1</sup>
TOTAL	31 267	26 241	2 390	1 294	1 342
1977	2 331	2 068	142	77	44
1978	9 474	8 403	655	353	63
1979	6 252	5 461	442	239	110
1980	2 524	2 107	187	101	129
1981	1 409	1 094	116	63	136
1982	792	541	68	37	146
1983	1 191	864	114	62	151
1984	2 628	2 077	252	137	162
1985	2 835	2 247	258	140	190
1986	1 831	1 379	156	85	211

<sup>1</sup> Valor de la demanda de placa de acero correspondiente a los tanques de almacenamiento.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 52

MEXICO: VOLUMEN DE LA DEMANDA DE ACERO PARA EL TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS, 1977-1986

(Miles de toneladas)

Año	Total	Para tubería	Para placa de acero
TOTAL	2 739	2 519	220
1977	206	199	7
1978	817	807	10
1979	542	524	18
1980	223	202	21
1981	127	105	22
1982	76	52	24
1983	108	83	25
1984	226	199	27
1985	247	215	31
1986	167	132	35

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 53

MEXICO: VALOR DE LA DEMANDA DE BOMBAS,  
COMPRESORES Y ACCIONADORES PARA  
EL TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE  
HIDROCARBUROS, 1977-1986

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Año	Total	Bombas	Compresores
TOTAL	2 979	643	2 336
1977	150	45	105
1978	1 103	118	985
1979	702	88	614
1980	258	44	214
1981	115	36	79
1982	47	24	23
1983	69	45	24
1984	184	97	87
1985	215	93	122
1986	136	53	83

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 54

MEXICO: VALOR DE LA DEMANDA DE  
INSTRUMENTOS PARA EL TRANSPORTE Y  
DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS,  
1977-1986

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Año	Valor	Estructura (%)
TOTAL	226	100.0
1977	11	4.9
1978	86	38.1
1979	54	23.9
1980	20	8.8
1981	9	4.0
1982	3	1.3
1983	5	2.2
1984	13	5.8
1985	15	6.5
1986	10	4.4

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos.

## IX. DEMANDA DE EQUIPO Y MATERIALES PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

En este capítulo se resumen las estimaciones de la demanda conjunta de bienes de capital, generada en las ramas de refinación, petroquímica primaria y transporte y distribución de hidrocarburos para el periodo de 1977 a 1986. La demanda de los equipos específicos se presenta en los capítulos de demanda sectorial, donde la demanda anual puede calcularse aplicando la relación anual de cada sector respecto a la inversión total.

En el cuadro 57 se presenta el valor de la demanda total de las ramas de refinación, petroquímica primaria y distribución de hidrocarburos para cada una de las familias de equipo durante el periodo 1977-1986. El total de dicha demanda asciende a poco más de 93 500 millones de pesos; es decir, en promedio, las necesidades anuales de bienes

de capital para la industria petrolera ascienden a 9 350 millones de pesos, cantidad que demuestra su considerable importancia.

Los materiales y equipos que participan en forma preponderante en el valor de la demanda total son los intercambiadores de calor, recipientes a presión, compresores y tubería; estos cuatro renglones absorben 70% de la demanda total que ejerce la industria petrolera, con un valor conjunto de 65 286 millones de pesos, a precios de 1977; existe la gran ventaja de que todos ellos son susceptibles de fabricarse en el país.

El volumen de la demanda en unidades físicas generada por el maquinado y pailería pesados, placa de acero, así como tubería y acero estructural, se reporta en el cuadro 55, por un total de 4 246 400 toneladas.

Al combinar las cifras de los cuadros 55 y 57 se obtienen los precios por unidad de peso del

Cuadro 55

### MEXICO: VOLUMEN DE LA DEMANDA DE EQUIPO PARA LA INDUSTRIA PETROLERA, 1977-1986 <sup>1</sup>

(Toneladas métricas)

Equipo y materiales	Volumen	Estructura (%)
<b>TOTAL</b>	<b>4 246 400</b>	<b>100.0</b>
1. Pailería y maquinado pesado	304 000	7.2
1.1 Recipientes a presión	203 000	4.8
1.2 Intercambiadores de calor (coraza y haz)	101 000	2.4
2. Tubos (acero al carbono, excluye tubos de calentadores)	3 151 000	74.2
3. Placa de acero (al carbono, para tanques montados en campo)	540 000	12.7
4. Acero estructural	251 400	5.9

<sup>1</sup> Para refinación, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

Cuadro 56

### MEXICO: PRECIOS UNITARIOS DEL EQUIPO PARA LA INDUSTRIA PETROLERA <sup>1</sup>

(Pesos de 1977)

Equipo y materiales	Pesos por tonelada
Recipientes a presión	36 000
Intercambiadores de calor	73 500
Tubos	10 414
Acero estructural	6 000
Placa de acero	6 080

<sup>1</sup> Para refinación, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con cifras de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

Cuadro 57

MEXICO: DEMANDA TOTAL DE BIENES DE CAPITAL PARA LA INDUSTRIA  
PETROLERA, 1977-1986 <sup>1</sup>

(Millones de pesos, a precios de 1977)

Clasificación del equipo	Descripción del equipo	Total	Refinación	Petroquímica primaria	Transporte y distribución
	TOTAL	93 530	27 366	31 752	34 472
1	Intercambiadores de calor	7 424	2 416	5 008	— <sup>2</sup>
2	Enfriadores de aire	316	204	112	—
3	Calentadores	3 012	1 311	1 701	—
4	Recipientes a presión	7 302	2 505	4 798	—
5	Bombas y accionadores	3 824	1 174	2 007	643
6	Compresores	8 762	1 459	4 967	2 336
7	Sopladores	492	400	92	—
8	Turbinas de vapor <sup>2</sup>	—	—	—	—
9	Motores diesel	49	18	31	—
10	Instrumentación	2 609	1 297	1 086	226
11	Motores <sup>2</sup>	—	—	—	—
12	Transformadores	522	223	299	—
13	Paneles de distribución	1 073	502	571	—
14	Centros de control de motores	254	151	103	—
15	Materiales eléctricos	1 063	803	260	—
16	Calderas	3 573	1 911	1 662	—
17	Turbogeneradores	2 126	892	1 234	—
18	Torres de enfriamiento	593	234	359	—
19	Equipo para tratamiento de agua	279	118	161	—
20	Quemadores de campo	6	4	2	—
21	Equipo especial y misceláneo	127	68	59	—
22	Materiales para tanques de almacenamiento	3 281	1 728	211	1 342
23	Tubería	41 798	6 865	5 008	29 925
	23.1 Tubos	32 818	3 803	2 774	26 241
	23.2 Válvulas	5 644	1 881	1 373	2 390
	23.3 Conexiones	3 336	1 181	861	1 294
24	Acero estructural	1 508	610	898	—
26	Partes de repuesto	3 597	2 474	1 123	—

<sup>1</sup> Incluye refinación de petróleo, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos.<sup>2</sup> Incluidos en maquinaria rotativa.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

equipo que se demanda, mismos que se consignan en el cuadro 56.

calculó dividiendo el valor de la demanda entre el precio unitario modular por tonelada.

Para obtener el peso total de los equipos demandados en las tres ramas consideradas se han aplicado, a las cifras del modelo petroquímico, los coeficientes obtenidos en el modelo de refinación. En general, el peso del total de los equipos se

Cabe aclarar que el precio de la tubería es un promedio ponderado que se calculó en base a la distribución por tamaño dentro de los proyectos considerados.

# INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

## CUADROS

Núm.		Pág.
1.	México: Bienes de capital para la industria petrolera, con demanda superior a 5 000 millones de pesos, 1977-1986 .....	1
2.	México: Estimación del volumen de la demanda de bienes de capital para la industria petrolera, 1977-1986 .	1
3.	México: Precios de equipos relevantes para la industria petrolera, 1977 .....	2
4.	Petróleos Mexicanos: Número de refinerías, ubicación y capacidad de destilación primaria y fraccionamiento de gasolina natural, 1977 .....	3
5.	México: Producción de petróleo, gas natural y refinados, 1965-1977 .....	4
6.	Inversiones de Petróleos Mexicanos, 1967-1977 .....	5
7.	Petróleos Mexicanos: Plan de producción y exportación de petróleo crudo y refinados, 1977-1982 .....	5
8.	Petróleos Mexicanos: Programa de producción de gas natural, 1977-1982 .....	6
9.	Petróleos Mexicanos: Aumento de la capacidad de refinación de petróleo crudo en las plantas en operación, 1978-1979 .....	6
10.	Petróleos Mexicanos: Incorporación de capacidad de refinación de nuevas plantas, 1977-1985 .....	6
11.	Resumen del programa de inversiones de la industria petrolera para refinación, petroquímica y transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 .....	7
12.	Petróleos Mexicanos: Programa de inversiones en refinación, 1977-1986 .....	8
13.	Petróleos Mexicanos: Programa de inversiones en transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 ...	9

Núm		Pág.
14.	Petróleos Mexicanos: Programa de inversiones en plantas petroquímicas, 1977-1986 .....	9
15.	Factores de escalación para equipo nacional, 1973-1977	16
16.	Factores de escalación para equipo norteamericano, 1973-1977 .....	16
17.	Petróleos Mexicanos: Nuevas refinerías en proyecto. Unidades que las componen y capacidad productiva, 1977-1986 .....	18
18.	Bases de cálculo y fuentes para estructurar una refinería modelo en México .....	19
19.	Modelo de refinación: Valor total de la demanda de equipo .....	39
20.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad de destilación primaria (capacidad de 200 000 barriles por día) .....	39
21.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad de vacío (capacidad de 100 000 barriles por día) .....	40
22.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad hidrosulfuradora de naftas (capacidad de 25 000 barriles por día) .....	40
23.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad reformadora catalítica (capacidad de 25 000 barriles por día) .....	40
24.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad hidrosulfuradora de gasóleo y kerosina (capacidad de 25 000 barriles por día por unidad; 2 unidades) .....	40
25.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad de fraccionamiento y tratamiento (capacidad de 25 000 barriles por día) .....	41
26.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad desintegradora catalítica (capacidad de 40 000 barriles por día) .....	41
27.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de equipo en la unidad de servicios .....	41
28.	Modelo de refinación: Valor de la demanda de materiales .....	41
29.	México: Valor de la demanda de bienes de capital para la refinación de petróleo, 1977-1986 .....	42
30.	Características técnicas de los enfriadores de aire en la refinería modelo .....	43
31.	Características técnicas de los calentadores en la refinería modelo .....	44
32.	Características técnicas de los compresores en la refinería modelo .....	45

Núm.		Pág.
33.	Características técnicas de los sopladores en la refinería modelo .....	45
34.	México: Demanda total de acero estructural, 1977-1986 .....	46
35.	Estructura del valor del equipo de servicios en plantas petroquímicas .....	51
36.	Estructura del valor del equipo para algunas plantas petroquímicas .....	52
37.	México: Demanda de equipo y materiales para la petroquímica básica, 1977-1986 .....	52
38.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de etileno, con capacidad de 182 000 toneladas por año .....	53
39.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de amoníaco, con capacidad de 445 000 toneladas por año .....	53
40.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de estireno, con capacidad de 150 000 toneladas por año .....	53
41.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta endulzadora de gases, con capacidad de 500 millones de pies cúbicos por día .....	53
42.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta criogénica, con capacidad de 500 millones de pies cúbicos por día .....	54
43.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de destilación primaria, con capacidad de 200 000 barriles por día .....	54
44.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta hidrosulfuradora de naftas, con capacidad de 85 000 barriles por día .....	54
45.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta reformadora catalítica, con capacidad de 45 000 barriles por día .....	54
46.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de fraccionamiento y tratamiento, con capacidad de 100 000 barriles por día .....	55
47.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de la planta de servicios .....	55
48.	Modelo petroquímico: Valor de la demanda de equipo de servicios de la planta de amoníaco .....	55
49.	Estructura del valor de la demanda del equipo y materiales para poliductos .....	57
50.	México: Valor de la demanda del equipo y materiales para ductos, 1977-1986 .....	58

Núm.		Pág.
51.	México: Valor de la demanda de tubos, válvulas y conexiones para el transporte y distribución de hidrocarburos 1977-1986 .....	58
52.	México: Volumen de la demanda de acero para el transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 .....	58
53.	México: Valor de la demanda de bombas, compresores y accionadores para el transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 .....	59
54.	México: Valor de la demanda de instrumentos para el transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 .....	59
55.	México: Volumen de la demanda de equipo para la industria petrolera, 1977-1986 .....	61
56.	México: Precios unitarios del equipo para la industria petrolera .....	61
57.	México: Demanda total de bienes de capital para la industria petrolera, 1977-1986 .....	62

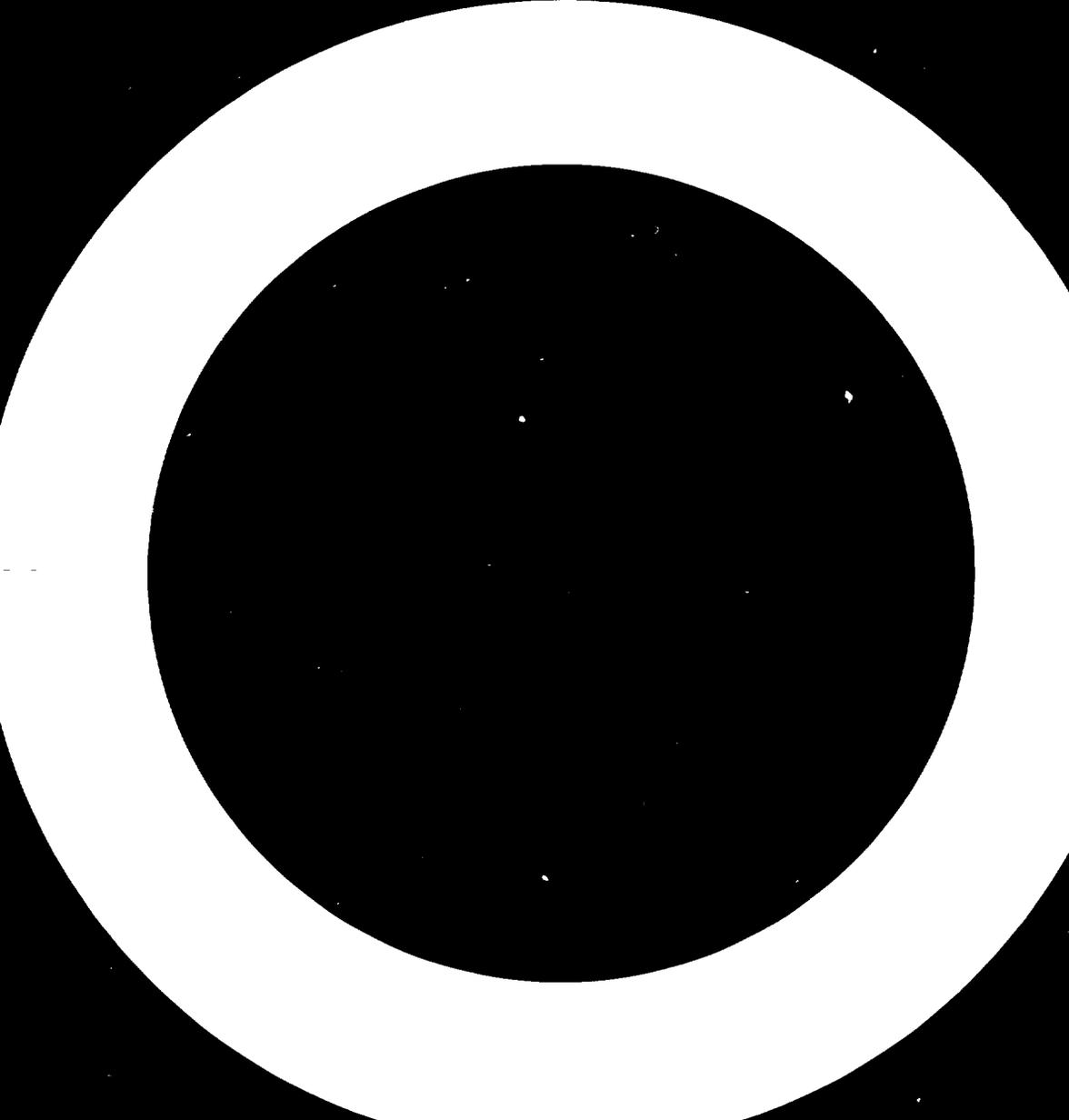
## GRAFICAS

1.	Distribución anual de la inversión de Petróleos Mexicanos para refinación, petroquímica básica y transporte y distribución de hidrocarburos, 1977-1986 .....	10
2.	Programa de ejecución de obras de refinación de PEMEX, 1977-1986 .....	11
3.	Función peso de los recipientes a presión .....	21
4.	Función peso de las columnas .....	22
5.	Función peso de la cubierta de los intercambiadores de calor .....	23
6.	Función peso del haz de tubos de los intercambiadores de calor .....	24
7.	Función peso de las bombas centrífugas .....	25
8.	Función peso de los motores eléctricos .....	26
9.	Función precio unitario de los intercambiadores de calor de acero al carbono .....	29
10.	Función precio unitario de los intercambiadores de calor de admiralty .....	30
11.	Función precio unitario de los intercambiadores de calor de aleación .....	31
12.	Función precio unitario de los recipientes a presión ..	32
13.	Función precio unitario de las torres y columnas .....	33

Núm.		Pág.
14.	Función precio unitario de las bombas centrífugas (sin el accionador y la base ) . . . . .	34
15.	Función precio unitario de los motores eléctricos . . . . .	35
16.	Distribución de la medida de intercambiadores de calor por unidad de área de transferencia en un modelo de refinación . . . . .	47
17.	Distribución del número de recipientes a presión por peso dentro de un modelo de refinación . . . . .	48
18.	Distribución del tamaño de bombas para un modelo de refinación . . . . .	49

PAGE 68 BLANK

RESUMEN EN INGLES



## I. SUMMARY AND CONCLUSIONS

It is estimated that the demand for capital goods used in refining, primary petrochemicals and distribution and transport of hydrocarbons in Mexico will be somewhat more than 93 500 million 1977 pesos in the period from 1977 to 1986.<sup>1</sup> This figure does not include outlay for infrastructure, construction and consumer goods. If these three expense categories are included, the figure rises to 210 000 million pesos for the period in question.

Table 1

### MEXICO: CAPITAL GOODS FOR THE PETROLEUM INDUSTRY, WITH A DEMAND ABOVE 5 000 MILLION PESOS, 1977-1986

(Millions of 1977 pesos)

Product	Value	%
TOTAL	61 951	100.0
Pipes	32 818	53.0
Compressors	8 762	14.1
Heat exchangers	7 424	12.0
Pressure vessels	7 303	11.8
Valves	5 644	9.1

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Table 1 shows the value of the national petroleum industry's demand for major equipment categories classified by user branch, for the period 1977-1986. Together, these categories represent 66% of the total demand generated by that industry. Pipes occupy an important place with 53% of the total demand; next in importance are compressors, with 14.1%; heat exchangers with 12%; pressure vessels with 11.8%, and valves with 9.1%. The total value of these capital goods is estimated at 61 951 million pesos for the period under consideration.

<sup>1</sup> The estimate of future demand was made in terms of units and 1977 prices. The most important equipment was characterized according to capacity, in terms of power and area of exchange, and according to material of construction and weight. For this it was necessary to estimate the histogram of the different classes of equipment considered in the analysis.

Compressor demand is centered on the large-sized compressors and since these are not yet produced in the country, specific pre-investment studies could be undertaken to determine the feasibility of producing these goods locally.

The rest of the equipment considered here is currently produced in Mexico, but it is estimated that present production capacity is not sufficient to cover demand. Therefore studies should be made regarding the possibility of formulating investment projects in these areas.

In terms of weight, table 2 shows the demand in metric tons of the most important equipment categories. Pipes represent a little more than 74% of the total 4.2 million tons, steel plate for tanks follows with 12.7%, structural steel with 5.9%, pressure vessels with 4.8% and heat exchangers with the remaining 2.4%.

Although there are indications that the production capacity for pipes will be increased to meet the demand created by the construction of gas pipelines, studies are needed for the creation or amplification of production units to cover the demand in other branches of the industry, such as refining, oil pipelines, etc.

Table 2

### MEXICO: ESTIMATED VOLUME OF DEMAND FOR CAPITAL GOODS IN THE PETROLEUM INDUSTRY, 1977-1986

(Metric tons)

Product	Tons	%
TOTAL	4 245 000	100.0
Pressure vessels	203 000	4.8
Heat exchangers	101 000	2.4
Pipes	3 150 000	74.2
Steel plate for tanks	540 000	12.7
Structural steel	251 000	5.9

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

Classification and characterization of the equipment in this study presented certain difficulties; however, whenever possible it was classified by size, capacity and material of construction. It should be noted that almost all pressure vessels are made of carbon steel except for some reactors. Heat exchanger shells are also of carbon steel and pipes are mostly ferrous and nonferrous alloys.

Floating head heat exchangers represent 87% of the total value of demand in the refining branch.

At present, air coolers are not extensively used by Petróleos Mexicanos since most of the plants are located in areas with abundant water; but it is estimated that their use will increase in the future in refineries which do not have considerable water resources, such as in Cadereyta and Tula II.

Centrifugal pumps represent 84% of the total pump demand in refining; the remaining 16% is made up of low-capacity reciprocating (piston driven) pumps used for dosing. Most centrifugal pumps have cast steel casings and only 11 to 13% have chrome impellers. Only 12% of the pumps used in refining have steam turbine drives; the remaining 88% have electric motors.

Table 3 indicates the equipment prices for a model refinery, at 1977 values.

Because of the lack of adequate information for defining and characterizing part of the equip-

ment, it was necessary to estimate mathematical correlations between equipment weight, as a dependent variable, and equipment size, as an independent variable, in relation to price (dependent variable). A high degree of reliability was obtained in the estimates and this made it possible to make deductions for the required calculations and analysis.

A general examination of comparative petroleum equipment prices indicates that the Mexican-made equipment apparently has a lower cost than imported equipment.

Table 3

MEXICO: PRICES OF MAJOR EQUIPMENT FOR THE PETROLEUM INDUSTRY, 1977

Product	Pesos per kilogram
Columns and towers	37
Vessels and reactors	36
Heat exchangers	
With carbon steel shell and bundle	54
With alloy steel bundle	88
With admiralty bundle <sup>1</sup>	73

<sup>1</sup> Copper alloy.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project.

## IX. DEMAND FOR EQUIPMENT AND MATERIALS FOR THE PETROLEUM INDUSTRY

This chapter summarizes the estimated overall demand for capital goods in refining, primary petrochemicals and transport and distribution of hydrocarbons, for the period from 1977 to 1986. Demand for specific equipment is found in the chapters dealing with sectorial demand, where annual demand can be calculated by applying the annual ratio of each sector in relation to total investment.

Table 57 presents the value of the total demand in refining, primary petrochemicals and distribution of hydrocarbons for each equipment family during the period 1977-1986. Total demand is somewhat more than 93 500 million pesos; that is, the average annual needs for capital goods in the petroleum industry reach 9 350 million pesos, which shows that they are quite important.

Table 55

### MEXICO: VOLUME OF DEMAND FOR EQUIPMENT IN THE PETROLEUM INDUSTRY, 1977-1986 <sup>1</sup>

(Metric tons)

Equipment and materials	Volume	Structure (%)
<b>TOTAL</b>	<b>4 246 400</b>	<b>100.0</b>
1. Platework and heavy machining	304 000	7.2
1.1 Pressure vessels	203 000	4.8
1.2 Heat exchangers (shell and bundle)	101 000	2.4
2. Pipes (carbon steel, excluding heater pipes)	3 151 000	74.2
3. Steel plate (carbon steel, for field erected tanks)	540 000	12.7
4. Structural steel	251 400	5.9

<sup>1</sup> For refining, primary petrochemicals and transport and distribution of hydrocarbons.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with data of Petróleos Mexicanos and the Mexican Petroleum Institute.

The materials and equipment having the greatest importance in total demand value are heat exchangers, pressure vessels, compressors and pipes; these four categories absorb 70% of the demand, with a combined value of 65 286 million pesos at 1977 prices. Fortunately all of these products can be produced in Mexico.

The volume of demand in physical units generated by heavy machining and platework, steel plate, pipes and structural steel is shown in table 55, giving a total of 4 246 400 tons.

The prices per unit of weight of the equipment required are found by combining the figures of table 55 and table 57. They are represented in table 56.

In order to obtain the total weight of equipment for the three branches considered here, the coefficients obtained from the refining model were applied to the petrochemical model. In general, the total weight of equipment was calculated by dividing the value of demand by the modular unit price per ton.

For piping the price used is also a weighted average based on size distributions within the projects being considered.

Table 56

### MEXICO: UNIT PRICES OF EQUIPMENT FOR THE PETROLEUM INDUSTRY <sup>1</sup>

(1977 pesos)

Equipment and materials	Pesos per ton
Pressure vessels	36 000
Heat exchangers	73 500
Pipes	10 414
Structural steel	6 000
Steel plate	6 080

<sup>1</sup> For refining, primary petrochemicals and transport and distribution of hydrocarbons.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with data of Petróleos Mexicanos and the Mexican Petroleum Institute.

Table 57

MEXICO: TOTAL CAPITAL GOODS DEMAND FOR THE PETROLEUM  
INDUSTRY, 1977-1986 <sup>1</sup>

(Millions of pesos, at 1977 prices)

Equipment classification	Description of equipment	Total	Refining	Primary petrochemicals	Transport and distribution
	<b>TOTAL</b>	<b>93 590</b>	<b>27 366</b>	<b>31 752</b>	<b>34 472</b>
1	Heat exchangers	7 424	2 416	5 008	— <sup>2</sup>
2	Air coolers	316	204	112	—
3	Heaters	3 012	1 311	1 701	—
4	Pressure vessels	7 302	2 505	4 978	—
5	Pumps and drives	3 824	1 474	2 007	643
6	Compressors	8 782	1 459	4 967	2 336
7	Blowers	492	400	92	—
8	Steam-turbines <sup>2</sup>	—	—	—	—
9	Diesel motors	49	18	31	—
10	Instruments	2 609	1 297	1 086	226
11	Motors <sup>2</sup>	—	—	—	—
12	Transformers	522	223	299	—
13	Distribution panels	1 073	502	571	—
14	Motor control centers	254	151	403	—
15	Electric materials	1 063	803	260	—
16	Boilers	3 573	1 911	1 662	—
17	Turbogenerators	2 126	892	1 234	—
18	Cooling towers	593	234	359	—
19	Water treatment	279	118	161	—
20	Flares	6	4	2	—
21	Special and miscellaneous equipment	127	68	59	—
22	Materials for storage tanks	3 281	1 728	211	1 342
23	Pipes	41 798	6 865	5 008	29 925
	23.1 Pipes	32 818	3 803	2 774	26 241
	23.2 Valves	5 644	1 881	1 373	2 390
	23.3 Fittings	3 338	1 181	861	1 294
24	Structural steel	1 508	610	898	—
26	Spare parts	3 597	2 474	1 123	—

<sup>1</sup> Includes petroleum refining, primary petrochemicals and transport and distribution of hydrocarbons.<sup>2</sup> Included in rotating machinery.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with data of Petróleos Mexicanos and the Mexican Petroleum Institute.

Se terminó de imprimir este libro el 20 de abril de 1979 en Policromía, Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13951  
(597)

**MONOGRAFÍAS  
SECTORIALES  
SOBRE BIENES DE CAPITAL**

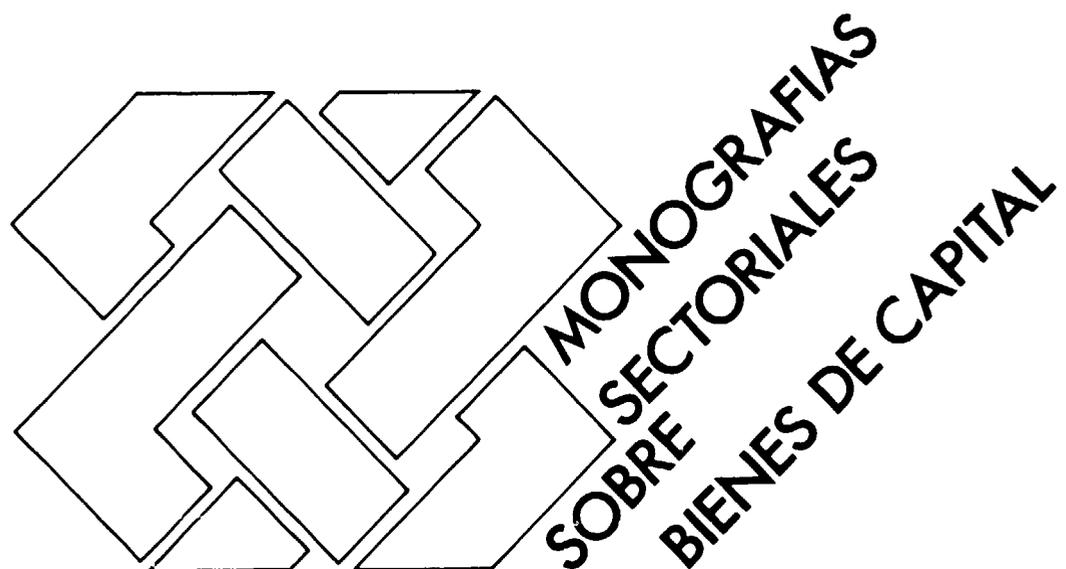
**Núm. 6**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LA GENERACION Y DISTRIBUCION  
DE ELECTRICIDAD EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

**nacional financiera, s. a.**



**Núm. 6**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LA GENERACION Y DISTRIBUCION  
DE ELECTRICIDAD EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

NACIONAL FINANCIERA, S. A.  
Isabel la Católica Núm. 51  
México 1, D. F.

*Esta sexta Monografía Sectorial sobre Bienes de Capital, dedicada a la demanda de equipo del sector eléctrico, continúa la labor de investigación detallada que realiza Nacional Financiera para precisar la situación y perspectivas de la industria prioritaria de bienes de capital en México.*

*En este caso se analiza la magnitud de la demanda de maquinaria y equipo que requiere la Comisión Federal de Electricidad en sus proyectos para generar, transmitir, distribuir y transformar energía eléctrica, durante el periodo de 1978 a 1986.*

*Cabe aclarar que las estimaciones de la demanda de maquinaria y equipo corresponden a los programas de desarrollo y las políticas de la Comisión Federal de Electricidad al momento de realizar el estudio. Aun cuando la aceleración ulterior del programa de inversión elevaría las cantidades previstas, se considera que las órdenes de magnitud, información detallada y elementos metodológicos proporcionados en el estudio servirán para orientar al inversionista potencial en un segmento significativo de la demanda nacional.*

*Para elaborar el estudio se dispuso de material facilitado por la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas. El estudio constituye, en este sentido, un esfuerzo de investigación conjunta del Proyecto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI y dichas instituciones.*

*Esperamos que el documento contribuya a sistematizar la información para inversionistas actuales y potenciales, funcionarios del sector público encargados de evaluar la industria de bienes de capital y otros interesados. De esta manera deseamos fortalecer nuestra labor de promoción industrial al ofrecer orientaciones para la instrumentación de proyectos específicos de índole competitiva en los ámbitos nacional e internacional, siguiendo los lineamientos de política económica establecidos por el Gobierno Mexicano.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
Director General

NACIONAL FINANCIERA, S. A.



# CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	iii
I. Propósito y metodología .....	1
II. Principales conclusiones .....	5
III. Cuantificación .....	9
A) Generación de electricidad .....	9
1. Resumen .....	9
2. Plantas hidroeléctricas .....	9
3. Plantas termoeléctricas .....	15
4. Plantas geotérmicas .....	18
B) Líneas de transmisión .....	20
C) Subestaciones eléctricas .....	21
ANEXO A. Resumen del programa de inversiones .....	23
ANEXO B. Equipos requeridos para las plantas hidroeléctricas	27
ANEXO C. Equipos requeridos para las plantas termoeléctricas	39
ANEXO D. Equipos requeridos para las plantas geotérmicas .	59
ANEXO E. Equipos y costo de líneas de transmisión .....	63
ANEXO F. Equipos y costo de subestaciones eléctricas ....	73
Indice de cuadros .....	79
Resumen en inglés .....	83

## I. PROPOSITO Y METODOLOGIA

El objetivo principal del presente estudio es determinar la demanda de bienes de capital del sector eléctrico en el periodo 1978-1986, expresando esta demanda en cantidad de equipo requerido, valor monetario y su peso correspondiente. La información sobre los requerimientos de equipo provino de diversas gerencias de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se basa en proyectos definidos por la propia Comisión que están aprobados en su mayor parte. Los datos que contiene el estudio se refieren, en lo fundamental, a los equipos y componentes que se requieren para generar, transmitir y transformar energía eléctrica de alta tensión de acuerdo a políticas y programas de construcción de la CFE.<sup>1</sup>

La metodología que se adoptó consistió en identificar los equipos incluidos en los proyectos de la CFE dentro del periodo de estudio. Hasta donde fue posible se procedió a estandarizar proyectos para derivar necesidades totales de equipo. Es decir, cuando ello fue razonable, se adoptó el supuesto de que proyectos similares demandarían equipos similares. En otros casos fue necesario referirse a cada uno de los proyectos en particular.

Cabe aclarar que la metodología adoptada permite fácilmente hacer correcciones o ampliar el alcance de este trabajo, al incorporar, por ejemplo, un mayor periodo de proyección, adicionar más detalles de algunos de los bienes seleccionados, modificar el programa de inversiones de la CFE y considerar eventuales variaciones en el programa de explotación de los recursos naturales para la generación de energía eléctrica. Ello traería desde luego cambios en los tipos de planta y consecuentemente en los tipos y cantidades del equipo requerido.

Después de identificar los equipos relevantes en unidades, se estimó el peso correspondiente y su valor en el mercado para el año de 1977. El peso de los equipos se obtuvo de los documentos de cotización para proyectos específicos en los que se dispuso de esta información, o de pesos

estimados de equipos similares. El peso como variable de cuantificación se hace relevante en el caso de los equipos mecánicos o materiales, ya que este estudio se orienta a detectar posibilidades de fabricación y que varían drásticamente según el peso de los equipos.

Para estimar el precio de los equipos y con ello calcular su costo de adquisición se recurrió a información de la CFE, cuando ello fue posible, o a estimaciones de otros países. Se utilizaron precios LAB lugar de instalación para el equipo y material de origen nacional; y precios LAB fábrica para los de importación, indicando el país de origen. Hubo que recurrir a factores de escalación para actualizar los precios a 1977, dado que en algunos casos se disponía de cotizaciones distintas para un mismo proyecto de referencia.

Cabe hacer notar que para la estimación de los diferentes precios de los equipos que aparecen a lo largo de este documento, se optó por supuestos conservadores, lo que implica que en la práctica las estimaciones pueden estar ligeramente subvaluadas.

Para los propósitos de este estudio, los equipos utilizados por el sector eléctrico se clasificaron en tres grupos: equipos para plantas generadoras, para líneas de transmisión y para subestaciones eléctricas. A base de esta clasificación se procedió a la cuantificación de la demanda para el periodo 1978-1986.

a) *Plantas generadoras.* Se incluyeron hidroeléctricas, termoeléctricas para hidrocarburos, termoeléctricas para carbón y geotérmicas. Las plantas nucleares quedaron excluidas por tratarse de una sola planta actualmente en construcción (Laguna Verde) cuyos pedidos de equipo ya han sido colocados; no se prevén, hasta ahora, inversiones para plantas de este tipo en el periodo 1978-1986. Por otra parte, en el caso de Laguna Verde se trata de una planta con la casi totalidad de su equipo importado debido a razones de tipo tecnológico y a la calidad "nuclear" de materiales y equipos. Las plantas de diesel y de gas también se excluyeron de este trabajo, por el hecho de que las inversiones para este tipo de plantas son

<sup>1</sup> Véase *Prognosis de Requerimientos de Materiales y Equipo del Sector Eléctrico a Corto, Mediano y Largo Plazo, 1978-1985*, elaborado por la Comisión Federal de Electricidad.

muy bajas, ya que representan apenas 0.15% de la inversión prevista para generación y 0.07% de la inversión total del sector eléctrico.

La cuantificación de la demanda de equipos para las plantas generadoras se hizo a base de unidades modulares, por tipo y capacidad de éstas. A partir de dichas unidades se procedió al despiece de los principales equipos que las integran; y multiplicando por el número de plantas programadas en el periodo se obtuvo posteriormente la demanda total de equipo que corresponde a la generación de energía eléctrica.

En el caso de plantas hidroeléctricas, las unidades modulares no son del todo representativas por las fuertes variaciones que pueden existir entre una y otra, incluso para una misma potencia. El precio y el peso de los principales equipos varían en función de la altura y el caudal de agua. De aquí que en esos casos la cuantificación se efectuó para cada una de las plantas programadas para el periodo en estudio.

Por lo que hace a las plantas termoeléctricas, se utilizaron unidades modulares, tomando como referencia plantas en proyecto de la CFE, debido a que para dichas plantas existe mayor información. Se explican en seguida cuáles fueron esas unidades y los proyectos de referencia.

Unidad modular	Proyecto de referencia
Combustóleo de 300 MW	Mazatlán II unidad 3 Manzanillo unidades 1 y 2
Combustóleo de 150 MW	Guaymas II unidades 3 y 4
Combustóleo de 37.5 MW	Punta Prieta II unidades 1 y 2
Carbón de 160 y 300 MW	Río Escondido unidades 1 a 4

Una referencia complementaria para las plantas de combustóleo de 300 MW fue la planta de Tula, unidades 3 y 4, así como la planta de Salamanca, unidades 3 y 4, ya que para ellas se dispuso de información más actualizada por tratarse de obras recientemente ejecutadas.

La información de referencia para las plantas geotérmicas se obtuvo de la planta de Cerro Prieto, unidades 3 y 4.

Para las plantas termoeléctricas y geotérmicas se excluyeron del estudio los equipos que, dentro de las mismas, integran los sistemas de proceso tales como sistemas de inyección de sustancias químicas, tratamiento de aguas, combustible, etc. Cabe señalar, sin embargo, que dichos equipos podrían ser relevantes para estudios de mercado de productos específicos.

b) *Líneas de transmisión.* En el caso de las líneas de transmisión se consideraron ocho componentes: estructuras, aisladores, conductores, cables de guarda, postes de madera, postes de con-

creto, herrajes y otros.<sup>2</sup> Todos ellos para tensiones de 115, 230 y 400 KV, en líneas de 1 y 2 circuitos; los datos para las líneas de 69, 138 y 160 KV se incluyeron en el grupo de 115 KV.

En el resumen de las necesidades futuras de bienes de capital en el sector eléctrico, se excluyeron, sin embargo, cables de guarda, postes de madera, postes de concreto y los bienes considerados en el renglón de "otros".

c) *Subestaciones eléctricas.* La cuantificación de los equipos y materiales que integran las subestaciones eléctricas se llevó a cabo para tensiones de 13.8 a 400 KV, divididas en los siguientes grupos: 400 KV; 161 a 230 KV; 69 a 138 KV; y 13.8 a 34.5 KV. Los componentes básicos son: aisladores, apartarrayos, cuchillas desconectadoras, estructuras, equipo de medición, interruptores de potencia, transformadores de medición y transformadores de potencia.

Se excluyeron algunos equipos y materiales tales como baterías y cargadores, cables de control, tubería conduit, sistema neumático, etc., que en su mayor parte son suministrados por fabricantes nacionales.

En resumen, el estudio de la demanda permitió identificar genéricamente 43 bienes y componentes que se pueden considerar relevantes para la generación, transmisión y transformación de energía eléctrica. Estos bienes y componentes son los siguientes:

1. Generadores de vapor
2. Turbinas hidráulicas
3. Turbogeneradores
4. Colectores de vapor<sup>3</sup>
5. Separadores de humedad<sup>3</sup>
6. Generadores para plantas hidráulicas
7. Bombas de alimentación
8. Bombas de condensado
9. Bombas de circulación
10. Condensadores
11. Calentadores de baja presión
12. Calentadores de alta presión
13. Calentador de aireador
14. Grúa viajera. Casa de máquinas
15. Grúas auxiliares
16. Compresores
17. Torres de enfriamiento
18. Transformadores principales

<sup>2</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

<sup>3</sup> Componentes de plantas termoeléctricas.

19. Transformadores auxiliares
20. Transformadores de arranque
21. Transformadores de potencia
22. Bus principal
23. Bus auxiliar
24. Casa de máquinas
25. Almacenes
26. Compuertas verticales
27. Compuertas de obra de toma
28. Compuertas de desfogue
29. Torres de transmisión
30. Subestaciones
31. Transformadores de potencial

32. Transformadores de corriente
33. Cuchillas desconectadoras
34. Interruptores de potencia
35. Apartarrayos
36. Tubería de alta presión
37. Tubería de baja presión
38. Tubería complementaria
39. Válvulas
40. Instrumentación
41. Aisladores
42. Herrajes
43. Conductores



## II. PRINCIPALES CONCLUSIONES

La generación de energía eléctrica, actividad primordial en el desarrollo industrial del país, ha crecido a una tasa media de incremento anual de 11.5% y ha requerido duplicar la capacidad instalada cada seis años, para satisfacer el consumo.

La demanda de bienes de capital en el sector eléctrico depende desde luego de la instalación de nuevas plantas generadoras. Para definir las necesidades de equipo a que dan lugar dichas plantas la Comisión Federal de Electricidad evalúa periódicamente los requerimientos para el desarrollo del sector eléctrico del país; a partir de esa evaluación elabora un Presupuesto de Inversión en Obras (PIO), el cual sirve de instrumento para ajustar el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE),<sup>1</sup> preparado con un horizonte de diez años.

Conforme a esa información, la capacidad instalada de la CFE y su pronóstico por tipo de planta se muestran en el cuadro 1, según el cual se prevé que para 1986 el país incrementará su capacidad de generación en aproximadamente una vez y media, con respecto a la situación que prevalecía en 1976. Se destaca el incremento sustancial de la participación de las plantas geotérmicas, termoeléctricas (carbón) y nucleoeeléctricas y la disminución sensible de la participación de las hidroeléctricas y termoeléctricas (combustóleo, diesel y gas) (véase el cuadro 1).

El programa de inversiones en el sector eléctrico para el periodo 1978-1986 alcanza una cifra de 264 411 millones de pesos, de los que la CFE estima que 114 430 millones serían abastecidos con productos importados.<sup>2</sup> Esto se deriva del análisis que ha realizado esa institución de sus fuentes tradicionales de abastecimiento y teniendo en cuenta la situación que guarda en la actualidad la oferta nacional (véase el cuadro 2). La cifra es significativa porque pone de relieve la existencia de un margen amplio de posibles sustituciones de importación, aunque desde luego, sólo median-

te el examen pormenorizado de estas compras, se podría determinar con precisión el margen potencial de sustituciones.

De ese programa de inversiones, la parte correspondiente a gastos para la instalación de plantas generadoras de electricidad, líneas de transmisión y subestaciones eléctricas es de 168 661 millones de pesos, que equivalen a 63.8% del programa total. Se ha estimado que 50 480 millones constituyen erogaciones en bienes de capital en el periodo 1978-1986, que son precisamente las que se estudian en detalle en este documento.

El cuadro 3 incluye información sobre la demanda de las 43 familias de bienes de capital para generación, transmisión y transformación de energía eléctrica, en el periodo 1978-1986. Esa información se refiere a la demanda medida en número de unidades, valor y peso. La demanda en unidades da una idea de la magnitud de la capacidad de la planta, orientando los posibles requerimien-

Cuadro 1

### SECTOR ELECTRICO: CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE PLANTA, 1976 Y 1986<sup>1</sup>

Tipo de planta	1976		1986	
	MW	Estructura %	MW	Estructura %
TOTAL	10 522	100.0	26 467	100.0
Hidroeléctricas	4 366	41.5	8 554	32.3
Termoeléctricas (combustóleo, diesel y gas)	5 538	52.6	10 801	40.8
Termoeléctricas (carbón)	30	0.3	2 430	9.2
Geotérmicas	75	0.7	2 900	11.0
Nucleoeeléctricas	—	—	1 308	4.9
Diesel	228	2.2	258	1.0
Gas	285	2.7	216	0.8

<sup>1</sup> La información que se consigna en este documento corresponde en gran medida a la que aparece en la actualización de mayo de 1977 del POISE.

<sup>2</sup> El Anexo A incluye el programa de inversiones de la CFE para el periodo de estudio con mayor detalle para cada uno de los años de dicho periodo.

<sup>1</sup> Cifras al finalizar los años respectivos.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con información de la Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar.

Cuadro 2

**SECTOR ELECTRICO: PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES, DIFERENCIANDO EL  
COMPONENTE NACIONAL E IMPORTADO, 1978-1986**

(Millones de pesos)

Concepto	Total	Nacional	Importado
<b>TOTAL</b>	<b>264 411</b>	<b>149 981</b>	<b>114 430</b>
Plantas de generación	112 058	51 226	60 832
Lineas	24 136	16 958	7 178
Subestaciones	32 467	12 987	19 480
Ampliación de operación	56 201	39 341	16 860
Unificación de frecuencia	• 426	426	—
Electrificación rural	4 500	4 500	—
Pagos pendientes de obras	300	—	300
Gastos generales y cuentas a cargo de construcción	14 763	14 763	—
Diversos	19 560	9 780	9 780

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con información de la Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar.

tos para la eventual fabricación de dichos bienes. La demanda en valor permite homogeneizar la información sobre requerimientos y la demanda expresada en peso es útil porque permite calcular el precio por unidad de peso.

Se puede observar que los requerimientos de inversión más importantes se originan en las plantas generadoras; la demanda de bienes de capital para ese propósito asciende a 27 134 millones de pesos en el periodo, que equivale a más de la mitad de la demanda de estos bienes; las subestaciones eléctricas participan con 27.6% y las líneas de transmisión con 18.6%.

Entre los bienes de capital que se identificaron destacan once cuya demanda individual en el periodo en estudio supera los 1 500 millones de pesos. Dichos productos son los siguientes:

Productos	Valor en millones de pesos
Turbogeneradores	5 946
Conductores	5 190
Generadores de vapor	5 018
Instrumentación	4 970
Transformadores de potencia	4 335
Torres de transmisión	3 312
Transformadores principales	2 307
Estructura para subestaciones	2 199
Turbinas hidráulicas	2 096
Generadores	1 645
Interruptores de potencia	1 538

Destacan en primer término los turbogeneradores, que en la actualidad se importan. En seguida figuran los conductores, que en su mayor parte pueden ser abastecidos con producción nacional.

Otros productos relevantes que también se importan son las turbinas hidráulicas, los generadores para plantas hidráulicas y los interruptores de potencia. En el caso de los interruptores, recientemente se ha creado una empresa que iniciará en fecha próxima la fabricación del tipo hexafluoruro de azufre, para tensiones de 69 a 400 KV.

Algunos productos son de fabricación parcial en México, como es el caso de los generadores de vapor, de los que actualmente se importan unidades para plantas de 150 y 300 MW. Un rubro similar es la instrumentación, particularmente la de tipo electrónico, que se importa en su totalidad.

En el caso de los transformadores de potencia, la fabricación nacional abarca tensiones de hasta 400 KV, que es la máxima tensión que se tiene en los sistemas eléctricos del país.

Las torres de transmisión son productos de mayor complejidad y pueden ser abastecidas en forma adecuada con oferta nacional.

Existen otros productos cuya demanda es menor significativa y que también se importan, como los condensadores y bombas para agua de alimentación, de condensado y de circulación, que se utilizan en plantas de 300 MW.

Además de la información sobre estos productos que se incluye en el cuadro 3, los anexos recogen mayor detalle de los equipos básicos que

integran las plantas generadoras, las líneas de transmisión y las subestaciones eléctricas; dichos anexos contienen información complementaria sobre fechas de pedido, fletes del equipo de importación, origen de los equipos, fechas de construcción, etc.

Se puede apreciar la importancia de la demanda del sector eléctrico para el futuro desenvolvimiento de la industria nacional productora de bienes de capital, si se toma en cuenta que significa un mercado de 5 609 millones de pesos anuales. Un mercado de esta magnitud podría justificar la ampliación de empresas existentes y la creación de otras nue-

vas que pudiesen acometer la fabricación de equipos que hasta la fecha no produce la industria nacional.

Las cifras de demanda de los equipos mencionados sugieren por sí mismas que es factible el establecimiento de plantas de tamaños similares a las que existen en diversos países industrializados, principalmente en Europa; la dimensión del mercado no constituye pues, una restricción para lograr una producción competitiva en calidad y precio a nivel internacional. La fabricación en el país de equipos que actualmente se importan tendría, además, un importante efecto multiplicador en el sector productor de bienes de capital.

Cuadro 3

## SECTOR ELECTRICO: RESUMEN DE LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL, 1978-1986

Concepto	Total del sector			Plantas generadoras			Líneas de transmisión			Subestaciones eléctricas		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>50 479 563</b>			<b>27 133 683</b>			<b>9 398 842</b>			<b>13 947 038</b>	
Generadores de vapor	25	5 018 344	81 672	25	5 018 344	81 672	—	—	—	—	—	—
Turbinas hidráulicas	30	2 096 331	—	30	2 096 331	—	—	—	—	—	—	—
Turbogeneradores	31	5 945 555	—	31	5 945 555	—	—	—	—	—	—	—
Colectores de vapor	12	18 816	—	12	18 816	—	—	—	—	—	—	—
Separadores de humedad	12	26 880	—	12	26 880	—	—	—	—	—	—	—
Generadores	29	1 645 072	—	29	1 645 072	—	—	—	—	—	—	—
Bombas												
Bombas de alimentación	32	189 179	181	32	189 179	181	—	—	—	—	—	—
Bombas de condensado	32	30 969	140	32	30 969	140	—	—	—	—	—	—
Bombas de circulación	36	196 478	—	36	196 478	—	—	—	—	—	—	—
Condensadores	25	830 309	6 365	25	830 309	6 365	—	—	—	—	—	—
Calentadores												
Calentadores de baja presión	74	616 734	1 049	74	616 734	1 049	—	—	—	—	—	—
Calentadores de alta presión	46	451 414	482	46	451 414	482	—	—	—	—	—	—
Calentador de aireador	20	61 010	432	20	61 010	432	—	—	—	—	—	—
Grúas												
Grúa viajera. Casa de máquinas	28	150 579	—	28	150 579	—	—	—	—	—	—	—
Grúas auxiliares	83	41 464	—	83	41 464	—	—	—	—	—	—	—
Compresores	69	65 049	—	69	35 049	—	—	—	—	—	—	—
Torres de enfriamiento	22	1 385 000	—	22	1 385 000	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores												
Transformadores principales	110	2 307 309	—	110	2 307 309	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores auxiliares	31	126 205	—	31	126 205	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores de arranque	31	182 217	—	31	182 217	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores de potencia	1 042	4 335 306	47 166	—	—	—	—	—	—	1 042	4 335 306	47 166
Buses de fase aislada												
Bus principal	—	261 037	—	—	261 037	—	—	—	—	—	—	—
Bus auxiliar	—	71 760	—	—	71 760	—	—	—	—	—	—	—
Estructura												
Casa de máquinas	—	621 516	26 543	—	621 516	26 543	—	—	—	—	—	—
Almacenes	—	36 978	2 055	—	36 978	2 055	—	—	—	—	—	—
Compuertas verticales	—	236 602	6 686	—	236 602	6 636	—	—	—	—	—	—
Compuertas de obra de toma	—	368 280	6 638	—	368 280	6 638	—	—	—	—	—	—
Compuertas de desfogue	—	103 174	2 888	—	103 174	2 888	—	—	—	—	—	—
Torres de transmisión	—	3 311 815	241 219	—	—	—	—	3 311 815	241 219	—	—	—
Estructura para subestaciones	—	2 198 850	68 400	—	—	—	—	—	—	—	2 198 850	68 400
Transformadores de medición												
Transformadores de potencial	3 480	497 553	—	132	28 788	—	—	—	—	3 348	468 765	3 479
Transformadores de corriente	4 101	1 181 510	—	312	80 156	—	—	—	—	3 789	1 101 354	4 260
Cuchillas desconectadoras	7 595	800 678	—	583	141 894	—	—	—	—	7 012	658 784	6 218
Interruptores de potencia	2 572	1 537 845	—	249	377 925	—	—	—	—	2 323	1 159 920	7 046
Apartarrayos	6 886	133 615	—	111	4 444	—	—	—	—	6 775	129 171	1 783
Tubería												
Tubería de alta presión	—	686 646	—	—	686 646	—	—	—	—	—	—	—
Tubería de baja presión	—	61 050	—	—	61 050	—	—	—	—	—	—	—
Tubería complementaria	—	906 600	—	—	906 600	—	—	—	—	—	—	—
Válvulas	—	604 548	—	—	604 548	—	—	—	—	—	—	—
Instrumentación	—	4 969 792	—	—	1 157 371	—	—	—	—	54 096	3 812 421	—
Aisladores	3 970 072	526 211	—	—	—	—	3 363 746	443 744	—	606 326	82 467	2 643
Herrajes	—	453 420	—	—	—	—	—	453 420	—	—	—	—
Conductores	—	5 189 863	120 604	—	—	—	—	5 189 863	120 604	—	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

### III. CUANTIFICACION

#### A. GENERACION DE ELECTRICIDAD

##### 1. RESUMEN

Un resumen de la demanda de bienes de capital seleccionados para la generación de energía eléctrica (hidroeléctrica, termoeléctrica y geotérmica) aparece en el cuadro 4.

El total de la demanda de equipo para plantas generadoras en el periodo considerado alcanza la suma de 27 134 millones de pesos; 72.5% se origina en las plantas termoeléctricas; 22.8% en las hidroeléctricas y el restante 4.7% en las geotérmicas.

Entre los bienes de capital seleccionados para los tres tipos de plantas generadoras, destacan en particular los generadores de vapor, turbinas hidráulicas y turbogeneradores, que en conjunto representan cerca de 50% de la demanda. Otros bienes importantes son los transformadores, generadores, instrumentos y torres de enfriamiento.

##### 2. PLANTAS HIDROELECTRICAS<sup>6</sup>

La Comisión Federal de Electricidad emplea diversos medios de generación para cubrir la demanda de energía eléctrica. Uno de los más importantes es el constituido por las plantas hidroeléctricas, que a fines de 1976 tenían una capacidad instalada de 4 366 MW y representaban 41.5% de la capacidad total instalada, cuyo monto era de 10 522 MW (datos de la Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar de la Comisión Federal de Electricidad).

Para el año de 1986 se proyecta disponer de una capacidad instalada en plantas hidroeléctricas de 8 554 MW; para lo cual deben construirse en el periodo 1978-1986, once plantas de este tipo con capacidad global de 4 188 MW. De realizarse estos planes, la capacidad instalada en plantas hidroeléctricas cubrirá el 32.3% de la total, al final del periodo señalado.

Las características principales de las plantas hidroeléctricas proyectadas por la CFE se señalan

<sup>6</sup> El Anexo B incluye únicamente información de referencia sobre las plantas hidroeléctricas de Malpaso, La Angostura, Chicoasén, Caracol, Peñitas, Bacurato, Comedero, La Amistad, Tecate, Temascal y Aguamilpa.

en el cuadro 5, incluyéndose información sobre el nombre, ubicación, capacidad, año de inicio de operación e inversión total para cada una de ellas.

De las once plantas mencionadas, cinco tienen a la fecha presupuesto aprobado. Ellas son: la ampliación de Malpaso, la segunda etapa de La Angostura y la primera etapa de Chicoasén, Caracol y Peñitas. En los presupuestos de estas plantas se dispuso de información que permitió cuantificar los principales bienes de capital que requieren. Para las otras seis plantas programadas se efectuaron estimaciones tomando en cuenta la inversión total para cada planta y correlacionando los datos de las capacidades de los equipos e inversiones, con los de las plantas ya aprobadas.

El cuadro 7 muestra un desglose de los principales equipos y su valor respectivo (incluyendo equipo y materiales de construcción), para las once plantas hidroeléctricas consideradas. Los valores de los equipos están dados a precios de 1977, de acuerdo con índices de precios elaborados por la Comisión Federal de Electricidad para estos propósitos.

Los requerimientos de bienes de capital para las plantas hidroeléctricas son significativos, como se observa en dicho cuadro. La inversión en equipos y materiales para el periodo 1978-1986 se estima en 12 006 millones de pesos, y representará 33.9% de la inversión de 35 364 millones de pesos, programada por la CFE para la construcción de plantas hidroeléctricas.

Cabe destacar que dentro del total de necesidades de bienes de capital para plantas hidroeléctricas en el periodo 1978-1986, sobresalen en forma muy especial las partidas correspondientes a turbinas y generadores; representan en conjunto, aproximadamente, 32% del valor de estas necesidades.

Es de esperar que si se continúan empleando los recursos hidroeléctricos del país en la forma que ahora se plantea, la demanda de bienes de capital para este propósito será aún mayor. Ello es probable por las características favorables de este tipo de generación; entre estas característi-

Cuadro 4

## SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA PLANTAS GENERADORAS, 1978-1986

Concepto	Termoeléctricas			Hidroeléctricas 1			Geotérmicas			Total		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>19 670 481</b>			<b>6 177 961</b>			<b>1 285 241</b>			<b>27 138 683</b>	
Generadores de vapor	25	5 018 344	81 672	—	—	—	—	—	—	25	5 018 344	81 672
Turbinas hidráulicas	—	—	—	30	2 096 331	—	—	—	—	30	2 096 331	—
Turbogeneradores	25	5 152 355	13 293	—	—	—	6	793 200	—	31	5 945 555	—
Colectores de vapor	—	—	—	—	—	—	12	18 816	—	12	18 816	—
Separadores de humedad	—	—	—	—	—	—	12	26 880	—	12	26 880	—
Generadores	—	—	—	29	1 645 072	—	—	—	—	29	1 645 072	—
<b>Bombas</b>												
Bombas de alimentación	32	189 179	181	—	—	—	—	—	—	32	189 179	181
Bombas de condensado	32	30 969	140	—	—	—	—	—	—	32	30 969	140
Bombas de circulación	16	100 178	107	—	—	—	18	96 300	—	36	196 478	—
Condensadores	25	830 309	6 365	—	—	—	Incluidos en colectores de vapor			25	830 309	6 365
<b>Calentadores</b>												
Calentadores de baja presión	68	592 434	990	—	—	—	6	24 300	59	74	616 734	1 049
Calentadores de alta presión	40	437 674	395	—	—	—	6	13 740	87	46	451 414	482
Calentador deaerador	20	61 010	432	—	—	—	—	—	—	20	61 010	432
<b>Grúas</b>												
Grúa viajera. Casa de máquinas	13	35 700	—	13	108 879	—	2	6 000	—	28	150 579	—
Grúas auxiliares	65	32 500	—	—	—	—	18	8 964	—	83	41 464	—
Compresores	63	64 149	77	—	—	—	6	900	3	69	65 049	80
Torres de enfriamiento	16	1 226 000	—	—	—	—	6	159 000	—	22	1 385 000	—
<b>Transformadores</b>												
Transformadores principales	58	1 787 502	27 822	46	489 807	—	6	30 000	—	110	2 307 309	—
Transformadores auxiliares	25	122 605	634	—	—	—	6	3 600	—	31	126 205	—
Transformadores de arranque	25	177 417	761	—	—	—	6	4 800	—	31	182 217	—

Concepto	Termoeléctricas			Hidroeléctricas <sup>1</sup>			Geotérmicas			Total		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>Buses de fase aislada</b>												
Bus principal	1 160 m	126 420	—	30 lt	128 619	—	510 m	5 998	—	—	261 037	—
Bus auxiliar	1 040 m	71 760	—	—	—	—	—	—	—	—	71 760	—
<b>Estructura</b>												
Casa de máquinas	—	364 070	19 710	—	251 734	5 993	—	5 712	840	—	621 516	26 543
Almacenes	—	36 407	1 971	—	—	—	—	571	84	—	36 978	2 055
Compuertas verticales	—	—	—	—	236 602	6 686	—	—	—	—	236 602	6 686
Compuertas de obra de toma	—	—	—	—	368 280	6 638	—	—	—	—	368 280	6 638
Compuertas de desfogue	—	—	—	—	103 174	2 888	—	—	—	—	103 174	2 888
Torres de transmisión	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Subestaciones	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Transformadores de medición</b>												
Transformadores de potencial	108	26 388	—	—	—	—	24	2 400	—	132	28 788	—
Transformadores de corriente	216	76 316	—	—	—	—	96	3 840	—	312	80 156	—
Cuchillas desconectoras	252	69 755	—	139	56 587	—	192	15 552	—	583	141 894	—
Interruptores de potencia	92	257 612	—	61	88 633	—	96	31 680	—	249	377 925	—
Apartarrayos	75	3 904	3	—	—	—	36	540	—	111	4 444	—
<b>Tubería</b>												
Tubería de alta presión	7 500 m	302 964	—	—	383 682	16 519	—	—	—	—	686 646	—
Tubería de baja presión	7 500 m	61 050	—	—	—	—	—	—	—	—	61 050	—
Tubería complementaria	302 200 m	906 600	—	—	—	—	—	—	—	—	906 600	—
Válvulas	19 192	604 548	—	—	—	—	—	—	—	—	604 548	—
Instrumentación	1 lt	904 362	—	1 lt	220 561	—	1 lt	32 448	—	—	1 157 371	—

m = metros lineales

lt = lote

<sup>1</sup> No incluye equipo y materiales de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro 5

## SECTOR ELECTRICO: PLANTAS HIDROELECTRICAS EN CONSTRUCCION Y PROYECTOS, 1978-1986

Nombre	Ubicación Estado	Unidades del proyecto	Unidades por instalar	Capacidad unitaria en MW	Capacidad por instalar MW	Fecha de entrada en operación	Inversión por planta (Miles de pesos)
<b>TOTAL</b>							<b>35 364 051</b>
Malpaso <sup>1</sup>	Chiapas	5a. y 6a.	2	180	360 <sup>2</sup>	1978	914 435 <sup>3</sup>
Angostura <sup>1</sup>	Chiapas	4a. y 5a. (2a. etapa)	2	180	360 <sup>2</sup>	1978	3 173 570
Chicoasén <sup>1</sup>	Chiapas	1a. a 4a.	4	300	1 200 <sup>2</sup>	1980	12 500 000 <sup>4</sup>
Chicoasén <sup>1</sup>	Chiapas	5a.	1	300	300 <sup>2</sup>	1981	<sup>4</sup>
Caracol	Guerrero	1a. a 3a.	3	190	570 <sup>5</sup>	1985	5 206 154
Peñitas	Chiapas	1a. a 4a.	4	100	400 <sup>5</sup>	1985	5 103 047
Bacurato	Sinaloa	1a.	1	21	21 <sup>2</sup>	1985	601 059 <sup>3</sup>
Comedero	Sinaloa	1a.	1	45	45 <sup>2</sup>	1985	760 175 <sup>3</sup>
La Amistad	Coahuila	1a. y 2a.	2	20	40 <sup>5</sup>	1985	194 000
Tecate	Baja California	1a. y 2a.	2	45	90 <sup>5</sup>	1985	792 427
Temascal	Oaxaca	5a. y 6a.	2	77	154 <sup>2</sup>	1986	719 184
Aguamilpa	Nayarit	1a. a 3a.	3	180	540 <sup>5</sup>	1986	5 400 000
Bacurato	Sinaloa	2a.	1	21	21 <sup>2</sup>	1986	<sup>3</sup>
Comedero	Sinaloa	2a.	1	45	45 <sup>2</sup>	1986	<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Los equipos para estas plantas ya han sido adquiridos.

<sup>2</sup> Capacidad parcial.

<sup>3</sup> Inversión total para dos unidades.

<sup>4</sup> Inversión total para cinco unidades.

<sup>5</sup> Capacidad total.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

cas destacan su bajo costo de producción, escasa contribución a la contaminación y el hecho de que permite contar con importantes cantidades de ener-

gía. Además, el potencial hidroeléctrico del país es aproximadamente de 25 250 MW y a la fecha se ha aprovechado únicamente el 27%.

Cuadro 6

## PLANTAS SUSCEPTIBLES DE INSTALARSE DE ACUERDO CON EL POTENCIAL HIDROELECTRICO DE MEXICO

Número de plantas	Intervalo de generación (GWH)	Generación acumulada (GWH)
<b>TOTAL</b> 611		<b>174 606</b>
104	0- 50	2 410
313	51- 250	40 903
114	251- 500	40 545
51	501-1 000	35 739
20	1 001-2 000	27 073
6	2 001-3 000	14 224
3	3 001-6 132	13 712

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con información de la Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar.

En el cuadro 6 se muestra el número de plantas susceptibles de instalación, presentadas por rangos de generación en gigawatt-hora (GWH).

El grado de aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos está ligado al desarrollo del mercado eléctrico y a la política general en materia de utilización de diferentes recursos para la generación de energía eléctrica; es decir, a decisiones sobre el empleo en mayor o menor grado de fuentes de energía primaria como son los hidrocarburos, el carbón, el uranio, los mantos geotérmicos y otros.

Conviene señalar que el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico elevaría sustancialmente la demanda de bienes de capital, ya que se planea dar mayor impulso a la instalación de plantas de pequeña capacidad.

Dentro del panorama del potencial hidroeléctrico existen algunos proyectos que por su magnitud se consideran de interés, aunque no están programados para el periodo 1978-1986; tal es el caso del uso del potencial de los ríos Usumacinta, Tulijá, Tacotalpa y Grijalva (parcialmente utilizado), mismos que se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 7

## SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA PLANTAS HIDROELECTRICAS, 1978-1986

Equipos	Malpaso		La Angostura		Chicoasén		Caracol		Peñitas		Bacurato	
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)										
<b>TOTAL</b>		<b>401 139</b>		<b>320 436</b>		<b>2 948 382</b>		<b>2 656 299</b>		<b>2 093 918</b>		<b>271 915</b>
Turbinas hidráulicas	2	153 694	2	83 067	6 <sup>2</sup>	477 966	3	397 800	4	408 000	2	40 871
Generadores	2	84 746	2	24 723	5	585 513	3	257 040	4	286 600	2	28 850
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	1 720	2	8 250	2	20 163	1	24 480	1	20 400	1	2 400
Buses de fase aislada	1	12 000	2	6 551	8	24 122	3	30 600	4	21 480	2	2 400
Tableros de control	—	6 000	—	7 373	—	30 000	—	26 086	—	16 320	—	2 400
Transformadores principales	11 <sup>3</sup>	53 038	2	16 474	5	120 000	12 <sup>4</sup>	100 368	4	81 600	2	8 144
Interruptores de potencia	8	10 240	1	2 606	14	33 348	7	14 280	7	11 424	4	1 002
Cuchillas desconectadoras	8	7 408	3	1 626	50	25 850	16	9 792	14	5 138	8	480
Estructura metálica y perfiles	—	6 298	—	—	720 t	302 007	1 700 t	69 360	1 500 t	61 200	147 t	6 010
Equipo carrier	—	—	1	2 771	1	24 000	1	30 600	1	20 400	1	2 400
Equipo auxiliar de precisión y control	—	—	—	—	—	191 814	—	—	—	—	—	—
Grúas tránsito	—	—	1	5 105	4	6 535	2	4 550	2	7 140	2	721
Compuertas verticales	—	—	1 (970 t)	11 763	9 (990 t)	38 610	6 (1 800 t)	72 000	12 (1 192 t)	46 488	123 t	4 808
Compuertas de obra de toma	—	—	1 (1 119 t)	11 193	8 (900 t)	58 500	12 (1 450 t)	94 250	16 (1 324 t)	86 060	125 t	8 144
Tubería de alta presión	—	—	3 981 t	43 000	8 (9 155 t)	223 902	3 (1 714 t)	59 990	4 (676 t)	22 984	70 t	2 400
Compuertas de desfogue	—	—	1 (353 t)	3 257	10 (400 t)	15 600	6 (45 t)	1 800	6 (900 t)	35 100	61 t	3 365
Instrumentación cortina	—	—	—	—	—	5 000	—	—	—	10 200	—	961
Tractores de oruga	1	1 104	—	—	18	29 644	1	3 296	—	—	7	7 728
Aplanadoras	—	—	—	—	—	—	1	1 020	—	—	4	4 080
Motoconformadoras	1	650	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1 950
Excavadoras	—	—	—	—	—	—	2	5 170	—	—	3	7 755
Compactadores	—	—	—	—	—	—	1	536	—	—	3	1 608
Perforadoras sobre camión	—	—	—	—	—	—	1	653	—	—	3	1 959
Cargadores frontales	1	1 059	—	—	—	—	1	1 059	—	—	3	3 177
Compresores	6	4 650	—	—	—	—	1	400	—	—	2	1 600
Vagonetas	—	—	—	—	16	55 667	—	—	—	—	—	—
Palas eléctricas	—	—	—	—	8	55 660	—	—	—	—	—	—
Otros <sup>5</sup>	—	58 532	—	92 677	—	624 481	—	1 451 169	—	953 384	—	126 702

Equipos	Comedero		La Amistad		Tecate		Temascal		Aguamilpa		Total	
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)										
<b>TOTAL</b>		<b>335 904</b>		<b>99 725</b>		<b>346 338</b>		<b>319 613</b>		<b>2 212 393</b>		<b>12 006 062</b>
Turbinas hidráulicas	2	51 691	2	13 192	2	53 890	2	48 960	3	367 200	30	2 096 331
Generadores	2	36 488	2	9 312	2	38 040	2	34 560	3	259 200	29	1 645 072
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	3 040	1	776	1	3 170	1	2 880	1	21 600	13	108 879
Busés de fase aislada	2	3 040	2	776	2	3 170	2	2 880	2	21 600	30	128 619
Tableros de control	—	3 040	—	776	—	3 170	—	2 880	—	21 600	—	119 645
Transformadores principales	2	10 692	2	2 716	2	11 095	2	10 080	2	75 600	46	489 807
Interruptores de potencia	4	1 520	4	388	4	1 585	4	1 440	4	10 800	61	88 633
Cuchillas desconectadoras	8	608	8	155	8	634	8	576	8	4 320	139	56 587
Estructura metálica y perfiles	186 t	7 601	47 t	1 940	194 t	7 925	176 t	7 200	1 384 t	54 000	5 993 t	523 541
Equipo carrier	1	3 040	1	776	1	3 170	1	2 880	1	21 600	10	111 637
Equipo auxiliar de precisión y control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	191 814
Grúas tránsito	2	912	2	232	2	951	2	864	2	6 480	21	33 490
Compuertas verticales	155 t	6 081	40 t	1 552	162 t	6 340	147 t	5 760	1 107 t	43 200	6 686 t	236 602
Compuertas de obra de toma	163 t	10 642	69 t	2 716	170 t	11 095	155 t	10 080	1 163 t	75 600	6 638 t	368 280
Tubería de alta presión	89 t	3 040	21 t	716	93 t	3 170	85 t	2 880	635 t	21 600	16 519 t	383 682
Compuertas de desfogue	109 t	4 256	28 t	1 086	114 t	4 438	103 t	4 032	775 t	30 240	2 888 t	103 174
Instrumentación cortina	—	1 216	—	310	—	1 268	—	1 152	—	8 640	—	28 747
Tractores de oruga	6	6 624	6	6 624	6	6 624	6	6 624	6	6 624	57	74 892
Aplanadoras	4	4 080	4	4 080	4	4 080	4	4 080	6	6 120	27	27 540
Motoconformadoras	3	1 950	2	1 300	3	1 950	3	1 950	3	1 950	18	11 700
Excavadoras	3	7 755	2	5 170	2	5 170	3	7 755	3	7 755	18	46 530
Compactadores	3	1 608	2	1 072	3	1 608	3	1 608	3	1 608	18	9 648
Perforadoras sobre camión	3	1 959	2	1 306	3	1 959	3	1 959	3	1 959	18	11 754
Cargadores frontales	3	3 177	1	1 059	3	3 177	3	3 177	3	3 177	18	19 062
Compresores	2	1 600	1	800	2	1 600	2	1 600	2	1 600	17	13 850
Vagonetas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	55 657
Palas eléctricas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	55 660
Otros <sup>5</sup>	—	160 244	—	40 895	—	167 059	—	151 756	—	1 138 320	—	4 965 219

t = toneladas métricas

<sup>1</sup> En el caso de las plantas hidroeléctricas, además de equipo para la generación, transmisión y transformación de energía eléctrica, se incluye información sobre equipo, materiales y otros gastos de construcción

<sup>2</sup> Incluye una turbina auxiliar.

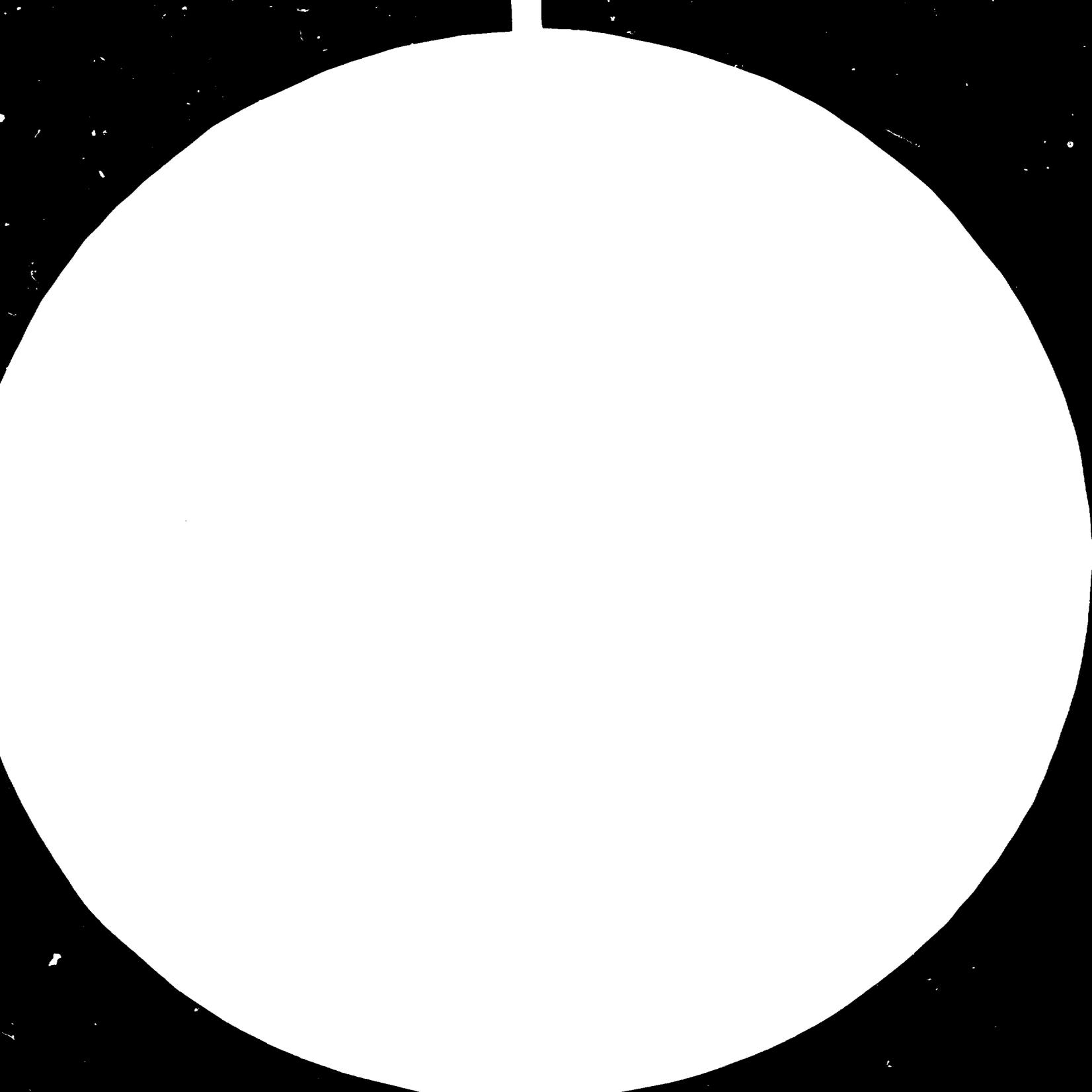
<sup>3</sup> Incluye 6 transformadores de potencia, 4 autotransformadores y 1 transformador de corriente.

<sup>4</sup> Incluye 4 transformadores de potencia, 4 de corriente y 4 de potencial.

<sup>5</sup> Incluye otros equipos y maquinaria, materiales de construcción, fletes, etc.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

84.10.19  
AND  
8607





32

36

40



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1963-A  
ANSI Z39.18 TEST CHART NO. 2

Equipos	Comedero		La Amistad		Tecate		Temaascal		Aguamilpa		Total	
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)										
<b>TOTAL</b>		<b>335 904</b>		<b>99 725</b>		<b>346 338</b>		<b>319 613</b>		<b>2 212 393</b>		<b>12 006 062</b>
Turbinas hidráulicas	2	51 691	2	13 192	2	53 890	2	48 960	3	367 200	30	2 096 331
Generadores	2	36 488	2	9 312	2	38 040	2	34 560	3	259 200	29	1 645 072
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	3 040	1	776	1	3 170	1	2 880	1	21 600	13	108 879
Buses de fase aislada	2	3 040	2	776	2	3 170	2	2 880	2	21 600	30	128 619
Tableros de control	—	3 040	—	776	—	3 170	—	2 880	—	21 600	—	119 645
Transformadores principales	2	10 692	2	2 716	2	11 095	2	10 080	2	75 600	46	489 807
Interruptores de potencia	4	1 520	4	388	4	1 585	4	1 440	4	10 800	61	88 633
Cuchillas desconectadoras	8	608	8	155	8	634	8	576	8	4 320	139	56 587
Estructura metálica y perfiles	186 t	7 601	47 t	1 940	194 t	7 925	176 t	7 200	1 384 t	54 000	5 993 t	523 541
Equipo carrier	1	3 040	1	776	1	3 170	1	2 880	1	21 600	10	111 637
Equipo auxiliar de precisión y control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	191 814
Grúas tránsito	2	912	2	232	2	951	2	864	2	6 480	21	33 490
Compuertas verticales	155 t	6 081	40 t	1 552	162 t	6 340	147 t	5 760	1 107 t	43 200	6 686 t	236 602
Compuertas de obra de toma	163 t	10 642	69 t	2 716	170 t	11 095	155 t	10 080	1 163 t	75 600	6 638 t	368 280
Tubería de alta presión	89 t	3 040	21 t	716	93 t	3 170	85 t	2 880	635 t	21 600	16 519 t	383 682
Compuertas de desfogue	109 t	4 256	28 t	1 086	114 t	4 438	103 t	4 032	775 t	30 240	2 888 t	103 174
Instrumentación cortina	—	1 216	—	310	—	1 268	—	1 152	—	8 640	—	28 747
Tractores de oruga	6	6 624	6	6 624	6	6 624	6	6 624	6	6 624	57	74 892
Aplanadoras	4	4 080	4	4 080	4	4 080	4	4 080	6	6 120	27	27 540
Motocompactoras	3	1 950	2	1 300	3	1 950	3	1 950	3	1 950	18	11 700
Excavadoras	3	7 755	2	5 170	2	5 170	3	7 755	3	7 755	18	46 530
Compactadores	3	1 608	2	1 072	3	1 608	3	1 608	3	1 608	18	9 648
Perforadoras sobre camión	3	1 959	2	1 306	3	1 959	3	1 959	3	1 959	18	11 754
Cargadores frontales	3	3 177	1	1 059	3	3 177	3	3 177	3	3 177	18	19 062
Compresores	2	1 600	1	800	2	1 600	2	1 600	2	1 600	17	13 850
Vagonetas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	55 667
Palas eléctricas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	55 660
Otros <sup>5</sup>	—	160 244	—	40 895	—	167 059	—	151 756	—	1 138 320	—	4 965 219

t = toneladas métricas

<sup>1</sup> En el caso de las plantas hidroeléctricas, además de equipo para la generación, transmisión y transformación de energía eléctrica, se incluye información sobre equipo, materiales y otros gastos de construcción.

<sup>2</sup> Incluye una turbina auxiliar.

<sup>3</sup> Incluye 6 transformadores de potencia, 4 autotransformadores y 1 transformador de corriente.

<sup>4</sup> Incluye 4 transformadores de potencia, 4 de corriente y 4 de potencial.

<sup>5</sup> Incluye otros equipos y maquinaria, materiales de construcción, fletes, etc.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro 8

## MEXICO: PROYECTOS HIDROELECTRICOS POTENCIALES

Proyecto	Generación (GWH/año)	Proyecto	Generación (GWH/año)
<i>Rio Usumacinta</i>		Malpaso	3 200
TOTAL EXPLOTACION NACIONAL	13 170	Agostura	2 250
TOTAL CON GUATEMALA	19 940	Chicoasén	5 580
Altamirano	750	TOTAL POR EXPLOTAR	5 930
Rosario	880	San Gregorio	380
Las Tazas	1 470	San Miguel	510
Santa Elena	1 060 <sup>1</sup> 1 280 <sup>2</sup>	Rio Blanco (4 Plantas)	200
Zapotal	230	Rio Santo Domingo (3 Plantas)	160
Rápidas de Santo Domingo	1 110	Rio de la Venta (2 Plantas)	670
Catarata	1 140	Hondo	200
Rápidas del Colorado	1 660	Rio Bombaná (4 Plantas)	1 270
Chajul	1 110 <sup>1</sup> 1 570 <sup>2</sup>	Acala	440
Tres Naciones	1 250	Copainalá	480
Boca del Cerro	2 510 <sup>1</sup> 8 600 <sup>2</sup>	Peñitas (en programa)	1 620
<i>Rio Tulijá</i> <sup>3</sup>		<i>Resumen</i>	
TOTAL	920	POTENCIAL TOTAL DEL COMPLEJO GRIJALVA-USUMACINTA	34 230 <sup>1</sup> 41 000 <sup>2</sup>
Yashjá	820	Rio Usumacinta	13 170 <sup>1</sup> 19 940 <sup>2</sup>
Yajalón	100	Rio Tulijá	920
<i>Rio Tacotalpa</i>		Rio Tacotalpa	3 180
TOTAL	3 180	Rio Grijalva	16 960
Itzantún	2 000	POTENCIAL TOTAL POR EXPLOTAR	23 200 <sup>1</sup> 29 970 <sup>2</sup>
Chacté	1 180	Rio Usumacinta	13 170 <sup>1</sup> 19 940 <sup>2</sup>
<i>Rio Grijalva</i>		Rio Tulijá	920
TOTAL EXPLOTADO	11 030	Rio Tacotalpa	3 180
		Rio Grijalva	5 930

<sup>1</sup> Sólo con aprovechamiento nacional.

<sup>2</sup> Con aprovechamiento de Guatemala.

<sup>3</sup> Se excluye El Naranjo o Catarata.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar.

### 3. PLANTAS TERMOELECTRICAS <sup>7</sup>

La planeación del sector eléctrico a largo plazo implica la utilización óptima de los recursos energéticos para generación de electricidad. Una combinación adecuada de los diversos recursos energéticos (hidroeléctricos, carboníferos, geo-

térmicos y de combustóleo), permite la ubicación más apropiada de los diferentes tipos de plantas generadoras. Las plantas termoeléctricas de combustóleo actúan como elemento regulador para cubrir la demanda de energía eléctrica en el lugar que se requiera y de acuerdo a la política de utilización nacional de hidrocarburos.

<sup>7</sup> El Anexo C contiene información detallada sobre los equipos para plantas termoeléctricas de combustóleo, de 300, 150 y 37.5 MW. También incluye un resumen de la demanda de equipos para plantas termoeléctricas en cantidad, valor y peso.

Considerando que la CFE se propone normalizar la capacidad de sus plantas, se han elegido para este estudio plantas tipo de 300, 150 y 37.5 MW como módulos de estimación de las necesidades futuras de bienes de capital.

Cuadro 9

## SECTOR ELECTRICO: PROYECTOS DE PLANTAS TERMOELECTRICAS DE COMBUSTOLEO, 1978-1986

Nombre	Unidades del proyecto	Capacidad (MW)		Fecha de entrada en operación
		Unitaria	Total	
Tampico	3a. y 4a.	300	600	1978
Salamanca	3a. y 4a.	300	600	1978
Mazatlán	3a.	300	300	1978
Guaymas II	3a. y 4a.	150	300	1978
Punta Prieta II <sup>1</sup>	1a. y 2a.	30	60	1978
Campeche I	4a.	37.5	37.5	1978
Manzanillo	1a.	300	300	1979
Progreso I <sup>2</sup>	1a.	75	75	1979
Manzanillo	2a.	300	300	1980
Progreso I <sup>2</sup>	2a.	75	75	1981
Punta Prieta II <sup>1</sup>	3a.	30	30	1981
Guaymas III	1a.	300	300	1982
Ensenada <sup>2</sup>	1a.	75	75	1983
Progreso <sup>2</sup>	3a.	75	75	1983

<sup>1</sup> Se supuso que las plantas de 30 MW requieren bienes de capital muy similares a las de 37.5 MW.

<sup>2</sup> Para las plantas de 75 MW se tomaron como referencia las de 150 MW (60% de los precios de equipos y 50% del peso).

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

El grupo de plantas termoeléctricas programadas por la CFE para el periodo en estudio está integrado por 14 plantas de combustóleo y cinco de carbón, cuyas características más relevantes se mencionan en los cuadros 9 y 10.

La identificación genérica de equipo se sustentó primordialmente en el catálogo de cuentas del Departamento de Costos de la CFE.

La demanda de equipo para plantas termoeléctricas de combustóleo y carbón se obtuvo multiplicando las cifras en unidad, valor monetario y

Cuadro 10

SECTOR ELECTRICO: PROYECTOS DE PLANTAS TERMOELECTRICAS DE CARBON,<sup>1</sup> 1978-1986

Nombre	Unidades del proyecto	Capacidad (MW)		Fecha de entrada en operación
		Unitaria	Total	
Rio Escondido	1a. y 2a.	160	320	1978
Rio Escondido	3a. y 4a.	300	600	1980
Carbón II	1a.	300	300	1981
Carbón II	2a.	300	300	1982
Carbón II	3a.	300	300	1983

<sup>1</sup> Las plantas a base de carbón son sustancialmente iguales a las convencionales. Para la cuantificación de equipo se consideraron por tanto los equipos similares, excluyendo solamente los de movimiento de carbón, quemadores, etc.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

peso de las plantas tipo, por el número de plantas proyectadas por la CFE para el periodo.

La demanda de los bienes de capital seleccionados para plantas termoeléctricas, en las tres variables mencionadas, se muestra en el cuadro 11. Como se observa, cuatro son los bienes que destacan en este grupo: los generadores de vapor, turbogeneradores, torres de enfriamiento y transformadores principales. En conjunto significan cerca de 70% del valor del equipo necesario para este tipo de plantas. Los generadores de vapor y los turbogeneradores cubren más de 50% de dicho valor.

El valor se expresa a precios de 1977. Los factores de escalación para el equipo de origen nacional e importado se muestran en los cuadros 12 y 13, respectivamente. Los precios ajustados del equipo de importación, se determinaron tomando como referencia factores de Estados Unidos.

En el Anexo C aparece información detallada sobre la demanda de equipo para este tipo de plantas, así como las características principales de tal equipo.

Cuadro 11  
SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA PLANTAS  
TERMoeLECTRICAS, 1978-1986

Concepto	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneles)
<b>TOTAL</b>		<b>19 670 481</b>	
Generadores de vapor	25	5 018 344	81 672
Turbogeneradores	25	5 152 355	13 293
<b>Bombas</b>			
Bombas de alimentación	32	189 179	181
Bombas de condensado	32	30 969	140
Bombas de circulación	18	100 178	107
Condensadores	25	830 309	6 365
<b>Calentadores</b>			
Calentadores de baja presión	68	592 434	990
Calentadores de alta presión	40	437 674	395
Calentador deareador	20	61 010	432
<b>Grúas</b>			
Grúa viajera. Casa de máquinas	13	35 700	—
Grúas auxiliares	65	32 500	—
Compresores	63	64 149	77
Torres de enfriamiento	16	1 226 000	—
<b>Transformadores</b>			
Transformadores principales	58	1 787 502	27 822
Transformadores auxiliares	25	122 605	634
Transformadores de arranque	25	177 417	761
<b>Buses de fase aislada</b>			
Bus principal	1 160 m	126 420	—
Bus auxiliar	1 040 m	71 760	—
<b>Estructura</b>			
Casa de máquinas	—	364 070	19 710
Almacenes	—	36 407	1 971
<b>Transformadores de medición</b>			
Transformadores de potencial	108	26 388	—
Transformadores de corriente	216	76 316	—
Cuchillas desconectadoras	252	69 755	—
Interruptores de potencia	92	257 612	—
Apartarrayos	75	3 904	3
<b>Tubería</b>			
Tubería de alta presión	7 500 m	302 964	—
Tubería de baja presión	7 500 m	61 050	—
Tubería complementaria	302 200 m	906 600	—
Válvulas	19 192	604 548	—
Instrumentación	1 lt	904 362	—

m = metros lineales

lt = lote

FUENTE: Nacional Financiera, S. A.. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro 12

## FACTORES DE ESCALACION PARA EL EQUIPO NACIONAL, 1973-1977

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977
Fabricación de productos metálicos	2.77	1.91	1.61	1.39	1.00
Recipientes a presión de acero al carbono	3.10	2.12	1.66	1.12	1.00
Intercambiadores de calor	2.50	1.73	1.50	1.37	1.00
Construcción de maquinaria	2.28	1.90	1.59	1.39	1.00
Construcción de artículos eléctricos	2.12	1.85	1.64	1.39	1.00

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., *La Demanda de Bienes de Capital para las Industrias Petrolera y Petroquímica Básica en México, Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital*, núm. 5, Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, México, D. F., 1979.

Cuadro 13

## FACTORES DE ESCALACION EN ESTADOS UNIDOS, 1973-1977

Concepto	1973	1974	1975	1976	1977
Equipo fabricado	1.49	1.25	1.12	1.06	1.00
Intercambiadores de calor	2.08	1.66	1.38	1.19	1.00
Bombas y compresores	1.71	1.36	1.16	1.08	1.00
Instrumentos y controles	1.37	1.22	1.12	1.04	1.00
Tubería, válvulas y accesorios	1.63	1.29	1.14	1.09	1.00
Estructura de acero	1.59	1.30	1.13	1.06	1.00

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., *La Demanda de Bienes de Capital para las Industrias Petrolera y Petroquímica Básica en México, Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital*, núm. 5, Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, México, D. F., 1979.

## 4. PLANTAS GEOTERMICAS \*

La explotación en el país de la geotermia para generación de energía eléctrica es por ahora relativamente pequeña, como lo demuestra el hecho de que sólo se dispone de una planta, la de Cerro Prieto, con cuatro unidades de 37.5 MW cada una. Se tiene programado instalar 400 MW adicionales en esta zona para el año de 1982.

El potencial geotérmico del país no se ha determinado en forma precisa, pero se estima que representa una perspectiva interesante para el programa de generación de energía de la CFE a largo plazo.

Las plantas que se instalarán en el periodo de estudio son de 37.5 MW y 55 MW, como se muestra en el cuadro 14.

Las unidades 3 y 4 de la planta de Cerro Prieto se tomaron como referencia para cuantificar la demanda de equipos de este tipo de plantas; ello fue así porque no se dispuso de información para las unidades de 55 MW, lo que implicó efectuar

\* El Anexo D contiene mayor detalle sobre los equipos que requieren las plantas geotérmicas de 37.5 MW.

Cuadro 14

## PLANTAS GEOTERMICAS POR INSTALAR EN CERRO PRIETO, 1978-1986

Unidades del proyecto	Capacidad (MW)		Fecha de entrada en operación
	Unitaria	Total	
3a. y 4a.	37.5	75	1978
5a.	55	55	1979
6a.	55	55	1980
7a.	55	55	1981
8a.	55	55	1982

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

algunos supuestos teóricos para determinar la demanda que aparece en el cuadro 15. Según éste, el monto total de la demanda de bienes de capital para este tipo de plantas alcanzaría la cifra de 1 285 millones de pesos, donde los turbogeneradores representan por sí solos alrededor de 62%. En el cuadro, se destacan también los rubros relativos a torres de enfriamiento y transformadores.

Cuadro 15

**SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA  
PLANTAS GEOTERMICAS,<sup>1</sup> 1978-1986**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>1 285 241</b>	
Generadores de vapor	—	—	—
Turbogeneradores	6	793 200	—
Colectores de vapor	12	18 816	—
Separadores de humedad	12	26 880	—
<b>Bombas</b>			
Bombas de circulación	18	96 300	—
Condensador <sup>2</sup>	—	—	—
<b>Calentadores</b>			
Calentadores de baja presión	6	24 300	59
Calentadores de alta presión	6	13 740	87
Calentador deaerador	—	—	—
<b>Grúas</b>			
Grúas viajeras. Casa de maquinas	2	6 000	—
Grúas auxiliares	18	8 964	—
Compresores	6	900	3
Torres de enfriamiento	6	159 000	—
<b>Transformadores</b>			
Transformadores principales	6	30 000	—
Transformadores auxiliares	6	3 600	—
Transformadores de arranque	6	4 800	—
<b>Buses de fase aislada</b>			
Bus principal	510 m	5 998	—
Bus auxiliar	—	—	—
<b>Estructura</b>			
Casa de máquinas	—	5 712	840
Almacenes	—	571	84
<b>Transformadores de medición</b>			
Transformadores de potencial	24	2 400	—
Transformadores de corriente	96	3 840	—
Cuchillas desconectadoras	192	15 552	—
Interruptores de potencia	96	31 680	—
Apartarrayos	36	540	—
Instrumentación	1 lt	32 448	—

m = metros lineales  
lt = lote

<sup>1</sup> Planta de referencia: Cerro Prieto, unidades 3a. y 4a.

<sup>2</sup> Incluido en colectores de vapor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## B. LINEAS DE TRANSMISION

La energía eléctrica producida en las plantas generadoras tiene que transportarse a los centros de consumo, operación que se efectúa utilizando líneas de transmisión integradas básicamente por componentes tales como estructuras, aisladores, conductores, cables de guarda, postes y otros.<sup>5</sup>

El programa de construcción de la Comisión Federal de Electricidad para el periodo en estudio plantea la adición de 18 018 kilómetros de líneas en más de 300 tramos, congruente con el programa de generación que se estima se elevará de 10 522 MW a finales de 1976, hasta 26 467 MW en 1986 (véase el cuadro 16).

Cuadro 16

### SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE LINEAS DE TRANSMISION Y SUS CIRCUITOS, 1978-1986

Tipo de líneas (KV)	Kilómetros		
	1 Circuito	2 Circuitos	Total
<b>TOTAL</b>	<b>14 771</b>	<b>3 247</b>	<b>18 018</b>
400	4 110	560	4 670
230	3 588	1 102	4 690
161	104	122	228
138	304	16	320
115	6 082	1 246	7 328
69	583	201	784

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

De las líneas de alta tensión programadas destacan por sus longitudes las de 400, 230 y 115 KV, reflejando la tendencia a eliminar en el futuro las de 161, 138 y 69 KV, cuya participación en los 18 018 km de líneas programadas será de sólo 1 330 km, o sea, 7.4% de la longitud total. Esta tendencia puede atribuirse al avance tecnológico

<sup>5</sup> El Anexo E incluye un detalle pormenorizado de la demanda de líneas de transmisión y sus componentes, así como el costo aproximado de los equipos requeridos para instalar líneas de 400, 230, 161, 138, 115 y 69 KV.

que permite normalizar el equipo, lo cual se traduce en menores costos de operación.

La demanda total de bienes de capital para líneas de transmisión, expresada en valor monetario, para el periodo 1978-1986, se presenta en el cuadro 17.

Cuadro 17

### SECTOR ELECTRICO: DEMANDA DE COMPONENTES PARA LINEAS DE TRANSMISION, 1978-1986

Concepto	Valor
<b>TOTAL</b>	<b>15 694 628</b>
Torres de transmisión	3 311 815
Aisladores	443 744
Conductores	5 189 863
Cables de guarda	457 285
Herrajes	453 420
Otros	5 838 501

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

La inversión estimada por la CFE para esta clase de equipo asciende a 24 136 millones de pesos en el periodo considerado (incluyendo postes y otros conceptos), de los cuales 15 695 corresponden a la demanda de bienes de capital presentada en el cuadro 17.

De los 15 695 millones de pesos estimados como demanda para el periodo, cerca de 30.0% está constituido por las partidas correspondientes a torres, aisladores y herrajes. Cabe hacer notar que en el resumen de las necesidades de bienes de capital del sector eléctrico (cuadro 3) se excluyeron las partidas relativas a cables de guarda, postes de madera, postes de concreto y otras.

Como referencia, se incluye una relación de precios promedio y demanda en unidades para estructuras (torres), aisladores, conductores, cables de guarda, herrajes y otros (véase el cuadro 18).

Cuadro 18

**CANTIDAD Y PRECIO PROMEDIO DE LOS COMPONENTES PARA LINEAS DE TRANSMISION, 1978-1986**

(Pesos)

Tensión (KV)	Torres		Aisladores		Conductores		Cables de guarda		Herrajes	Otros <sup>1</sup>
	Cantidad (Toneladas)	Precio por tonelada	Cantidad (Piezas)	Precio por pieza	Cantidad (Toneladas)	Precio por tonelada	Cantidad (Kilómetros)	Precio por kilómetro	Precio por kilómetro	Precio por kilómetro
400	90 598	14 000	1 372 980	152.3	54 172	51 200	9 621	16 725	53 950	363 400
230	59 691	14 000	970 536	139.6	32 605	38 700	9 662	15 008	18 750	340 660
161	9 485	16 650	34 925	82.5	1 745	38 200	356	15 297	21 557	284 186
138	1 921	23 310	36 411	87.5	1 247	50 500	348	14 923	21 550	245 000
115	39 667	25 760	882 424	97.8	27 519	34 600	8 903	15 372	12 700	238 000
69	1 534	40 760	66 470	143.0	3 316	28 400	822	4 540	13 564	241 155

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

### C. SUBESTACIONES ELECTRICAS

La demanda futura de los principales bienes de capital para las subestaciones eléctricas <sup>10</sup> está basada en información proporcionada por la Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar y la Subgerencia de Subestaciones y Líneas de Transmisión de la Comisión Federal de Electricidad. Las subestaciones se clasificaron por tensiones primarias, en cuatro grupos: de 400 KV; de 161 a 230 KV; de 69 a 138 KV; y de 13.8 a 34.5 KV.

El resumen de la demanda de los componentes principales de las subestaciones eléctricas para el periodo 1978-1986 aparece en el cuadro 19. Como se observa, la demanda total de bienes de capital para el periodo asciende a cerca de 14 000 millones de pesos, de los cuales, los transformadores de potencia, los relevadores, las estructuras, los interruptores y los transformadores de corriente, significan en conjunto 90%. Los trans-

formadores de potencia y los relevadores representan por sí solos 58% del total de la demanda.

Para el cálculo de estos datos se partió de los supuestos siguientes:

i) Las cantidades corresponden a los componentes de las subestaciones proyectadas para el periodo;

ii) La determinación de los precios se hizo a partir de promedios de 1976 afectados por un factor de escalación de 1.39;

iii) En relación al peso, se obtuvieron promedios a partir de datos estadísticos de equipos similares; y

iv) De los bienes seleccionados se consideraron de importación los interruptores de potencia, el equipo de medición, las cuchillas desconectadoras para tensiones de 115, 230 y 400 KV, y los aisladores para tensiones de 69 a 400 KV.

<sup>10</sup> El Anexo F contiene el detalle de la demanda de partes para subestaciones eléctricas, expresada en número de unidades, valor y peso.

Cuadro 19

## SECTOR ELECTRICO. DEMANDA DE COMPONENTES PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS, 1978-1986

Concepto	400 KV			161 - 230 KV			69 - 138 KV		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>2 469 121</b>			<b>3 036 826</b>			<b>5 345 770</b>	
Aisladores	32 741	4 453	143	67 302	9 154	292	182 504	24 822	795
Suspensión normal	27 264	3 524	109	56 043	7 245	223	151 974	19 645	608
Suspensión tipo niebla	5 477	929	34	11 259	1 909	69	30 530	5 177	187
Transformadores de potencia	89	876 735	9 701	310	1 529 540	17 050	509	1 584 517	16 797
Transformadores de corriente	1 107	573 426	2 547	678	195 264	623	2 004	332 664	1 020
Transformadores de potencial	369	131 364	924	350	83 300	527	2 004	238 476	1 748
Cuchillas desconectadoras	369	171 954	1 218	904	115 712	2 080	2 004	184 368	2 080
Interruptores de potencia	192	390 528	2 304	226	267 132	1 582	660	283 140	1 915
Apartarrays	364	40 959	555	678	31 188	475	1 998	42 084	602
Estructura (toneladas)	2 300	73 830	2 300	11 900	382 357	11 900	46 900	1 508 161	46 900
Equipos de medición (Instrumentación)	2 921	205 872	—	6 006	423 179	—	16 281	1 147 538	—
Relevadores	1 461	204 483	—	3 002	420 326	—	8 141	1 139 803	—
Voltímetros	365	329	—	751	676	—	2 035	1 832	—
Amperímetros	365	329	—	751	676	—	2 035	1 832	—
Wattímetros	365	329	—	751	676	—	2 035	1 832	—
Varhorímetros	365	402	—	751	825	—	2 035	2 239	—

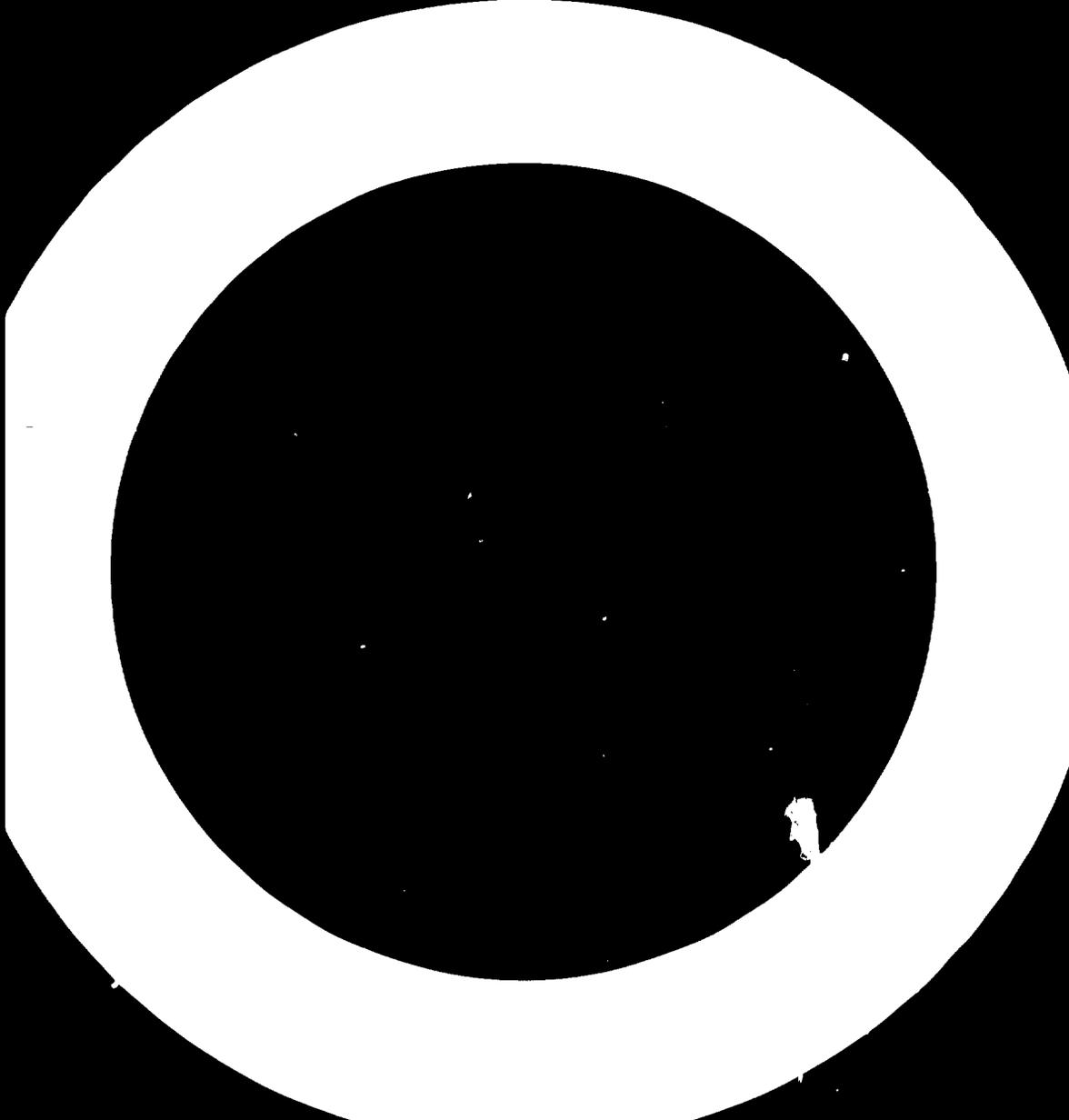
  

Concepto	13.8 - 34.5 KV			Total		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>3 095 321</b>			<b>13 947 038</b>	
Aisladores	323 779	44 038	1 413	606 326	82 467	2 643
Suspensión normal	269 615	34 853	1 079	504 896	65 267	2 019
Suspensión tipo niebla	54 164	9 185	334	101 430	17 200	624
Transformadores de potencia	134	344 514	3 618	1 042	4 335 306	47 166
Transformadores de corriente	—	—	70	3 789	1 101 354	4 260
Transformadores de potencial	625	15 625	280	3 348	468 765	3 479
Cuchillas desconectadoras	3 735	186 750	840	7 012	658 784	6 218
Interruptores de potencia	1 245	219 120	1 245	2 323	1 159 920	7 046
Apartarrays	3 735	14 940	151	6 775	129 171	1 783
Estructura (toneladas)	7 300	234 502	7 300	68 400	2 198 350	68 400
Equipo de medición (Instrumentación)	28 888	2 035 832	—	54 096	3 812 421	—
Relevadores	14 444	2 022 108	—	27 048	3 786 720	—
Voltímetros	3 611	3 251	—	6 762	6 088	—
Amperímetros	3 611	3 251	—	6 762	6 088	—
Wattímetros	3 611	3 251	—	6 762	6 088	—
Varhorímetros	3 611	3 971	—	6 762	7 437	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

ANEXO A

RESUMEN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES

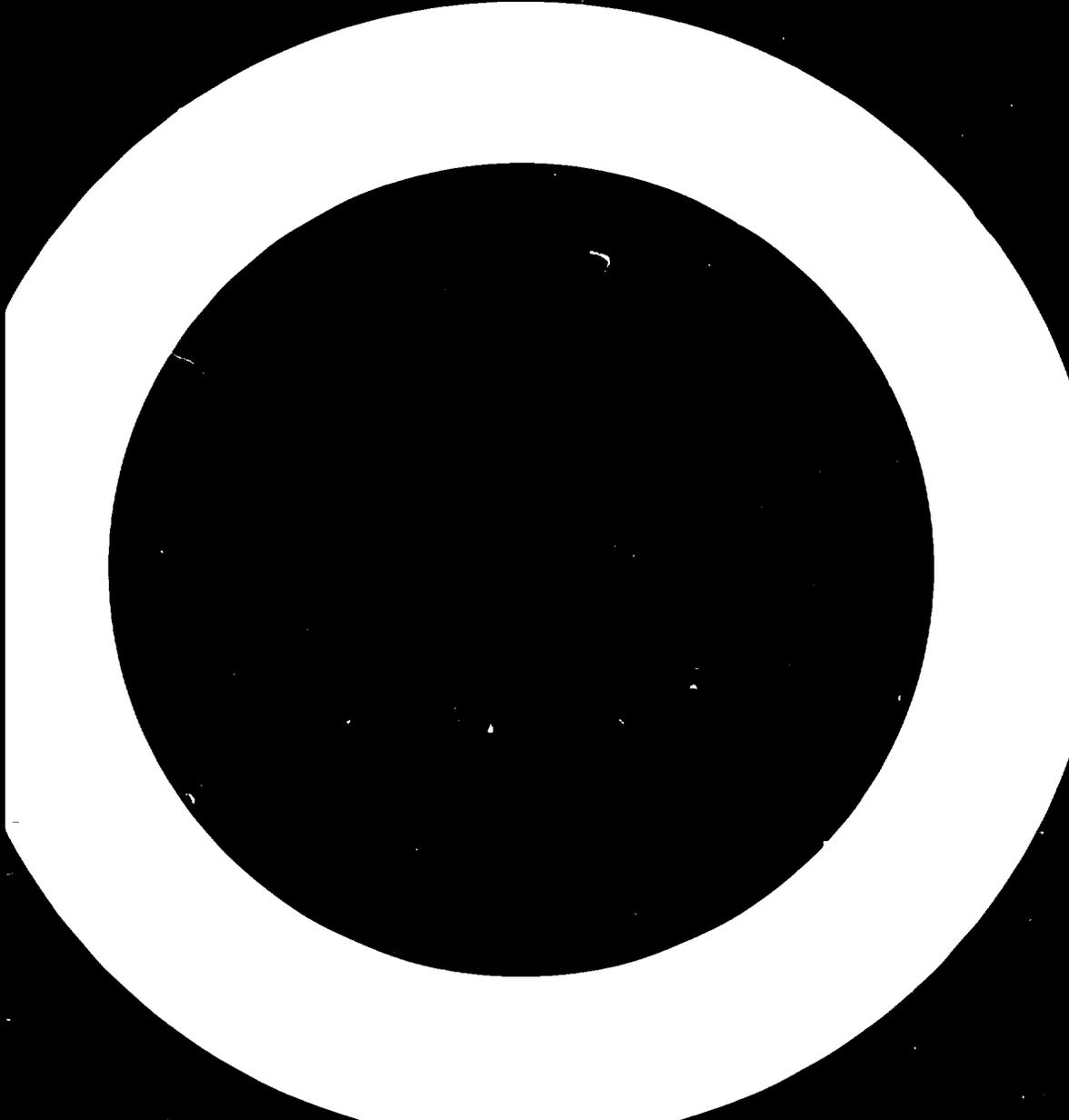


Cuadro A-1  
MEXICO: PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL SECTOR ELECTRICO, 1977  
Y PROYECCIONES, 1978-1986

(Millones de pesos)

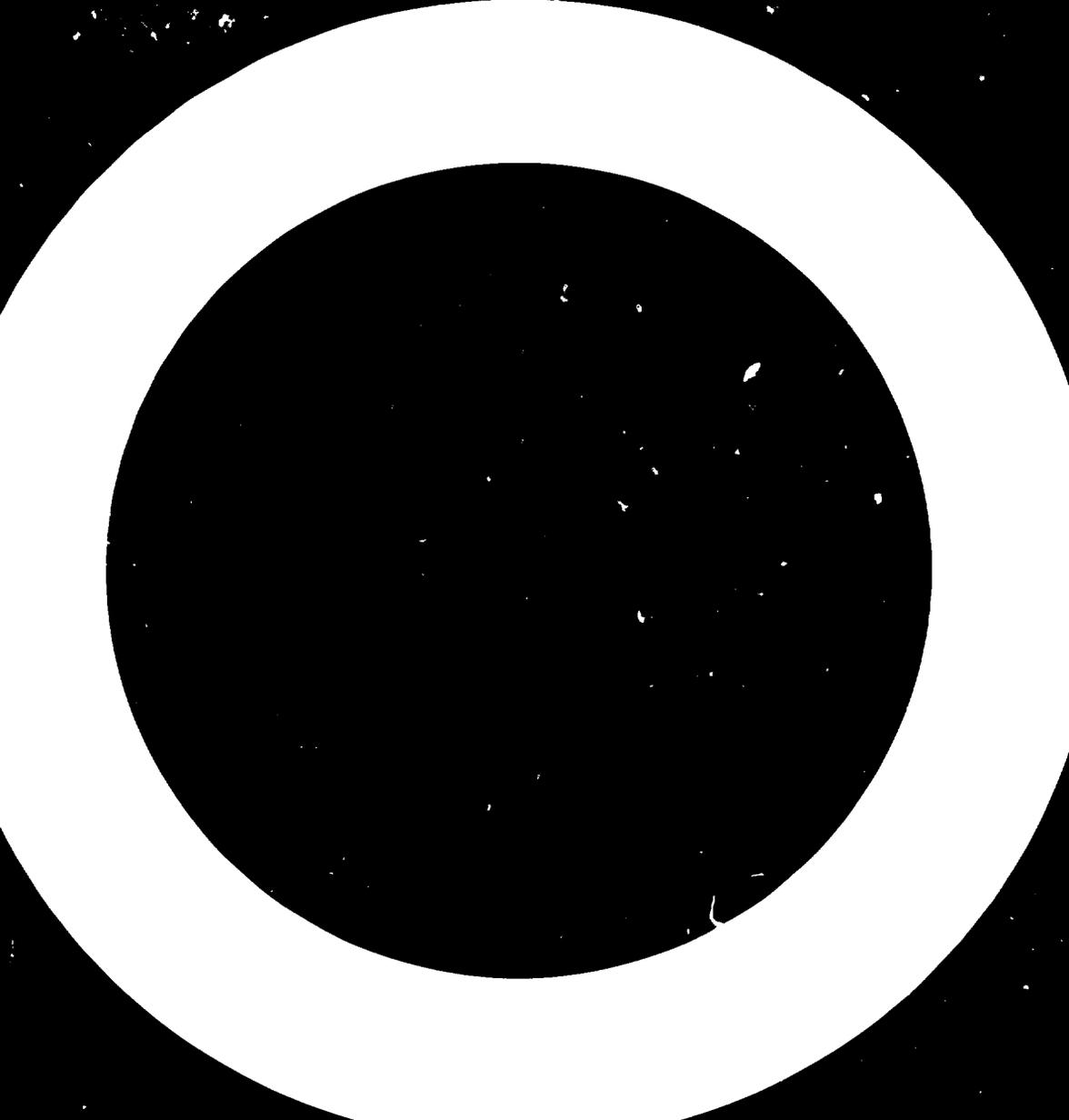
Año	Total	Instalación de plantas	Instalación de líneas	Sub-estaciones	Unificación de frecuencia	Electrificación rural	Ampliación de operación	Pagos pendientes de obras	Gastos generales de oficina con cargo a construcciones	Diversos
1977										
TOTAL	20 477	9 451	1 419	2 025	243	258	4 370	26	1 285	1 400
Componente nacional	11 573	4 083	1 135	810	243	258	3 059	—	1 285	700
Componente importado	8 904	5 368	284	1 215	—	—	1 311	26	—	700
1978										
TOTAL	26 076	11 491	2 681	2 251	353	500	5 098	300	1 453	1 944
Componente nacional	14 861	4 964	2 145	900	358	500	3 569	—	1 453	972
Componente importado	11 215	6 527	536	1 351	—	—	1 529	300	—	972
1979										
TOTAL	26 800	12 667	2 154	2 578	68	500	5 354	—	1 497	1 982
Componente nacional	15 030	5 472	1 723	1 031	68	500	3 748	—	1 497	991
Componente importado	11 770	7 195	431	1 547	—	—	1 606	—	—	991
1980										
TOTAL	25 309	10 262	2 255	3 090	—	500	5 621	—	1 541	2 040
Componente nacional	14 469	4 433	1 804	1 236	—	500	3 935	—	1 541	1 020
Componente importado	10 840	5 829	451	1 854	—	—	1 686	—	—	1 020
1981										
TOTAL	26 404	10 926	2 036	3 355	—	500	5 897	—	1 588	2 102
Componente nacional	14 696	4 458	1 629	1 342	—	500	4 128	—	1 588	1 051
Componente importado	11 708	6 468	407	2 013	—	—	1 769	—	—	1 051
1982										
TOTAL	26 581	10 673	2 213	3 202	—	500	6 192	—	1 635	2 166
Componente nacional	14 648	4 045	1 770	1 281	—	500	4 334	—	1 635	1 083
Componente importado	11 933	6 628	443	1 921	—	—	1 858	—	—	1 083
1983										
TOTAL	29 317	12 173	2 817	3 405	—	500	6 507	—	1 685	2 230
Componente nacional	15 931	5 052	1 662	1 362	—	500	4 555	—	1 685	1 115
Componente importado	13 386	7 121	1 155	2 043	—	—	1 952	—	—	1 115
1984										
TOTAL	32 005	14 794	2 009	3 840	—	500	6 830	—	1 735	2 297
Componente nacional	17 913	7 027	1 185	1 536	—	500	4 781	—	1 735	1 149
Componente importado	14 092	7 767	824	2 304	—	—	2 049	—	—	1 148
1985										
TOTAL	37 094	14 210	6 366	4 690	—	500	7 174	—	1 788	2 366
Componente nacional	21 443	7 318	3 756	1 876	—	500	5 022	—	1 788	1 183
Componente importado	15 651	6 892	2 610	2 814	—	—	2 152	—	—	1 183
1986										
TOTAL	34 825	14 883	1 603	6 053	—	500	7 529	—	1 841	2 436
Componente nacional	20 989	8 457	1 282	2 421	—	500	5 270	—	1 841	1 218
Componente importado	13 836	6 406	321	3 632	—	—	2 259	—	—	1 218

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar.



ANEXO B

EQUIPOS REQUERIDOS PARA LAS PLANTAS HIDROELECTRICAS



## Cuadro B-1

**PLANTA HIDROELECTRICA DE MALPASO, CAPACIDAD 360 MW  
(UNIDADES 5 Y 6 DE 180 MW c/u)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario	Total
		(Miles de pesos)	
<b>EQUIPOS Y MATERIALES, OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	76 847	153 694
Generadores	2	42 373	84 746
Transformadores principales	6	4 333	25 998
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	1 720	1 720
Buses de fase aislada	1	12 000	12 000
Tableros de control	1 lote	6 000	6 000
Cuchillas desconectadoras	8	926	7 408
Interruptores de potencia	8	1 280	10 240
Equipo para tableros	—	—	4 430
Dispositivos de protección	—	—	1 952
Transformador de corriente	1	6 148	6 148
Autotransformador de potencia monofásica	4	5 223	20 892
Torres para remate	1 lote	—	2 239
Fierro estructural	—	—	4 059
Otros equipos requisitados, materiales, fletes	—	—	38 936
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Compresor	1	400	400
Compresores	2	1 509	3 018
Compresor portátil	1	172	172
Compresor portátil	1	447	447
Cargador frontal	1	1 059	1 059
Tractor de oruga	1	1 104	1 104
Motoconformadora	1	650	650
Otros equipos	—	15 053	15 053

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-2

**PLANTA HIDROELECTRICA DE LA ANGOSTURA, CAPACIDAD 360 MW  
(UNIDADES 4 Y 5 DE 180 MW c/u, 2a. ETAPA)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario	Total
Turbinas hidráulicas	2	41 533	83 067
Generadores	2	24 723	49 447
Transformadores principales	2	8 237	16 474
Grúas viajeras. Casa de máquinas	2	4 125	8 250
Buses de fase aislada	2	3 275	6 551
Tableros de control	1 lote	7 373	7 373
Cuchillas desconectoras	3	542	1 626
Interruptores de potencia	1	2 606	2 606
Equipo carrier	1	2 771	2 771
Tubería de alta presión	981 ton	—	43 000
Compuerta de obra de toma	1 119 ton	11 193	11 193
Compuerta de desfogue	353 ton	3 257	3 257
Grúa de tránsito	1	5 105	5 105
Otros equipos requisitados, materiales, fletes	—	—	92 677

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-3

**PLANTA HIDROELECTRICA DE CHICOASEN, CAPACIDAD 1 500 MW  
(UNIDADES 1 A 5 DE 300 MW c/u)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario	Total
Turbinas hidráulicas	5	93 593	467 965
Generadores	5	117 102	585 510
Grúas viajeras. Casa de máquinas	2	10 081	20 162
Buses de fase aislada	8	3 015	24 120
Tableros de control	—	—	30 000
Transformadores principales	5	24 000	120 000
Interruptores de potencia	14	2 382	33 348
Cuchillas desconectoras	50	517	25 850
Estructura metálica	720 ton	—	25 200
Equipo auxiliar de precisión y control	—	—	191 814
Equipo carrier	1	24 000	24 000
Turbina auxiliar	1	10 000	10 000
Grúas de tránsito	4	1 633	6 532
Compuertas verticales	9	4 290	38 610
Compuertas de obra de toma	8	7 312	58 496
Tubería de alta presión	8	27 987	223 896
Compuertas de desfogue	10	1 560	15 600
Instrumentación cortina	—	—	5 000
Perfiles estructurales	—	—	5 000
Otros equipos y materiales	—	—	624 481
Tractores	18	1 646	29 628
Vagonetas	16	3 479	55 664
Palas eléctricas	8	6 957	55 656

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-4  
**PLANTA HIDROELECTRICA DE CARACOL, CAPACIDAD 570 MW**  
 (UNIDADES 1 A 3 DE 190 MW c/u)

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	3	132 600	397 800
Generadores	3	85 680	257 040
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	24 480	24 480
Buses de fase aislada	3	10 200	30 600
Tableros de control	—	—	18 360
Transformadores principales	4	24 480	97 920
Interruptores de potencia	7	2 040	14 280
Cuchillas desconectadoras	16	612	9 792
Equipos para tableros	—	—	7 196
Equipo de medición	—	—	530
Transformadores de corriente	4	408	1 632
Transformadores de potencial	4	204	816
Estructura metálica	1 700 ton	—	69 360
Equipo carrier	1	30 600	30 600
Otros equipos	—	—	573 127
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	2 275	4 550
Compuertas verticales	6 (1 800 ton)	12 000	72 000
Compuerta de obra de toma	12 (1 450 ton)	7 854	94 248
Tuberías de alta presión	3 (1 714 ton)	19 763	59 289
Compuertas de desfogue	6 ( 45 ton)	300	1 800
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	280 224
Tractores de oruga	1	3 296	3 296
Aplanadora y motoconformadora	1	1 020	1 020
Excavadoras	2	2 585	5 170
Compactador	1	536	536
Perforadora sobre camión	1	653	653
Cargador frontal	1	1 059	1 059
Perforadoras	8	26	208
Compresor portátil	1	400	400
Otros equipos y maquinaria	—	—	597 818

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-5  
**PLANTA HIDROELECTRICA DE PEÑITAS, CAPACIDAD 400 MW**  
 (UNIDADES 1 A 4 DE 100 MW c/u)

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
Turbinas hidráulicas	4	102 000	408 000
Generadores	4	71 400	285 600
Crúa viajera. Casa de máquinas	1	20 400	20 400
Buses de fase aislada	4	6 120	24 480
Tableros de control	—	—	16 320
Transformadores principales	4	20 400	81 600
Interruptores de potencia	7	1 632	11 424
Cuchillas desconectadoras	14	367	5 138
Estructura metálica	1 500 ton	—	61 200
Equipo carrier	1	20 400	20 400
Otros equipos y materiales	—	—	503 741
Grúas de tránsito	2	3 570	7 140
Compuertas verticales	12	3 874	46 488
Compuerta de obra de toma	1 324 ton	—	86 060
Tuberías de alta presión	4 (646 ton)	—	22 984
Compuertas de desfogue	6	5 850	35 100
Instrumentación cortina	—	—	10 200
Equipo y maquinaria de construcción	—	—	600
Otros equipos	—	—	449 043

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-6

**PLANTA HIDROELECTRICA DE BACURATO, CAPACIDAD 42 MW  
(UNIDADES 1 Y 2 DE 21 MW c/u)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	20 435	40 870
Generadores	2	14 425	28 850
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	2 400	2 400
Buses de fase aislada	2	1 200	2 400
Tableros de control	—	—	8 144
Transformadores principales	2	601	1 202
Interruptores de potencia	4	120	480
Cuchillas desconectoras	8	750	6 000
Estructura metálica	282 ton	—	2 400
Equipo carrier	1	—	2 400
Otros equipos y materiales	—	50 488	50 488
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	360.5	721
Compuertas verticales	4	1 202	4 808
Compuertas de obra de toma	6 (720 ton)	1 357	8 142
Tuberías de alta presión	2 (322 ton)	1 200	2 400
Compuertas de desfogue	4	841	3 364
Instrumentación cortina	—	961	961
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	76 214
Tractor de oruga	1	1 104	1 104
Apianadora	1	1 020	1 020
Motoconformadora	1	650	650
Excavadora	1	2 585	2 585
Compactador	1	536	536
Perforadora de camión	1	653	653
Cargador frontal	1	1 059	1 059
Perforadoras	4	26	104
Compresor	1	400	400
Otros equipos y maquinaria	—	—	385 550

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-7

**PLANTA HIDROELECTRICA DE COMEDERO, CAPACIDAD 90 MW  
(UNIDADES 1 Y 2 DE 45 MW c/u)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario	Total
(Miles de pesos)			
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	25 845	51 690
Generadores	2	18 244	36 488
Grúas viajeras. Casa de máquinas	2	1 520	3 040
Buses de fase aislada	2	1 520	3 040
Tableros de control	—	3 040	3 040
Transformadores principales	2	5 321	10 642
Interruptores de potencia	4	380	1 520
Cuchillas desconectadoras	8	76	608
Estructura metálica	186 ton	40	7 440
Equipo carrier	1	3 040	3 040
Otros equipos	—	—	63 854
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	456	912
Compuertas verticales	155 ton	39	6 045
Compuertas de obra de toma	163 ton	65	10 595
Tuberías de alta presión	89 ton	34	3 026
Compuertas de desfogue	109 ton	39	4 251
Instrumentación cortina	—	1 216	1 216
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	93 390
Tractores de oruga	6	1 104	6 624
Aplanadoras	4	1 020	4 080
Motoconformadoras	3	650	1 950
Excavadoras	3	2 585	7 755
Compactadoras	3	536	1 608
Perforadoras de camión	3	653	1 959
Cargadores frontales	3	1 059	3 177
Compresores portátiles	2	800	1 600

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro B-8

PLANTA HIDROELECTRICA DE LA AMISTAD, CAPACIDAD 40 MW  
(UNIDADES 1 Y 2 DE 20 MW c/u)

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	6 596	13 192
Generadores	2	4 656	9 312
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	776	776
Buses de fase aislada	2	388	776
Tableros de control	1 lote	776	776
Transformadores principales	2	1 358	2 716
Interruptores de potencia	4	97	388
Cuchillas desconectadoras	8	19	152
Estructura metálica	48 ton	40	1 920
Equipo carrier	1	776	776
Otros equipos	—	—	16 296
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	116	232
Compuertas verticales	40 ton	39	1 560
Compuertas de obra de toma	69 ton	65	4 485
Tuberías de alta presión	21 ton	34	714
Compuertas de desfogue	28 ton	39	1 092
Instrumentación cortina	—	310	310
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	24 599
Tractores de oruga	6	1 104	6 624
Aplanadoras	4	1 020	4 080
Motoconformadoras	2	650	1 300
Excavadoras	2	2 585	5 170
Compactadores	2	536	1 072
Perforadoras de camión	2	653	1 306
Cargador frontal	1	1 059	1 059
Compresor	1	800	800

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-9  
**PLANTA HIDROELECTRICA DE TECATE, CAPACIDAD 90 MW**  
**(UNIDADES 1 Y 2 DE 45 MW c/u)**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario	Total
(Miles de pesos)			
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	26 945	53 890
Generadores	2	19 020	38 040
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	3 170	3 170
Buses de fase aislada	2	1 585	3 170
Tableros de control	1 lote	3 170	3 170
Transformadores principales	2	5 547	11 094
Interruptores de potencia	4	396	1 584
Cuchillas desconectadoras	8	79	632
Estructura metálica	194 ton	40	7 760
Equipo carrier	1	3 170	3 170
Otros equipos	—	—	66 570
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	475	950
Compuertas verticales	162 ton	39	6 318
Compuertas de obra de toma	170 ton	65	11 050
Tuberías de alta presión	93 ton	34	3 162
Compuertas de desfogue	114 ton	39	4 446
Instrumentación cortina	—	1 268	1 268
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	100 489
Tractores de oruga	6	1 104	6 624
Aplanadoras	4	1 020	4 080
Motoconformadoras	3	650	1 950
Excavadoras	2	2 585	5 170
Compactadores	3	536	1 608
Perforadoras de camión	3	653	1 959
Cargadores frontales	3	1 059	3 177
Compresores	2	800	1 600

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-10  
**PLANTA HIDROELECTRICA DE TEMASCAL, CAPACIDAD 154 MW**  
**(UNIDADES 5 Y 6 DE 77 MW c/u) AMPLIACION**

Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	2	24 480	48 960
Generadores	2	17 280	34 560
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	2 880	2 880
Buses de fase aislada	2	1 440	2 880
Tableros de control	1 lote	2 880	2 880
Transformadores principales	2	5 040	10 080
Interruptores de potencia	4	360	1 440
Cuchillas desconectoras	8	72	576
Estructura metálica	176 ton	40	7 040
Equipo carrier	1	2 880	2 880
Otros equipos	—	—	60 480
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	432	864
Compuertas verticales	147 ton	39	5 733
Compuertas de obra de toma	155 ton	55	8 525
Tuberías de alta presión	85 ton	34	2 890
Compuertas de desfogue	103 ton	39	4 017
Instrumentación cortina	—	1 152	1 152
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	—
fractores de oruga	6	1 104	6 624
Aplanadoras	4	1 020	4 080
Motoconformadoras	3	650	1 950
Excavadoras	3	2 585	7 755
Compactadores	3	536	1 608
Perforadoras de camión	3	653	1 959
Cargadores frontales	3	1 059	3 177
Compresores	2	800	1 600

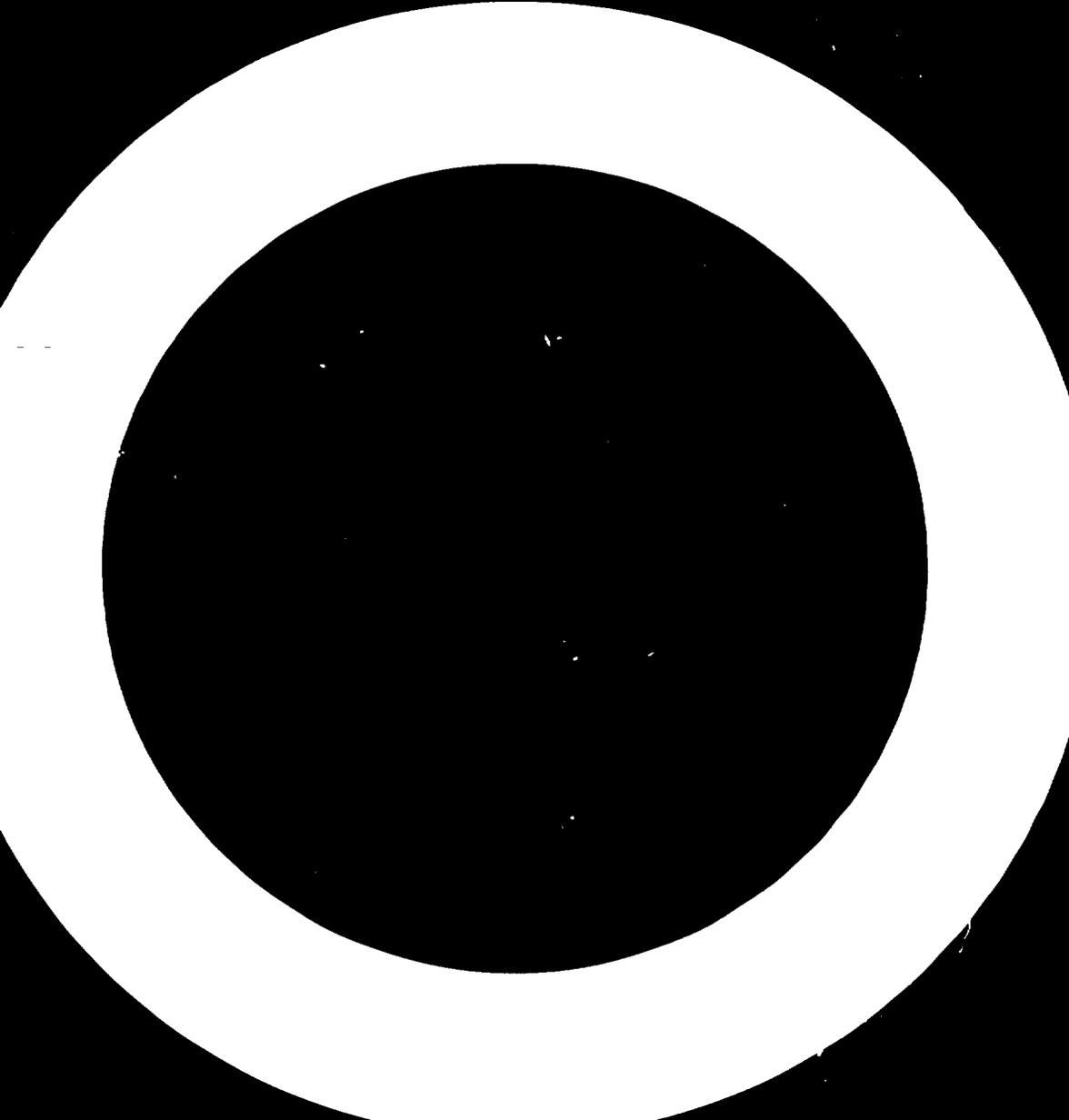
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro B-11

**PLANTA HIDROELECTRICA DE AGUAMILPA, CAPACIDAD 540 MW  
(UNIDADES 1 A 3 DE 180 MW c/u)**

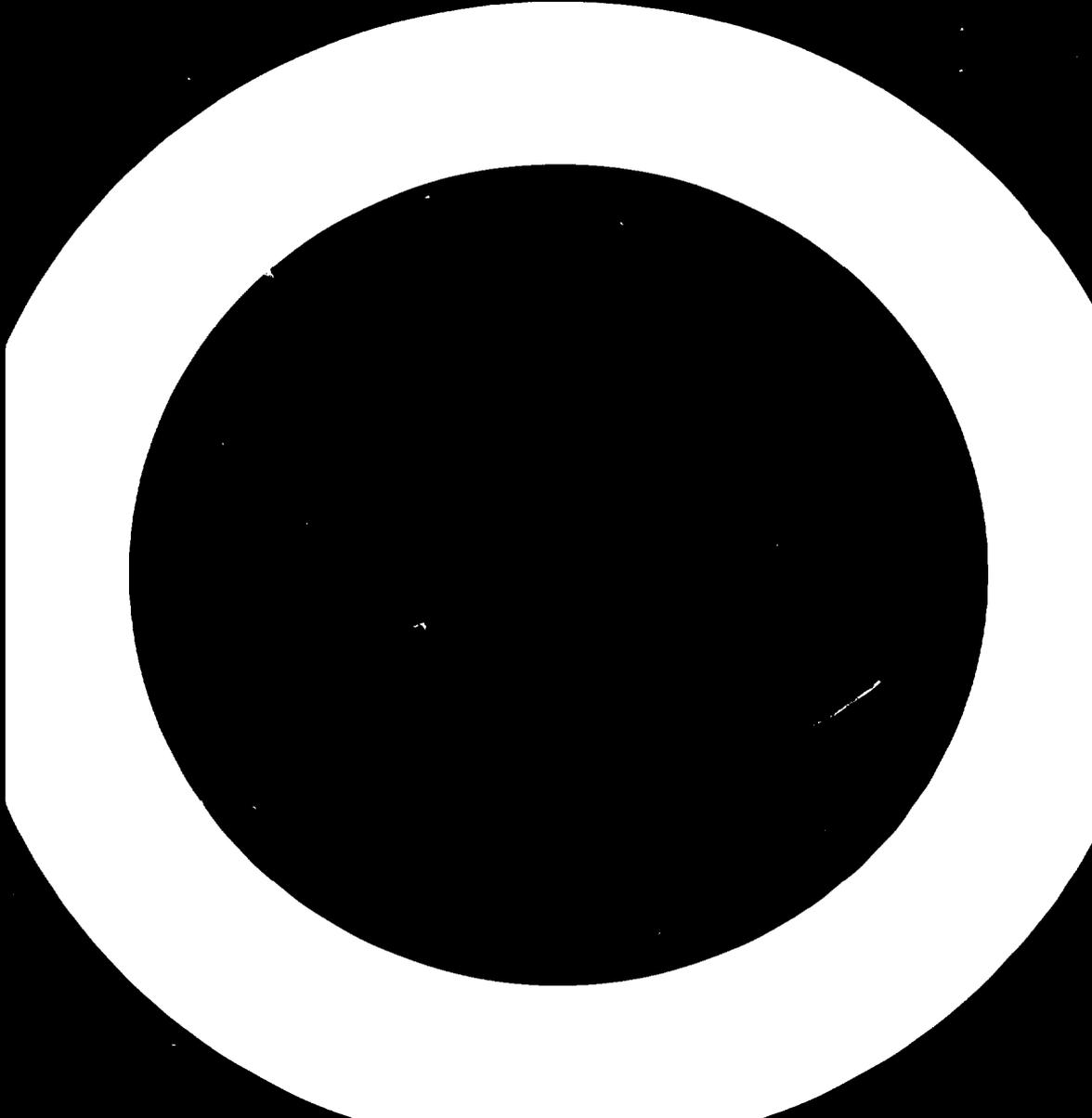
Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio	
		Unitario (Miles de pesos)	Total
<b>EQUIPOS Y MATERIALES DE OBRA ELECTROMECHANICA</b>			
Turbinas hidráulicas	3	122 400	367 200
Generadores	3	86 400	259 200
Grúa viajera. Casa de máquinas	1	21 600	21 600
Buses de fase aislada	2	10 800	21 600
Tableros de control	1 lote	21 600	21 600
Transformadores principales	2	37 800	75 600
Interruptores de potencia	4	2 700	10 800
Cuchillas desconectoras	8	540	4 320
Estructura metálica	1 385 ton	39	54 015
Equipo carrier	1	21 600	21 600
Otros equipos	--	—	453 600
<b>MAQUINARIA, OBRA CIVIL</b>			
Grúas de tránsito	2	3 240	6 480
Compuertas verticales	1 107 ton	39	43 173
Compuertas de obra de toma	163 ton	65	75 595
Tuberías de alta presión	635 ton	34	21 590
Compuertas de desfogue	775 ton	39	30 225
Instrumentación cortina	—	8 640	8 640
Otros equipos y materiales de construcción	—	—	684 720
Tractores de oruga	6	1 104	6 624
Aplanadoras	6	1 020	6 120
Motoconformadoras	3	650	1 950
Excavadoras	3	2 585	7 755
Compactadores	3	536	1 608
Perforadoras de camión	3	653	1 959
Cargadores frontales	3	1 059	3 177
Compresores	2	800	1 600

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.



ANEXO C

EQUIPOS REQUERIDOS PARA LAS PLANTAS TERMOELECTRICAS



Cuadro C-1

PLANTA TIPO TERMOELECTRICA DE COMBUSTOLEO, 300 MW <sup>1</sup>

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio unitario		Peso unitario (Toneladas)	Origen		Planta de referencia
				ajustado (Miles de pesos)	Flete		Nacional	Importado	
1.0	Generador de vapor	1	17-VII-73 10-XI-75	— 277 514	— 25 700	4 696 4 815			Manzanillo Mazatlán II
2.0	Turbogenerador	1	21-V-75 XI-75	— 268 800	4 405.6 7 650	677 805 <sup>2</sup>		Japón	Mazatlán II Manzanillo
3.0	Equipo para proceso mecánico								
3.01	Bombas								
3.011	Bombas de alimentación	2	1975	5 220	125	8.5			Mazatlán
3.012	Bombas de condensado	2	1974	984	—	6		Japón	Mazatlán
3.018	Bombas de circulación	2	1975	9 048	—	10		Japón	Mazatlán
3.02	Condensador	1	20-X-74 4-III-77	44 171 —	— —	383 Vacío 338	Ingersoll Rand Swecomex		Mazatlán II
3.03	Calentadores								
3.031	Calentadores de baja presión	4	4-III-77	11 500	—	21.25	Swecomex		
	Calentadores de alta presión	2	1977	16 000	—	15			
3.032	Calentador deareador	1	6-IX-76	4 453	—	36.3		Estados Unidos	
3.04	Tanques y recipientes								
3.043	Tanques de condensado	1	1977	600	—	35			
	Tanques de desmineralización	1	1977	1 700	—	100			
	Tanques de agua de servicio	1	1977	1 000	—	60			
	Tanques de día	1	1977	1 400	—	80			
	Tanques para reserva destilada	1	1977	—	—	—			
3.08	Grúas								
	Grúa viajera. Casa de máquinas	1	1977	3 300	—	—			
3.09	Equipo para tratamiento de agua y dosificación química								
	Evaporador de agua de mar	1	1975	—	—	50			
	Planta para tratamiento de agua (clorador)								
	Pulidor	1							
3.10	Compresores	2	1975	1 073	—	1.5			
3.11	Equipo para combustible								
	Tanque para almacenamiento de combustible	1	1977	8 000	—	464			
3.15	Torres de enfriamiento								
3.16	Equipo de cribado								
	Bomba de lavado	1							
	Cribas viajeras	1 lote							
3.17	Equipo misceláneo de la planta								

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio unitario	Flete	Peso unitario (Toneladas)	Origen		Planta de referencia
				ajustado (Miles de pesos)			Nacional	Importado	
4.01	Subestación y centros unitarios de carga								
4.02	Transformadores de servicio y de arranque								
	Transformador de arranque	1	1975	9 020	—	35			
4.03	Buses de fase aislada								
	Bus principal	50 m	1975	115	—	—			
	Bus auxiliar	50 m	1975	98	—	—			
4.05	Centros de control de motores de 9 unidades	1	12-V-76	—	—	—			
4.07	Tableros de distribución								
	Tableros de distribución	1	9-IV-75	—	—	—	Square 'D		
	Tableros de distribución de 125 V. CD	1	26-V-75	—	—	2			
4.08	Relevadores y tableros de medición	1 lote							
4.09	Equipo para corriente directa y cargador								
4.15	Transformadores								
	Transformador principal de 1 fase	4	20-II-74	33 561	—	584.5			Tula, 3a. y 4a.
	Transformador auxiliar de 3 fases	1	30-IV-74	6 277	—	40			
5.15	Estructura								
5.151	Casa de máquinas		1975	17 151	—	1 070			Manzanillo
6.0	Tubería								
	Tubería de alta presión	700 m	1975	40.7 ton	—	—			
	Tubería complementaria	700 m	1975	8.14	—	—			
	Válvulas	984		3.15	—	—			
6.9	Instrumentación	1 lote	1975	84 000	lote	—			
	Instrumentación complementaria	1 lote	1975	1 680	lote	—			
7.13	Laboratorios, taller mecánico y equipo de oficina								
8.06	Interruptores de potencia	4	1975	3 920	—	—			
8.07	Switches selectores y desconectadores								
8.08	Tableros de control y relevadores								
8.09	Equipo de control-baja tensión								
8.15	Transformadores								
8.21	Apartarrays	3							

m = metros lineales

<sup>1</sup> Referencia: Plantas de Mazatlán II, unidad 3a. y Manzanillo, unidades 1a. y 2a.

<sup>2</sup> Incluye accesorios.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro C-2

PLANTA TIPO TERMOELECTRICA DE COMBUSTOLEO, 150 MW<sup>1</sup>

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio unitario	Flete	Peso unitario (Toneladas)	Origen	
				ajustado (Miles de pesos)			Nacional	Importado
1.0	Generador de vapor Generador de vapor y auxiliares	1	10-XI-75	180 986	20 601	2 694.4		Japón
2.0	Turbogenerador	1	VI-75	206 388	4 536	365.6		Japón
3.0	Equipo para proceso mecánico							
3.01	Bombas							
3.011	Bombas de alimentación	2	1975	8 021	—	—		
3.012	Bombas de condensado	2	1975	1 231	—	—		
	Bombas de enfriamiento	2	1975	—	—	—		
3.018	Bombas de circulación	2	1975	4 544	—	—		
3.02	Condensador y auxiliares							
	Condensador	1	1975	—	—	—		
	Eyectores	2	1975	34 676	—	—	Swecomex	
3.03	Calentadores e intercambiadores							
	Calentadores de baja presión	2	1976	11 662	—	7.5	Swecomex	
	Calentadores de alta presión	3	1976	10 258	—	2	Swecomex	
	Calentador deareador	1	1975	3 059	—	15	Swecomex	
3.04	Tanques y recipientes							
3.08	Grúas							
	Grúa viajera. Casa de máquinas de 35 ton	1	1977	3 000	—	—		
3.09	Equipo para tratamiento de agua y dosificación química							
3.091	Equipo para sistema de evapora- ción	1						
3.094	Equipo de inyección de sustan- cias químicas	1						
3.10	Compresores de aire y auxiliares							
	Compresores	2	1975	1 871	—	1.2		
3.11	Equipo para combustible							
	Mallas giratorias							
3.15	Torre de enfriamiento							
3.16	Equipo de cribado							
3.17	Equipo misceláneo de la planta							
4.01	Subestación y centros unitarios de carga							
4.011	Subestación de control de esta- ción de servicio	3						

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido
4.02	Transformador de servicio y de arranque Transformador de arranque	1	1976
4.03	Buses de fase aislada Bus principal Bus auxiliar	50 m 50 m	1976 —
4.05	Centros de control de motores de 5 unidades	1	
4.07	Tableros de distribución		
4.073	Tableros de distribución de 480 V	2	
4.075	Tableros de distribución de CD	1	
4.08	Relevadores y tableros de medición		
4.09	Equipo para corriente directa y cargador		
4.15	Transformadores Transformador principal Transformador auxiliar	1 1	1976 1976
5.15	Estructura		
5.151	Casa de máquinas		1976
6.0	Tubería Tubería de alta presión		
6.9	Instrumentación Instrumentación complementaria Tablero de relevadores	1 lote 1 lote 1 lote	1976
7.13	Laboratorios, taller mecánico		
7.131	Equipo de taller mecánico Torno paralelo Taladro radial Taladro de pedestal Esmeril de pedestal Cepillo de codo Máquina de soldar Torno vertical Equipo de oxiacort Prensa hidráulica	1 1 1 1 1 1 1 2 1	

Precio unitario ajustado (Miles de pesos)	Flete	Peso unitario	Origen	
			Nacional	Importado

7 367	—	30		
-------	---	----	--	--

106	—	—		
20	--	—		

34 750	—	123.5		
5 560	—	15		

22	—	750		
----	---	-----	--	--

37 544	—	—		
--------	---	---	--	--

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio unitario ajustado	Flete	Peso unitario (Toneladas)	Origen	
				(Miles de pesos)			Nacional	Importado
7.132	Laboratorio químico							
8.06	Interruptores de potencia	4	1976	2 085	—	8		
8.07	Switches selectores y desconectadores							
	Cuchillas desconectoras	8	—	445	—	1.8		
8.08	Tableros de control y relevadores							
8.09	Equipo de control-baja tensión							
8.15	Transformadores							
8.151 a	Transformadores de potencial	3	1976	292	—	—		
8.151 b	Transformadores de corriente	9	1976	348	—	—		
8.21	Apartarrayos							

m = metros lineales

<sup>1</sup> Referencia: Planta de Guaymas II, unidades 3a. y 4a.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro C-3

PLANTA TIPO TERMOELECTRICA DE COMBUSTOLEO, 37.5 MW<sup>1</sup>

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio unitario	Flete	Peso unitario (Toneladas)	Origen	
				ajustado (Miles de pesos)			Nacional	Importado
1.0	Generador de vapor	1	1976	63 087	—	1 100		Japón
2.0	Turbogenerador	1	1975	84 268	—	158		Estados Unidos
3.0	Equipo para proceso mecánico							
3.01	Bombas							
3.011	Bombas de alimentación	2	1977	6 715	—	—	Byron Jackson	
3.012	Bombas de condensado	2	1977	718	—	c/motor 5	Worthington	
3.018	Bombas de circulación	2	1973	1 174	—	s/motor 7.1	Peerless Tesa	
3.02	Condensador	1	1977	8 540	(85.9) 91.5	—	Swecomex	
3.03	Calentadores							
	Calentadores de baja presión		1977	2 290	—	8.6	Swecomex	
	Calentadores de alta presión		1977	4 050	—	8.1	Swecomex	
	Calentador deaerador		1977	1 452	—	13.5	Swecomex	
3.04	Tanques y recipientes							
3.043	Tanques de condensado		1976	—	—	—		
	Tanques de almacenamiento de agua potable							
	Tanques de sistema de enfriamiento							
	Tanques de día							
3.08	Grúas							
	Grúa viajera. Casa de máquinas	1						
3.09	Equipo para tratamiento de agua y dosificación química							
3.10	Compresores			—	—	0.5		
3.11	Equipo para combustible							
3.15	Torre de enfriamiento							
3.16	Equipo de cribado							
3.17	Equipo misceláneo de la planta							
4.01	Subestaciones y centros unitarios de carga							
	Tablero duplex de 115 KV para control y medición	1		—	—	7		
	Subestación unitaria de 4 160/480 V	1		—	—	25		
	Tablero de 4 160 V	1		—	—	10		x Brown Boveri
4.02	Transformadores de servicio y de arranque							
	Transformador de arranque	1		—	—	20	IEI	

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Fecha de pedido	Precio	Flete	Peso	Origen	
				unitario ajustado (Miles de pesos)		unitario (Toneladas)	Nacional	Importado
4.03	Buses de fase aislada Bus principal	25 m	1977	—	—	6	Magrini	Galileo
4.05	Centros de control de motores	1 lote		—	—	875	x	
4.07	Tableros de distribución							
4.08	Relevadores y tableros de medición							
4.09	Equipo para corriente directa Banco de baterías	1 <sup>2</sup>		—	—	2	x	
	Cargador de batería	1		—	—	0.2		
	Generador	1	1977	—	—	2.5		
4.15	Transformadores							
	Transformador principal de 3 fases	1	1977	5 324 <sup>1</sup>	—	42	IEM	
	Transformador auxiliar de 3 fases	1	1977	1 355	—	6	IEI	
5.15	Estructura							
5.151	Casa de máquinas							
6.0	Tubería							
	Tubería de alta presión	1 lote	1977	—	—	—		
6.9	Instrumentación							
7.13	Laboratorio, taller mecánico							
8.06	Interruptores de potencia	9	1976	625	—	4		Japón
8.07	Switches selectores y desconectores Cuchillas desconectoras de operación manual	42	1976	55.6	—	0.35	x	
8.08	Tableros de control y relevadores							
8.09	Equipo de control-baja tensión							
8.15	Transformadores							
8.151a	Transformadores de potencial	9 <sup>1</sup>	1977	—	—	0.7	Balteau	
8.151b	Transformadores de corriente	18 <sup>1</sup>	1977	—	—	0.7	Balteau	
8.21	Apartarrayos							

m = metros lineales

x = se desconoce el nombre del fabricante

<sup>1</sup> Referencia: Planta de Punta Prieta II, unidades 1a. y 2a.

<sup>2</sup> Para 2 unidades.

<sup>3</sup> Incluye 3 apartarrayos de 115 KV.

<sup>4</sup> Equipo para 2 plantas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro C-4

RESUMEN DE LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA PLANTAS TERMOELECTRICAS,  
1978-1986

Concepto	300 MW			150 MW			75 MW		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>TOTAL</b>		<b>13 956 814</b>			<b>2 924 416</b>			<b>1 712 525</b>	
Generadores de vapor	13	3 607 682	61 100	4	723 946	10 780	4	434 368	5 392
Turbogeneradores	13	3 494 400	10 465	4	825 552	1 464	4	495 331	732
<b>Bombas</b>									
Bombas de alimentación	14	73 080	119	8	64 168	34	8	38 501	17
Bombas de condensado	14	13 776	84	8	9 848	24	8	5 909	12
Bombas de circulación	8	72 384	80	2	9 088	10	6	16 358	15
Condensadores	13	574 223	4 979	4	138 704	680	4	83 222	340
<b>Calentadores</b>									
Calentadores de baja presión	32	368 000	680	12	123 096	144	12	73 858	63
Calentadores de alta presión	16	256 000	240	8	93 296	60	8	55 978	30
Calentador deaerador	8	35 624	288	4	12 236	60	4	7 342	30
<b>Grúas</b>									
Grúa viajera. Casa de máquinas	7	23 100	—	2	6 000	—	2	3 600	—
Grúas auxiliares <sup>1</sup>	35	17 500	—	10	5 000	—	10	5 000	—
Compresores	39	39 000	58	8	14 968	10	8	8 981	5
Torres de enfriamiento <sup>1</sup>	14	1 120 000	—	2	106 000	—	—	—	—
<b>Transformadores</b>									
Transformadores principales	46	1 543 806	26 910	4	139 000	496	4	83 400	248
Transformadores auxiliares	13	81 601	520	4	22 240	60	4	13 344	30
Transformadores de arranque	13	117 260	501	4	29 468	120	4	17 681	60
<b>Buses de fase aislada</b>									
Bus principal	650 m	74 620	—	280 m	29 680	—	130 m	13 780	—
Bus auxiliar	650 m	63 960	—	260 m	5 200	—	130 m	2 600	—
<b>Estructura</b>									
Casa de máquinas <sup>2</sup>	—	236 470	13 910	—	66 000	3 000	—	46 200	2 100
Almacenes	—	23 647	1 391	—	6 600	300	—	4 620	210

Concepto	300 MW			150 MW			75 MW		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
<b>Transformadores de medición</b>									
Transformadores de potencial <sup>3</sup>	54	19 224	—	18	4 284	—	18	1 440	—
Transformadores de corriente	108	55 944	—	36	11 376	—	36	6 660	—
Cuchillas desconectoras <sup>3</sup>	130 jgos	60 580	—	40 jgos	5 120	—	40 jgos	1 720	—
Interruptores de potencia <sup>4</sup>	52	203 840	—	16	33 360	—	12	15 012	—
Apartarrayos	39	3 100	2	12	390	1	12	234	—
<b>Tubería <sup>5</sup></b>									
Tubería de alta presión	4 900 m	199 479	—	1 200 m	48 852	—	800 m	32 568	—
Tubería de baja presión	4 900 m	39 886	—	1 200 m	9 768	—	800 m	6 512	—
Tubería complementaria	207 200 m	621 600	—	47 600 m	142 800	—	28 400 m	85 200	—
Válvulas	12 792 piezas	402 948	—	2 800 piezas	88 200	—	2 000 piezas	63 000	—
Instrumentación	—	514 080	—	—	150 176	—	—	90 106	—

3 7 . 5 M W

Concepto	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneeladas)
<b>TOTAL</b>		<b>1 076 726</b>	
Generadores de vapor	4	252 348	4 400
Turbogeneradores	4	337 072	632
<b>Bombas</b>			
Bombas de alimentación	2	13 430	11
Bombas de condensado	2	1 436	20
Bombas de circulación	2	2 348	2
Condensadores	4	34 160	366
<b>Calentadores</b>			
Calentadores de baja presión	12	27 480	103
Calentadores de alta presión	8	32 400	65
Calentador deaerador	4	5 808	54
<b>Grúas</b>			
Grúa viajera. Casa de máquinas	2	3 000	—
Grúas auxiliares <sup>1</sup>	10	5 000	—
Compresores	8	1 200	4
Torres de enfriamiento <sup>1</sup>	—	—	—
<b>Transformadores</b>			
Transformadores principales	4	21 296	168
Transformadores auxiliares	4	5 420	24
Transformadores de arranque	4	13 008	80
<b>Buses de fase aislada</b>			
Bus principal	100 m	8 340	24
Bus auxiliar	—	—	—
<b>Estructura</b>			
Casa de máquinas <sup>2</sup>	—	15 400	700
Almacenes	—	1 540	70

T o t a l		
(Unidades) Cantidad	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneles)
	19 670 481	
25	5 018 344	81 672
25	5 152 355	13 293
32	189 179	181
32	30 969	140
18	100 178	107
25	830 309	6 365
68	592 434	990
40	437 674	395
20	61 010	432
13	35 700	—
65	32 500	—
63	64 149	77
16	1 226 000	—
58	1 787 502	27 822
25	122 605	634
25	177 417	761
1 160 m	126 420	—
1 040 m	71 760	—
—	364 070	19 710
—	36 407	1 971

Concepto	37.5 MW			Total		
	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)	Cantidad (Unidades)	Valor (Miles de pesos)	Peso (Toneladas)
Transformadores de medición						
Transformadores de potencial <sup>1</sup>	18	1 440	13	108	26 388	—
Transformadores de corriente	36	2 336	25	216	76 316	—
Cuchillas desconectoras <sup>2</sup>	42	2 335	15	252	69 755	—
Interruptores de potencia <sup>4</sup>	12	5 400	48	92	257 612	—
Apartarrayos	12	180	—	75	3 904	3
Tubería <sup>5</sup>						
Tubería de alta presión	600 m	22 065	—	7 500 m	302 964	—
Tubería de baja presión	600 m	4 884	—	7 500 m	61 050	—
Tubería complementaria	19 000 m	57 000	—	302 200 m	906 600	—
Válvulas	1 600 piezas	50 400	—	19 192 piezas	604 548	—
Instrumentación	1 lt	150 000	—	1 lt	904 362	—

m = metros lineales

lt = lote

<sup>1</sup> Cifras estimadas.

<sup>2</sup> Cifras estimadas excepto para plantas de 300 y 150 MW.

<sup>3</sup> Cifras estimadas excepto para plantas de 37.5 MW.

<sup>4</sup> Cifras estimadas excepto para plantas de 300 y 37.5 MW.

<sup>5</sup> Cifras estimadas excepto para plantas de 300 MW.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro C-5

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL EQUIPO PARA PLANTAS TERMOELECTRICAS  
DE COMBUSTOLEO, 300 MW<sup>1</sup>**

Cuenta	Concepto	Cantidad	Características de diseño
1.0	Generador de vapor	1	Flujo del vapor: 975 240 kg/hr; temperatura: 540°C; presión: 175 kg/cm <sup>2</sup>
2.0	Turbogenerador	1	Capacidad: 300 MW; velocidad: 3 600 r.p.m.; presión del vapor a la entrada: 169 kg/cm <sup>2</sup> ; temperatura del vapor a la entrada: 538°C; presión de escape: 78 mm Hg; tipo: TC-2F-28.5
3.0	Equipo de procesos mecánicos		
3.01	Bombas:		
3.011	Bombas de alimentación	1	Carga dinámica: 2 135 m <sup>3</sup> ; presión de descarga: 200 kg/cm <sup>2</sup> ; velocidad de rotación: 5 280 r.p.m.; temperatura de bombeo: 170°C; tipo: centrífuga horizontal
3.012	Bombas de condensado	2	Carga dinámica: 235 m <sup>3</sup> ; velocidad de rotación: 1 780 r.p.m.; temperatura de bombeo: 46.8°C; tipo: turbina multipasos
3.018	Bombas de circulación	2	Carga dinámica: 13.5 m <sup>3</sup> ; temperatura de bombeo: 33°C; tipo vertical (agua de mar)
3.019	Otras bombas		
	De aceite combustible	3	
	De diesel, quemadores de arranque	1	
	De diesel, piloto	1	
	De diesel, descarga	1	
	Motor para bomba de agua de alimentación	2	Capacidad: 6 000 HP; tensión: 4 000 V; velocidad: 1 785 r.p.m.; peso: 15.5 ton
	De variación de velocidad, agua de alimentación		
	Sistema de recirculación de la bomba		
	Pulidores de agua de reposición	2	
3.02	Condensador y auxiliares:		
	Condensador	1	Calor liberado: 321 x 10 <sup>6</sup> kcal/hr; flujo de condensado: 859 x 10 <sup>3</sup> kg/hr; flujo de agua de circulación: 10.2 m <sup>3</sup> /s; rango de enfriamiento: 8.7°C; número de tubos: 18 000; flujo del vapor: 1 802 kg/hr; presión del vapor: 21 kg/cm <sup>2</sup> ; temperatura del vapor: 455°C
	Ejecutor de arranque	1	
3.03	Calentadores e intercambiadores		
3.031	Calentador 1 baja presión	1	Flujo del vapor: 28 500 kg/hr; presión del vapor: 0.386 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 611.8 kcal/kg
	Calentador 2 baja presión	1	Flujo del vapor: 32 430 kg/hr; presión del vapor: 1.10 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 648.8 kcal/kg
	Calentador 3 baja presión	1	Flujo del vapor: 23 810 kg/hr; presión del vapor: 2.19 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 676.8 kcal/kg
	Calentador 4 baja presión	1	Flujo del vapor: 21 370 kg/hr; presión del vapor: 3.72 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 701.6 kcal/kg
	Calentador 6 alta presión	1	Flujo del vapor: 47 660 kg/hr; presión del vapor: 20.0 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia 797.4 kcal/kg
	Calentador 7 alta presión	1	Flujo del vapor: 77 300 kg/hr; presión del vapor: 42.4 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 734.2 kcal/kg
	Calentador deareador	1	Flujo del vapor: 43 480 kg/hr; presión del vapor: 8.51 kg/cm <sup>2</sup> ; entalpia: 743.6 kcal/kg
3.04	Tanques y recipientes		
3.043	Tanque de condensado	1	Capacidad: 480 m <sup>3</sup> ; diámetro: 9.15 m; altura: 7.32 m
3.049	Tanque de reserva de agua destilada	1	Capacidad: 2 300 m <sup>3</sup> ; diámetro: 17.33 m; altura: 9.76 m
3.09	Equipo para tratamiento de agua e inyección de sustancias químicas		
3.091	Evaporadora de agua de mar	1	Tipo de material: Cu-Ni 90-10; capacidad: 700 m <sup>3</sup> /día; tipo: MFE

Cuenta	Concepto	Cantidad	Características de diseño
3.10	Compresor	1	Capacidad: 14.37 m <sup>3</sup> /min; presión de descarga: 7.8 kg/cm <sup>2</sup> ; número de pasos: 2; lubricación forzada; temperatura de descarga: 46°C
3.11	Equipo para combustible:		
3.111	Equipo para descarga de combustible y llenado		
3.11241	Tanque de almacén de combustible	1	Capacidad: 27 330 m <sup>3</sup> ; diámetro: 48.7 m; altura: 14.6 m; especificaciones: API ST 650 vertical, tapa cónica
3.1133	Calentador de succión del tanque de almacenamiento	1	
	Calentador principal de aceite combustible bunker	2	
	Calentador de succión tanque/día	1	
4.02	Transformadores:		
	Arranque		Capacidad: 23/31.2 KVA; tensión nominal 230 KV/4160 V; 3 fases
4.03	Auxiliar		Capacidad: 23/31.2 KVA; tensión nominal 20 KV; 3 fases
	Buses de fase aislada		
	Bus principal		Tensión nominal: 20 KV; corriente nominal 10 600 A
	Bus auxiliar		Tensión nominal: 20 KV; corriente nominal 6 100 A
4.0935	Generador diesel de emergencia	1	300 KV/480 V; 4 tiempos; velocidad: 1 800 r.p.m.
4.15	Transformadores		
	Transformadores principales	4	1 fase; capacidad: 107/120 MVA; tensión nominal: 230/20 KV; enfriamiento FOA
	Transformador auxiliar	1	3 fases; capacidad: 23.4/31.2 MVA; tensión nominal: 20/4.36 KV; enfriamiento OA/FA
5.151	Casa de máquinas	1 070 ton	Especificaciones: AE ASTM-A-36
8.061	Interruptores de potencia, pequeño volumen de aceite	4	Capacidad interruptiva: 31.5 KA; tensión nominal: 230 KV; corriente nominal: 2 000 A Capacidad interruptiva: 31.5 KA; tensión nominal: 245 KV; corriente nominal: 2 000 A
8.062	Interruptores de aire:		
	Electromagnéticos	4	Capacidad interruptiva: 350 MVA; tensión nominal: 4.16 KV; corriente nominal: 3 000 A
	Electromagnéticos	16	Capacidad interruptiva: 350 MVA; tensión nominal: 4.16 KV; corriente nominal: 1 200 A
	Electromagnéticos	3	Capacidad interruptiva: 65 KA a 480 V; tensión nominal: 480 V; corriente nominal: 3 000 A
	Electromagnéticos	25	Capacidad interruptiva: 30 KA a 480 V; tensión nominal: 480 V; corriente nominal: 600 A
8.07	Switches, selectores y desconectadores		Tensión nominal: 230 KV; corriente nominal: 2 500 A
8.071	Cuchillas		Tensión nominal: 245 KV; corriente nominal: 2 000 A; BIL: 1 050 KV Operación manual en grupo sin carga horizontal tipo pantógrafo
8.21	Apartarrays	8	Tensión nominal: 192 KV; tipo: estación autoválvulas

BIL = nivel básico de enfriamiento

<sup>1</sup> Referencia: Plantas Mazatlán II, unidad 3a. y Manzanillo, unidades 1a. y 2a. Para los renglones en blanco no fue posible obtener información.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro C-6

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL EQUIPO PARA PLANTAS TERMoeLECTRICAS  
DE COMBUSTOLEO, 150 MW<sup>1</sup>**

Cuenta	Concepto	Cantidad	Características de diseño
1.0	Generador de vapor	1	Flujo del vapor: 363 000 kg/hr a 75%; temperatura: 540.6°C; presión: 176 kg/cm <sup>2</sup>
	Sobrecalentadores		
	Domo de vapor superior		
	Domo de vapor inferior		
	Hogar		
	Economizador		
	Recolector		
	Calentadores de aire con vapor		
	Ventiladores de tiro forzado con motores		
	Ventiladores de recirculación de gases		
	Bombas de circulación		
	Estructura metálica		
	Ductos		
	Válvulas y accesorios		
2.0	Turbogenerador	1	Capacidad: 158 MW; velocidad: 3 600 r.p.m.; presión del vapor a la entrada: 126.6 kg/cm <sup>2</sup> ; temperatura del vapor a la entrada: 538°C; presión de escape: 0.095 kg/cm <sup>2</sup>
3.0	Equipo para procesos mecánicos		
3.01	Bombas		
3.02	Condensador	1	Número de tubos: 10 472; flujo del vapor: 734 683 lb/hr; presión del vapor: 2.75 Hg ABS; temperatura 44.4°C
3.03	Calentadores e intercambiadores:		
3.031	Calentador 1 baja presión	1	Flujo del vapor: 43 479 lb/hr; presión del vapor: 7.34 lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 63°C; entalpia: 1 136 BTU/lb
	Calentador 2 baja presión	1	Flujo del vapor: 38 206 lb/hr; presión del vapor: 19.49 lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 90°C; entalpia: 1 203.66 BTU/lb
	Calentador 3 baja presión	1	Flujo del vapor: 53 109 lb/hr; presión del vapor: 56.33 lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 123°C; entalpia: 1 289.3 BTU/lb
	Calentador 5 alta presión	1	Flujo del vapor: 61 090 lb/hr; presión del vapor: 223.3 lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 144°C; entalpia: 1 439.6 BTU/lb
	Calentador 6 alta presión	1	Flujo del vapor: 88 031 lb/hr; presión del vapor: 479.3 lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 187°C; entalpia: 1 349.5 BTU/lb
3.032	Calentador deareador	1	Presión del vapor: lb/pulg <sup>2</sup> ; temperatura: 291°C
3.04	Tanques y recipientes:		
3.043	Tanque de condensado	1	Capacidad: 79 485 lt; diámetro: 5.486 m; altura: 5.486 m; especificaciones: ASTM-A-283-GRC
	Tanque de almacenamiento	1	Capacidad: 4.28 m <sup>3</sup> ; especificaciones: ASME-SA-285-C
	Tanque de recuperación de condensado	1	Capacidad: 3 785 m <sup>3</sup> ; diámetro: 1.22 m; altura: 3.391 m; peso: 660 kg
	Tanque calentador de drenaje	1	Capacidad: 227 lt; diámetro: 0.76 m; altura: 1.524 m; peso: 410 kg
	Tanque de purga intermitente	1	Capacidad: 4 512 m <sup>3</sup> ; diámetro: 1.52 m; altura: 2.74 m; especificaciones: ASTM-A-285-C
	Tanque de purga continua	1	Capacidad: 1 733 m <sup>3</sup> ; diámetro: 1.07 m; altura: 2.13 m; especificaciones: ASTM-A-285-C; peso: 905 kg
3.08	Grúa viajera. Casa de máquinas		
	Grúa principal	1	Capacidad: 35 ton; claro: 17 m
	Grúa auxiliar	1	Capacidad: 10 ton; claro: 17 m
3.09	Equipo para tratamiento de agua e inyección de sustancias químicas		
3.091	Evaporador	1	Capacidad: 380 ton/día; rango de producción: 7.5 kg de destilado/kg de vapor
3.10	Compresor		
3.11	Equipo para combustible:		
3.11213	Bomba de transferencia de combustible	1	Especificaciones: ASTM-A-48-CL-40-B-SAE-4150; carga dinámica: 2.48 kg/cm <sup>2</sup> ; presión: 35.1 kg/cm <sup>2</sup> ; velocidad: 870 r.p.m.; temperatura de flujo: 45-55°C

Cuenta	Concepto	Cantidad	Características de diseño
	Bomba para quemadores	1	Especificaciones: ASTM-A-27-GR-65-35 SAE-4150; carga dinámica: 34 kg/cm <sup>2</sup> ; presión 35.1 kg/cm <sup>2</sup> ; velocidad: 870 r.p.m.; temperatura de flujo: 55-65°C
3.11241	Tanque de almacenamiento de combustible	1	Capacidad: 21 281 163 lt; diámetro: 47.48 m; altura: 12.2 m peso: 228 ton
3.16	Mallas giratorias	2	
4.0	Equipo eléctrico		
4.01	Subestaciones y centros unitarios de carga:		
4.0112	4160/2400 V 4160 blindados V	3 2	Capacidad: 1 000/1 250 KVA
4.021	Transformadores de arranque		Capacidad: 15/20 MVA, tensión: 4.16 KV; BIL: 900 KV
4.03	Bus del generador: Bus principal Bus de fase no segregada	69.25 m 65 m	Capacidad: 158 MW; tensión: 16 KV; BIL: 7 000 A Tensión: 41.6 KV; BIL: 2 400 A
4.07	Tableros de distribución: Tablero para registradores Tablero auxiliar Tablero de control Sistemas anunciadores de alarma	1 1 1 3	Laminado de rolado en frío 4.76 m esp.
4.075	Tablero de distribución, CD	1	NEMA 1 600 V
4.09	Equipo para corriente directa  Batería Cargador		864 AH, 60 celdas; 126 V CD Rectificador de diodo de Si; 2.17 V por celda para carga de floación; 2.23 V por celda para carga de igualación
4.15	Transformadores Transformador principal Transformador auxiliar	1 1	Capacidad: 175 MVA; tensión: 230 KV; BIL: 900 KV Capacidad: 11.5/15.5 MVA; tensión: 16 KV; BIL: 125 KV
6.0	Instrumentación: Controles de gas de vapor Control analógico de quemadores Tablero de control Instrumentos para tableros Instrumentación especializada Instrumentación miscelánea Válvulas de control Instrumentos para análisis y muestras Tableros de relevación	1 lote 1 lote 1 lote 1 lote 1 lote 1 lote 1 lote 1 lote 1 lote	Servicio continuo e interior 600 V
7.131	Equipo de taller mecánico Torno paralelo Taladro radial Taladro de pedestal Esmeril de pedestal Cepillo de codo Máquina de soldar Torno vertical Equipo de oxicorte Prensa hidráulica		
7.132	Equipo de laboratorio químico		

BIL = nivel básico de enfriamiento

1 Para los renglones en blanco no fue posible obtener información.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro C-7

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL EQUIPO PARA PLANTAS TERMoeLECTRICAS  
DE COMBUSTOLEO, 37.5 MW<sup>1</sup>

Cuenta	Concepto	Cantidad	Características de diseño
1.0	Generador de vapor	1	
2.0	Turbogenerador	1	
3.0	Equipo de procesos mecánicos		
3.01	Bombas:		
3.011	Bombas de alimentación		
3.012	Bombas de condensado		Carga dinámica: 142.34 m <sup>3</sup> ; velocidad de rotación: 1 765 r.p.m.; temperatura de bombeo: 46°C; tipo: vertical flujo mixto
3.018	Bombas de circulación		Carga dinámica: 13 m <sup>3</sup> ; velocidad de rotación: 720 r.p.m.; temperatura de bombeo: 30°C
3.02	Condensador		Calor liberado: 55 x 10 <sup>6</sup> kcal/hr; flujo de condensado: 106.9 x 10 <sup>3</sup> kg/hr; flujo de agua de circulación: 1 754 lt/seg; rango de enfriamiento: 9°C; número de tubos: 4 220
3.031	Calentador 1 baja presión		Flujo del vapor: 7 991 kg/hr; presión del vapor: 610.4 kg/cm <sup>2</sup>
3.032	Calentador deareador		Capacidad: 28 m <sup>3</sup> (10 min)
3.04	Tanques y recipientes:		
3.043	Tanque de condensado		Capacidad: 74 200 lt; diámetro: 4.27 m; altura: 5.48 m
	Tanque de almacenamiento de agua potable		Diámetro: 7.63 m; altura: 9.15 m
	Tanque de sistema de enfriamiento		Capacidad: 1 000 lt; diámetro: 0.914 m; altura: 1.52 m
	Tanque de día		Capacidad: 850 lt; diámetro: 6.47 m; altura: 4.67 m
3.08	Grúa viajera. Casa de máquinas		Capacidad: 25 ton
3.10	Compresor		
3.11	Equipo para combustible		
4.02	Transformador de arranque		3 fases; capacidad: 5.6/7.5 MVA; tensión nominal: 115/4.16 KV; enfriamiento: OA/FA
4.03	Bus principal del generador		Capacidad: 44.2 MVA; tensión nominal: 13.8 KV; corriente nominal: 2 000 A
4.09	Equipo para corriente directa		
	Batería	1	125 V CD; 840 A/hr en 1 hr a 2 352 A/hr en 72 hr
	Cargador	1	3 fases; 480 V CA; 125 V CD; 45 A en 16 hr
4.0935	Gas diesel de emergencia		3 fases; 125 KW; 480/273 V
4.15	Transformadores		
	Transformador principal	1	3 fases; capacidad: 35.3/44.2 MVA; tensión nominal: 13.8/115 KV; enfriamiento: OA/FA
	Transformador auxiliar		3 fases; capacidad 3/4 MVA; tensión nominal: 13.8/4.16 KV; enfriamiento: OA/FA
5.15	Estructura		
5.151	Casa de máquinas		
	Tubería		
6.9	Instrumentación		
8.06	Interruptores de potencia		Tensión nominal: 115 KV; corriente nominal: 1 250 A; capacidad interruptiva: 25 000 A; tipo: SF6; BIL: 550 KV
8.07	Cuchillas desconectoras		1 fase: 115 KV; corriente nominal: 1 250 A; cortocircuito: 75 KA; BIL: 550 KV, manual
8.15	Transformadores de potencial		115 KV; rel. de transf.: 300 x 600: 5/5 A; precisión: 0.1-B-4.0 y C-400; BIL: 550 KV
	Transformadores de corriente		115 KV; rel. de transf.: 1 000: 1/600: 1; precisión: 0.3; BIL: 550 KV
9.21	Apartarrayos		

BIL = nivel básico de enfriamiento

<sup>1</sup> Para los renglones en blanco no fue posible obtener información.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro C-8

## RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS EQUIPOS PARA PLANTAS TERMOELECTRICAS 1

Concepto	Unidad	300 MW			150 MW			375 MW		
<b>Generador de vapor</b>										
Flujo del vapor	kg/hr	975 200			363 000 a 75%					
Temperatura	° C	540			540.6					
Presión	kg/cm <sup>2</sup>	175			176					
<b>Turbogenerador</b>										
Capacidad	MW	300			158					
Velocidad	r.p.m.	3 600			3 600					
Presión del vapor a la entrada	kg/cm <sup>2</sup>	169			126.6					
Temperatura del vapor a la entrada	° C	538			538					
Presión de escape	mm Hg	78								
Tipo		TC-2F-28.5								
<b>Bombas</b>										
		Alimentación	Condensado	Circulación				Condensado	Circulación	
Carga dinámica	m <sup>3</sup>	2 135	235	13.5				142.34	13	
Presión de descarga	kg/cm <sup>2</sup>	200						1 765	720	
Velocidad de rotación	r.p.m.	5 280	1 780					46	30	
Temperatura de bombeo	° C	170	46.8	33.0						
Tipo		Centrifuga horizontal	Turbina multipasos	Vertical (agua de mar)				Vertical flujo mixto		
<b>Condensador y auxiliares</b>										
Calor liberado	kcal/hr	321 x 10 <sup>6</sup>						55 x 10 <sup>6</sup>		
Flujo de condensado	kg/hr	859 x 10 <sup>3</sup>						106.9 x 10 <sup>3</sup>		
Flujo de agua de circulación	m <sup>3</sup> /seg	10.2						1.754		
Rango de enfriamiento	° C	9.7						9		
<b>Condiciones del vapor:</b>										
Flujo	kg/hr	1 802			274 214					
Presión	kg/cm <sup>2</sup>	21								
Temperatura	° C	455			44.4					
<b>Calentadores</b>										
<b>Condiciones del vapor:</b>										
		b.p. No. 1	b.p. No. 4	a.p. No. 7	b.p. No. 1	b.p. No. 3	a.p. No. 6	b.p. No. 1		
Flujo	kg/hr	28 500	21 370	77 600	16 228	19 822	32 857	7 991		
Presión	kg/cm <sup>2</sup>	0.386	3.72	42.4	1.04	8.01	68.2	610.4		
Temperatura	° C				63	123	187			
Entalpia	kcal/kg	611.8	701.6	734.2						
<b>Tanques y recipientes</b>										
		Condensado			Purga intermitente	Purga continua	Condensado	Enfriamiento	Agua potable	Condensado
Capacidad	m <sup>3</sup>	480			4 512	1 733	79.5	1		74.2
Diámetro	m	9.15			1.52	1.07	5.49	0.914	7.63	4.27
Altura	m	7.32			2.74	2.13	5.49	1.52	9.15	5.48
Especificaciones					ASTM-A-285-C	ASTM-A-285-C	ASTM-A-283	GRC		

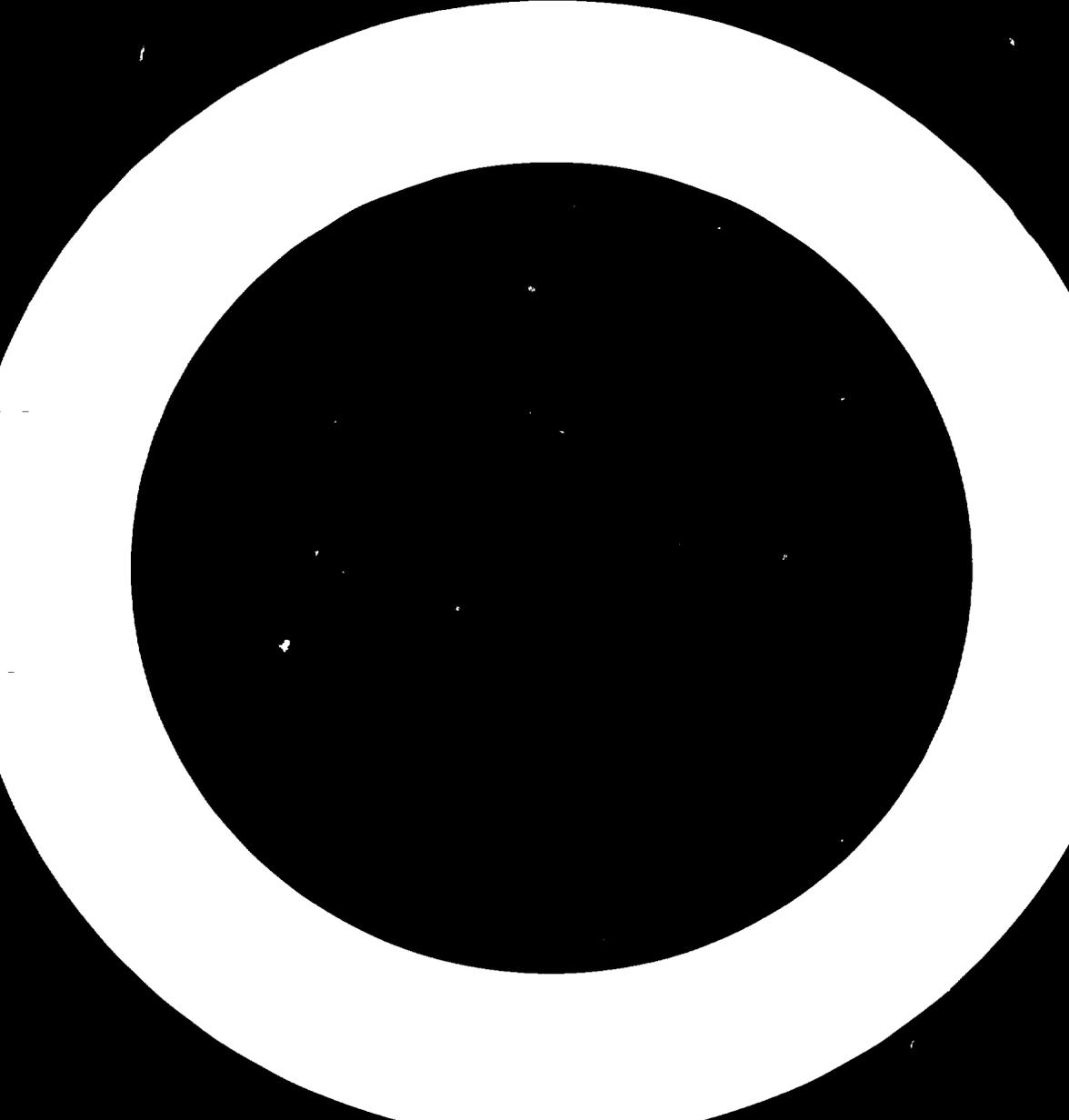
Concepto	Unidad	300 MW			150 MW			37.5 MW		
<b>Compresores</b>										
Capacidad	m <sup>3</sup> /min	14.37								
Presión de descarga	kg/cm <sup>2</sup>	7.8								
Temperatura de descarga	°C	46								
<b>Grúa viajera. Casa de máquinas</b>										
Capacidad	ton	35								
Capacidad gancho auxiliar	ton	10								
Claro	m	17								
<b>Transformadores</b>										
Capacidad	MVA	Principal	Auxiliar	Arranque	Principal	Auxiliar	Arranque	Principal	Auxiliar	Arranque
Tensión nominal	KV	107/120	23.4/31.2		175	11.5/15.5	15/20	35.3/44.2	3/4	5.6/7.5
Fases		1	3	3	230	16	4.16	13.8/115	13.8/4.16	115/4.16
BIL	KV				900	125	900			
Enfriamiento		FOA	OA/FA					OA/FA	OA/FA	OA/FA
<b>Buses de fase aislada</b>										
Tensión nominal	KV	Principal	Auxiliar					Principal		
Corriente nominal	Ampers	20	20					13.8		
BIL	KV	10 600	6 100					2 000		
<b>Interruptores de potencia</b>										
Capacidad interruptiva	Ampers		31.5						25 000	
Tensión nominal	KV		230						115	
Corriente nominal	Ampers		2 000						1 250	
BIL	KV								550	
Tipo			Pequeño volumen de aceite						C F 6	
<b>Apartarrayos</b>										
Tensión nominal	KV		192							
Tipo			Estación autoválvulas							

BIL = nivel básico de enfriamiento

<sup>1</sup> Para los renglones en blanco no fue posible obtener información.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

ANEXO D  
EQUIPOS REQUERIDOS PARA LAS PLANTAS GEOTERMICAS



## Cuadro D-1

EQUIPO PARA PLANTAS GEOTERMICAS DE 37.5 MW <sup>1</sup>

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio unitario ajustado (Miles de pesos)	Origen <sup>2</sup>
2.0	Turbogeneradores	1	132 200	I
	Colectores de vapor	2	784	N
	Separadores de humedad	2	1 120	N
3.0	Equipo para procesos mecánicos			
3.01	Bombas:			
3.011	Bombas de circulación	3	5 350	I
	Otras bombas	3	20	N
	Válvulas de control	80	13	I
	Elementos de flujo	1 lote	100	N
3.02	Condensador y auxiliares <sup>1</sup>			
3.03	Calentadores:			
	Calentador de alta presión	1	2 290	
	Calentador de baja presión	1	4 050	
3.04	Tanques y recipientes:			
	Tanque de cloro	6	50	N
	Tanque de nitrógeno	1	351	N
	Tanque de hidrógeno	1	351	N
	Tanque de bióxido de carbono	1	350	N
3.08	Grúas:			
	Grúa viajera. Casa de máquinas	1	3 000	N
	Grúas y auxiliares	3	166	N
3.09	Equipo para tratamiento de agua y dosificación química	1	700	N
3.10	Compresores de aire	3	500	N
3.15	Torre de enfriamiento	1	26 500	
3.17	Equipo misceláneo de la planta			
	Aislamiento térmico	1 lote	1 000	
4.02	Transformadores:			
	Transformador de arranque	1	800	N
	Transformador de servicio	1	2 000	N
4.03	Buses de fase aislada			
	Bus principal	85 m	11.76	I
4.05	Centros de control de motores	3	350	N
4.07	Tableros de distribución:			
	Tablero de 4 160 V	1	3 000	N
	Tablero de 480 V	2	250	N
	Tableros de alumbrado	3	15	N
	Tablero duplex	1	1 500	I
	Tablero de distribución	1	2 500	N
4.08	Relevadores y tableros de medición	1 lote	100	N
4.09	Equipo eléctrico para corriente directa y misceláneo			
	Banco de baterías y cargador	3	665	N
	Tableros de corriente directa	2	150	N
	Cables de potencia y control	1 lote	2 000	N
	Charolas y conductores	1 lote	1 000	N
	Protección catódica	1 lote	500	N
	Generador diesel	1	700	N
4.15	Transformadores			
	Transformador principal	1	5 000	N
	Transformador auxiliar	1	600	N
5.15	Estructura			
	Casa de máquinas	140 ton	6.8	N

Cuenta	Concepto	Cantidad (Unidades)	Precio unitario ajustado (Miles de pesos)	Origen <sup>2</sup>
6.0	Tubería:			
	Tubería de agua de circulación	1 lote	5 000	N
	Tubería de drenaje	1 lote	200	N
	Válvulas de mariposa	7	72	N
	Válvulas de seguridad y alivio	8	13	I
4.9	Instrumentación: <sup>4</sup>			
	Tablero principal	1	624	N
	Instrumentos para tablero	1 lote	1 684	I
	Instrumentos para montaje local	1 lote	3 120	I
	Cables de instrumentación	1 lote	500	N
	Instrumentación mecánica	1 lote	1 000	
	Tubería de instrumentación	1 lote	100	
7.13	Laboratorio y taller mecánico			
	Equipo de taller mecánico	1 lote	100	N
8.06	Interruptores de potencia	16	330	I
8.07	Switches, selectores y desconectores			
	Cuchillas desconectoras	32	81	I
8.15	Transformadores:			
	Transformadores de corriente	16	40	N
	Dispositivos de potencial	4	100	I
8.2	Apartarrayos	6	15	N
	Sistema carrier	1	2 376	I
	Sistema de comunicación	1	500	N
	Conectores y herrajes	1 lote	300	N
	Cables de fuerza y control	1 lote	1 000	N
	Sistema de tierras	1 lote	300	I

<sup>1</sup> Referencia: Planta de Cerro Prieto, unidades 3a. y 4a. La información se refiere a equipo pedido en 1976, con excepción del turbogenerador (No. de cuenta 2.0) que se pidió en 1975.

<sup>2</sup> N = equipo nacional; I = equipo importado.

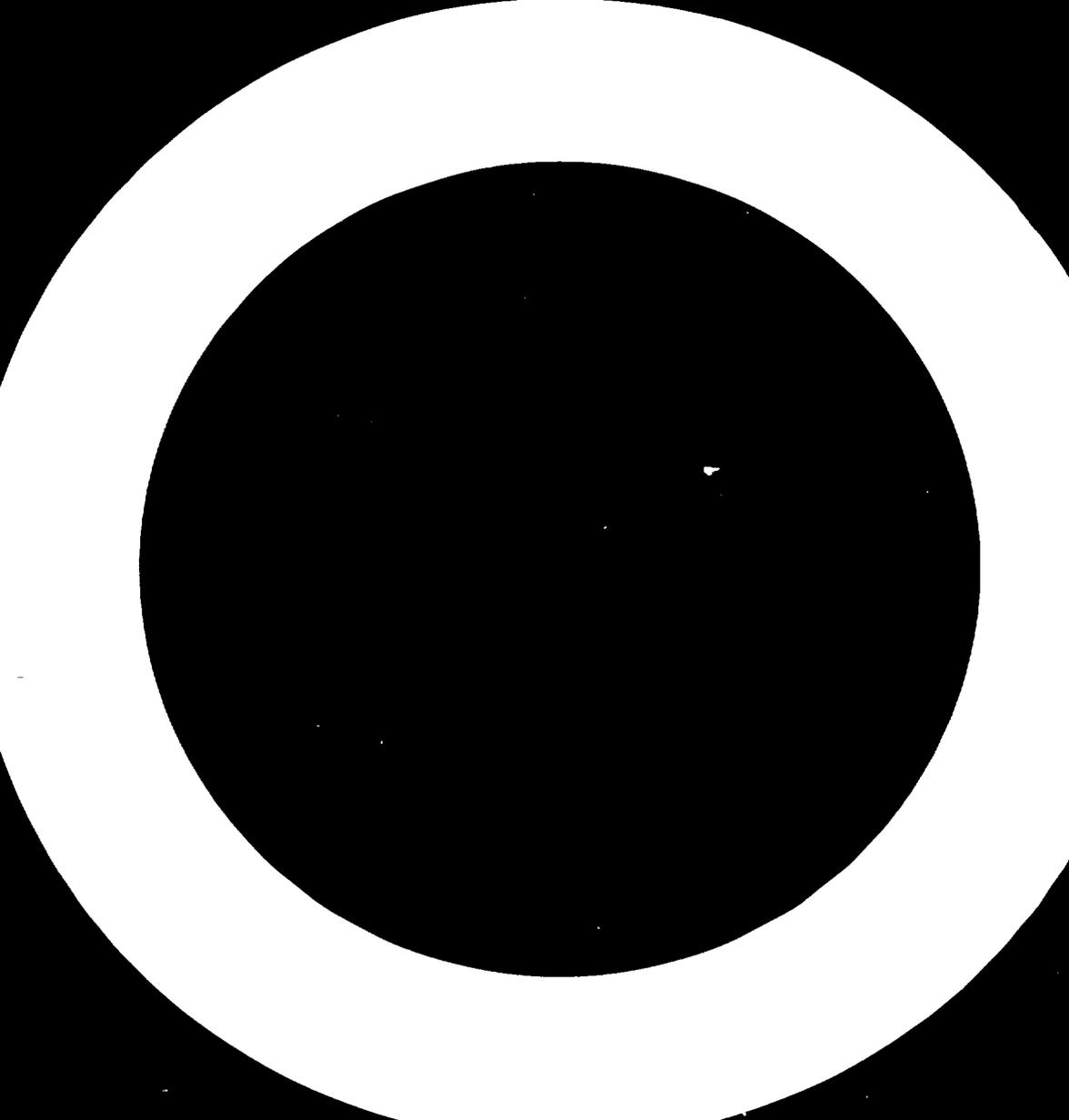
<sup>3</sup> Incluido en colectores de vapor.

<sup>4</sup> Valores estimados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

ANEXO E

EQUIPOS Y COSTO DE LINEAS DE TRANSMISION



Cuadro E-1

## DEMANDA DE LINEAS DE TRANSMISION ELECTRICA Y SUS COMPONENTES, 1977-1986

Concepto	Unidad	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1978-1986
Longitud de linea (400 KV)	Kilometros	1 074	802	—	1 050	980	496	663	364	50	265	4 670
Torres	Toneladas	20 836	15 559	—	20 370	19 012	9 622	12 862	7 062	970	5 141	90 598
Aisladores	Piezas	315 756	235 788	—	308 700	288 120	145 824	194 922	107 016	14 700	77 910	1 372 980
Conductores	Toneladas	12 458	9 303	—	12 180	11 368	5 754	7 691	4 222	580	3 074	54 172
Cables de guarda	Kilómetros	2 212	1 652	—	2 163	2 018	1 023	1 366	750	103	546	9 621
Postes de madera	Piezas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Postes de concreto	Piezas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Longitud de linea (230 KV)	Kilómetros	1 008	1 381	162	139	1 540	133	511	448	343	33	4 690
Torres	Toneladas	11 010	17 599	1 791	1 977	18 485	1 410	6 083	8 049	3 710	587	59 691
Aisladores	Piezas	178 744	286 332	29 084	32 204	300 504	22 276	98 872	131 468	60 216	9 580	970 536
Conductores	Toneladas	5 681	9 617	929	1 118	9 893	718	3 245	4 828	1 906	351	32 605
Cables de guarda	Kilómetros	2 076	2 845	334	286	3 172	274	1 053	923	707	68	9 662
Postes de madera	Piezas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Postes de concreto	Piezas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Longitud de linea (161 KV)	Kilómetros	—	11	26	45	10	14	60	60	—	—	226
Torres	Toneladas	—	—	180	7 425	80	—	900	900	—	—	9 485
Aisladores	Piezas	—	1 915	3 300	—	1 100	2 310	13 200	13 200	—	—	34 925
Conductores	Toneladas	—	56	133	230	31	71	612	612	—	—	1 745
Cables de guarda	Kilómetros	—	11	27	46	10	14	124	124	—	—	356
Postes de madera	Piezas	—	100	80	450	—	140	—	—	—	—	770
Postes de concreto	Piezas	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	10
Longitud de linea (138 KV)	Kilómetros	39	82	177	16	—	—	—	—	45	—	320
Torres	Toneladas	168	24	1 367	192	—	—	—	—	338	—	1 921
Aisladores	Piezas	6 645	13 560	15 921	2 880	—	—	—	—	4 050	—	36 411
Conductores	Toneladas	214	420	588	99	—	—	—	—	140	—	1 247
Cables de guarda	Kilómetros	55	87	182	33	—	—	—	—	46	—	348
Postes de madera	Piezas	250	800	—	—	—	—	—	—	—	—	800
Postes de concreto	Piezas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Concepto	Unidad	1977 <sup>1</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1978-1986
Longitud de línea (115 KV)	Kilómetros	790	1 734	1 696	940	499	485	667	314	865	128	7 328
Torres	Toneladas	4 293	11 134	7 614	3 216	1 813	2 216	5 321	481	7 416	456	39 667
Aisladores	Piezas	87 436	213 000	191 394	102 600	61 640	51 200	103 800	38 740	105 810	14 240	882 424
Conductores	Toneladas	2 592	6 688	5 566	2 624	1 648	1 706	3 392	918	4 604	373	27 519
Cables de guarda	Kilómetros	885	2 241	1 854	968	576	500	1 119	334	1 179	132	8 903
Postes de madera	Piezas	960	480	6 005	1 200	1 220	1 000	150	1 040	180	800	12 075
Postes de concreto	Piezas	2 605	6 240	3 230	4 280	2 020	1 480	2 070	1 500	1 990	—	22 810
Longitud de línea (69 KV)	Kilómetros	226	137	466	71	35	—	22	16	26	11	784
Torres	Toneladas	2 016	264	870	40	—	—	126	98	60	76	1 534
Aisladores	Piezas	22 220	12 010	39 970	6 430	3 150	—	1 500	920	1 940	550	66 470
Conductores	Toneladas	1 592	615	2 001	279	133	—	100	52	92	44	3 316
Cables de guarda	Kilómetros	353	143	487	78	36	—	23	17	27	11	822
Postes de madera	Piezas	—	100	440	120	—	—	—	30	40	—	730
Postes de concreto	Piezas	380	990	3 200	550	350	—	—	—	120	—	5 210

<sup>1</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

**Cuadro E-2**  
**COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION**  
**PARA TENSION DE 400 KV, 1978-1986**

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
<b>Longitud de línea</b>	<b>4 670</b>		<b>6 860 500</b>
Un circuito	4 110	1 382	5 680 020
Dos circuitos	560	2 108	1 180 480
<b>Torres</b>			<b>1 285 920</b>
Un circuito	4 110	272	1 117 920
Dos circuitos	560	300	168 000
<b>Aisladores</b>			<b>209 200</b>
Un circuito	4 110	40	164 400
Dos circuitos	560	80	44 800
<b>Conductores</b>			<b>2 787 620</b>
Un circuito	4 110	542	2 227 620
Dos circuitos	560	1 000	560 000
<b>Cables de guarda</b>			<b>161 010</b>
Un circuito	4 110	31	127 410
Dos circuitos	560	60	33 600
<b>Herrajes</b>			<b>252 160</b>
Un circuito	4 110	48	197 280
Dos circuitos	560	98	54 880
<b>Otros <sup>1</sup></b>			<b>2 164 590</b>
Un circuito	4 110	449	1 845 390
Dos circuitos	560	570	319 200

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro E-3

COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION  
PARA TENSION DE 230 KV, 1978-1986

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
Longitud de línea	4 690		3 997 690
Un circuito	3 588	749	2 687 412
Dos circuitos	1 102	1 189	1 310 278
Torres			813 418
Un circuito	3 588	149	534 612
Dos circuitos	1 102	253	278 806
Aisladores			132 114
Un circuito	3 588	23	82 524
Dos circuitos	1 102	45	49 590
Conductores			1 221 010
Un circuito	3 588	211	757 068
Dos circuitos	1 102	421	463 942
Cables de guarda			145 390
Un circuito	3 588	31	111 228
Dos circuitos	1 102	31	34 162
Herrajes			87 982
Un circuito	3 588	15	53 820
Dos circuitos	1 102	31	34 162
Otros <sup>1</sup>			1 597 776
Un circuito	3 588	320	1 148 160
Dos circuitos	1 102	408	449 616

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro E-4

COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION  
PARA TENSION DE 161 KV, 1978-1986

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
Longitud de línea	226		179 028
Un circuito	104	607	63 128
Dos circuitos	122	950	115 900
Torres			34 310
Un circuito	104	134	13 936
Dos circuitos	122	167	20 374
Aisladores			3 480
Un circuito	104	10	1 040
Dos circuitos	122	20	2 440
Conductores			66 694
Un circuito	104	192	19 968
Dos circuitos	122	383	46 726
Cables de guarda			5 446
Un circuito	104	16	1 664
Dos circuitos	122	31	3 782
Herrajes			4 872
Un circuito	104	14	1 456
Dos circuitos	122	28	3 416
Otros <sup>1</sup>			64 226
Un circuito	104	241	25 064
Dos circuitos	122	321	39 162

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro E-5

**COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION  
PARA TENSION DE 138 KV, 1978-1986**

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
Longitud de línea	<u>320</u>		<u>199 728</u>
Un circuito	304	607	184 528
Dos circuitos	16	950	15 200
Torres			43 408
Un circuito	304	134	40 736
Dos circuitos	16	167	2 672
Aisladores			3 360
Un circuito	304	10	3 040
Dos circuitos	16	20	320
Conductores			64 496
Un circuito	304	192	58 368
Dos circuitos	16	383	6 128
Cables de guarda			5 360
Un circuito	304	16	4 864
Dos circuitos	16	31	496
Herrajes			4 704
Un circuito	304	14	4 256
Dos circuitos	16	28	448
Otros <sup>1</sup>			78 400
Un circuito	304	241	73 264
Dos circuitos	16	321	5 136

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

## Cuadro E-6

COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION  
PARA TENSION DE 115 KV. 1978-1986

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
Longitud de linea	7 328		4 024 156
Un circuito	6 082	508	3 089 656
Dos circuitos	1 246	750	934 500
Torres			1 023 070
Un circuito	6 082	134	814 988
Dos circuitos	1 246	167	208 082
Aisladores			85 740
Un circuito	6 082	10	60 820
Dos circuitos	1 246	20	24 920
Conductores			941 894
Un circuito	6 082	110	669 020
Dos circuitos	1 246	219	272 874
Cables de guarda			135 938
Un circuito	6 082	16	97 312
Dos circuitos	1 246	31	38 626
Herrajes			93 068
Un circuito	6 082	11	66 902
Dos circuitos	1 246	21	26 166
Otros <sup>1</sup>			1 744 446
Un circuito	6 082	227	1 380 614
Dos circuitos	1 246	292	363 832

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro E-7

**COSTO APROXIMADO POR KILOMETRO DE LINEA DE TRANSMISION  
PARA TENSION DE 69 KV, 1978-1986**

Concepto	Cantidad	Costo (Miles de pesos)	
		Unitario	Total
Longitud de línea	784		433 526
Un circuito	583	494	288 002
Dos circuitos	201	724	145 524
Torres			111 689
Un circuito	583	134	78 122
Dos circuitos	201	167	33 567
Aisladores			9 850
Un circuito	583	10	5 830
Dos circuitos	201	20	4 020
Conductores			108 149
Un circuito	583	110	64 130
Dos circuitos	201	219	44 019
Cables de guarda			4 141
Un circuito	583	4	2 332
Dos circuitos	201	9	1 809
Herrajes			10 634
Un circuito	583	11	6 413
Dos circuitos	201	21	4 221
Otros <sup>1</sup>			189 063
Un circuito	583	225	131 175
Dos circuitos	201	288	57 888

<sup>1</sup> Incluye sistema de tierras, gastos generales y cuentas a cargo de construcción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

ANEXO F

EQUIPOS Y COSTO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS



Cuadro F-1

## DEMANDA DE PARTES PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS, 1977-1986

(Unidades)

Concepto	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Aisladores	62 946	111 097	127 775	80 162	74 513	52 186	40 619	38 736	55 952	25 286
Suspensión normal	52 416	92 512	106 400	66 752	62 048	43 456	33 824	32 256	46 592	21 056
Suspensión tipo niebla	10 530	18 585	21 375	13 410	12 465	8 730	6 795	6 480	9 360	4 230
Transformadores de potencia	149	263	166	109	127	94	94	98	114	77
400 KV	21	16	—	15	20	8	11	9	4	6
161-230 KV	66	65	37	20	40	29	24	37	36	22
69-138 KV	42	70	119	71	53	44	42	40	46	24
13.8-34.5 KV	20	12	10	3	14	13	17	12	28	25
Transformadores de corriente	525	1 029	540	555	513	255	219	219	306	153
400 KV	108	459	—	225	144	63	54	90	36	36
161-230 KV	153	108	87	54	153	69	57	36	84	30
69-138 KV	264	462	453	276	216	123	108	93	186	87
13.8-34.5 KV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores de potencial	420	756	646	461	415	242	201	188	298	141
400 KV	36	153	—	75	48	21	18	30	12	12
161-230 KV	78	55	45	28	78	36	30	19	43	16
69-138 KV	264	462	453	276	216	123	108	93	186	87
13.8-34.5 KV	42	86	148	82	73	62	45	46	57	26
Cuchillas desconectoras	753	1 275	1 454	912	906	605	472	444	652	292
400 KV	36	153	—	75	48	21	18	30	12	12
161-230 KV	204	144	116	72	204	92	76	48	112	40
69-138 KV	264	462	453	276	216	123	108	93	186	87
13.8-34.5 KV	249	516	885	489	438	369	270	273	342	153
Interruptores	241	439	476	311	286	198	155	150	211	97
400 KV	19	77	1	38	25	11	10	16	7	7
161-230 KV	51	36	29	18	51	23	19	12	28	10
69-138 KV	88	154	151	92	64	41	36	31	62	29
13.8-34.5 KV	83	172	295	163	146	123	90	91	114	51
Apartarrayos	702	1 239	1 425	894	855	579	451	432	618	282
400 KV	36	153	—	75	48	18	16	30	12	12
161-230 KV	153	108	87	54	153	69	57	36	84	30
69-138 KV	264	462	453	276	216	123	108	93	180	87
13.8-34.5 KV	249	515	885	489	438	369	270	273	342	153
Estructura (toneladas) <sup>2</sup>	5 700	10 000	13 100	8 000	7 800	6 200	6 700	5 400	7 000	4 200
Equipo de medición	5 616	9 912	11 400	7 152	6 648	4 656	3 624	3 456	4 992	2 256
Relevadores	2 808	4 956	5 700	3 576	3 324	2 328	1 812	1 728	2 496	1 128
Voltímetros	702	1 239	1 425	894	831	582	453	432	624	282
Amperímetros	702	1 239	1 425	894	831	582	453	432	624	282
Wattímetros	702	1 239	1 425	894	831	582	453	432	624	282
Varímetros	702	1 239	1 425	894	831	582	453	432	624	282
Subestaciones										
400 KV	5	4	—	3	5	2	3	3	1	2
161-230 KV	21	23	15	10	18	12	10	10	12	9
69-138 KV	23	65	109	63	50	40	40	35	45	22
13.8-34.5 KV	8	8	7	4	5	8	14	6	12	9

<sup>1</sup> Datos reales.<sup>2</sup> Se estimaron 100 toneladas de estructura por subestación.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro F-2

## DEMANDA DE PARTES PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS, 1977-1986

(Miles de pesos de 1977)

Concepto	1977 <sup>1</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Aisladores	8 561	15 111	17 379	10 903	10 135	7 097	5 524	5 269	7 610	3 439
Suspensión normal	6 775	11 959	13 754	8 629	8 021	5 617	4 372	4 170	6 023	2 722
Suspensión tipo niebla	1 786	3 152	3 625	2 274	2 114	1 480	1 152	1 099	1 587	717
Transformadores de potencia	714 765	727 152	578 715	475 241	595 443	391 961	401 274	426 625	432 230	306 665
400 KV	206 955	157 680	—	147 825	197 100	78 480	108 405	88 695	39 420	59 130
161-230 KV	325 644	320 710	182 558	98 680	197 360	143 086	118 416	182 558	177 624	108 548
69-138 KV	130 746	217 910	370 447	221 023	164 989	136 972	130 746	124 520	143 198	74 712
13.8-34.5 KV	51 420	30 852	25 710	7 713	35 994	33 423	43 707	30 852	71 988	64 275
Transformadores de corriente	143 832	345 558	100 254	177 918	154 512	72 924	62 316	72 426	73 716	41 730
400 KV	55 944	237 762	—	116 550	74 592	32 634	27 972	46 620	18 648	18 648
161-230 KV	44 064	31 104	25 056	15 552	44 064	19 872	16 416	10 368	24 192	8 640
69-138 KV	43 824	76 692	75 198	45 816	35 856	20 418	17 928	15 438	30 876	14 442
13.8-34.5 KV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Transformadores de potencial	63 846	124 686	68 317	68 258	63 181	32 231	27 525	27 419	38 065	19 083
400 KV	12 816	54 468	—	26 700	17 088	7 476	6 408	10 680	4 272	4 272
161-230 KV	18 564	13 090	10 710	6 664	18 564	8 568	7 140	4 522	10 234	3 808
69-138 KV	31 416	54 978	53 907	32 844	25 704	14 637	12 852	11 067	22 134	10 353
13.8-34.5 KV	1 050	2 150	3 700	2 050	1 825	1 550	1 125	1 150	1 425	650
Cuchillas desconectoras	79 626	158 034	100 774	94 008	90 252	51 328	41 552	42 330	54 140	26 366
400 KV	16 776	71 298	—	34 950	22 368	9 786	8 388	13 980	5 592	5 592
161-230 KV	26 112	18 432	14 848	9 216	26 112	11 776	9 728	6 144	14 336	5 120
69-138 KV	24 288	42 504	41 676	25 392	19 872	11 316	9 936	8 556	17 112	8 004
13.8-34.5 KV	12 450	25 800	44 250	24 450	21 900	18 450	13 500	13 650	17 100	7 650
Interruptores	151 288	295 508	153 011	166 724	164 284	88 797	74 082	76 043	93 996	47 475
400 KV	38 646	156 618	2 034	77 292	50 850	22 374	20 340	32 544	14 238	14 238
161-230 KV	60 282	42 552	34 278	21 276	60 282	27 186	22 458	14 184	33 096	11 820
69-138 KV	37 752	66 066	64 779	39 468	27 456	17 589	15 444	13 299	26 598	12 441
13.8-34.5 KV	14 608	30 272	51 920	28 688	25 696	21 648	15 840	16 016	20 064	8 976
Apartarrayos	17 574	33 717	17 055	18 561	18 654	9 564	7 968	8 031	10 470	5 151
400 KV	3 996	16 983	—	8 325	5 328	2 331	1 998	3 330	1 332	1 332
161-230 KV	7 036	4 968	4 002	2 484	7 038	3 174	2 622	1 656	3 864	1 380
69-138 KV	5 544	9 702	9 513	5 796	4 536	2 583	2 268	1 953	3 906	1 827
13.8-34.5 KV	996	2 064	3 540	1 956	1 752	1 476	1 080	1 092	1 368	612
Estructura (toneladas)	215 070	321 000	423 720	256 800	250 380	199 020	215 070	173 340	224 700	134 820
Equipo de medición	395 788	698 548	803 417	504 038	468 518	328 132	255 402	243 562	351 812	158 992
Relevadores <sup>2</sup>	393 120	693 840	798 000	500 640	465 360	325 920	253 680	241 920	349 440	157 920
Voltímetros <sup>3</sup>	632	1 115	1 283	805	748	524	408	389	562	254
Amperímetros <sup>3</sup>	632	1 115	1 283	805	748	524	408	389	562	254
Wattímetros <sup>3</sup>	632	1 115	1 283	805	748	524	408	389	562	254
Varhorímetros <sup>4</sup>	772	1 363	1 568	983	914	640	498	475	686	310

<sup>1</sup> Datos reales.<sup>2</sup> Se estimó un precio promedio de 140 000 pesos.<sup>3</sup> Se estimó un precio promedio de 900 pesos.<sup>4</sup> Se estimó un precio promedio de 1 100 pesos.

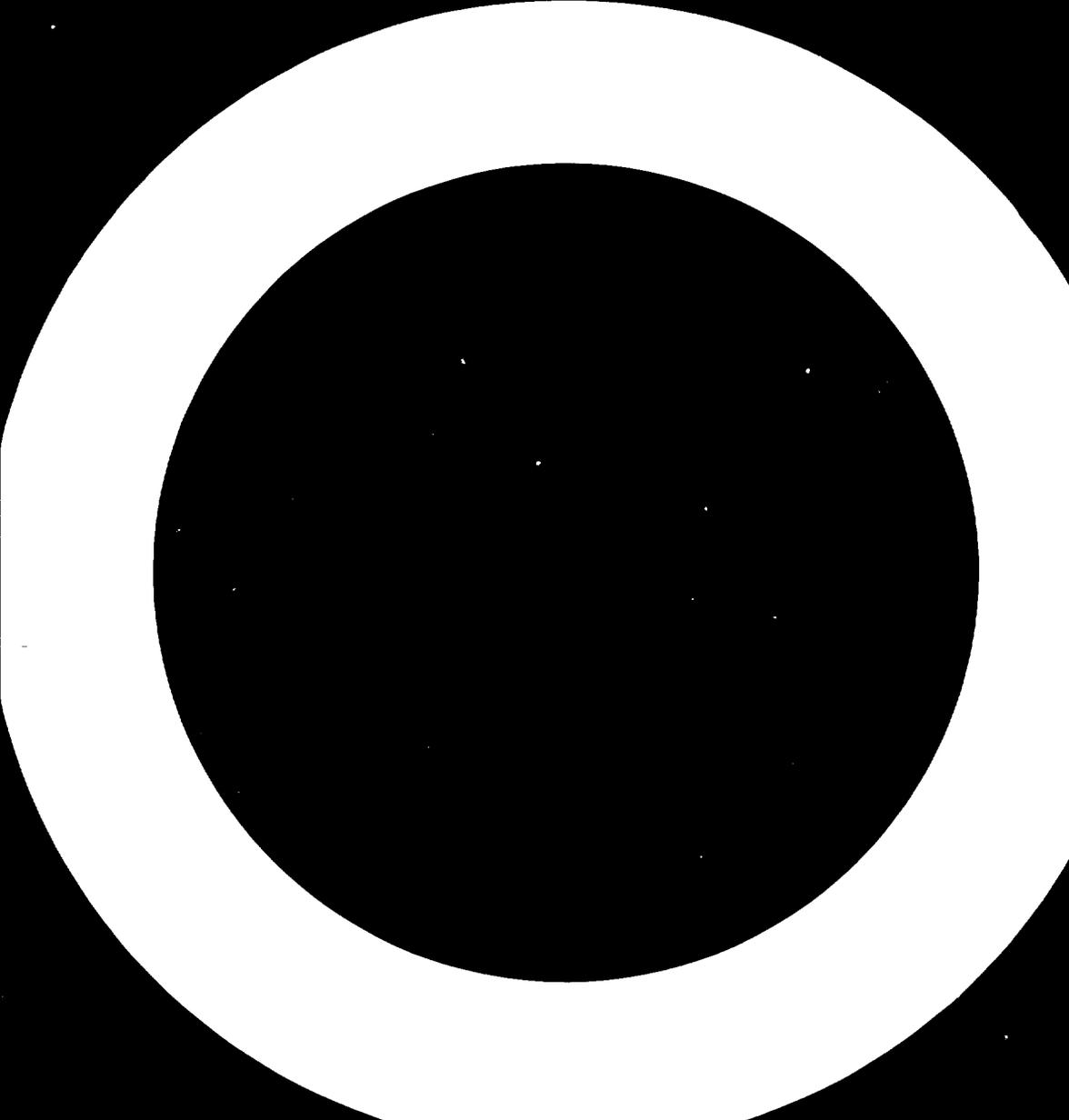
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuadro F-3  
**DEMANDA DE PARTES PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS, 1977-1986**  
 (Toneladas)

Concepto	1977 <sup>1</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>Aisladores</b>	275	484	557	349	325	228	177	169	244	110
Suspensión normal	210	370	426	267	248	174	135	129	186	84
Suspensión tipo niebla	65	114	131	82	77	54	42	40	58	26
<b>Transformadores de potencia</b>	7 845	7 953	6 232	5 159	6 507	4 270	4 364	4 660	4 690	3 331
400 KV	2 289	1 744	—	1 635	2 180	872	1 199	981	436	654
161-230 KV	3 630	3 575	2 035	1 100	2 200	1 595	1 320	2 035	1 980	1 210
69-138 KV	1 386	2 310	3 927	2 343	1 749	1 452	1 386	1 320	1 518	792
13.8-34.5 KV	540	324	270	81	378	351	459	324	756	675
<b>Transformadores de corriente</b>	528	1 400	328	717	590	278	236	292	261	158
400 KV	248	1 056	—	518	331	145	124	207	83	83
161-230 KV	141	99	80	50	141	63	52	33	77	28
69-138 KV	134	235	231	140	110	63	55	47	95	44
13.8-34.5 KV	5	10	17	9	8	7	5	5	6	3
<b>Transformadores de potencial</b>	456	908	529	508	459	242	204	205	283	141
400 KV	90	383	—	188	120	53	45	75	30	30
161-230 KV	117	83	68	42	117	54	45	29	65	24
69-138 KV	230	403	395	241	189	107	94	81	162	76
13.8-34.5 KV	19	39	66	37	33	28	20	20	26	11
<b>Cuchillas desconectadoras</b>	918	1 432	936	810	950	492	407	367	568	256
400 KV	119	505	—	248	158	69	59	99	40	40
161-230 KV	469	331	267	166	469	212	175	110	258	92
69-138 KV	274	480	470	286	224	128	112	97	193	90
13.8-34.5 KV	56	116	199	110	99	83	61	61	77	34
<b>Interruptores</b>	923	1 795	948	1 012	989	535	447	457	574	289
400 KV	228	924	12	456	300	132	120	192	84	84
161-230 KV	357	252	203	126	357	161	133	84	196	70
69-138 KV	255	447	438	267	186	119	104	90	180	84
13.8-34.5 KV	83	172	295	163	146	123	90	91	114	51
<b>Apartarrayos</b>	250	466	232	254	262	132	110	109	147	71
400 KV	54	230	—	113	72	32	27	45	18	18
161-230 KV	107	76	61	38	107	48	40	25	59	21
69-138 KV	79	139	136	83	65	37	32	28	56	26
13.8-34.5 KV	10	21	35	20	18	15	11	11	14	6
<b>Estructura (toneladas)</b>	5 700	10 000	13 100	8 000	7 800	6 200	6 700	5 400	7 000	4 200

<sup>1</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Federal de Electricidad.



## INDICE DE CUADROS

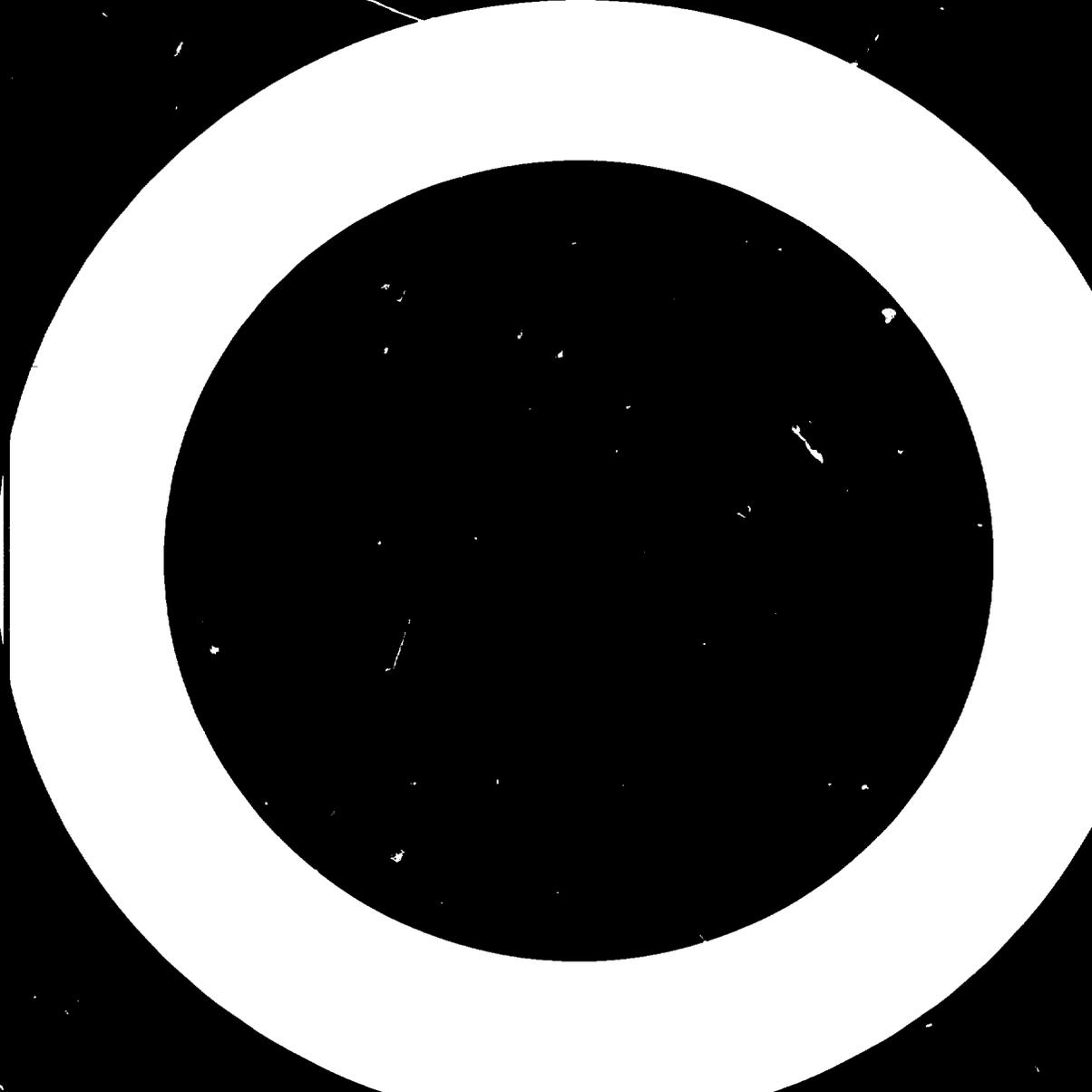
Núm.		Pág.
1.	Sector eléctrico: Capacidad instalada por tipo de planta, 1976 y 1986 .....	5
2.	Sector eléctrico: Programa de obras e inversiones, diferenciando el componente nacional e importado, 1978-1986 .....	6
3.	Sector eléctrico: Resumen de la demanda de bienes de capital, 1978-1986 .....	8
4.	Sector eléctrico: Demanda de bienes de capital para plantas generadoras, 1978-1986 .....	10
5.	Sector eléctrico: Plantas hidroeléctricas en construcción y proyectos, 1978-1986 .....	12
6.	Plantas susceptibles de instalarse, de acuerdo con el potencial hidroeléctrico de México .....	12
7.	Sector eléctrico: Demanda de bienes de capital para plantas hidroeléctricas, 1978-1986 .....	13
8.	México: Proyectos hidroeléctricos potenciales .....	15
9.	Sector eléctrico: Proyectos de plantas termoeléctricas de combustóleo, 1978-1986 .....	16
10.	Sector eléctrico: Proyectos de plantas termoeléctricas de carbón, 1978-1986 .....	16
11.	Sector eléctrico: Demanda de bienes de capital para plantas termoeléctricas, 1978-1986 .....	17
12.	Factores de escalación para el equipo nacional, 1973-1977 .....	18
13.	Factores de escalación en Estados Unidos, 1973-1977 .....	18
14.	Plantas geotérmicas por instalar en Cerro Prieto, 1978-1986 .....	18
15.	Sector eléctrico: Demanda de bienes de capital para plantas geotérmicas, 1978-1986 .....	19
16.	Sector eléctrico: Demanda de líneas de transmisión y sus circuitos, 1978-1986 .....	20
17.	Sector eléctrico: Demanda de componentes para líneas de transmisión, 1978-1986 .....	20
18.	Cantidad y precio promedio de los componentes para líneas de transmisión, 1978-1986 .....	21

Núm.		Pág.
19.	Sector eléctrico: Demanda de componentes para subestaciones eléctricas, 1978-1986 .....	22
ANEXO A		
A-1	México: Programa de inversiones en el sector eléctrico, 1977 y proyecciones, 1978-1986 .....	25
ANEXO B		
B-1	Planta hidroeléctrica de Malpaso, capacidad 360 MW	29
B-2	Planta hidroeléctrica de La Angostura, capacidad 360 MW .....	30
B-3	Planta hidroeléctrica de Chicoasén, capacidad 1 500 MW	30
B-4	Planta hidroeléctrica de Caracol, capacidad 570 MW	31
B-5	Planta hidroeléctrica de Peñitas, capacidad 400 MW	31
B-6	Planta hidroeléctrica de Bacurato, capacidad 42 MW ..	32
B-7	Planta hidroeléctrica de Comedero, capacidad 90 MW	33
B-8	Planta hidroeléctrica de La Amistad, capacidad 40 MW	34
B-9	Planta hidroeléctrica de Tecate, capacidad 90 MW ...	35
B-10	Planta hidroeléctrica de Temascal, capacidad 154 MW	36
B-11	Planta hidroeléctrica de Aguamilpa, capacidad 540 MW	37
ANEXO C		
C-1	Planta tipo termoeléctrica de combustóleo, 300 MW ..	41
C-2	Planta tipo termoeléctrica de combustóleo, 150 MW ..	43
C-3	Planta tipo termoeléctrica de combustóleo, 37.5 MW ..	46
C-4	Resumen de la demanda de bienes de capital para plantas termoeléctricas, 1978-1986 .....	48
C-5	Características principales del equipo para plantas termoeléctricas de combustóleo, 300 MW .....	52
C-6	Características principales del equipo para plantas termoeléctricas de combustóleo, 150 MW .....	54
C-7	Características principales del equipo para plantas termoeléctricas de combustóleo, 37.5 MW .....	56
C-8	Resumen de las características principales de los equipos para plantas termoeléctricas .....	57
ANEXO D		
D-1	Equipo para plantas geotérmicas de 37.5 MW .....	61
ANEXO E		
E-1	Demanda de líneas de transmisión eléctrica y sus componentes, 1977-1986 .....	65

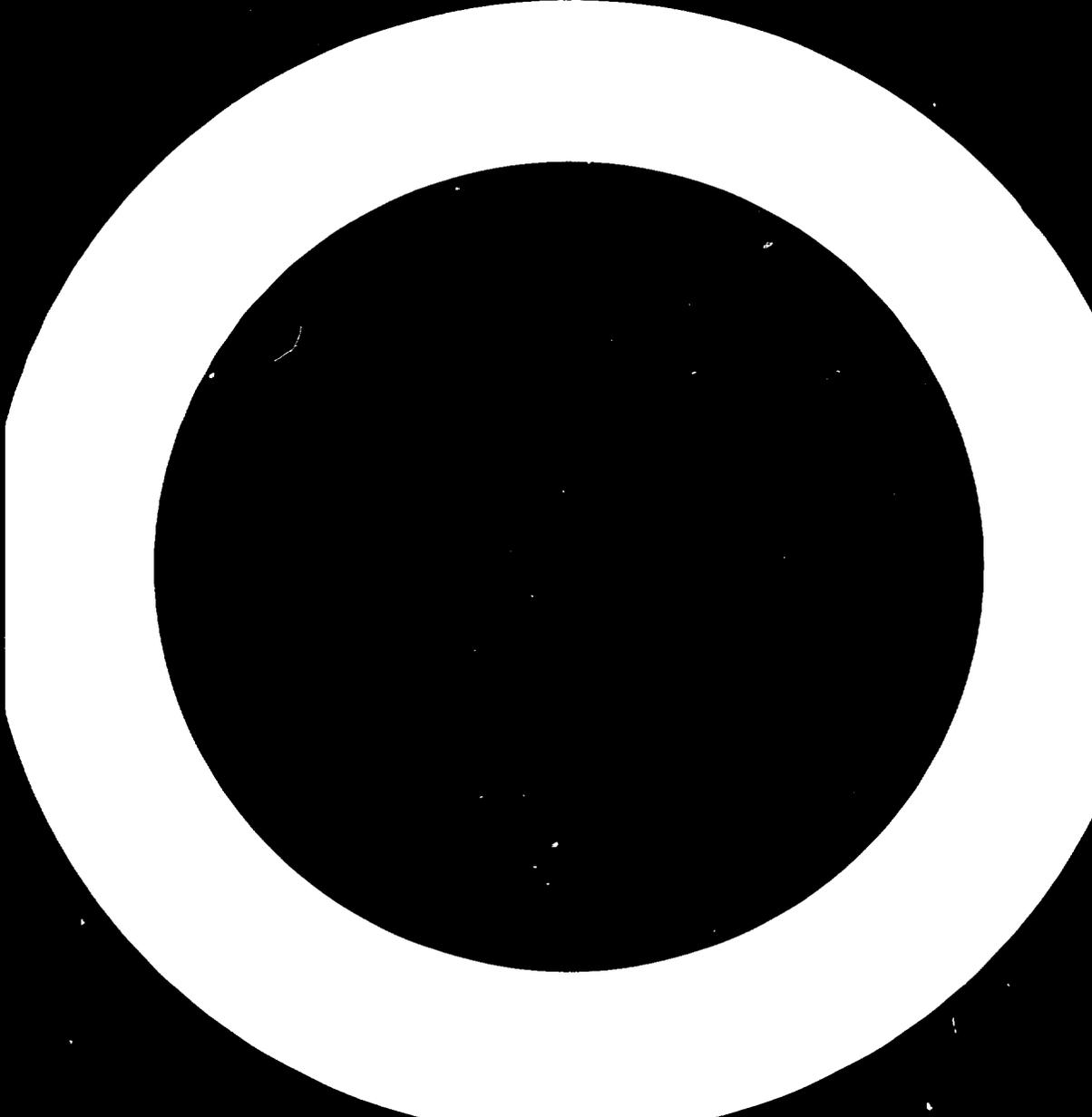
Núm.		Pág.
E-2	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 400 KV, 1978-1986 .....	67
E-3	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 230 KV, 1978-1986 .....	68
E-4	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 161 KV, 1978-1986 .....	69
E-5	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 138 KV, 1978-1986 .....	70
E-6	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 115 KV, 1978-1986 .....	71
E-7	Costo aproximado por kilómetro de línea de transmisión para tensión de 69 KV, 1978-1986 .....	72

#### ANEXO F

F-1	Demanda de partes para subestaciones eléctricas, 1977-1986, (Unidades) .....	75
F-2	Demanda de partes para subestaciones eléctricas, 1977-1986, (Miles de pesos de 1977) .....	76
F-3	Demanda de partes para subestaciones eléctricas, 1977-1986, (Toneladas) .....	77



RESUMEN EN INGLES



## II. PRINCIPAL CONCLUSIONS

The generation of electric power, a fundamental activity for the industrial development of the country, has grown in Mexico at an annual average rate of 11.5% and has required the duplication of installed capacity every six years in order to satisfy consumption needs.

The demand for capital goods in the electric power sector depends, of course, on the needs arising from the installation of new generating plants. In order to determine such needs, the Federal Electricity Commission (CFE) makes periodic evaluations of the requirements related to the development of the sector in Mexico, from which a Works Investment Budget (PIO) is prepared. This, in turn, serves as a tool for making adjustments in the Electric Power Sector Works and Investment Program (POISE),<sup>1</sup> which covers a ten-year period.

Table 1

### ELECTRIC POWER SECTOR: INSTALLED CAPACITY BY TYPE OF PLANT, 1976 AND 1986<sup>1</sup>

Type of plant	1976		1986	
	MW	%	MW	%
TOTAL	10 522	100.0	26 467	100.0
Hydroelectric	4 366	41.5	8 554	32.3
Thermoelectric (fuel-oil, diesel, gas)	5 538	52.6	10 801	40.8
Thermoelectric (coal)	30	0.3	2 430	9.2
Geothermic	75	0.7	2 900	11.0
Nucleoelectric	—	—	1 308	4.9
Diesel	228	2.2	258	1.0
Gas	285	2.7	216	0.8

<sup>1</sup> Figures as of the end of the respective years.

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with information provided by the Department of Studies and Preliminary Engineering of the Federal Electricity Commission.

According to this information, the installed capacity of the CFE and its forecast by type of plant are shown in table 1, where it can be seen that by 1986 Mexico is expected to have increased its generating capacity by approximately one and

one-half times in relation to the capacity in 1976. Of note is the substantial increase in the use of geothermic, thermoelectric (coal) and nucleoelectric plants, accompanied by a marked decrease in the participation of hydroelectric and fuel-oil, diesel and gas-driven thermoelectric plants.

The electric power sector investment program for the 1978-1986 period is estimated at 264 411 million pesos, of which the CFE calculates that 114 430 million pesos will be supplied by imported products.<sup>2</sup> This figure was derived from a study made by the CFE of its traditional supply sources and the current situation in regard to domestic supply (see table 2). It represents a significant volume in that it points to the presence of a wide margin for possible import substitutions, although it is evident that a detailed examination of such purchases would be necessary to arrive at a more precise determination of potential substitutions.

Within this investment program, the part corresponding to outlay for installation of power plants, transmission lines and electricity substations is calculated at 168 661 million pesos, equivalent to 63.8% of the total program. It is estimated that 50 480 million pesos will be spent on capital goods during the 1978-1986 period, and these goods are precisely the object of detailed study in the present Monograph.

Table 3 contains information regarding demand for the 43 families of capital goods required for the generation, transmission and transformation of electricity during 1978-1986. The demand has been measured in terms of number of units, value and weight. The demand in units gives an idea of the size of plant capacity, which can provide an orientation as to possible requirements for the eventual production of such goods. The demand expressed in value allows homogeneity of the information regarding such requirements and the demand presented in terms of weight enables the price per unit of weight to be calculated.

<sup>1</sup> The information found in the present document corresponds largely to the data for POISE updated to May, 1977.

<sup>2</sup> Annex A includes the CFE investment program for the period in question which provides greater detail for each of the years within that period.

Table 2

**ELECTRIC POWER SECTOR: WORKS AND INVESTMENT PROGRAM, CLASSIFIED BY  
DOMESTIC AND IMPORTED COMPONENT, 1978-1986**

(Millions of pesos)

Item	Total	Domestic	Imported
TOTAL	264 411	149 981	114 430
Power plants	112 058	51 226	60 832
Lines	24 136	16 958	7 178
Substations	32 467	12 987	19 480
Expansion of operations	56 201	39 341	16 860
Frequency unification	426	426	—
Rural electrification	4 500	4 500	—
Payments outstanding for works	300	—	300
General expenses and amounts charged to construction	14 763	14 763	—
Miscellaneous	19 560	9 780	9 780

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with information provided by the Department of Studies and Preliminary Engineering of the Federal Electricity Commission.

It can be seen that the most important investment requirements are found in the power plants; capital goods demand in this category is estimated at 27 134 million pesos during the period under consideration, equivalent to more than half of the total demand for capital goods. Electricity substations account for 27.6% of the demand and transmission lines 18.6%.

Among the capital goods identified, eleven products stand out, with individual demand during the period above 1 500 million pesos, as follows:

Product	Value in millions of pesos
Turbogenerators	5 946
Conductors	5 190
Steam generators	5 018
Instruments	4 970
Power transformers	4 335
Transmission towers	3 312
Main transformers	2 307
Substations structure	2 199
Hydraulic turbines	2 096
Generators	1 645
Circuit breakers	1 538

The most important products are turbogenerators, which are, at present, imported. Next are

conductors, which can mostly be supplied by domestic production.

Other major items that are imported at the present time are hydraulic turbines, generators for hydraulic plants and circuit breakers. In the case of the breakers, an enterprise has recently been established which soon will begin to manufacture a sulphur hexafluoride type breaker for voltages from 69 to 400 KV.

Some of the products are partially manufactured in Mexico, such as steam generators, which are imported for 150 and 300 MW plants. In the case of instruments, those of an electronic type are totally imported.

Domestic production of power transformers covers voltages up to 400 KV, which is the maximum voltage found in the electrical systems in Mexico.

Transmission towers are less complex products and can be adequately supplied from local manufacture.

Among the products of lesser importance which are imported are condensers and pumps for feeder, condenser and circulating water, used in 300 MW plants.

In addition to the information on these products included in table 3, the Annexes treat in greater detail the basic equipment incorporated in power plants, transmission lines and electricity substations; these Annexes also contain complementary information on purchase order dates, trans-

portation costs of imported equipment, origin of equipment, construction dates, etc.

The demand in the electric power sector is of evident importance in the development of the capital goods industry in Mexico, since it represents a market of 5 609 million pesos annually. A market of such magnitude could sustain the expansion of existing enterprises and the establishment of new firms dedicated to the production of equipment which up to now has not been manufactured locally.

In themselves, the figures for equipment demand suggest the feasibility of establishing plants similar in size to those in various industrialized countries, especially in Europe. The dimension of the market, therefore, does not constitute a limitation to achieving production which could be competitive on an international level in terms of both price and quality. Moreover, the production of equipment that is currently imported would have an important multiplier effect on the capital goods sector.

Table 3  
ELECTRIC POWER SECTOR: SUMMARY OF THE DEMAND FOR CAPITAL GOODS, 1978-1986

Item	Sector total			Power plants			Transmission lines			Electricity substations		
	Number (Units)	Value (Thous. pesos)	Weight (Tons)	Number (Units)	Value (Thous. pesos)	Weight (Tons)	Number (Units)	Value (Thous. pesos)	Weight (Tons)	Number (Units)	Value (Thous. pesos)	Weight (Tons)
<b>TOTAL</b>		<b>50 479 563</b>			<b>27 133 683</b>			<b>9 398 842</b>			<b>13 947 038</b>	
Steam generators	25	5 018 344	81 672	25	5 018 344	81 672	—	—	—	—	—	—
Hydraulic turbines	30	2 096 331	—	30	2 096 331	—	—	—	—	—	—	—
Turbogenerators	31	5 945 555	—	31	5 945 555	—	—	—	—	—	—	—
Steam collectors	12	18 816	—	12	18 816	—	—	—	—	—	—	—
Moisture separators	12	26 880	—	12	26 880	—	—	—	—	—	—	—
Generators	29	1 645 072	—	29	1 645 072	—	—	—	—	—	—	—
Pumps												
Feeder pumps	32	189 179	181	32	189 179	181	—	—	—	—	—	—
Condenser pumps	32	30 969	140	32	30 969	140	—	—	—	—	—	—
Circulations pumps	36	196 478	—	36	196 478	—	—	—	—	—	—	—
Condensers	25	830 309	6 365	25	830 309	6 365	—	—	—	—	—	—
Heaters												
Low pressure heaters	74	616 734	1 049	74	616 734	1 049	—	—	—	—	—	—
High pressure heaters	46	451 414	482	46	451 414	482	—	—	—	—	—	—
De-aerator heater	20	61 010	432	20	61 010	432	—	—	—	—	—	—
Cranes												
Travelling crane. Machine shed	28	150 579	—	28	150 579	—	—	—	—	—	—	—
Auxiliary cranes	83	41 464	—	83	41 464	—	—	—	—	—	—	—
Compressors	69	65 049	—	69	65 049	—	—	—	—	—	—	—
Cooling towers	22	1 385 000	—	22	1 385 000	—	—	—	—	—	—	—
Transformers												
Main transformers	110	2 307 309	—	110	2 307 309	—	—	—	—	—	—	—
Auxiliary transformers	31	126 205	—	31	126 205	—	—	—	—	—	—	—
Starter transformers	31	182 217	—	31	182 217	—	—	—	—	—	—	—
Power transformers	1 042	4 335 306	47 166	—	—	—	—	—	—	1 042	4 335 306	47 166
Buses, isolated phase												
Main bus	—	261 037	—	—	261 037	—	—	—	—	—	—	—
Auxiliary bus	—	71 760	—	—	71 760	—	—	—	—	—	—	—
Structures												
Machine shed	—	621 516	26 543	—	621 516	26 543	—	—	—	—	—	—
Warehouses	—	36 978	2 055	—	36 978	2 055	—	—	—	—	—	—
Vertical gates	—	236 602	6 686	—	236 602	6 686	—	—	—	—	—	—
Intake gates	—	368 280	6 638	—	368 280	6 638	—	—	—	—	—	—
Sluice gates	—	103 174	2 888	—	103 174	2 888	—	—	—	—	—	—
Transmission towers	—	3 311 815	241 219	—	—	—	—	3 311 815	241 219	—	—	—
Substations structure	—	2 198 850	68 400	—	—	—	—	—	—	—	2 198 850	68 400
Measurement transformers												
Power transformers	3 480	497 553	—	132	28 788	—	—	—	—	3 348	468 765	3 479
Current transformers	4 101	1 181 510	—	312	80 156	—	—	—	—	3 789	1 101 354	4 260
Knife switches	7 595	800 678	—	583	141 894	—	—	—	—	7 012	658 784	6 218
Circuit breakers	2 572	1 537 845	—	249	377 925	—	—	—	—	2 323	1 159 920	7 046
Lightning arresters	6 886	133 615	—	111	4 444	—	—	—	—	6 775	129 171	1 783
Pipes												
High pressure pipes	—	686 646	—	—	686 646	—	—	—	—	—	—	—
Low pressure pipes	—	61 050	—	—	61 050	—	—	—	—	—	—	—
Complementary pipes	—	906 600	—	—	906 600	—	—	—	—	—	—	—
Valves	—	604 548	—	—	604 548	—	—	—	—	—	—	—
Instruments	—	4 969 792	—	—	1 157 371	—	—	—	—	54 096	312 421	—
Insulators	3 970 072	526 211	—	—	—	—	3 363 746	443 744	—	606 326	82 467	2 643
Hardware	—	453 420	—	—	—	—	—	453 420	—	—	—	—
Conductors	—	5 189 863	120 604	—	—	—	—	5 189 863	120 604	—	—	—

SOURCE: Nacional Financiera, S. A., NAFINSA-UNIDO Joint Capital Goods Project, with information provided by the Federal Electricity Commission.

Se terminó de imprimir este libro el 31 de agosto de 1979 en Policromía, Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México 7, D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13051  
(6-7-79)

**MONOGRAFÍAS  
SECTORIALES  
SOBRE BIENES DE CAPITAL**

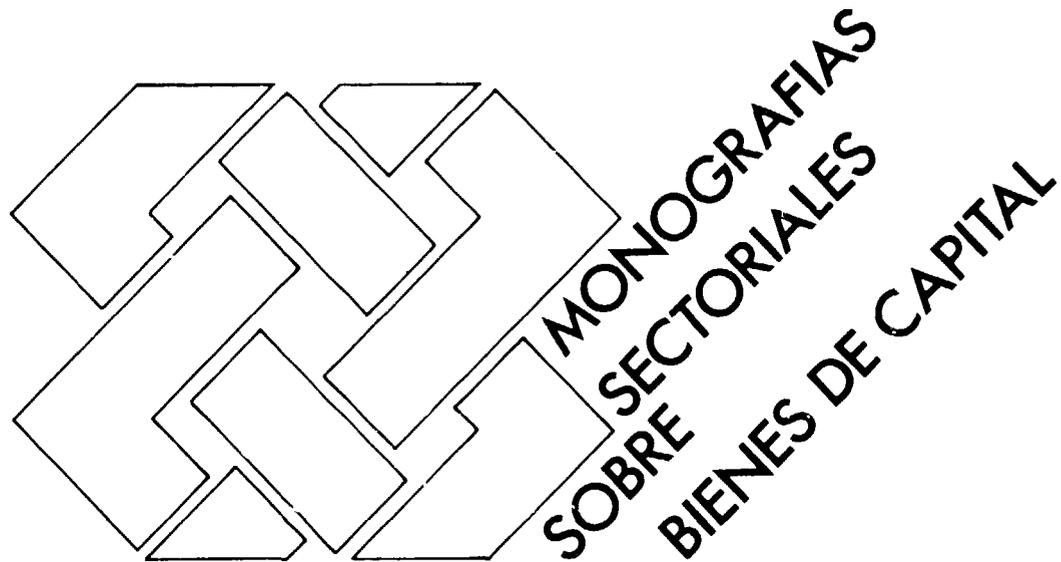
**Núm. 7**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LAS INDUSTRIAS  
DEL PAPEL Y LA CELULOSA EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

**MEXICO, D. F., 1979**

**nacional financiera, s. a.**



**Núm. 7**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LAS INDUSTRIAS  
DEL PAPEL Y LA CELULOSA EN MEXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI**

MEXICO, D. F., 1979

NACIONAL FINANCIERA, S. A.  
Isabel la Católica Núm. 51  
México 1, D. F.

*Este documento es la séptima de las Monografías Sectoriales sobre Bienes de Capital elaboradas dentro del programa de trabajo del Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. Así, forma parte de los estudios detallados que viene realizando Nacional Financiera sobre la situación y perspectivas de esta industria de importancia estratégica para la economía nacional.*

*El objetivo del presente estudio es determinar los requerimientos de bienes de capital de la industria de la celulosa y el papel para el decenio 1978-1987. Debe señalarse que los artículos de producción que aquí se consideran comprenden la maquinaria y equipos básicos y excluyen equipos sencillos, pailería, estructuras, obras civiles y terrenos.*

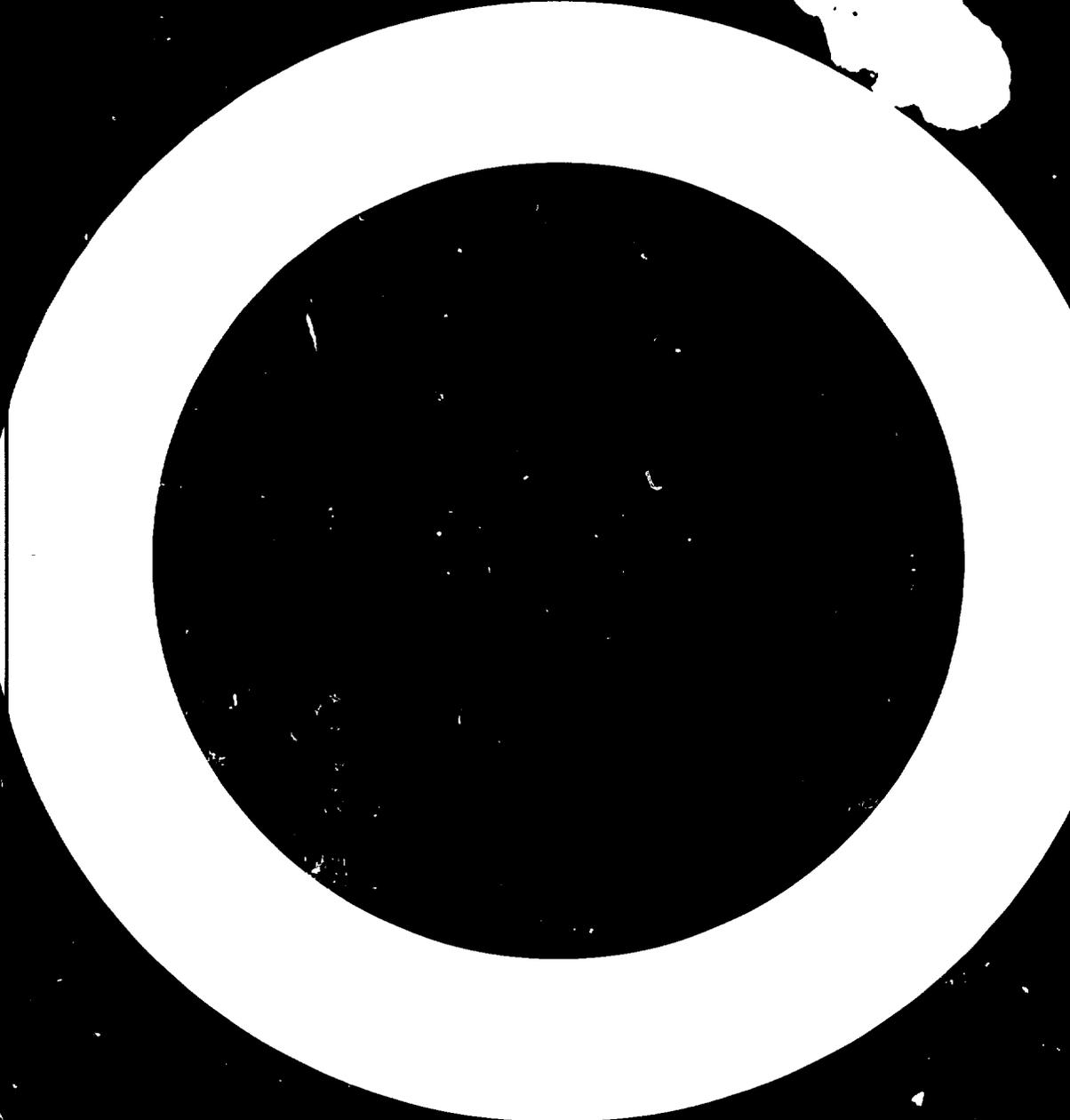
*La especificación de los requerimientos de maquinaria y equipo se efectuó con el propósito de identificar aquellos que cuentan con un potencial adecuado para su futura fabricación en el país, no sólo por la magnitud y tendencias de su demanda, sino también por sus características de diseño y fabricación.*

*Para elaborar el estudio se dispuso de información de empresas del ramo y de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel, a quienes se agradece su colaboración en la conformación de este documento.*

*Mediante estas publicaciones, se desea contribuir a sistematizar la información para inversionistas actuales y potenciales, funcionarios del sector público encargados de evaluar la industria de bienes de capital y otros interesados. Con ello esperamos fortalecer nuestra labor de promoción industrial al ofrecer orientaciones para llegar a instrumentar proyectos específicos de índole competitiva en los ámbitos nacional e internacional, siguiendo los lineamientos de política económica establecidos por el Gobierno Mexicano.*

Lic. Jorge Espinosa de los Reyes  
Director General

NACIONAL FINANCIERA, S. A.

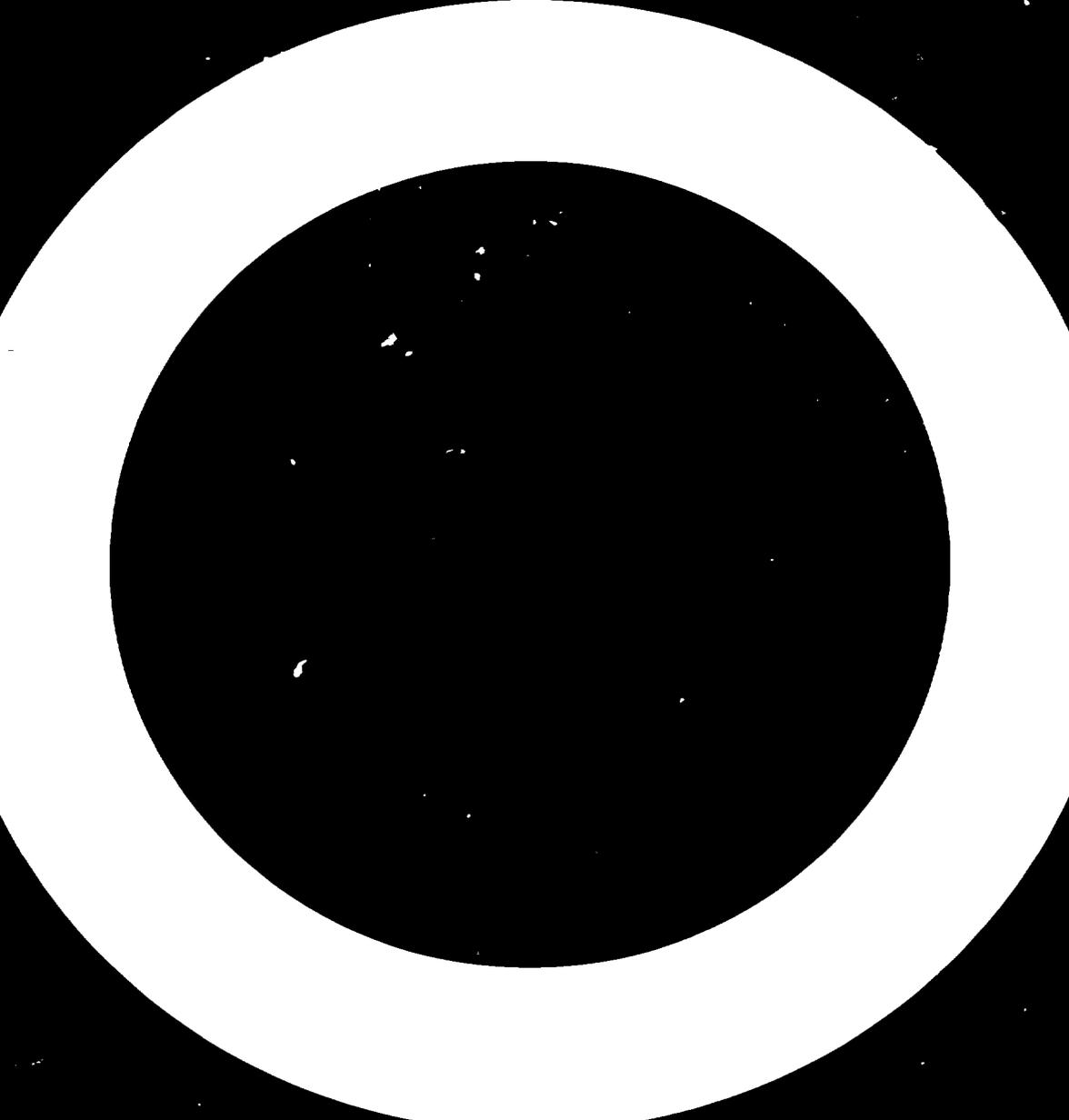


# CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	iii
Abreviaturas .....	ix
I. Características generales de la industria .....	1
A) Industria deficitaria .....	1
B) Dinamismo de la industria .....	1
C) Estructura industrial .....	1
D) Capacidad instalada .....	2
II. La demanda de celulosa y papel .....	5
A) La demanda de celulosa .....	5
1. Clasificación .....	5
2. Tipos de celulosa que se producen en el país .....	5
3. Origen y destino final de las celulosas .....	5
4. Producción interna de celulosa .....	6
5. Importaciones de celulosa .....	7
6. Consumo aparente de celulosa .....	9
B) La demanda de papel .....	11
1. Clasificación .....	11
2. Tipos de papel .....	11
3. Producción interna .....	11
4. Importaciones de papel .....	13
5. Consumo aparente de papel .....	14
6. El caso del papel periódico .....	15

	Pág.
C) Proyecciones de la demanda de celulosa y papel . . . .	17
1. Demanda de papel . . . . .	17
2. Demanda de celulosa . . . . .	19
III. Programación de las necesidades de instalaciones adicionales para satisfacer la demanda de papel y celulosa . . . .	21
A) Consideraciones metodológicas . . . . .	21
B) Reagrupamiento de los tipos de papel y celulosa . . . .	22
1. Demanda de papel reagrupada por tipos de fabricación . . . . .	22
2. Demanda de celulosa reagrupada por tipos de fabricación . . . . .	22
C) Plantas modulares tipo . . . . .	23
1. Fabricación de papel . . . . .	23
2. Diseño de los equipos . . . . .	23
3. Capacidad de los equipos y tendencias . . . . .	24
4. Plantas modulares para papel . . . . .	24
5. Plantas modulares para celulosa y pasta mecánica . . . . .	30
D) Capacidad instalada de fabricación . . . . .	37
1. Capacidad instalada de fabricación de papel y su utilización . . . . .	37
2. Capacidad instalada de fabricación de celulosa y su utilización . . . . .	37
E) Programación de nuevas plantas modulares . . . . .	37
1. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papel periódico . . . . .	38
2. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles para impresión y escritura . . . . .	41
3. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles y cartones para empaque . . . . .	41
4. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles sanitario y facial . . . . .	44
5. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosa de bagazo de caña . . . . .	44
6. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosos químicos de madera . . . . .	47
7. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de pasta mecánica de madera . . . . .	47

	Pág.
8. Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosas regeneradas .....	47
9. Necesidades de capacidad adicional para la fabricación de papel y celulosa, 1978-1987 .....	48
IV. Necesidades de maquinaria y equipos básicos para el decenio 1978-1987 .....	51
V. Conclusiones .....	59
A) Inversión total en maquinaria y equipo .....	59
B) Inversión en maquinaria y equipos básicos de proceso .....	59
C) Inversión en maquinaria y equipos eléctrico y de uso común .....	59
D) Inversión bruta total en las industrias de la celulosa y del papel .....	59
Indice de cuadros .....	61
Resumen en inglés .....	65



## ABREVIATURAS

TPA	— Toneladas por año
TPD	— Toneladas por día
GPM	— Galones por minuto
LPM	— Litros por minuto
PCM	— Pies cúbicos por minuto
RPM	— Revoluciones por minuto
TPH	— Toneladas por hora
KVA	— Kilovoltamperes
TCEV	— Totalmente cerrado enfriado por ventilador
SCFM	— Pies cúbicos estándar por minuto
BS	— Base seca
AD	— Secado al aire
At	— Atmósferas
HP	— Caballos de fuerza
Hz	— Hertz
KW	— Kilowatts
CD	— Corriente directa
V	— Volts

## I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INDUSTRIA

### A. INDUSTRIA DEFICITARIA

Una de las características de la industria de la celulosa y el papel es la de ser deficitaria, razón por la cual requiere importar ciertos tipos de celulosa y papel, sin que se registren exportaciones.

Esa característica puede apreciarse por el hecho de que, en los últimos años, las importaciones de celulosa pasaron de 71 191 toneladas en 1971, a 193 234 en 1974, año en que llegaron a su nivel más alto, para descender a 99 973 en 1976 y a 67 652 toneladas en 1977 (cuadro 6).

Tales importaciones significaron el 13.0, 25.4, 13.8 y 9.1%, respectivamente, de los volúmenes del consumo nacional de celulosa en los años citados. Son evidentes, asimismo, las considerables fluctuaciones observadas en años consecutivos.

En el caso de las importaciones de papel, éstas no presentan fluctuaciones importantes a través del periodo de estudio. En 1973 fueron de 214 025 toneladas, crecieron hasta 302 206 en 1975 y descendieron a 297 199 en 1977. En los años citados representaron el 16.1, 20.3 y 17.0%, respectivamente, del consumo nacional de papel (cuadro 12).

Debe señalarse, sin embargo, que dentro de las importaciones de papel figura una muy amplia variedad de tipos especiales para usos igualmente especiales, cuyas cifras son poco significativas en lo individual si se les compara con las de la importación de papel periódico, que en 1977 representaron el 78.5% de la total.

Más adelante se presentan con detalle las cifras relativas a los consumos aparentes de celulosa y papel.

### B. DINAMISMO DE LA INDUSTRIA

En el ámbito del sector manufacturero destaca la industria del papel por un relativo dinamismo en su desarrollo, el cual alcanzó una tasa promedio anual de 7.1% en el periodo 1970-1977 (cuadro 8). Es de señalar que se trata de una in-

dustria intensiva en capital, en la que se observa una tendencia, por parte de las empresas más importantes, a incrementar las capacidades instaladas mediante una programación adecuada a las modalidades de la demanda.

### C. ESTRUCTURA INDUSTRIAL

La industria de la celulosa y el papel está compuesta por empresas integradas y no integradas. Las primeras cuentan con instalaciones para producir celulosa y papel; las segundas, producen únicamente celulosa o sólo papel. Estas últimas

adquieren celulosa de las empresas que la producen, o bien emplean papeles de desecho. En ambos casos se recurre a las empresas instaladas en el país y también a la importación.

A fines de 1977 existían 65 empresas en total de las cuales 15 eran empresas integradas, 12, productoras de celulosa y 38, fabricantes de papel. El cuadro 1 muestra dicha estructura así como su distribución por entidad federativa.

Por lo que respecta a la ubicación, puede señalarse que las fábricas de celulosa y las empresas integradas se localizan preferentemente en la proximidad de las fuentes de abastecimiento de la

materia prima básica. En cambio, las fábricas de papel se instalan en o cerca de los centros de consumo, con la finalidad de abastecer de manera directa la demanda de papel para uso inmediato como producto manufacturado, o como insumo para diversos usos industriales. Debe hacerse notar que cerca del 60% de las fábricas de papel se localizan en la ciudad de México y en el Estado de México.

Cuadro 1

MEXICO: ESTRUCTURA Y LOCALIZACION DE LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y EL PAPEL

Ubicación	Número de fábricas			Porcientos del total <sup>1</sup>				
	Total	Productoras de celulosa	Productoras de papel	Integradas	Total	Productoras de celulosa	Productoras de papel	Integradas
TOTAL	65	12	38	15	100.0	18.5	58.5	23.0
Estado de México	26	7	13	6	40.0	10.8	20.0	9.2
Distrito Federal	12	1	10	1	18.5	1.5	15.5	1.5
Jalisco	5	—	4	1	7.7	—	6.2	1.5
Nuevo León	4	—	2	2	6.2	—	3.1	3.1
Tlaxcala	3	2	1	—	4.6	3.1	1.5	—
Veracruz	3	—	2	1	4.6	—	3.1	1.5
Chihuahua	2	1	1	—	3.1	1.5	1.5	—
Puebla	2	—	2	—	3.1	—	3.1	—
Michoacán	2	—	1	1	3.1	—	1.5	1.5
San Luis Potosí	2	—	1	1	3.1	—	1.5	1.5
Oaxaca	1	—	—	1	1.5	—	—	1.5
Guerrero	1	—	—	1	1.5	—	—	1.5
Morelos	1	—	1	—	1.5	—	1.5	—
Tamaulipas	1	1	—	—	1.5	1.5	—	—

<sup>1</sup> Debido a las aproximaciones algunas sumas no coinciden con el total.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

## D. CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada de una fábrica por lo general es una cifra nominal, en razón de los diversos factores de la que puede depender. Entre los principales están las modalidades de la demanda, la mezcla de productos a nivel de empresa, la especialización en la fabricación y las escalas de producción.

En particular, en el caso de las fábricas de papel, la capacidad instalada resulta más dependiente de las variaciones o modalidades de la demanda, de las escalas de fabricación y de los con-

siguientes programas de producción. Solamente aquellas empresas que cuentan con instalaciones y equipos especializados, así como con programas de fabricación fijos, pueden establecer con relativa precisión sus capacidades instaladas. Y aun en estos casos, al efectuar cambios en las características de los productos, por ejemplo en el gramaje <sup>1</sup> o en la composición u acabado, las capacida-

<sup>1</sup> Peso unitario expresado en gramos por metro cuadrado.

des de producción resultan afectadas en su relación con la capacidad instalada.

De acuerdo con información proporcionada por diversas empresas del ramo y por la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel, se estima que a fines de 1977 la capacidad instalada era del orden de las 821 000 toneladas anuales para la producción de celulosa y 1 790 000 toneladas anuales para la fabricación de papel.

Puede mencionarse que se observa una tendencia hacia la especialización en el empleo de las máquinas para papel, en razón del propio crecimiento de la demanda, lo que permite la operación de una máquina por periodos largos, o permanentemente, fabricando un mismo tipo de papel.

### METODOLOGIA

Dado su objetivo final, en el presente estudio se adoptó la metodología que a continuación se describe sucintamente.

Partiendo de la información estadística de los consumos aparentes de celulosa y de papel se elaboraron proyecciones de la demanda futura para la década que se inicia en 1978. Asimismo se tomaron en cuenta las tendencias observadas en cuanto a utilización y sustitución de los diversos tipos de celulosa y papel, adoptando para ambos las clasificaciones que los agrupan por tipos homogéneos con base en sus características y usos finales.<sup>2</sup>

Por otro lado, se consideraron los procedimientos de fabricación representativos, por lo que toca

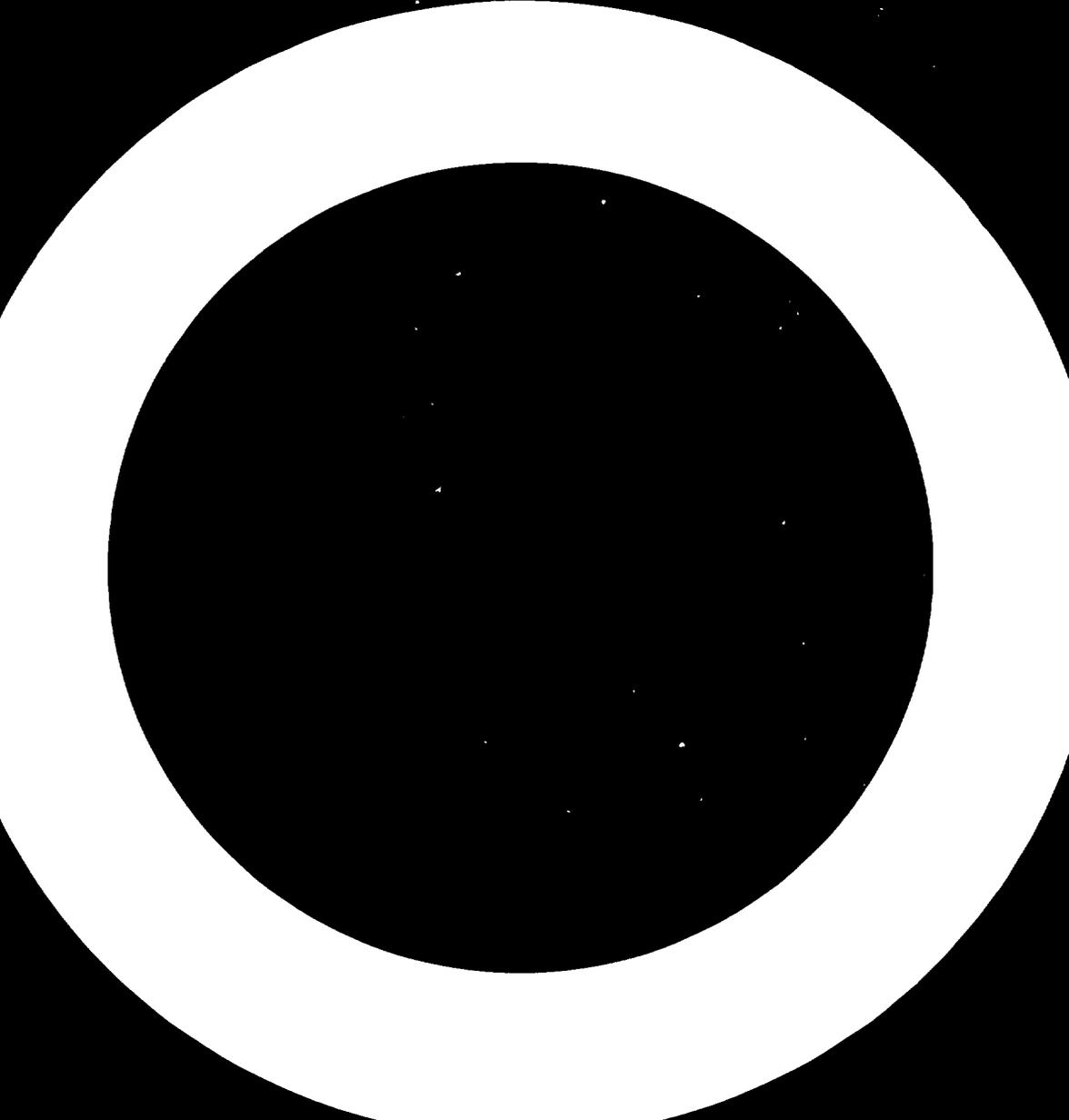
<sup>2</sup> Clasificación más reciente adoptada por la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

a equipos, procurando incluir los de diseño más avanzado.

Tomando en cuenta las capacidades instaladas hasta 1977 para la fabricación de papel y celulosa, se determinaron las capacidades adicionales de acuerdo a las proyecciones de la demanda. Y mediante la adopción de plantas tipo o módulos con capacidades de producción seleccionadas para cada caso y sus correspondientes equipos básicos, fue posible estimar el número de nuevas plantas así como las necesidades de maquinaria y equipos básicos.

Por supuesto, se incluyeron también los proyectos de ampliación de capacidad registrados por diversas empresas. Además, se consideraron las "curvas" o periodos de aprendizaje, así como los que requiere una nueva instalación desde el inicio del montaje hasta su entrada en operación. Como ejemplo puede citarse el de una máquina para papel de 100 000 toneladas por año (TPA), que requiere de 22 a 24 meses para su fabricación, de 1 a 2 meses para su transporte y 10 meses para su montaje; y una vez en operación el periodo de aprendizaje puede requerir hasta 3 años antes de alcanzar su utilización plena. Cabe mencionar que cuando se trata de máquinas usadas este periodo puede alargarse y en ocasiones resulta muy difícil llegar a una utilización de 100% de la capacidad nominal.

Como se indicó al principio, la determinación de los requerimientos de maquinaria y equipo se efectuó con el propósito de identificar aquellos que cuentan con un potencial adecuado para su futura fabricación en el país, no sólo por la magnitud y tendencias de su demanda, sino también por sus características de diseño y fabricación.



## II. LA DEMANDA DE CELULOSA Y PAPEL

En el mercado mexicano existe una amplia gama de tipos de papel que satisfacen tanto los usos comunes tradicionales como los especiales para diversas aplicaciones finales, además de los que se utilizan como insumo en la fabricación de numerosos productos industriales.

La fabricación de papel demanda, a su vez, distintas clases de celulosa como materia prima básica, que le confieren las características exigidas. En el país se produce celulosa en distintos tipos, pero siendo su oferta deficitaria, se com-

plementa con importaciones; lo mismo ocurre con la oferta interna de papel.

En el presente trabajo se utilizó la información contenida en el estudio intitulado *Lineamientos Básicos para la Programación de la Industria de Celulosa y Papel*, de diciembre de 1975,<sup>3</sup> actualizándola a 1977 e incluyendo los proyectos de ampliación realizados hasta dicho año, así como los nuevos proyectos de las empresas.

Como primer paso se examina la evolución histórica de la demanda de celulosa y papel y sus proyecciones hasta 1987.

### A. LA DEMANDA DE CELULOSA

#### 1. CLASIFICACION

Para los fines de este estudio se consideraron exclusivamente los tipos de celulosa que se fabrican y consumen en el país. A la fecha, la industria produce once tipos de celulosa cuyo origen y procedimientos de fabricación presentan diferencias básicas. A su vez, esos distintos tipos de celulosa constituyen los insumos básicos para la fabricación de diferentes tipos de papel.

La Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel utiliza una clasificación de las celulosas que presenta una desagregación suficientemente amplia y funcional que permite observar el comportamiento de la producción interna, de las importaciones y del consumo aparente de celulosa y papel. Resulta apropiada, igualmente, para determinar las necesidades de maquinaria, equipo y materias primas auxiliares para su fabricación.

#### 2. TIPOS DE CELULOSA QUE SE PRODUCEN EN EL PAIS

Celulosa de madera al sulfato blanqueada  
Celulosa de madera al sulfato sin blanquear

Celulosa de madera al sulfito blanqueada  
Celulosa de madera al sulfito sin blanquear  
Celulosa de bagazo de caña blanqueada  
Celulosa de bagazo de caña sin blanquear  
Celulosa de paja blanqueada  
Celulosa de paja sin blanquear  
Celulosa de borra de algodón  
Pasta mecánica de madera  
Otras celulosas

#### 3. ORIGEN Y DESTINO FINAL DE LAS CELULOSAS

De los tipos de celulosa virgen, seis provienen de la madera y cinco, de fibras de plantas de ciclo anual. Entre estas últimas, destaca la que proviene del bagazo de caña y se estima que en un futuro cercano su producción predominará sobre las demás, por las razones que más adelante se citan.

<sup>3</sup> Nacional Financiera, S. A., Suplemento a *El Mercado de Valores*, no. 52, diciembre 29, 1975.

Por lo que se refiere al destino final, en forma sucinta puede decirse que la celulosa de madera y de plantas de ciclo anual blanqueadas, se destinan principalmente a la fabricación de papel para impresión y escritura, sanitario y facial y algunos tipos de cartulinas y especialidades.

La celulosa sin blanquear o cruda, ya sea de madera o de plantas de ciclo anual, se utiliza principalmente en la fabricación de papel para envoltura, sacos, bolsas, cartones, cajas y cartoncillos de baja calidad.

Debe señalarse que en los últimos años se destaca la tendencia creciente a emplear desperdicios de papel como fuente adicional de materia prima para fabricar papel, la cual complementa la demanda de celulosa.

#### 4. PRODUCCION INTERNA DE CELULOSA

La oferta interna de celulosa proviene en forma mayoritaria de 12 empresas productoras de celulosa y de 15 empresas integradas; estas últimas

la producen para el autoabastecimiento de sus fábricas de papel.

El cuadro 2 muestra la evolución histórica de la producción de celulosa en México, desglosada en los tipos antes mencionados.

La producción en los últimos ocho años muestra una evolución con crecimiento ligeramente inferior al que registró la fabricación de papel. En el periodo comprendido de 1970 a 1977, la producción de todos los tipos de celulosa pasó de 472 874 toneladas a 671 977, lo cual equivale a una tasa promedio anual de crecimiento de 5.1% tal como puede verse en el cuadro 2.

La fabricación de celulosa muestra algunas tendencias dentro de sus fuertes variaciones anuales: algunos tipos van adquiriendo cierta preponderancia por su creciente participación en la producción total, frente a otros en franco descenso, como consecuencia de una gradual sustitución de aquellas celulosas que se derivan de materias primas cuya oferta es limitada o de alto costo, por

Cuadro 2  
MEXICO: PRODUCCION DE CELULOSA, 1970-1977  
(Toneladas)

Tipos de celulosa									Incremento
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	medio anual %
TOTAL	472 874	474 685	483 164	513 040	566 763	550 222	623 005	671 977	5.1%
De madera al sulfato blanqueada	84 830	85 281	93 955	86 332	106 457	109 738	122 717	140 741	7.5
De madera al sulfato sin blanquear	157 784	150 384	152 409	171 931	178 707	188 890	219 317	223 630	5.1
De madera al sulfito blanqueada	8 630	9 966	11 970	11 220	10 707	7 982	10 335	9 120	0.8
De madera al sulfito sin blanquear	1 733	1 757	7 300	15 663	7 767	6 906	5 225	5 250	17.1
De bagazo de caña blanqueada	78 497	86 166	84 539	102 237	125 065	123 254	153 556	175 822	12.2
De bagazo de caña sin blanquear	36 893	38 157	35 082	37 167	54 641	47 256	40 116	41 345	1.6
De paja de trigo o cebada sin blanquear <sup>1</sup>	22 179	24 796	18 111	16 249	17 594	9 512	8 160	8 635	-12.6
De borra de algodón blanqueada <sup>2</sup>	9 736	8 084	10 102	10 569	5 436	3 859	6 215	8 006	-2.8
Pasta mecánica de madera	66 028	61 997	62 354	60 672	58 498	50 760	53 708	53 987	-2.8
Otras celulosas	6 564	8 097	7 342	1 000	1 891	2 065	3 656	5 436	-2.7

<sup>1</sup> Se blanquean pequeñas cantidades.

<sup>2</sup> Únicamente la destinada a la industria del papel.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

otras con amplia disponibilidad de materia prima o de menores costos relativos.

Las más importantes son las celulosas químicas de madera al sulfato blanqueada y sin blanquear, que representaron conjuntamente, el 52.2% de la producción total en el periodo 1970-1977.

Por cuanto a la dinámica de su crecimiento, la tasa promedio anual en dicho periodo ha sido

de 7.5% para la celulosa al sulfato blanqueada y de 5.1% para la de sulfato sin blanquear (cuadro 2).

En orden de importancia les siguen las celulosas químicas de bagazo de caña, blanqueada y sin blanquear, las cuales, en conjunto, han tenido una participación creciente que va del 24.4% en 1970, al 32.3% en 1977. Debe señalarse que el crecimiento de su producción anual ha sido uno de los más dinámicos, en particular el de celulosa

Cuadro 3  
MEXICO: ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION DE CELULOSA, 1970-1977  
(Porcientos)

Tipos de celulosa	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
De madera al sulfato blanqueada	17.9	17.9	19.4	16.8	18.8	19.9	19.7	20.9
De madera al sulfato sin blanquear	33.4	31.6	31.5	33.5	31.5	34.3	35.2	33.3
De madera al sulfito blanqueada	1.8	2.1	2.5	2.2	1.9	1.5	1.7	1.4
De madera al sulfito sin blanquear	0.4	0.4	1.5	3.1	1.4	1.3	0.8	0.8
De bagazo de caña blanqueada	16.6	18.1	17.5	19.9	22.1	22.4	24.7	26.2
De bagazo de caña sin blanquear	7.8	8.0	7.3	7.2	9.6	8.6	6.4	6.1
De paja de trigo o cebada sin blanquear <sup>1</sup>	4.7	5.2	3.8	3.2	3.1	1.7	1.3	1.3
De borra de algodón blanqueada <sup>2</sup>	2.0	1.9	2.1	2.1	1.0	0.7	1.0	1.2
Pasta mecánica de madera	14.0	13.1	12.9	11.8	10.3	9.2	8.6	8.0
Otras celulosas	1.4	1.7	1.5	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8

<sup>1</sup> Se blanquean pequeñas cantidades.

<sup>2</sup> Únicamente la destinada a la industria del papel.

FUENTE: Cuadro 2.

blanqueada cuya tasa media de incremento anual en el citado periodo fue de 12.2%, y se estima que en el futuro continuará aumentando su participación, en particular, debido a la fabricación de papel periódico en escala creciente.

En tercer término aparecen las celulosas químicas de madera al sulfito, blanqueada y sin blanquear, cuya participación conjunta en la producción total fue creciente de 1970 a 1973 y decreciente de 1974 a 1977, llegando en este último año a 2.2%.

Entre los demás materiales celulósicos figura la pasta mecánica de madera que en 1970 participó con el 14.0% y en 1977 bajó al 8.0%, mostrando una constante disminución al ritmo medio anual de -2.8% en el periodo.

Por cuanto a las celulosas de paja de trigo o cebada, de borra de algodón y las clasificadas como otras celulosas, se observa también una disminución que se refleja en una participación muy marginal, de sólo 1.3, 1.2 y 0.8%, respectivamente, en 1977.

El comportamiento desigual que se observa en la producción nacional de celulosa puede atribuirse en buena medida a una creciente sustitución de las que se derivan de materias primas más costosas o cuya oferta, además de limitada, está restringida por factores ajenos a la industria, no obstante el estímulo de la demanda existente; tal es el caso de las celulosas de madera.

#### 5. IMPORTACIONES DE CELULOSA

La oferta nacional de celulosa, según se indicó, ha sido tradicionalmente deficitaria respecto a las necesidades de la industria del papel, principal demandante, por lo que las importaciones de

diferentes tipos de celulosa, así como de desperdicios de papel, complementan la producción interna, en particular de aquellos materiales celulósicos cuya materia prima presenta problemas de suministro. La evolución histórica de las importaciones en el periodo 1970-1977 queda resumida en el cuadro 4.

El análisis de las importaciones de celulosa, incluyendo las de desperdicios de papel, muestra en forma evidente que los volúmenes importados registran fuertes fluctuaciones anuales que obedecen al carácter complementario que tienen dichas importaciones.

Estas, en conjunto, muestran un crecimiento lento de 2.7%, frente a la tasa de 5.1% de la producción interna.

Otro aspecto importante de las importaciones lo constituyen las tendencias decrecientes que, en cierto modo, reflejan la declinación relativa de la dependencia que guarda la industria del papel respecto del exterior, en lo que a materia prima se refiere. En efecto, en la evolución histórica de las importaciones, destacan por su acelerado descenso: la celulosa química al sulfato cuando no procede de coníferas, con la tasa negativa más alta de -30.5% anual, seguida por la celulosa química al sulfito que decrece a una tasa anual de -21.8% y por la pasta mecánica de madera que ha venido disminuyendo a un ritmo anual de -20.7%.

En contraste, la celulosa química de madera al sulfato cuando procede de coníferas, es la única que muestra una tendencia creciente, cuyo ritmo de incremento anual fue de 7.4%.

Por otro lado, conviene destacar el predominio que han alcanzado las importaciones de des-

**Cuadro 4**  
**MEXICO: IMPORTACIONES DE CELULOSA, PASTAS Y DESPERDICIOS DE PAPEL, 1970-1977**  
 (Toneladas)

Productos	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Incremento medio anual %
<b>TOTAL</b>	168 565	84 454	84 754	212 663	343 662	135 121	155 419	203 218	2.7
Pasta mecánica de madera	22 538	17 640	25 260	25 214	37 290	14 577	13 450	4 444	-20.7
Celulosa química de madera <sup>1</sup>									
Al sulfato cuando procede de coníferas	29 895	28 349	45 628	83 792	101 414	40 322	64 876	49 266	7.4
Al sulfato cuando no procede de coníferas	—	—	5 196	31 270	22 403	11 641	2 231	844	-30.5 <sup>2</sup>
Al sulfito	73 083	25 202	7 258	41 357	32 127	26 399	19 416	13 098	-21.8
Desperdicio de papel blanco y del color natural de la pasta <sup>3</sup>	43 049	13 263	1 412	31 030	150 428	42 182	55 446	135 566	17.8
Desperdicios de papel y cartón	—	—	—	—	—	—	—	102 806	—
Desperdicios de papel periódico para fabricación de papel periódico	—	—	—	—	—	—	—	32 760	—

<sup>1</sup> A partir de 1972, las estadísticas oficiales tienen mayor desglose en las importaciones de celulosa al sulfato.

<sup>2</sup> Comprende el periodo de 1972 a 1977.

<sup>3</sup> A partir de 1977, las estadísticas oficiales dividen las importaciones de desperdicios de papel en: Desperdicios de papel y cartón y Desperdicios de papel periódico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

perdicios de papel blanco y del color natural de la pasta (que incluye los desperdicios de papel periódico), las cuales ascendieron de 43 049 toneladas en 1970, a 135 566 en 1977, lo que corresponde a una acelerada tasa de crecimiento anual de 17.8%.

El resumen de la participación relativa de los distintos tipos de celulosa dentro de las importaciones totales, que muestra el cuadro 5, permite apreciar las tendencias tanto de sustitución de ciertos tipos de celulosa por otros, como la sustitución de importaciones por producción interna creciente.

**Cuadro 5**  
**MEXICO: ESTRUCTURA DE LAS IMPORTACIONES DE CELULOSA, PASTAS Y DESPERDICIOS DE PAPEL, 1970-1977**

(Porcientos)

Productos	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<b>TOTAL</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Pasta mecánica de madera	13.4	20.9	29.8	11.9	10.9	10.8	8.7	2.2
Celulosa química de madera <sup>1</sup>								
Al sulfato cuando procede de coníferas	17.7	33.6	53.8	39.4	29.5	29.9	41.7	24.2
Al sulfato cuando no procede de coníferas	—	—	6.1	14.7	6.5	8.6	1.4	0.4
Al sulfito	43.4	29.8	8.6	19.4	9.3	19.5	12.5	6.5
Desperdicio de papel blanco y del color natural de la pasta <sup>2</sup>	25.5	15.7	1.7	14.6	43.8	31.2	35.7	66.7
Desperdicios de papel y cartón	—	—	—	—	—	—	—	50.6
Desperdicios de papel periódico para fabricación de papel periódico	—	—	—	—	—	—	—	16.1

<sup>1</sup> A partir de 1972, las estadísticas oficiales tienen mayor desglose en las importaciones de celulosa al sulfato.

<sup>2</sup> A partir de 1977, las estadísticas oficiales dividen las importaciones de desperdicios de papel en: Desperdicios de papel y cartón y Desperdicios de papel periódico.

FUENTE: Cuadro 4.

La participación de la celulosa química al sulfato que en 1970 representó el 43.4% se redujo rápidamente hasta un 6.5% en 1977. En similar situación están la celulosa química al sulfato cuando no procede de coníferas, que disminuyó de 6.1% (en 1972) a 0.4% y la pasta mecánica de madera, que de 13.4% descendió a sólo 2.2%.

En cambio, la celulosa química de madera procedente de coníferas muestra una participación creciente al pasar de 17.7% a 24.2% y también el desperdicio de papeles, que de 25.5% en 1970 subió a 66.7% en 1977.

Es conveniente hacer hincapié en que las importaciones muestran, en general, considerables fluctuaciones de un año a otro, lo que se refleja, asimismo, en variaciones de su participación porcentual. Esta condición revela la amplia disponibilidad de la oferta externa de celulosa.

#### 6. CONSUMO APARENTE DE CELULOSA

La oferta interna de celulosa ha sido deficitaria hasta la fecha, por lo que el consumo es complementado con importaciones. Su evolución histórica se presenta en el cuadro 6 y muestra que el total fue de 545 876 toneladas en 1971 y ascendió a 739 629 toneladas en 1977, por lo que su cre-

cimiento se realizó a una tasa de 5.2% anual en promedio.

Es de interés señalar que en ese consumo, la producción interna total creció a la tasa de 6%, mientras que la importación, después de alcanzar su más alto nivel en 1974, decreció considerablemente.

Por tipos de celulosa, el consumo aparente de la química de madera al sulfato participa con la más alta proporción en el consumo total: 48.3% en 1971 y 55.9% en 1977. Asimismo, muestra el más dinámico crecimiento: 7.5% en su producción interna y 9.6% en importación, durante el periodo 1971-1977.

El segundo lugar por su crecimiento y participación corresponde a la celulosa de plantas de ciclo anual, cuya producción se elevó de 157 203 toneladas en 1971, a 233 808 en 1977, es decir a una tasa de 6.8% anual. La participación se elevó paralelamente de 28.8 a 31.6%, en los años citados.

Debe hacerse resaltar el hecho de que en este tipo de celulosa no figura importación alguna y se estima que su consumo y producción interna sostendrán una tendencia creciente.

Cuadro 6  
MEXICO: CONSUMO APARENTE DE CELULOSA, 1971-1977  
(Toneladas)

Tipos de celulosa	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Incremento medio anual %
<b>TOTAL</b>	<b>545 876</b>	<b>566 506</b>	<b>694 673</b>	<b>759 997</b>	<b>643 161</b>	<b>722 978</b>	<b>739 629</b>	<b>5.2</b>
Producción	474 685	483 164	513 040	566 763	550 222	623 005	671 977	6.0
Importación	71 191	83 342	181 633	193 234	92 939	99 973	67 652	-0.8
<b>Química de madera al sulfato</b>	<b>264 014</b>	<b>291 992</b>	<b>342 055</b>	<b>386 578</b>	<b>338 950</b>	<b>406 910</b>	<b>413 637</b>	<b>7.8</b>
Producción	235 665	246 364	258 263	285 164	298 628	342 034	364 371	7.5
Importación	28 349	45 628	83 792	101 414	40 322	64 876	49 266	9.6
<b>Química de madera al sulfato</b>	<b>36 925</b>	<b>26 528</b>	<b>68 240</b>	<b>50 601</b>	<b>41 287</b>	<b>34 976</b>	<b>27 473</b>	<b>-4.8</b>
Producción	11 723	19 270	26 883	18 474	14 888	15 560	14 375	3.5
Importación	25 202	7 258	41 357	32 127	26 399	19 416	13 098	-10.3
<b>Química de plantas anuales<sup>1</sup></b>	<b>157 203</b>	<b>147 834</b>	<b>166 222</b>	<b>202 736</b>	<b>183 881</b>	<b>208 047</b>	<b>233 808</b>	<b>6.8</b>
Producción	157 203	147 834	166 222	202 736	183 881	208 047	233 808	6.8
Importación	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Pasta mecánica de madera</b>	<b>79 637</b>	<b>87 614</b>	<b>85 886</b>	<b>95 788</b>	<b>65 337</b>	<b>67 158</b>	<b>58 431</b>	<b>-5.0</b>
Producción	61 997	62 354	60 672	58 498	50 760	53 708	53 987	-2.3
Importación	17 640	25 260	25 214	37 290	14 577	13 450	4 444	-20.5
<b>Otras celulosas</b>	<b>8 097</b>	<b>12 538</b>	<b>32 270</b>	<b>24 294</b>	<b>13 706</b>	<b>5 887</b>	<b>6 280</b>	<b>-4.1</b>
Producción	8 097	7 342	1 000	1 891	2 065	3 656	5 436	-6.4
Importación	—	5 196	31 270	22 403	11 641	2 231	844	-30.5 <sup>2</sup>

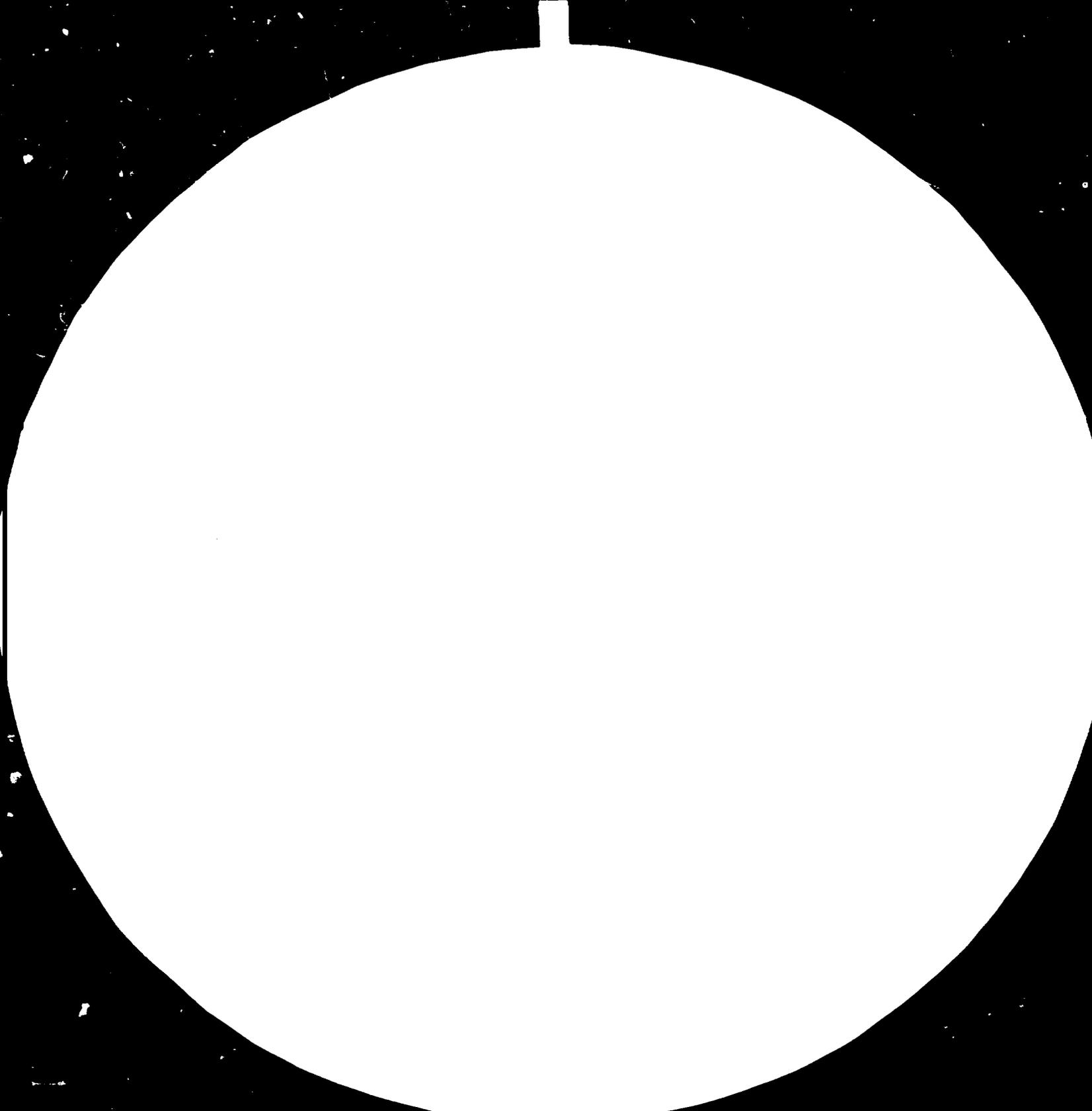
<sup>1</sup> Incluye celulosas de bagazo de caña, de paja de trigo o cebada y de borra de algodón.

<sup>2</sup> Corresponde al periodo 1972-1977.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.



84.10.15  
ADOC  
07





2.8

3.2

3.6

4.0

4.5

5.0

5.6

6.3

7.1

8.0

MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL NUMBER  
2525-A (1963) TEST CHART 101

Cuadro 7

## MEXICO: ESTRUCTURA DEL CONSUMO APARENTE DE CELULOSA, 1971-1977

(Porcientos)

Tipos de celulosa	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>						
Producción	87.0	85.3	73.9	74.6	85.5	86.2	90.9
Importación	13.0	14.7	26.1	25.4	14.5	13.8	9.1
Química de madera al sulfato	48.3	51.5	49.3	50.9	52.7	56.3	55.9
Producción	43.1	43.5	37.2	37.5	46.4	47.3	49.3
Importación	5.2	8.0	12.1	13.4	6.3	9.0	6.6
Química de madera al sulfito	6.8	4.7	9.8	6.6	6.4	4.8	3.7
Producción	2.2	3.4	3.9	2.4	2.3	2.2	1.9
Importación	4.6	1.3	5.9	4.2	4.1	2.6	1.8
Química de plantas anuales <sup>1</sup>	28.8	26.1	23.9	26.7	28.6	28.8	31.6
Producción	28.8	26.1	23.9	26.7	28.6	28.8	31.6
Importación	—	—	—	—	—	—	—
Pasta mecánica de madera	14.6	15.5	12.4	12.6	10.2	9.3	7.9
Producción	11.4	11.0	8.8	7.7	7.9	7.4	7.3
Importación	3.2	4.5	3.6	4.9	2.3	1.9	0.6
Otras celulosas	1.5	2.2	4.6	3.2	2.1	0.8	0.9
Producción	1.5	1.3	0.1	0.3	0.3	0.5	0.8
Importación	—	0.9	4.5	2.9	1.8	0.3	0.1

<sup>1</sup> Incluye las celulosas de bagazo de caña, de paja de trigo o cebada y de borra de algodón.

FUENTE: Cuadro 6.

En el caso de la pasta mecánica de madera, la producción interna muestra un descenso de 2.3% al año, pero las importaciones descienden en forma más acelerada, 20.5% anual: su participación, por tanto, muestra una acentuada disminución: del 14.6% en 1971 al 7.9% en 1977, del consumo aparente total.

Los demás tipos de celulosa muestran participaciones decrecientes y marginales.

Con el fin de apreciar la composición del consumo aparente de los diversos tipos de celulosa, en el cuadro 7 se presenta la estructura porcentual de la producción interna y de las importaciones.

El consumo aparente total en 1971 estuvo formado en 87% por producción interna y en 13% por importaciones. Dos años después se modificó en favor de la importación que alcanzó el 26.1%, mientras la producción interna bajó al 73.9%. Sin embargo, a partir de 1974, las importaciones disminuyen su participación hasta el 9.1% en 1977.

Por tipos de celulosa, se observa una situación similar en el caso de la celulosa química de madera al sulfato, donde las importaciones ascendieron desde 5.2% en 1971, a 13.4% en 1974, para descender a 6.6% en 1977.

Una situación contraria ocurre en el caso de la celulosa química de madera al sulfito, donde las

importaciones predominaron en 1971 sobre la producción interna para después fluctuar en los años siguientes y descender en 1977. Conviene señalar que su participación dentro del consumo aparente total, solamente alcanzó el 3.7% en 1977.

En el caso de otras celulosas, la importación, llegó a constituir la casi totalidad del consumo aparente en 1973, pero luego comenzó a descender gradualmente hasta que en 1977 su participación fue insignificante. La participación de este grupo en el consumo aparente total es completamente marginal, pues sólo representó el 0.9% en 1977.

En resumen, el comportamiento del consumo por tipos de celulosa es irregular, pues en tanto que algunos productos muestran un consumo creciente, otros lo disminuyen.

Esas tendencias opuestas se originan por un lado, en la creciente sustitución de unas celulosas por otras, por razones de costo o de otra índole. Por otro lado, provienen de una mejor utilización de la capacidad instalada y de la puesta en marcha de ampliaciones de plantas existentes o de nuevas instalaciones.

Conviene recordar que el cambio de paridad de la moneda que ocurrió a fines de 1976, influyó en forma importante para reducir las importaciones mediante la mejora de la eficiencia y utilización de la capacidad instalada.

## B. LA DEMANDA DE PAPEL

### 1. CLASIFICACION

La clasificación de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel agrupa la extensa gama de papeles que participan en el mercado, de acuerdo a su uso final, sus características, las materias primas utilizadas y los procedimientos de fabricación.

Este último criterio, por su íntima relación con la maquinaria y equipo, resulta apropiado para los fines del presente estudio. Por otra parte, es consistente con la clasificación empleada por diversos organismos oficiales relacionados con las actividades industriales y de comercio.

### 2. TIPOS DE PAPEL

- Papeles para impresión y escritura
- Papel periódico
- Papeles y cartoncillos cubiertos
- Papeles y cartoncillos no cubiertos
- Papel para sacos, bolsas y envoltura
- Papel para cajas
- Papel sanitario y facial
- Otros papeles

Como la propia designación lo sugiere, los papeles para impresión y escritura se utilizan comúnmente para escritura a mano y a máquina, y para la impresión de libros, revistas, etc.

El papel periódico encuentra su más amplio uso para la impresión de diarios o periódicos, revistas y libros de bajo precio. En este grupo está

incluido el papel rotograbado, mismo que por su calidad muestra una demanda creciente para la impresión a color en las modernas máquinas rotativas *offset*.

Los papeles cubiertos se emplean mayormente para la impresión fina de revistas, catálogos y folletos. Los cartoncillos cubiertos se usan para empaques flexibles, ligeros, que requieren impresión además de buena presentación.

En cambio, los papeles y cartoncillos no cubiertos, son apropiados para elaborar empaques flexibles de bajo precio y como refuerzo de pastas de libros y libretas. En este grupo están incluidas las cartulinas que son apropiadas para tarjetas, invitaciones, y en general, material de publicidad.

El papel para sacos, por lo general es del tipo kraft o semikraft, puesto que debe ser de alta resistencia para su empleo en la manufactura de sacos para cemento, cal y similares; otras variedades como el papel estrasa, el papel china y otros, se utilizan para la fabricación de bolsas de diversas clases y para envolturas ligeras.

El papel para cajas encuentra su mayor uso en la manufactura de cajas y empaques rígidos, en forma de cartón liso o corrugado (*liner y medium*).

Los papeles sanitario y facial tienen características adecuadas para dichos usos. Y en el grupo de otros papeles se incluyen todos los que deben satisfacer usos especiales de muy diversa índole, distinta de la de los tipos antes descritos.

### 3. PRODUCCION INTERNA

La producción interna de papel se realiza en 53 empresas (a fines de 1977) de las cuales 15 son

Cuadro 8  
MEXICO: PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS, 1970-1977  
(Toneladas)

Tipos de papel	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Incremento medio anual %
TOTAL	896 687	907 821	961 127	1 112 658	1 253 688	1 184 603	1 330 922	1 453 656	7.1
Para impresión y escritura	122 204	125 158	141 031	146 892	190 052	187 478	222 425	219 648	8.7
Papeles y cartoncillos cubiertos	74 232	81 063	108 150	136 604	140 282	133 855	152 692	173 990	12.9
Cartoncillos y cartulinas no cubiertos	91 302	83 142	74 773	72 897	77 956	75 100	81 675	77 289	- 2.4
Papel periódico	40 066	37 943	39 664	39 180	40 000	29 380	56 204	89 664	12.2
Para sacos, bolsas y envolturas	198 378	185 978	180 457	208 836	216 110	238 903	225 583	231 823	2.3
Para cajas	282 941	299 779	328 920	387 703	444 127	387 580	446 535	497 907	8.4
Sanitario y facial	56 256	58 392	70 985	88 015	99 752	105 176	112 491	126 324	12.2
Otros papeles	31 374	36 366	37 147	30 531	45 409	27 131	33 317	37 011	2.4

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

**Cuadro 9**  
**MEXICO: ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS, 1970-1977**  
(Porcientos)

Tipos de papel	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>							
Papel para impresión y escritura	13.6	13.8	14.4	13.4	15.2	15.8	16.7	15.1
Papeles y cartoncillos cubiertos	8.3	8.9	11.0	12.3	11.2	11.3	11.5	12.0
Cartoncillos y cartulinas no cubiertos	10.2	9.2	7.6	6.6	6.2	6.3	6.1	5.3
Papel periódico	4.5	4.2	4.1	3.5	3.2	2.5	4.2	6.2
Para sacos, bolsas y envolturas	22.1	20.5	18.4	18.8	17.2	20.2	16.9	15.9
Para cajas	31.6	33.0	33.5	34.8	35.4	32.7	33.6	34.3
Sanitario y facial	6.3	6.4	7.2	7.9	8.0	8.9	8.5	8.7
Otros papeles	3.4	4.0	3.8	2.7	3.6	2.3	2.5	2.5

FUENTE: Cuadro 8.

integradas y 38 fabrican sólo papel partiendo de celulosa que adquieren de las plantas establecidas en el país, o bien de proveedores externos. En forma creciente se vienen utilizando los desperdicios de papel, que en su mayoría provienen de importación.

En términos generales puede decirse que la producción de papel guarda estrecha relación con las actividades económicas del país, aún cuando ocasionalmente resulta afectada por ciertas situaciones socioeconómicas. Asimismo, puede mencionarse que su evolución se realiza a un ritmo ligeramente más dinámico que el de la economía en su conjunto.

En el periodo de 1970 a 1977, la producción anual total de papel, pasó de 896 687 toneladas a 1 453 656, lo que implica un crecimiento medio anual de 7.1%, tal como puede verse en el cuadro 8, donde aparece la evolución histórica de la producción interna de papel por tipos.

Es claro que no todos los tipos de papel muestran igual comportamiento; un breve análisis en términos del tonelaje producido, permite destacar la preponderancia de algunos papeles frente a otros, que aun con una producción inferior, resultan ser económicamente los más importantes dentro del mercado nacional.

El tipo más destacado es el de papel para cajas, el cual, aún cuando muestra un crecimiento promedio anual de 8.4% (ver cuadro 8), su participación en la producción total fluctuó en los últimos ocho años entre 31.6% y 34.3%, tal como puede verse en el cuadro 9, donde se presenta la estructura de la producción interna por tipos.

En cambio, el grupo de papeles denominado sanitario y facial, apenas si ha llegado a representar el 6.3% en 1970 y el 8.7% en 1977, de la producción total, ubicándose como el segundo de los más bajos. Sin embargo, este grupo se encuentra entre los que han tenido el desarrollo más dinámico, con tasa anual de 12.2%, y por ende, donde

se ubican importantes empresas productoras que han contribuido a que las inversiones adopten una forma igualmente dinámica y de tipo innovador, ampliando continuamente la capacidad instalada con maquinaria cada vez más moderna, lo que marca un notable contraste con las empresas de los demás grupos de papel.

El segundo grupo, con una importante participación en la producción total, lo constituye el papel para sacos, bolsas y envoltura. En los últimos años este grupo muestra una lenta tendencia decreciente en su participación en la producción total. En efecto, en tanto que en 1970 su contribución fue del 22.1%, en 1977 descendió al 15.9%; y su tasa de crecimiento fue de sólo 2.3% anual. Lo anterior sugiere una tendencia de sustitución del papel en estos usos por otros materiales; la que, según se desprende de opiniones de técnicos especializados, podría ser cada vez más acentuada.

El grupo de papeles para impresión y escritura representa el tercer grupo en importancia por cuanto al volumen de su producción, la cual ha venido mostrando una participación creciente en la total. Este hecho resulta particularmente importante si se tiene en cuenta que por su gramaje, el papel para impresión y escritura figura en el segundo rango entre los papeles más ligeros, esto es, después del papel sanitario y facial, a pesar de lo cual, su participación en la producción total está aumentando más rápidamente que la del papel para empaque, que es más pesado. De 1970 a 1977 su tasa de crecimiento fue del 3.7% anual, y su contribución a la producción total aumentó del 13.6% al 15.1%; en tanto que el papel para empaque registró un crecimiento menor, 6.1% al año.

Los papeles y cartoncillos cubiertos figuran como el cuarto grupo y su contribución a la producción total ha sido también cada vez mayor en los últimos años. En 1970, este tipo constituyó el

Cuadro 10

## MEXICO: IMPORTACIONES DE PAPEL POR TIPOS, 1971-1977

(Toneladas)

Tipos de papel	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Incremento medio anual %
<b>TOTAL</b>	<b>194 924</b>	<b>221 322</b>	<b>214 025</b>	<b>292 476</b>	<b>302 206</b>	<b>284 855</b>	<b>297 199</b>	<b>7.3</b>
<i>Papel para escritura e impresión</i>	180 207	184 230	167 350	234 379	263 010	249 098	257 953	6.2
<i>Papel para periódicos y para libros de texto</i>	168 430	168 880	153 215	216 417	249 374	241 584	250 557	6.8
Para periódicos	—	—	120 717	194 291	220 592	207 745	233 217	17.9 <sup>1</sup>
Para libros de texto	—	—	32 498	22 126	28 782	33 839	17 340	-14.5 <sup>1</sup>
Couché	5 422	9 841	7 923	9 291	9 007	4 578	4 293	- 3.8
Para tarjetas perforadas	5 753	5 049	5 479	7 820	2 494	2 124	2 639	-12.2
Para cheques y billetes de banco	588	416	660	762	458	425	464	- 3.9
Otros para impresión	14	44	73	89	1 677	387	—	94.2 <sup>2</sup>
<i>Papel para empaque</i>	900	15 879	23 513	35 413	27 696	30 693	34 893	84.0
Cartoncillo	700	11 714	19 837	25 376	21 265	30 693	34 045	91.1
Otros para empaque	200	4 165	3 676	10 037	6 431	—	848	27.3
<i>Otros papeles</i>	13 817	21 213	23 162	22 684	11 560	5 064	4 353	-17.5

<sup>1</sup> En el periodo 1973-1977.<sup>2</sup> En el periodo 1971-1976.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

8.3% de la producción, en tanto que para 1977 su aportación fue de 12.0%; por lo que a su desarrollo se refiere, resulta ser el más dinámico de los ocho tipos con una tasa media anual de 12.9%, seguida por las del papel sanitario y facial y el papel periódico, que han crecido a un ritmo anual de 12.2% en el periodo 1970-1977.

En contraste, los cartoncillos y cartulinas sin recubrir, muestran una producción con tasa decreciente o negativa del 2.4% anual, y su participación en la producción total ha disminuido de 10.2% en 1970, a 5.3% en 1977.

Todo lo anterior da una idea del comportamiento de los distintos tipos de papel y de su importancia relativa en el conjunto. Cada tipo tiene determinado su comportamiento por las distintas variables independientes que influyen en el consumo individual, así como por las características del mercado al que concurren; por ejemplo, el papel periódico tiene un uso muy específico en la impresión de diarios y de libros de texto gratuitos. Se utiliza en los tipos *newsprint standard* y *offset*, principalmente, pero la demanda del primero está siendo sustituida progresivamente por la del segundo a causa de la mayor utilización de las máquinas rotativas *offset* a color, lo que también explica el dinamismo con que viene creciendo desde 1956 la demanda de papel couché y rotograbado.

La producción interna de papel periódico se ha caracterizado por un rápido crecimiento de 12.2%

como promedio anual en el periodo de 1970 a 1977 (ver cuadro 8). Sin embargo, su participación en la producción total apenas ha pasado de 4.5% en 1970 a 6.2% en 1977, como lo muestra el cuadro 9. Es de esperarse que esta participación aumente en forma notable en 1979, puesto que a fines de 1978 entrará en operación una moderna planta de papel periódico.

## 4. IMPORTACIONES DE PAPEL

Según se mencionó al principio, las importaciones tradicionales de papel que complementan la oferta interna, con la única excepción del papel periódico (incluyendo el de rotograbado), son de carácter marginal y comprenden una gama muy amplia de papeles especiales en su gran mayoría, cuya fabricación en el país no se justifica desde el punto de vista económico.

Los cuadros 10 y 11 muestran la evolución y estructura de las importaciones, destacando los tres tipos de papeles que las integran. Es evidente la participación mayoritaria de los papeles para impresión y escritura, con 92.5% del total en 1971, que se redujo al 86.8% en 1977; en segundo término y muy atrás se ubican los papeles para empaque, cuya participación, que en 1971 fue de sólo 0.5% ascendió hasta el 11.7% en 1977. En contraste, la de otros papeles bajó de 7% en 1971 a solamente 1.5% en 1977.

Por lo que se refiere al crecimiento de las importaciones, es notable el del papel periódico cuya tasa, en el lapso de 1973 a 1977, fue de 17.9%, al pasar de 120 717 toneladas a 233 217 en los años citados. Al considerar en conjunto los papeles para periódico y para libro de texto, el crecimiento muestra una tasa de 13.1% en el lapso indicado como efecto de la reducción acelerada de la importación de papel para libro de texto, cuya tasa fue de -14.5%.

Por su tendencia decreciente resaltan las importaciones de otros papeles con una tasa de -17.5%; y las de papel para tarjetas perforadas con -12.2%. En cambio, las importaciones de otros papeles para impresión, cartoncillo y otros papeles para empaque muestran elevadísimas tasas de incremento.

Conviene señalar el efecto de la producción interna tendiente a la sustitución de importaciones de papeles, la cual es notable en ciertos casos; sin embargo no debe olvidarse que algunas reducciones en las importaciones pueden haber sido también consecuencia de la devaluación monetaria ocurrida a fines de 1976.

#### 5. CONSUMO APARENTE DE PAPEL

Como en el caso de la celulosa, la oferta interna de papel es tradicionalmente deficitaria por lo que el consumo aparente está compuesto por la producción interna, con participación mayoritaria, y por importaciones de papel. Ahora bien, en la estructura de las importaciones, se ha visto que

la mayor participación corresponde a los papeles para periódico y para libros de texto, los que se fabrican en una misma instalación pues sus características son muy similares. Esa participación alcanzó el 84.3% en 1977, razón por la cual es sin duda la más significativa.

Por otra parte, la importación de otros papeles es completamente marginal y no se considera de interés tratar de sustituirla por producción interna. Por estas razones, para el análisis del consumo aparente de papel se toman en cuenta solamente las importaciones de papel periódico. Al efecto, se forman tres grupos: uno que engloba los ocho tipos de papel, otro que excluye al papel periódico y un tercero que incluye únicamente el papel periódico.

En el cuadro 12 se puede apreciar que el consumo aparente total de papel (Grupo A) evolucionó con una tasa de crecimiento promedio anual de 7.2% en el periodo de 1973 a 1977, al pasar de 1 326 683 toneladas a 1 750 855 en los años citados. La producción interna creció a un ritmo ligeramente inferior, 6.9%, pasando de 1 112 658 toneladas a 1 453 656. En cambio las importaciones crecieron a una tasa mayor, 8.6%, habiendo pasado de 214 025 toneladas a 297 199. Por tanto, la importación total de papel hasta 1977 muestra un crecimiento más dinámico que el de la producción interna.

Esa condición se debe principalmente a la participación de las importaciones de papel periódico dentro de la total. Esto resalta al analizar los gru-

Cuadro 11

#### MEXICO: ESTRUCTURA DE LA IMPORTACION DE PAPEL POR TIPOS, 1971-1977

(Porcientos)

Tipos de papel	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Papel para escritura e impresión</i>	92.45	83.24	78.19	80.14	87.03	87.45	86.80
Papel para periódicos y para libros de texto	86.41	76.30	71.59	74.00	82.52	84.81	84.31
Para periódicos	—	—	56.40	66.43	72.99	72.93	78.47
Para libros de texto	—	—	15.19	7.57	9.53	11.88	5.84
Couché	2.78	4.45	3.70	3.18	2.98	1.61	1.45
Para tarjetas perforadas	2.95	2.78	2.56	2.67	0.83	0.74	0.89
Para cheques y billetes de banco	0.30	0.19	0.31	0.26	0.15	0.15	0.16
Otros para impresión	0.01	0.02	0.03	0.03	0.55	0.14	—
<i>Papel para empaque</i>	0.46	7.17	10.99	12.11	9.16	10.77	11.74
Cartoncillo	0.36	5.29	0.27	8.68	7.03	10.77	11.46
Otros para empaque	0.10	1.88	1.72	3.43	2.13	—	0.28
<i>Otros papeles</i>	7.09	9.59	10.82	7.75	3.81	1.78	1.46

FUENTE: Cuadro 10.

Cuadro 12  
MEXICO: CONSUMO APARENTE DE PAPEL POR GRUPOS, 1973-1977  
(Toneladas)

Conceptos	1973	1974	1975	1976	1977	Incremento medio anual %
<b>GRUPO A</b>						
Consumo aparente total	1 326 683	1 546 164	1 486 809	1 615 777	1 750 855	7.2
Producción	1 112 658	1 253 688	1 184 603	1 330 922	1 453 656	6.9
Importación	214 025	292 476	302 206	284 855	297 199	8.6
<b>GRUPO B</b>						
Consumo aparente excepto papel periódico	1 166 786	1 311 873	1 236 837	1 351 828	1 427 974	5.2
Producción	1 073 478	1 213 688	1 155 223	1 274 718	1 363 992	6.2
Importación	93 308	98 185	81 614	77 110	63 982	- 9.0
<b>GRUPO C</b>						
Consumo aparente de papel periódico	159 897	234 291	249 972	263 949	322 881	19.2
Producción	39 180	40 000	29 380	56 204	89 664	23.0
Importación	120 717	194 291	220 592	207 745	233 217	17.9

FUENTE: Cuadros 8 y 10.

pos B y C del cuadro 12. El grupo B, que excluye al papel periódico, muestra una tendencia decreciente de la importación de papel, en el lapso considerado al ritmo de -9%, al pasar de 93 308 toneladas a 63 982.

Se destaca, asimismo, la participación importante del consumo aparente de los siete tipos de papel, que representa el 87.9% del consumo total en 1973, disminuyendo a 81.6% en 1977.

Al analizar el grupo C, resalta no sólo el acelerado crecimiento de la producción interna de papel periódico con tasa del 23%, puesto que de un volumen de 39 180 toneladas en 1973 asciende a 89 664 en 1977; sino también un ligero aumento de su participación en el consumo, que de 24.5% en 1973 pasa a 27.8% en 1977. Por su parte, la importación de papel periódico también crece a ritmo acelerado, 17.9% anual.

El consumo aparente de papel periódico resulta igualmente dinámico al mantener una tasa de 19.2% en el lapso indicado, con lo que su participación en el consumo aparente total se eleva de 12.1% en 1973 a 18.4% en 1977.

Lo anterior corrobora lo señalado con respecto a la participación marginal de las importaciones de otros papeles y la predominancia de las de papel periódico.

Debe hacerse notar que en el cuadro 12, se analiza la evolución histórica de la producción interna, la importación y el consumo aparente desde 1973, en virtud de que sólo a partir de este año, se dispone de cifras oficiales de las importaciones de papel periódico, las cuales en años ante-

riores figuraban englobadas con otros papeles para impresión. Asimismo, en dicho cuadro figuran tres grupos de papeles en razón de que los que se importan, a excepción del papel para periódico y para libros de texto, no se fabrican en el país, por lo que conviene analizarlos por separado de los que sí se fabrican internamente. Por ejemplo, en la actualidad se importan papeles para fabricar tarjetas perforadas y para cheques y billetes de banco, los cuales, para efectos de análisis, quedan englobados en el grupo de papeles para impresión y escritura.

En cuanto a la estructura de los consumos aparentes de los papeles, según los grupos citados, el cuadro 13 muestra la composición correspondiente, donde se destaca el grupo C de papel periódico, tanto por su participación relativa en el consumo aparente total, como por la composición de su propio consumo, donde los déficit de la oferta interna se cubrieron con importaciones que significaron el 75.5% en 1973 y el 72.2% en 1977, del total. Esta ligera disminución es resultado de incrementos en la utilización de la capacidad instalada.

#### 6. EL CASO DEL PAPEL PERIODICO

La fabricación de papel periódico en México reviste gran interés en razón de que un desarrollo eficiente y adecuado puede permitir no solamente sustituir sus importaciones y alcanzar autosuficiencia, sino también llegar a proyectarse hacia los mercados exteriores, aprovechando además la situación cambiaria de la moneda.

El papel periódico, cuyas cotizaciones se determinan a nivel mundial, tradicionalmente sostuvo

Cuadro 13

## MEXICO: ESTRUCTURA DEL CONSUMO APARENTE DE PAPEL POR GRUPOS, 1973-1977

(Porcientos)

Conceptos	1973	1974	1975	1976	1977
<b>GRUPO A</b>					
Consumo aparente total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Producción	83.9	81.1	79.7	82.4	83.0
Importación	16.1	18.9	20.3	17.6	17.0
<b>GRUPO B</b>					
Consumo aparente excepto papel periódico	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Producción	92.0	92.5	93.4	94.3	95.5
Importación	8.0	7.5	6.6	5.7	4.5
<b>GRUPO C</b>					
Consumo aparente de papel periódico	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Producción	24.5	17.1	11.8	21.3	27.8
Importación	75.5	82.9	88.2	78.7	72.2

FUENTE: Cuadro 12.

bajo precio, mismo que llegó a conservarse prácticamente constante durante varios años, o con incrementos de 1.3 a 2% en diversos periodos. Esta situación desalentó los proyectos de fabricación en el país, aparte de que su mercado está dominado por países que lo fabrican en gran escala. Entre estos figuran Canadá, Estados Unidos y Finlandia, que son los principales proveedores de México en papel periódico, rotograbado, couché y otros.

La situación descrita, que prevaleció por varias décadas, se vio alterada súbitamente en 1973 por una demanda superior a las capacidades instaladas. Aunado a esto, los crecientes costos de fabricación impulsaron los precios al alza e hicieron del papel periódico un producto de rentabilidad atractiva.

En el caso de México existe una condición que puede permitir la fabricación de papel en forma competitiva a nivel internacional, que es la de contar con tecnología propia para la fabricación de papel a partir del bagazo de caña, o sea, de un desecho de una planta anual, cuya disponibilidad es amplia, puesto que México es un país productor de azúcar.<sup>4</sup>

En cambio, los grandes productores citados fabrican el papel en la forma tradicional, partiendo de celulosas de madera.

Ante el dinámico crecimiento de la demanda de papel periódico: dos veces y media superior al de los papeles en conjunto, y casi cuatro veces más alto que el crecimiento del grupo que incluye todos los tipos de papel excepto el de periódico; y a causa de la considerable salida de divisas que provoca las importaciones crecientes, desde hace varios años el sector oficial adoptó importantes medidas que tienden, en primer término, a sustituir su importación, y en segundo, a aprovechar la tecnología desarrollada en el país para utilizar el bagazo de caña como materia prima para obtener celulosa y también a recurrir al uso de los desperdicios de papel.

Lo anterior significa que la fabricación en el país de papel periódico se realiza bajo tres procedimientos distintos: partiendo de celulosas de madera, de celulosa de bagazo de caña y de desperdicios de papel.

Debe hacerse notar el hecho de que las importaciones de papel periódico engloban las de papel rotograbado. Este tipo de papel posee características de calidad superiores a las del primero, que permiten la impresión a color. Por esta razón su demanda viene adquiriendo una participación creciente dentro del renglón de papel periódico: en 1962 fue de unas 11 000 toneladas y en 1976 alcanzó las 39 000.

Como en el caso de la sustitución del papel *newsprint standard* por el offset, se observa también la sustitución del papel de rotograbado por el couché.

<sup>4</sup> En 1977 ocupó el octavo lugar entre los países productores de azúcar.

## C. PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE CELULOSA Y PAPEL

Las estimaciones de la demanda de celulosa y papel son básicamente las elaboradas para el estudio *Lineamientos Básicos para la Programación de la Industria de Celulosa y Papel*. En virtud de que las series proyectadas en ese estudio comprenden hasta 1985, se procedió en el presente a determinar las tasas medias anuales de crecimiento para cada tipo de celulosa y papel en el periodo 1975-1985 y extrapolar ese crecimiento por dos años más, es decir hasta 1987.

Según queda señalado en el estudio citado,<sup>5</sup> las proyecciones se elaboraron con base en dos juegos de hipótesis complementarias: a) las de correlación entre el consumo aparente de los distintos tipos de papel y las variables que se consideraron más indicativas de su comportamiento, y b) las hipótesis sobre las tasas a las que crecerán las variables explicativas del consumo de papeles.

De acuerdo con la relación insumo-producto que se establece para las demandas de celulosa y papel, se procedió a cuantificar primeramente la demanda futura de papel y luego, de manera derivada, la demanda de celulosa, recurriendo al empleo de coeficientes técnicos.

<sup>5</sup> Nacional Financiera, S. A., Suplemento a *El Mercado de Valores*, no. 52, diciembre 29, 1975, págs. 9 y 57.

### 1. DEMANDA DE PAPEL

Para la estimación de la demanda futura se utilizó el procedimiento de mínimos cuadrados para ajustar correlaciones de series históricas de consumo aparente y de algunas de sus variables explicativas y se seleccionaron las regresiones de mayor grado de correlación como base para proyectar la demanda para cada uno de los diferentes tipos de papel, según el desglose que utiliza la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel. El cuadro 14 resume estas proyecciones.

La proyección de la demanda de papel que comprende hasta el año de 1987, muestra una tasa de crecimiento anual de 8%, ligeramente mayor que la del periodo 1970-1977, la cual fue de 7.1%.

El incremento previsto en la tasa de la demanda global no se distribuye en igual medida entre las demandas individuales por tipos de papel, lo que hace prever algunos cambios en la estructura del consumo. En efecto, en el cuadro 14 puede notarse que de los ocho grupos en que se ha clasificado la gran variedad de papeles, sólo cuatro de ellos muestran una tasa de incremento anual superior al promedio. Estos son los papeles y cartoncillos cubiertos, cuya tasa prevista es de 12.2%; el papel sanitario y facial, con 10.0%; el grupo

Cuadro 14

### MEXICO: PROYECCION DE LA DEMANDA DE PAPEL POR TIPOS, 1977-1987

(Toneladas)

Años	Total	Papeles para impresión y escritura	Papel periódico	Papeles y cartoncillos cubiertos	Papeles y cartoncillos no cubiertos	Papel para sacos, bolsas y envolturas	Papel para cajas	Sanitario y facial	Otros papeles
1977	1 794 770	200 269	317 476	195 838	98 960	262 782	507 261	134 134	78 050
1978	1 934 114	211 058	339 311	219 843	102 400	275 720	552 571	147 683	85 528
1979	2 081 710	219 429	362 647	246 790	105 900	289 295	601 927	161 999	93 723
1980	2 248 922	234 371	387 588	277 039	109 500	303 539	655 693	178 490	102 702
1981	2 427 477	247 024	414 244	310 997	113 300	318 484	714 260	196 626	112 542
1982	2 621 460	260 339	442 734	349 117	117 200	334 165	778 059	216 521	123 325
1983	2 832 357	274 349	473 183	391 909	121 300	350 618	847 557	238 301	135 140
1984	3 061 592	289 090	505 727	439 947	125 500	367 881	923 263	262 096	148 088
1985	3 310 826	304 599	540 508	493 872	129 800	385 994	1 005 730	288 047	162 276
1986	3 582 329	321 047	577 803	554 124	134 213	404 908	1 095 240	317 140	177 854
1987	3 878 121	338 384	617 671	621 727	138 776	424 748	1 192 716	349 171	194 928
Incremento medio anual 1977-1987 %	8.0	5.4	6.9	12.2	3.4	4.9	9.9	10.0	9.6

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

Cuadro 15  
MEXICO: PROYECCION DE LA DEMANDA DE CELULOSA, 1977-1987  
(Toneladas)

Productos	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	Incremento medio anual %.
<b>TOTAL</b>	<b>1 678 003</b>	<b>1 880 132</b>	<b>2 076 874</b>	<b>2 501 333</b>	<b>2 657 345</b>	<b>2 758 663</b>	<b>3 066 922</b>	<b>3 307 495</b>	<b>3 576 782</b>	<b>3 953 067</b>	<b>4 376 830</b>	<b>10.0</b>
Celulosa de madera al sulfato blanqueda	224 487	241 953	257 689	317 435	341 706	368 858	398 233	432 116	465 735	514 171	567 645	9.7
Celulosa de madera al sulfato sin blanquear	259 384	275 544	290 338	313 404	332 179	353 872	377 491	395 886	428 681	456 545	486 221	6.5
Celulosa de madera al sulfito blanqueda	69 655	74 191	80 471	110 078	118 678	128 316	138 820	151 441	164 772	182 073	201 191	11.1
Celulosa de madera al sulfito sin blanquear	20 290	22 103	24 078	26 228	28 571	31 123	33 902	36 930	40 229	43 809	47 708	8.9
Celulosa de bagazo blanqueda	164 444	275 015	358 625	539 995	552 620	597 378	646 376	699 540	757 177	901 798	1 074 041	20.5
Celulosa de bagazo sin blanquear	60 871	66 309	73 232	78 684	85 712	93 368	101 706	110 791	120 687	131 428	143 125	8.9
Celulosa de paja sin blanquear	15 218	16 577	18 058	19 671	21 428	23 342	25 426	27 697	30 171	32 856	35 780	8.9
Borra de algodón	8 973	9 379	9 729	10 464	11 285	11 635	13 381	14 475	15 793	16 883	18 048	7.2
Pasta mecánica	119 508	107 790	118 699	154 447	165 733	175 674	184 917	194 511	206 105	221 151	237 295	7.1
Otras celulosas	12 073	12 229	13 928	26 142	27 633	29 336	31 249	33 336	35 623	40 111	45 166	14.1
Desperdicios	688 600	739 292	791 527	864 285	931 300	905 261	1 074 921	1 170 272	1 271 309	1 371 742	1 480 110	8.0
Pasta mecánica de desperdicios	34 500	39 750	40 500	40 500	40 500	40 500	40 500	40 500	40 500	40 500	40 500	1.6

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de *Lineamientos Básicos para la Programación de la Industria de Celulosa y Papel*, Suplemento a *El Mercado de Valores*, no. 52, diciembre 2º 1975.

de otros papeles, con 9.6%, y el de papel y cartón para cajas, con 8.9% anual.

Los grupos de papel con crecimiento inferior al promedio de 8.0% anual, son los siguientes: papel periódico, con una tasa anual de 6.9%; papeles para impresión y escritura, con 5.4%; papel para sacos, bolsas y envolturas, con 4.9%; y los papeles y cartoncillos no cubiertos, que aumentarán anualmente 3.4%.

## 2. DEMANDA DE CELULOSA

Con base en las relaciones tecnológicas existentes entre la producción de papel y la demanda generada para fabricar celulosa, se adoptaron algunas hipótesis que permitieron la elaboración de coeficientes técnicos con los cuales se estimó la demanda de celulosas.

Esas hipótesis<sup>6</sup> se refieren, en primer término, a la necesidad de considerar las tendencias sustitutivas que se han venido observando entre diferentes tipos de celulosa; y en segundo término, a los efectos y posibilidades de los avances tecnológicos, algunos de los cuales han sido desarrollados por la industria nacional, como es el caso de la fabricación de papel a partir de bagazo de caña, que es una materia prima relativamente

abundante en México y disponible para su aprovechamiento por la industria de la celulosa.

La demanda estimada para el próximo decenio presenta un dinamismo superior al observado en los últimos años, pues se prevé que crecerá al 10.0% anual, como puede verse en el cuadro 15, en tanto que el crecimiento histórico observado se efectuó a un ritmo de 5.2% anual. Dicho crecimiento hará que el consumo aparente total de celulosas ascienda en 1987, a 4 376 830 toneladas, incluyendo las celulosas vírgenes y aquellas que se obtienen de desperdicios, es decir, celulosas regeneradas.

El dinamismo de la demanda de celulosa lleva implícita una intensificación del proceso de sustitución de importaciones. Esa intensificación traerá como consecuencia el crecimiento en forma significativa de los requerimientos domésticos de celulosa, en particular para la fabricación de papel periódico, debido principalmente a que a finales de 1978 iniciará sus operaciones la planta, con capacidad de 100 000 TPA, de Mexicana de Papel Periódico, S. A.

El dinamismo esperado de la demanda de celulosa estará sustentado mayormente por el crecimiento acelerado que registrarán las celulosas de bagazo de caña, de las cuales, la blanqueada crecerá a razón de 20.5% anual, en tanto que la sin blanquear aumentará 8.9% al año (ver cuadro 15). El predominio de la celulosa de bagazo de caña se explica porque este material sustituirá

<sup>6</sup> En el apartado correspondiente a metodología se describe con detalle el procedimiento seguido para la proyección de la demanda de celulosa.

Cuadro 16  
MEXICO: ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE CELULOSA, 1977-1987  
(Porcientos)

Productos	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Celulosa de madera al sulfato blanqueada	13.4	12.9	12.3	12.7	12.9	13.4	13.0	13.1	13.0	13.1	13.1
Celulosa de madera al sulfato sin blanquear	15.5	14.7	14.0	12.5	12.5	12.8	12.3	12.0	12.0	11.5	11.1
Celulosa de madera al sulfito blanqueada	4.2	3.9	3.9	4.4	4.5	4.7	4.5	4.6	4.6	4.6	4.6
Celulosa de madera al sulfito sin blanquear	1.2	1.2	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Celulosa de bagazo blanqueada	9.8	14.6	17.3	21.6	20.8	21.7	21.2	21.2	21.2	22.8	24.5
Celulosa de bagazo sin blanquear	3.6	3.5	3.5	3.1	3.2	3.4	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3
Celulosa de paja sin blanquear	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Borra de algodón	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Pasta mecánica	7.1	5.7	5.7	6.2	6.2	6.4	6.0	5.9	5.8	5.6	5.4
Otras celulosas	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Desperdicios	41.0	39.3	38.0	34.7	35.1	32.7	35.1	35.4	35.6	34.8	33.8
Pasta mecánica de desperdicios	2.1	2.1	2.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9

FUENTE: Cuadro 15.

a la celulosa de madera en forma mayoritaria en la fabricación de papel para periódico y en forma creciente en la de papeles para impresión y escritura. El segundo tipo de celulosa en cuyo rápido crecimiento se apoya el dinamismo de la demanda, es el de las celulosas químicas de madera al sulfato blanqueada y sin blanquear, las cuales crecerán 9.7% y 6.5% al año, respectivamente.

Por otra parte, se prevé una situación relativamente menos favorable en la demanda de celulosa de paja, así como en la borra de algodón, pasta mecánica y pasta mecánica de desperdicios, cuyos crecimientos esperados son de 8.9% anual para la primera, de 7.1% para la pasta mecánica y de 7.2% para la celulosa de borra de algodón, por lo que su dinamismo resulta inferior al del total de las celulosas que es de 10.0%.

Por lo anterior, se prevé que la estructura actual de la demanda de celulosa se verá modificada en el transcurso de la próxima década. El cuadro 16 muestra las posibles variaciones en la participación de cada rubro dentro de la estructura de la demanda. Se destaca la celulosa de bagazo blanqueada, por el incremento de su participación, que de 9.8% en 1977 asciende hasta 24.5% en 1987. La celulosa de madera al sulfato blanqueada mantiene su aportación prácticamente constante en el lapso indicado, mientras que todos los demás tipos de celulosa muestran una participación decreciente. Se exceptúa la celulosa de madera al sulfato blanqueada que presenta un reducido incremento, aunque su participación permanecerá a nivel marginal con solamente 4.6% en 1987.

Por lo que toca a la celulosa que se deriva de desperdicios de papel, es decir, la regenerada, aún cuando muestra una participación decreciente

al pasar de 41% en 1977 a 33.8% en 1987, conserva su posición mayoritaria frente a los demás tipos de celulosa.

En resumen, las proyecciones de la demanda de ésta se apoyan en su desarrollo histórico, independientemente de las características cualitativas de las celulosas derivadas de determinadas clases de maderas de origen nacional, como es el caso de la celulosa química al sulfato. Tampoco se toman en cuenta situaciones que en algunos casos limitan el aprovechamiento de ciertos recursos forestales del país.

Por otra parte, las cifras estimadas representan los volúmenes de celulosa que se requerirán para producir los diferentes tipos de papel en los volúmenes previstos. Una evaluación simple de la demanda consiste en determinar necesidades de celulosa por tonelada de papel. Para esto puede utilizarse un coeficiente técnico de insumo de materia prima (celulosa) por tonelada de papel, que es de 1.08. Comparando las estimaciones del cuadro 15 con los resultados de aplicar este coeficiente a las proyecciones de la demanda de papel del cuadro 14, puede verse que en los años de 1977 a 1979 las cifras del cuadro 15 resultan subestimadas; en los años siguientes, con excepción del último, las cifras de ambas estimaciones son muy similares, con diferencias entre ellas no mayores de 3%; y sólo en el último año hay una ligera sobreestimación de cerca de 5%.

Sin embargo, en conjunto, la estimación global de la demanda de celulosa para los diez años, no sobrepasa los requerimientos de fibras para producir el volumen total de papel en dicho periodo. La proporción de celulosa por tonelada de papel en todo el lapso de proyección arroja un coeficiente promedio ponderado de 1.08 que coincide con el que se manejó antes.

### III. PROGRAMACION DE LAS NECESIDADES DE INSTALACIONES ADICIONALES PARA SATISFACER LA DEMANDA DE PAPEL Y CELULOSA

#### A. CONSIDERACIONES METODOLOGICAS

De acuerdo con el objetivo básico del presente estudio que es el de determinar las necesidades de maquinaria y equipo para satisfacer la demanda de papel y celulosa, se consideró conveniente adoptar la metodología que a continuación se describe y que comprende las siguientes etapas.

1. Determinación de la demanda de celulosa y papel clasificada por productos y por similitud de los equipos requeridos para su fabricación.

2. Determinación de plantas modulares tipo, tanto para la fabricación de papel como para la elaboración de celulosa.

3. Con base en los datos de la primera y segunda etapas, determinar el número de nuevas instalaciones que serán necesarias, tomando en cuenta:

a) Los proyectos aprobados de las empresas existentes en el país, en cuanto a ampliaciones de capacidad y a nuevas plantas.

b) Los proyectos de nuevas plantas de empresas que iniciarán sus actividades en la industria.

c) Los periodos requeridos para entrar en operación las nuevas plantas, desde el inicio de su construcción.

d) Los periodos o "curvas" de aprendizaje de las instalaciones nuevas.

e) Las posibilidades de mejoría en la eficiencia de instalaciones existentes, por modernización de los equipos, o por especialización en la producción.

Expresado en otros términos, se trata no solamente de estimar las necesidades de maquinaria y equipo, sino de establecer una propuesta de pro-

gramación de la capacidad adicional requerida por la industria para el periodo 1978-1987.

Debe señalarse que entre los distintos equipos que se requieren para la fabricación de celulosa y papel, destaca la máquina para papel, no sólo por constituir la mayor inversión dentro de la total de una planta completa, sino también por tratarse de un equipo muy complejo y de grandes dimensiones.<sup>7</sup>

Además, son las máquinas para papel las que presentan diferencias importantes en cuanto a diseño y construcción, razón primordial que obliga a considerarlas según los distintos tipos de papel que pueden fabricar.

Por otro lado, las importaciones más cuantiosas de maquinaria y equipo son las que se destinan a las fábricas de papel, y las de menor cuantía a las fábricas de celulosa.

Finalmente, en relación con la demanda de equipo deben considerarse los distintos procedimientos en uso para la producción de celulosa. Por ejemplo, el equipo que se requiere para producir celulosa a partir de la madera es un equipo relativamente costoso, pero se utiliza en escala reducida, por lo que su demanda es igualmente reducida. En cambio, se estima que los equipos para elaborar celulosa a partir de plantas de ciclo anual —concretamente de caña de azúcar— muy posiblemente tendrán una demanda creciente en razón de las ventajas inherentes a estas materias primas y por su capacidad para sustituir a la madera como material básico.

<sup>7</sup> Una máquina para fabricar papel periódico, con capacidad para 100 000 TPA, cuesta unos 16.2 millones de dólares, a precios de principios de 1977, y pesa alrededor de 1 700 toneladas.

## B. REAGRUPAMIENTO DE LOS TIPOS DE PAPEL Y CELULOSA

La justificación técnica de adoptar plantas modulares tipo tanto para la fabricación de papel, como para la elaboración de celulosa, lleva implícita la necesidad de agrupar previamente, por un lado, los tipos de papel que pueden fabricarse en una misma planta modular de acuerdo con sus características; y por otro, los diversos tipos de celulosa que pueden fabricarse con equipo similar.

Lo anterior ha dado como resultado una reagrupación de los diferentes tipos de papel y celulosa desde el punto de vista de su fabricación. Los ocho grupos que aparecen en el cuadro 14 quedan resumidos en sólo cuatro, que permiten determinar el número requerido de plantas modulares tipo que deben considerarse en la programación de nuevas instalaciones industriales para satisfacer la demanda de papel prevista para los próximos diez años.

### 1. DEMANDA DE PAPEL REAGRUPADA POR TIPOS DE FABRICACION

En el cuadro 17 se presentan las cifras de la demanda de los cuatro grupos de papel integrados por los siguientes tipos:

#### a) Papeles para impresión, escritura y similares

Este grupo engloba además de aquellos que tienen como uso final expreso la impresión y la escritura, una porción de la demanda de papeles, cartulinas y cartoncillos cubiertos y no cubiertos. Esa porción, conforme a opiniones de expertos en la industria, se estimó en un 40% de los papeles y cartulinas cubiertos y sin cubrir; el restante 60% se incluye en el grupo de papeles de empaque. Los productos clasificados bajo el rubro de "otros papeles", quedan incluidos, asimismo, en el de papeles para impresión.

#### b) Papel periódico

Comprende el papel para periódico, para rotograbado y el papel couché.

#### c) Papeles sanitario y facial

Se incluyen solamente los que se clasifican como papeles higiénicos, en sus diversas presentaciones.

#### d) Papeles para empaque y envoltura

En este grupo se incluyen el papel y cartón para cajas, el papel para sacos, bolsas y envoltura, así como el 60% de los cartoncillos cubiertos y sin cubrir, en sus distintas variedades.

### 2. DEMANDA DE CELULOSA REAGRUPADA POR TIPOS DE FABRICACION

Con respecto a celulosa, el cuadro 18 resume los cinco grupos resultantes del reagrupamiento de los doce incluidos en el cuadro 15, que comprenden los tipos que a continuación se listan:

#### a) Celulosas químicas de madera

Incluye las celulosas de madera al sulfato y al sulfito, tanto blanqueadas como sin blanquear.

#### b) Celulosas químicas de bagazo de caña

Incluye celulosas blanqueadas y sin blanquear.

#### c) Otras celulosas de plantas anuales

Engloban las de paja de trigo y cebada y las de borra de algodón.

#### d) Pasta mecánica

Incluye, además de la pasta mecánica de madera, la pasta mecánica derivada de desperdicios de madera.

#### e) Celulosas derivadas de desperdicios

Comprende celulosas que se obtienen de desperdicios de papel, o sea, que no se trata de celulosas vírgenes, sino regeneradas.

Cuadro 17

### MEXICO: PROYECCION DE LA DEMANDA DE PAPEL REAGRUPADA POR TIPOS DE FABRICACION, 1977-1987

(Miles de toneladas)

Años	Total	Papeles para impresión y escritura <sup>1</sup>	Papel periódico <sup>2</sup>	Papeles sanitario y facial	Papeles para empaque <sup>3</sup>
1977	1 795	396	318	134	947
1978	1 934	425	339	148	1 022
1979	2 082	454	363	162	1 103
1980	2 249	492	388	178	1 191
1981	2 427	529	414	197	1 287
1982	2 621	570	443	216	1 392
1983	2 832	615	473	238	1 506
1984	3 061	663	506	262	1 630
1985	3 311	716	541	288	1 766
1986	3 582	774	578	317	1 913
1987	3 878	837	618	349	2 074

<sup>1</sup> Incluye parte de papeles y cartoncillos con y sin recubrimiento y otros papeles transformados y sin transformar.

<sup>2</sup> Incluye papel rotograbado, cuya demanda en los años 1975, 1976 y 1977 fue de 42 400, 39 100 y 19 000 toneladas respectivamente.

<sup>3</sup> Incluye parte de papeles y cartoncillos con y sin recubrimiento, papeles para sacos, bolsas y envolturas y papel para cajas.

FUENTE: Cuadro 14.

Cuadro 18

## MEXICO: PROYECCION DE LA DEMANDA DE CELULOSA REAGRUPADA POR TIPOS DE FABRICACION, 1977-1987

(Toneladas)

Años	Total	Celulosas químicas de madera	Celulosas de bagazo de caña	Otras celulosas de plantas anuales	Pasta mecánica	Celulosas regeneradas
1977	1 678 003	573 816	225 315	36 264	154 008	688 600
1978	1 880 132	613 791	341 324	38 185	147 540	739 292
1979	2 076 874	652 576	431 857	41 715	159 199	791 527
1980	2 501 333	767 145	618 679	56 277	194 947	864 285
1981	2 657 345	821 134	638 372	60 346	206 233	931 300
1982	2 758 663	882 169	690 746	64 313	216 174	905 261
1983	3 066 922	948 446	748 082	70 056	225 417	1 074 921
1984	3 307 495	1 016 373	810 331	75 508	235 011	1 170 272
1985	3 576 782	1 099 417	877 864	81 587	246 605	1 271 309
1986	3 953 067	1 196 598	1 033 226	89 850	261 651	1 371 742
1987	4 376 830	1 302 765	1 217 166	98 994	277 795	1 480 110

FUENTE: Cuadro 15.

## C. PLANTAS MODULARES TIPO

## 1. FABRICACION DE PAPEL

Por lo que se refiere a la fabricación de papel, tanto las plantas integradas como las no integradas, requieren básicamente de una sección de preparación de la pasta y de otra de fabricación de papel; en ésta el equipo principal lo constituye la máquina para papel.

La preparación de la pasta se realiza según procedimientos similares en todas las fábricas, en que las diferencias dependen básicamente del tipo de papel, del gramaje por fabricar y, por supuesto, de las capacidades de los equipos. También dependen de si las materias primas básicas son celulosas vírgenes o regeneradas.

En cuanto a la fabricación del papel, las máquinas presentan diferencias importantes entre sí, por lo que se refiere a su diseño y construcción según el tipo de papel de que se trate; existe, sin embargo, cierta flexibilidad de operación que permite la fabricación de determinados papeles con características semejantes, dentro de ciertos gramajes y condiciones.

En el presente trabajo se consideran las máquinas que se requieren para fabricar papeles de los cuatro tipos seleccionados en sus respectivos módulos tipo.

## 2. DISEÑO DE LOS EQUIPOS

La oferta de maquinaria y equipo para la fabricación de papel en el ámbito mundial se concen-

tra en un reducido número de fabricantes. Esto es particularmente notable en lo tocante a las máquinas para papel, en razón de que se trata de máquinas de muy elevado costo relativo y por la tendencia de utilizar máquinas de alta capacidad de producción, en particular para ciertos tipos de papeles.

Con respecto al diseño, hasta hace pocos años, el tradicional había sido el de mesa plano o "Fourdrinier", pero a la fecha se dispone de nuevos diseños desarrollados por la exigencia de disponer de mayores capacidades, reducir el costo inicial y tener menores gastos de operación y mantenimiento, entre otras razones.

En términos generales puede decirse que los equipos que se emplean normalmente en la preparación de pastas, son muy semejantes en cuanto a sus principios de funcionamiento, por lo que su construcción es muy similar de fabricante a fabricante. Las diferencias son relativamente menores, supeditadas básicamente a los rangos de capacidad, a los distintos tipos de fibras y a las clases de controles que se les suministra.

Debe tenerse presente que en este trabajo no se pretende incluir un estudio detallado y exhaustivo de la maquinaria y equipo, sino que se trata de determinar las necesidades de maquinaria y equipos básicos representativos. No obstante, se han tomado en consideración diversos tipos de equipo, al adoptar varias plantas modulares tipo.

### 3. CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS Y TENDENCIAS

En cuanto a la capacidad de las plantas, éstas se seleccionaron con base en opiniones de funcionarios y técnicos de empresas fabricantes de papel, de representantes de empresas fabricantes de los equipos básicos, así como de expertos de la rama. Además, se tomaron en cuenta las tendencias prevaletientes en el país en forma ponderada y las tendencias de las industrias de la celulosa y el papel en algunos de los países que son actualmente los mayores productores-exportadores.

Se estimó conveniente conceder la ponderación mayor a las condiciones y tendencias observadas en el desarrollo de la industria nacional dado que se destacan ya diferencias muy importantes al compararlas con las de otros países, diferencias que de ser aprovechadas con eficacia, pueden constituir la base para que México llegue a alcanzar una elevada competitividad no sólo en el mercado doméstico sino en el exterior, en determinados productos.

Con respecto a las tendencias, se investigaron las razones por las que en la industria mexicana, en numerosos casos, se observan condiciones que no son adecuadas para alcanzar eficiencias y costos de fabricación competitivos.

Entre las razones más destacadas pueden citarse, por un lado, la elevada intensidad de capital que caracteriza a la rama, y por otro, el extenso lapso que implica la fabricación, entrega, montaje y utilización plena de ciertos equipos, tales como algunas máquinas para papel.

Esto explica, en muchos casos y hasta cierto punto, que aún en la actualidad se importen máquinas usadas, con los consiguientes riesgos de operación, reducida eficiencia y costos superiores, en comparación con los de equipos nuevos y modernos. Es claro que las condiciones se agravan cuando se adquieren equipos obsoletos o que no poseen todas las características adecuadas para los productos por fabricar.

En la industria mexicana se observan casos como los citados y algunos con los agravantes de tener no solamente características diferentes en cuanto a capacidad, sino también en cuanto a procedencia, es decir, de distintos fabricantes y aun de modelos descontinuados.

Debe hacerse notar, sin embargo, que en el parque de maquinaria figuran también equipos modernos y de capacidad comparable a los de empresas de países industrializados. En este caso se encuentran varias máquinas e instalaciones que fabrican papeles sanitario y facial y una de papel periódico.

Otra tendencia notable en la industria, motivada por razones técnico-económicas primordialmente, es la de instalar plantas integradas, particularmente cuando se trata de las de gran capacidad. En cambio, tratándose de plantas que fabrican papel solamente, se observan casos en que por razones de áreas de influencia o por razones ecológicas, se instalan empresas no integradas.

Conviene hacer notar que en el presente trabajo se adoptaron módulos tipo de plantas no integradas para papel y para celulosa. Esto significa que determinados equipos que integran la infraestructura, son comunes en los casos de plantas integradas y como ejemplos pueden citarse los equipos de mantenimiento; instalaciones de tratamiento de efluentes; turbogeneradores; determinadas grúas y canalizaciones o servicios generales. Por lo tanto, al considerar plantas integradas se deben eliminar o reducir ciertos equipos.

### 4. PLANTAS MODULARES PARA PAPEL

Con base en lo antes expuesto, los módulos adoptados de plantas tipo para la fabricación de papel, son los siguientes:

- Planta de papel periódico de bagazo de caña de 100 000 TPA
- Planta de papeles y cartones de empaque de 90 000 TPA
- Planta de papeles para impresión y escritura de 50 000 TPA
- Planta de papeles sanitario y facial de 25 000 TPA

Por lo que toca a los rangos de gramaje para los distintos tipos de papeles, se adoptaron los más representativos y usuales en el mercado para cada tipo, considerando asimismo la flexibilidad de fabricación de las propias máquinas para producir papeles similares pero de diferente gramaje. A continuación se listan los adoptados para los cuatro módulos de plantas tipo.

Tipos de papel	Gramaje (gr/m <sup>2</sup> )
Sanitario y facial	12 a 40
Para impresión y escritura	más de 40 a 90
Para empaque	más de 90 a 400
Periódico	52

En cuanto al número de días de trabajo al año, se consideran 350.

El cuadro 19 resume los equipos básicos para una planta de papel periódico a partir de celulosa de bagazo de caña. Este módulo muestra un detalle amplio de los equipos, de sus características o especificaciones, así como de su valor, lo cual obedece a la disponibilidad de información sobre ingeniería de detalle de una planta integrada de celulosa de bagazo de caña y papel periódico, cuya capacidad de producción es idéntica a la de las plantas tipo seleccionadas para la formulación de los módulos de celulosa de bagazo y de papel periódico. No así para los demás módulos para los cuales no se dispuso de información tan amplia. Sin embargo, las relaciones de equipo básico incluyen características de los mismos, así como

Cuadro 19

**MODULO A: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE PAPEL PERIODICO DE BAGAZO DE CAÑA,  
CON CAPACIDAD DE 100 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. PREPARACION DE PASTAS</b>					
1	Pulper para pasta mecánica de 168 TPD, 600 HP	1 420		Sistema de control de vacío	716
1	Pulper para pasta kraft de 84 TPD, 300 HP	1 049		Sistema de lubricación	2 784
3	Agitadores para pasta kraft y mecánica	406		Sistema de impulsión eléctrica "Multimotor" de CD de 3 365 HP	12 458
1	Agitador para bagazo de alta densidad	240		Reductores de velocidad y acoplamientos	3 014
1	Limpiador de bagazo de alta densidad de 6.4 m <sup>3</sup> /min (1 700 GPM)	353		Sistema de limpieza y aereación de pulpa	10 283
1	Refinador de doble disco para pulpa kraft de 250 HP	584		Sistema de control de vapor y condensación	2 348
1	Despastillador para pasta mecánica de 200 HP	299		Reenrollador de doble tambor	14 000
1	Limpiador para pasta mecánica de alta densidad	180		Sistema de impulsión eléctrica para el reenrollador de CD de 625 HP	3 580
1	Limpiador para pasta kraft de alta densidad	250		Sistema de control de operación con computador impresor	8 792
20	Bombas centrífugas, diversas capacidades	1 706		Componentes diversos	22 550
<b>B. PARTE CONSTANTE</b>					
1	Refinador de control	1 003		Sistema de inyección y eyección de aire	11 879
1	Criba primaria	2 063		<b>F. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA (Para plantas no integradas)</b>	
1	Criba secundaria	629	1	Turbogenerador con turbina tipo extracción-condensación con capacidad de 9 500 KW, y generador de 12 500 KVA, incluyendo tableros y accesorios y condensador	32 526
1	Bomba centrífuga para limpiadores primarios de 60 m <sup>3</sup> /min (15 680 GPM)	1 005	1	Turbogenerador con turbina de extracción automática con capacidad de 8 800 KW y generador de 11 000 KVA, incluyendo tableros de control y accesorios	28 500
1	Bomba centrífuga para limpiadores secundarios de 24.5 m <sup>3</sup> /min (6 470 GPM)	367	2	Turbinas de vapor para bombas	529
1	Bomba de abanico de 60 m <sup>3</sup> /min (15 680 GPM)	1 078	2	Calderas de vapor de 15 TPH	9 000
10	Bombas centrífugas, diversas capacidades	853	1	Pre calentador de aire	2 185
2	Bombas de gusano para caolín	187	1	Equipo para laboratorios	1 500
<b>C. RECUPERACION DE AGUA</b>					
1	Filtro "Saveall" o similar	8 124	1	Equipo eléctrico para medición y pruebas	600
2	Lavadoras de agua de prensas	1 688	2	Grúas puente de 2 carros, de 50 ton y 25 ton y 23.3 m de claro	6 500
1	Criba colas de máquina	850	1	Grúa hidráulica autopropulsada de 18 ton y 21.3 m de claro	1 993
5	Acondicionadores y depuradores de agua	1 211	1	Grúa viajera de 25 ton y 12 m de claro para la máquina de papel	2 186
22	Bombas centrífugas, diversas capacidades	1 359	3	Compresores tipo tornillo	3 536
<b>D. RECUPERACION DE MERMAS</b>					
3	Agitadores para fosas couch	353	1	Tractor industrial "Trackmovil" para equipo ferroviario con tracción de 14 000 kg	3 300
1	Despastillador de "rotos" tipo cónico	401	21	Bombas centrífugas, diversas capacidades	1 571
1	Agitador para "rotos"	237	1	Estación de bombeo para combustóleo de 200 LPM	600
1	Pulper de 2 rotores de fosa de prensas	1 024	<b>G. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
1	Pulper de 2 rotores de extremo seco	1 037	1	Rectificadora para rodillos con accesorios, calibreadores y dispositivos especiales, diámetro máximo 1 830 mm y longitud de 11.7 m	11 498
10	Bombas centrífugas, diversas capacidades	1 745			
<b>E. MAQUINA PARA PAPEL</b>					
1	Máquina para papel periódico del tipo de doble tela, con las siguientes secciones:	258 142			
	Sistema de vacío	11 081			

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 660 x 360 mm con sus accesorios	610	11	De 60 HP	338
2	Taladros radiales de 50 mm y brazo de 1.3 m	848	4	De 50 HP	108
1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	394	7	De 40 HP	264
1	Grúa viajera de 25 ton y 12 m de claro para taller mecánica	2 186	25	De 30 HP y menores	224
<b>H. MOTORES ELECTRICOS</b>			b) Sincronos 4 160 V. 60 Hz		
a) De inducción trifásicos, 460 V, 60 Hz			2	Motores de 2 250 HP, 300 RPM. tipo TS, sellado, tropicalizado, doble flecha, para bombas de vacío	4 816
1	De 600 HP para pulper pasta mecánica	477	1	Motor de 800 HP, 514 RPM. tipo TS, sellado, con resistencias de calefacción	858
1	De 500 HP para bomba de alimentación de limpiadores primarios	423	c) De corriente directa		
2	De 400 HP para bombas de agua blanca	998	1	De 400 HP incluyendo rectificador para bomba de abanico	506
1	De 300 HP para pulper pasta kraft	248	4	De 20 HP, 88/1 750 RPM TCEV	542
2	De 250 HP	633	<b>I. EQUIPO ELECTRICO</b>		
10	De 200 HP	1 575	Subestaciones (12) incluyendo transformadores, interruptores, tableros y cuchillas		
7	De 150 HP	607	12 700		
6	De 125 HP	408	<b>J. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>		
6	De 100 HP	369	Bombas (2) e hidrantes		
7	De 75 HP	347	4 000		

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

sus precios, figurando equipos de las marcas de mayor prestigio en el mundo. Los cuadros 20, 21 y 22 resumen los equipos básicos para las plantas para papel y cartón de empaque, para papeles de impresión y escritura y para papeles sanitario y facial.

En las relaciones de equipo se excluyen los de pailería sencilla tales como los tanques, tolvas, "chutes", torres, etc. y los equipos o máquinas

menores. Se excluyen también las estructuras en general.

Se desea recalcar que el bagazo de caña constituye en México una de las principales fuentes de celulosa virgen, no sólo por su característica de ser una planta de ciclo anual, sino también por su amplia disponibilidad en comparación con la de otros vegetales de ciclo anual.

Cuadro 20

**MODULO B: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA PARA PAPEL Y CARTON DE EMPAQUE, CON CAPACIDAD DE 90 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. PREPARACION DE PASTAS</b>			3	Bombas	330
a) Sistema de relleno			1	Regulador de consistencia	150
(Para procesar 100 ton de relleno)			3	Reguladores de nivel	330
1	Hidrapulper	1 060	2	Refinadores de 600 HP	1 330
1	Turbo-separador	740	b) Sistema de cara y base		
2	Agitadores	480	(Para procesar 100 ton de relleno)		
2	Depuradores de alta consistencia	330	1	Hidrapulper	1 060
2	Despastilladores	370	8	Agitadores	1 920
1	Criba vibratoria	650	2	Depuradores de alta consistencia	330
1	Limpiador de rechazo	170			

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
2	Despastilladores	370		<b>F. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>	
7	Bombas	780			
2	Reguladores de consistencia	300	3	Compresores de tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	3 500
4	Refinadores de 200 HP	890	1	Caldera auxiliar de 15 TPH	4 500
	c) Línea de reverso (Para procesar 50 ton/día)		1	Tractor para equipo ferroviario de 14 ton	3 300
1	Hidrapulper	600	1	Grúa autopropulsada hidráulica de 14 ton y 3 m de claro	1 500
2	Limpiadores de alta consistencia	330	1	Estación de bombeo para combustóleo, de 200 LPM	600
2	Despastilladores	370	3	Grúas puente de 2 carros de 25 ton y 20 m de claro	9 000
2	Agitadores	480	1	Clarifloculador	600
2	Bombas	220		Tratamiento de agua	300
1	Regulador de consistencia	150		Equipo de movimiento de materia prima (incluye 5 unidades móviles)	7 500
1	Refinador de 400 HP	440		Equipo de laboratorio	600
	<b>B. PARTE CONSTANTE</b>			<b>G. MOTORES ELECTRICOS</b>	
8	Agitadores	1 920		Para bombas de 50 HP	1 080
4	Reguladores de consistencia	600	40	Para bombas de vacío de 125 HP	544
16	Bombas	1 780	8	Para bombas de abanico de 100 HP	248
80	Limpiadores cónicos (paso primario)	1 300	4	Para agitadores de 15 HP	184
20	Limpiadores cónicos (paso secundario)	450	23	Para cribas vibratorias de 100 HP	310
4	Depuradores verticales	2 200	5	Para refinadores de 600 HP	954
4	Cribas vibratorias	2 600	2	Para refinadores de 400 HP	499
4	Bombas de abanico	1 000	4	Para refinadores de 200 HP	630
16	Controladores de nivel	1 600	2	Para hidrapulper de 150 HP	174
8	Bombas de vacío	3 550	1	Para tubo separador de 75 HP	49
2	Lavadoras de agua de prensas	1 500	4	Para despastilladores de 75 HP	196
1	Criba para colas de máquina	850	4	Para depuradores verticales de 25 HP	52
	<b>C. RECUPERACION DE AGUA</b>		2	Para cortadoras de hoja de 100 HP	124
1	Filtro de discos		2	Para bombas de pozo profundo de 100 HP	146
8	Bombas	890	3	Para el generador de vapor de 50 HP	81
	<b>D. RECUPERACION DE MERMAS</b>		3	Para hidrapulper de 200 HP	474
1	Agitador merma húmeda	920		<b>H. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>	
1	Agitador merma seca	920	1	Rectificadora para rodillos con accesorios, calibradores y dispositivos especiales, diámetro máximo 1 830 mm y longitud de 10 m	11 000
1	Despastillador	190	1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 660 x 360 mm con accesorios	610
1	Agitador	240	2	Taladros radiales de 50 mm y brazo de 1.3 m	848
1	Limpiador de alta consistencia	170	1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	394
4	Bombas	440	1	Grúa viajera de 25-ton y 12.4 m de claro, para taller mecánico	2 186
	<b>E. MAQUINA DE PAPEL</b>			<b>I. EQUIPO ELECTRICO</b>	
2	Mesas planas			Subestaciones (2) incluyendo transformadores, interruptores, tableros y cuchillas	11 500
2	Sobretelas			<b>J. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>	
	Sección de prensas			Bombas (2) e hidrantes	4 000
	Sección de secadores	365 000			
	Prensa de encolado				
	Calandrias				
	Máquina para recubrir				
	Enrolladora				
	Reenrollador				
	Transmisión				

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 21

**MODULO C: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE PAPELES DE IMPRESION Y ESCRITURA,  
CON CAPACIDAD DE 50 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. PREPARACION DE PASTAS</b>				Equipo para laboratorio	350
1	Hidrapulper	600		Equipo eléctrico para medición y pruebas	450
8	Agitadores	1 900		Grúa viajera de 15 ton y 10 m de claro	2 400
4	Depuradores de alta consistencia	670		Compresores de tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	2 400
2	Despastilladores	360	2	Grúa hidráulica autopropulsada de 14 ton y 3 m de claro	1 500
7	Bombas	780		Acondicionador y depurador de agua	300
2	Reguladores de consistencia	300			
4	Refinadores de 200 HP	890			
<b>B. PARTE CONSTANTE</b>			<b>G. MOTORES ELECTRICOS</b>		
2	Agitadores	480		Para bombas de 50 HP	620
1	Regulador de consistencia	150	23	Para agitadores de 15 HP	105
4	Bombas	440	13	Para bombas de vacío de 125 HP	136
20	Limpiadores primarios	725	2	Para bomba de abanico de 100 HP	62
5	Limpiadores secundarios	250	1	Para despastilladores de 75 HP	147
1	Depurador vertical	550	3	Para hidrapulper de 150 HP	86
1	Criba vibratoria	650	1	Para criba vibratoria de 125 HP	88
1	Bomba de abanico	180	1	Para refinadores de 200 HP	630
4	Controladores de nivel	240	4	Para depurador vertical de 25 HP	13
2	Bombas de vacío	880	1	Para filtro de discos de 15 HP	8
<b>C. RECUPERACION DE AGUA</b>			2	Para bombas de pozo profundo de 60 HP	62
1	Filtro de discos	2 200	1	Para la caldera de vapor de 25 HP	9
8	Bombas	890	2	Motores síncronos de 1 200 HP, 4 160 V	2 600
1	Lavadora de agua de prensas	1 200			
1	Cribas para colas de máquinas	400			
<b>D. RECUPERACION DE MERMAS</b>			<b>H. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
1	Agitador merma húmeda	920		Rectificadora para rodillos con accesorios, calibradores y dispositivos especiales, diámetro máximo 1 500 mm y longitud de 6 m	6 600
1	Agitador merma seca	920	1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 600 x 300 mm y accesorios	600
1	Despastillador	180		Taladro radial de 50 mm y brazo de 1.3 m	400
1	Agitador	240		Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	400
1	Limpiador de alta consistencia	170	1	Grúa viajera de 20 ton y 10 m de claro	2 100
4	Bombas	440			
<b>E. MAQUINA DE PAPEL</b>			<b>I. EQUIPO ELECTRICO</b>		
	Mesa plana			Subestaciones incluyendo transformadores, interruptores, cuchillas y tableros	7 700
	Sobretela				
	Sección de prensas				
	Sección de secadores	235 000			
	Transmisión				
	Embobinadora				
	Enrolladora				
	Calandrias				
<b>F. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>			<b>J. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>		
3	Generadores de vapor de 15 TPH	13 500		Bombas (2) e hidrantes	2 400
	Clarifloculador	300			
	Equipo para manejo de materia prima	4 000			

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 22

**MODULO D: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE PAPELES SANITARIO Y FACIAL,  
CON CAPACIDAD DE 25 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. PREPARACION DE PASTAS</b>			<b>F. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>		
1	Hidrapulper	650			
4	Agitadores	800		Clarifloculador	170
	Depuradores de alta consistencia	330		Equipo para manejo de materia prima	2 000
2	Despastilladores	300		Equipo para laboratorio	150
6	Bombas	360		Equipo eléctrico para medición y pruebas	180
	Regulador de consistencia	120		Grúa viajera de 2 carros de 25 ton	3 500
2	Refinadores de 200 HP	1 400		Caldera de 15 TPH	4 500
<b>B. PARTE CONSTANTE</b>				Compresor de tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	1 200
2	Agitadores	320		Acondicionador y depurador de agua	300
	Regulador de consistencia	120			
3	Bombas	180		<b>G. MOTORES ELECTRICOS</b>	
	Limpiadores (paso primario)	400	23	Para bombas de 50 HP	620
	Limpiadores (paso secundario)	180	13	Para agitadores de 15 HP	105
	Depurador vertical	300	2	Para bombas de vacio de 125 HP	136
	Criba vibratoria	650	1	Para bomba de abanico de 100 HP	62
	Bomba de abanico	280	3	Para despastilladores de 50 HP	81
4	Controladores de nivel	240	1	Para hidrapulper de 150 HP	86
2	Bombas de vacio	500	1	Para criba vibratoria de 100 HP	62
	Lavadora de agua de prensas	1 000	4	Para refinadores de 200 HP	630
	Criba para colas de maquina	500	1	Para depurador vertical de 25 HP	13
<b>C. RECUPERACION DE AGUA</b>			1	Para filtro de discos de 15 HP	8
	Filtro de discos	230	2	Para bombas de pozo profundo de 60 HP	62
6	Bombas	360	1	Para bomba del generador de vapor de 20 HP	9
<b>D. RECUPERACION DE MERMAS</b>			<b>H. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
	Agitador merma húmeda	700	1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 600 x 300 mm con accesorios	600
	Agitador merma seca	700			
	Despastillador	170	1	Taladro radial de 50 mm y brazo de 1.3 m	400
	Agitador	80	1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	400
	Limpiador de alta consistencia	90	1	Grúa viajera de 15 ton y 8 m de claro, para taller mecanico	2 000
3	Bombas	180			
<b>E. MAQUINA PARA PAPEL</b>			<b>I. EQUIPO ELECTRICO</b>		
	Mesa plana			Subestaciones incluyendo transformadores, interruptores, cuchillas y tableros	3 900
	Sobretela				
	Sección de prensas			<b>J. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>	
	Sección de secadores	50 000		Bombas (2) e hidrantes	1 500
	Transmisión				
	Embobinadora				
	Reenrolladora				
	Calandria				

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

## 5. PLANTAS MODULARES PARA CELULOSA Y PASTA MECANICA

Los módulos adoptados de plantas tipo para la fabricación de celulosa y pasta mecánica, son los siguientes:

- e) Planta de celulosa de bagazo de caña con capacidad de 100 000 TPA
- f) Planta de celulosa química de madera con capacidad de 122 000 TPA
- g) Planta de pasta mecánica de piedra y pasta mecánica refinada con capacidad de 85 000 TPA
- h) Planta de celulosa derivada de desperdicios de papel (papeles viejos), con capacidad de 56 000 TPA

Por lo que se refiere a la capacidad de las plantas módulo adoptadas, se trató de guardar una relación con cierta flexibilidad, que permitiera satisfacer las necesidades de celulosa para una sola planta de papel o para dos o más, en función de las diversas mezclas de celulosas que emplean los fabricantes de papel. Asimismo, se consideraron como plantas no integradas. Los cuadros 23 a 25 consignan los equipos básicos.

Sin embargo, dada la tendencia observada hacia la instalación de plantas integradas, las capacidades adoptadas tratan de corresponder a las necesidades de celulosa que demandan las plantas modulares para papel.

Por otra parte, también se tomó en cuenta el nivel de utilización de las capacidades instaladas que se observa en el país para las plantas existentes.

Cuadro 23

**MODULO E: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE CELULOSA DE BAGAZO DE CAÑA,  
CON CAPACIDAD DE 100 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. RECEPCION DE BAGAZO Y DESMEDULADO</b>					
1	Sistema de transporte de bagazo	9 383	1	Moto-reductor para mezclador de sosa cáustica	51
1	Máquina disgregadora de bagazo con capacidad de 1 440 TPD	546	1	Rompedor de espuma tipo mecánico con capacidad de 70.7 a 113 m <sup>3</sup> /min (2 500 a 4 000 PCM)	149
1	Rompedor de pacas de bagazo	704	6	Depuradores centrifugos (cribas de presión) con capacidad de 283 TPD-BS, incluyendo una criba adicional	5 399
1	Máquina hidroseparadora con capacidad de 9.7 m <sup>3</sup> /min (2 560 GPM)	1 573	2	Reductores para prensas de pulpa morena	155
6	Desmeduladoras de bagazo con capacidad de 316 TPD	14 986	2	Bombas tipo turbina	66
1	Generador de vapor adaptado para quemar bagacillo, con capacidad de 40 TPH	27 305	2	Sistemas integrales de descarga para la sección de cocimiento y lavado de pulpa	1 778
2	Moto-reductores para prensas de bagazo	155	24	Bombas centrifugas, diversas capacidades	1 894
1	Ciclón separador de fibras, con capacidad de 1.4 m <sup>3</sup>	176	<b>C. BLANQUEO Y LAVADO DE PULPA</b>		
3	Máquinas para hacer pacas de bagazo, hidráulicas, con capacidad de 667 ton BS en 22 horas	2 886	2	Lavadoras-blanqueadoras que incluyen:	
2	Básculas electrónicas automáticas "autoweigh" con capacidad de 170 TPH	448	2	Mezcladoras de una flecha	903
5	Transportes de paletas de 1.8 m, diversas longitudes	6 947	2	Lavadoras de hipoclorito de 3.5 m de diámetro x 6 m de largo	24 815
14	Transportadores de banda	15 327	2	Equipos de acoplamiento de velocidad variable de CD, para las lavadoras	391
1	Ciclón recuperador de fibra	63		Panel de instrumentos de control para las dos lavadoras-blanqueadoras	246
22	Bombas centrifugas, diversas capacidades	2 436	2	Circuladores completos para blanqueo de pulpa café, con toberas y boquillas de dilución	1 493
1	Precipitad - electrostático	1 200	2	Despegadores de torta de pulpa blanqueada	34
1	Báscula de 100 ton para camiones o carros de ferrocarril	233	1	Agitador de bagazo de alta densidad de 1.4 m (54")	222
<b>B. COCIMIENTO-LAVADO Y DEPURACION</b>					
2	Calentadores para licor de impregnación y licor recirculado	2 089	2	Agitadores de bagazo de baja densidad de 1.2 m (48")	432
1	Unidad termomecánica con alimentador de gusano, desfibrador, válvula de soplado y lubricador	11 407	5	Bombas de alta consistencia para pulpa café y blanqueada, con capacidad de 283 TPD	7 451
1	Equipo digestor continuo, con gusano alimentador de 58 cm (23") de diámetro, tuberías, tolvas de descarga, tubería de soplado y lubricador	19 136	2	Bombas tipo turbina con succión de 2.5 cm de diámetro	66
3	Moto-reductores para tubos digestores	300	6	Acondicionadores y depuradores de agua con capacidad de 1 700 LPM	306
1	Ciclón del sistema digestor con diámetro de 1.75 m	246	8	Bombas centrifugas, diversas capacidades	1 261
2	Limpiadores de 1 800 LPM	415	<b>D. RECUPERACION Y PREPARACION DE REACTIVOS</b>		
2	Lavadoras de pasta	13 602			
2	Acoplamientos de velocidad variable	400	1	Sistema integrado de recuperación de reactivos, 290 TPD de pulpa. Incluye filtrado de licor negro, evaporador quintuple efecto, caldera de recuperación, evaporador de contacto directo y caustificador	100 000
	Instrumentos de control	702	1	Enfriador de lechada de cal	524
1	Espesador de pulpa morena con cilindro de vacío de 3.5 m x 7.5 m con impulsión de velocidad variable de CD	7 310	2	Bombas neumáticas doble diafragma para lechada de cal, de 98 LPM (26 GPM)	36
3	Despegadores de torta de lavadoras y espesador con sus aditamentos	52	14	Aereadores de alta velocidad	3 512
2	Prensas para deshidratar pulpa cocida	17 289	1	Filtro de lodos de 20 cm de diámetro	755
9	Agitadores	1 762	1	Sistema neumático para cal de 15 TPH	1 265
1	Ciclón recuperador de fibra con capacidad de 7 m <sup>3</sup>	163	1	Sistema neumático de 4.5 TPH	646
1	Despastillador cónico para pasta mecánica	385	2	Alimentadores rotatorios de 20 cm	108
2	Equipos de deshidratación y mezclador de sosa, con prensas, tolvas, transportador de descarga y mezclador de sosa	20 091			

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
1	Calentador de licor verde	131	2	Calderas para vapor de 42 kg/cm <sup>2</sup> , 75 TPH	36 000
1	Bomba de vacío "Nash" de 820 SCFM con accesorios	248	4	Bombas, diversas capacidades	1 310
1	Bomba de vacío para filtro de lodos para tratamiento de efluentes de 1 500 SCFM	372	1	Sistema de adición de químicos para tratamiento de agua	812
2	Bombas neumáticas doble diafragma para lodos de efluentes	78	2	Plantas de tratamiento de agua, con capacidad de 439 LPM y 655 LPM para calderas	4 662
2	Agitadores de hipoclorito para preparación de reactivos	578	3	Bombas de tornillo para combustible con capacidad de 1 340 LPM (355 GPM)	133
5	Agitadores de entrada lateral: 3 de 56.7 m <sup>3</sup> /min (15 000 GPM) y de 51 y 85 m <sup>3</sup> /min (13 500 y 22 500 GPM)	346	2	Bombas de engranajes para diesel con capacidad de 19 LPM (5 GPM)	1 329
4	Bombas centrífugas de 360 LPM (95 GPM) para preparación de reactivos	227		Instrumentos y equipo de medición y control para casa de fuerza	656
5	Bombas neumáticas doble diafragma con succión y descarga de 25 mm	87		Instrumentos de medición y control para calderas	483
1	Pre calentador de aire para la sección de evaporación y recuperación de químicos	1 707		Equipo y material de laboratorio	375
1	Reactor de hipoclorito con capacidad de 890 LPM (235 GPM) para preparación de reactivos	42	1	Equipo eléctrico para medición y pruebas	591
1	Equipo de caustificación para clarificar licor verde, con lavador, recaustificadores, apagador de cal, mezclado y almacenamiento de lodos	4 513	1	Torre de enfriamiento	1 800
37	Bombas centrífugas, diversas capacidades	1 445	40	Grúa viajera de 15 ton y 18.7 m de claro para la casa de fuerza	842
<b>E. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>			35	Reductores de velocidad con capacidad máxima de 150 HP y mínima de 15 HP	3 474
5	Acondicionadores y depuradores de agua	1 200		Bombas centrífugas de diversas capacidades	2 595
1	Sistema de eyección y vacío para condensación	672	<b>F. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
1	Sistema de purificación de aceite	616	1	Cepillo de codo Klopp con mesa de 500 x 640 mm, carrera de 530 mm	340
2	Turbinas de vapor de un paso de 42 kg/cm <sup>2</sup> y 400°C para bombas	530	1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 660 x 360 mm	611
1	Turbogenerador con turbina de extracción automática-condensación de 8 800 KW, para vapor a 42 kg/cm <sup>2</sup> y 400°C, generador acoplado directamente de 2 polos, 11 000 KVA, incluye tableros de control y accesorios	28 500	1	Taladro de columna de 50 mm	347
3	Compresores de émbolo de 4 000 LPM, 12 Atmósferas	3 000	1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	394
3	Compresores tipo tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	3 536	1	Grúa viajera de 25 ton y 12.4 m de claro para taller mecánico	2 186
1	Grúa viajera para el área de lavadoras de equipo con capacidad de 20 ton y 18.7 m de claro	1 458	1	Torno paralelo de 250 x 2 000 mm	304
6	Coladores-descargadores de 2.1 m de longitud	1 060	1	Prensa hidráulica de operación manual de 50 ton	49
2	Descargadores de camiones con capacidad de 50 ton	1 459	1	Precipitador electrostático	1 200
5	Cargadores frontales 2.3 y 3.8 m <sup>3</sup> (3 y 5 yd cu)	9 194	<b>G. MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION, 3 F, 460 V, 60 Hz</b>		
10	Moto-reductores para transportadores y descargadores	998	1	De 800 HP	796
1	Condensador de superficie de 500 m <sup>2</sup>	1 491	3	De 350 HP	771
2	Estaciones de bombeo y calentamiento para combustible con capacidad de 208 LPM (55 GPM)	1 007	9	De 300 HP	3 594
			9	De 250 HP	2 497
			15	De 200 HP	1 326
			11	De 150 HP	867
			7	De 125 HP	434
			9	De 100 HP	682
			14	De 75 HP	613
			6	De 60 HP	234
			6	De 50 HP	175
			21	De 40 HP	461
			121	De 30 HP	839
			<b>H. EQUIPO ELECTRICO</b>		
			Subestaciones (8), incluyendo transformadores, interruptores, tableros y cuchillas		
			11 000		
			<b>I. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>		
			Bombas (2), hidrantes y rociadores		
			3 000		

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 24

**MODULO F: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE CELULOSA QUIMICA DE MADERA  
AL SULFATO O AL SULFITO, CON CAPACIDAD DE 122 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
	<b>A. RECEPCION DE MADERA Y DESMEDULADO</b>		6	Depuradores centrífugos o cribas de presión con capacidad de 345 TPD	6 000
3	Descargadores de camiones con capacidad de 50 ton cada unidad	2 200	3	Despegadores de torta para las lavadoras y espesador con sus aditamentos	70
7	Cargadores frontales, varias ca- pacidades	12 000	2	Prensas para deshidratar pulpa	18 000
1	Sistema de transporte de trozos de madera	9 400	2	Sistemas integrales de descarga para el área de cocimiento y la- vado de pulpa	1 800
2	Básculas electrónicas automáti- cas "autoweight"	600	1	Rompedor de espuma con capa- cidad de 113 m <sup>3</sup> /min	150
1	Sistema de máquinas cortadoras y astilladoras	900	2	Equipos de deshidratación y mez- clador de sosa, con prensa, trans- portador de descarga y mezcla- dor de sosa	20 000
2	Máquinas descortezadoras de ma- dera	1 600	3	Calentadores de impregnación de licor y licor recirculado	3 000
2	Cribas centrífugas	1 200	2	Despastilladores cónicos	1 600
	Transportadores de banda de di- versas capacidades	22 000	3	Agitadores	600
1	Ciclón separador de fibras	180	4	Bombas centrífugas, varias capa- cidades	400
2	Calderas para desmedulado	8 000	2	Bombas para pulpa para tanques de descarga	220
1	Turbina de vapor para el ventila- dor de tiro forzado	290	4	Bombas para pulpa, diversas ca- pacidades	430
1	Condensador de vapor	1 800	6	Moto-reductores para los tubos digestores, para el mezclador de sosa cáustica y para la prensa de pulpa morena	420
8	Bombas de diversas capacidades para agua fresca, alimentación de calderas, etc.	900		<b>C. BLANQUEO Y LAVADO DE PULPA</b>	
1	Báscula de 100 ton para camio- nes o carros de ferrocarril	233	3	Lavadoras-blanqueadoras que in- cluyen:	
4	Desmeduladoras para pasta quí- mica	10 000		Mezcladoras de una flecha	
1	Grúa hidráulica autopropulsada de 14 ton y 3 m	1 500		Lavadoras de hipoclorito de 3.5 m de diámetro x 6 m de largo	
	<b>B. IMPREGNACION, COCIMIENTO, LAVADO DE PULPA Y DEPURACION</b>			Equipos de acoplamiento de ve- locidad variable de CD, para las lavadoras	
1	Unidad termodinámica con siste- ma de alimentación, incluyendo desfibrador con válvula de sopla- do y lubricador	17 000		Panel de instrumentos de con- trol para las lavadoras-blanquea- doras	27 000
1	Equipo digestor continuo con sis- tema alimentador, tolvas de des- carga, tubería de soplado y lu- bricador de 348 TPD	45 000	3	Circuladores completos para blan- queo de pulpa café, con toberas y boquillas de dilución	2 000
1	Ciclón del sistema digestor de 2 m de diámetro	350	1	Agitador de pulpa de alta densi- dad de 1.4 m (54")	220
1	Ciclón recuperador de fibra con capacidad de 7 m <sup>3</sup>	160	2	Agitadores de pulpa de baja den- sidad de 1.2 m (48")	430
1	Espesador de pulpa morena con cilindro de vacío con impulsión de velocidad variable de CD, de 3.5 x 7.5 m	7 300	3	Despegadores de torta de pulpa blanqueada	50
1	Planta lavadora de pasta, com- pleta	20 000	5	Bombas de alta consistencia pa- ra pulpa café y blanqueada	7 400
4	Lavadores exprimidores	7 500	2	Bombas tipo turbina	70

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>D. RECUPERACION Y PREPARACION DE REACTIVOS</b>			1	Turbina de vapor de un paso, para bomba	290
1	Equipo de caustificación para clarificar licor verde, con lavador, recaustificador, apagador de cal y almacenamiento de lodos	13 900	1	Grúa viajera para la casa de fuerza de 15 ton	840
3	Agitadores para preparación de reactivos	2 160	1	Grúa viajera para el área de lavadoras	1 460
1	Reactor de hipoclorito con capacidad de 1 300 LPM, para preparación de reactivos	160	3	Compresores tipo tornillo	3 535
1	Enfriador de lechada de cal	1 600	1	Sistema de adición de químicos, completo con accesorios, para tratamiento de agua	800
1	Planta de oxidación controlada de licor negro	112 800	1	Sistema de clasificación de reactivos	300
5	Agitadores de entrada lateral, varias capacidades	480	2	Estaciones de bombeo y calentamiento para combustóleo	1 007
1	Clarificador de solución blanca y criba para tratamiento de efluentes	2 160	3	Bombas de tornillo para combustóleo	133
1	Evaporador	1 900	2	Bombas de engranes para diesel	1 330
1	Evaporador de platos	3 600		Instrumentos de medición y control para la casa de fuerza	650
1	Precipitador electrostático	3 600		Equipo eléctrico para medición y pruebas	600
2	Generadores de vapor de 75 TPH	36 000		Material de laboratorio	380
1	Precaalentador de aire para evaporación y recuperación de químicos	3 600	<b>F. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
20	Aereadores de alta velocidad	12 000	1	Grúa viajera de 25 ton y 12.4 m de claro para taller mecánico	2 200
1	Filtro de lodos	2 350	1	Torno paralelo con volteo de 340 x 2 000 mm entre puntos	500
2	Bombas de vacío para filtro de lodos	370	1	Fresadora universal horizontal con mesa de 1 660 x 360 mm	610
2	Bombas de vacío para filtros de lodos para tratamiento de efluentes, con sus accesorios	1 340	2	Taladros de columna de 38 mm	600
6	Bombas centrífugas para preparación de reactivos	815	1	Taladro radial de 50 mm y brazo de 1.3 m	850
6	Bombas neumáticas de doble diafragma, para lechada de cal y para lodos	400	1	Cepillo de codo con mesa de 530 x 600 mm y carrera de 530 mm	340
10	Bombas para licor blanco, licor verde y para licor negro diluido	2 300	<b>G. MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION, 3 F, 460 V, 60 Hz</b>		
40	Bombas centrífugas, diversas capacidades	3 600	1	De 900 HP	860
2	Sistemas de transporte neumático de tipo presión para cal	6 000	4	De 350 HP	1 000
1	Calentador de licor verde	400	10	De 300 HP	4 000
<b>E. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>			10	De 250 HP	2 800
1	Planta calcinadora de caliza con horno rotatorio	2 500	18	De 200 HP	1 600
2	Plantas de tratamiento de agua para calderas de 600 LPM	4 700	15	De 150 HP	1 200
1	Sistema de eyección y vacío para condensador	800	10	De 125 HP	600
6	Acondicionadores y depuradores de agua	1 400	10	De 100 HP	760
			20	De 75 HP	900
			<b>H. EQUIPO ELECTRICO</b>		
				Subestaciones (8) incluyendo transformadores, interruptores, tableros y cuchillas	13 000
			<b>I. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>		
				Bombas (2), hidrantes y rociadores	3 400

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 25

**MODULO G: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE PASTA MECANICA DE PIEDRA Y PASTA MECANICA REFINADA, CON CAPACIDAD DE 85 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
<b>A. RECEPCION, MANEJO Y PREPARACION DE LA MADERA</b>					
1	Báscula de 100 ton para camiones o carros de ferrocarril	233	3	Espesadores de discos de 3 m de diámetro con capacidad de 60 TPD para la pasta final refinada	8 100
2	Descargadores de camiones con capacidad de 50 ton cada unidad	1 500	2	Secadores de pasta tipo Flash	3 500
1	Báscula electrónica automática "autoweight" con capacidad de 170 TPH	220	2	Prensas mecánicas del tipo continuo para la compactación de bloques de pasta mecánica con capacidades de 120 y 150 TPD	11 640
2	Sierras de cadena, transmisión y sistema hidráulico, con motor de 10 HP	300	12	Agitadores varios y transmisión para los tanques de pasta gruesa, espesada, de mermas y para tanques de astillas de transferencia y de rechazos refinados	4 000
2	Sierras de péndulo de 161 cm y 50 HP	800	2	Transportadores de gusano de descarga para los espesadores	170
1	Máquina descortezadora con transmisión de sistema hidráulico y sistema de lubricación, con motor de 100 HP, 1 270 mm de diámetro	1 200	2	Equipo diverso de control de nivel, de control de consistencia y de control de presión	1 500
5	Máquinas extractoras de nudos	50	30	Bombas centrífugas, diversas capacidades	3 080
	Transportadores de placas o de cadena de varias capacidades y medidas	1 800	<b>C. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>		
1	Grúa móvil de 5 ton y 3 m de radio	750	1	Material de laboratorio	600
<b>B. DESFIBRACION, DEPURACION Y REFINAMIENTO</b>					
			1	Grúa viajera de 25 ton y 10 m de claro	3 000
3	Molinos con transmisión de anillo, torno afilador y sistema de lubricación con motor sincrónico de 2 250 HP para el área de pasta mecánica de piedra	10 200	10	Moto-reductores para transportadores y descargadores y prensas de pasta	840
3	Separadores de nudos o cribas vibratorias para trozos de corteza y otras impurezas de la pasta con capacidad de 20 TPD cada unidad, para el área de pasta mecánica de piedra	225	15	Reductores de velocidad con capacidad mínima de 25 HP y máxima de 200 HP	1 830
2	Ciclones separadores de fibras de 1.5 m <sup>3</sup> para las áreas de pasta mecánica de piedra y pasta mecánica refinada	350	1	Acondicionador y depurador de agua con capacidad de 900 LPM	2 800
4	Molinos de anillo con rueda de abrasivo artificial de 147 cm de diámetro, con capacidad de 45 TPD cada unidad, con motor sincrónico de 2 250 HP, para el área de pasta mecánica refinada	23 200	2	Compresores tipo tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	2 200
3	Cribas vibratorias para la separación de nudos, astillas e impurezas de la pasta, con capacidad de 60 TPD	340	1	Turbina de vapor para bomba	800
4	Depuradores presurizados instalados en serie con capacidad de 45 TPD cada unidad para clasificación de la fibra y separación del rechazo	3 600	3	Calderas de vapor de 15 TPH	13 500
3	Depuradores secundarios abiertos o vibratorios para rechazos primarios	1 800	1	Tractor industrial para equipo ferroviario con tracción de 14 ton	3 300
6	Depuradores centrífugos de 30 TPD	3 000	<b>D. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
2	Espesadores para remover el agua de la pasta, con transmisión y filtro recuperador	6 000	1	Fresadora universal con mesa de 1 660 x 360 mm	600
4	Refinadores de disco, con capacidad de 45 TPD	3 600	1	Taladro de columna de 38 mm	300
6	Limpiadores centrífugos para remoción de impurezas en la pasta refinada, con capacidad de 30 TPD	3 450	1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	400
			1	Grúa viajera de 25 ton y 12 m de claro	2 200
			1	Cepillo de codo con mesa de 500 x 600 mm y carrera de 530 mm	300
			1	Afilador de sierras de cadena equipado con motor y accesorios	80
			<b>E. MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION, 3 F, 460 V, 60 Hz</b>		
			10	De 500 HP	4 230
			12	De 350 HP	3 240
			8	De 300 HP	2 000
			8	De 200 HP	1 280
			8	De 150 HP	600
			4	De 125 HP	272
			4	De 100 HP	246
			<b>F. EQUIPO ELECTRICO</b>		
				Subestaciones (4) incluyendo transformadores, tableros y cuchillas	10 780
			<b>G. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>		
				Bombas (2), hidrantes y rociadores	3 000

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977. LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 26

**MODULO H: EQUIPO BASICO PARA UNA PLANTA DE CELULOSAS REGENERADAS A PARTIR DE DESPERDICIOS DE PAPEL IMPRESO CLASIFICADOS, CON CAPACIDAD DE 56 000 TPA**

Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)	Cantidad (Unidades)	Descripción	Valor 1 (Miles de pesos)
	<b>A. RECEPCION Y MANEJO DE DESPERDICIOS DE PAPEL</b>		1	Compresor tipo tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	1 100
1	Áscula de 100 ton para camiones o carros de ferrocarril	233	3	Acondicionadores y depuradores con capacidad de 600 LPM	2 000
	Transportadores de placas, de cadena y de banda, varias capacidades y medidas	1 200	1	Turbina de vapor de un paso para bomba	300
	<b>B. DESINTEGRACION, DEPURACION Y ESPESADO</b>		7	Aereadores de alta velocidad	1 800
2	Desintegradores de pasta y separación de partículas de tinta de las fibras con capacidad de 80 TPD, con alimentador continuo al descargado e instrumentos de control y aditamentos para la adición de químicos	3 800	1	Acondicionador y depurador de agua	300
1	Depurador de pasta espesa (alta consistencia) del tipo centrifugo con capacidad de 40 TPD	900	1	Grúa viajera con capacidad de 10 ton y 10 m de claro	1 500
2	Clasificadores vibratorios (depuradores abiertos) con capacidad de 20 TPD cada unidad	150	1	Sistema de adición de químicos para tratamiento de agua	800
2	Despastilladores o refinadores de barras con capacidad de 80 TPD	370	2	Bombas de tornillo para combustible	80
2	Eliminadores centrifugos de arenas y otras impurezas	1 100		Equipo y material de laboratorio	300
2	Celdas de flotación "unicel" para separación de las partículas de tinta de las fibras con capacidad de 10 TPD	1 900		Equipo eléctrico para medición y pruebas	400
2	Clasificadores vibratorios para pasta aceptada destintada y separación de impurezas flotantes con capacidad de 20 TPD	150	<b>D. EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		
1	Depurador del tipo vertical o filtro de tambor al vacío	3 500	1	Fresadora universal con mesa de 1 600 x 360 mm	600
1	Espesador de 3 m de diámetro x 4.5 m de longitud	2 700	1	Torno con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	400
1	Centrifuga de tornillo sinfin o prensa para deshidratación de los desechos de la flotación para una sequedad del 25 al 40%	8 500	1	Taladro de columna de 38 mm	300
10	Agitadores, diversas capacidades	2 300	1	Cepillo de codo con mesa de 500 x 600 mm y carrera de 500 mm	300
2	Prensas de tela para deshidratación de pulpa	6 000	1	Grúa viajera de 10 ton y 10 m de claro	1 500
	<b>C. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA</b>			<b>E. MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION, 3 F., 460 V., 60 Hz</b>	
1	Caldera de vapor de 15 TPH	4 500	3	De 500 HP	1 350
20	Bombas centrifugas, diversas capacidades	1 480	5	De 350 HP	1 300
8	Moto-reductores para transportadores, descargadores	480	4	De 300 HP	1 600
3	Reductores de velocidad con capacidad máxima de 150 HP y mínima de 15 HP	270	5	De 250 HP	1 400
			5	De 200 HP	440
			5	De 150 HP	400
			4	De 100 HP	300
			10	De 75 HP	440
				<b>F. EQUIPO ELECTRICO</b>	
				Subestaciones, incluyendo transformadores, interruptores, tableros y cuchillas	5 000
				<b>G. EQUIPO CONTRA INCENDIO</b>	
				Bombas (2), hidrantes y rociadores	2 500

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## D. CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION

### 1. CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION DE PAPEL Y SU UTILIZACION

La capacidad instalada para fabricar papel, de acuerdo con cifras oficiales de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel, ascendía a fines de 1977 a 1 790 000 toneladas por año, como puede verse en el cuadro 27.

De ese total, se estima que 20.5% corresponde a papeles para impresión y escritura, lo que equivale a 367 000 toneladas anuales; la capacidad de papel y cartón para empaque alcanza 1 114 000 toneladas que representan el 62.2% del total; el papel sanitario y facial dispone de una capacidad equivalente a 145 000 toneladas o sea 8.1%; para papel periódico la capacidad es de 125 000 tonela-

Cuadro 27

### MEXICO: CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION DE PAPEL Y SU UTILIZACION A FINES DE 1977

Tipos de papel	Capacidad instalada (ton/año)	Participación en la capacidad total (%)	Producción en 1977 (ton)	Utilización de la capacidad instalada (%)
<b>TOTAL</b>	<b>1 790 000</b>	<b>100.0</b>	<b>1 453 656</b>	<b>81</b>
Papeles para impresión y escritura Papel periódico	125 000	7.0	89 664	72
Papeles para impresión y escritura Cartulinas y otros para impresión	367 000	20.5	295 032	80
Papeles para empaque Papel y cartoncillo	1 114 000	62.2	905 625	81
Papeles sanitario y facial	145 000	8.1	126 324	87
Especialidades	39 000	2.2	37 011	95

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

das que representan el 7%; y por último, la de especialidades equivale a 39 000 toneladas y representa un 2.2%.

En conjunto, la utilización de la capacidad instalada total, a fines de 1977, fue de 81%, según los volúmenes de fabricación alcanzados en ese año.

### 2. CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION DE CELULOSA Y SU UTILIZACION

En cuanto a la capacidad de producción de celulosa, el cuadro 28 muestra las capacidades co-

rrespondientes a los distintos tipos, así como la capacidad instalada total, misma que a fines de 1977 ascendía a 821 000 toneladas anuales.

Se destaca como la capacidad más elevada, la de celulosa química de madera con el 52% de la total. En segundo término se ubica la de celulosa química de bagazo de caña con 32.4%; las de otros tipos son marginales.

Por lo que toca a la utilización de la capacidad instalada total, se alcanzó un 82% o sea un nivel muy similar al logrado en la fabricación de papel.

## E. PROGRAMACION DE NUEVAS PLANTAS MODULARES

Una vez adoptadas las plantas modulares tipo se procedió a determinar el número de ellas que sería necesario establecer en el lapso 1978-1987, para satisfacer la demanda de papel y celulosa.

Al efecto, conociendo las proyecciones de las respectivas demandas por un lado, y por el otro las capacidades instaladas, es decir la oferta hasta 1977, resumidas en los cuadros 27 y 28; y tomando en cuenta los proyectos de ampliaciones de capacidad de las empresas ya sea por ampliación de instalaciones existentes o con nuevas fábricas, se procedió a determinar el déficit en la oferta con lo que se estableció el número de nuevas plantas de tipo modular.

En realidad se trata no sólo de determinar los requerimientos de nuevas instalaciones sino de establecer una posible programación de las nuevas instalaciones.

Asimismo, se tomaron en cuenta las distintas etapas o curvas de aprendizaje inherentes a la fabricación de papel y celulosa, dependiendo de la capacidad de las instalaciones, de los diversos tipos de productos y de si se trata de equipos nuevos o usados, como en el caso de las plantas de papel periódico.

Además, con el propósito de contar con un margen que considere los posibles aumentos de eficiencia o utilización de las capacidades existentes

Cuadro 28

MEXICO: CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION DE CELULOSA  
Y SU UTILIZACION A FINES DE 1977

Típos de celulosa	Capacidad instalada (ton/año)	Participación en la capacidad total (%)	Producción en 1977 (ton)	Utilización de la capacidad instalada (%)
TOTAL	821 000	100.0	671 977	82
Celulosa química de madera				
Al sulfato (blanca, semiblanca y sin blanquear)	426 500	52.0	364 371	85
Al sulfito (blanqueada y sin blanquear)	21 000	2.6	14 375	68
Celulosa química de bagazo de caña (blanqueada y sin blanquear)	266 000	32.4	217 167	82
Celulosas de otras plantas anuales (paja, bora de algodón)	28 000	3.4	16 641	59
Pasta mecánica	72 500	8.8	53 987	74
Otras celulosas	7 000	0.8	5 436	78

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.

que podrían satisfacer parte de las futuras demandas, se adoptó la premisa de que las ampliaciones en proyecto y las nuevas plantas, alcanzarían una utilización de las capacidades instaladas de 90% o más en ciertos casos.

Cabe mencionar también que se considera en términos generales un lapso de tres años desde el inicio de la construcción de una planta hasta el inicio de la fabricación de papel.

A continuación se presentan las estimaciones de los requerimientos de capacidad futura y la programación de las nuevas plantas productoras de papel y de celulosa.

#### 1. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPEL PERIODICO

El papel periódico requiere una consideración especial en vista de que se trata del tipo de papel en el que existe el mayor déficit por parte de la oferta doméstica actual, tal y como se señaló en el apartado correspondiente.

##### a) La oferta de papel periódico a fines de 1977

Hasta el año citado la oferta depende de tres fábricas: la que primero inició la fabricación y que aquí se designa como Empresa "A", cuenta con una capacidad instalada de unas 60 000 TPA.

La segunda, designada como Empresa "B", tiene una capacidad que se estima entre 50 000 y 60 000 TPA y utiliza papel de desperdicio que proviene de importación como materia prima básica.

La tercera planta: Empresa "C", proyecta iniciar la producción de celulosa a fines de 1978 y la de papel a principios de 1979. Debe hacerse notar que se trata de una nueva empresa integrada que

seguramente logrará una considerable reducción de las importaciones de papel periódico por su capacidad de producción, que será la mayor de las fábricas existentes en el país, y que a nivel internacional será superada sólo por la de empresas de los países que son grandes productores.

Como materia prima básica aprovechará bagazo de caña y su capacidad instalada será de 100 000 TPA en una primera fase; al efecto cuenta con la máquina de papel de mayor capacidad que existe en el país y lo más notable es el hecho de que utilizará tecnología 100% mexicana para la elaboración de celulosa.

##### b) Proyectos de aumento de capacidad e iniciación de operación

De las tres fábricas existentes las dos que se encuentran en operación produjeron 55 000 y 35 000 toneladas en 1977. Se ha supuesto que para 1979 dichos volúmenes aumentarían a 57 000 y 43 000 toneladas, respectivamente, y a 60 000 y 50 000 en 1980, con lo que ambas alcanzarían una utilización de su capacidad cercana al 100%.

La Empresa "C" iniciará su producción de celulosa posiblemente a fines de 1978, y la de papel a principios de 1979, estimándose que en el resto de ese año producirá unas 60 000 toneladas de papel. En el presente trabajo se adoptó la hipótesis de que esa cifra crecerá gradualmente hasta alcanzar las 95 000 TPA en 1982, o sea en tres años.

##### c) Nuevas instalaciones

De las empresas antes citadas, la Empresa "B" cuenta con una máquina de papel que se adquirió usada, con capacidad de 60 000 TPA, sin instalar aún, pero en la etapa de ingeniería previa a su instalación.

Cuadro 29

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPEL PERIODICO <sup>1</sup>  
 CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)						Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente	Planta adicional para cubrir el déficit remanente	Capacidad instalada incluyendo nueva planta modular	Déficit remanente de capacidad
		Empresa "A"		Empresa "B"		Empresa "C"						
1977 <sup>2</sup>	323	55		35	1 de 60		—	90	233	—	—	—
1978	339	55 + (2)	1 de 100	35 + (10)			—	102	237	—	—	—
1979	363	57 + (3)		45 + ( 5)		(60)	1 de 100	170	193	—	—	—
1980	388	60		50 + ( 5)	(20)	60 + (20)		215	173	—	—	—
1981	414	60	(65)	55 + ( 5)	20 + (10)	80 + (15)		310	104	—	—	—
1982	443	60	65 + (20)	60	30 + (15)	95 + ( 2)	(60)	407	36	1 de 100	—	—
1983	473	60	85 + ( 5)	60	45 + (10)	97	60 + (25)	447	26	—	—	—
1984	506	60	90 + ( 5)	60	55 + ( 2)	97	85 + ( 5)	459	47	—	—	—
1985	541	60	95 + ( 2)	60	57	97	90 + ( 5)	466	75	(30)	496	(45)
1986	578	60	97	60	57	97	95 + ( 2)	468	110	30 + (20)	519	(60)
1987	618	60	97	60	57	97	37	468	50	50 + (20)	538	(80)

<sup>1</sup> Incluye papel rotograbado.<sup>2</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 30

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES PARA IMPRESION Y ESCRITURA<sup>1</sup> CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)				Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente
		Empresa "D"	Empresa "E"	Empresa "F"	Empresa "G"		
1977 <sup>2</sup>	393	18	109	0	0	406	13
1978	425	18 + ( 4.5)	109 + (10)	0 (6)	—	426.5	1.5
1979	454	22.5	119	6	—	426.5	(27.5)
1980	492	22.5 + (15 )	119	6	0 (30)	471.5	(20.5)
1981	529	37.5 + (20 )	119	6	30 + (21)	512.5	(16.5)
1982	570	57.5	119	6	51	512.5	—
1983	615	—	—	—	—	537.5	—
1984	663	—	—	—	—	572.5	—
1985	716	—	—	—	—	617.5	—
1986	774	—	—	—	—	664.5	—
1987	838	—	—	—	—	736.5	—

Años	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 50 000 TPA								Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1979	1 de 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	—	1 de 50	—	—	—	—	—	—	—	—
1981	—	—	1 de 50	—	—	—	—	—	—	—
1982	25	—	—	1 de 50	—	—	—	—	—	537.5 (32.5)
1983	25 + (10)	25	—	—	1 de 50	1 de 50	—	—	—	572.5 (42.5)
1984	35 + (10)	25 + (10)	25	—	—	—	1 de 50	1 de 50	—	617.5 (45.5)
1985	45 + ( 2)	35 + (10)	25 + (10)	25	—	—	—	—	—	664.5 (51.5)
1986	47	45 + ( 2)	35 + (10)	25 + (10)	25	25	—	—	—	736.5 (37.5)
1987	47	47	45 + ( 2)	35 + (10)	25 + (10)	25 + (10)	25	25	—	818.5 (19.5)

<sup>1</sup> No se incluye papel periódico y papel para libros de texto gratuitos.

<sup>2</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

En este caso, se supuso que la citada máquina iniciaría su producción en 1980, logrando un volumen inicial de sólo 20 000 TPA, cifra relativamente reducida pero que se considera adecuada tomando en consideración que se trata de una máquina usada; condición que por lo general se traduce en necesidad de mayor número de pruebas y ajustes, o de reparación o sustitución de partes. Esta planta elevaría su producción gradualmente para llegar a 55 000 TPA en 1983, o sea que su utilización en este año sería del orden de 92%.

A ese aumento en la oferta, y de acuerdo con proyectos elaborados, se agregarían plantas con capacidad de 100 000 TPA: una para la Empresa "C" y otra para la "A", según planes de las propias empresas. En ambos casos se considera una etapa de aprendizaje que permitiría alcanzar un nivel de producción de 95 000 TPA en 1984 y 1985, respectivamente, para las empresas mencionadas.

El cuadro 29 resume, año por año, las estimaciones de la demanda futura, los proyectos de aumento de capacidad de las empresas y sus correspondientes etapas de aprendizaje, la capacidad resultante y el déficit con respecto a las demandas futuras.

La capacidad de los tres proyectos descritos, agregada a las capacidades existentes, representa una oferta total del orden de las 407 000 TPA para 1982, con lo que el déficit de la oferta nacional se reduciría a 36 000 TPA en dicho año.

El crecimiento de ese déficit, tal como se observa en el cuadro 29, sugiere sea iniciada en 1982 la construcción de una nueva planta modular tipo de 100 000 TPA que entre en operación en 1985.

En resumen, las necesidades de capacidad de producción de papel periódico, para el lapso 1978-1987, se estiman en tres plantas adicionales de 100 000 TPA cada una, cuya construcción debiera iniciarse en 1978, 1979 y 1982, para entrar en operación en 1981, 1982 y 1985.

No se toma en cuenta la planta de la firma "A" como demanda de equipo, puesto que se cuenta ya con la máquina para papel.

Debe hacerse notar que el cuadro 29 muestra un déficit remanente de 45 000 toneladas para 1985, mismo que ascendería a 80 000 para 1987.

Dicho déficit no se pretende cubrir con plantas modulares de papel periódico, en virtud de que una parte significativa de esos volúmenes consiste en importaciones de papel rotograbado.

Dado que los volúmenes de este papel que se importan posiblemente mantendrán una tendencia creciente, sería conveniente explorar las posibilidades de fabricarlo en el país.

## 2. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES PARA IMPRESION Y ESCRITURA

Con metodología similar a la seguida en el caso del papel periódico, se determina el número de plantas modulares tipo y se trata de establecer

la programación de las mismas, para satisfacer la demanda futura de papeles para impresión y escritura.

El cuadro 30 presenta la proyección del consumo aparente de estos papeles, año por año, mismo que sería cubierto por la oferta actual adicionada con los aumentos de capacidad de las empresas, cuya información sólo llega a 1981.

Para los años subsiguientes, con base en la planta modular adoptada, con capacidad instalada de 50 000 TPA, se determina el número de plantas que cubrirían los déficit hasta en 90% aproximadamente, en el lapso 1978-1987.

En cada caso se suponen etapas de aprendizaje así como niveles de utilización de la capacidad instalada, que llegan al 90 o 95% y en ciertos casos al 100%. En cuanto a la capacidad instalada hasta 1977, ésta resulta de 406 000 TPA, dado que el grupo de papeles para impresión y escritura engloba papeles y cartulinas cubiertos y sin recubrir y a los papeles denominados "especialidades", cuyas capacidades instaladas de fabricación se resumen en el cuadro 27. El grupo no incluye papel periódico ni papel para libros de texto grafitos.

Las empresas incluidas en el cuadro 30 son las que han manifestado sus proyectos aprobados, algunos ya en etapa de ejecución. Así, la empresa "D" aumentará su capacidad de 18 000 TPA hasta 57 500 TPA. Otra empresa, la "E", que cuenta con 109 000 TPA adicionará 10 000 toneladas.

Las empresas "F" y "G" son nuevas plantas con capacidades de 6 000 y 51 000 TPA, respectivamente.

Los aumentos en la producción de las firmas citadas y consignadas en el cuadro 30 serán cumplidos en 100% bajo el supuesto de que las empresas han tomado en cuenta los porcentajes de utilización de capacidad instalada, en cada caso.

El cuadro 30 muestra la programación de las plantas modulares tipo a partir de 1982, año en el que iniciaría la producción la planta 1, la cual alcanzaría una utilización de 94% al cuarto año de operación.

Para los años 1983 a 1985 inclusive, los correspondientes déficit de capacidad respecto al consumo aparente, requerirán de la entrada en operación de una planta tipo en cada año. Pero a partir de 1986 serían necesarias dos plantas tipo por año.

En resumen, las necesidades de capacidad de fabricación de papeles para impresión y escritura, resultan de ocho plantas nuevas de 50 000 TPA cada una, con la programación indicada en el cuadro 30.

## 3. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES Y CARTONES PARA EMPAQUE

El cuadro 31 presenta, año por año, la proyección del consumo aparente de este tipo de papeles y cartones. Incluye asimismo, las empresas que cuentan con proyectos de ampliación de su capa-

Cuadro 31

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES  
Y CARTONES PARA EMPAQUE CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION  
Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)						Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Excedente o deficit de capacidad respecto al consumo aparente
		Empresa "I"	Empresa "J"	Empresa "K"	Empresa "L"	Empresa "M"	Empresa "N"		
1977 <sup>2</sup>	924	6	10.5	149	70	—	—	1 114	190
1978	1 022	6 + (4)	10.5 + (3)	—	70	—	—	1 121	99
1979	1 103	10	13.5	149 + (25)	70	(3.5)	(15)	1 164.5	61.5
1980	1 191	—	—	174 + (34)	70 + (39)	3.5 + (4.3)	15 + (25)	1 266.8	75.8
1981	1 287	—	—	208 + (25)	109	7.8	40 + (20)	1 311.8	25
1982	1 392	—	—	233 + (21)	—	—	60	1 333	(59)
1983	1 506	—	—	254	—	—	—	1 383	—
1984	1 630	—	—	—	—	—	—	1 498	—
1985	1 766	—	—	—	—	—	—	1 593	—
1986	1 913	—	—	—	—	—	—	1 743	—
1987	2 074	—	—	—	—	—	—	1 900	—

Años	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 90 000 TPA								Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1979	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	1 de 90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1981	—	1 de 90	1 de 90	—	—	—	—	—	—	—
1982	(50)	—	—	1 de 90	—	—	—	—	—	1 383 ( 9)
1983	50 + (15)	(50)	(50)	—	1 de 90	1 de 90	—	—	—	1 498 ( 8)
1984	65 + (15)	50 + (15)	50 + (15)	(50)	—	—	1 de 90	1 de 90	—	1 593 ( 37)
1985	80 + ( 5)	65 + (15)	65 + (15)	50 + (15)	(50)	(50)	—	—	—	1 743 ( 23)
1986	85 + ( 2)	80 + ( 5)	80 + ( 5)	65 + (15)	50 + (15)	50 + (15)	(50)	(50)	—	1 900 ( 13)
1987	87	85 + ( 2)	85 + ( 2)	80 + ( 5)	65 + (15)	65 + (15)	50 + (15)	50 + (15)	—	1 969 (105)

<sup>1</sup> Incluye papel para sacos, bolsas y envoltura, papel para cajas, liner y corrugado, cartoncillos duplex recubiertos y sin recubrir y cartoncillo gris.

<sup>2</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

acidad instalada existente y las nuevas empresas que entrarán en producción en los años que se indican.

La capacidad total instalada a fines de 1977 era de 1 114 000 toneladas y estaba integrada por 37 fábricas, varias de las cuales también producen otros tipos de papeles aparte de los de empaque.

En cuanto a las ampliaciones de empresas existentes, el cuadro 31 incluye las cuatro que han manifestado tener sus proyectos ya aprobados, los que se encuentran en ejecución. De esas empresas, la designada como "I", aumentará su capacidad de 6 000 TPA, a 10 000 en 1979. La empresa "J" aumentará de 10 500 TPA, hasta 13 500 en 1979.

Cuadro 32

**PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES  
SANITARIO Y FACIAL CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION Y  
NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987**

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad 1 (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)					Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente
		Empresa "O"	Empresa "P"	Empresa "Q"	Empresa "R"	Empresa "E"		
1977 <sup>2</sup>	126	14.5 + (0.5)	50	7	8.5	65	145	19
1978	148	15	50 + (10)	7	8.5 + (6.5)	65 + (10)	172	24
1979	162	15	60	7	15	75 + (20)	192	30
1980	178	15	60	7	15	95 + (15)	207	29
1981	197	15	60	7	15	110	207	10
1982	216	—	—	—	—	—	222	—
1983	238	—	—	—	—	—	227	—
1984	262	—	—	—	—	—	245	—
1985	288	—	—	—	—	—	265	—
1986	317	—	—	—	—	—	288	—
1987	340	—	—	—	—	—	311	—

Años	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 25 000 TPA					Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente
	1	2	3	4	5		
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—
1979	1 de 25	—	—	—	—	—	—
1980	—	—	—	—	—	—	—
1981	(15)	1 de 25	—	—	—	222	25
1982	15 + ( 5)	—	1 de 25	—	—	227	11
1983	20 + ( 3)	(15)	—	1 de 25	—	245	7
1984	23	15 + ( 5)	(15)	—	1 de 25	265	3
1985	23	20 + ( 3)	15 + ( 5)	(15)	—	288	0
1986	23	23	20 + ( 3)	15 + ( 5)	(15)	311	( 6)
1987	23	23	23	20 + ( 3)	15 + ( 5)	319	(30)

<sup>1</sup> La información disponible sobre los proyectos de empresas existentes sólo llega a 1980.

<sup>2</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

La empresa "K", cuya capacidad para producir papeles de empaque en 1977 ascendía a 149 000 toneladas, adicionará 105 000 con lo que podrá disponer de 254 000 toneladas en 1982. La empresa "L" dispondrá además de las 70 000 que tenía en 1977, de otras 39 000 con las que alcanzará 109 000 para 1980.

Las empresas "M" y "N" iniciarán su producción en 1979 y sus capacidades anuales: ascenderán a 7 800 y 60 000 toneladas en 1980 y 1981, respectivamente. Y como en los demás casos de proyectos de ampliación, se supuso que éstas incluyen los porcentajes de utilización de las capacidades por aumentar.

En el mismo cuadro 31 se puede observar la programación de nuevas plantas modulares con capacidad de 90 000 TPA. De las plantas requeridas, la primera deberá iniciar sus actividades en 1982 con 50 000 toneladas, en razón del déficit de capacidad que se registrará en dicho año. Esta planta, así como las que se programan en forma sucesiva, alcanzarán a partir del cuarto año de operaciones, una utilización de 97%.

Se estima que con la adición de 8 nuevas plantas de 90 000 TPA, los déficit de capacidad se reducirían a 9 000 toneladas en 1982, para luego aumentar hasta 105 000 en 1987. Estos déficit podrían ser cubiertos con ampliaciones de capacidad de las nuevas plantas que se programan, o por mejoras en la eficiencia de las existentes, con lo que podrían lograrse importantes reducciones en inversiones.

En síntesis, la demanda de maquinaria y equipo complementario para la fabricación de papel y cartón para envoltura y empaque, se estima en 8 plantas modulares de 90 000 TPA, para los próximos diez años.

#### 4. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPELES SANITARIO Y FACIAL

Los papeles sanitario y facial constituyen una de las líneas principales de productos de las más importantes fábricas en el país. A la fecha, la oferta de este tipo de papeles está en manos de cinco empresas, de las cuales cuatro han manifestado proyectos de ampliación de sus instalaciones, tal como lo consigna el cuadro 32.

En dicho cuadro puede verse que la capacidad instalada total en 1977 llegó a 145 000 toneladas, con lo que superó al consumo aparente por 19 000. En años subsiguientes y hasta 1984 puede persistir un excedente de capacidad que ascendería a 29 000 toneladas en 1980, pero ya en el siguiente año se reduciría a sólo 10 000, tomando en cuenta los aumentos en capacidad de cuatro de las empresas. Se destaca la empresa "E" por el aumento de 45 000 toneladas en un lapso de 4 años. En contraste, la firma "P" aumentará 10 000 toneladas y la firma "R" solamente 6 500. Cabe señalar, sin embargo, que la primera citada figura entre las empresas de mayor capacidad del mundo, en ese tipo de papeles.

La presencia de un excedente de capacidad en 1977 y en años siguientes de la programación de nuevas plantas, se explica aparentemente por el hecho de que algunas de las empresas organizan sistemas de comercialización de sus productos, con base en el conocimiento del mercado específico, que les permite incrementar sus utilidades si participan con la oportunidad debida.

A partir de 1983 comenzaría a existir un déficit de la oferta, de no iniciarse la instalación de una nueva planta que sería la planta modular tipo 1, de 25 000 TPA, cuya construcción debiera iniciarse en 1979 para producir 15 000 toneladas en su primer año de operación, tal como se indica en el cuadro 32.

Esta planta modular, de acuerdo con la etapa de aprendizaje supuesta para el tipo de producto y de los equipos que se emplean, alcanzaría una produc-

ción de 23 000 toneladas —92% de utilización— al tercer año de operación.

La segunda planta modular, de acuerdo a la magnitud del déficit probable, debería iniciar su fabricación en 1983. A partir de 1984 se requeriría una planta adicional por año, hasta 1987.

Como en los casos de otros tipos de papeles, se ha supuesto un déficit de la oferta que podría ser cubierto por ampliaciones de alguna o algunas de las empresas existentes.

Las necesidades de capacidad de fabricación de papeles sanitario y facial para el lapso 1978-1987 serían cubiertas con cinco plantas adicionales de 25 000 TPA.

#### 5. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSA DE BAGAZO DE CAÑA

La programación de plantas modulares tipo se efectuó siguiendo la metodología empleada en la programación de las plantas para papel. En el cuadro 33 se presenta la de las plantas modulares tipo para la fabricación de celulosa química de bagazo de caña, blanqueada y sin blanquear.

La capacidad instalada total hasta 1977, de las 7 plantas productoras de celulosa de bagazo existentes, ascendía a 266 000 toneladas. Esta capacidad se incrementará anualmente con ampliaciones de las plantas establecidas, así como con el arranque de dos plantas nuevas, cuyos aumentos de producción considerando una curva de aprendizaje en cada caso, se consignan en el cuadro mencionado.

La empresa "E" dispondrá para finales de 1978, de 25 000 toneladas adicionales a las 85 000 que tiene en operación. La empresa "S" cuyo arranque se previó para 1977 con una producción de 11 700 toneladas, habrá de aumentarlas hasta alcanzar 26 700 en 1979. La nueva planta de la empresa "C", cuyo inicio de producción se ha pospuesto para arrancar a principios de 1979 con 50 000 toneladas, la aumentará sucesivamente en 20 000 y 10 000 con lo que alcanzaría una utilización de 97% de su capacidad instalada en 1981.

No obstante esas ampliaciones y la entrada de una nueva planta como la de la firma "C", la capacidad total instalada resulta muy inferior a la demanda proyectada para los próximos años. En 1978 se estima un déficit de 25 000 toneladas, el cual se mantendrá en ascenso y podría llegar a 233 000 en 1980 y a 242 000 en 1981.

La magnitud del déficit plantea la necesidad de programar la construcción de nuevas plantas. Así, el cuadro 33 muestra el número de plantas modulares tipo que se requerirían para cubrir el déficit creciente. En dicho programa se previeron 7 plantas. La construcción de las plantas modulares 1 y 2, con capacidad de 100 000 TPA debería iniciarse en 1979, a fin de que pudieran arrancar en 1982, con una producción inicial de 75 000, con lo que el déficit disminuiría a 145 000 toneladas. La producción aumentaría en forma gradual hasta llegar a las 97 000 en 1985, considerando la etapa de aprendizaje.

Cuadro 33

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSA DE BAGAZO DE CAÑA<sup>1</sup> CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad: (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)			Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente
		Empresa "S"	Empresa "C"	Empresa "E"		
1977 <sup>2</sup>	225	11.7	—	85	266	41
1978	341	11.7 + (25)	—	85 + (25)	316	(25)
1979	432	26.7	(50)	110	366	(66)
1980	619	26.7	50 + (20)	110	386	(233)
1981	638	26.7	70 + (10)	110	396	(242)
1982	691	26.7	80	110	396	—
1983	748	—	—	—	546	—
1984	810	—	—	—	716	—
1985	878	—	—	—	831	—
1986	1 033	—	—	—	940	—
1987	1 217	—	—	—	1 039	—

Años	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 100 000 TPA							Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente
	1	2	3	4	5	6	7		
1977 <sup>3</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1979	1 de 100	1 de 100	—	—	—	—	—	—	—
1980	—	—	1 de 100	1 de 100	—	—	—	—	—
1981	—	—	—	—	1 de 100	—	—	—	—
1982	(75)	(75)	—	—	—	1 de 100	—	546	(145)
1983	75 + (10)	75 + (10)	(75)	(75)	—	—	1 de 100	716	(32)
1984	85 + (10)	85 + (10)	75 + (10)	75 + (10)	(75)	—	—	831	21
1985	95 + (2)	95 + (2)	85 + (10)	85 + (10)	75 + (10)	(75)	—	940	62
1986	97	97	95 + (2)	95 + (2)	85 + (10)	75 + (10)	(75)	1 039	6
1987	97	97	97	97	95 + (2)	85 + (10)	75 + (10)	1 061	(156)

<sup>1</sup> Incluye celulosa de bagazo blanqueada y sin blanquear.<sup>2</sup> La información disponible sobre los proyectos de empresas existentes sólo llega a 1980.<sup>3</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Las plantas 3 y 4 deberían empezar su producción en 1983, con 75 000 toneladas cada una, lo que haría descender el déficit a sólo 32 000; y la planta 5, iniciaría su producción en 1984, con lo que se dispondrá de un excedente de capacidad, de 21 000 toneladas respecto al consumo aparente previsto.

Este excedente de capacidad podría mantenerse programando las plantas 6 y 7, las cuales deberían arrancar en 1985 y 1986, respectivamente, con lo que el excedente de capacidad podría ser de 62 000 en 1985, para luego descender a 6 000 en 1986 y convertirse en un déficit de 156 000 en 1987.

Cuadro 34

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSA QUIMICA DE MADERA <sup>1</sup>  
 CON BASE EN PROYECTOS DE AMPLIACION Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Plantas existentes con proyectos de ampliación de capacidad: (Se consideran los aumentos de producción en plantas en etapa de aprendizaje)		Capacidad instalada más proyectos de ampliación	Excedente o déficit de capacidad respecto al consumo aparente	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 122 000 TPA						Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente
		Empresa "G"	Empresa "H"			1	2	3	4	5	6		
1977 <sup>2</sup>	574	60	5	447.5	(126.5)	—	—	—	—	—	—	—	—
1978	614	60	5 + (10)	457.5	(156.5)	—	—	—	—	—	—	—	—
1979	653	60 + (12)	15 + (20)	489.5	(163.5)	1 de 122	—	—	—	—	—	—	—
1980	767	72 + (0.5)	35	490	(277)	—	1 de 122	1 de 122	—	—	—	—	—
1981	821	72.5	—	490	—	(75)	—	—	1 de 122	—	—	565	(256)
1982	882	—	—	565	—	75 + (20)	(75)	(75)	—	—	—	735	(147)
1983	948	—	—	735	—	95 + (15)	75 + (20)	75 + (20)	(75)	1 de 122	—	865	( 83)
1984	1 016	—	—	865	—	110 + ( 8)	95 + (15)	95 + (15)	75 + (20)	—	1 de 122	923	( 93)
1985	1 099	—	—	923	—	118	110 + ( 8)	110 + ( 8)	95 + (15)	(75)	—	1 029	( 70)
1986	1 197	—	—	1 029	—	118	118	118	110 + ( 8)	75 + (20)	(75)	1 132	( 65)
1987	1 303	—	—	1 132	—	118	118	118	118	95 + (15)	75 + (20)	1 167	(136)

<sup>1</sup> Se incluyen las celulosas químicas de madera al sulfato blanqueada y sin blanquear, al sulfito blanqueada y sin blanquear.

<sup>2</sup> La información disponible sobre los proyectos de empresas existentes sólo llega a 1979.

<sup>3</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Como se ha supuesto en los casos anteriores, los déficit podrán ser cubiertos ya sea por ampliaciones menores en plantas existentes, por modernización de algunas instalaciones o por mejoría en la eficiencia de las plantas derivada de una posible especialización de los equipos.

#### 6. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSAS QUIMICAS DE MADERA

La capacidad instalada para la fabricación de celulosas químicas de madera, al sulfato y al sulfito, blanqueada y sin blanquear, hasta el año de 1977, ascendía a 447 500 toneladas, en tanto que el consumo aparente observado en ese mismo año fue de 574 000, lo que representa un déficit en capacidad instalada de 126 500 toneladas, como puede verse en el cuadro 34.

En este renglón, las expansiones futuras por parte de empresas establecidas, permitirán aumentar la capacidad instalada agregándole 42 500 toneladas. Los aumentos serán efectuados por dos empresas que son: la designada como "G" que dispone de 60 000 toneladas y que proyecta aumentar a 72 000 para fines de 1979; y la empresa "H" que dispuso en 1977 de 5 000 toneladas que para fines de 1978 ascenderán a 15 000 y que para 1979 serán 35 000. No obstante estos aumentos, el déficit subsiste y ascenderá a 277 000 toneladas en 1980.

La magnitud de ese déficit justifica la programación de seis plantas modulares tipo, con capacidad anual de 122 000 toneladas, de las cuales la primera iniciaría su producción con 75 000 toneladas en 1981, aumentándola progresivamente hasta alcanzar las 118 000 en 1984. Las siguientes dos plantas modulares deben arrancar en 1982, cada una con 75 000 toneladas; la planta 4 en 1983 y las 5 y 6, en 1985 y 1986, respectivamente.

Como se puede apreciar en el cuadro 34 para el año de 1986, subiste todavía un déficit de capacidad no obstante la adición de 6 nuevas plantas de 122 000 toneladas. Ese faltante que en 1987 puede ascender a 136 000 toneladas, se mantiene a lo largo del periodo de programación de las plantas modulares, en virtud de que en este renglón, la oferta nacional ha sido deficitaria y lo seguirá siendo, posiblemente, debido a la limitación de la disponibilidad de la materia prima, que es la madera.

El lento crecimiento histórico de la capacidad instalada para fabricación de celulosas químicas de madera, determina el principal criterio adoptado para la programación de las nuevas plantas. Así mismo, se mantiene el supuesto de que los problemas que han limitado la disponibilidad de la materia prima principal, los cuales cabe decir son ajenos a esta industria, se habrán de superar en alguna medida en los próximos años, mejorando con ello la disponibilidad. Por lo pronto, se prevé que el país continuará siendo deficitario y seguirá dependiendo parcialmente del exterior en este tipo de celulosas, de las cuales en 1977 se importaron 62 000 toneladas, estimándose que para 1987 la importación ascenderá a 150 000, lo que equivale a una tasa de crecimiento del orden de 9.2% en promedio anual.

#### 7. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PASTA MECANICA DE MADERA

El cuadro 35 muestra la programación de las plantas modulares tipo, con capacidad de 85 000 TPA, y como se puede observar, no se incluye ningún proyecto de ampliación de las empresas existentes, ya que de acuerdo a la información obtenida en la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel, no se tiene conocimiento de proyectos de ampliación o de nuevas plantas. Por tal razón la capacidad instalada existente hasta 1977, se ha mantenido sin variación, y bajo esta condición, se supone que año tras año se incrementará el déficit de capacidad, ascendiendo de 75 500 toneladas en 1978, 86 500 en 1979, y a 122 500 en 1980.

En la programación de las plantas modulares se señala el inicio de las etapas de estudio y construcción de la primera planta en 1980, la cual deberá arrancar en 1982, con 45 000 toneladas, lo que haría descender el déficit a 98 500 toneladas. Para la planta 2 la construcción debería iniciarse en 1981 para arrancar con 45 000 toneladas en 1983; en tanto que la construcción de la planta 3 se programa para 1985, a fin de que en 1987 inicie su producción con 45 000 toneladas.

Los aumentos progresivos, según una curva de aprendizaje, permitirán que después de 3 años de iniciada la producción, se alcance una utilización de la capacidad de 94%, con lo que se prevé que con las 3 plantas modulares, más la capacidad existente, el déficit remanente de dicha capacidad descenderá notablemente de 98 500 toneladas en 1982, a 5 500 en 1987.

Es conveniente conservar un déficit de capacidad en este renglón de pastas mecánicas con objeto de que pueda ser cubierto por medio de ampliaciones de las empresas existentes o bien mediante las expansiones de las plantas nuevas que se instalen.

#### 8. PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSAS REGENERADAS

El cuadro 36 presenta la programación de la nueva capacidad para la fabricación de celulosas regeneradas. Incluye el proyecto de ampliación de la única planta existente que fabrica celulosas regeneradas a partir de papeles de desperdicio. La capacidad instalada en 1977 ascendía a 40 000 toneladas y se proyecta aumentarla hasta 88 000 en el lapso 1981 y 1982. De acuerdo a la información obtenida de la Cámara de esta industria, no existen otros proyectos de ampliaciones para nuevas plantas por el momento.

La ampliación mencionada, no será suficiente para satisfacer la demanda actual, ni la demanda futura, por lo que el faltante de capacidad resultará de una considerable magnitud: 699 000 toneladas en 1978, 752 000 en 1979 y 824 000 en 1980.

El déficit de capacidad se acentuará cada año, en virtud de que la demanda futura de celulosas regeneradas que se prevé para los próximos diez años, se mantiene creciendo en forma sostenida,

Cuadro 35

PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PASTA MECANICA  
CON BASE EN LA CAPACIDAD INSTALADA Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Capacidad total instalada <sup>2</sup>	Excedente o déficit de capacidad instalada respecto al consumo aparente	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 85 000 TPA			Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Déficit de capacidad con respecto al consumo aparente
				1	2	3		
1977 <sup>3</sup>	154	72.5	( 81.5)	—	—	—	—	—
1978	148	72.5	( 75.5)	—	—	—	—	—
1979	159	72.5	( 86.5)	—	—	—	—	—
1980	195	72.5	(122.5)	1 de 85	—	—	—	—
1981	206	72.5	(133.5)	—	1 de 85	—	—	—
1982	216	72.5	—	(45)	—	—	177.5	(47.5)
1983	225	117.5	—	45 + (15)	(45)	—	177.5	(47.5)
1984	235	177.5	—	60 + (10)	45 + (15)	—	202.5	(32.5)
1985	247	202.5	—	70 + ( 5)	60 + (10)	1 de 85	217.5	(29.5)
1986	262	217.5	—	75 + ( 5)	70 + ( 5)	—	227.5	(34.5)
1987	278	227.5	—	80	80	(45)	272.5	( 5.5)

<sup>1</sup> Incluye la pasta mecánica de piedra de desperdicios de madera y pasta mecánica refinada.

<sup>2</sup> De acuerdo a investigación realizada e información disponible, no existen proyectos de ampliación de capacidad.

<sup>3</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

hasta duplicarse en dicho periodo. Entre tanto, la capacidad instalada se mantiene prácticamente sin variación hasta 1981 y 1982, que son los años durante los cuales dicha capacidad habrá de ascender a 88 000 toneladas anuales lo que apenas representará el 8.8% del consumo aparente de 1982.

Para la determinación de la capacidad adicional se adoptó una planta modular tipo con capacidad de 56 000 TPA. Esta capacidad, aún cuando parece relativamente pequeña, se estimó adecuada por la posibilidad de ser instalada cerca de los centros de consumo en los que, en el futuro, existirá una generación importante de papeles de desecho.

La característica de esa planta de celulosa regenerada de tener un proceso más sencillo que el de las plantas de celulosa virgen, significa menor contaminación y, consecuentemente, menor inversión en los equipos de fabricación y contra la contaminación.

La programación de plantas modulares adicionales se inicia con la ejecución de estudios y la construcción de las plantas 1 y 2, en 1979, a fin de que arranquen en 1981 con una producción inicial de 35 000 toneladas cada una. Al cabo de tres años, éstas plantas alcanzarían una producción de 52 000 toneladas equivalentes al 92% de aprovechamiento de la capacidad.

Las plantas 3, 4, 5 y 6, cuya construcción debería realizarse en 1980, entrarían en producción en

1982, mientras que las plantas de la 7 a la 12 empezarían a construirse en 1981, para arrancar en 1983. Las plantas 13 a 17 iniciarían su construcción en 1982 y arrancarían en 1984; y finalmente, las plantas 18 a 22 se construirán a partir de 1983 para iniciar sus operaciones en 1985. Con la adición de estas plantas, el faltante de capacidad se reduciría notablemente.

Sin embargo, no se pretende suprimir dicho faltante en su totalidad, en razón de que aún son modestos los volúmenes de papeles de desecho que se generan en la mayoría de las localidades del país. En la actualidad se importa una cantidad apreciable de desechos y posiblemente se seguirán importando en el futuro para complementar los volúmenes que se generan internamente.

En síntesis, el déficit de capacidad que para 1981 se estimó en 793 000 toneladas, podrá descender hasta 248 000 toneladas anuales en 1987, mediante la instalación de 22 plantas de 56 000 TPA.

#### 9. NECESIDADES DE CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA, 1978-1987

De acuerdo con los resultados de las estimaciones de las capacidades adicionales para la fabricación de papel y de celulosa, en los apartados correspondientes, en el cuadro 37 se presenta el re-

Cuadro 36

**PROGRAMACION DE LA CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE CELULOSAS  
REGENERADAS (DESPERDICIOS DE PAPEL) CON BASE EN UN PROYECTO DE  
AMPLIACION Y NUEVAS PLANTAS MODULARES, 1977-1987**

(Miles de toneladas anuales)

Años	Proyección del consumo aparente	Empresa establecida		Capacidad instalada más la del proyecto de ampliación	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 56 000 TPA 1		
		Capacidad instalada	Proyecto de ampliación			1	2	3
1977 <sup>2</sup>	689	40	—	40	(649)	—	—	—
1978	739	40	—	40	(699)	—	—	—
1979	792	40	—	40	(752)	1 de 56	1 de 56	—
1980	864	40	—	40	(824)	—	—	1 de 56
1981	931	40	40 + (28)	68	(863)	(35)	(35)	—
1982	1 005	68	68 + (20)	88	(917)	35 + (15)	35 + (15)	(35)
1983	1 075	—	—	328	—	50 + ( 2)	50 + ( 2)	35 + (15)
1984	1 170	—	—	602	—	52	52	50 + ( 2)
1985	1 271	—	—	875	—	52	52	52
1986	1 372	—	—	1 137	—	52	52	52
1987	1 480	—	—	1 222	—	52	52	52

Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 56 000 TPA 1								
Años	4	5	6	7	8	9	10	
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—	—
1979	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	1 de 56	1 de 56	1 de 56	—	—	—	—	—
1981	—	—	—	1 de 56				
1982	(35)	(35)	(35)	—	—	—	—	—
1983	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)
1984	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)
1985	52	52	52	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)
1986	52	52	52	52	52	52	52	52
1987	52	52	52	52	52	52	52	52

Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 56 000 TPA 1							
Años	11	12	13	14	15	16	17
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—
1979	—	—	—	—	—	—	—
1980	—	—	—	—	—	—	—
1981	1 de 56	1 de 56	—	—	—	—	—
1982	—	—	1 de 56				
1983	(35)	(35)	—	—	—	—	—
1984	35 + (15)	35 + (15)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)
1985	50 + ( 2)	50 + ( 2)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)
1986	52	52	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)
1987	52	52	52	52	52	52	52

Años	Plantas adicionales con base al módulo de planta tipo con capacidad de 56 000 TPA <sup>1</sup>					Capacidad instalada más la de las nuevas plantas modulares	Déficit de capacidad respecto al consumo aparente
	18	19	20	21	22		
1977 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—
1979	—	—	—	—	—	—	—
1980	—	—	—	—	—	—	—
1981	—	—	—	—	—	138	(793)
1982	—	—	—	—	—	328	(677)
1983	1 de 56	1 de 56	1 de 56	1 de 56	1 de 56	602	(473)
1984	—	—	—	—	—	875	(295)
1985	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	1 137	(134)
1986	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	35 + (15)	1 222	(150)
1987	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	50 + ( 2)	1 232	(248)

<sup>1</sup> Se consideran los aumentos de capacidad en plantas en etapa de aprendizaje.

<sup>2</sup> Datos reales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

sumen de las necesidades de plantas adicionales según los módulos tipo adoptados, para el decenio 1978-1987.

En el caso de la fabricación de papel, en el cuadro mencionado se destaca que, considerando los tonelajes correspondientes para cada módulo, el mayor resulta para la fabricación de papeles para empaque con un total de 720 000 toneladas de capacidad instalada. En segundo término se ubica la fabricación de papel para impresión con 400 000; en tercero la de papel periódico con 300 000, y en cuarto la de papel sanitario con 125 000 toneladas, durante los diez años contados a partir de 1978.

En el caso de la celulosa el tonelaje más elevado resulta ser el de la capacidad de producción de celulosa de desperdicio de papel con 1 232 000 toneladas. Le sigue la de celulosa química de madera con 732 000, en tercer lugar la celulosa de bagazo de caña con 700 000, y en cuarto las pastas mecánicas con 255 000 toneladas.

Debe señalarse que las estimaciones mencionadas se han derivado de premisas apoyadas en las tendencias observadas en el mercado del papel, así como en las tendencias futuras esperadas tanto por fabricantes como por técnicos de la rama.

No obstante, pueden ocurrir virajes, o nuevos desarrollos, o cambios de política industrial que modifiquen las estimaciones logradas. Igualmente, una decisión por parte de las empresas establecidas de ampliar en forma sustancial sus capacidades, indudablemente modificaría las estimaciones.

Debe hacerse hincapié en que no parece aconsejable que la industria de la celulosa y del papel llegue a ser autosuficiente en la totalidad de la gama de tipos de ambos productos.

En cambio, si se estima conveniente fomentar la instalación de capacidad de producción en de-

Cuadro 37

NECESIDADES DE CAPACIDAD ADICIONAL PARA LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA, 1978-1987

Plantas modulares y su capacidad	Número de plantas
Fabricación de papel periódico Plantas de 100 000 TPA	3
Fabricación de papeles para empaque Plantas de 90 000 TPA	8
Fabricación de papeles para impresión y escritura Plantas de 50 000 TPA	8
Fabricación de papeles sanitario y facial Plantas de 25 000 TPA	5
Producción de celulosa de bagazo de caña Plantas de 100 000 TPA	7
Producción de celulosa química de madera Plantas de 122 000 TPA	6
Producción de pastas mecánicas Plantas de 85 000 TPA	3
Producción de celulosa de desperdicio de papel Plantas de 56 000 TPA	22

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

terminados tipos de papel, no solamente para lograr autosuficiencia sino para que, a largo plazo, sea factible penetrar en mercados externos, siempre y cuando la producción se obtenga a costos competitivos con los del mercado internacional. En este caso están el papel periódico y los papeles sanitario y facial.

#### IV. NECESIDADES DE MAQUINARIA Y EQUIPOS BASICOS PARA EL DECENIO 1978 - 1987

De acuerdo con la metodología adoptada en el presente trabajo, una vez determinado el número de plantas modulares que serían necesarias para satisfacer las demandas futuras de los distintos tipos de celulosa y papel, y con base en las relaciones de los equipos básicos que integran cada una de esas plantas modulares, fue posible determinar las necesidades de maquinaria y equipos básicos para el decenio 1978-1987.

Con el fin de racionalizar la identificación de esos equipos, se adoptó una clasificación basada en el criterio de su uso específico, así como en el de homogeneidad de sus características técnicas. Quedaron entonces cuatro grupos principales, que a continuación se listan:

- A) Maquinaria y equipos básicos para la fabricación de celulosa
- B) Maquinaria y equipos básicos para la fabricación de papel
- C) Maquinaria y equipo eléctrico seleccionado, para las industrias de la celulosa y el papel, y
- D) Maquinaria y equipo de uso común seleccionado, para las industrias de la celulosa y el papel

Los dos primeros grupos incluyen los equipos necesarios para desarrollar funciones específicas en cada una de las industrias citadas. Por supuesto, dada la similitud existente entre algunas operacio-

nes, ciertos equipos son similares, o incluso idénticos. Asimismo, su designación como equipo de uso específico se justifica por la exclusividad de su diseño y uso para las dos industrias mencionadas.

El tercer grupo, el de equipo eléctrico, engloba a aquellos cuya función involucra el empleo y control de energía eléctrica. Se trata, además, de equipos homogéneos desde el punto de vista de su fabricación.

Finalmente, el cuarto grupo, como su nombre lo sugiere, comprende los equipos que son empleados por numerosas industrias, aparte de las del papel y la celulosa. En el criterio de su agrupamiento prevalece también el de la homogeneidad de fabricación como líneas de productos de una misma instalación productora.

El cuadro 38 resume las necesidades de maquinaria y equipos básicos que se estima demandaría la fabricación de celulosa y el cuadro 39 los que demandaría la fabricación de papel. En ambos casos se muestran los subgrupos de equipos que desarrollan operaciones específicas.

Los cuadros 40 y 41 listan los equipos eléctricos, y los de uso común respectivamente.

Debe señalarse que en el caso de los de uso específico no se tomaron en cuenta los de valor inferior a \$ 100 000. En el caso de los motores eléctricos se excluyeron los de 30 HP y los de menor potencia; y en cuanto a las máquinas-herramienta, se excluyeron las de valor inferior a \$ 300 000.

Cuadro 38

**NECESIDADES DE MAQUINARIA Y EQUIPOS BASICOS DE PROCESO PARA  
LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA, 1978-1987**

Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)	Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)
<b>I. Equipos para manejo y preparación de materias primas</b>			<b>IV. Equipos para blanqueo y lavado de pulpa</b>		
Rompedoras de pacas	7	4.9	Espesadores de pulpa morena de oagazo de caña de 3.5 x 7.5 m con cilindro de vacío	13	94.9
Disgregadoras de bagazo	7	3.5	Espesadores para pulpa regenerada de 3 x 4.5 m	22	59.4
Hidroseparadoras de bagazo de 9.7 m <sup>3</sup> /min	7	11.2	Espesadores para pasta mecánica de 3 x 4.0 m	6	18.0
Máquinas para hacer pacas	21	20.3	Espesadores de discos de 3.0 m de diámetro, 60 TPD	9	24.3
Descortezadoras de madera hidráulicas de 60 HP	15	12.0	Depuradores centrífugos de 345 TPD	36	36.0
Sierras de péndulo de 1.6 m y 50 HP	6	2.4	Depuradores centrífugos de 283 TPD (cribas de presión)	42	37.8
Sierras de cadena hidráulica de 10 HP	6	0.9	Depuradores centrífugos de 40 TPD para celulosa regenerada	22	19.8
Cortadoras y astilladoras	6	5.4			
Desintegradoras de pasta para papeles de desecho	44	83.6			
<b>II. Equipos para desfibración, cocimiento y depuración</b>					
Desmeduladoras de bagazo con capacidad de 316 TPD	42	105.0	Mezcladoras para pulpa de bagazo	14	6.3
Desmeduladoras para madera	24	60.0	Lavadoras de hipoclorito para pulpa de bagazo de 3.5 m de diámetro por 6 m de largo	21	173.7
Unidad termodinámica con alimentador de gusano y desfibrador y válvula de soplado, para astillas	6	102.0	Plantas lavadoras y blanqueadoras completas	18	162.0
Unidad termodinámica con alimentador de gusano y desfibrador y válvula de soplado, para bagazo	7	79.8	Circuladores para blanqueo, con toberas de dilución	32	22.5
Equipo digestor semiquímico con alimentador de gusano de 58 cm de diámetro, completo	13	301.7			
Calentadores para licor de impregnación y licor recirculado	32	32.7	<b>V. Equipos para limpiar y refinar pasta</b>		
Molinos de anillo de 2 250 HP	12	69.6	Limpiadores para pasta kraft AD de 30 cm de diámetro	7	1.4
Molinos de rueda de abrasivo de 1.6 m de diámetro, 30 TPD y 2 250 HP	9	23.4	Limpiadores para pasta mecánica de 1 800 LPM	7	1.4
Depuradores centrífugos de 30 TPD, para pasta mecánica	88	44.0	Limpiadores centrífugos para pasta refinada de 30 TPD	18	10.3
Depuradores presurizados de 40 TPD, para pasta mecánica	9	8.1	Despastillador refinador de barras, losa química de madera	12	9.6
Depuradores vibratorios para rechazos primarios	9	5.4	Despastilladores cónicos para pasta mecánica	7	2.8
Depuradores o filtros de tambor al vacío, para celulosa regenerada	22	77.0	Despastillador refinador de barras, de 80 TPD	44	8.8
Equipo deshidratador y mezclador de sosa con prensas, tolvas y transportador de descarga	26	260.7	Refinadores de disco para pasta mecánica con capacidad de 45 TPD	12	10.8
Celdas de flotación "Unicel" para separación de partículas de tinta de 10 TPD	44	41.8	Eliminadores de arenas tipo centrífugo, para planta de celulosas regeneradas	44	24.2
Cribas centrífugas (madera)	12	7.2	Clasificadores vibratorios para pasta aceptada destintada y separación de impurezas	44	4.4
Clasificadores vibratorios (depuradores) de 20 TPD	44	4.4	Ciclón recuperador de fibra de bagazo de 7 m <sup>3</sup>	13	2.6
Eliminadores centrífugos de arena e impurezas	44	24.2	Ciclón separador de fibras de pasta mecánica de 1.5 m <sup>3</sup>	9	1.6
			Ciclón del sistema digestor de 1.7 m de diámetro	13	2.6
<b>III. Equipos para lavado y depuración de pulpa y pasta</b>			Ciclón del sistema digestor de 2 m de diámetro	6	1.8
Lavadoras de pasta de bagazo, completas	14	95.2	Cribas vibratorias separadoras de nudos de 60 TPD	9	1.0
Lavadoras de pasta para celulosa química de madera	6	120.0			
Lavadores exprimidores	24	45.0	<b>VI. Equipos para deshidratación de celulosa y pasta</b>		
Rompe espuma tipo mecánico con capacidad de 70 a 115 m <sup>3</sup> /min	13	2.6	Prensas para deshidratación de pulpa cocida de bagazo	14	121.1
			Prensas de tela para deshidratación de celulosas regeneradas	44	132.0

Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)	Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)
Prensas para deshidratar pulpa cocida de madera	12	108.0	Equipo de caustificación para clarificar licor verde, con lavador, recaustificadores, apagador de cal, mezclado y almacenamiento de lodos	13	190.3
Secadoras de pasta mecánica tipo Flash	6	10.5	Filtros de lodos de 20 cm de diámetro	13	19.3
Prensas mecánicas del tipo continuo para compactación de bloques de pasta mecánica	6	34.9	Calentadores de licor verde	13	3.4
Centrifugas de tornillo y prensas para deshidratación de los desechos de la flotación, para una sequedad del 25 al 40%	22	187.0	Precipitadores electrostáticos	6	21.6
VII. Equipos para recuperación y preparación de reactivos			Clarificadores de solución blanca y criba para tratamiento de efluentes	6	12.9
Enfriadores de lechada de cal	13	12.8	Evaporador de platos para recuperación de sustancias químicas	6	21.6
Sistema integrado de recuperación de reactivos de 290 TPD de pulpa	13	931.6	Acondicionadores y depuradores de agua con capacidad de 600 LPM	25	50.0
Reactores de hipoclorito con capacidad de 890 LPM para preparación de reactivos	7	0.3	Sistema de adición de sustancias químicas para tratamiento de agua	35	28.0
			Plantas de tratamiento de agua para calderas con capacidad de 439 y 655 LPM	26	61.1
			Plantas calcinadoras de caliza con horno rotatorio	6	15.0
			Sistema de clarificación de reactivos	6	1.8

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977. LAB fabricante del equipo.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 39

NECESIDADES DE MAQUINARIA Y EQUIPOS BASICOS DE PROCESO PARA LA INDUSTRIA DEL PAPEL, 1978-1987

Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)	Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)
I. Equipos para preparación de pastas y para recuperación de agua y mermas			Limpiadores de alta consistencia para pasta de mermas	8	1.6
Pulper para pasta mecánica de 168 TPD y 600 HP	3	4.2	Limpiadores de paso primario para pasta de papeles sanitario y facial	50	2.0
Pulper para pasta kraft de 84 TPD y 300 HP	3	3.0	Limpiadores de paso secundario	15	1.0
Pulper de 2 rotores de fosa de prensas	6	6.0	Refinadores de doble disco de 250 HP para pulpa kraft	3	1.8
Hidrapulper para 100 tons de relleno	16	16.8	Refinadores de control	3	3.0
Hidrapulper para procesar 50 TPD	16	9.6	Refinadores de 600 HP para pasta de papeles de empaque, para 100 ton de relleno	16	10.4
Hidrapulper para pasta de papeles sanitario y facial de 60 TPD	5	3.5	Refinadores de 200 HP para pasta de relleno	32	7.2
Limpiadores de bagazo de alta densidad de 6.4 m <sup>3</sup> /min	3	1.2	Refinadores de 400 HP para línea de reverso	8	3.2
Limpiadores para pasta mecánica de alta densidad	3	0.6	Refinadores de 200 HP para pasta de papeles de impresión y escritura	32	7.2
Limpiadores para pasta kraft de alta densidad	3	0.9	Refinadores de 200 HP para pasta de papeles sanitario y facial	10	7.0
Limpiadores de rechazos de pasta para empaque	8	1.6	Despastilladores para pasta mecánica de 200 HP para la planta de papel periódico	3	3.9
Limpiadores de alta consistencia de pasta para papel de empaque	16	2.4	Despastilladores de "rotos" tipo cónico para planta de papel periódico	3	1.2
Limpiadores cónicos de paso primario	640	10.4	Despastilladores para procesar 50 ton de pasta de relleno	32	6.4
Limpiadores cónicos de paso secundario	160	4.0	Despastilladores de mermas de pasta para empaque	16	3.2
Limpiadores de alta consistencia para mermas	8	1.6	Despastilladores de pasta para papeles de impresión y escritura de 75 TPD	16	3.2
Limpiadores primarios para pasta de papeles de impresión y escritura	160	5.6	Despastilladores de mermas de pasta para papel de impresión	8	1.6
Limpiadores secundarios	40	2.4			

Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)	Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)
Depastillador para procesar pasta para papel sanitario y facial, con capacidad de 35 TPD	15	2.5	Filtros de discos para recuperación de agua en planta para papel de impresión	8	17.5
Depuradores de pasta de alta consistencia para papel cartón, para procesar 50 ton de relleno	32	4.8	Filtros de discos para recuperación de agua en planta para papeles sanitario y facial	5	1.0
Depuradores verticales para pasta de papel cartón	32	17.6	Lavadoras de agua de prensas para plantas de papel periódico	6	5.1
Depuradores de pasta de alta consistencia para papel de impresión	32	5.6	Lavadoras de agua de prensas para plantas de papel cartón	16	12.0
Depuradores de pasta de alta consistencia para papeles sanitario y facial	10	1.5	Lavadoras de agua de prensas para plantas de papeles de impresión y escritura	8	9.6
Depuradores verticales para pasta de papeles sanitario y facial	5	1.5	Lavadoras de agua de prensas para plantas de papeles sanitario y facial	5	5.0
Depuradores verticales para pasta de papel de impresión	8	4.8	Reguladores de consistencia para plantas de papel cartón	64	9.6
Cribas primarias para pasta de papel periódico	3	6.3	Reguladores de nivel para plantas de papel cartón	24	2.4
Cribas secundarias para pasta de papel periódico	3	1.8	Reguladores de consistencia para plantas de papel de impresión	24	4.0
Cribas vibratorias para pasta de relleno	40	29.5	Reguladores de nivel para plantas de papel de impresión	32	1.6
Cribas vibratorias para pasta de papel de impresión	8	5.6	Reguladores de consistencia para plantas de papeles sanitario y facial	10	1.0
Cribas vibratorias para pasta de papeles sanitario y facial	5	3.5	Reguladores de nivel para plantas de papeles sanitario y facial	20	1.0
Cribas para colas de máquina para plantas de papel periódico	3	2.7	II. Máquinas para fabricación de papel		
Cribas para colas de máquina para plantas de papel cartón	8	7.2	Máquinas para papel periódico de doble tela de 100 000 TPA	3	1 086.0
Cribas para colas de máquina para plantas de papel de impresión	8	4.8	Máquinas para fabricación de papel y cartón de empaque, con capacidad de 90 000 TPA	8	2 920.0
Cribas para colas de máquina para plantas de papeles sanitario y facial	5	2.5	Máquinas para fabricación de papeles de impresión y escritura, con capacidad de 50 000 TPA	8	1 880.0
Filtros "Saveall" para recuperación de agua en planta para papel periódico	3	24.3	Máquinas para fabricación de papeles sanitario y facial, con capacidad de 25 000 TPA	5	250.0
Filtros de discos para recuperación de agua en planta para papel cartón	8	24.0			

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 40

**NECESIDADES DE MAQUINARIA Y EQUIPO ELECTRICO SELECCIONADO PARA LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL, 1978-1987**

Descripción	Valor 1		Descripción	Valor 1	
	Cantidad (Unidades)	(Millones de pesos)		Cantidad (Unidades)	(Millones de pesos)
<b>I. Motores eléctricos (Potencia en HP)</b>			<b>B. Motores sincronicos, 4160 V, 60 Hz</b>		
<b>A. Motores de inducción, trifásicos, 460 V, 60 Hz</b>			2 250	6	14.4
900	6	5.4	1 200	16	20.8
800	7	5.6	800	3	2.7
600	19	9.5	<b>C. Motores de corriente continua</b>		
500	99	42.4	400	3	1.5
400	14	7.0	<b>II. Subestaciones incluyendo cuchillas, interruptores, transformadores y tableros</b>		499.3
350	191	50.0	<b>III. Turbogeneradores</b>		
300	241	103.0	Turbogeneradores con turbina extracción-condensación, 9 500 KW, y generador de 12 500 KVA, vapor de 42 kg/cm <sup>2</sup> , 400°C y 3 600 RPM	3	97.5
250	244	63.8	Turbogeneradores con turbina de extracción automática, 8 800 KW, y generador de 11 000 KVA, vapor de 42 kg/cm <sup>2</sup> , 400°C y 3 600 RPM	18	513.0
200	509	54.8	Turbogeneradores de 5 000 KW, 3 600 RPM, 13 000 V	16	296.0
150	375	34.5	Turbogeneradores de 3 500 KW, 3 600 RPM, 13 800 V	10	134.0
125	261	16.0			
100	375	29.0			
75	523	21.3			
60	101	3.1			
50	712	19.6			
40	168	4.4			

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro 41

**NECESIDADES DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE USO COMUN SELECCIONADOS PARA LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL, 1978-1987**

Descripción	Valor 1		Descripción	Valor 1	
	Cantidad (Unidades)	(Millones de pesos)		Cantidad (Unidades)	(Millones de pesos)
<b>I. Agitadores</b>			Rectificadoras de rodillos con diámetro de 1 830 mm y longitud de 11.7 m	3	34.5
Agitadores de aspas ajustables o fijas, de entrada lateral, verticales; de diversas dimensiones y materiales	830	211.0	Rectificadoras de rodillos con diámetro de 1 500 mm y longitud de 6.0 m	8	52.8
<b>II. Bombas</b>			Rectificadoras de rodillos con diámetro de 1 830 mm y longitud de 10 m	8	88.0
Bombas centrífugas, diversas capacidades y materiales	2 760	297.0	Fresadoras universal horizontal, con mesa de 1 660 x 360 mm	62	37.2
Bombas de abanico, diversas capacidades	48	14.0	Cepillos de codo con mesa de 500 x 640 mm, carrera de 530 mm	38	11.4
Bombas de vacío, diversas capacidades	128	65.0	Taladros de columna de 50 mm	7	2.1
Bombas especiales de engranajes, de diafragma, de gusano, neumáticas, de turbina, para pulpa; diversas capacidades y materiales	320	83.0	Taladros de columna de 38 mm	25	7.5
<b>III. Equipo contra incendio</b>			Tornos paralelos con volteo de 35 cm y 3 m entre puntos	31	22.4
Bombas, hidrantes y rociadores	478.0		Tornos paralelos con volteo de 250 mm y 2 m entre puntos	7	2.1
<b>IV. Equipo de mantenimiento</b>			Tornos paralelos con volteo de 340 mm y 2 m entre puntos	6	3.0
(Incluye sólo máquinas-herramienta con valor de 300 000 pesos o más)			Taladros de columna de 38 mm	6	3.6
			Taladros radiales de 50 mm y brazo de 1.3 m	41	19.4

Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)	Descripción	Cantidad (Unidades)	Valor 1 (Millones de pesos)
<b>V. Grúas viajeras y grúas hidráulicas</b>			Equipo para movimiento de materia prima (5 unidades móviles, en las plantas de papel cartón)		60.0
Grúas viajeras para el área de lavadoras de equipos con capacidad de 20 ton y 18.7 m de claro	13	19.5	Equipo para manejo de materia prima en las plantas de papeles de impresión y escritura		32.0
Grúas viajeras de 15 ton y 18.7 m de claro, para la casa de fuerza	13	10.4	Equipo para manejo de materia prima en las plantas de papeles sanitario y facial		10.0
Grúas viajeras de 25 ton y 12.0 m de claro, para taller mecánico	30	66.0	Sistemas integrales de descarga para la sección de cocimiento y lavado de pulpa en las plantas de celulosas de bagazo y químicas de madera	26	23.4
Grúas viajeras con capacidad de 10 ton y 10 m de claro	44	66.0	Básculas electrónicas, automáticas, diversas capacidades	29	20.0
Grúas puente de 2 carros, de 50 y 25 ton y 23 m de claro	6	19.5	Básculas de 100 ton para camiones o carros de ferrocarril	38	7.6
Grúas viajeras de 20 ton y 10 m de claro	11	25.8	<b>VII. Generadores, calderas de vapor, condensadores y evaporadores</b>		
Grúas viajeras de 15 ton y 8 m de claro, para taller mecánico	32	64.0	Generadores de vapor de 42 kg/cm <sup>2</sup> , 75 TPH	13	468.0
Grúas viajeras de doble puente de 2 ganchos de 25 ton y 12 m de claro	29	89.5	Generadores de vapor para quemar bagacillo, para las plantas de celulosa de bagazo, de 40 TPH	7	191.1
Grúas hidráulicas autopropulsadas de 14 ton y 3 m de radio	14	21.0	Calderas de vapor para 15 TPH	49	355.5
Grúas hidráulicas autopropulsadas de 18 ton y 21 m de radio	3	6.0	Calderas para desmedulado	12	48.0
Grúas móvil de 5 ton y 3 m de radio	3	2.4	Evaporadores para preparación de reactivos	6	4.8
<b>VI. Equipo para movimiento de materiales</b>			Condensadores de superficie de 500 m <sup>2</sup>	7	10.5
Tractor industrial "Trackmovil" para equipo ferroviario con tracción de 14 000 kg	3	9.9	Condensadores de superficie de 600 m <sup>2</sup>	6	10.8
Cargadores frontales, varias capacidades	35	64.4	Sistemas de eyección y vacío para condensadores	13	9.7
Descargadores de camiones con capacidad de 50 ton para bagazo	14	10.5	Precalentadores de aire para evaporación y recuperación de sustancias químicas	16	40.1
Descargadores de camiones con capacidad de 50 ton para madera, en las plantas de celulosa química y de pasta mecánica	24	17.7	<b>VIII. Compresores y turbinas de vapor</b>		
Tractores para equipo ferroviario de 14 ton, en las plantas de papel cartón	8	26.4	Compresores tipo tornillo de 35 m <sup>3</sup> /min	118	136.7
Sistema de transporte para bagazo, en las plantas de celulosa de bagazo	7	65.8	Compresores de émbolo de 4 000 LPM, 1.2 Atmósferas	21	21.0
Sistema de transporte para trozos de madera, en las plantas de celulosa química	6	56.4	Turbinas de vapor, de un paso	57	16.4
Sistema de transporte neumático para cal, con capacidad de 15 TPH, para las plantas de celulosa de bagazo y químicas de madera	14	19.3	<b>IX. Equipo de tratamiento de agua</b>		
Sistema de transporte neumático para cal, con capacidad de 4.5 TPH, para las plantas de celulosa de bagazo y químicas de madera			Clarifloculadores	21	21.2
Transportadores de banda para astillas, diversas capacidades, en las plantas de celulosas químicas de madera		132.0	Acondicionadores y depuradores de agua	132	33.9
Transportadores de paletas para bagazo, diversas capacidades	35	48.3	Aereadores de alta velocidad	393	141.5
Transportadores de banda para bagazo, diversas capacidades	98	107.1	<b>X. Equipo de bombas para combustóleo</b>		
Transportadores de gusano de descarga para los espesadores	6	0.5	Estaciones de bombeo y calentamiento para combustóleo con capacidad de 200 LPM	37	19.6
Transportadores de placas o de cadena de varias capacidades y medidas, para trozos de madera en plantas de pasta mecánica y celulosas regeneradas		30.6	<b>XI. Equipo para laboratorio y medición y pruebas</b>		
			Equipo para laboratorio		51.9
			Equipo eléctrico para medición y pruebas		79.4

1 A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro 42

INVERSION TOTAL REQUERIDA EN MAQUINARIA  
Y EQUIPOS BASICOS DE PROCESO PARA  
LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA  
Y DEL PAPEL, 1978-1987

Conceptos	Valor <sup>1</sup> (Millones de pesos)
TOTAL	10 849.4
i. Equipos para manejo y preparación de materias primas	144.2
II. Equipos para desfibración, cocimiento y depuración	1 247.0
III. Equipos para lavado y depuración de pulpa y pasta	553.0
IV. Equipos para blanqueo y lavado de pulpa	364.5
V. Equipos para limpiar y refinar pasta	83.3
VI. Equipos para deshidratación de celulosa y pasta	593.5
VII. Equipos para recuperación y preparación de reactivos	1 369.7
VIII. Equipos para preparación de pastas y recuperación de agua y mermas	358.2
IX. Máquinas para fabricación de papel	6 136.0

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Cuadros 38 y 39.

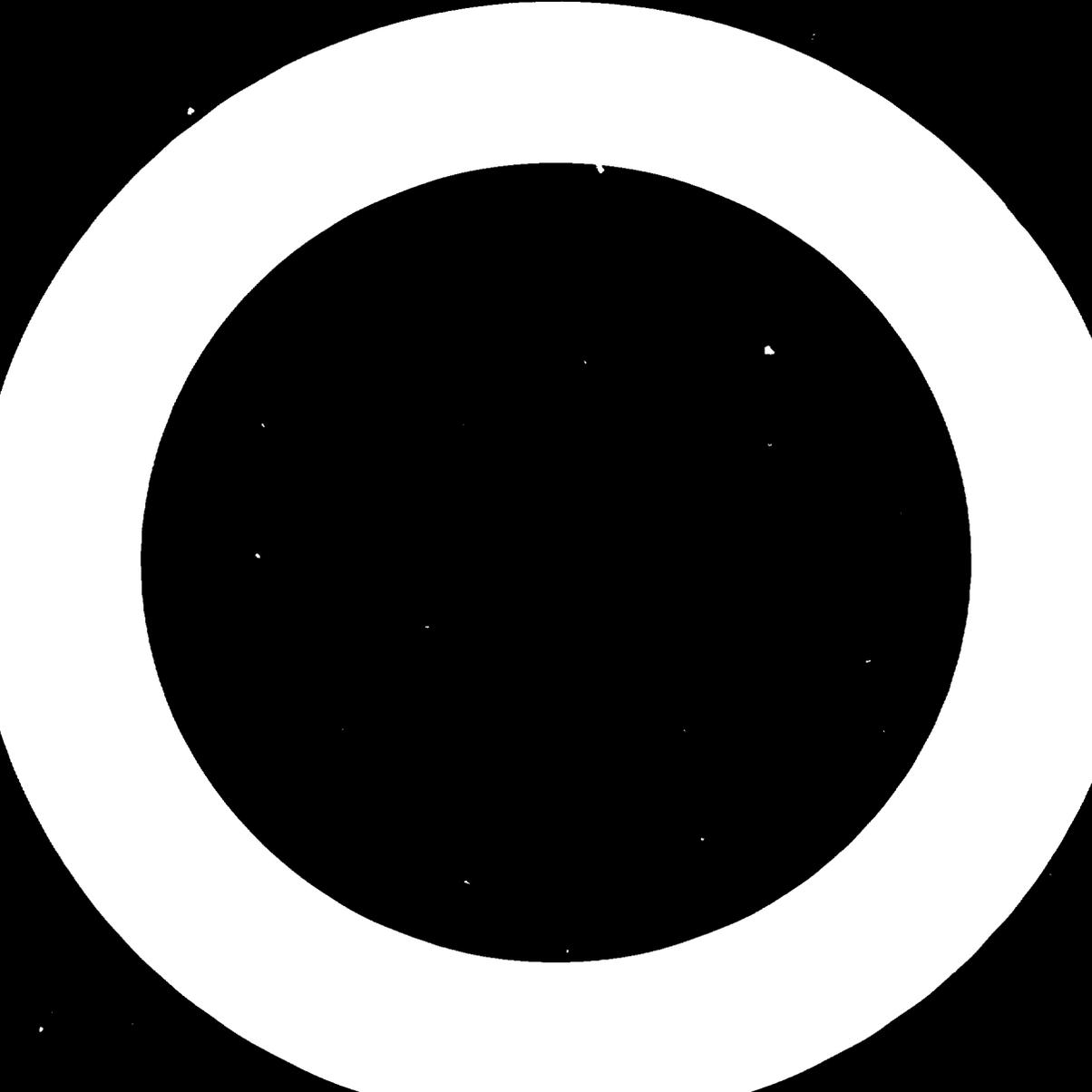
Cuadro 43

INVERSION TOTAL REQUERIDA EN MAQUINARIA  
Y EQUIPOS ELECTRICO Y DE USO COMUN  
SELECCIONADOS PARA LAS INDUSTRIAS  
DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL,  
1978-1987

Conceptos	Valor <sup>1</sup> (Millones de pesos)
TOTAL	6 272.7
I. Motores y equipo eléctrico	2 048.6
II. Agitadores y bombas	670.0
III. Equipo contra incendio	478.0
IV. Equipo de mantenimiento	284.0
V. Grúas viajeras y grúas hidráulicas	390.1
VI. Equipo para movimiento de materiales	741.9
VII. Generadores, calderas de vapor, condensadores y evaporadores	1 138.5
VIII. Compresores y turbinas de vapor	174.1
IX. Equipo de tratamiento de agua	196.6
X. Equipo de bombas para combustóleo	19.6
XI. Equipo para laboratorio y medición y pruebas	131.3

<sup>1</sup> A precios de octubre de 1977, LAB fabricante del equipo.

FUENTE: Cuadros 40 y 41.



## V. CONCLUSIONES

### A. INVERSION TOTAL EN MAQUINARIA Y EQUIPO

De acuerdo con los requerimientos de maquinaria y equipo, agrupados según características técnicas y de homogeneidad en los cuadros 38, 39, 40 y 41 se determina que la inversión total en ma-

quinaria y equipo para las industrias de la celulosa y del papel, ascenderá a 17 122 millones de pesos de 1977, para el decenio 1978-1987.

### B. INVERSION EN MAQUINARIA Y EQUIPOS BASICOS DE PROCESO

Las inversiones que corresponden a maquinaria y equipos básicos de proceso se resumen en el cuadro 42, donde se puede ver que la inversión total correspondiente es de 10 849 millones de pesos. Dentro de ésta, destaca la inversión en máquinas para la fabricación de papel con 6 136 millones de pesos, o sea el 57% de la total. Esta elevada participación, tal como se indicó anteriormente, se

debe a que se trata de máquinas muy complejas y, por lo general, de grandes dimensiones y peso, lo cual explica su elevado costo.

En segundo término destaca la inversión en equipos para recuperación y preparación de reactivos, con 1 370 millones de pesos, o sea un 13% de la total. Los demás rubros muestran participaciones reducidas: desde 11% hasta menos del 1%.

### C. INVERSION EN MAQUINARIA Y EQUIPOS ELECTRICO Y DE USO COMUN

Por lo que toca a estos equipos, en el cuadro 43 puede apreciarse que la inversión en motores y equipo eléctrico representa el 33% de la inversión total, misma que asciende a 6 273 millones de pesos, en el decenio considerado.

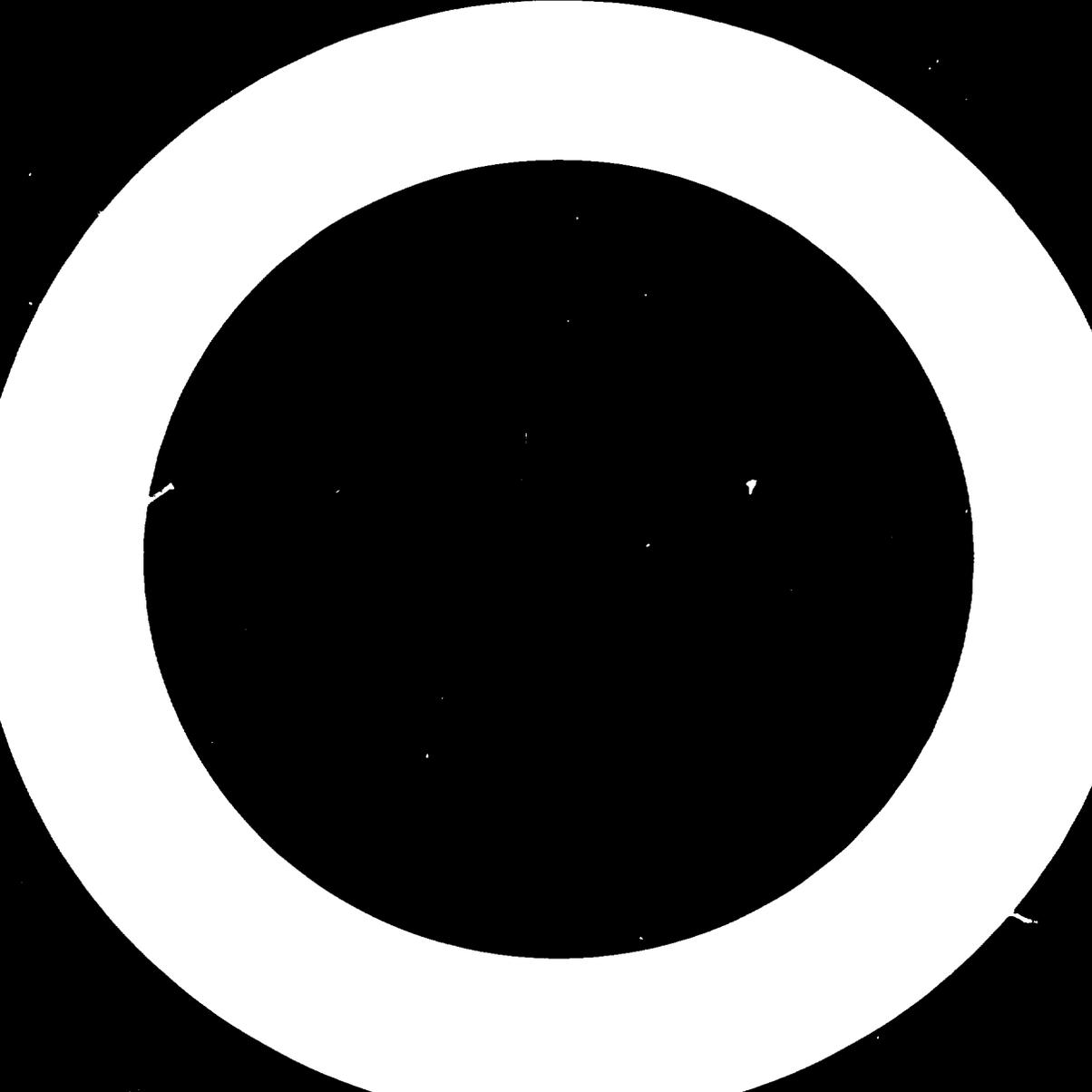
El restante 67% corresponde a equipos de uso común seleccionados, destacando con la más alta participación, 12%, el rubro de equipo para movimiento de materiales; en segundo término, con 11%, el rubro de agitadores y bombas; los demás rubros muestran participaciones menores.

### D. INVERSION BRUTA TOTAL EN LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL

Finalmente, con el propósito de determinar el orden de magnitud de la inversión bruta total que demandaría el desarrollo de las industrias de la celulosa y del papel, se estima ascendería a 34 200 millones de pesos de 1977, durante el decenio 1978-1987. Dicha inversión incluye terrenos, obras civiles, erección y montaje, ingeniería y tecnología,

gastos financieros de organización y pre-operativos, fletes y seguros así como capital de trabajo.

Es de suponerse que la magnitud de las inversiones citadas, muy probablemente se verá incrementada por las escalaciones de costos cuya ocurrencia puede tener lugar en periodos de tiempo relativamente cortos.

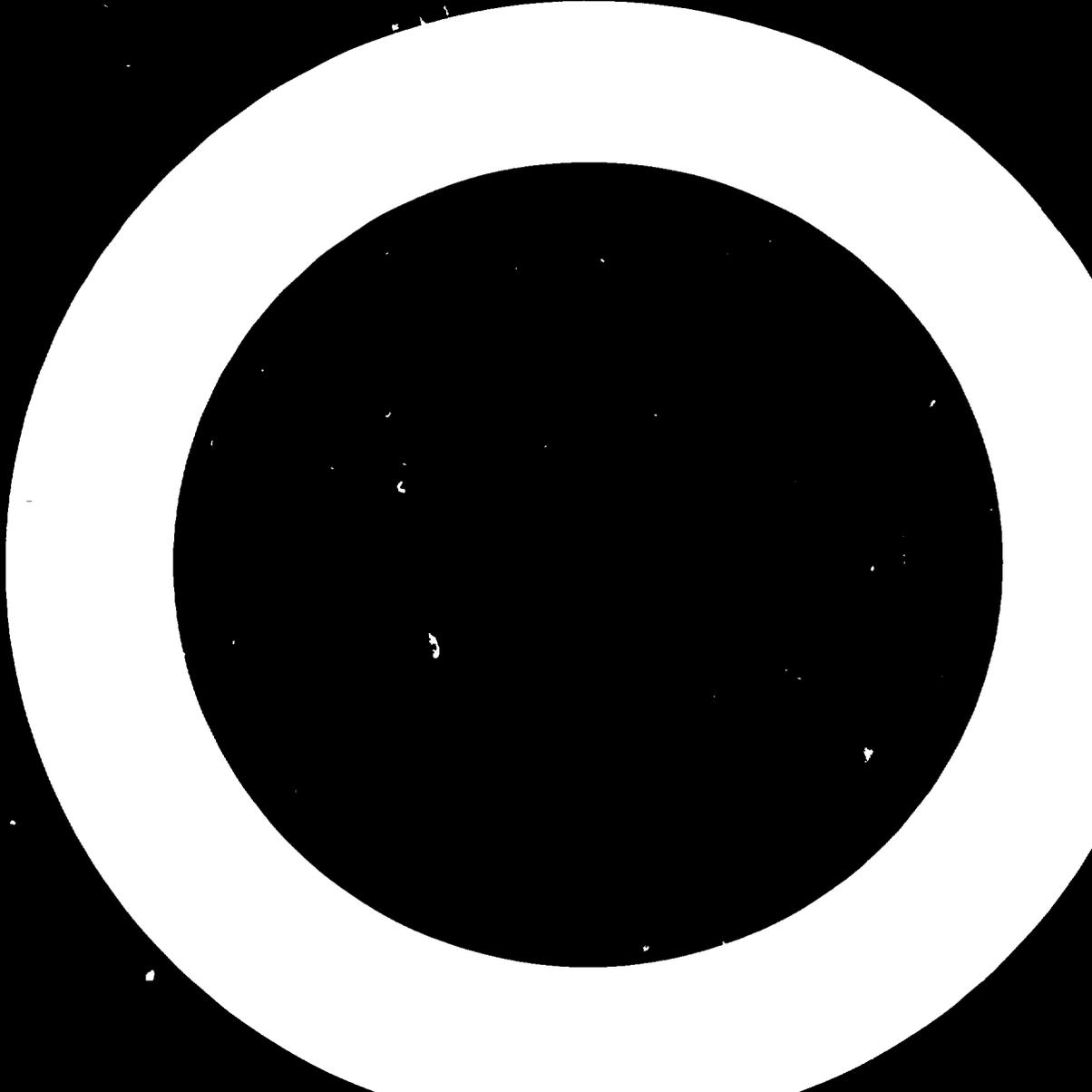


## INDICE DE CUADROS

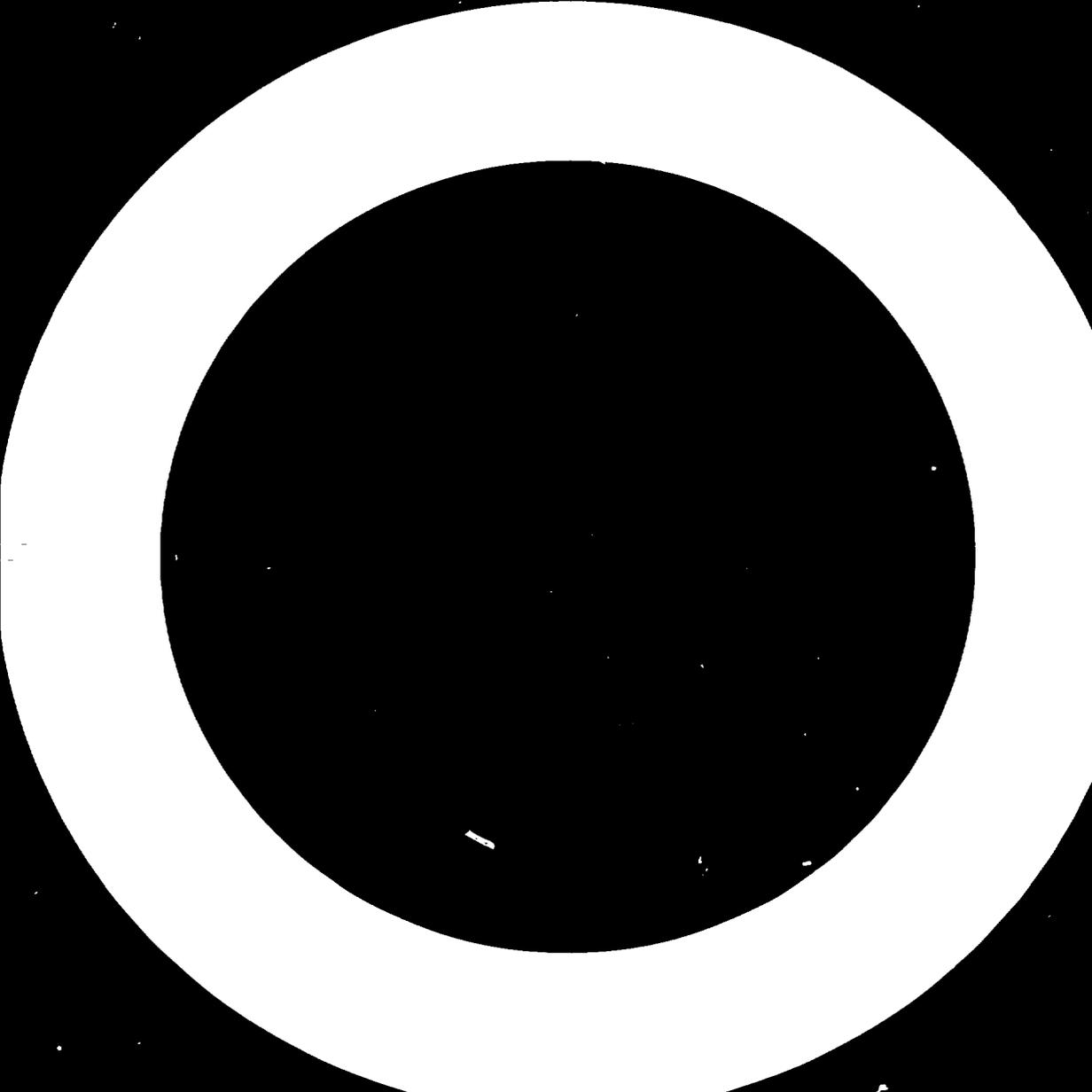
Núm.		Pág.
1.	México: Estructura y localización de la industria de la celulosa y el papel .....	2
2.	México: Producción de celulosa, 1970-1977 .....	6
3.	México: Estructura de la producción de celulosa, 1970-1977 .....	7
4.	México: Importaciones de celulosa, pastas y desperdicios de papel, 1970-1977 .....	8
5.	México: Estructura de las importaciones de celulosa, pastas y desperdicios de papel, 1970-1977 .....	8
6.	México: Consumo aparente de celulosa, 1971-1977 ..	9
7.	México: Estructura del consumo aparente de celulosa, 1971-1977 .....	10
8.	México: Producción de papel por tipos, 1970-1977 ...	11
9.	México: Estructura de la producción de papel por tipos, 1970-1977 .....	12
10.	México: Importaciones de papel por tipos, 1971-1977	13
11.	México: Estructura de la importación de papel por tipos, 1971-1977 .....	14
12.	México: Consumo aparente de papel por grupos, 1973-1977 .....	15
13.	México: Estructura del consumo aparente de papel por grupos, 1973-1977 .....	16
14.	México: Proyección de la demanda de papel por tipos, 1977-1987 .....	17
15.	México: Proyección de la demanda de celulosa, 1977-1987 .....	18
16.	México: Estructura de la demanda de celulosa, 1977-1987 .....	19
17.	México: Proyección de la demanda de papel reagrupada por tipos de fabricación, 1977-1987 .....	22
18.	México: Proyección de la demanda de celulosa reagrupada por tipos de fabricación, 1977-1987 .....	23

Núm.		Pág.
19.	Módulo A: Equipo básico para una planta de papel periódico de bagazo de caña, con capacidad de 100 000 TPA .....	25
20.	Módulo B: Equipo básico para una planta de papel y cartón de empaque, con capacidad de 90 000 TPA ..	26
21.	Módulo C: Equipo básico para una planta de papeles de impresión y escritura, con capacidad de 50 000 TPA	28
22.	Módulo D: Equipo básico para una planta de papeles sanitario y facial, con capacidad de 25 000 TPA .....	29
23.	Módulo E: Equipo básico para una planta de celulosa de bagazo de caña, con capacidad de 100 000 TPA ..	31
24.	Módulo F: Equipo básico para una planta de celulosa química de madera al sulfato o al sulfito, con capacidad de 122 000 TPA .....	33
25.	Módulo G: Equipo básico para una planta de pasta mecánica de piedra y pasta mecánica refinada, con capacidad de 85 000 TPA .....	35
26.	Módulo H: Equipo básico para una planta de celulosas regeneradas a partir de desperdicios de papel impreso clasificados, con capacidad de 56 000 TPA .....	36
27.	México: Capacidad instalada de fabricación de papel y su utilización a fines de 1977 .....	37
28.	México: Capacidad instalada de fabricación de celulosa y su utilización a fines de 1977 .....	38
29.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papel periódico con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .	39
30.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles para impresión y escritura con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	40
31.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles y cartones para empaque con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	42
32.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de papeles sanitario y facial con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	43
33.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosa de bagazo de caña con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	45
34.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosa química de madera con base en proyectos de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	46

Núm.		Pág.
35.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de pasta mecánica con base en la capacidad instalada y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	48
36.	Programación de la capacidad adicional para la fabricación de celulosas regeneradas (desperdicios de papel) con base en un proyecto de ampliación y nuevas plantas modulares, 1977-1987 .....	49
37.	Necesidades de capacidad adicional para la fabricación de papel y celulosa, 1978-1987 .....	50
38.	Necesidades de maquinaria y equipos básicos de proceso para la industria de la celulosa, 1978-1987 .....	52
39.	Necesidades de maquinaria y equipos básicos de proceso para la industria del papel, 1978-1987 .....	53
40.	Necesidades de maquinaria y equipo eléctrico seleccionado para las industrias de la celulosa y del papel, 1978-1987 .....	55
41.	Necesidades de maquinaria y equipos de uso común seleccionados para las industrias de la celulosa y del papel, 1978-1987 .....	55
42.	Inversión total requerida en maquinaria y equipos básicos de proceso para las industrias de la celulosa y del papel, 1978-1987 .....	57
43.	Inversión total requerida en maquinaria y equipos eléctricos y de uso común seleccionados para las industrias de la celulosa y del papel, 1978-1987 .....	57



RESUMEN EN INGLES



## V. CONCLUSIONS

### A. TOTAL INVESTMENT IN MACHINERY AND EQUIPMENT

According to the requirements for machinery and equipment found in tables 38, 39, 40 and 41 (where they are grouped in terms of technical characteristics and of homogeneity), the total in-

vestment in machinery and equipment for the pulp and paper industries is estimated at 16 223 million pesos at 1977 prices for the period 1978-1987.

### B. INVESTMENT IN BASIC PROCESSING MACHINERY AND EQUIPMENT

Investments in basic processing machinery and equipment are summarized in table 42, where it can be seen that the corresponding total is estimated at 10 849 million pesos. Within this total, the largest single category is that of machinery for manufacturing paper, with 57%, that is, 6 136 million pesos. Investment in this category is very high because, as was pointed out previously, the

machinery involved is very complex and generally very large and heavy, which explains its high cost.

The second most important category is that of equipment for the preparation and recuperation of reagents, with 1 370 million pesos, that is 13% of the total. All other categories have smaller shares, from 11% to less than 1%.

### C. INVESTMENT IN ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT AND EQUIPMENT FOR GENERAL USE

Table 43 indicates that investment in electrical motors and equipment represents 38% of total estimated investment in this category, that is, 5 374 million pesos during the ten-year period under consideration.

The remaining 62% corresponds to selected equipment for general use such as machines for moving materials, which have the highest share at 14%; agitators and pumps, with 12%, and others with smaller investment requirements.

### D. TOTAL GROSS INVESTMENT IN THE PULP AND PAPER INDUSTRIES

The total gross investment required by the pulp and paper industries during the 1978-1987 period is estimated to reach 32 400 million pesos at 1977 prices. This includes land, civil works, erection and installation, engineering and technology, financial costs, organizational and pre-

operative expenditures, freight, insurance and working capital.

It can be assumed that the amount of the estimated investment will very probably increase, due to escalation of costs which may occur in relatively short periods of time.

Se terminó de imprimir este libro el 30 de julio de 1979 en Policromía, Talleres de Imprenta y Offset, Dr. Olvera No. 63, México 7, D. F. Se imprimieron 1 000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de la Gerencia de Información Técnica de Nacional Financiera, S. A., Isabel la Católica 51, México 1, D. F.

13951  
(7 of 7)

ISBN-968-6651-03-4

**MONOGRAFÍAS  
SECTORIALES  
SOBRE  
BIENES DE CAPITAL**

**Num. 8**

**LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL  
PARA LA MINERÍA EN MÉXICO**

**Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFNSA-ONUDI**

ISBN 968-6651-03-4

NACIONAL FINANCIERA, S. A.

MONOGRAFIAS SECTORIALES SOBRE BIENES DE CAPITAL

NUMERO 8

LA DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL PARA LA  
MINERIA EN MEXICO

Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI

México, 1982

**Presidente del Consejo de Administración**

**LIC. JESUS SILVA HERZOG FLORES**

**Director General**

**LIC. JORGE ESPINOSA DE LOS REYES**

**Subdirectores Generales**

**LIC. ALFONSO GARCIA MACIAS  
LIC. CRISTOBAL LARA BEAUTELL  
LIC. JORGE TAMAYO**

**Directores**

**LIC. CARLOS ZORRILLA DE LA GARZA  
SR. VICTOR M. LAVIN  
LIC. RAMON CARLOS TORRES  
LIC. FRANCISCO SUAREZ DAVILA  
LIC. IGNACIO ALCALA DE LEON  
LIC. HECTOR ARANGUA MORALES**

**Contralor General**

**LIC. JORGE FEDERICO MEADE**

**Gerentes Generales**

**LIC. PEDRO GALICIA ESTRADA  
LIC. MAURICIO OROPEZA SEGURA  
C.P. GUSTAVO RUBIO MONTIEL  
LIC. FERNANDO TORRES VALENCIA  
LIC. JORGE FLORES MEZA  
C.P. JAVIER URIBE ALVAREZ  
LIC. JAVIER PEREZ PIJOAN**

# CONTENIDO

	Pág.
CUADROS .....	iii
PRESENTACION .....	xxiii
INTRODUCCION .....	1
RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	5
I. Proyecciones de la demanda, exportación, importación y producción de minerales seleccionados .....	9
1) Introducción .....	11
2) Minerales metálicos .....	12
2.1 Plata; 2.2 Plomo; 2.3 Cobre; 2.4 Zinc; 2.5 Hierro; 2.6 Manganese.	
3) Minerales no metálicos .....	19
3.1 Carbón; 3.2 Fluorita; 3.3 Fosforita; 3.4 Barita; 3.5 Azufre; 3.6 Sílice; 3.7 Yeso; 3.8 Caliza; 3.9 Piedra y arena.	
II. Estructura actual y proyección de la capacidad de producción de la industria minera .....	35
1) Introducción .....	37
2) Minerales metálicos .....	37
2.1 Explotación subterránea de cobre, plata, plomo y zinc; 2.2 Explotación de cobre a tajo abierto; 2.3 Explotación de hierro a tajo abierto; 2.4 Explotación de manganese.	
3) Minerales no metálicos .....	50
3.1 Explotación de carbón por los sistemas subterráneo y a tajo abierto; 3.2 Explotación de fluorita en minas subterráneas y a tajo abierto; 3.3 Explotación de fosforita; 3.4 Explotación de barita por los sistemas subterráneo y a tajo abierto; 3.5 Explotación de azufre; 3.6 Explotación de caliza, yeso, sílice, piedras y arena; 3.7 Cuadros resumen.	

	Pág.
III. Demanda de maquinaria y equipo del sector minero . . . .	77
1) Introducción . . . . .	79
2) Equipo y maquinaria para explotación a tajo abierto .	80
2.1 Introducción; 2.2 Perforadoras rotarias; 2.3 Palas mecánicas, cargadores frontales y "draglines"; 2.4 Camiones fuera de carretera; 2.5 Tractores de oruga o de ruedas; 2.6 Motoconformadoras y motoescrepas.	
3) Equipo y maquinaria para explotación subterránea ..	115
3.1 Introducción; 3.2 Equipo para explotación continua; 3.3 Equipo de perforación; 3.4 Autocargadores (LHD Loaders); 3.5 Camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros; 3.6 Ventiladores; 3.7 Malacates; 3.8 Compresores; 3.9 Equipo para anclaje de mina.	
4) Equipo y maquinaria para beneficio de minerales ...	153
4.1 Introducción; 4.2 Quebradoras; 4.3 Molinos; 4.4 Cribas vibratorias y alimentadores; 4.5 Celdas de flotación; 4.6 "Ciclones"; 4.7 Separadores magnéticos; 4.8 Espeadores; 4.9 Filtros; 4.10 Secadoras centrífugas; 4.11 Jigs.	
5) Síntesis de cuadros-resumen . . . . .	
BIBLIOGRAFIA GENERAL . . . . .	217

## CUADROS

Pág.

### CAPITULO I. PROYECCIONES DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS

I.1	Proyección de la demanda, reserva monetaria, exportación y producción de plata, 1980-2000 .....	13
I.2	Proyección de la demanda, exportación, importación y producción de plomo, 1980-2000 .....	14
I.3	Proyección de la producción de cobre por empresas, 1980-2000 .....	15
I.4	Proyección de la demanda, producción, importación y exportación de cobre, 1980-2000 .....	15
I.5	Proyección de la demanda, exportación, importación y producción de zinc, 1980-2000 .....	16
I.6	Proyección de la producción de acero en lingotes, 1980-2000 .....	17
I.7	Proyección de la participación de distintos procesos tecnológicos en la producción de acero, 1980-2000 .....	17
I.8	Proyección de los coeficientes técnicos de materias primas a acero líquido en la industria siderúrgica integrada, 1975-2000 .....	17
I.9	Proyección de la demanda y producción de hierro primario, 1980-2000 .....	18
I.10	Proyección de la producción de manganeso de la Compañía Minera Autlán, 1980-2000 .....	19
I.11	Proyección de la demanda, exportación, importación y producción de manganeso, 1980-2000 .....	19
I.12	Estructura del consumo de carbón mineral en sus distintos usos, 1975-1979 .....	20
I.13	Coeficientes técnicos de los procesos de beneficio de carbón "todo uno", 1970-1980 .....	20
I.14	Producción, importación y demanda aparente de carbón "todo uno", 1970-1980 .....	20
I.15	Proyección de la demanda, producción e importación de carbón "todo uno", 1980-2000 .....	21
I.16	Proyección de la demanda interna de carbón "todo uno", 1985-2000 .....	21
I.17	Proyección de la demanda, exportación y producción de fluorita, 1980-2000 .....	22
I.18	Proyección de la producción de concentrados de fosforita por empresas, 1980-2000 .....	23
I.19	Proyección de la demanda, producción, exportación e importación de fosforita, 1980-2000 .....	23

	Pág.	
I.20	Proyección de la demanda, exportación, importación y producción de barita, 1980-2000 . . . . .	24
I.21	Proyección de la demanda, exportación, importación y producción de azufre, 1980-2000 . . . . .	25
I.22	Proyección de la demanda, importación, exportación y producción de sílice, 1980-2000 . . . . .	25
I.23	Proyección de la demanda de yeso, por principales industrias consumidoras, 1980-2000 . . . . .	26
I.24	Proyección de la demanda, exportación y producción de yeso, 1980-2000 . . . . .	26
I.25	Proyección de la demanda y producción de caliza, 1980-2000 . . . . .	27
I.26	Proyección de la demanda y producción de piedra y arena, 1980-2000 . . . . .	28
I.27	Producción de minerales seleccionados, 1970-1980 . . .	28
I.28	Importación de minerales seleccionados, 1970-1980 . .	29
I.29	Exportación de minerales seleccionados, 1970-1980 . .	30
I.30	Demanda interna de minerales seleccionados, 1970-1980 . . . . .	30
I.31	Proyección de la producción de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	31
I.32	Proyección de la demanda interna de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	31
I.33	Proyección de la exportación de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	32
I.34	Proyección de la importación de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	32
I.35	Tasas de proyección del crecimiento anual de la producción de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	32
I.36	Tasas de proyección del crecimiento anual de la demanda interna de minerales seleccionados, 1980-2000 . . .	33
I.37	Tasas de proyección del crecimiento anual de la exportación de minerales seleccionados, 1980-2000 . . . . .	33

CAPITULO II. ESTRUCTURA ACTUAL Y PROYECCION DE LA  
CAPACIDAD DE PRODUCCION DE  
LA INDUSTRIA MINERA

II.1	Proyección de la producción de cobre, plata, plomo y zinc en minas subterráneas polimetálicas y de cobre en minas a tajo abierto, 1975-2000 . . . . .	38
II.2	Distribución, por rangos de capacidad, de las plantas de beneficio de minas polimetálicas, 1971 y 1977 . . .	38
II.3	Producción de cobre, plata, plomo y zinc por empresas, 1977 . . . . .	39
II.4	Características de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, 1977 . . . . .	39
II.5	Rangos de capacidad de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, 1971 y 1977 . . . . .	40
II.6	Proyección de la relación de concentración y de la capacidad de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, 1971-2000 . . . . .	41
II.7	Mineral beneficiado por Industrial Minera México y su producción de cobre, plata, plomo y zinc, 1965-1977 .	41
II.8	Mineral beneficiado por empresas y producción de cobre, plata, plomo y zinc, 1977 . . . . .	42

II.9	Proyección del número y capacidad nominal de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, 1971-2000 .....	42
II.10	Proyección de la producción de cobre en minas a tajo abierto, por empresas, 1975-2000 .....	43
II.11	Proyección de la capacidad de las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	43
II.12	Proyección de la capacidad de las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, por empresas, 1975-2000 .....	44
II.13	Proyección del número de plantas de beneficio requeridas en minas de cobre a tajo abierto, por rangos de capacidad, 1975-2000 .....	44
II.14	Relación de descapote a mineral en minas de cobre a tajo abierto, por empresas, 1975-2000 .....	45
II.15	Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas de cobre a tajo abierto, por empresas, 1975-2000 .....	45
II.16	Proyección del número de minas de cobre a tajo abierto requeridas por rangos de capacidad, 1975-2000 ....	45
II.17	Características de algunas minas y plantas de beneficio de mineral de hierro, por empresas, 1977 .....	46
II.18	Proyección de la producción de mineral de hierro, 1975-2000 .....	47
II.19	Proyección de la capacidad de las plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	47
II.20	Proyección del número de plantas de beneficio requeridas en minas de hierro a tajo abierto por rangos de capacidad, 1975-2000 .....	48
II.21	Proyección del número de minas de hierro a tajo abierto requeridas por rangos de capacidad, 1975-2000 ....	48
II.22	Proyecciones del número y capacidad de las minas y plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	49
II.23	Principales minas de carbón por empresas y métodos de explotación, 1975 .....	50
II.24	Características de las principales minas y plantas lavadoras de carbón por empresas, 1975 .....	52
II.25	Proyección de la producción de carbón "todo uno" por métodos de explotación, 1975-2000 .....	53
II.26	Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas subterráneas de carbón, 1975-2000 .....	53
II.27	Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas de carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	53
II.28	Proyección de la capacidad de las plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	54
II.29	Proyección del número y capacidad de las minas subterráneas de carbón requeridas por métodos de explotación, 1975-2000 .....	54
II.30	Proyección del número de minas de carbón a tajo abierto requeridas por rangos de capacidad, 1975-2000 ..	55
II.31	Proyección del número y capacidad de las plantas lavadoras de carbón requeridas por rangos de capacidad, 1975-2000 .....	55
II.32	Producción de fluorita por métodos de explotación, 1975-1977 .....	56

	Pág.
II.33 Principales plantas de beneficio de fluorita por métodos de explotación, 1977 .....	56
II.34 Rangos de capacidad de las principales plantas de beneficio de fluorita por métodos de explotación, 1977 .	56
II.35 Proyección de la producción por métodos de explotación, 1977-2000 .....	57
II.36 Proyección de la capacidad de las plantas de beneficio de fluorita por métodos de explotación, 1977-2000 .	58
II.37 Proyección del número de plantas de beneficio de fluorita requeridas por rangos de capacidad, 1977-2000 .	58
II.38 Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas de fluorita por métodos de explotación, 1977-2000 .....	59
II.39 Proyección del número de minas de fluorita requeridas por rangos de capacidad, 1977-2000 .....	60
II.40 Producción de fosforita por métodos de explotación, 1975-2000 .....	61
II.41 Producción de barita por métodos de explotación, 1975-1977 .....	61
II.42 Proyección de la producción de barita por métodos de explotación, 1975-2000 .....	61
II.43 Rangos de capacidad de las plantas de beneficio de barita por sistemas de tratamiento, 1977 .....	62
II.44 Proyección de la producción de barita por sistemas de tratamiento, 1977-2000 .....	62
II.45 Proyección de la capacidad de las plantas de beneficio de barita por sistemas de tratamiento, 1977-2000 ..	63
II.46 Proyección del número y capacidad de las plantas de beneficio de barita requeridas por sistemas de tratamiento y rangos de capacidad, 1977-2000 .....	64
II.47 Resumen de las proyecciones del número y capacidad de las plantas de beneficio de barita requeridas por sistemas de tratamiento, 1977-2000 .....	65
II.48 Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas de barita por métodos de explotación, 1977-2000 .....	65
II.49 Proyección de la capacidad de extracción requerida en minas a tajo abierto, 1975-2000 .....	66
II.50 Proyección del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto y de su capacidad de extracción, 1975-2000 .....	67
II.51 Proyección del número de minas subterráneas y de su capacidad de extracción, 1975-2000 .....	68
II.52 Proyección del número y capacidad de las plantas de beneficio, 1975-2000 .....	69
II.53 Proyección del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita, por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de maquinaria y equipo, 1977-2000 .....	70
II.54 Proyección del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita, por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de quebradoras de quijada, 1977-2000 .....	71

II.55	Proyección del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita y barita, por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de quebradoras de cono, 1977-2000 . . . . .	72
II.56	Proyección del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de alimentadores de placa y cribas vibratorias, 1977-2000 . . . . .	73
II.57	Proyección del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de molinos de bolas, ciclones, celdas de flotación, filtros y espesadores, 1977-2000 . . . . .	74
II.58	Proyección del número de plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, por rangos de capacidad, considerado para el cálculo del acervo de celdas de flotación filtros, secadoras centrífugas, jigs y quebradoras rotarias tipo Bradfor, 1975-2000 . . . . .	75

### CAPITULO III. DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO DEL SECTOR MINERO

III.1	Relación entre la capacidad de las perforadoras rotarias y la de tumbe en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto . . . . .	82
III.2	Capacidad de las perforadoras rotarias en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto . . . . .	83
III.3	Perforadoras rotarias requeridas en minas de cobre y hierro a tajo abierto . . . . .	83
III.4	Comparación entre la capacidad de las perforadoras rotarias en una muestra de minas de carbón y en minas de cobre y hierro de rangos similares de capacidad de tumbe . . . . .	84
III.5	Perforadoras rotarias requeridas en minas de carbón a tajo abierto . . . . .	84
III.6	Proyección del número de perforadoras rotarias requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 . . . . .	84
III.7	Proyección de la demanda de perforadoras rotarias requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 . . . . .	85
III.8	Precio unitario de las perforadoras rotarias . . . . .	85
III.9	Proyección de la demanda de perforadoras rotarias requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 . . . . .	85
III.10	Relación de los modelos de perforadoras rotarias utilizados en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto y otras marcas existentes en el mercado . . . . .	86
III.11	Relación entre la capacidad de acarreo de las palas mecánicas y de los cargadores frontales y de tumbe en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto . . . . .	88

	Pág.
III.12 Características de las palas mecánicas y de los cargadores frontales en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	88
III.13 Capacidad de las palas mecánicas en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	89
III.14 Capacidad de los cargadores frontales en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	89
III.15 Capacidad de acarreo de las palas mecánicas y de los cargadores frontales requerida en minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	90
III.16 Palas mecánicas requeridas en minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	90
III.17 Cargadores frontales requeridos en minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	91
III.18 Capacidad de acarreo de los "draglines", palas mecánicas y cargadores frontales en una muestra de minas de carbón a tajo abierto .....	91
III.19 Comparación entre la capacidad de los "draglines", palas mecánicas y cargadores frontales en una muestra de minas de carbón y en minas de cobre de rangos similares de capacidad de tumbe .....	92
III.20 Capacidad de acarreo de los "draglines" y de los cargadores frontales requerida en minas de carbón a tajo abierto .....	92
III.21 Cargadores frontales y "draglines" requeridos en minas de carbón a tajo abierto .....	93
III.22 Proyección del número de cargadores frontales requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	93
III.23 Proyección del número de palas mecánicas requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	94
III.24 Proyección del número de "draglines" requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	94
III.25 Proyección de la demanda de cargadores frontales requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	94
III.26 Proyección de la demanda de palas mecánicas requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	95
III.27 Proyección de la demanda de "draglines" requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	95
III.28 Precio unitario de las palas mecánicas .....	95
III.29 Precio unitario de los cargadores frontales .....	95
III.30 Precio unitario de los "draglines" .....	96
III.31 Proyecciones de la demanda de palas mecánicas, cargadores frontales y "draglines" requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	96
III.32 Relación de algunos modelos de palas mecánicas y "draglines" utilizados en una muestra de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, y otras marcas existentes en el mercado .....	97

	Pág.
III.33 Relación de algunos modelos de cargadores frontales utilizados en una muestra de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, y otras marcas existentes en el mercado .....	97
III.34 Relación entre la capacidad de acarreo de los camiones fuera de carretera y de tumbe en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	99
III.35 Características de los camiones fuera de carretera en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	99
III.36 Capacidad de los camiones fuera de carretera en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto ...	100
III.37 Camiones fuera de carretera requeridos en minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	101
III.38 Comparación entre la capacidad de los camiones fuera de carretera en una muestra de minas de carbón y en minas de cobre y hierro de rangos similares de capacidad de tumbe .....	101
III.39 Camiones fuera de carretera requeridos en minas de carbón a tajo abierto .....	102
III.40 Proyección del número de camiones fuera de carretera requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 ..	102
III.41 Proyección de la demanda de camiones fuera de carretera requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	103
III.42 Precio unitario de los camiones fuera de carretera ...	103
III.43 Proyección de la demanda de camiones fuera de carretera requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	103
III.44 Relación de algunos modelos de camiones fuera de carretera utilizados en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto y otras marcas existentes en el mercado .....	104
III.45 Número de tractores de oruga y de ruedas en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto ...	105
III.46 Tractores de oruga y de ruedas requeridos en minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	106
III.47 Comparación entre el número de tractores de oruga y de ruedas en una muestra de minas de carbón y en minas de cobre y hierro de rangos similares de capacidad de tumbe .....	106
III.48 Tractores de oruga y de ruedas requeridos en minas de carbón a tajo abierto .....	107
III.49 Proyección del número de tractores de oruga requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	107
III.50 Proyección del número de tractores de ruedas requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	107
III.51 Proyección de la demanda de tractores de oruga requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	108
III.52 Proyección de la demanda de tractores de ruedas requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	108

	Pág.
III.53 Precio unitario de los tractores de oruga y de ruedas .	108
III.54 Proyección de la demanda de tractores de oruga y de ruedas requeridos en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	109
III.55 Relación de algunos modelos de tractores de oruga y de ruedas utilizados en una muestra de minas de co- bre, hierro y carbón a tajo abierto, y otras marcas exis- tentes en el mercado .....	109
III.56 Número de motoconformadoras y motoescrepas en una muestra de minas de cobre y hierro a tajo abierto ..	110
III.57 Motoconformadoras y motoescrepas requeridas en mi- nas de cobre y hierro a tajo abierto .....	111
III.58 Motoconformadoras y motoescrepas requeridas en mi- nas de carbón a tajo abierto .....	111
III.59 Proyección del número de motoconformadoras requere- das en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abier- to, 1975-2000 .....	112
III.60 Proyección del número de motoescrepas requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975- 2000 .....	112
III.61 Proyección del número de motoconformadoras requere- das en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abier- to, 1975-2000 .....	112
III.62 Proyección de la demanda de motoescrepas requeridas en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975- 2000 .....	113
III.63 Precio unitario de las motoconformadoras y motoes- crepas .....	113
III.64 Proyecciones de la demanda de motoconformadoras y motoescrepas requeridas en minas de cobre, hierro y car- bón a tajo abierto, 1975-2000 .....	113
III.65 Relación de algunos modelos de motoconformadoras y motoescrepas utilizadas en una muestra de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, y otras marcas existentes en el mercado .....	114
III.66 Número de mineros continuos y características de las explotaciones por el sistema de "frente larga" en una muestra de minas subterráneas de carbón .....	123
III.67 Proyección del número de frentes en explotación requere- das en minas subterráneas de carbón, 1975-2000 ..	123
III.68 Equipos requeridos en una explotación subterránea de carbón por el sistema de "frente larga" .....	124
III.69 Proyecciones del número de equipos para "frente larga" y mineros continuos requeridos en minas subterráneas de carbón por el sistema de "frente larga", 1975-2000	124
III.70 Proyecciones de la demanda de equipos para "frente larga" y mineros continuos requeridos en minas subte- rráneas de carbón por el sistema de "frente larga", 1975-2000 .....	125
III.71 Principales marcas de equipo para explotaciones subte- rráneas de carbón .....	125
III.72 Relación entre la capacidad de las perforadoras ligeras, semipesadas y jumbos y la de tumbe en una muestra de minas subterráneas polimetálicas .....	127

	Pág.	
III.73	Perforadoras tipo jumbo requeridas en minas subterráneas polimetálicas . . . . .	127
III.74	Perforadoras semipesadas requeridas en minas subterráneas polimetálicas . . . . .	128
III.75	Perforadoras para exploración y contrapoceras en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	128
III.76	Perforadoras para exploración y contrapoceras requeridas en minas subterráneas polimetálicas de distintas capacidades . . . . .	128
III.77	Proyecciones de la demanda de perforadoras tipo jumbo, semipesadas, para exploración y contrapoceras, requeridas en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	129
III.78	Proyecciones de la demanda de perforadoras tipo jumbo, semipesadas, para exploración y contrapoceras, requeridas en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	129
III.79	Precio unitario de las perforadoras tipo jumbo, semipesadas, para exploración y de las contrapoceras . . . . .	130
III.80	Proyecciones de la demanda de perforadoras tipo jumbo, semipesadas, para exploración y contrapoceras, requeridas en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	130
III.81	Principales marcas de equipo para perforación . . . . .	130
III.82	Relación entre la capacidad de carga de los autocargadores y de tumbe en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	132
III.83	Características de los autocargadores en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	132
III.84	Autocargadores requeridos en minas subterráneas polimetálicas . . . . .	133
III.85	Proyección del número de autocargadores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	133
III.86	Proyección de la demanda de autocargadores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	133
III.87	Precio unitario de los autocargadores . . . . .	134
III.88	Proyección de la demanda de autocargadores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 . . . . .	134
III.89	Principales marcas de autocargadores . . . . .	134
III.90	Capacidad de acarreo de las locomotoras en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	136
III.91	Capacidad de acarreo de los camiones de bajo perfil y las locomotoras en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	136
III.92	Comparación entre la capacidad de acarreo de los camiones de bajo perfil y de las locomotoras en una muestra de minas subterráneas polimetálicas . . . . .	137
III.93	Camiones de bajo perfil y locomotoras requeridas en minas subterráneas polimetálicas . . . . .	137
III.94	Carros mineros requeridos en minas subterráneas polimetálicas . . . . .	138

	Pág.	
III.95	Proyecciones del número de camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 .....	138
III.96	Proyecciones de la demanda de camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de carbón, manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	139
III.97	Precio unitario de los camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros .....	139
III.98	Proyecciones de la demanda de camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de carbón, manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	140
III.99	Principales marcas de camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros .....	140
III.100	Relación entre la capacidad de los ventiladores principales y auxiliares y la de tumbe en una muestra de minas subterráneas polimetálicas .....	142
III.101	Ventiladores requeridos en minas subterráneas polimetálicas .....	142
III.102	Proyección del número de ventiladores requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 .....	143
III.103	Proyección de la demanda de ventiladores requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de carbón, manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	143
III.104	Precio unitario de los ventiladores .....	144
III.105	Proyección de la demanda de ventiladores requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de carbón, manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	144
III.106	Número de malacates en una muestra de minas subterráneas polimetálicas .....	146
III.107	Malacates requeridos en minas subterráneas polimetálicas .....	146
III.108	Proyección del número de malacates requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, barita, y fluorita, 1977-2000 .....	146
III.109	Proyección de la demanda de malacates requeridos en minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	147
III.110	Precio unitario de los malacates .....	147
III.111	Proyección de la demanda de malacates requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	148
III.112	Principales marcas de malacates .....	148
III.113	Relación entre la capacidad de los compresores y la de tumbe en una muestra de minas subterráneas polimetálicas .....	149
III.114	Compresores requeridos en minas subterráneas polimetálicas .....	150
III.115	Proyección del número de compresores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	150

	Pág.
III.116 Proyección de la demanda de compresores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	150
III.117 Precio unitario de los compresores .....	151
III.118 Proyección de la demanda de compresores requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	151
III.119 Equipos para anclaje requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita de distintas capacidades .....	152
III.120 Proyección del número de equipos para anclaje requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 .....	152
III.121 Proyección de la demanda de equipos para anclaje requeridos en minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, barita y fluorita, 1977-2000 .....	153
III.122 Capacidad de las quebradoras giratorias en una muestra de plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	156
III.123 Características de las quebradoras giratorias en una muestra de plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	156
III.124 Quebradoras requeridas en plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	157
III.125 Proyección del número de quebradoras giratorias requeridas en plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	157
III.126 Proyección de la demanda de quebradoras giratorias requeridas en plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	157
III.127 Precio unitario de las quebradoras giratorias .....	158
III.128 Proyección de la demanda de quebradoras giratorias requeridas en plantas de trituración primaria de minas de cobre y hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	158
III.129 Relación entre la capacidad de trituración primaria de las quebradoras de quijada y la de beneficio en una muestra de minas subterráneas polimetálicas .....	158
III.130 Características de las quebradoras de quijada en una muestra de plantas de trituración primaria de minas subterráneas polimetálicas .....	159
III.131 Quebradoras de quijada requeridas en plantas de trituración primaria de minas subterráneas polimetálicas .....	159
III.132 Proyección del número de quebradoras de quijada requeridas en plantas de trituración primaria de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	159
III.133 Proyección de la demanda de quebradoras de quijada requeridas en plantas de trituración primaria de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	160
III.134 Precio unitario de las quebradoras de quijada .....	160
III.135 Proyección de la demanda de quebradoras de quijada requeridas en plantas de trituración primaria de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, 1977-2000 .....	160

	Pág.
III.136 Características de las quebradoras de cono en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	161
III.137 Quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	161
III.138 Proyección del número de quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	161
III.139 Características de las quebradoras de cono en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, .....	162
III.140 Quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	162
III.141 Proyección del número de quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita y barita, 1977-2000 .....	162
III.142 Proyección de la demanda de quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de fluorita y barita, 1975-2000 .....	163
III.143 Precio unitario de las quebradoras de cono .....	163
III.144 Proyección de la demanda de quebradoras de cono requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita y barita, 1975-2000 .....	163
III.145 Características de las quebradoras rotarias tipo Bradfor en una muestra de plantas lavadoras de carbón .....	164
III.146 Número y precio de las quebradoras rotarias tipo Bradfor requeridas en plantas lavadoras de carbón .....	164
III.147 Proyección del número de quebradoras rotarias tipo Bradfor requeridas en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	165
III.148 Proyección de la demanda de quebradoras rotarias tipo Bradfor requeridas en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	165
III.149 Relación entre la capacidad de los molinos y la de beneficio en una muestra de plantas de minas de cobre a tajo abierto .....	168
III.150 Molinos de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	169
III.151 Proyección del número de molinos de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	169
III.152 Relación entre la capacidad de los molinos y la de beneficio en una muestra de plantas de minas subterráneas polimetálicas .....	169
III.153 Molinos de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	170
III.154 Proyección del número de molinos de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita, incluidas las de jales y barita, 1977-2000 .....	170
III.155 Capacidad de los molinos autógenos, de bolas y barras en una muestra de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto .....	170

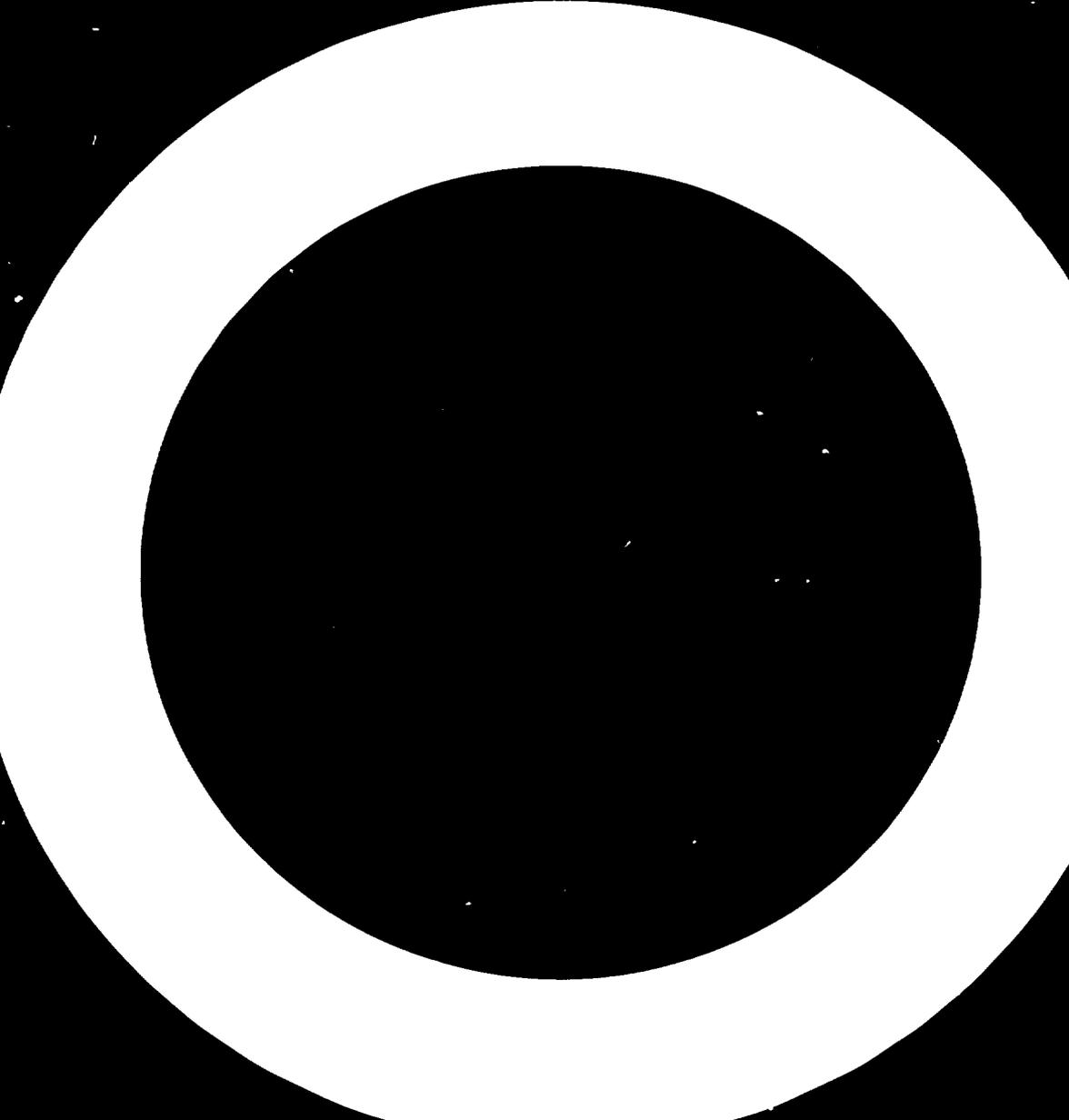
	Pág.
III.156 Capacidad de los molinos autógenos en una muestra de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto	171
III.157 Molinos autógenos requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto	171
III.158 Relación entre la capacidad de los molinos de bolas y la de beneficio en una muestra de plantas de minas de hierro a tajo abierto	171
III.159 Molinos de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto	172
III.160 Proyección del número de molinos autógenos y de bolas requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000	172
III.161 Proyecciones de la demanda de molinos de bolas y autógenos requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1975-2000	172
III.162 Precio unitario de los molinos de bolas y de los molinos autógenos	173
III.163 Proyecciones de la demanda de molinos de bolas y autógenos requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de fluorita —incluidas de jales— y barita, 1975-2000	173
III.165 Alimentadores de placa requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto	175
III.166 Cribas vibratorias requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto	175
III.167 Proyección del número de alimentadores de placa y cribas vibratorias requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000	175
III.168 Alimentadores de placa requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas	176
III.169 Cribas vibratorias requeridas en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas	176
III.170 Proyecciones del número de alimentadores de placa y cribas vibratorias requeridos, en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita, manganeso y barita, 1977-2000	176
III.172 Alimentadores de placa requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto	177
III.173 Cribas vibratorias requeridas en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto	177
III.174 Proyecciones del número de alimentadores de placa y cribas vibratorias requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000	177
III.175 Relación entre la capacidad de las cribas vibratorias y la de lavado en una muestra de plantas lavadoras de carbón	178
III.176 Cribas vibratorias requeridas en plantas lavadoras de carbón	178
III.177 Proyección del número de cribas vibratorias requeridas en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000	179

	Pág.
III.178 Proyecciones de la demanda de alimentadores de placa y cribas vibratorias requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita, manganeso, barita y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	179
III.179 Precio unitario de los alimentadores de placa y de las cribas vibratorias .....	180
III.180 Proyecciones de la demanda de alimentadores de placa y cribas vibratorias requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita, manganeso, barita y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	180
III.181 Relación entre la capacidad de las celdas de flotación y la de beneficio en una muestra de plantas de cobre a tajo abierto .....	182
III.182 Características de las celdas de flotación en una muestra de plantas de beneficio de cobre a tajo abierto ...	182
III.183 Celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	183
III.184 Proyección del número de celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	183
III.185 Relación entre la capacidad de las celdas de flotación y la de beneficio en una muestra de plantas de minas subterráneas polimetálicas .....	184
III.186 Características de las celdas de flotación en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	184
III.187 Celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	185
III.188 Proyección del número de celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1977-2000 .....	185
III.189 Celdas de flotación requeridas en plantas lavadoras de carbón .....	186
III.190 Proyección del número de celdas de flotación requeridas en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	186
III.191 Proyección de la demanda de celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales—, barita, manganeso y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	186
III.192 Precio unitario de las celdas de flotación .....	187
III.193 Proyección de la demanda de celdas de flotación requeridas en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales—, barita, manganeso y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	187
III.194 Número de "ciclones" por molino de bolas en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	189
III.195 "Ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	189

	Pág.
III.196 Proyección del número de "ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1977-2000 .....	190
III.197 "Ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	190
III.198 Proyección del número de "ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	190
III.199 Número de "ciclones" por molino de bolas en una muestra de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto .....	191
III.200 "Ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto .....	191
III.201 Proyección del número de "ciclones" requeridos en beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	191
III.202 Proyección de la demanda de "ciclones" requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1975-2000 .....	192
III.203 Relación entre la capacidad de los separadores magnéticos y la de beneficio en una muestra de plantas de minas de hierro a tajo abierto .....	193
III.204 Separadores magnéticos requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto .....	193
III.205 Proyección del número de separadores magnéticos requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	193
III.206 Proyección de la demanda de separadores magnéticos requeridos en plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	193
III.207 Número de espesadores en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto ..	193
III.208 Características de los espesadores en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	193
III.209 Espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto .....	193
III.210 Proyección del número de espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, 1975-2000 .....	194
III.211 Número de espesadores en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	194
III.212 Características de los espesadores en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	194
III.213 Espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	195
III.214 Proyección del número de espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1977-2000 .....	195
III.215 Proyección de la demanda de espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1975-2000 .....	195

	Pág.
III.216 Precio unitario de los espesadores .....	196
III.217 Proyección de la demanda de espesadores requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1975-2000 .....	196
III.218 Número de filtros de disco y de tambor en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	197
III.219 Filtros de disco y de tambor requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto .....	198
III.220 Proyección del número de filtros de disco y de tambor requeridos en beneficio de minas de cobre a tajo abierto, 1975-2000 .....	198
III.221 Número de filtros de disco y de tambor en una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	198
III.222 Filtros de disco y de tambor requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas .....	199
III.223 Proyección del número de filtros de disco y de tambor requeridos en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, 1977-2000 .....	199
III.224 Número de filtros de disco en una muestra de plantas lavadoras de carbón .....	199
III.225 Filtros de disco requeridos en plantas lavadoras de carbón .....	200
III.226 Proyección del número de filtros de disco requeridos en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	200
III.227 Proyección de la demanda de filtros de disco y de tambor requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales—, barita, manganeso y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	200
III.228 Precio unitario de los filtros de disco y de tambor .....	201
III.229 Proyección de la demanda de filtros de disco y de tambor requeridos en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales—, barita, manganeso y en plantas lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	201
III.230 Número de secadoras centrífugas en una muestra de plantas lavadoras de carbón .....	202
III.231 Número y precio unitario de las secadoras centrífugas requeridas en plantas lavadoras de carbón .....	202
III.232 Proyección del número de secadoras centrífugas requeridas en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	203
III.233 Proyección de la demanda de secadoras centrífugas requeridas en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	203
III.234 Número de "Jigs" en una muestra de plantas lavadoras de carbón .....	204
III.235 Número y precio unitario de los "Jigs" requeridos en plantas lavadoras de carbón .....	205
III.236 Proyección del número de "Jigs" requeridos en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	205

	Pág.
III.237 Proyección de la demanda de "Jigs" requeridos en plantas lavadoras de carbón y en plantas de beneficio de manganeso, 1975-2000 .....	205
III.238 Resumen de la proyección de demanda de maquinaria y equipo requerida en minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto, 1975-2000 .....	207
III.239 Resumen de la proyección de demanda de maquinaria y equipo requerida en minas subterráneas polimetálicas y de carbón, manganeso, fluorita y barita, 1977-2000 .....	209
III.240 Resumen de la proyección de demanda de maquinaria y equipo requerida en plantas de trituración primaria y de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de manganeso, fluorita —incluidas las de jales—, barita y lavadoras de carbón, 1975-2000 .....	211



# PRESENTACION



## PRESENTACION

*Esta publicación forma parte de la serie de monografías que Nacional Financiera, S. A. viene publicando sobre la situación actual y perspectivas de la industria de bienes de capital. Esta actividad de difusión de los resultados de nuestras investigaciones es parte importante de la tarea promocional que la Institución realiza dentro del marco del Plan Nacional de Desarrollo Industrial del Gobierno de México.*

*El propósito esencial de este estudio fue establecer una estimación adecuada de la demanda futura de equipo minero en nuestro país. Dada la diversidad de productos minerales en explotación, fue indispensable reconocer un amplio número de empresas mineras demandantes de equipo para obtener la información necesaria. Se establecieron previsiones de las compañías mineras, tanto en lo relativo a nuevas plantas por instalarse en el periodo 1980-2000, como en lo que respecta a ampliaciones de las instalaciones existentes. Sobre esa base principal se elaboraron las proyecciones de demanda de equipo originada en la explotación de los diferentes minerales.*

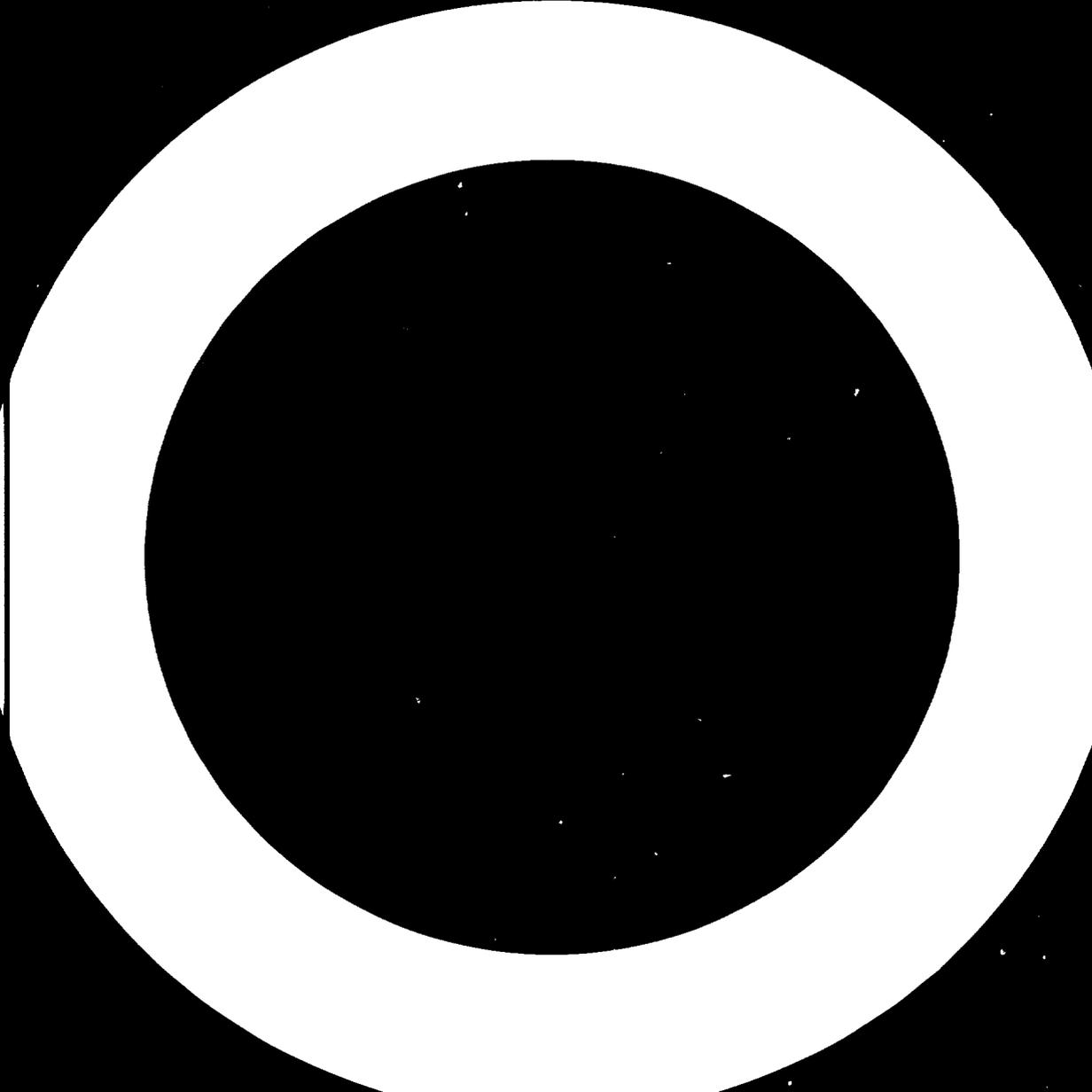
*En este estudio se examina la magnitud de la demanda nacional de un conjunto específico de maquinaria y equipo minero, excluyendo de esa demanda el equipo que se utiliza en la metalurgia. El sector analizado constituye una muestra representativa de las necesidades futuras de inversión en exploración, explotación y beneficio de minerales. La demanda acumulada de equipos que se requerirán para esas tareas en el periodo 1980-2000 alcanza la suma de 630 mil millones de pesos a precios de 1982. Este hecho hace imprescindible impulsar el desarrollo de una vigorosa industria nacional productora de dichos bienes de capital, puesto que actualmente se importa cerca del 70 por ciento de la demanda interna de ese equipo.*

*Para la realización de este estudio, se contó con la colaboración amplia y eficiente de la Comisión de Fomento Minero, de la Cámara Minera de México y de numerosas empresas mineras, así como del Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.*

*Este trabajo constituye una contribución al propósito de sistematizar la información que se estime útil a inversionistas actuales y potenciales y a funcionarios del sector público vinculados a la tarea de estudiar y desarrollar la industria de bienes de capital.*

Jorge Espinosa de los Reyes

# INTRODUCCION



## INTRODUCCION

Este trabajo es un aporte adicional a la serie que sobre la demanda de maquinaria y equipo prepara el Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, considerando que la minería mexicana constituye uno de los principales mercados para la industria de bienes de capital.

La minería es una actividad económica importante y tradicional en México; sin embargo, durante la realización de los grandes proyectos mineros se ha observado una marcada asimetría entre el desarrollo de la explotación y beneficio de los minerales por un lado, y la fabricación nacional de equipos para dicha actividad por el otro, que se comprueba con el saldo negativo que resulta de deducir de las exportaciones, las importaciones de minerales y de equipos para desarrollar esa actividad.

Por tanto, parece necesario estudiar metódicamente este campo, tan promisorio para el desarrollo económico, puesto que los equipos mineros aún no han sido objeto de análisis sistemático para determinar la magnitud de su demanda y las posibilidades de producirlos en el país.

La maquinaria y equipos que requiere la minería alcanzan un volumen importante en el país; pero si a ellos se agregan los equipos para la siderurgia y metalurgia de los metales no ferrosos, se configura un mercado de primera magnitud. Además, ciertos equipos, diseñados para la actividad minera, que son utilizados en la industria de la construcción, constituyen un mercado complementario para los fabricantes de estos equipos.

Por falta de estudios previos sistemáticos, fue necesario iniciar el presente con un análisis sobre la producción de minerales, su estructura y tendencias; estudiar las relaciones entre las capacidades de las minas y las plantas de beneficio, así como entre los equipos que emplean, para llegar finalmente a estimar los requerimientos de bienes de capital en el mediano y largo plazo, lo que constituye el objetivo principal de este trabajo.

De acuerdo con este esquema, el estudio se presenta en tres grandes capítulos: producción minera, estructura de la capacidad productiva del sector, y mercado del equipo y maquinaria.

El marco de referencia en las proyecciones de la demanda de bienes de capital estuvo constituido por los análisis sobre la producción de minerales, la capacidad productiva del sector y los nuevos proyectos de inversión o ampliaciones en ejecución o programadas.

Para las proyecciones sobre la producción de minerales, se consideraron 14 rubros: plata, plomo, cobre, zinc, fierro, manganeso, azufre, fluorita, carbón, barita, fosforita, yeso, caliza y sílice. La selección tomó en cuenta su participación relativa en el valor de la producción minera, que en los últimos 10 años ha representado alrededor del 90%, así como su importancia en cuanto al volumen de los materiales que deben manejarse. Las cifras sobre minerales metálicos se dan en términos de contenido de metal y las de los no metálicos, en términos de tonelaje bruto.

Las proyecciones de producción que constituyen el objetivo del Capítulo I de este trabajo, estuvieron determinadas por el comportamiento previsto de la demanda interna y por las oportunidades que el país tiene de continuar exportando metales al mercado internacional, aprovechando su potencial minero.

El Capítulo II trata lo relativo al número de minas y su capacidad productiva, así como a las plantas de beneficio que a largo plazo requerirá el país. Estos resultados se estiman en función de las proyecciones de producción elaboradas para el sector en el capítulo anterior.

Debido a que parte de las proyecciones de producción se elaboraron en términos de contenido metálico, fue necesario establecer algunos supuestos para traducir dicho concepto a tonelajes brutos de mineral, y así determinar la capacidad de extracción de las minas y la que requerirán las plantas de beneficio para procesar la producción esperada.

Los criterios que se utilizaron para llegar a una cifra aproximada sobre el volumen de mineral necesario para obtener el contenido metálico de los distintos productos suponen, además, una disminución progresiva en la ley de los minerales.

El análisis parte de la estructura que presentaba la industria en 1980 (aunque en algunos casos

se consideró la de 1974 o 1977 a falta de información más reciente), suponiendo que en el futuro las operaciones mineras tenderán a concentrarse en unidades con mayor escala de producción, lo que implicará un aumento significativo en la potencia y capacidad de la maquinaria. Esta hipótesis es consecuente con la tendencia que se observa en las explotaciones mineras de países industrializados.

En el Capítulo III se estima la demanda de bienes de capital que a mediano y largo plazo generará la expansión prevista en el sector minero.

Las proyecciones de demanda se refieren a tres rubros generales del mercado global de estos equipos:

- a) Explotación a tajo abierto.
- b) Explotación subterránea.
- c) Beneficio de minerales.

Esta clasificación coincide no sólo con las principales actividades de la industria minera, sino también con la estructura global de la oferta.

El estudio se concentra básicamente en las operaciones de producción minera con capacidad de 250 toneladas por día o más. Se prevé, sin embargo, que la mayor expansión futura del sector se concentrará en la gran minería, o sea en minas y plantas con capacidad superior a 1 000 toneladas diarias. Por lo que toca a la pequeña y mediana minería, se consideró que la importación de equipo usado y la oferta interna de maquinaria y equipo han venido cubriendo sus necesidades.

Para establecer criterios sobre las características de la maquinaria y el equipo utilizado en

minas y plantas de distinta capacidad, se optó por emplear una muestra de unidades mineras cuyas capacidades y características de equipo se adoptaron como base para los cálculos y proyecciones efectuados en este trabajo. La muestra se constituyó con minas y plantas de beneficio localizadas en el país y en el extranjero y su selección se realizó considerando aspectos de eficiencia y operatividad.

Las proyecciones parten de las necesidades de maquinaria y equipo para minas y plantas típicas en distintos rangos de capacidad.

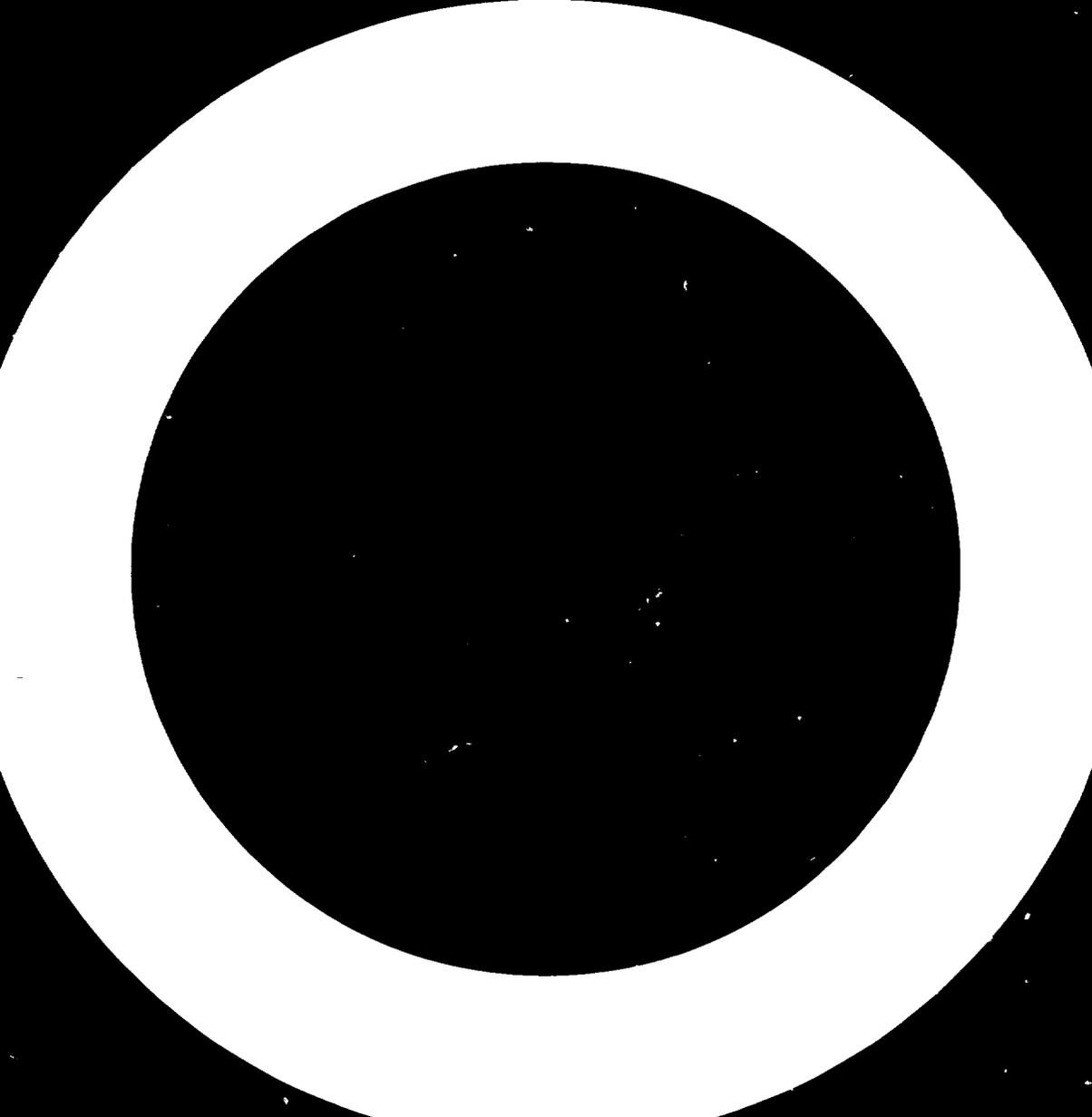
Aplicando los requerimientos unitarios de equipo al número de minas y plantas determinado en el Capítulo II, se estima el parque o acervo de maquinaria y equipo necesario.

La demanda de maquinaria y equipo surge de los incrementos en el parque, generados por el aumento en el número de minas y plantas, así como de las necesidades de reposición del equipo desgastado u obsoleto.

Cabe destacar que no se pretendió llegar a un estudio detallado y exhaustivo de la maquinaria y equipo que emplea el sector minero, sino a estimar las necesidades futuras de los equipos básicos más representativos.

Esta metodología permitió, finalmente, obtener resultados que reflejan la estructura tecnológica del sector —la cual sirvió de base para la proyección de la demanda—, así como determinar el mercado futuro para las principales clases de máquinas, en sus distintos rangos de capacidad.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES



## RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente estudio tiene por objeto estimar la demanda de bienes de capital en el mediano y largo plazo para la industria minera en el periodo 1980-2000. Dicha estimación se sustenta en ciertos supuestos sobre la expansión del sector minero.

Puesto que no se cuenta con antecedentes sobre este tema en el país, fue necesario partir de la revisión de las probables tendencias de la demanda de minerales y de la producción minera.

En ambos casos, los criterios adoptados, sobre todo en el corto y mediano plazos, se apoyaron en las expectativas de crecimiento de las mayores empresas mineras del país y de otros proyectos de inversión, cuya ejecución está programada.

Como información de referencia se utilizaron datos para el periodo 1970-1980 sobre producción, consumo, exportación y, en algunos casos, importación de los 14 minerales mencionados en la introducción. El análisis de su comportamiento arrojó, para algunos de ellos, una tendencia errática y un lento dinamismo en el crecimiento de la producción.

Esta circunstancia se refleja, en un crecimiento del sector en conjunto, inferior al de otras ramas industriales y en una disminución de su participación relativa en el producto interno bruto.

Debido a la evolución irregular de la producción minera en el periodo de referencia, una simple extrapolación de la tendencia reciente habría reflejado sólo parcialmente la expansión que se prevé para la minería, y habría mostrado, a mediano plazo, insuficiencia en el abastecimiento interno de algunas materias primas a importantes sectores de la industria básica y manufacturera. Por esta razón, se estimó conveniente vincular las proyecciones con el crecimiento de la industria de transformación, suponiendo que se pretende alcanzar y mantener la autosuficiencia en materia de producción minera en la mayor parte de los casos, donde esto ha sido lo tradicional y los recursos lo hacen posible. Sin embargo, para el logro de dichas metas deberá darse especial importancia a los programas de exploración y desarrollo, ya que, si bien hay evidencias de la existencia en el país de recursos minerales en cantidad y calidad suficientes, es necesario pre-

cisar esta existencia, tanto como las condiciones y características de los yacimientos.

La tendencia que sigue la demanda de metales y minerales en el país implica que, para la mayoría de los productos considerados, su dinamismo constituye un estímulo importante para el crecimiento de la producción. Por esta razón, la expansión de la industria minera está basada fundamentalmente en el crecimiento de la demanda interna y, en menor grado, en el aumento de la exportación, la cual se ha proyectado aquí bajo supuestos conservadores.

Debido a los criterios anteriores, las proyecciones resultantes muestran un crecimiento más rápido que el señalado por la tendencia histórica, que indudablemente refleja cierto estancamiento de la actividad minera, por debajo de las necesidades nacionales.

Las estimaciones sobre demanda sirvieron de base para proyectar la capacidad de producción que necesariamente deberá alcanzarse en el periodo 1980-2000.

Las estimaciones sobre capacidad productiva tomaron en cuenta: la capacidad de movimiento de material en minas a tajo abierto; la capacidad de extracción en minas subterráneas y la capacidad de trituración, molienda, separación y concentración de minerales en plantas de beneficio. Se consideraron, además, las necesidades de maquinaria y equipo para la extracción y manejo de ciertos materiales de construcción, tales como arena y piedra, cuya demanda es importante. No obstante, en el cálculo de la demanda global éstos últimos fueron excluidos.

Los resultados indican un aumento considerable en la capacidad promedio de las unidades productoras, derivado de los supuestos respecto del crecimiento en las escalas de producción. Esto último se funda en la necesidad de lograr mayores niveles de producción con una mejor productividad, lo que requiere un empleo más intensivo de equipo en la minería.

Con respecto a la capacidad total (incluyendo mineral y ganga) de extracción en las minas a tajo

abierto de cobre, hierro y carbón, se estima que tendrá un crecimiento medio anual de 9.2% al pasar de 670 456 toneladas diarias de extracción en 1980, año base de la proyección, a 3 881 000 toneladas diarias en el año 2000. La mayor proporción de esa capacidad de extracción (53.3%), se concentra en la explotación de cobre.

La capacidad extractiva en las minas subterráneas incluye la explotación de minerales polimetálicos con contenido de cobre, plomo, plata, zinc y manganeso, así como de algunos no metálicos como fluorita, barita y especialmente carbón para uso siderúrgico. En las proyecciones, la capacidad extractiva está representada en poco más de 90% por las minas de minerales polimetálicos y de carbón.

Para la capacidad de extracción de las minas polimetálicas, se prevé un crecimiento medio anual de 7.0% en el periodo de 1980-2000 y para las minas de carbón una expansión anual de 10.4% en el mismo periodo.

El crecimiento en la capacidad de las plantas de beneficio refleja el comportamiento previsto para la producción de minerales polimetálicos, cobre, hierro y carbón a tajo abierto. El análisis del equipo para estos tipos de minerales se hace por separado, ya que se trata de procesos diferentes. La capacidad de beneficio de minerales polimetálicos crece en la misma proporción que la correspondiente a la extracción minera, ya que en este caso se parte del supuesto de que el mineral útil extraído entra en su totalidad a la planta de beneficio.

En el beneficio de minerales de cobre, hierro y carbón procedente de minas a tajo abierto, se estima que la capacidad de las plantas deberá crecer a tasas de 9.4, 9.5 y 8.7 por ciento, respectivamente, en el periodo 1980-2000. Lo anterior permitirá, en el caso de los minerales de cobre y hierro, elevar la capacidad de beneficio de 106 mil a 644 mil toneladas diarias en el primer caso y de 50 mil a 308 mil toneladas en el segundo. En cuanto a la capacidad de las plantas lavadoras de carbón, el aumento será de 31 106 a 168 000 toneladas diarias.

Por lo que respecta a la demanda de maquinaria para la industria, se distinguieron las actividades mineras que dan origen a los tres mayores sectores del mercado: explotación a tajo abierto, explotación subterránea y beneficio de minerales.

La demanda de estos sectores es resultado de la expansión prevista para la actividad minera y abarca el equipo y maquinaria de uso común que cubrirán la mayor parte de los requerimientos.

El valor total de la demanda en el periodo 1980-2000 alcanza a 4 660 millones de dólares. De este total, el 85.7% corresponderá a maquinaria y equipo para la explotación de minas a tajo abierto y subterráneas (42.4 y 43.3 por ciento respectivamente), mientras que el 14.3% restante será para el bene-

ficio de minerales. Lo anterior se debe, en parte, al hecho de que el equipo para beneficio, contrariamente a lo que sucede con el de minado, tiene generalmente una vida útil muy prolongada (20 años o más), factor que determina una menor demanda por reposición de maquinaria obsoleta o desgastada. Otra observación de carácter general es que de la misma demanda total agregada, solamente el 39.4%, 1 840 millones de dólares, se generará en el periodo 1980-1990, mientras que el 60.6%, 2 820 millones de dólares, corresponderá al periodo 1995-2000. Esto se debe a que las tasas de crecimiento adoptadas en la proyección de la producción para los minerales seleccionados, alcanzan su mayor efecto en los últimos 10 años del periodo.

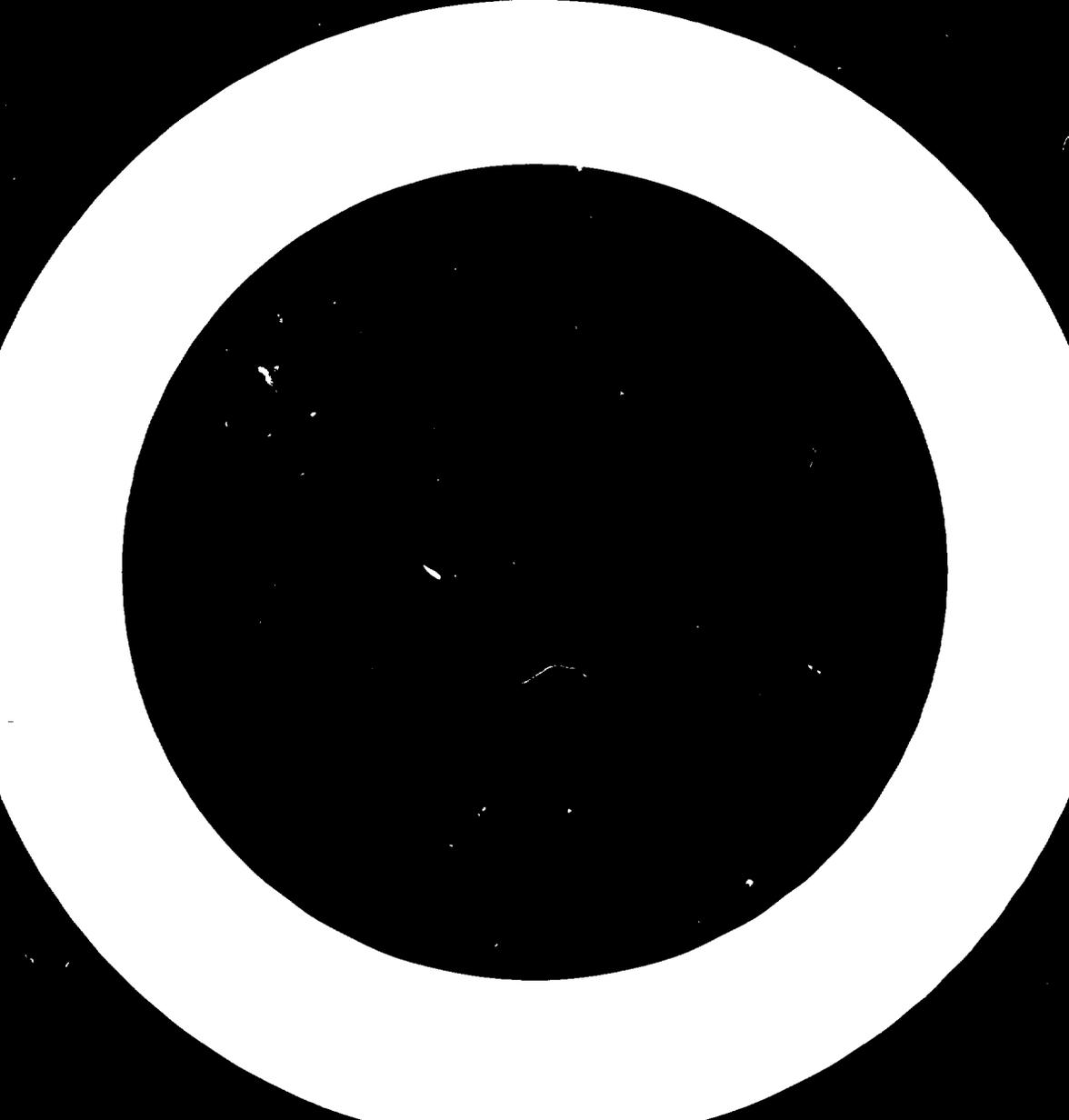
Con respecto a la demanda de maquinaria para la explotación minera a tajo abierto, se consideraron ocho clases diferentes de equipos. De estos, las perforadoras rotarias, palas mecánicas, "draglines", camiones fuera de carretera y tractores, generarán cada uno, una demanda superior a los 100 millones de dólares en el periodo 1980-2000. La demanda de camiones fuera de carretera es del orden de 1 080 millones de dólares y representa el 54.8% del total de 1 980 millones de dólares en estos equipos, mientras que las palas mecánicas suman una demanda acumulada de 410 millones de dólares, equivalente al 20.8% del total de equipo de explotación a tajo abierto.

En el caso de la maquinaria para explotación subterránea, se distinguieron 17 diferentes clases de equipos, entre los que destacan: perforadoras, ademes caminantes, autocargadores y malacates. Cada uno de estos generará una demanda superior a los 100 millones de dólares en el periodo 1980-2000 y representará, respectivamente, el 25.3, 7.5, 24.1 y 20.5 por ciento de la demanda total acumulada, que es de 2 020 millones de dólares.

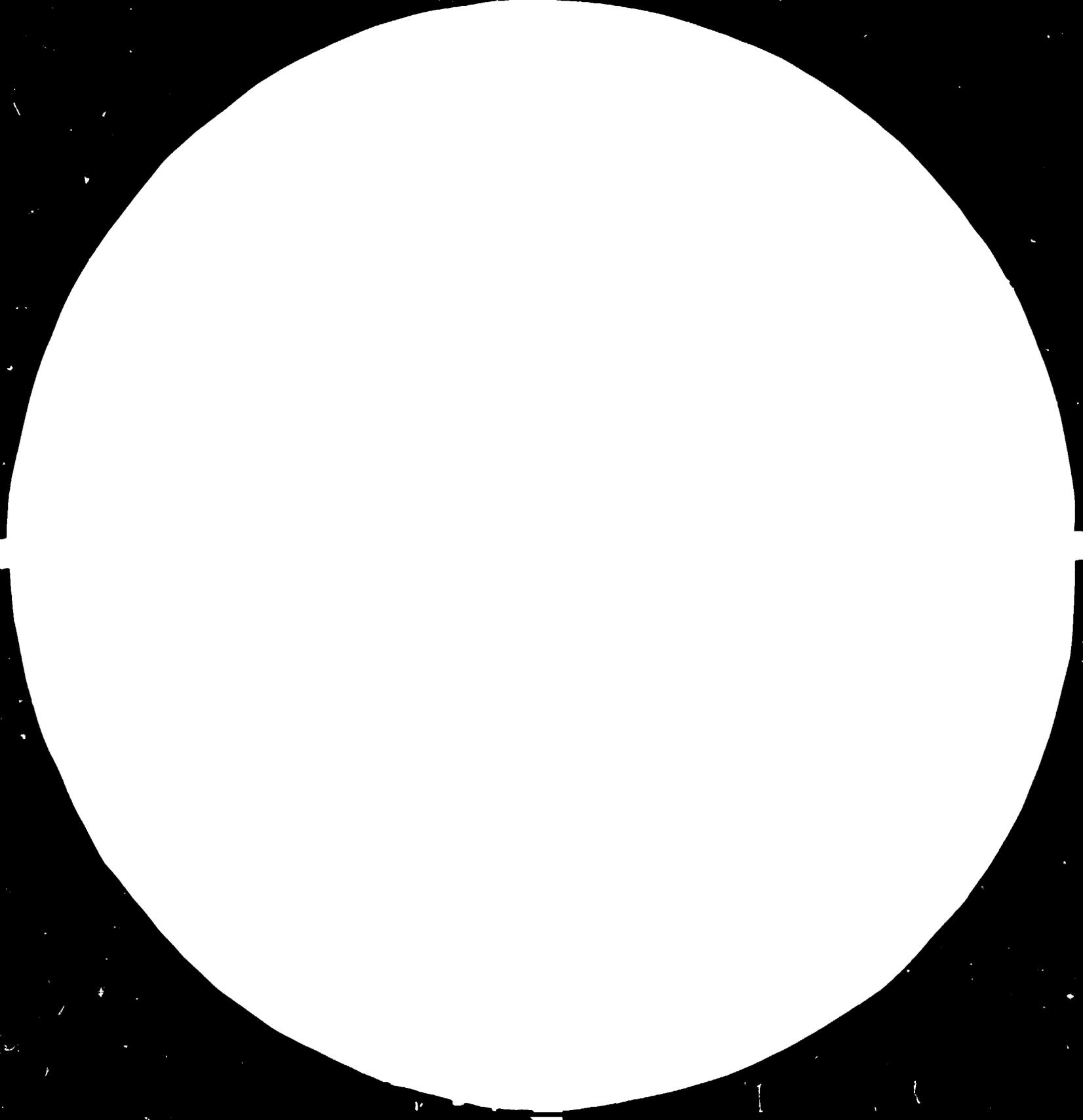
Los requerimientos de maquinaria para beneficio de minerales incluyen 11 diferentes clases de equipo. En este grupo, solamente las quebradoras y los molinos alcanzan entre los años 1980 y 2000 una demanda superior a los 100 millones de dólares cada uno y de la demanda total acumulada de 670 millones de dólares representan en conjunto el 58.3%. Las quebradoras suman 130 millones y constituyen el 19.5% de la demanda agregada total, mientras que la demanda de molinos asciende a 260 millones de dólares, 38.8% de la total. Todo el equipo de beneficio restante tiene una demanda, en valor, muy inferior a la del equipo para la explotación de minerales a tajo abierto y subterránea; sin embargo, hay que tomar en cuenta que, contrariamente a lo que sucede con el de minado, los fabricantes de equipo para beneficio generalmente tienen integrados todos sus procesos de producción, de tal manera que un sólo fabricante produce toda la gama de equipos e incluso, en ocasiones, realiza desde el diseño del proceso y de la planta de beneficio hasta su instalación y puesta en marcha.

# CAPITULO I

PROYECCIONES DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION  
Y PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS



84.10.15  
AD.86.07  
1115 5410





2.8



3.2



4.0



5.0



## MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
1005 COLLEGE PARK DRIVE  
GAITHERSBURG, MARYLAND 20878  
ASTM F 1961-1987 (1989)



# I. PROYECCIONES DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS

## 1. INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es evaluar la demanda de maquinaria y equipo para la industria minera que genera el proceso de explotación y beneficio de minerales. El presente estudio se inicia describiendo la metodología empleada para proyectar durante el periodo 1980-2000 las cifras de consumo y producción de los principales minerales que se explotan en México.

Para la selección de los minerales, se consideró su participación relativa en el valor de la producción minera, que ha sido de 90% aproximadamente en los últimos años, así como su importancia en el volumen de manejo de materiales. Los minerales escogidos fueron: plata, plomo, cobre, zinc, hierro y manganeso, que forman el grupo de los metálicos; y carbón, fluorita, fosforita, barita, azufre, sílice, yeso y caliza, que constituyen el de los no metálicos.

Esta etapa del trabajo tiene por objeto determinar, a largo plazo, cuáles serían los niveles de producción de aquellos minerales que el país tiene posibilidad de seguir explotando. Las proyecciones de producción estuvieron determinadas, en primera instancia, por el comportamiento previsto para la demanda interna y, en segundo término, por las oportunidades que el país tendrá de continuar exportando metales al mercado internacional, aprovechando su potencial minero.

Para que los resultados fueran lo más realistas posibles, se consultó con los principales productores sobre las perspectivas de producción y mercado, tanto nacionales como internacionales. Esta información permitió adoptar, en las proyecciones, criterios más fidedignos, sobre todo en el mediano plazo.

En forma sistemática, se supuso que los productores ajustarían su capacidad de producción a

la demanda del mercado nacional y a las ventajas de la exportación; así, para cada uno de los minerales se consideraron las expectativas de crecimiento de las principales industrias usuarias y, en el caso del mercado internacional, las previsiones a largo plazo que sobre el consumo mundial de metales han elaborado algunas instituciones especializadas.

En los casos de minerales como el carbón, fosforita y sílice, cuya producción no alcanza a satisfacer las necesidades de la demanda interna (por lo que es necesario importarlos en cantidades considerables) se supuso un aumento paulatino de la producción que eliminaría la necesidad de tales importaciones.

La proyección de mineral de hierro se planteó en dos niveles: uno alto y otro bajo. El primero permite satisfacer la demanda en 1985, sin recurrir al exterior y mantener esta situación hasta cerca del año 2000, mientras que el segundo supone un déficit persistente que podría cubrirse con importaciones.

Como información de referencia se utilizaron datos sobre la producción, consumo, exportación y, en algunos casos, la importación de dichos minerales en el periodo 1970-1980.

El análisis de su comportamiento mostró, en ciertos casos, una tendencia errática y un lento crecimiento de la producción, lo que en alguna medida fue consecuencia de la situación de algunos metales en el mercado mundial. Esta circunstancia propició, para el sector en su conjunto, un crecimiento inferior al de las otras ramas industriales y una disminución de su participación relativa en el producto interno bruto.

De los minerales metálicos que se incluyen en el estudio, sólo los de hierro y cobre incrementa-

ron sustancialmente su producción en los últimos años: sin embargo, aún son considerables las importaciones de hierro. De la misma manera en el caso de los no metálicos, aun cuando la producción de carbón, fosforita y silice aumentó a un ritmo relativamente acelerado en el periodo 1970-1980, las necesidades internas de los dos primeros avanzaron más rápido que la producción, propiciandoun considerable aumento de las importaciones.

Aunque la hipótesis de autosuficiencia pudiera parecer un tanto ambiciosa, no parece posible plantearse metas más bajas, ya que a corto y mediano plazos deben hacerse realidad diversos proyectos que a partir de 1970 han estado impulsando el Gobierno y la iniciativa privada. En el largo plazo, resulta difícil prever el comportamiento del sector minero pero se espera que los programas de exploración y desarrollo que se llevan a cabo en forma continua, originen nuevos proyectos.

La tendencia creciente y sostenida que sigue el consumo de metales en el país, constituye un estímulo importante para el crecimiento de la producción en la mayoría de los productos considerados. Salvo en los casos de aquellos en los que el país ha sido exportador tradicional, como son: plata, plomo, cobre, zinc y fluorita, los resultados para las proyecciones de producción están orienta-

dos casi exclusivamente a satisfacer el mercado interno.

En general, para la mayoría de los minerales las proyecciones muestran un crecimiento rápido en comparación con la tendencia histórica, aunque en algunos casos puedan parecer menores que otras proyecciones elaboradas recientemente, sobre todo para carbón y hierro. Sin embargo, estas proyecciones no son del todo comparables entre sí. En carbón, por ejemplo, se incluyen otros usos no considerados aquí.

Las estimaciones de producción después de 1980 se sustentaron en las perspectivas de los productores internos y en la realización de nuevos proyectos, por lo que, en algunos casos, las tasas de expansión en un plazo cercano resultaron más elevadas que las tasas medias proyectadas para todo el periodo.

Ciertamente, las perspectivas en un plazo cercano no eran las adecuadas para aplicarse en una estimación de largo plazo, debido a que la expansión de la capacidad de producción está determinada por el impulso de nuevos proyectos. En este sentido, podrá observarse el efecto que tienen éstos en las proyecciones, principalmente en los casos del cobre, plata, hierro, barita y fosforita, en los que se inician operaciones con unidades de gran capacidad.

## 2. MINERALES METALICOS

### 2.1 Plata

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

Independientemente de la importancia de la plata como metal en aplicaciones industriales, con frecuencia su demanda se ha visto afectada por factores de tipo especulativo en el plano mundial; además encuentra una creciente aplicación como medio de inversión y defensa contra la inflación.

Estas condiciones que repercutieron directamente en los niveles de precios, han influido en los últimos años para que en México fuera factible la realización de proyectos que dieron como resultado el aumento de su producción, devolviendo al país la tradicional posición de primer productor mundial.

La proyección de la demanda supone un consumo de plata para uso industrial y otro para reserva monetaria. En el primer caso se consideró una tasa media anual de crecimiento de 5.9% entre 1980 y el año 2000, según el comportamiento relativamente estable del consumo durante 1970-1980, que a su vez se deriva de la tendencia seguida por una de las principales industrias usuarias: la platería. En el futuro no se espera que este comportamiento sea más dinámico debido a que las aplicaciones de la plata en la industria en general tienden a restringirse.

En el caso de la demanda para fines monetarios se supuso que de 1980 a 1985 crecería a una tasa de 6% anual, que permanecería constante hasta el año 2000. Para determinar la reserva se tomó como base el promedio de ésta en el periodo 1970-1975, es decir 440 toneladas, y se estimó que esta cantidad subiría hasta 670 toneladas en 1985, después de lo cual se mantendría en ese nivel.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

En el periodo de 1970-1979, las ventas de plata al exterior mostraron algunas fluctuaciones, debido al comportamiento de los precios.

En el mismo periodo, la tasa media de crecimiento anual de las exportaciones fue de 8.1%. El consumo mundial de plata aumentó a una tasa media anual de 2.2% en el periodo de 1960-1973, y posteriormente empezó a disminuir gradualmente.

Sin embargo, tomando en cuenta las alzas causadas en las cotizaciones de los metales preciosos, por las tendencias inflacionarias mundiales, y la posibilidad de que éstas se repitan durante un plazo suficientemente largo, los productores consideraron factible la realización o expansión de algunos proyectos, así como la preparación de otros que se pondrían en marcha, si continúa vigente el estímulo de mayores precios.

Considerando esta perspectiva, en 1980 se logró una producción de 1 602 toneladas y, a partir de ese año, la exportación se proyecta a una tasa anual de 2%. El aumento relativamente alto en la capacidad de producción permitirá también el incremento de las exportaciones en los años subsiguientes.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La proyección de los volúmenes que se producirán resume las expectativas de las correspondientes demandas agregadas del mercado interno y las exportaciones, e implica que para el periodo 1980-2000, la producción de plata podría incrementarse a una tasa media anual acumulativa de 3.3%. Esto supone pasar de 1 602 toneladas en 1980 a 3 078 en el año 2000.

De 1980 en adelante se advierte un moderado crecimiento en la producción, ajustado al comportamiento previsto para el consumo interno y para el mercado de exportación (véase el cuadro I.1).

Cuadro I.1

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, RESERVA MONETARIA, EXPORTACION Y PRODUCCION DE PLATA 1980-2000 (Toneladas)

Años	Demanda interna	Reserva monetaria	Exportación	Producción
1980	255 <sup>1</sup>	500 <sup>2</sup>	n.d.	1 602
1985	341	670	1 182	2 193
1990	456	670	1 305	2 431
1995	611	670	1 441	2 722
2000	817	670	1 591	3 078
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	6.0	6.0	n.d.	6.5
1985-1990	6.0	—	2.0	2.1
1990-1995	6.0	—	2.0	2.3
1995-2000	6.0	—	2.0	2.5
1980-2000	5.9	—	—	3.3

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Estimado.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/CNUDI.

## 2.2 Plomo

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

La demanda de plomo, que proviene principalmente de las industrias de acumuladores y pilas eléctricas y de la refinación del petróleo, ha experimentado muy bajo crecimiento. De 96 mil toneladas que se registraron en 1970 bajó a 80 mil en 1975, para aumentar, en 1980, a sólo 84 mil toneladas, con lo cual registra una tasa de crecimiento de 1% en promedio anual, en el último quinquenio.

De 1980 a 1985 se espera un incremento mayor, debido a que se prevé una continuación del fuerte crecimiento reciente en la demanda de gasolina, automóviles y otras industrias usuarias de plomo.

De 1985 en adelante, la tasa de crecimiento del consumo de plomo será sustancialmente más reducida que la inicial, pues se espera un descenso progresivo que puede provenir de la desaparición del plomo como aditivo en la gasolina, así como progresos reducidos en sus aplicaciones a la industria automotriz, eléctrica y de la construcción.

Según la Oficina de Minas del Gobierno de Estados Unidos, la demanda mundial de plomo podría crecer, hasta 1985, a una tasa media anual de 3.8% y la de los países en desarrollo a razón de 5.2%. Sin embargo, en periodos anteriores, se ha observado que el crecimiento del consumo en México fue superior al del conjunto de los países en desarrollo, lo que hace suponer que esa tendencia se mantendrá. Por su parte, las estimaciones de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL)

sobre el consumo de plomo en México, indican que podrá crecer a una tasa anual de 6.3% en los años de 1980 a 2000.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

En el periodo de 1970 a 1980, de la producción mexicana de plomo se exportó, en promedio, un poco más del 46%, siendo Estados Unidos y Europa Occidental los principales compradores. A largo plazo se espera que en estos mercados —y en general a nivel mundial— su demanda crezca a una tasa superior al 2.5 por ciento.

Por otra parte, aunque en el comercio mundial del plomo la participación de México ha sido modesta, no se descarta su posible continuidad.

De 1985 al año 2000, la proyección se ajusta a una tasa de crecimiento de 1.6%, la cual no difiere sustancialmente del comportamiento previsto para las importaciones de plomo de los países industrializados, que se estima tendrán un incremento de 2.6% anual hasta 1985; a partir de entonces se les calcula un ritmo de 1.5 por ciento.

Las exportaciones de 1980 disminuyeron en relación con las de años anteriores, en parte como consecuencia del descenso registrado en la producción y del aumento observado en el consumo nacional.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

De 1970 a 1980, la producción mexicana de plomo mostró movimientos erráticos, alcanzando su

mayor nivel en 1974, cuando se produjeron 218 mil toneladas, y el más bajo en 1980 al obtenerse 145 mil toneladas. Algunos factores que determinan este comportamiento son: la inestabilidad de las cotizaciones internacionales y el retraso en los programas de expansión de las empresas.

Como resultado de este comportamiento irregular, en el periodo 1975-1980, la producción mostró una reducción de 3.2% anual.

Para proyectar la producción hasta el año 2000 se parte inicialmente de las obras en proceso de expansión y de los nuevos proyectos, que se estima entrarán en vigor después de 1980, de este modo se obtendrá una tasa elevada de crecimiento de 18.9% anual hasta 1985, en que la producción llegaría a unas 344 mil toneladas, adoptando en adelante una tasa coherente con la proyección de la demanda. Debe tenerse en cuenta que parte de la expansión del plomo está ligada a la de plata.

Cuadro 1.2

PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE PLOMO<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Importación	Producción
1980	84	62	13	145
1985	176	168	---	344
1990	258	182	---	440
1995	346	197	---	543
2000	463	213	---	676
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	15.9	22.1	---	18.9
1985-1990	8.0	1.6	---	5.0
1990-1995	6.0	1.6	---	4.3
1995-2000	6.0	1.6	---	4.3
1980-2000	8.9	6.4	---	7.9

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

## 2.3 Cobre

### PROYECCION DE LA DEMANDA

La demanda de cobre proviene principalmente de la industria eléctrica y de la fabricación de equipo, así como también de la industria de la construcción, la fabricación de aparatos domésticos y la industria del transporte. Se estima que las dos primeras consumen cerca del 78%, en tanto que las tres restantes, el 22 por ciento.

El consumo registrado en el periodo de 1975-1980 ha sido creciente con excepción del último año del periodo, en que disminuyó, con relación a 1979, en 7.6%; sin embargo, en el periodo de referencia se registró una tasa de crecimiento medio anual de 15 por ciento.

Se estima que el mayor impulso en el consumo de este metal será a mediados de la década de los 80, como resultado de los diversos programas elaborados por el sector eléctrico y los demás sectores demandantes.

Existen estudios<sup>1</sup> en los que se pronostica que hasta 1990 los sectores consumidores aumentarán en forma acelerada; por ejemplo, la industria de maquinaria eléctrica, que incluye transformadores, generadores, etc.

La Oficina de Minas del Gobierno de Estados Unidos<sup>2</sup> señala que en el periodo de 1962-1975, el consumo mundial de cobre creció a una tasa media anual acumulativa de 3.5% y el de los países en desarrollo a 6.3%. La misma fuente considera que hasta 1985 esta tendencia aumentará, y pronostica

tasas de 4.5 y 7.2 por ciento respectivamente. Según otra fuente,<sup>3</sup> el consumo mundial de cobre podría crecer hasta el año 2000 a una tasa anual de 2.8% y el de los países en desarrollo a 4.4%. La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) considera que, en Latinoamérica, el aumento agregado del consumo de cobre podría ser de 4.6% anual; y para México de 8.6%, uno de los más rápidos del área.

Como resultado de lo anterior, se puede estimar que el consumo de cobre en México crecerá en los próximos 5 años, después de 1980, a una tasa promedio anual de 10.8% y de 1985 a 2000 a razón de 7.9 por ciento.

### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Entre los principales países consumidores de cobre producido en México destaca Estados Unidos, aunque también se canalizan cantidades importantes a Japón y algunos países europeos.

De 1968 a 1979 las exportaciones fueron poco significativas, lo que pudiera atribuirse a los incrementos registrados en el mercado interno. Cabe señalar que los volúmenes exportados en 1980 representaron un cambio importante con relación a los del periodo 1970-1979; ello obedeció al inicio de las operaciones de la mina La Caridad.

Con las cantidades de exportación registradas en el último año del periodo se logró determinar una tasa de crecimiento de 38.7% de 1975 a 1980. En el quinquenio siguiente, se estima que el crecimiento será del orden de 14%, aunque mucho dependerá del dinamismo futuro en el desarrollo de

<sup>1</sup> Véase: "Nacional Financiera, S. A., México: Una Estrategia para Desarrollar la Industria de Bienes de Capital", Proyecto Conjunto NAFINSA/ONUFI, México, D. F. 1977.

<sup>2</sup> U. S. Bureau of Mines, varias publicaciones.

<sup>3</sup> W. Malenbaum: World Demand for Raw Materials In 1985 and 2000. USA National Commission of Materials Policy, 1977.

nuevos proyectos para cubrir las necesidades del mercado interno y de la colocación continua de este mineral en el exterior.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

Para evaluar la producción de cobre hasta el año 2000 se tomaron en cuenta los proyectos que se proponen realizar la Cía. Minera de Cananea, Mexicana de Cobre, S. A., y otras empresas (véase el cuadro I.3).

Como resultado del programa de producción 1978-1982 emprendido por la Cía. Minera de Cananea, se logró en 1980 un volumen de poco más de 55 mil toneladas y se estima que para 1985 se llegará a las 100 mil toneladas, al cumplirse la primera fase del Segundo Programa de Expansión. Para 1990, al quedar concluida la segunda fase del mismo, se llegaría a 140 mil toneladas. Además, tomando en cuenta que sus reservas de cobre le permitirán continuar expandiéndose, se estimó que para el año 2000 podría llegar a producir 200 mil toneladas anuales.

En el caso de Mexicana de Cobre, S. A., en 1980 obtuvo una producción de 87 mil y se espera un aumento a 173 mil para después de 1995, y a 200 mil toneladas en el año 2000.

Cuadro I.3

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION DE COBRE POR EMPRESAS 1980-2000

(Miles de toneladas <sup>1</sup>)

Años	Total	Cía. Minera de Cananea, S. A.	Mexicana de Cobre, S. A. La Caridad	Nuevos proyectos	Otros
1980 <sup>2</sup>	175	55	87	—	33
1985	393	100	147	84	62
1990	546	140	176	150	80
1995	675	170	173	230	102
2000	810	200	200	280	130

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Estimado.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

Con relación a los nuevos proyectos, entre los que se incluyen las minas "El Arco" en Baja California Sur y "La Verde" en Michoacán, que explotarán cobre, se considera viable su habilitación y se estima que su capacidad de producción será de 180 mil y 36 600 toneladas anuales respectivamente. Para efectos de la proyección, se considera que en 1985 "El Arco" entrará parcialmente en actividad con 50 mil toneladas y "La Verde" con su capacidad prevista. En 1990 "El Arco" podría producir 100 mil toneladas y la capacidad de "La Verde" se incrementaría a 50 mil toneladas. Para 1995 se supone que "El Arco" emplearía su capacidad total de 180 mil toneladas y que "La Verde" permanecería constante; y para el año 2000, la capacidad de esta última podría elevarse hasta 100 mil toneladas, permaneciendo en 180 mil la de "El Arco".

Para efectos de la proyección también se consideró la producción de cobre de otras minas de explotación subterránea que de 1980 al año 2000 registraría una tasa de crecimiento promedio anual de 7.1%. Es importante señalar que muchas de las minas involucradas en este renglón están proyectando ampliaciones importantes.

Cuadro I.4

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, PRODUCCION, IMPORTACION Y EXPORTACION DE COBRE, 1980-2000

(Miles de toneladas <sup>1</sup>)

Años	Demanda interna	Producción	Importación	Exportación
1980	105	175	43.0	113
1985	175	393	—	218
1990	264	546	—	232
1995	379	675	—	296
2000	544	810	—	266

	Tasa de crecimiento anual (Por ciento)			
1980-1985	10.8	17.6	—	14.0
1985-1990	8.5	6.2	—	5.3
1990-1995	7.5	4.3	—	1.0
1995-2000	7.5	3.7	—	2.1
1980-2000	8.5	7.9	—	4.3

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

## 2.4 Zinc

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

Entre las principales industrias consumidoras de zinc en México, se encuentran la de la construcción y la automotriz que en conjunto absorben alrededor del 70% del consumo interno. De 1970 a 1980 el valor bruto de la producción de estas industrias creció respectivamente a tasas de 7.9 y 12.9 por ciento, y para 1990 se prevén crecimientos de 7.6 y 14.1 por ciento, en el mismo orden.

Para proyectar la demanda se consideraron las previsiones de crecimiento de las industrias usuarias de zinc en el país y las estimaciones respecto

del mercado internacional elaboradas por diversos autores. Uno de ellos <sup>4</sup> calculó que hasta 1985 el consumo mundial de zinc crecerá a una tasa media anual de 3.4%, resultante de incrementos de 3.1% en los países industrializados y de 4.2% en los países en desarrollo. Para América Latina se previó un crecimiento de 4.4% en el mismo periodo, con tasas diferenciales para las naciones de mayor desarrollo en el área. Con respecto al periodo 1985-

<sup>4</sup> W. Malebaum, World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000. USA National Commission of Materials Policy, 1977.

2000, se estimaron tasas de 2.6, 2.3, 3.8 y 4.1 por ciento para el consumo mundial, el de los países industrializados, las naciones en desarrollo y América Latina respectivamente.

Por otra parte, la Oficina de Minas del Gobierno de Estados Unidos pronosticó para el quinquenio 1980-1985 tasas de crecimiento anuales de 6 y 6.1 por ciento respectivamente, válidas para el caso mexicano. En el estudio elaborado por la CEPAL se estima que la demanda de zinc en México podría crecer anualmente a razón de 6.1% anual de 1980 al año 2000.

Con base en lo anterior, y considerando el fluctuante crecimiento de la demanda registrada en los periodos de análisis, se prevé que en los 5 años que siguen a 1980 registrará una tasa de crecimiento de 34.7%, como resultado del auge económico reciente y de la maduración de los proyectos en marcha. De 1985 en adelante el incremento de la demanda descenderá gradualmente, a 7.0% en 1990 y a 5.5% en el año 2000.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Con respecto a la proyección de las exportaciones se aplicaron básicamente dos criterios: las perspectivas de la demanda mundial y la tradición exportadora del país.

A partir de 1969 los embarques de zinc al exterior comenzaron a disminuir hasta llegar a su nivel más bajo en 1973 (134 114 toneladas). Entre las razones que lo explican, destacan el fortalecimiento de la demanda interna y la situación poco atractiva que prevaleció en el mercado mundial de este metal. Las previsiones que para la producción y el consumo mundial hizo la Oficina de Minas del Gobierno de Estados Unidos consideraron las perspectivas de la diversificación de los usos industriales del zinc y de una oferta mayor en el mercado internacional. Estas proyecciones indican que las importaciones de zinc de los países industrializados podrían crecer a una tasa anual de 3.5% de 1977 a 1985, mientras que las exportaciones procedentes de las naciones en desarrollo lo harían a una tasa anual de 1.2 por ciento.

Por lo anterior, se consideró conveniente proyectar la exportación mexicana de zinc para el periodo 1985-2000 tomando como base la cantidad exportada en 1980, que alcanzó 200 764 toneladas, y adoptando tasas de crecimiento del orden de 7.2% de 1980 a 1985 y de 2.5% de 1985 al 2000.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La producción de zinc en México, a diferencia de la de plomo —con el que generalmente viene

acompañado—, muestra un comportamiento algo estable. De 1970 a 1980 la media anual alcanzó 255 900 toneladas, con un máximo de 272 mil toneladas en 1972 y un mínimo de 229 mil en 1975.

Ya que el mercado nacional aún no cuenta con capacidad para absorber la oferta total de este metal, en promedio, en el lapso de 1970-1980, el consumo interno representó el 23.5% de la producción, debiéndose colocar los excedentes en el mercado internacional, el cual, en los últimos años de ese periodo, se caracterizó por una débil demanda y un exceso de oferta.

El programa previsto por los productores ha sufrido algunos retrasos, por lo que la producción lograda en 1980 fue inferior a la de 1979 en 5.3%; sin embargo, se espera que dicho programa será corregido en el corto plazo.

Para efectos de la proyección hasta el año 2000, se tomaron en cuenta las metas del programa de producción previsto por las empresas, lo que significa alcanzar 427 mil toneladas en 1985. Para el periodo 1980-2000 se presume que los productores adaptarán sus niveles de producción a la demanda nacional e internacional, cuyo crecimiento anual promedio sería de 6.0 por ciento (véase el cuadro 1.5).

Cuadro 1.5

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE ZINC, 1980-2000

(Miles de toneladas <sup>1</sup>)

Años	Demanda interna	Exportación	Importación	Producción
1980	32	201	0.20	233
1985	142	285	—	427
1990	199	322	—	521
1995	260	365	—	625
2000	340	412	—	752
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	34.7	7.2	—	12.9
1985-1990	7.0	2.5	—	4.1
1990-1995	5.5	2.5	—	3.7
1995-2000	5.5	2.5	—	3.8
1980-2000	12.5	3.6	—	6.0

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFiNSA/ONUDI.

## 2.5 Hierro

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

El mineral de hierro es materia prima fundamental en las plantas integradas que producen acero en lingote y productos laminados. De este modo, se justifica suponer que las perspectivas de la producción de acero en estas plantas son un buen indicador para proyectar la demanda de hierro.

A pesar de que en parte de la década de 1970-1980, el crecimiento de la producción de acero no fue muy dinámico, la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica estima que en el periodo de 1981-1985 crecerá al ritmo de 6.4%.<sup>5</sup> De 1985 en adelante

<sup>5</sup> Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica, Proyecciones de Demanda de Productos Siderúrgicos, 1975-1985

lante se pronostica una tasa anual de 3.5%, misma que reflejará el crecimiento previsto en las industrias metálicas básicas del país. Las necesidades de crecimiento a corto plazo son en realidad mayores, debido principalmente al auge reciente en la economía. Aquí se adopta una proyección conservadora a largo plazo (véase el cuadro 1.6).

Cuadro 1.6

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE ACERO EN LINGOTES, 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Producción total	Plantas integradas	Plantas semi-integradas
1980	7 200	n.d.	n.d.
1985	10 723	9 783	940
1990	16 123	14 710	1 413
1995	24 244	22 119	2 125
2000	36 455	33 259	3 196

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica.

La estimación de la demanda aparente de hierro primario, partiendo de la producción de acero, se dificulta debido a que:

1. En el país se aplican tres procesos tecnológicos distintos para producir acero (hogar abierto, convertidor al oxígeno y horno eléctrico) y cada uno requiere distintas proporciones de materias primas;

2. La importancia relativa de cada proceso tecnológico cambia a través del tiempo; y

3. El uso de materias primas en los distintos procesos de producción de acero depende, hasta cierto punto, de la disponibilidad de las mismas y difiere considerablemente de lo adecuado en la industria siderúrgica moderna. Por ejemplo, se cree que recientemente el uso de la chatarra en México fue más intenso después de que la producción de mineral de hierro creció a un ritmo menor que la de acero.

Por estas razones fue conveniente adoptar como criterio básico la tendencia prevista para la producción de acero según el uso de los diversos procesos tecnológicos (véase el cuadro 1.7), así como la proyección de los distintos coeficientes tecnológicos que relacionan el consumo de materias primas por tonelada de acero producido en la industria siderúrgica integrada. Se conjetura además, que a partir de 1985 la industria siderúrgica nacional consumirá materias primas de acuerdo con los coeficientes normales en los procesos tecnológicos modernos (véase el cuadro 1.8).

Cuadro 1.7

PROYECCION DE LA PARTICIPACION DE DISTINTOS PROCESOS TECNOLOGICOS EN LA PRODUCCION DE ACERO, 1980-2000

(Por cientos)

Años	Total	Hogar abierto	Convertidor al oxígeno	Horno eléctrico
1980	100	40	25	35
1985	100	30	35	35
1990	100	20	45	35
1995	100	10	55	35
2000	100	5	60	35

FUENTE: Secretaría de la Presidencia, Dirección General de Inversiones Públicas, La Industria Siderúrgica Integrada de México, México, 1976.

Cuadro 1.8

PROYECCION DE LOS COEFICIENTES TECNICOS DE MATERIAS PRIMAS A ACERO LIQUIDO EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA INTEGRADA, 1975-2000

(Por tonelada de producto)

Concepto	1975 <sup>1</sup>	1975 <sup>2</sup>	1980 <sup>3</sup>	1985 <sup>2</sup>	1990 <sup>2</sup>	1995 <sup>2</sup>	2000 <sup>2</sup>
Mineral de hierro (ton)	1.60	—	2.05	2.62	2.72	3.21	3.25
Ley (%)	50	—	45	40	40	35	35
Recuperación <sup>4</sup> (%)	80	—	80	80	80	80	80
Hierro primario <sup>5</sup> (ton)	0.64	0.79	0.74	0.84	0.87	0.90	0.91
Chatarra (ton)	0.45	0.32	0.36	0.27	0.24	0.21	0.20

<sup>1</sup> Promedio del consumo de materias primas en todas las plantas nacionales.

<sup>2</sup> Promedio del consumo de materias primas en plantas modernas.

<sup>3</sup> Supuesto sobre consumo de materias primas en el periodo de adaptación a la tecnología moderna, 1975-1985, para la industria siderúrgica nacional.

<sup>4</sup> Aunque la ley del mineral probablemente disminuya se adopta el mismo coeficiente de recuperación, puesto que se supone que avanzará la técnica aplicada.

<sup>5</sup> El hierro primario incluye arrabio y fierro esponja.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de la Industria Siderúrgica Integrada de México, Secretaría de la Presidencia, Dirección General de Inversiones Públicas, México, 1976.

Asimismo, se presume que la proporción de chatarra en la carga metálica de los hornos descenderá gradualmente, porque este material es relativamente caro en comparación con el mineral de hierro, y porque cada vez será más difícil importar chatarra de Estados Unidos, donde su consumo tiende a aumentar para cubrir las necesidades de su propia industria.

Finalmente, se supone que la industria siderúrgica semi-integrada no consume hierro primario, sino sólo chatarra. Bajo todos estos supuestos y aplicando los coeficientes obtenidos a las estimaciones de producción de acero, según los distintos procesos tecnológicos, se llega a la proyección de la demanda aparente de hierro primario cuyo crecimiento medio anual se calcula en 9.3% de 1980 al año 2000.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La producción mexicana de mineral de hierro es insuficiente para atender la demanda de la industria siderúrgica, por lo que debe recurrirse a las importaciones de chatarra e incluso de mineral.

Para proyectar la producción de hierro primario se adoptaron dos niveles, uno alto y otro bajo.

En la proyección alta se supone que los productores cumplirán con sus programas de expansión para satisfacer la demanda interna en 1990, en tanto que la proyección baja adopta cantidades conservadoras y acepta un déficit persistente en la producción, el cual tendría que cubrirse con importaciones.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta las reservas conocidas de mineral de hierro que, según la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica, en 1976 eran de 883.3 millones de toneladas, equivalentes en términos de contenido metálico, a 282.7 millones de toneladas de hierro.<sup>6</sup>

Por tanto, para efectos de la proyección alta, en esos 25 años se tendrían que obtener alrededor

<sup>6</sup> Se asume una ley de mineral del 40% en promedio y una recuperación de 80% en las plantas concentradoras.

de 314.5 millones de toneladas de hierro metálico, lo que no se podrá cubrir con las reservas conocidas, mientras que para la proyección baja se necesitan 253 millones de toneladas, que sí podrían satisfacer dichas reservas (véase el cuadro I.9).

Cuadro I.9

#### PROYECCION DE LA DEMANDA Y PRODUCCION DE HIERRO PRIMARIO,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Producción proyectada <sup>2</sup>	
		Alta	Baja
1980 *	5 087	—	—
1985	8 218	7 009	6 697
1990	12 798	12 798	10 070
1995	19 907	19 907	15 141
2000	30 266	30 266	22 768

Tasa de crecimiento anual			
(Por ciento)			
1980-1985	10.1	—	—
1985-1990	9.3	12.8	8.5
1990-1995	9.2	9.2	8.5
1995-2000	8.7	8.7	8.5
1980-2000	9.3	—	—

\* Dato oficial publicado por la Dirección General de Estadística.

<sup>1</sup> El hierro primario incluye arrabio y fierro esponja.

<sup>2</sup> Para convertir la producción de hierro primario a mineral se supone una recuperación —constante para todo el periodo de proyección— de 80% en las plantas de concentración y una ley media del mineral de 50% en 1975, 45% en 1980, 40% en 1985-1990 y 35% en 1995-2000.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

Las cifras de reservas no deben interpretarse con rigidez, ya que la actividad exploratoria podría modificar esas magnitudes. Por otro lado, se recuerda que aquí se ha adoptado una proyección más bien conservadora de largo plazo, basada en las tasas históricas de crecimiento de la economía mexicana.

## 2.6 Manganeso

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

El mineral de manganeso tiene varios usos, según su calidad: es indispensable en la producción de aceros especiales y además se emplea como agente oxidante en la producción de cloro, plomo, yodo, compuestos químicos, orgánicos y desinfectantes. Es importante señalar que en la actualidad no se conoce un producto que sustituya al manganeso en ninguna de sus aplicaciones, pese a que se han desarrollado numerosos trabajos al respecto.

De aquí que el consumo de manganeso se caracterice por una tendencia hacia el crecimiento, tanto para el mercado internacional como para el nacional. En 1975 México colocó en el exterior 82

mil toneladas y 5 años después logró vender 136 mil toneladas; el incremento medio anual de las exportaciones fue de 21.6 por ciento.

La demanda del mercado nacional en el periodo señalado originó una tasa de 7.6%, ya que en 1975 se consumieron 75 mil toneladas y en 1980, 123 mil.

Para 1985 se estima que la demanda interna será del orden de las 125 mil toneladas, y se espera que para el año 2000 llegará a 400 mil, registrando una tasa promedio anual de crecimiento de 8 por ciento.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

En el ámbito mundial, México ocupó, en 1980, el octavo lugar como productor de manganeso, y el

segundo lugar en el Continente Americano, después de Brasil.

Las posiciones logradas por México en la producción de este metal obedecen en gran parte a las reservas probadas (31.4 millones de toneladas métricas), probables (200 millones de toneladas métricas) y posibles (1 500 millones de toneladas en el Distrito de Molango, Hidalgo).

La proyección de la producción de manganeso en términos de contenido metálico, se fundamentó principalmente en el programa de expansión de la capacidad de la planta nodulizadora de Minera Autlán, que explota dichas reservas (véase el cuadro I.10).

De una capacidad de 525 mil toneladas anuales en 1980, la empresa espera aumentarla a 1 050 000 toneladas en 1990 con la instalación de un nuevo horno, y a largo plazo se presume que contará con una capacidad de 1 575 000 toneladas de nódulos.

Cuadro I.10

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE MANGANESO DE LA COMPAÑIA MINERA AUTLAN, 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Capacidad de nodulización 1	Contenido metálico 2	Capacidad aprovechada (%)	Producción de la empresa	Producción nacional
1980	525	205	67	137 *	160 *
1985	525	205	80	164	180
1990	1 050	410	80	328	361
1995	1 050	410	80	328	361
2000	1 575	614	80	491	540

<sup>1</sup> La capacidad en toneladas diarias corresponde a 1 600 en 1980, 3 200 en 1990 y 4 800 en el año 2000.

<sup>2</sup> Resulta de aplicar a la capacidad de la planta de nodulización el 39% de contenido metálico.

\* Cifras de producción real.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

La producción de manganeso en términos de contenido metálico, lograda por esta compañía en 1975, fue del orden de las 116 mil toneladas y aumentó a 137 mil en 1980, participando de esta ma-

nera en la producción nacional con el 75% en el primer año y con el 85% en el segundo. Después de 1980 se estima que la empresa participará con el 90% de la producción nacional hasta el año 2000.

PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Las exportaciones de manganeso de México representaron en promedio un 77% de 1975 a 1980 con relación a la producción nacional. Este indicador muestra que la producción está en condiciones de cubrir el crecimiento que experimente la demanda interna y también que es posible reducir las importaciones que se vienen registrando en los últimos años.

De 1975 a 1980, las exportaciones de manganeso alcanzaron una tasa de crecimiento de 21.6%, pero se estima que disminuirán después de 1980, como resultado del aumento en el consumo nacional, ya que se espera que los sectores en los cuales se emplea dicho mineral incrementarán su actividad en forma considerable (véase el cuadro I.11).

Cuadro I.11

PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Importaciones	Producción
1980	123	136	99	160
1985	125	55	—	180
1990	184	177	—	361
1995	270	91	—	361
2000	397	143	—	540

Tasa de crecimiento anual

(Por ciento)

1980-1985	0.3	-16.6	—	2.4
1985-1990	8.0	26.3	—	14.9
1990-1995	8.0	-12.5	—	—
1995-2000	8.0	9.5	—	8.4
1980-2000	6.0	0.3	—	6.2

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Incluye inventarios.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

### 3. MINERALES NO METALICOS

#### 3.1 Carbón

##### PROYECCION DE LA DEMANDA

La demanda de carbón "todo uno" (término utilizado para designar al carbón tal como se obtiene de las minas), o bien la demanda de carbón lavado y coque, proviene básicamente de las industrias siderúrgicas y minerometalúrgicas. El consumo total registrado en el periodo 1975-1979, ascendió de 6 476 000 toneladas en el primer año a 9 005 000

en el segundo, alcanzando una tasa de crecimiento promedio anual de 8.6%. En el mismo periodo, la demanda de carbón de la industria siderúrgica aumentó a un ritmo medio de 10.1%, superior al de la demanda total en 17.4%, la tasa de incremento de la demanda de la industria minerometalúrgica sólo alcanzó al uno por ciento.

En el cuadro 1.12 se señala la estructura del consumo, según las industrias demandantes de

carbón mineral, destacando por su importancia la industria siderúrgica que de 1975 a 1979 consumió poco más del 88%; le sigue la minerometalúrgica, con el 10.4%, y finalmente la eléctrica, con el 1.5 por ciento.

Cuadro 1.12

**ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE CARBON MINERAL EN SUS DISTINTOS USOS,<sup>1</sup> 1975-1979**

(Miles de toneladas)

Años	Consumo total	Industrias		
		Siderúrgica	Minero-metalúrgica	Eléctrica
1975	6 476	5 569	777	130
1976	6 142	5 405	614	123
1977	7 849	7 221	471	157
1978	8 242	7 335	742	165
1979	9 005	8 195	810	—
TOTAL	37 714	33 725	3 414	575
Por ciento	100.0	88.1	10.4	1.5

<sup>1</sup> Incluye las importaciones de carbón y coque, en términos de carbón "todo uno".

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cabe señalar que la producción de carbón "todo uno" es insuficiente para cubrir las necesidades del país, el cual debe recurrir a importaciones de este mineral o de sus derivados más elaborados para satisfacer dichas necesidades.

En el cuadro 1.13 se indican los coeficientes que relacionan los volúmenes de carbón "todo uno" con carbón lavado y coque, que fueron aplicados a las importaciones para determinar la demanda de carbón "todo uno" de 1970 a 1980.

Cuadro 1.13

**COEFICIENTES TECNICOS DE LOS PROCESOS DE BENEFICIO DE CARBON "TODO UNO" (1970-1980)<sup>1</sup>**

Concepto	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Carbón lavado	1.98	2.23	2.19	2.15	2.13	2.20	2.04
Coque	2.16	2.72	3.06	3.01	2.98	3.08	2.86

<sup>1</sup> Toneladas de carbón "todo uno", por tonelada de carbón lavado o de coque.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica de la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial.

Como resultado de la aplicación de los coeficientes del cuadro 1.13, la demanda aparente de carbón "todo uno" en México creció a una tasa media anual de 7.7% de 1970 a 1980. Por su parte, la tasa registrada en las importaciones en el mismo periodo fue de 6.6%. Es conveniente apuntar que los datos referentes a la demanda interna y a las importaciones que da el cuadro 1.14, difieren de los que se consignan en los cuadros 1.28 y 1.30, debido a que los del presente cuadro se calcularon con base en los coeficientes mencionados, en tanto que para los dos últimos cuadros se obtuvieron directamente de las fuentes anotadas en los mismos.

Cuadro 1.14

**PRODUCCION, IMPORTACION Y DEMANDA APARENTE DE CARBON "TODO UNO", 1970-1980**

(Miles de toneladas)

Años	Producción de carbón "todo uno"	Importación de carbón		importación en términos de carbón "todo uno" <sup>1</sup>	Demanda de carbón "todo uno"
		Lavado	Coque		
1970	2 951	155	340	1 038	3 997
1971	3 512	263	68	690	4 202
1972	3 614	383	133	1 159	4 773
1973	4 263	283	140	970	5 233
1974	5 166	369	133	1 203	6 369
1975	5 193	450	103	1 283	6 476
1976	5 650	91	96	492	6 142
1977	6 600	524	41	1 249	7 849
1978	6 756	572	90	1 486	8 242
1979	7 357	573	126	1 648	9 005
1980 <sup>2</sup>	6 450	823	110	1 993	8 443

<sup>1</sup> Calculada con base en los coeficientes del cuadro 1.13.

<sup>2</sup> Preliminar.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Para llegar a una evaluación de la demanda aparente en términos de carbón "todo uno" fue conveniente agregar a la producción las importaciones que se han venido realizando; además, se consideraron las tasas de crecimiento de la industria siderúrgica (rama que tiene una elevada ponderación dentro del consumo de carbón "todo uno"), que fueron empleadas para proyectar la de hierro en un estudio de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica. Dichas tasas fueron, respectivamente, de 6.5 y 8.5 por ciento para los periodos 1981-1985 y 1985-2000.

El cuadro 1.15 muestra la demanda interna proyectada hasta el año 2000; además, señala la producción, y las importaciones que tenderán a desaparecer como resultado del incremento de ésta.

Cuadro I.15  
**PROYECCION DE LA DEMANDA, PRODUCCION  
 E IMPORTACION DE CARBON "TODO UNO"  
 1980-2000**

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna <sup>1</sup>	Producción <sup>1</sup>	Importación
1980	8 913	6 450 <sup>2</sup>	2 463
1985	13 023	13 023	—
1990	19 582	19 582	—
1995	29 444	29 444	—
2000	44 274	44 274	—

Tasas de crecimiento anual  
(Por ciento)

1980-1985	7.9	15.1	—
1985-1990	8.5	8.5	—
1990-1995	8.5	8.5	—
1995-2000	8.5	8.5	—
1980-2000	8.3	10.1	—

<sup>1</sup> No incluyen el carbón destinado al sector eléctrico.  
<sup>2</sup> Preliminar.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

Es importante hacer notar que las proyecciones de la demanda de carbón "todo uno", señaladas en el cuadro I.15, sólo se refieren a las cantidades que serán consumidas por la industria siderúrgica y la minerometalúrgica. En el cuadro I.16 se incluyen, además, las proyecciones del consumo de carbón mineral por parte del sector eléctrico. Las proyecciones para los dos primeros sectores fueron calculadas por Nacional Financiera, S. A., en tanto que para el sector eléctrico se recopilaron de la publicación "Geomimet", de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalúrgicos y Geólogos de México, A. C.

Cuadro I.16  
**PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA DE  
 CARBON "TODO UNO", 1985-2000**

(Miles de toneladas)

Años	Total	Sector siderúrgico y minerometalúrgico <sup>1</sup>	Sector eléctrico <sup>1</sup>
1985	17 607	13 023	4 584
1990	31 166	19 582	11 584
1995	47 112	29 444	17 668
2000	71 278	44 274	27 004

<sup>1</sup> Asociación de Ingenieros de Minas, Metalúrgicos y Geólogos de México, A. C., *Geomimet*, No. 110, Marzo/Abril de 1981.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

### PROYECCION DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda de fluorita se fundamentó en el crecimiento previsto de las principales industrias usuarias existentes en México: siderurgia, refinación de petróleo, elaboración de productos químicos fluorados y otras. En 1976-1977 la participación de estas industrias en la demanda

### PROYECCION DE LA PRODUCCION

De 1970 a 1980 la producción de carbón "todo uno" creció a una tasa media anual de 11.7% y es probable que en los próximos años ese ritmo se sostenga o se vea incrementado, ya que están desarrollándose distintos programas de expansión y de nuevas explotaciones, como son los proyectos de Minera Carbonífera de Río Escondido (Micare), donde la extracción de carbón se inició en 1980 con un volumen de 293 mil toneladas. Para 1983 la cifra será del orden de 2.8 millones de toneladas, y a partir de 1985 la extracción se situará en un nivel de 4.1 millones de toneladas, cantidad que se mantendrá hasta el año 2005. Durante los últimos 8 años del periodo proyectado (2006-2013), la producción se reducirá gradualmente, pasando de 3.5 millones de toneladas en el año 2006 a 670 mil toneladas en 2013.

En la proyección sobre la producción de carbón "todo uno", se presentó la misma situación que en la demanda interna, es decir no se consideró el carbón que será producido para el suministro de las carboeléctricas por falta de información en el momento de iniciar el presente trabajo, por lo que solamente se tomó en cuenta aquella producción necesaria para abastecer a las industrias siderúrgica y minerometalúrgica y la que se destinaría a substituir las importaciones que aún se siguen realizando.

Al proyectar la producción (exclusivamente para la siderurgia, y la industria minerometalúrgica) se presume que a partir de 1985 los productores nacionales estarán en posibilidades de cubrir la demanda agregada de este mineral, suprimiéndose las importaciones de carbón lavado y coque. Esto supone que de 1980 a 1985 los productores deberán ampliar su capacidad de producción a un ritmo anual de 15.1%. Para los años siguientes se estima una tasa constante de crecimiento de 8.5% (véase el cuadro I.15).

## 3.2 Fluorita

interna fue de 43, 22.4 y 14.2 por ciento, respectivamente. En todos los casos se supuso que esta participación en la demanda sería constante.

A fin de ponderar la estructura de la demanda, se asumieron para estas industrias las siguientes tasas de expansión en el periodo 1980-2000, 6.5, 11.9, 4.5 y 7.0 por ciento. El promedio ponde-

rado de estas tasas arrojó un crecimiento anual del consumo global de fluorita de 8.2%. tasa que se aplicó para todo el periodo de 1985-2000. De 1980 a 1985 se consideró una tasa de 19.2%, como resultado de los nuevos programas que pondrán en marcha las industrias consumidoras.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

De 1970 a 1974 las exportaciones mexicanas de fluorita crecieron a un ritmo de 3.2% anual, pero en los siguientes años, las ventas descendieron bruscamente hasta registrar una tasa negativa de 2.1%. Esta baja obedeció a diversos factores, entre los que destaca la recesión económica que afectó a los países industrializados. Sin embargo, el crecimiento económico de México, que en los últimos años experimentó un notable avance, permitió que gran cantidad de este mineral se empleara para cubrir las necesidades del mercado nacional. Fue factor importante la creación de una planta nacional para la producción de ácido fluorhídrico, que absorbió una parte adicional de la producción.

Tomando en cuenta que en el ámbito mundial las previsiones sobre la demanda de acero y aluminio señalan crecimientos anuales de 2.7 y 4.2 por ciento, respectivamente, hasta el año 2000, y que las industrias productoras de estos metales se encuentran entre las principales usuarias de fluorita, se supone que las exportaciones mexicanas de este mineral podrían crecer a una tasa media anual de 10.9% entre 1980-1985, recuperando en parte el mercado perdido. De 1985 al año 2000 se estima que las exportaciones crecerán a una tasa del orden del 2 por ciento.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La producción de fluorita en México registró una tasa negativa del orden de 1.6% de 1975 a 1980, lo cual es reflejo de una severa contracción

de la demanda en el mercado mundial. De 1970 a 1975 la tasa de crecimiento fue, en cambio, de 2.7 por ciento.

Según los productores, una reactivación rápida de dicha demanda no implicaría problemas para incrementar la producción a corto plazo, hasta alcanzar un millón de toneladas e, inclusive, podría seguir incrementándose si el mercado así lo requiriera; sin embargo, no se prevé un crecimiento dinámico en el consumo mundial de este mineral no metálico.

Por tanto, para que la producción cubra la demanda interna y el mercado de exportación en el lapso de 1980-2000, será suficiente un crecimiento anual promedio de 6.4% (véase el cuadro 1.17).

Cuadro 1.17

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION Y PRODUCCION DE FLUORITA,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Producción
1980	193	723	
1985	464	1 212	1 b/b
1990	688	1 338	2 026
1995	1 020	1 477	2 497
2000	1 513	1 631	3 144
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)			
1980-1985	19.2	10.9	12.8
1985-1990	8.2	2.0	3.9
1990-1995	8.2	2.0	4.3
1995-2000	8.2	2.0	4.7
1980-2000	10.8	4.1	6.4

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

### 3.3 Fosforita

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

La fosforita es uno de los principales ingredientes para la industria de los fertilizantes fosfatados. Diversos estudios sobre la industria de fertilizantes indican que el consumo de fosfato fertilizante en México aumentará en forma considerable, registrando tasas de crecimiento no menores de 10% anual, ya que existe un rezago con relación al de nitrógeno; para este último se prevé un crecimiento promedio anual de 10%, similar al observado en la década de los 70. La demanda interna de fosforita registrada en el país ha presentado pequeñas fluctuaciones en el periodo de 1970-1980, logrando una tasa de crecimiento promedio anual de 3.9 por ciento.

En 1985 Fertimex proyecta concluir un complejo de fertilizantes fosfatados en Lázaro Cárdenas, Michoacán, y sus necesidades de fosforita serán, aproximadamente de 3 millones de toneladas

anuales. Agregando el consumo para otros usos, se espera que en ese año la demanda alcanzará 3.5 millones de toneladas.

El programa de expansión de Fertimex hasta 1990 prevé la construcción y ampliación de un considerable número de plantas que permitirán satisfacer la demanda de fertilizantes en el mercado interno y la concurrencia a los mercados internacionales. Estas consideraciones permiten suponer que la demanda de fosforita que así se genere, crecerá a una tasa media anual de 10% en el periodo 1985-2000, que aún resulta reducida en comparación con el supuesto previo sobre la tasa de los fertilizantes integrados.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La producción nacional no ha logrado satisfacer la creciente demanda de fosforita, por lo que ha sido necesario recurrir a la importación.

La proyección se funda en los programas de expansión de las principales empresas productoras de fosforita en el país que son: Minerales Industriales, S. A., y Roca Fosfórica Mexicana (Rofomex).

De una producción de 251 mil toneladas de mineral registrada en 1975, la mayor parte fue aportada por Minerales Industriales, S. A., y Fosforitas Mexicanas, S. A. Para la proyección se supuso que la primera empresa estaría en posibilidades de elevar su producción a 83 mil toneladas de concentrados en 1985 y que de ese año en adelante su producción crecería a una tasa media anual de 5 por ciento.

En cuanto a Fosforitas Mexicanas, S. A., debido a que se tenían antecedentes de que suspendería sus operaciones, se excluyó de las proyecciones.

Por otra parte, el caso de Rofomex reviste particular importancia debido a que su producción permitirá al país una notable reducción de las importaciones de este mineral, y en algunos años más conseguirá su autosuficiencia.

La empresa iniciará sus operaciones en 1981 con la planta que se localizará en San Juan de la Costa, B. C. S., con una producción de 600 mil toneladas, que en 1982 ascenderá a 730 mil toneladas.

Con el desarrollo del proyecto de Santo Domingo, en la misma entidad, que se espera concluir a finales de 1982, Rofomex estará en posibilidades de incrementar la producción de concentrados de fosforita, a partir de 1983, en 1 780 000 toneladas anuales, alcanzando una producción de 2 230 000 en 1984.

Cuadro 1.18

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE  
CONCENTRADOS DE FOSFORITA  
POR EMPRESAS, 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Total	Minerales Industriales, S. A.	Roca Fosfórica Mexicana, S. A.
1980	200	200	
1985	2 283	283	2 000
1990	5 306	306	5 000
1995	8 898	338	8 560
2000	14 938	372	14 566

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos publicados por Fertimex en el *Plan de Desarrollo de la Industria Mexicana de los Fertilizantes*, México, marzo de 1981.

Para ese proyecto se prevé además otra expansión que permitirá elevar la producción hasta alcanzar 5 230 000 toneladas en 1985.

Tomando en cuenta que existe la necesidad de atender el crecimiento de la demanda interna de fosforita, se supuso que la producción de Rofomex crecerá, de 1990 al año 2000, a una tasa media anual de 11.3 por ciento.

Considerada la producción de las dos empresas, los resultados de la proyección indican que al finalizar la década de los 80 el país producirá prácticamente la fosforita necesaria para atender la demanda interna (véanse los cuadros 1.18 y 1.19).

PROYECCION DE LAS IMPORTACIONES

La proyección de las importaciones resulta de la diferencia entre las de la producción y la demanda interna previstas. En el cuadro 1.19 se aprecia el incremento que aquellas registrarán en 1980 así como su gradual disminución a partir de 1985. Para el año 2000 se estima que el país dispondrá de excedentes del orden de 138 mil toneladas.

Cuadro 1.19

PROYECCION DE LA DEMANDA, PRODUCCION,  
EXPORTACION E IMPORTACION DE  
FOSFORITA, 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Producción	Importación	Exportación
1980	1 210	200	1 010	1
1985	3 541	2 283	1 260	2
1990	5 705	5 306	400	1
1995	9 190	8 898	292	—
2000	14 800	14 938	—	—

Tasas de crecimiento anual  
(Por ciento)

1980-1985	24.0	63.0	4.6	—
1985-1990	10.0	18.4	-21.0	—
1990-1995	10.0	11.0	-7.4	—
1995-2000	10.0	11.0	—	—
1980-2000	13.3	24.0	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos publicados por Fertimex en el *Plan de Desarrollo de la Industria Mexicana de los Fertilizantes*.

### 3.4 Barita

PROYECCION DE LA DEMANDA

La barita tiene su principal aplicación como ingrediente en los lodos para la perforación de pozos petroleros; con los amplios programas que está desarrollando Petróleos Mexicanos en materia de exploración y perforación, la demanda creció en

132% de 1979 a 1980 y se espera un aumento considerable en los próximos dos años.

En 1975, el consumo interno de barita fue de 176 mil toneladas, que se cubrieron con producción nacional. Sin embargo, a partir de 1977 Pemex incrementó su demanda, por lo que se tuvo que re-

currir al mercado exterior a fin de cubrir las necesidades de la empresa. Es importante señalar que Petróleos Mexicanos consume alrededor del 95% de la barita, por lo que para la proyección de la demanda de ésta se consideraron las necesidades de la empresa.

En 1980, la demanda fue de 283 mil toneladas y se estima que los requerimientos de barita para 1985 serán superiores a las 680 mil toneladas, registrando una tasa de crecimiento, en el periodo señalado, de 19.5 por ciento.

Después de 1985 se estima que la tasa de crecimiento disminuirá al 3%, hasta el año 2000. Según este criterio, la demanda interna de barita, hacia el año 2000, será de 1 073 000 toneladas anuales.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Puesto que los requerimientos, así como la producción de barita en el país, crecerán a tasas del orden del 20% anual hasta 1985, existe la posibilidad de obtener excedentes para canalizarlos hacia la exportación.

Este supuesto se adoptó tomando en cuenta la opinión de los principales productores, quienes consideran que primero deben satisfacerse las necesidades de la demanda interna y, en caso de que las condiciones del mercado mundial sean propicias, se aprovechen los mercados externos. Por tal razón, se proyectaron las exportaciones a una tasa anual de 3.8% durante 1980-2000.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

Con el fin de evaluar las posibilidades de satisfacer la futura demanda de barita con producción nacional, se recurrió a los dos principales productores en el país. Estos señalaron que se esperan alzas de precios junto a una creciente demanda por

parte de Pemex, lo que contribuiría a impulsar proyectos para ampliar la capacidad de producción o estimular a algunos empresarios que habían abandonado el mercado.

La capacidad instalada para producir barita en 1977, era del orden de las 300 mil toneladas al año y los productores calcularon que podía elevarse en 180.6% en 8 años, es decir que para 1985 se lograría una producción del orden de las 842 mil toneladas, para lo cual sería necesario un crecimiento anual de 25.6% de 1980 a 1985. De este último año en adelante se espera que la capacidad de producción crezca a una tasa anual de tres por ciento.

Cuadro 1.20

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE BARITA,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Importación	Producción
1980	283	113	127	269
1985	689	153	—	842
1990	198	177	—	975
1995	925	205	—	1 130
2000	1 073	238	—	1 311
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	19.5	6.2	—	25.6
1985-1990	3.0	3.0	—	3.0
1990-1995	3.0	3.0	—	3.0
1995-2000	3.0	3.0	—	3.0
1980-2000	6.9	3.8	—	8.2

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

## 3.5 Azufre

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

Las industrias química y de fertilizantes son las principales consumidoras de azufre. De 1970 a 1974 la demanda interna se elevó de 721 mil a 1 226 000 toneladas anuales. A partir de 1975 disminuyó, pero siempre mantuvo niveles superiores a las 580 mil toneladas.

Como resultado del crecimiento experimentado en los últimos años por las industrias usuarias, las empresas productoras de azufre han previsto que el consumo de este metaloide se incrementará a razón de 10.6% anual de 1980 a 1985, aunque se espera un crecimiento menor después del último año de referencia hasta el 2000, con una tasa de 6.8 por ciento.

Debido a que existen perspectivas favorables para el constante desarrollo de la industria petroquímica, se estima que en el periodo 1985-1990 el consumo podría incrementarse a una tasa anual de 7.5%, reduciéndose en los siguientes 10 años a 6.5 por ciento.

De acuerdo con los criterios asumidos, de 1980 al año 2000 se espera que el consumo in-

terno de azufre crezca a una tasa media anual de 7.7 por ciento.

#### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Tradicionalmente el país ha sido un gran exportador de azufre y no obstante que el consumo interno aumentó, aún no ha llegado a incidir sobre los niveles de las exportaciones.

La trayectoria histórica de la exportación fue muy errática y al parecer los productores han logrado adecuar sus niveles de producción a la demanda fluctuante del mercado internacional.

Tomando en cuenta esta circunstancia, y el dinamismo previsto para el mercado interno, de 1980 al año 2000 se estima, conservadoramente, que la exportación crecerá a una tasa media de 3.4 por ciento.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

La tendencia creciente de la producción mexicana de azufre refleja en gran medida el comportamiento errático de la demanda mundial agregada.

Mientras que de 1970 a 1975 la producción se incrementó a una tasa media anual de 9.4% en los siguientes años se observó una disminución con relación a 1975 y las perspectivas a mediano plazo apuntan hacia una recuperación moderada. En el caso del azufre, al tener el comercio internacional una influencia tan marcada, puede decirse que el problema es de mercado, ya que al parecer los productores no tienen dificultades para adecuar sus abastecimientos a las exigencias de la demanda global.

Las tres principales empresas productoras en el país, Azufrera Panamericana, S. A., Exploradora del Istmo, S. A. y Petróleos Mexicanos —que obtiene el azufre como subproducto— produjeron en 1980 una cantidad de 2 102 000 toneladas, un poco menor a la registrada en 1974, que fue del orden de 2 322 000 toneladas. Sin embargo, se presume que para 1985 se alcanzará una producción superior a 3 150 000 toneladas.

Para el periodo 1980-2000 se supone que la producción cubrirá las exigencias de la demanda interna y externa, para lo que se espera un crecimiento anual de 5.8% (véase el cuadro 1.21).

Cuadro 1.21

PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION, IMPORTACION Y PRODUCCION DE AZUFRE,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Importación	Producción
1980	853	1 286	37.0	2 102
1985	1 413	1 738	—	3 151
1990	2 029	2 015	—	4 044
1995	2 780	2 336	—	5 116
2000	3 809	2 709	—	6 517
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	10.6	6.2	—	8.4
1985-1990	7.5	3.0	—	5.1
1990-1995	6.5	3.0	—	4.8
1995-2000	6.5	3.0	—	5.0
1980-2000	7.7	3.4	—	5.8

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/GNUDI.

### 3.6 Sílice

#### PROYECCION DE LA DEMANDA

La industria del vidrio es una de las principales consumidoras de sílice, que también se emplea en la industria de la fundición. La producción de este material es insuficiente para cubrir el mercado nacional, por lo que hay necesidad de complementarla con importaciones. Sin embargo, de 1970 a 1974 se exportaron 92 mil toneladas anuales de materiales silicosos en promedio. Estas ventas comenzaron a declinar a partir de 1975, y en 1976 y 1977 las exportaciones fueron solamente marginales, si bien empezaron a recuperarse a partir de 1978.

Analizando el consumo aparente de sílice en México se observa que, como en el caso del yeso y la caliza, su comportamiento está estrechamente relacionado con el crecimiento de la industria de la construcción. De 1975 a 1980, la demanda creció a una tasa media anual de 7.8%. Para los siguientes 5 años se aplicó una tasa, algo conservadora, de 4.2% anual, y de 1985 al año 2000 se estimó una tasa de 6.4%, que también puede considerarse conservadora, aun si se toma en cuenta que la proyección del producto, en el largo plazo, se basa en las tendencias históricas.

#### PROYECCION DE LA PRODUCCION

Esta proyección supone que la producción de sílice estará orientada a satisfacer el mercado interno y a canalizar excedentes hacia el mercado exterior, para lo cual se tomó como base, por una parte, la tendencia declinante que manifiesta la ex-

portación en los últimos años; y por otra, la gradual disminución de las importaciones. Por tanto, se estima que para 1985 no habrá exportaciones y será necesario importar algunas cantidades que irán disminuyendo hasta desaparecer.

Para que la producción esté en posibilidades de satisfacer la demanda interna, es necesario que de 1980 a 1985 crezca a una tasa anual de 7.5%, y después, hasta el año 2000, de 6% anual (véase el cuadro 1.22).

Cuadro 1.22

PROYECCION DE LA DEMANDA, IMPORTACION, EXPORTACION Y PRODUCCION DE SILICE,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda interna	Exportación	Importación	Producción
1980	1 143	18	436	725
1985	1 407	—	—	1 407
1990	2 020	—	—	2 020
1995	2 703	—	—	2 703
2000	3 618	—	—	3 618
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	4.2	—	—	14.2
1985-1990	7.5	—	—	7.5
1990-1995	6.0	—	—	6.0
1995-2000	6.0	—	—	6.0
1980-2000	5.9	—	—	8.4

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

## 3.7 Yeso

### PROYECCION DE LA DEMANDA

El yeso es un material que encuentra su principal aplicación en las industrias de la construcción y del cemento.

Las cifras oficiales indican que en 1980 la producción mexicana de yeso fue de 1 709 000 toneladas, de las cuales 1 608 000 se destinaron al mercado de exportación. Se registraron importaciones poco significativas que llegaron a 28 mil toneladas. De acuerdo con lo anterior, el consumo interno aparente en 1980 fue de 129 mil toneladas.

Sin embargo, para los efectos de la proyección, se consideró que esta cifra no era representativa del consumo real ya que la demanda de la industria del cemento por sí sola resulta superior. En efecto, se estimó que para fabricar una tonelada de cemento se requieren 50 kg de yeso, por lo que la producción de 15.9 millones de toneladas de ese material en 1980 tuvo que consumir 795 mil toneladas de yeso.

Por tanto, la previsión de la demanda de yeso se sustentó en las previsiones de crecimiento de las industrias de la construcción y del cemento, planteándose una estimación de demanda para cada una de éstas.

En el caso de la primera, se parte de un crecimiento previsto de 2.9% anual de 1980 a 1985 y después, hasta 1990, de 7.5%, para que finalmente de 1995 a 2000 se mantenga en 6.5% anual, inferior a la previsión del comportamiento del PIB. Esta proyección parte de un nivel estimado de 58.1 mil toneladas en 1980.

En cuanto a la industria del cemento, se cree que su demanda podrá elevarse a una tasa media anual de 12.5% de 1980 a 1985, misma que descenderá a la siguientes quinquenios hasta registrar un 9.5%. En este caso, se parte de un nivel determinado de 795 mil toneladas anuales de yeso en 1980 (véase el cuadro 1.23).

### PROYECCION DE LAS EXPORTACIONES

Las contracciones periódicas por las que atravesó la fluctuante demanda mundial de yeso en los últimos años, repercutieron en las exportaciones mexicanas, que muestran un comportamiento variable. Por este motivo se consideró conveniente adoptar un criterio conservador en la proyección y se fijó una tasa de 2% anual en todo el periodo de 1980 al año 2000 (véase el cuadro 1.24).

Cuadro 1.23

#### PROYECCION DE LA DEMANDA DE YESO, POR PRINCIPALES INDUSTRIAS CONSUMIDORAS, 1980-2000

(Miles de toneladas)			
Años	Demanda total	Demanda de la industria de la construcción	Demanda de la industria del cemento <sup>1</sup>
1980	1 379	584	795
1985	2 108	673	1 435
1990	3 226	966	2 260
1995	4 883	1 325	3 558
2000	7 416	1 816	5 600
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)			
1980-1985	8.8	2.9	12.5
1985-1990	8.8	7.5	9.5
1990-1995	8.6	6.5	9.5
1995-2000	8.7	6.5	9.5
1980-2000	8.8	5.8	10.2

<sup>1</sup> Se calculó multiplicando la producción de cemento del cuadro 1.26 por un coeficiente de 50 kilogramos de yeso por tonelada de cemento.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUFI.

Cuadro 1.24

#### PROYECCION DE LA DEMANDA, EXPORTACION Y PRODUCCION DE YESO,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)				
Años	Demanda	Exportación	Importación	Producción
1980 <sup>2</sup>	1 379	1 109	28	2 488
1985	2 108	1 224	—	3 332
1990	3 226	1 351	—	4 577
1995	4 883	1 492	—	6 375
2000	7 416	1 648	—	9 064
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)				
1980-1985	8.8	2.0	—	6.0
1985-1990	8.8	2.0	—	6.5
1990-1995	8.6	2.0	—	6.8
1995-2000	8.7	2.0	—	7.3
1980-2000	8.8	2.0	—	6.7

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

<sup>2</sup> La cifra de producción resultó de sumar a la exportación el dato estimado en el cuadro 1.23 de demanda, por lo que no coincide con la cifra oficial publicada por la Dirección General de Estadística.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

## PROYECCION DE LA PRODUCCION

En el periodo de 1968 a 1980, la producción de yeso fluctuó entre 1 200 000 y 2 millones de toneladas anuales.

La proyección supone que los productores continuarán satisfaciendo ampliamente la demanda nacional y que mantendrán una posición importante

en el mercado internacional. Sumando los resultados de las proyecciones de demanda y exportación para el periodo 1980-2000, se obtiene una tasa media de crecimiento de 6.7 por ciento (véase el cuadro 1.24).

Nuevamente se estima que el resultado de esta proyección es conservador, aun para el largo plazo.

## 3.8 Caliza

### PROYECCION DE LA DEMANDA Y DE LA PRODUCCION

La caliza es un material que se emplea fundamentalmente en la elaboración de cal o directamente en las industrias de la construcción, del cemento y también en la siderurgia, la química, la agricultura y otras actividades. La producción en México ha estado orientada a satisfacer la creciente demanda interna.

De acuerdo con cifras oficiales y en forma preliminar, en 1980 la producción de caliza fue de 1 870 000 toneladas, y no se registraron exportaciones ni importaciones de consideración, lo que hace suponer que el consumo interno fue de ese orden.

Sin embargo, para fines de proyección se procedió, como en el caso del yeso, a relacionar los insumos de caliza con la producción de cemento.

Se estimó que para producir una tonelada de cemento son necesarias 1.22 toneladas de caliza, y aplicando este coeficiente a la cifra de 15.9 millones de toneladas de ese material, producidas en 1980, se obtuvo un consumo de 19 398 000 toneladas.

Para el periodo 1980-2000, se estima que la demanda de caliza por parte de la industria del cemento podría elevarse a una tasa media anual de 10.2%. En este caso se parte del nivel determinado de acuerdo con el criterio anterior.

En el caso de las industrias de la construcción, siderúrgica y otras, se estima un crecimiento medio de 7.5% anual de 1980 al año 2000. En este

caso la proyección de la demanda parte del nivel estimado de 6 678 000 toneladas (véase el cuadro 1.25).

Cuadro 1.25

### PROYECCION DE LA DEMANDA Y PRODUCCION DE CALIZA<sup>1</sup>, 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Demanda de las industrias			Producción
	De la construcción, siderúrgica y otras	Del cemento <sup>2</sup>	Demanda total	
1980	6 678	19 398	26 076	26 076
1985	9 588	35 014	44 602	44 602
1990	13 765	55 144	68 909	68 909
1995	19 761	86 803	106 564	106 564
2000	28 369	136 640	165 009	165 009

	Tasa de crecimiento anual			
	(Por ciento)			
1980-1985	7.5	12.5	9.0	9.0
1985-1990	7.5	9.5	9.1	9.1
1990-1995	7.5	9.5	9.1	9.1
1995-2000	7.5	9.5	9.1	9.1
1980-2000	7.5	10.2	9.6	9.6

<sup>1</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

<sup>2</sup> Se calculó multiplicando la producción de cemento del cuadro 1.24 por un coeficiente de 1.22 toneladas de caliza por una de cemento.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

## 3.9 Piedra y Arena

### PROYECCION DE LA DEMANDA Y DE LA PRODUCCION

La producción de estos materiales, es importante porque afecta de manera directa a la demanda de equipo, principalmente para movimiento de tierra, debido a los crecientes volúmenes que de ellos requieren algunas industrias.

La demanda de piedra y arena tiene su origen en la industria de la construcción, básicamente para la preparación de las mezclas de concreto. La proyección tanto de la demanda como de la producción, supone que la industria de la construcción

será la única usuaria y que la producción satisface en su totalidad a la demanda.

Con base en la producción de cemento correspondiente a 1980, se determinaron los requerimientos de estos materiales en la industria de la construcción, para los cuales se estableció una relación de 5 toneladas de ellos por una de cemento.

Este coeficiente se aplicó a la proyección de la producción de cemento, para la cual se estimó una tasa de crecimiento media anual de 10.2% de 1980 a 2000 (véase el cuadro 1.26).

Cuadro 1.26  
PROYECCION DE LA DEMANDA Y PRODUCCION DE PIEDRA Y ARENA,<sup>1</sup> 1980-2000

(Miles de toneladas)

Años	Producción de cemento	Demanda de piedra y arena	Producción de piedra y arena	Años	Producción de cemento	Demanda de piedra y arena	Producción de piedra y arena
Tasa de crecimiento anual (Por ciento)							
1980	15 900	79 500	79 500	1980-1985	9.5	9.5	9.5
1985	28 700	143 500	143 500	1985-1990	9.5	9.5	9.5
1990	45 200	226 000	226 000	1990-1995	9.5	9.5	9.5
1995	71 150	355 750	355 750	1995-2000	9.5	9.5	9.5
2000	112 000	560 000	560 000	1980-2000	10.2	10.2	10.2

<sup>1</sup> Se calculó multiplicando la producción de cemento por un coeficiente de 5 toneladas de estos materiales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cuadro 1.27  
PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1970-1980

(Miles de toneladas)

Producto	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
<i>Metálicos</i> <sup>1</sup>											
Plata (ton)	1 332	1 140	1 166	1 206	1 168	1 183	1 326	1 463	1 579	1 670	1 602
Plomo	177	157	161	179	218	179	200	164	171	174	145
Cobre	61	63	79	81	83	78	89	90	87	107	175
Zinc	266	265	272	271	263	229	259	266	245	246	233
Hierro	2 612	2 819	3 053	3 113	3 338	3 369	3 644	3 587	3 556	4 041	5 087
Manganeso	99	96	106	131	145	154	163	175	188	177	160
<i>No metálicos</i> <sup>2</sup>											
Azufre	1 381	1 178	944	1 608	2 322	2 164	2 150	1 856	1 818	2 025	2 102
Barita	319	280	261	255	272	300	270	271	231	151	269
Fluorita	978	1 181	1 042	1 086	1 112	1 089	897	660	960	875	916
Carbón "todo uno"	2 959	3 512	3 614	4 263	5 166	5 198	5 650	6 600	6 756	7 357	6 450 <sup>6</sup>
Sílice <sup>3</sup>	356	393	405	411	514	519	509	627	532	537	725
Yeso	1 291	1 298	1 498	1 514	1 387	1 256	1 414	1 496	1 758	2 021	1 709
Fosforita <sup>4</sup>	12	18	12	20	161	251	214	266	309	235	200
Caliza <sup>5</sup>	2 364	2 623	5 672	3 419	4 707	4 652	4 763	4 750	1 481	2 320	1 870 <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total del mineral.

<sup>3</sup> Incluye materiales silicosos, arena para vidrio y cuarzo.

<sup>4</sup> Incluye fosfato; para el caso de este mineral se consideraron datos de Fertimex, S. A., publicados en el *Plan de Desarrollo de la Industria Mexicana de los Fertilizantes* (Revisión 1981) Volumen IV.

<sup>5</sup> No incluye la caliza para el cemento.

<sup>6</sup> Datos estimados a partir de información parcial.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Programación y Presupuesto; de la Dirección General de Minas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial; y de los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana del Consejo de Recursos Minerales.

Cuadro 1.28  
**IMPORTACION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1970-1980**  
 (Toneladas)

Producto	1970	1971	1972	1973	1974	1975
<i>Metálicos <sup>1</sup></i>						
Plomo	20	13	84	46	37	668
Cobre	17	9	42	345	5 221	366
Zinc	7	5	63	18	49	84
Manganeso	—	—	2 789	3 342	24 381	2 483
<i>No metálicos <sup>2</sup></i>						
Azufre	198	236	176	164	341	561
Barita	96	111	138	62	160	9
Carbón "todo uno" <sup>3</sup>	1 298 000	1 104 000	1 905 000	1 808 000	1 308 000	1 766 000
Fosforita <sup>4</sup>	825 001	1 075 213	822 300	1 025 000	1 503 500	1 225 000
Sílice	181 810	181 294	215 977	287 580	378 354	274 343
Yeso	530	436	20 364	28 904	33 842	22 877
Producto	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<i>Metálicos <sup>1</sup></i>						
Plomo	511	821	450	389	1 279	1 279
Cobre	629	76	22 790	22 564	43 114	43 114
Zinc	58	73	78	580	191	191
Manganeso	17 037	58 022	37 398	29 637	99 298	99 298
<i>No metálicos <sup>2</sup></i>						
Azufre	834	694	1 118	16 016	36 501	36 501
Barita	313	10 548	599	92 832	127 491	127 491
Carbón "todo uno" <sup>3</sup>	731 000	1 656 000	1 304 000	2 162 000	2 463 000	2 463 000
Fosforita <sup>4</sup>	1 340 000	1 420 000	1 349 000	1 211 300	1 010 000	1 010 000
Sílice	226 644	303 494	326 351	464 914	435 565	435 565
Yeso	22 270	1 812	22 476	26 325	27 867	27 867

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total del mineral.

<sup>3</sup> Incluye carbón lavado y el coquizable.

<sup>4</sup> Datos de Fertimex, S. A., publicados en el *Plan de Desarrollo de la Industria Mexicana de los Fertilizantes*, (Revisión 1981) Volumen IV.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de los Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, de la Secretaría de Programación y Presupuesto y de la Dirección General de Aduanas de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Cuadro 1.29  
EXPORTACION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1970-1980

(Miles de toneladas)

Producto	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
<b>Metálicos <sup>1</sup></b>											
Plata (ton)	537	670	604	629	656	569	831	720	824	948	n.d.
Plomo	81	70	69	58	122	99	73	88	87	78	62
Cobre	4	5	18	26	7	22	8	14	2	17	113
Zinc	212	199	188	134	215	174	155	247	230	198	201
Manganeso	26	26	58	74	87	82	102	86	191	201	136
<b>No metálicos <sup>2</sup></b>											
Azufre	662	683	479	843	1 906	1 416	1 020	1 013	1 235	1 120	1 286
Barita	117	93	132	133	148	124	107	122	98	122	113
Fluorita	919	1 094	1 022	1 018	1 077	839	663	605	710	709	723
Silice <sup>3</sup>	56	80	86	77	69	11	1	12	19	26	18
Yeso	509	1 053	1 043	747	1 142	929	1 086	1 309	1 535	639	1 608
Fosforita <sup>4</sup>	15	8	8	2	4	2	1	2	1	n.d.	n.d.

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total del mineral.

<sup>3</sup> Incluye materiales silicosos, arena para vidrio y cuarzo.

<sup>4</sup> Incluye fosfato en términos de contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

n.d. No disponible.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI, con datos de los Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, de la Secretaría de Programación y Presupuesto; de los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana, del Consejo de Recursos Minerales; y de la Dirección General de Aduanas de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Cuadro 1.30  
DEMANDA INTERNA DE MINERALES SELECCIONADOS, 1970-1980

(Miles de toneladas)

Producto	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
<b>Metálicos <sup>1</sup></b>											
Plata (ton)	795	470	562	577	512	614	495	743	755	712	—
Plomo	96	87	92	121	96	80	127	76	84	96	84
Cobre	57	58	61	55	81	56	81	76	93	113	105
Zinc	54	66	84	137	48	55	104	19	15	48	32
Hierro	2 612	2 819	3 053	3 133	3 338	3 369	3 644	3 587	3 556	4 041	5 087
Manganeso	73	70	51	65	82	75	78	147	34	6	123
<b>No metálicos <sup>2</sup></b>											
Azufre	721	495	465	765	1 226	748	1 130	843	584	921	853
Barita	202	187	121	122	124	176	163	160	133	122	283
Fluorita	60	87	20	68	35	250	234	55	250	166	193
Carbón "todo uno"	4 248	4 616	5 519	6 071	6 474	6 959	6 381	8 256	8 560	9 519	8 913
Silice	482	495	536	622	823	783	735	918	839	976	1 143
Yeso	701	245	475	796	279	350	350	189	245	1 408	129
Fosforita	823	1 085	826	1 043	1 661	1 474	1 554	1 685	1 658	1 446	1 210
Caliza <sup>3</sup>	—	2 623	5 672	3 419	4 707	4 652	4 763	4 750	1 481	2 320	1 870

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total del mineral.

<sup>3</sup> No incluye la caliza para el cemento.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cuadro I.31  
**PROYECCION DE LA PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1980-2000**  
(Miles de toneladas)

Producto	1980	1985	1990	1995	2000
<b>Metálicos <sup>1</sup></b>					
Plata (ton)	1 502	2 193	2 431	2 722	3 078
Plomo	145	344	440	543	676
Cobre	175	393	546	675	810
Zinc	233	427	521	625	752
Hierro <sup>2</sup>	5 087	6 697	10 070	15 141	22 768
Manganeso	160	180	361	361	540
<b>No metálicos <sup>3</sup></b>					
Azufre	2 102	3 151	4 044	5 116	6 518
Barita	269	842	975	1 130	1 311
Fluorita	916	1 676	2 026	2 497	3 144
Carbón "todo uno"	6 450 <sup>4</sup>	13 023	19 582	29 444	44 274
Sílice	725	1 407	2 020	2 703	3 618
Yeso	1 704	3 332	4 577	6 375	9 084
Fosforita	200	2 283	5 306	8 898	14 938
Caliza	26 686	44 802	68 909	106 564	165 009
Piedra y arena	91 000	143 500	226 000	355 750	560 000

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Los datos se refieren a la proyección "baja".

<sup>3</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

<sup>4</sup> Cifra preliminar.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cuadro I.32  
**PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA DE MINERALES SELECCIONADOS, 1980-2000**  
(Miles de toneladas)

Producto	1980	1985	1990	1995	2000
<b>Metálicos <sup>1</sup></b>					
Plata (ton)	—	341	450	611	817
Plomo	84	176	258	346	463
Cobre	105	175	264	379	544
Zinc	32	142	199	260	340
Hierro	5 087	8 218	12 798	19 907	30 266
Manganeso	123	125	184	270	397
<b>No metálicos <sup>2</sup></b>					
Azufre	853	1 413	2 029	2 780	3 809
Barita	283	689	798	925	1 073
Fluorita	193	464	688	1 020	1 513
Carbón "todo uno"	8 913	13 023	19 582	29 444	44 274
Sílice	1 143	1 407	2 020	2 703	3 618
Yeso	129	2 108	3 226	4 883	7 416
Fosforita	1 210	3 543	5 706	9 190	14 800
Caliza	28 882	44 602	68 909	106 564	165 009
Piedra y arena	91 000	143 500	226 000	355 750	589 000

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

**Cuadro I.33**  
**PROYECCION DE LA EXPORTACION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1980-2000**  
(Miles de toneladas)

Producto	1980	1985	1990	1995	2000
<b>Metálicos <sup>1</sup></b>					
Plata (ton)	n.d.	1 182	1 305	1 441	1 591
Plomo	62	168	182	197	213
Cobre	113	218	282	296	266
Zinc	201	285	322	365	412
Manganeso	136	55	177	91	142
<b>No metálicos <sup>2</sup></b>					
Azuf-e	1 286	1 738	2 015	2 336	2 709
Barita	113	153	177	205	238
Fluorita	723	1 212	1 338	1 477	1 631
Yeso	1 608	1 224	1 351	1 492	1 648

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.  
<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

**Cuadro I.34**  
**PROYECCION DE LA IMPORTACION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1980-2000**  
(Miles de toneladas)

Producto	1980	1985	1990	1995	2000
<b>Metálicos</b>					
Hierro primario <sup>1</sup>	—	1 521	2 728	4 766	7 498
<b>No metálicos <sup>2</sup></b>					
Carbón "todo uno"	2 463	—	—	—	—
Silice	436	—	—	—	—
Fosforita	1 010	1 260	400	400	—

<sup>1</sup> Calculados con base en la proyección baja del cuadro 1.9  
<sup>2</sup> Cifras en términos de volumen total de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

**Cuadro I.35**  
**TASAS DE PROYECCION DEL CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCION DE MINERALES SELECCIONADOS, 1980-2000**  
(Por ciento)

Producto	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	Producto	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000
<b>Metálicos</b>					<b>No metálicos</b>				
Plata	6.5	2.1	2.3	2.5	Azufre	8.4	5.1	4.8	5.0
Plomo	18.9	5.0	4.3	4.5	Barita	25.6	3.0	3.0	3.0
Cobre	17.6	6.8	4.3	3.7	Fluorita	12.8	3.9	4.3	4.7
Zinc	12.9	4.1	3.7	3.8	Carbón "todo uno"	15.1	8.5	8.5	8.5
Hierro <sup>1</sup>	5.6	8.5	8.5	8.5	Silice	6.0	7.5	6.0	6.0
Manganeso	2.4	14.9	—	8.4	Yeso	14.3	6.5	6.8	7.3
					Fosforita	6.3	18.4	11.0	11.0
					Caliza	9.0	9.1	9.1	9.1
					Piedra y arena	9.5	9.5	9.5	9.5

<sup>1</sup> Proyección "baja".

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cuadro 1.36

TASAS DE PROYECCION DEL CRECIMIENTO ANUAL  
DE LA DEMANDA INTERNA DE MINERALES  
SELECCIONADOS, 1980-2000

(Por ciento)

Producto	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000
<i>Metálicos</i>				
Plata	—	6.0	6.0	6.0
Plomo	15.9	8.0	6.0	6.0
Cobre	10.8	8.5	7.5	7.5
Zinc	34.7	7.0	5.5	5.5
Hierro	10.1	9.3	9.2	8.7
Manganeso	6.0	8.0	8.0	8.0
<i>No metálicos</i>				
Azufre	10.6	7.5	6.5	6.5
Barita	19.5	3.0	3.0	3.0
Fluorita	19.2	8.2	8.2	8.2
Carbón "todo uno"	7.9	8.5	8.5	8.5
Silice	4.2	7.5	6.0	6.0
Yeso <sup>1</sup>	8.8	8.8	8.6	8.7
Fosforita	24.0	10.0	10.0	10.0
Caliza	9.0	9.1	9.1	9.1
Piedra y arena	9.5	9.5	9.5	9.5

<sup>1</sup> Tasa que resultó de las estimaciones sobre el crecimiento de las industrias de la construcción y del cemento. (Ver cuadro 1.23.)

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.

Cuadro 1.37

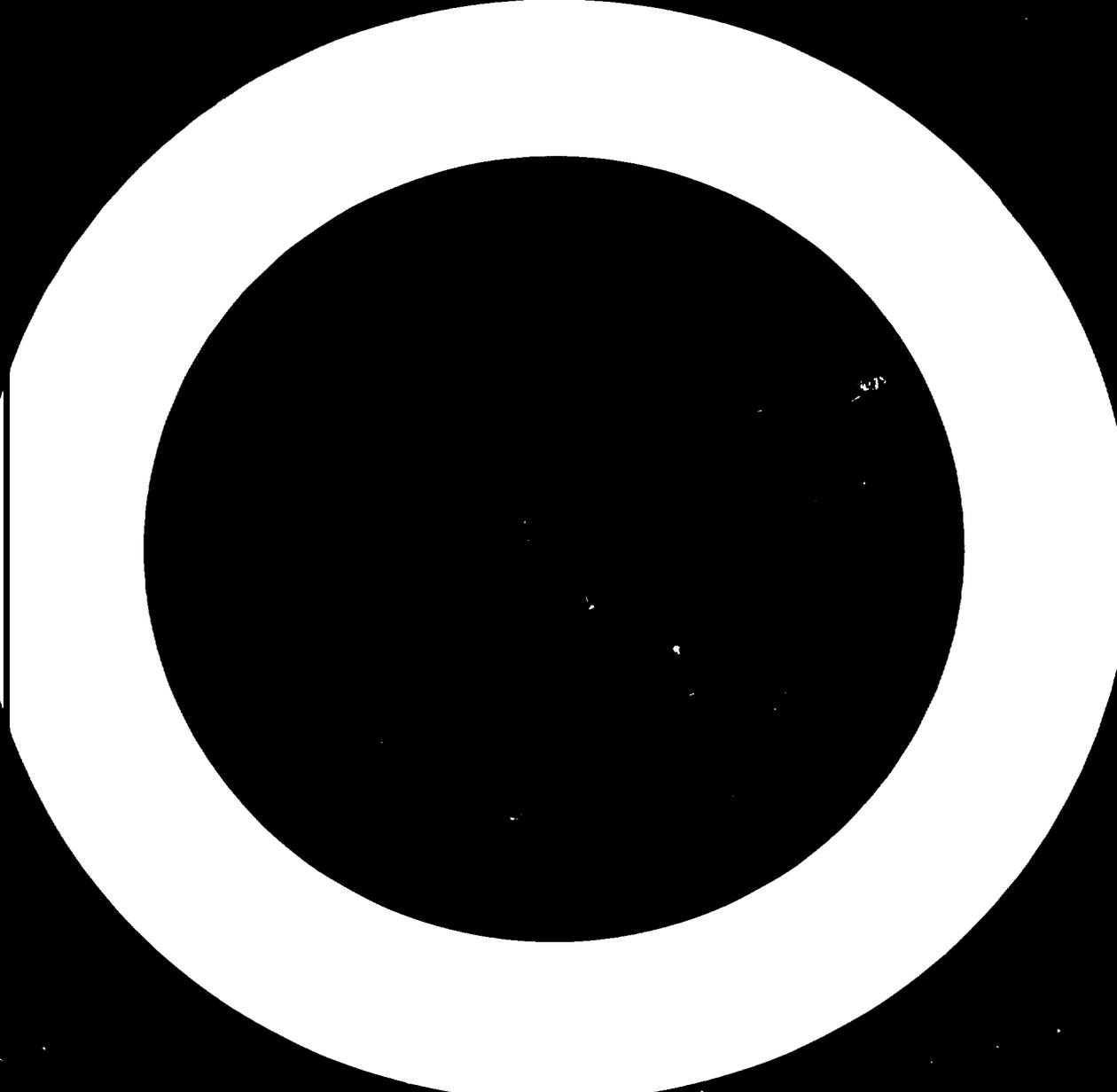
TASAS DE PROYECCION DEL CRECIMIENTO ANUAL  
DE LA EXPORTACION DE MINERALES  
SELECCIONADOS, 1980-2000

(Por ciento)

Producto	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000
<i>Metálicos</i>				
Plata	n.d.	2.0	2.0	2.0
Plomo	22.1	1.6	1.6	1.6
Cobre	14.0	5.3	1.0	— 2.1
Zinc	7.2	2.5	2.5	2.5
Manganeso	0.3	—	—	—
<i>No metálicos</i>				
Azufre	6.2	3.0	3.0	3.0
Barita	6.2	3.0	3.0	3.0
Fluorita	10.9	2.0	2.0	2.0
Yeso	2.0	2.0	2.0	2.0

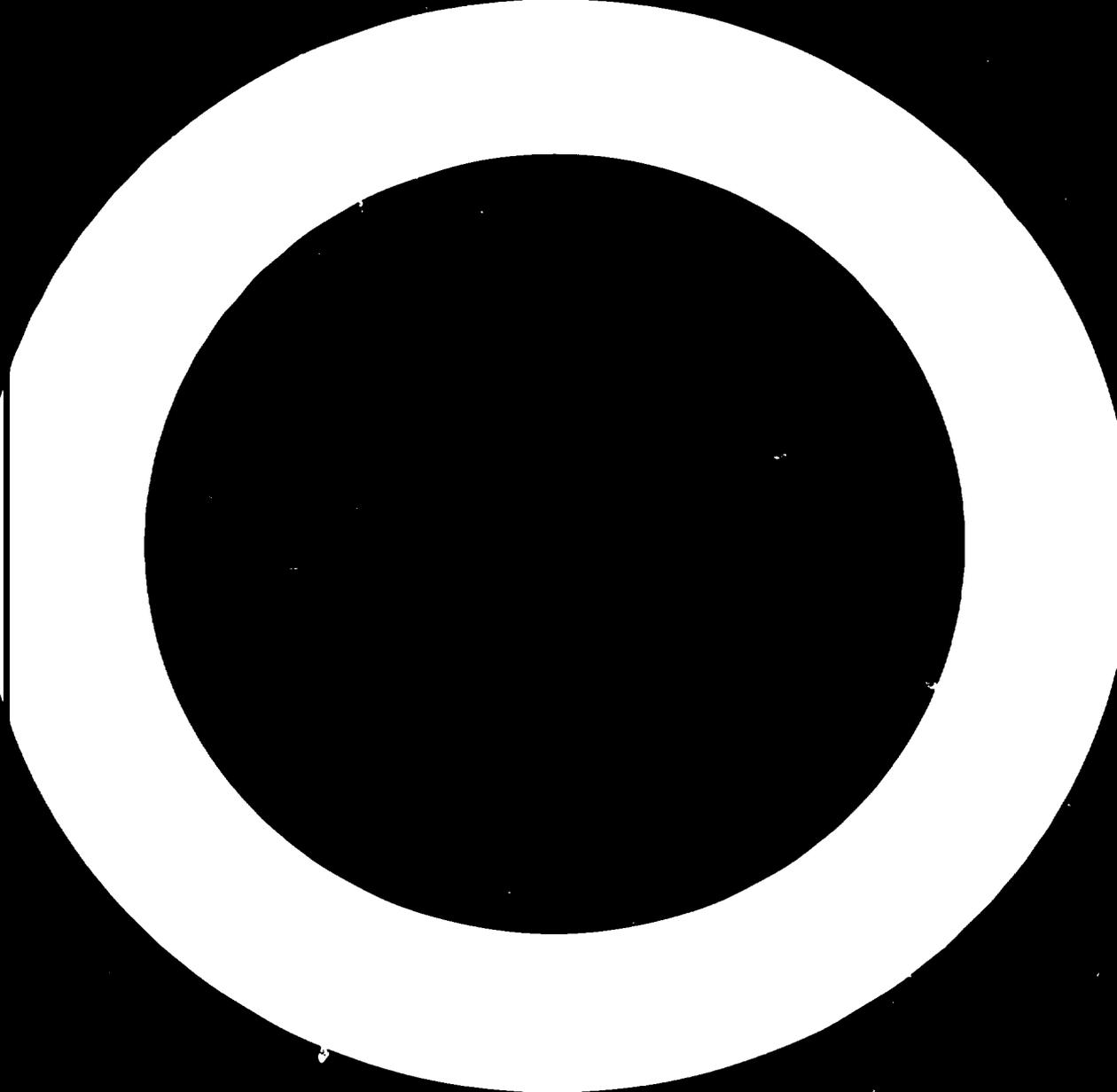
n.d. No disponible.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA/ONUDI.



## CAPITULO II

ESTRUCTURA ACTUAL Y PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE  
PRODUCCION DE LA INDUSTRIA MINERA



## II. ESTRUCTURA ACTUAL Y PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA INDUSTRIA MINERA

### 1. INTRODUCCION

En este capítulo se presentan los resultados de las proyecciones del número de minas y plantas de beneficio, así como de su capacidad de producción, que a largo plazo se requerirán en el país, en función de las proyecciones de producción elaboradas para el sector minero en el capítulo anterior. Asimismo, se indican los criterios que sirvieron de base para la proyección de la demanda de maquinaria y equipo para la explotación de algunos productos, principalmente no metálicos.

Debido a que algunas de las proyecciones de producción a que se hizo referencia en el Capítulo I se hicieron en términos de contenido metálico, fue necesario adoptar una serie de supuestos para traducir dicho contenido metálico a toneladas brutas de mineral. Estos, a su vez, permitieron determinar la capacidad de extracción de las minas y la que requerirán las plantas de beneficio para procesar los materiales extraídos.

Los criterios utilizados para calcular los volúmenes de mineral necesarios para obtener los contenidos metálicos de las producciones proyectadas, suponen una disminución gradual en el tiempo de la ley de los minerales. Esto se apoya en el hecho de

<sup>1</sup> Generalmente esta relación es la proporción entre la cantidad de mineral beneficiado y la de los concentrados obtenidos; pero, para los fines de este trabajo, pareció más conveniente calcularla como la relación entre el volumen del mineral beneficiado y el del metal obtenido.

que para periodos que van de 5 a 13 años se observó que algunas empresas representativas de la industria minera mexicana experimentaron aumentos en la relación de concentración<sup>1</sup> de los minerales beneficiados.

El comportamiento que experimentó en el periodo 1971-1977 la estructura de la capacidad de producción de las minas y plantas de beneficio existentes en el país, sirvió de base para determinar los rangos de capacidad que se prevén para el futuro.

Dichos rangos varían según los productos y sistemas de explotación y se consideraron representativos de las minas y plantas que en 1977 se encontraban en operación. Sin embargo, debido a que en ese periodo se observó un desplazamiento en el número de minas y plantas de un rango de capacidad a otro más elevado, y a que para algunas minas y plantas están previstas ampliaciones mayores, fue necesario abrir nuevos rangos; lo que significa que en el futuro la potencia y capacidad de la maquinaria deberá alcanzar un crecimiento más significativo a fin de lograr mayores niveles de producción y productividad, lo que influirá para que la minería se convierta en una industria más intensiva en requerimientos de capital.

El presente capítulo se divide en dos partes: la primera se refiere a los minerales metálicos y la segunda a los no metálicos; en ambas áreas se reconocen las diferencias entre las explotaciones subterráneas y las que se realizan a tajo abierto.

### 2. MINERALES METALICOS

#### 2.1 Explotación subterránea de cobre, plata, plomo y zinc

De los seis productos metálicos que se consideran en este trabajo se da trato especial al cobre, plata, plomo y zinc provenientes de minas subterráneas, por su importancia y por tratarse de minerales que generalmente se encuentran asociados. En algunos casos su separación se hace en la planta

de beneficio y, en otros, aparecen como subproductos en las fundiciones. En el Cuadro II.1 se proyecta quinquenalmente hasta el año 2000 la producción de los cuatro minerales según su método de explotación.

**Cuadro II.1**  
**PROYECCION DE LA PRODUCCION DE COBRE, PLATA, PLOMO Y ZINC EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE COBRE EN MINAS A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

Años	Minas	Total	Miles de toneladas				Porcentajes del total anual			
			Cobre	Plata	Plomo	Zinc	Cobre	Plata	Plomo	Zinc
1975	Subterráneas	447	38	1.2	179	229	48.7	100.0	100.0	100.0
	A tajo abierto	40	40 <sup>2</sup>	—	—	—	51.3	—	—	—
1980	Subterráneas	421	42	1.5	145	233	24.0	93.8	100.0	100.0
	A tajo abierto	133	133 <sup>2</sup>	0.1	—	—	76.0	6.2	—	—
1985	Subterráneas	835	62	2.0	344	427	16.0	90.9	100.0	100.0
	A tajo abierto	331	331 <sup>2</sup>	0.2	—	—	84.0	9.1	—	—
1990	Subterráneas	1 043	80	2.2	440	521	14.7	91.7	100.0	100.0
	A tajo abierto	466	466 <sup>2</sup>	0.2	—	—	85.3	8.3	—	—
1995	Subterráneas	1 272	102	2.4	543	625	15.1	88.9	100.0	100.0
	A tajo abierto	573	573 <sup>2</sup>	0.3	—	—	84.9	11.1	—	—
2000	Subterráneas	1 561	130	2.8	676	752	16.0	90.3	100.0	100.0
	A tajo abierto	680	680 <sup>2</sup>	0.3	—	—	84.0	9.7	—	—

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Incluye las explotaciones de la Compañía Minera de Cananea, S. A., Mexicana de Cobre, S. A., y los proyectos de El Arco y La Verde.

FUENTE: Cuadros 1.1, 1.2, 1.3 y 1.5.

Al mes de septiembre de 1977 existían en México 330 plantas de beneficio de minerales, de las cuales 139 se dedicaban al tratamiento de minerales de cobre, plata, plomo y zinc, provenientes de minas subterráneas. La mayor parte de esas 139 plantas beneficiaban más de dos productos, combinados en una gran variedad de proporciones, mientras que las pocas restantes sólo trataban un producto.

**Cuadro II.2**  
**DISTRIBUCION, POR RANGOS DE CAPACIDAD, DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS POLIMETALICAS, 1971 Y 1977**

Capacidad (Ton-día)	1971		1977		Incremento en la capacidad (%)
	Número de plantas	Capacidad (Ton-día)	Número de plantas	Capacidad (Ton-día)	
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>57 619</b>	<b>141</b>	<b>149 750</b>	<b>160</b>
<b>Subtotal <sup>1</sup></b>	<b>131</b>	<b>35 119</b>	<b>139</b>	<b>47 750</b>	<b>36</b>
Hasta 100	80	3 759	78	3 960	
101 - 200	18	2 725	18	2 895	
201 - 300	7	2 030	9	2 455	
301 - 400	4	1 530	11	4 140	
401 - 500	5	2 450	3	1 500	
501 - 750	5	2 950	3	1 900	
751 - 1 000	4	3 750	3	2 550	
1 001 - 1 500	2	2 700	5	6 300	
1 501 - 2 000	3	5 500	3	5 700	
2 001 - 2 500	2	4 725	2	4 400	
2 501 - 3 000	1	3 000	3	8 700	
Más de 3 000	—	—	1	3 250	
<b>Subtotal <sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>22 500</b>	<b>2</b>	<b>102 000</b>	<b>353</b>
22 500	1	22 500	—	—	
30 000	—	—	1	30 000	
72 000	—	—	1	72 000	

<sup>1</sup> Plantas de minas subterráneas.

<sup>2</sup> Plantas de minas a tajo abierto.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Dirección General de Minas.

Para efectos de análisis, al grupo en su conjunto se le identificó con el nombre genérico de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas.

En 1977 la capacidad diaria total de beneficio de las plantas polimetálicas ascendía a 47 750 toneladas y de esta cantidad, 69% correspondía a 20 plantas mayores con capacidad de más de 500 toneladas diarias cada una. En 1971 las plantas mayores fueron 17 y cubrieron el 64% de la capacidad total, lo que sugiere una tendencia al establecimiento de plantas cada vez más grandes (véase el cuadro II.2).

De 1971 a 1977, el número de plantas con capacidad hasta de 500 toneladas diarias se elevó de 114 a 119 y su capacidad aumentó 20%, al pasar de 12 494 a 14 950 toneladas. El rango de capacidad que registró el mayor dinamismo fue el de 301 a 400 toneladas y las plantas de este grupo junto con

las más pequeñas —hasta de 100 toneladas— constituyeron el 64% del número total de las plantas polimetálicas subterráneas.

En 1977 se observó un aumento significativo del número de plantas con capacidad de más de 1 100 toneladas, ya que mientras en 1971 existían sólo 8 con una capacidad total de 15 925 toneladas, para 1977 el número se elevó a 14 y su capacidad a 28 350 toneladas diarias. Esto significa que la capacidad de beneficio está concentrada en un número reducido de plantas y en un grupo pequeño de empresas, circunstancia que convierte a éstas en líderes de la industria minera nacional. En 1977, por ejemplo, cinco empresas produjeron el 53% y 80% de la producción total de plata y cobre, respectivamente, y alrededor del 85% de la producción de plomo y zinc (los datos incluyen la explotación de cobre a tajo abierto) (véase el cuadro II.3).

Cuadro II.3

PRODUCCION DE COBRE, PLATA, PLOMO Y ZINC POR EMPRESAS, 1977

Concepto	Miles de toneladas				Porcentajes			
	Cobre	Plata	Plomo	Zinc	Cobre	Plata	Plomo	Zinc
TOTAL	90	1.5	163	265	100.0	100.0	100.0	100.0
Principales empresas	72	0.8	137	224	80.0	53.4	84.0	84.5
Industrial Minera México, S. A.	17	0.3	48	135	18.9	20.0	29.4	50.9
Minera Frisco, S. A.	2	0.1	25	40	2.2	6.7	15.3	15.1
Compañía Fresnillo, S. A.	3	0.3	37	38	3.4	20.0	22.7	14.3
Industrias Peñoles, S. A. de C. V. <sup>1</sup>	1	0.1	27	11	1.1	6.7	16.6	4.2
Compañía Minera de Cananea, S. A.	49	—	—	—	54.4	—	—	—

<sup>1</sup> Excluida la Compañía Fresnillo, S. A.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, en base a datos de las empresas.

En 1977 la capacidad de beneficio de cuatro empresas que explotaban minerales de cobre, plata, plomo y zinc en minas subterráneas, era de 24 850 toneladas diarias, 52% de la capacidad de las plan-

tas polimetálicas existentes. El mayor tonelaje de capacidad y número de plantas de éstas empresas se concentró en los rangos de 501-1 500 y 1 501-3 000 toneladas diarias, con 11 plantas y una ca-

Cuadro II.4

CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, 1977

Conceptos	Total	Rangos de capacidad (Ton-día)				
		0 - 100	101 - 500	501 - 1 500	1 501 - 3 000	3 001 - 5 000
Número de plantas	139	78	41	11	8	1
Capacidad total (Ton-día)	47 750	3 960	10 990	10 750	18 800	3 250
Capacidad promedio (Ton-día)	—	51	268	977	2 350	3 250
Participación en la capacidad total (%)	100.0	8.3	23.0	22.5	39.4	6.8
Principales empresas <sup>1</sup>						
Número de plantas	19	—	7	6	5	1
Capacidad (Ton-día)	24 850	—	2 850	6 650	12 100	3 250
Participación en la capacidad total (%)	52.0	—	25.9	61.9	64.4	100.0

<sup>1</sup> Incluye las plantas de beneficio polimetálicas en operación de: Industrial Minera México, S. A.; Compañía Fresnillo, S. A.; Industrias Peñoles, S. A. de C. V. (excepto la Compañía Fresnillo); y Minera Frisco, S. A.

FUENTE: Cuadro II.2 e información de las propias empresas.

pacidad conjunta de 18 750 toneladas, y sólo una planta con más de 3 000 toneladas. Como podrá observarse en el cuadro II.4, en esos rangos la participación de las cuatro empresas en la capacidad total representó en 1977 el 1.9 y 64.4 por ciento, respectivamente.

El hecho es que mientras la capacidad de beneficio de las plantas polimetálicas creció a una tasa de 5.2% al año de 1971 a 1977, el contenido metálico de la producción de cobre, plata, plomo y zinc en minas subterráneas casi no aumentó.

Se puede suponer que la demanda influyó en esta situación propiciando una coyuntura desfavorable que repercutió en los coeficientes de utilización de la capacidad del conjunto de las plantas; además no hay que pasar por alto la gradual disminución de la ley de los minerales extraídos, misma que en el periodo de referencia declinó en promedio a una tasa cercana a 5% anual.

En un recorrido realizado por algunas de las mayores unidades mineras del país, se pudo observar que generalmente el grado de utilización de la capacidad no es óptimo. Esto puede ser resultado de situaciones coyunturales del mercado de metales que obligan a moderar los programas de producción, o también puede atribuirse a consideraciones de

tipo técnico originadas por los sistemas de explotación o por dificultades en el proceso de beneficio. Al respecto cabe destacar que se apreciaron diversas características que hacen diferentes a las unidades en explotación, lo que deriva en problemas que influyen en su operación y consecuentemente en su eficiencia. Estos problemas también se reflejan en la necesidad de una mayor o menor utilización de ciertos equipos, lo que amplía en forma significativa la gama de éstos; y se puede suponer que la eficiencia del proceso de extracción y beneficio es mayor en las unidades grandes que en las pequeñas, ya que las primeras disponen generalmente de tecnología y equipos más adecuados y modernos.

Para determinar los requerimientos de capacidad de plantas de beneficio indispensables para tratar en los próximos años la producción de minerales polimetálicos, se partió de los cambios que registró la capacidad de las plantas en operación entre 1971 y 1977, únicos años para los que se dispuso de información detallada. La capacidad en esos años se reagrupó en cinco rangos con el fin de que dentro de cada uno resultara una capacidad promedio que sirviera de base para establecer plantas y minas típicas y facilitar con ello las proyecciones de demanda de maquinaria y equipo que se presentan en el Capítulo siguiente (véase el cuadro II.5).

Cuadro II.5

RANGOS DE CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, 1971 Y 1977

Rangos (Ton-día)	1971		1977		Incremento en la capacidad (%)
	Número de plantas	Capacidad (Ton-día)	Número de plantas	Capacidad (Ton-día)	
TOTAL	131	35 119	139	47 750	36.0
0 - 100	80	3 759	78	3 960	5.3
101 - 500	34	8 735	41	10 990	25.8
501 - 1 500	11	9 400	11	10 750	14.4
1 501 - 3 000	6	13 225	8	18 800	42.2
3 001 - 5 000	—	—	1	3 250	—

FUENTE: Cuadro II.2.

Se adoptó el supuesto de que la capacidad de producción de una unidad minera siempre se refiere a la capacidad nominal de su planta de beneficio, la cual en la mayoría de los casos procesa mineral de una sola mina o complejo minero. En esas condiciones la capacidad de la planta indica al mismo tiempo la de la mina para producir mineral.

Debido a que algunas de las proyecciones de producción que se presentan en el capítulo I (entre ellas las de plata, plomo, cobre y zinc) fueron elaboradas en términos de contenido metálico, fue necesario transformar este concepto en mineral beneficiado. Para ello se introdujo el coeficiente "R" (relación de concentración) que establece la relación entre las toneladas de mineral beneficiado y las de contenido metálico obtenido,<sup>2</sup> y que permitió convertir a volúmenes de mineral a beneficiar, la

producción de los cuatro metales que se extraen de las minas subterráneas, asociados en forma de minerales polimetálicos de composiciones varias.

Por no disponerse de información acerca del coeficiente de concentración por mineral a nivel nacional, para estimar el total de mineral beneficiado en las plantas de minas subterráneas en 1971 y 1977, se consideró que en esos años dicho mineral equivalía a una utilización promedio del 60% de la capacidad nominal de las plantas polimetálicas existentes y que el contenido metálico obtenido era la suma de los contenidos de cobre, plata, plomo y zinc en la producción de ese tipo de minas.

De acuerdo a lo anterior, resultó que con una utilización del 60% de la capacidad instalada de las plantas existentes, el volumen de mineral beneficiado en 1971 y 1977 había sido de 6 953 000 y 9 455 000 toneladas, mismo que permitió obtener en las minas subterráneas polimetálicas 458 000 y

<sup>2</sup> El coeficiente se utiliza aquí en un sentido, algo distinto al que suele tener en la práctica usual, que es la relación entre toneladas de mineral y toneladas de concentrado

471 000 toneladas de contenidos metálicos de cobre, plata, plomo y zinc, respectivamente. Estos datos sirvieron para calcular la relación de concen-

tración en ambos años, resultando de 15.2 en el primero y de 20.1 en 1977, es decir, arrojó un incremento de 4.8% anual (véase el cuadro II.6).

Cuadro II.6

PROYECCION DE LA RELACION DE CONCENTRACION Y DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS,<sup>1</sup> 1971-2000

Conceptos	1971	1977	1985	1990	2000
Capacidad nominal diaria (toneladas)	35 119	47 750	102 769	152 161	195 171
Capacidad nominal anual <sup>2</sup> (Miles de toneladas)	11 589	15 758	33 914	50 213	97 406
Capacidad aprovechada (%)	60	60	65	70	75
Mineral beneficiado al año (A) (Miles de toneladas)	6 953	9 455	22 044	35 149	73 055
Producción total de cobre, plata, plomo y zinc en contenido metálico (B) (Miles de toneladas)	458	471	835	1 043	1 561
Relación de concentración "R" (A)/(B)	15.2	20.1	26.4	33.7	46.8

<sup>1</sup> Para los años de 1971 y 1977, la relación de concentración se calculó a partir de los datos de capacidad de las plantas existentes y el supuesto adoptado de capacidad aprovechada. De 1985 en adelante, debido a que "R" fue estimado, la capacidad se determinó aplicando dicho coeficiente a la producción de cobre, plata, plomo y zinc en contenido metálico y considerando el supuesto de capacidad utilizada para esos años. Algunas cifras de capacidad nominal diaria y anual no coinciden con las del cuadro II.9 en virtud de que en este último fueron redondeadas a las unidades enteras más próximas.

<sup>2</sup> Se calculó considerando 330 días de operación.

FUENTE: Cuadros II.1 y II.2.

Con objeto de verificar la confiabilidad del coeficiente, se analizó su comportamiento en una de las mayores y más representativas empresas mineras del país, Industrial Minera México, S. A. (IMMSA). En un periodo de trece años en que se dispuso de información sobre esta empresa, la relación refleja un aumento gradual de 12.6 en 1965 a 18.3 en 1977, lo que representa un crecimiento porcentual de 3.2% al año<sup>3</sup> (véase el cuadro II.7).

Cuadro II.7

MINERAL BENEFICIADO POR INDUSTRIAL MINERA MEXICO Y SU PRODUCCION DE COBRE, PLATA, PLOMO Y ZINC, 1965-1977

(Toneladas)

Años	Mineral beneficiado (A)	Producción de cobre, plata, plomo y zinc (Contenido metálico) (B)	Relación de concentración "R" <sup>1</sup> (A)/(B)
1965	1 911 103	151 835	12.587
1966	1 893 645	154 342	12.269
1967	1 870 557	148 983	12.555
1968	1 984 566	141 976	13.978
1969	2 082 907	167 277	12.452
1970	2 131 770	173 048	12.319
1971	2 697 259	180 729	14.924
1972	2 966 127	192 625	15.398
1973	3 024 427	189 624	15.950
1974	3 177 714	188 922	16.820
1975	2 954 772	168 456	17.540
1976	3 362 076	203 926	16.487
1977	3 657 275	199 684	18.315

<sup>1</sup> La relación de concentración "R" da una idea muy general del volumen de mineral que es necesario beneficiar para obtener una tonelada de contenido metálico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, en base a Informes Anuales de la empresa.

<sup>3</sup> Los datos provienen de los Informes Anuales de la empresa y se refieren al mineral natural beneficiado y a los contenidos metálicos de la producción total. Aunque el interés del estudio se centró básicamente en cobre, plata, plomo y zinc, los contenidos incluyen oro y tungsteno.

La misma relación se estudió en tres empresas más que, junto con IMMSA, se consideran las más representativas de la industria minera mexicana: Peñoles, Fresnillo y Frisco, encontrándose que para 1977 el coeficiente varió de un mínimo de 13.8 para Peñoles a un máximo de 21.6 para Fresnillo.

La última empresa cuenta con una unidad productora de plata muy importante, por lo que resulta razonable suponer que para obtener una tonelada de contenido metálico de plata necesita beneficiar relativamente más mineral que las otras empresas en las que la producción de sus unidades está más diversificada (véase el cuadro II.8).

Considerando el coeficiente "R" que se obtuvo de las cuatro empresas, los supuestos sobre utilización de la capacidad, el hecho de que muchas unidades pequeñas benefician un sólo mineral y la circunstancia de que probablemente los procesos de tratamiento de estas últimas no sean muy eficientes, se asumió como base para la proyección de "R" el nivel de 20.1 determinado para 1977.

Para la proyección de dicho coeficiente se estimó que de 1977 a 1985 crecería a una tasa media anual de 3.5%, es decir hasta 26.4. En 1990 se situó al coeficiente en 33.7, mientras que en el último año de proyección se consideró que podría ser de 46.8, como puede observarse en el cuadro II.6.

La estimación de "R" para los años de 1985, 1990 y 2000, junto con la correspondiente a la producción en contenidos metálicos de los cuatro metales del cuadro II.1, y el supuesto de que en esos años el aprovechamiento de la capacidad nominal de las plantas deberá ser, en promedio de 65, 70 y 75 por ciento, respectivamente, permitieron calcular la capacidad de producción nominal de las plantas de beneficio en el periodo de proyección, misma que debe elevarse de 47 750 toneladas diarias en 1977 a 102 769 en 1985 y a 295 171 en el año 2000, para alcanzar las metas de producción previstas en el capítulo anterior.

Cuadro II.8  
MINERAL BENEFICIADO POR EMPRESAS Y PRODUCCION DE COBRE, PLATA,  
PLOMO Y ZINC, 1977

(Miles de toneladas)

Empresas	Mineral beneficiado (A)	Producción <sup>1</sup>				Relación de concentración "R" <sup>2</sup> (A)/(B)	
		Total (B)	Cobre	Plata	Plomo		Zinc
Industrial Minera México, S. A.	3 657	199.5	17.2	0.3	47	135	18.3
Industrias Peñoles S. A. de C. V.	540	39.1	1.0	0.1	27	11	13.8
Cía. Fresnillo, S. A.	1 683	78.0	2.7	0.3	37	38	21.6
Minera Frisco, S. A.	1 001	68.4	2.3	0.1	26	40	14.6

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> La relación de concentración "R" da una idea muy general del volumen de mineral que es necesario beneficiar para obtener una tonelada de contenido metálico.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de las empresas

A partir de la capacidad total se determinó para los años de proyección 1985, 1990 y 2000 el número de plantas necesarias en cada uno de los rangos adoptados. Se consideró que las plantas más pequeñas (0-100 y 101-500 toneladas diarias) se mantendrían constantes en número y capacidad promedio, mientras que el mayor aumento debería registrarse en las que ya cuentan con capacidad de 1 000 toneladas diarias o más.

De esta manera resultó que de 139 plantas con una capacidad de 47 750 toneladas diarias existen-

tes en 1977, su número deberá elevarse en el año 2000 a 238 plantas típicas con capacidades nominales de 50, 250, 1 000, 2 250, 4 000 y 6 000 toneladas diarias y una capacidad conjunta del orden de 295 000 toneladas diarias de los cuatro minerales. Cabe aclarar, sin embargo, que para efectos del cálculo de la demanda de maquinaria y equipo en el siguiente capítulo, se consideraron exclusivamente plantas tipo de 250 toneladas diarias en adelante (véase el cuadro II.9).

Cuadro II.9  
PROYECCION DEL NUMERO Y CAPACIDAD NOMINAL DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO  
DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, 1971-2000

Años	Conceptos	Total	Rangos de capacidad (Toneladas-día)					Capacidad nominal anual <sup>2</sup> (Miles ton)	
			0 - 100	101 - 500	501 - 1 500	1 501 - 3 000	3 001 - 5 000		5 001 - 7 000
1971	Número de plantas	131	80	34	11	6	—	—	11 589
	Capacidad total (Ton-día)	35 119	3 759	8 735	9 400	13 225	—	—	
	Capacidad promedio (Ton-día)	—	47	257	855	2 204	—	—	
	Estructura (%)	100.0	10.7	24.9	26.8	37.6	—	—	
1977	Número de plantas	139	78	41	11	8	1	—	15 758
	Capacidad total (Ton-día)	47 750	3 960	10 990	10 750	18 800	3 250	—	
	Capacidad promedio (Ton-día)	—	51	262	977	2 350	3 250	—	
	Estructura (%)	100.0	8.3	23.0	22.5	39.4	6.8	—	
1985	Número de plantas	168	75	45	23	20	5	—	33 990
	Capacidad total (Ton-día)	103 000	3 750	11 250	23 000	45 000	20 000	—	
	Capacidad promedio (Ton-día)	—	50	250	1 000	2 250	4 000	—	
	Estructura (%)	100.0	3.6	10.9	22.4	43.7	19.4	—	
1990	Número de plantas	187	75	45	28	28	10	1	50 160
	Capacidad total (Ton-día)	152 000	3 750	11 250	28 000	63 000	40 000	6 000	
	Capacidad promedio (Ton-día)	—	50	250	1 000	2 250	4 000	6 000	
	Estructura (%)	100.0	2.5	7.4	18.4	41.4	26.3	4.0	
2000	Número de plantas	238	75	45	38	50	25	5	97 515
	Capacidad total (Ton-día)	295 500	3 750	11 250	38 000	112 500	100 000	30 000	
	Capacidad promedio (Ton-día)	—	50	250	1 000	2 250	4 000	6 000	
	Estructura (%)	100.0	1.3	3.8	12.8	38.1	33.8	10.2	

FUENTE: Cuadros II.5 y II.6.

El criterio de que en los próximos años el mayor crecimiento de la capacidad de producción se registrará en las unidades más grandes resulta compatible con la tendencia prevista para la ley de los minerales, ya que, a causa de su reducción será necesario beneficiar cada vez más mayores volúmenes de mineral para mantener dentro de ciertos

niveles la producción de concentrados o bien la de contenido metálico. Más aún, si se consideran válidos los supuestos en que se sustentan las proyecciones de demanda tanto interna como externa de estos metales, la producción de los mismos obligará a elevar cada vez más la capacidad de tratamiento y a mejorar la eficiencia en ese proceso.

## 2.2 Explotación de cobre a tajo abierto

Al igual que en el apartado anterior, el análisis se centra aquí en los requerimientos de capacidad para la explotación y beneficio de minerales de cobre, así como en el número de minas y plantas.

Se parte de la previsión de que en el futuro sólo habrá cuatro explotaciones de este tipo que

estarán en posibilidad de producir hasta 680 000 toneladas de cobre (contenido metálico) en el año 2000. Las empresas en cuestión son: Compañía Minera de Cananea, S. A., Mexicana de Cobre, S. A., y dos proyectos más cuya realización puede ser viable a largo plazo de constituirse en empresas: El Arco y La Verde (véase el cuadro II.10).

Cuadro II.10

### PROYECCION DE LA PRODUCCION DE COBRE EN MINAS A TAJO ABIERTO, POR EMPRESAS,<sup>1</sup> 1975-2000

(Miles de toneladas)

Empresas	1975	%	1980	%	1985	%	1990	%	2000	%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>133</b>	<b>100</b>	<b>331</b>	<b>100</b>	<b>466</b>	<b>100</b>	<b>680</b>	<b>100</b>
Compañía Minera de Cananea, S. A.	40	100	55	41	100	30	140	30	200	29
Mexicana de Cobre, S. A.	—	—	78	59	147	45	176	38	200	29
El Arco <sup>2</sup>	—	—	—	—	50	15	100	21	180	27
La Verde <sup>2</sup>	—	—	—	—	34	10	50	11	100	15

<sup>1</sup> Cifras en términos de contenido metálico.

<sup>2</sup> Probablemente llegarán a constituirse como empresas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

La primera empresa se encuentra en operación y el proyecto de La Caridad (Mexicana de Cobre) inició sus operaciones a mediados de 1979, con lo que este tipo de explotación experimentará un notable incremento.

Las proyecciones de producción de cobre por tipo de explotación (cuadro II.1), elaboradas en base a tendencias recientes, indican que la importancia relativa de la producción por el sistema de tajo abierto se elevaría de 76% en 1980 a 84% en

el año 2000.<sup>4</sup> Esto implica que, en términos de contenido metálico, la producción crecería a una tasa media anual de 8.5%, es decir, de 133 000 a 680 000 toneladas anuales, mientras que la capacidad nominal diaria de las plantas de beneficio lo haría a razón de 9.4 por ciento (véase el cuadro II.11).

<sup>4</sup> En el apartado anterior se consideró lo relativo al cobre de minas subterráneas, para lo cual fue necesario desagregar las proyecciones de producción total por sistemas de explotación.

Cuadro II.11

### PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción de cobre en contenido metálico en minas a tajo abierto (Miles de toneladas)	40	157	331	466	680
Ley media del mineral (%)	0.70	0.70	0.65	0.60	0.50
Capacidad aprovechada de las plantas (%)	75	75	75	80	80
Recuperación en las plantas (%)	85	85	85	80	80
Capacidad nominal diaria <sup>1</sup> (Toneladas)	27 162	106 612	242 058	367 740	643 939

<sup>1</sup> Se dividió la producción en contenido metálico por la ley media del mineral. Este resultado se divide entre el coeficiente de aprovechamiento de las plantas y la recuperación en las mismas y su resultado, a su vez, se divide por 330 días de operación de las plantas.

FUENTE: Cuadro II.10.

Cuadro II.12

PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE  
A TAJO ABIERTO, POR EMPRESAS, 1975-2000

(Toneladas-día)

Empresas	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	27 162	106 612	242 058	367 740	643 939
Compañía Minera de Cananea, S. A.	27 162	47 975	72 617	110 322	186 742
Mexicana de Cobre, S. A.	—	58 637	108 926	139 741	186 742
El Arco	—	—	36 309	77 225	173 864
La Verde	—	—	24 206	40 452	96 591

FUENTE: Cuadros II.10 y II.11.

Para determinar la capacidad necesaria de las plantas y minas en este tipo de explotación se partió de varios supuestos:

- Que la ley media de los minerales de cobre disminuirá gradualmente de 0.7% en 1980 a 0.5% en el año 2000;
- Que las recuperaciones de contenido metálico en las plantas de beneficio experimentarán una ligera disminución;
- Que el coeficiente de utilización de las plantas mostrará un sensible aumento; y
- Que la relación descapote/mineral<sup>5</sup> será variable.

Estos supuestos se mantienen dentro de límites conservadores. Por ejemplo, en el caso del primero, se sabe que existen minas en operación con leyes inferiores al 0.7%, por lo que puede pensarse que a largo plazo se exploten depósitos con leyes medias más bajas que las que se han adoptado en el presente trabajo para el año 2000.

Conforme a los criterios anteriores se estimó que la producción de 133 mil toneladas de cobre, en términos de contenido metálico que se obtuvo

<sup>5</sup> Esta relación indica el tonelaje de desperdicio que es necesario remover para obtener una tonelada de mineral.

en 1980 por el sistema de tajo abierto, requirió de una capacidad nominal de beneficio de 106 612 toneladas diarias, misma que deberá elevarse a 242 058 en 1985 y a 367 740 y 643 939 toneladas diarias en 1990 y el año 2000, respectivamente, para estar en posibilidades de beneficiar y obtener la producción prevista (véase el cuadro II.11).

La distribución por empresas de la futura capacidad nominal de las plantas se basó en la participación que cada una de ellas tendrá en la producción de cobre (véase el cuadro II.10), lo que dio por resultado que de la capacidad total de 643 939 toneladas diarias en el año 2000, Cananea y La Caridad contarían con alrededor de 187 000 toneladas diarias cada una, en conjunto, 58% del total previsto. Del resto, correspondería 27% a El Arco y 15% a La Verde (véase el cuadro III.12).

Para calcular el número de plantas se adoptaron seis rangos cuya capacidad difiere ligeramente de la determinada en los cuadros II.11 y II.12, pero que en términos generales corresponde a las necesidades de beneficio y a los proyectos previstos de explotación. Como puede observarse en el cuadro II.13, a partir de 1985 se requieren dos plantas de gran capacidad y cuatro en el año 2000, cuando la capacidad total de beneficio llegará a 650 000 toneladas diarias.

Cuadro II.13

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal diaria (Toneladas)	25 000	100 000	225 000	375 000	650 000
Plantas requeridas	1	2	4	4	4
Rangos de capacidad (Toneladas-día)					
25 000	1	—	2	—	—
50 000	—	2	—	1	—
75 000	—	—	1	1	—
100 000	—	—	1	1	1
150 000	—	—	—	1	1
200 000	—	—	—	—	2

<sup>1</sup> El número de plantas se adecuó a rangos de capacidades tipo que sirvieron de base para la proyección de demanda de maquinaria y equipo, por lo que en algunos años la capacidad no coincide exactamente con la estructura por empresas del cuadro II.12.

FUENTE: Cuadro II.12.

Otro elemento que se debe cuantificar es el volumen del material que es necesario remover para alimentar a las plantas de beneficio. La información disponible permitió determinar por empresas el vo-

lumen de material a remover. En cada caso se tomó como base la relación de descapote a mineral —que es más alta en Cananea con respecto a las otras plantas porque incluye mineral lixiviable de muy baja ley— y se aplicó a la estructura prevista de la capacidad de las plantas de beneficio del cuadro II.12.

Cuadro II.14

RELACION DE DESCAPOTE A MINERAL EN MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, POR EMPRESAS,<sup>1</sup> 1975-2000

Empresas	1975	1980	1985	1990	2000
Compañía Minera de Cananea, S. A. <sup>2</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Mexicana de Cobre, S. A.	—	1.0	1.0	1.5	1.5
El Arco	—	—	1.5	1.5	1.5
La Verde	—	—	1.5	1.5	1.5

<sup>1</sup> Toneladas de desperdicio por tonelada de mineral extraído.

<sup>2</sup> El descapote incluye el mineral lixiviable, del que también se recupera cobre.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

En conjunto, resultó que el total de material a remover diariamente —igual a la capacidad nominal de extracción de cada mina— por las cuatro empresas dedicadas a la explotación de cobre, mediante el sistema de tajo abierto, aumentará a una tasa media anual de 7.2%, es decir, de 732 224 toneladas diarias en 1985 a 2 076 703 toneladas diarias en el año 2000.

Según la relación de descapote a mineral su- puesta, a la Compañía Minera de Cananea le corresponderá en el año 2000 la mayor proporción, 45%, mientras que la de Mexicana de Cobre será de 22%, la de El Arco de 21% y la de La Verde, de 12 por ciento (véase el cuadro II.15).

Cuadro II.15

PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, POR EMPRESAS,<sup>1</sup> 1975-2000

(Toneladas-día)

Empresas	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	135 810	357 149	732 224	1 195 156	2 076 703
Compañía Minera de Cananea, S. A.	135 810	239 875	363 085	551 610	933 710
Mexicana de Cobre, S. A.	—	117 274	217 852	349 353	466 855
El Arco	—	—	90 772	193 063	434 660
La Verde	—	—	60 515	101 130	241 478

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de descapote por la capacidad nominal de las plantas de beneficio.

FUENTE: Cuadros II.12 y II.14.

Cuadro II.16

PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO REQUERIDAS POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal de extracción (Toneladas-día)	150 000	350 000	750 000	1 200 000	2 200 000
Minas requeridas	1	2	4	4	5
Rangos de capacidad (Toneladas-día)					
50 000	—	—	1	—	—
100 000	—	—	1	1	—
150 000	1	1	—	—	—
200 000	—	1	1	1	—
300 000	—	—	—	—	1
400 000	—	—	1	1	1
500 000	—	—	—	1	3

<sup>1</sup> En algunos años la capacidad de extracción resultante no coincide exactamente con el material que es necesario remover para alimentar las plantas de beneficio (cuadro II.15) debido a que se asumieron rangos que se adecuan a minas típicas que sirvieron de base para la proyección de la demanda de equipo necesario en la extracción. Los rangos de capacidad, así como el número de minas, indican el volumen de material que es necesario remover, mismo que en el caso de la Compañía Minera de Cananea, S. A., se supone va a proceder de dos tajos.

FUENTE: Cuadro II.15.

El tamaño de las minas se ajustó a siete rangos de capacidad de extracción de los cuales los cinco primeros son representativos de minas que ya están en operación. Los otros dos quedan determinados por el volumen de material que se necesitará remover a partir de 1985.

De acuerdo a este criterio, los resultados obtenidos en el cuadro II.16 indican que el número de minas de cobre a tajo abierto aumentará de dos en 1980 a cinco en el año 2000, mientras que la capacidad de extracción pasará de 350 mil a 2 200 000 toneladas diarias, respectivamente.

## 2.3 Explotación de hierro a tajo abierto

El grueso de la producción de mineral de hierro en México proviene de un número reducido de centros de explotación. Tanto las minas como las plantas concentradoras se encuentran integradas a cuatro complejos siderúrgicos, excepto en el caso del Consorcio Minero Benito Juárez-Peña Colorada (CMBJ-PC) que abastece de materia prima a las siderúrgicas.

Por su capacidad de extracción y beneficio, las minas de hierro más importantes son: La Perla, de Altos Hornos de México, S. A. (AHMSA); Ferrotepec, de Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S. A. (Sicartsa); Las Encinas, de Hojalata y Lámina, S. A. (HYLSA); Centro de Mercado y Hércules, de Fundidora Monterrey, S. A.; y el Consorcio Minero Benito Juárez-Peña Colorada. Las cinco pri-

meras cubren en gran parte los requerimientos de mineral de hierro de cada una de las siderúrgicas, mientras que la producción de Peña Colorada se distribuye en proporción a su participación entre los socios del Consorcio: AHMSA, HYLSA, Tubos de Acero de México, S. A. (TAMSA) y Fundidora Monterrey, S. A.

El mineral que se explota en estas minas es de dos tipos: hematita y magnetita. De éstos, la magnetita predomina en tres minas —Peña Colorada, Ferrotepec y Las Encinas—, mientras que la hematita se encuentra sólo en el Cerro de Mercado. Una combinación de ambas se localiza en los yacimientos de Hércules y La Perla (véase el cuadro II.17).

Cuadro II.17

### CARACTERISTICAS DE ALGUNAS MINAS Y PLANTAS DE BENEFICIO DE MINERAL DE HIERRO, POR EMPRESAS, 1977

Empresas	Tipo de mineral	Ley promedio (%)	Capacidad de	Capacidad de	Relación de descapote a mineral	Proceso de beneficio
			tumbe de la mina (Miles de toneladas)	la planta (Miles de toneladas)		
Altos Hornos de México, S. A. (La Perla)	Hematita y magnetita	58	6 600	1 815	1.9	Concentración magnética
Consorcio Minero Benito Juárez-Peña Colorada, S. A.	Magnetita	47	6 930	2 475	1.5	Concentración magnética
Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S. A.	Magnetita	45	12 540	2 574	2.87	Concentración magnética
Hojalata y Lámina, S. A. (Las Encinas)	Magnetita	60	—	—	1.5	Concentración magnética
Fundidora Monterrey, S. A. (Cerro de Mercado) (Hércules)	Hematita Hematita y magnetita	58 58	— —	— —	2.0	Flotación y concentración magnética

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de las empresas.

La ley media del mineral de hierro de las minas consideradas varía de 45% en Ferrotepec a 60% en Las Encinas. En el yacimiento de La Perla, cuya ley promedio es de 58%, existen varios tipos de mineral: el macizo de alta ley, con 58%; el pulverulento, con más de 59%; y el diseminado de baja ley con 40% de hierro.

El grado variable que se observa en la ley del mineral tiene importancia para los propósitos del presente trabajo debido a que de acentuarse en el futuro da origen a una mayor demanda de equipo, principalmente para movimiento de tierra.

Algo similar ocurre con el proceso de beneficio que realizan las plantas y que está en función

del tipo de mineral de hierro que existe en el país. De acuerdo con las reservas cubiertas por las empresas, en este trabajo se supone que el 80% del hierro a explotar será magnetita y el 20% restante hematita, correspondiendo la producción de esta última exclusivamente a la Fundidora Monterrey. Esto, a su vez, supone que el principal proceso de beneficio que seguirán en el futuro las empresas productoras de hierro será el de concentración magnética, quedando en segundo término el de flotación o medio pesado. También habrá la posibilidad de introducir el nuevo sistema de concentración magnética de alta intensidad.

Para estimar la capacidad de extracción en minas y la de beneficio en plantas, se partió de las proyecciones elaboradas en el capítulo anterior. Sin embargo, fue necesario transformar las proyecciones de producción de hierro primario a mineral, por lo que se adoptaron dos supuestos. El primero considera constante en 80% la recuperación en las plantas para los años de proyección; el segundo supone que la ley media del mineral declinará gradualmente, de 45% en 1980 a 35% en el año 2000. De acuerdo a lo anterior se determinó la producción de mineral de hierro necesaria para cubrir los requerimientos de la industria siderúrgica, resultando que de 1980 al año 2000 ésta deberá crecer a una tasa media anual de 9.9% mientras que la de hierro primario —considerando la proyección baja— lo hará al ritmo anual de 8.5% (véase el cuadro II.18).

Cuadro II.18  
PROYECCION DE LA PRODUCCION DE  
MINERAL DE HIERRO,<sup>1</sup> 1975-2000  
(Miles de toneladas)

Años	Producción de hierro primario <sup>2</sup>	Recuperación (%)	Ley promedio (%)	Producción de mineral
1975	2 962	80	50	7 405
1980	4 453	80	45	12 369
1985	6 697	80	40	20 928
1990	10 070	80	40	31 470
1995	15 141	80	35	54 074
2000	22 768	80	35	81 314

<sup>1</sup> Resulta de aplicar a la producción de hierro primario los valores asumidos para la recuperación y ley media del mineral.

<sup>2</sup> Se refiere a la proyección baja del cuadro I.9.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Para llegar a la capacidad nominal de las plantas concentradoras se introdujo el factor utilización de capacidad, mismo que se supuso constante en 75% hasta 1985 y de 80% en los años siguientes. Dicho coeficiente se aplicó en cada uno de los años de proyección a las estimaciones de la producción de mineral, dando por resultado la capacidad nominal anual de las plantas concentradoras de mineral de hierro que será necesaria en el futuro.

Al igual que para otros minerales se siguió considerando que una planta opera en promedio 330 días al año, lo que permitió determinar la capacidad de beneficio diaria. Los resultados indican que ésta deberá elevarse de 57 000 toneladas diarias en 1980 a 119 000 y 308 000 toneladas diarias en 1990 y en el año 2000, respectivamente, o sea a una tasa media anual de 8.8 por ciento (véase el cuadro II.19).

La estimación del número de plantas exigió la adopción de cuatro rangos de capacidades típicas que van de 7 500 a 50 000 toneladas diarias tomando en cuenta la tendencia que existe en el ámbito internacional de establecer entidades siderúrgicas cada vez más grandes.

Lo anterior dio por resultado que el número de plantas deberá aumentar de cuatro en 1975 a once en el año 2000. De estas últimas, dos se mantendrán en el rango de 7 500 toneladas diarias; tres serán de 15 000; dos de 25 000; y cuatro de 50 000 toneladas diarias. Con esta distribución se estará en posibilidad de disponer de capacidad para concentrar el mineral requerido, según las proyecciones del capítulo anterior (véase el cuadro II.20).

Cuadro II.19  
PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO  
A TAJO ABIERTO, 1975-2000  
(Miles de toneladas)

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción de mineral	7 405	14 130	20 928	31 470	81 314
Capacidad aprovechada de las plantas (%)	75	75	75	80	80
Capacidad nominal anual <sup>1</sup>	9 873	18 840	27 904	39 338	101 642
Capacidad nominal diaria <sup>2</sup> (Toneladas)	30 000	57 000	85 000	119 000	308 000

<sup>1</sup> Resulta de aplicar a la producción de mineral el coeficiente de capacidad aprovechada de las plantas.

<sup>2</sup> Se calculó considerando 330 días de operación. Las cifras se redondearon al millar.

FUENTE: Cuadro II.18.

La capacidad de extracción en las minas supone una relación descapote/mineral constante de 2 a 1, misma que se aplicó a la capacidad nominal de las plantas (cuadro II.20) para estimar el volumen de material que será necesario remover en las minas, como podrá observarse en el cuadro II.21.

También en este caso se adoptaron cuatro rangos de capacidad a los que se adecuó el número de minas necesarias para obtener la producción re-

querida por las plantas de beneficio en el periodo de proyección.

Los rangos van de 25 000 a 150 000 toneladas diarias y los resultados indican que a partir de 1985 las minas de hierro a tajo abierto serán cada vez de mayor capacidad de extracción, lo que implica que de cuatro (de 25 000 toneladas diarias) en 1980, el número aumentará a once en el año 2000, de las cuales cuatro estarán en el rango de 150 000 toneladas diarias (véase el cuadro II.21).

Cuadro II.20

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO REQUERIDAS EN MINAS DE HIERRO  
A TAJO ABIERTO POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal diaria (Toneladas)	30 000	57 000	85 000	119 000	308 000
Plantas requeridas	4	5	7	8	11
Rangos de capacidad (Toneladas-día)					
7 500	4	3	3	3	2
15 000	—	2	3	3	3
25 000	—	—	1	2	2
50 000	—	—	—	—	4

<sup>1</sup> El número de plantas se adecuó a rangos de capacidades tipo que sirvieron de base para la proyección de la demanda de maquinaria y equipo, por lo que en algunos años el número de plantas por su rango de capacidad, no coincide exactamente con la capacidad nominal diaria. Por otra parte, en 1985, el número de plantas en el primer rango difiere del número de minas, como podrá observarse en el cuadro II.21.

FUENTE: Cuadro II.19.

Cuadro II.21

PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO REQUERIDAS POR  
RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal de extracción (Toneladas-día)	90 000	171 000	255 000	357 000	924 000
Minas requeridas	4	5	6	8	11
Rangos de capacidad (Toneladas-día)					
25 000	4	3	2	3	2
50 000	—	2	3	3	3
75 000	—	—	1	2	2
150 000	—	—	—	—	4

<sup>1</sup> La capacidad nominal de extracción se determinó aplicando a la capacidad de beneficio del cuadro II.20 la relación descapote a mineral, que se asumió constante en 2:1. Al igual que en las plantas de beneficio, en algunos años el número de minas por su rango de capacidad no coincide exactamente con la capacidad nominal de tumbe debido a que los rangos considerados se adecuaron a minas típicas que sirvieron de base para la proyección de la demanda de maquinaria y equipo para extracción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## 2.4 Explotación de manganeso

Las proyecciones de la capacidad de minas y plantas de manganeso se sustentan en los planes de expansión de la mayor empresa productora del metal en México, la Compañía Minera Autlán, S. A. de C. V. Las estimaciones de producción asignan una alta ponderación a esta empresa por el elevado porcentaje que su producción representa dentro del total, lo que lleva a considerar que desde el punto de vista de la demanda de equipo para la explotación y beneficio de manganeso, ella continuará siendo la mayor usuaria.

El programa de expansión de la empresa contempla elevar la capacidad actual de nodulización a 1 600 toneladas en 1980, cantidad que podría duplicarse para llegar a 3 200 toneladas diarias en 1990. Tomando como base la expansión que se ha propuesto esa empresa, se estimó que en el año 2000 podrá alcanzar una capacidad de 4 800 toneladas diarias, conforme a las proyecciones sobre la producción de manganeso elaboradas en el capítulo

anterior. Esto implica que en el periodo 1980-2000 la capacidad de nodulización se incrementará a una tasa media anual de 5.6 por ciento (véase el cuadro II-22).

Tanto para la capacidad nominal de la planta de beneficio, como de la mina, se supone un aprovechamiento de 80%; además, se adoptó un coeficiente de recuperación de 81% constante para el periodo de proyección.

En cuanto a la ley del mineral, se parte de la base de que los tajos que opera la empresa continuarán explotándose hasta 1980 con una ley de 27% de mineral de manganeso. A partir de ese año se considera un cambio en el sistema de minado, al pasar a la explotación subterránea, con una ley media de 21% que permanece constante hasta 1990; en los últimos años de la proyección se supone que aquella será de 18%. Por su ley más alta el mineral del tajo se trata directamente en horno de

Cuadro II.22

PROYECCIONES DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE LAS MINAS Y PLANTAS  
DE BENEFICIO DE MANGANESO, 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción nacional de manganeso en contenido metálico (Miles de toneladas)	154	180	180	361	540
Producción de Compañía Minera Autlán, S. A. de C. V. (Miles de toneladas)	132	164	164	328	491
Capacidad nominal de la planta de nodulización de Compañía Minera Autlán, S. A. de C. V. (Ton-día)	1 300	1 600	1 600	3 200	4 800
Ley del mineral (%)					
En el tajo	27	27	—	—	—
En la mina subterránea	—	21	21	21	18
Recuperación en el beneficio y en la nodulización (%)	81	81	81	81	81
Capacidad aprovechada (%)	80	80	80	80	80
Capacidad nominal de la planta de beneficio (Ton-día)	—	2 000	3 600	7 300	11 000
Capacidad nominal de la mina subterránea (Ton-día)	—	2 000	3 600	7 300	11 000
Número de minas y plantas	1	1	1	2	2
Relación descapote a mineral en el tajo	10	10	—	—	—
Capacidad nominal de la mina a tajo abierto (Ton-día)	20 000	7 000	—	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

nodulación, mientras que para el proveniente de la mina subterránea es necesario utilizar previamente un proceso de medio denso para beneficiarlo.

Para 1980 se estimó que el tajo aportará el 30% de la producción total de la empresa y la mina subterránea el 70% restante.

Los supuestos anteriores sirvieron de base para determinar la capacidad nominal, en toneladas diarias, de la planta de beneficio y la de la mina subterránea; esa capacidad se eleva de 2 000 en 1980, a 7 300 en 1990 y a 11 000 toneladas diarias en el año 2000. Por lo que respecta al número de minas, se consideró que hasta 1985 habría en operación sólo una con su respectiva planta, elevándose a dos minas y plantas a partir de 1990.

Para explotación por el sistema de tajo abierto, que se espera continúe hasta 1980, se supone una relación de descapote a mineral de 10 a 1, así como una disminución en la capacidad de la mina hasta de 7 000 toneladas diarias en 1980. En los años siguientes, el volumen de material a remover en la mina subterránea será igual a la capacidad nominal de la planta de beneficio.

Para estimar en el capítulo siguiente la demanda de equipo que será generada por la explotación y beneficio de manganeso, se adoptaron los siguientes criterios:

— Debido a que la explotación a tajo abierto se encuentra próxima a suspender sus operaciones, no se prevé ninguna demanda de equipo para ella.

— En el caso del equipo necesario para la explotación subterránea, se considera que los rangos de capacidad de la mina en el lapso de proyección, coinciden con los de 2 250, 4 000 y 6 000 diarias establecidos previamente para las minas polimetálicas subterráneas. Bajo este criterio se supone que las minas de manganeso utilizarán un equipo similar al que se emplea en las polimetálicas de esa capacidad.

En cuanto al equipo para la planta de beneficio, la estimación se basó en criterios similares a los que se adoptaron en el caso de la mina, sólo que ahora se utilizaron los rangos de capacidad determinados para las plantas lavadoras de carbón, en virtud de que el proceso previsto para ambos productos —gravimétrico en jigs— es muy parecido. El equipo de trituración, alimentadores de placa y las cribas vibratorias se diferenciaron, ya que para el manganeso las quebradoras generalmente son de quijada y se requiere de alimentadores y cribas, mientras que en el carbón son usuales las rotarias tipo *Bradfor* y no son necesarios los otros equipos.

La demanda de equipo para mina y planta que genere el minado subterráneo de manganeso se incluye dentro de la demanda global calculada para este tipo de explotación.

### 3. MINERALES NO METALICOS

#### 3.1 Explotación de carbón por los sistemas subterráneo y a tajo abierto

De la misma manera que la producción de mineral de hierro se concentra en un número reducido de empresas y minas, el grueso de la producción de carbón en México proviene de tres empresas: Altos Hornos de México, S. A., Fundidora Monterrey, S. A., e Industrial Minera México, S. A. Las dos primeras lo utilizan en la industria siderúrgica, mientras que IMMSA lo destina a sus propias fundiciones y a otras industrias usuarias. El carbón utilizado por Sicartsa es de importación.

En 1975 esas tres empresas aportaron el 81% de la producción nacional de carbón "todo uno", el 19% restante correspondió a dos carboníferas y a un gran número de pequeños mineros (poceros) (véase el cuadro II.23).

La producción de carbón se obtiene de minas a tajo abierto y subterráneas. Las primeras aportaron en 1975 el 26% del total y las segundas el 74% restante.

Cuadro II.23

#### PRINCIPALES MINAS DE CARBON POR EMPRESAS Y METODOS DE EXPLOTACION, 1975

Empresas	Minas	Producción de carbón "todo uno" (Miles de toneladas)	Métodos de explotación			
			Tajo abierto	Frente larga	Subterráneas Salones y pilares	Pozos
Altos Hornos de México, S. A.		2 062				
Compañía Minera La Florida de Múzquiz, S. A.	Tajo I y II	334	X			
	Tajo III y IV	393	X			
	Tajo Kakanapo Grande	193	X			
	La Florida Núm. 1	74			X	
	La Florida Núm. 2	109		X		
	Pozos La Florida	35				X
Compañía Minera de Guadalupe, S. A.	Barroterán Núm. 2	257		X		
	Barroterán Núm. 3 y 4	122			X	
	San Adalberto	17			X	
Minerales Monclova, S. A.	Mimosa 2	485		X		
Compañía Carbonera La Saucedá, S. A.	La Saucedá	43			X	
Fundidora Monterrey, S. A.		1 362				
Carbón y Cok, S. A.	Don Evaristo	345		X		
	Tajo Saltillito	394	X			
	Tajo San Antonio	28	X			
	Saltillito	80			X	
	Saltillito Dos	58			X	
	Número 4 <sup>1/2</sup>	270		X		
Hullera Mexicana, S. A.	La Malagueña	0				X
	La Niña	1				X
	Número 5	100			X	
	El Coyote	10				X
	San Pedro	33			X	
Carbón y Minerales Coahuila, S. A.	La Escondida	34			X	
		745			X	
Industrial Minera México, S. A.	Número 6-Rosita	157		X		
	Sabinas Núm. 2	588			X	
Carbonífera de San Patricio, S. A.	La Luz 1, 1 <sup>1/2</sup> , 2	165			X	
Comisión Federal de Electricidad	Número 1	143	X			X
Otros		684				

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica.

En el sistema de minado subterráneo se distinguen tres formas típicas de explotación: "frente larga", salones y pilares, y pozos. El sistema de frente larga constituye la principal fuente de producción de carbón en México. En 1975 su participación representó el 40% de la total, contra 20 y 14 por ciento, respectivamente, de las otras dos formas de explotación.

En ese año, once minas aportaron dos terceras partes de la producción total; de ellas, cinco eran tajos abiertos y seis subterráneas de explotación por "frente larga". Las cinco primeras produjeron 1 342 000 toneladas y las otras seis 2 054 000 toneladas.

Las empresas carboníferas filiales de Altos Hornos alcanzaron en conjunto una producción de 2 062 000 toneladas: 920 000 en tajo abierto, 851 000 en "frente larga" y el resto con otros sistemas; Fundidora Monterrey obtuvo 1 362 000 toneladas, de las cuales 422 000 correspondieron a tajo y 615 000 a "frente larga"; e Industrial Minera México, produjo 745 000 toneladas de las cuales 588 000 fueron por el sistema de "frente larga" (véase el cuadro II.24).

El énfasis que se ha puesto particularmente en los tipos de explotación a tajo y "frente larga" obedece a la tendencia a la mecanización de estos sistemas, lo que permite suponer que en el futuro seguirán siendo la mayor fuente generadora de demanda de equipo para la minería del carbón.

Para proyectar la producción de carbón por métodos de explotación se partió de la estructura que presentó esta en 1975. Debido a que en el futuro se prevé una mayor utilización de los sistemas de tajo abierto y "frente larga", en la proyección se les asignó una ponderación más elevada. Para los

tajos se estimó una participación en la producción total de 25% constante hasta el último año de la proyección, mientras que en el caso del sistema de "frente larga" se supuso un crecimiento gradual de 40% en 1975 a 73% en el año 2000. En los casos de salones y pilares, y pozos, se adoptó una tendencia contraria, se supuso que el primero disminuiría su participación en la producción de 20 a 2 por ciento y que el segundo prácticamente desaparecería en el año 2000 (véase el cuadro II.25).

Estos supuestos obedecen a que los yacimientos de carbón en el país, por su profundidad, presentan características que favorecen a largo plazo la explotación subterránea. Por otra parte, se consideró que el minado a tajo abierto resulta económicamente costeable siempre y cuando las reservas a explotar no se encuentren demasiado profundas. Por esta razón se pensó que las minas de este último tipo mantendrían constante su participación en la producción de carbón.

En el caso de las minas subterráneas, la capacidad nominal de extracción de carbón se supuso igual a la capacidad nominal de tumbe (como en el caso de las minas subterráneas de minerales polimetálicos) y se estimó a partir de las proyecciones de producción de carbón "todo uno", del cuadro II.25 y de un supuesto que considera constante, en 80%, el aprovechamiento de la capacidad de las propias minas (véase el cuadro II.26).

Para calcular la capacidad nominal de tumbe de los tajos de carbón, se aplicó a la proyección de producción por este sistema de explotación el mismo supuesto que considera constante en 80% el aprovechamiento de la capacidad de las minas, además de una relación descapote/mineral de 20 a 1 (véase el cuadro II.27).

Cuadro II.24  
**CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES MINAS Y PLANTAS LAVADORAS DE CARBON  
 POR EMPRESAS, 1975**  
 (Miles de toneladas)

Empresas	Producción de carbón "todo uno"	Porcentaje del total	M i n a s								
			Tajo abierto			"Frente largo"			Salones y pilares		
			Minas	Producción	%	Minas	Producción	%	Minas	Producción	%
<b>TOTAL</b>	<b>5 161</b>	<b>100.0</b>	<b>6</b>	<b>1 368</b>	<b>26.5</b>	<b>6</b>	<b>2 054</b>	<b>39.8</b>	<b>15</b>	<b>1 026</b>	<b>19.9</b>
Altos Hornos de México, S. A.	2 062	40.0	3	920	17.8	3	851	16.5	5	256	5.0
Compañía Minera La Florida de Múzquiz, S. A.	1 138	22.1	3	920	17.8	1	109	2.1	1	74	1.4
Compañía Minera de Guadalupe, S. A.	396	7.7	—	—	—	1	257	5.0	3	139	2.7
Minerales Monclova, S. A.	485	9.4	—	—	—	1	485	9.4	—	—	—
Compañía Carbonera La Saucedá, S. A.	43	0.8	—	—	—	—	—	—	1	43	0.8
Fundidora Monterrey, S. A.	1 362	26.4	2	422	8.2	2	615	11.9	5	305	5.9
Carbón y Cok, S. A.	905	17.5	2	422	8.2	1	345	6.7	2	138	2.7
Hullera Mexicana, S. A.	390	7.6	—	—	—	1	270	5.2	1	100	1.9
Carbón y Minerales Coahuila, S. A.	33	0.6	—	—	—	—	—	—	1	33	0.6
Hullera Saltillito, S. A.	34	0.7	—	—	—	—	—	—	1	34	0.6
Industrial Minera México, S. A.	745	14.4	—	—	—	1	588	11.4	1	157	3.0
Carbonífera de San Patricio, S. A.	165	3.2	—	—	—	—	—	—	3	165	3.2
Comisión Federal de Electricidad	143	2.8	—	—	—	—	—	—	1	143	2.8
Otras	684	13.2	1	26	0.5	—	—	—	—	—	—

Empresas	M i n a s			P l a n t a s l a v a d o r a s				
	Minas	Pozos Producción	%	Lavadora	Capacidad de carbón lavado (Ton-hora)	Carbón tratado (Miles de toneladas)	Producción de carbón lavado	Participación en la producción total (%)
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>713</b>	<b>13.8</b>		<b>1 630</b>	<b>4 727</b>	<b>2 190</b>	<b>100.0</b>
Altos Hornos de México, S. A.	1	35	0.7		1 080	2 341	1 039	47.4
Compañía Minera La Florida de Múzquiz, S. A.	1	35	0.7	La Florida <sup>1</sup>	500	—	—	—
Compañía Minera de Guadalupe, S. A.	—	—	—	Barroterán	230	1 025	502	22.9
Minerales Monclova, S. A.	—	—	—	Palaú	350	1 316	537	24.5
Compañía Carbonera La Saucedá, S. A.	—	—	—	—	—	—	—	—
Fundidora Monterrey, S. A.	3	20	0.4	—	350	1 551	715	32.7
Carbón y Cok, S. A.	—	—	—	—	—	—	—	—
Hullera Mexicana, S. A.	3	20	0.4	Esperanzas	350	1 551	715	32.7
Carbón y Minerales Coahuila, S. A.	—	—	—	—	—	—	—	—
Hullera Saltillito, S. A.	—	—	—	—	—	—	—	—
Industrial Minera México, S. A.	—	—	—	Rosita	200	835	436	19.9
Carbonífera de San Patricio, S. A.	—	—	—	—	—	—	—	—
Comisión Federal de Electricidad	—	—	—	—	—	—	—	—
Otras	56	658	12.7	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Inició sus operaciones en 1976.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica.

**Cuadro II.25**  
**PROYECCION DE LA PRODUCCION DE CARBON "TODO UNO" POR METODOS DE EXPLOTACION,<sup>1</sup> 1975-2000**

(Miles de toneladas)

Métodos de explotación	Producción 1975 %	Producción 1980 %	Producción 1985 %	Producción 1990 %	Producción 2000 %					
Producción total de carbón "todo uno"	5 161	100.0	6 450	100.0	13 023	100.0	19 582	100.0	44 274	100.0
Tajo abierto	1 368	26.5	1 612	25.0	3 256	25.0	4 896	25.0	11 069	25.0
"Frente larga"	2 054	39.8	3 483	54.0	8 074	62.0	12 924	66.0	32 320	73.0
Salones y pilares	1 026	19.9	838	13.0	1 042	8.0	979	5.0	885	2.0
Pozos	713	13.8	517	8.0	651	5.0	783	4.0	—	—

<sup>1</sup> La producción del año base difiere de la utilizada en las proyecciones del capítulo anterior. Se estimó conveniente usar la presente por tenerla desagregada según métodos de explotación. A partir de 1985 los datos corresponden a las proyecciones de producción del cuadro I.14.

<sup>2</sup> Estimado.

FUENTE: Cuadros I.14 y II.24.

**Cuadro II.26**  
**PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON, 1975-2000**

(Miles de toneladas)

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
"Frente larga"					
Extracción	2 054	3 483	8 074	12 924	32 320
Capacidad nominal <sup>1</sup>	2 568	4 357	10 092	16 155	40 400
Salones y pilares					
Extracción	1 026	838	1 042	979	885
Capacidad nominal <sup>1</sup>	1 282	1 048	1 302	1 224	1 106
Pozos					
Extracción	713	517	651	783	—
Capacidad nominal <sup>1</sup>	891	646	814	979	—

<sup>1</sup> Se supone un aprovechamiento de 80% en la extracción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del cuadro II.25.

**Cuadro II.27**  
**PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS DE CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

(Miles de toneladas)

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción de carbón en tajo abierto	1 368	1 612	3 256	4 896	11 069
Capacidad aprovechada de las minas (%)	80	80	80	80	80
Relación descapote a mineral <sup>2</sup>	20	20	20	20	20
Capacidad nominal de tumbe anual	35 910	42 315	85 470	128 520	290 561
Capacidad nominal de tumbe diaria <sup>3</sup> (ton)	108 818	128 227	259 000	389 454	880 489

<sup>1</sup> Capacidad para remover material-desperdicio y mineral.

<sup>2</sup> Toneladas de desperdicio por tonelada de mineral extraído.

<sup>3</sup> Se calculó considerando 330 días de operación.

FUENTE: Cuadro II.25.

El criterio para estimar la capacidad nominal de las plantas lavadoras fue similar al empleado en el caso de las minas. Se supuso que el aprovechamiento

de la capacidad de las plantas sería de 80% y se aplicó a la proyección de producción de carbón "todo uno" (véase el cuadro II.28).

Cuadro II.28  
PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS LAVADORAS DE CARBON, 1975-2000  
(Miles de toneladas)

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción nacional de carbón "todo uno"	5 161	6 950	13 023	19 582	44 274
Capacidad aprovechada de las plantas (%)	80	80	80	80	80
Capacidad nominal anual	6 451	8 060	16 279	24 478	55 342

FUENTE: Cuadro II.25.

Los resultados obtenidos indican que de 1980 al año 2000 la capacidad de extracción de las minas subterráneas de "frente larga" debería incrementarse a razón de 10.4% anual en promedio, la de los tajos a 10.1% anual y la de las plantas lavadoras a 8.9% anual.

Para determinar el número de minas y plantas necesarias en el periodo de proyección, la capacidad de extracción de las minas y la de lavado de las plantas se distribuyó tomando en cuenta la capacidad de las que existían en 1975. Sin embargo, fue necesario añadir otros rangos bajo el supuesto de que en el futuro las explotaciones tenderán a ser mayores.

Entre los diferentes tipos de minado subterráneo, la explotación por "frente larga" presenta mayor dinamismo, lo que supone que cada vez será

más utilizado este sistema. De ocho minas que existían en 1980 con capacidad conjunta de extracción de 5 542 000 toneladas anuales, su número probablemente se eleve a 19 en 1990; mientras que en 1980 existía sólo una mina con capacidad de 150 mil toneladas por año, para 1990 se estima que habrá cuatro. Para este último año se prevé la existencia de cuatro minas con capacidad individual de 1 500 000 toneladas anuales y una con capacidad de 3 000 000 de toneladas anuales.

Por las limitantes que podría presentar la potencialidad de los yacimientos, se establecen dos opciones para el año 2000. La primera, considera que los yacimientos permitirán la explotación de minas de mayor capacidad, mientras que la segunda fija un límite en este sentido.

De acuerdo con la segunda opción, el número

Cuadro II.29  
PROYECCION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE LAS MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON  
REQUERIDAS POR METODOS DE EXPLOTACION,<sup>1</sup> 1975-2000  
(Miles de toneladas)

Métodos de explotación	1975		1980 <sup>2</sup>		1985		1990		2000 (I)		2000 (II)	
	Minas	Capacidad nominal	Minas	Capacidad nominal	Minas	Capacidad nominal	Minas	Capacidad nominal	Minas	Capacidad nominal	Minas	Capacidad nominal
Frente larga	6	2 568	8	5 542	14	10 092	19	16 155	33	40 400	35	40 400
	1	750	1	1 500	3	1 500	1	3 000	1	4 500	5	3 000
	2	500	2	750	3	750	4	1 500	4	3 000	8	1 500
	3	300	4	500	4	500	4	750	8	1 500	12	750
	—	—	1	300	4	300	6	500	10	750	6	500
	—	—	—	—	—	—	4	300	6	500	4	300
	—	—	—	—	—	—	—	—	4	300	—	—
Salones y pilares <sup>3</sup>	15	1 300	15	1 300	15	1 300	15	1 300	15	1 300	15	1 300
	2	190	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200
	6	90	6	100	6	100	6	100	6	100	6	100
	7	50	7	50	7	50	7	50	7	50	7	50
Pozos <sup>3</sup>	60	900	60	900	60	900	60	900	—	—	—	—

<sup>1</sup> Debido a que el número de minas se adecuó a rangos de capacidad tipo, en algunos años la capacidad nominal de extracción resultante no coincide con la determinada en el cuadro II.26. Por el volumen de material que sería necesario remover, en el año 2000 se asumen dos opciones: la primera (I) considera minas de mayor tamaño y la segunda (II) de tamaños intermedios.

<sup>2</sup> Estructura estimada para 1980.

<sup>3</sup> La capacidad nominal de extracción no coincide exactamente con la que resultó en el cuadro II.26 debido al redondeo.

FUENTE: Cuadro II.26.

de minas será de 35 con capacidad nominal de extracción de 40 200 000 toneladas anuales. La mayor concentración se observaría en minas con capacidad de 750 000 toneladas anuales y también habría un número importante de minas con capacidad superior a 1 500 000 toneladas anuales.

En la primera opción la capacidad se concentraría en minas con capacidades de 3 a 4.5 millones de toneladas anuales.

En los sistemas de salones y pilares, y de pozos, se mantiene constante el número de minas así como su capacidad de extracción, lo que implica una gradual disminución de su importancia relativa dentro de la producción total (véase el cuadro II.29).

Para tajo abierto, de 1980 en adelante se consideran minas con las siguientes capacidades: tres de 25 000 y dos de 50 000 toneladas diarias. Hasta 1990

se mantienen los mismos rangos de capacidad pero se eleva el número de minas en el de 50 000 toneladas y se prevé, además, una mina de 100 000 toneladas diarias.

Como en el caso de las minas subterráneas, para los tajos se establecen dos opciones de distribución de la capacidad necesaria de las minas. La primera, considera la existencia de dos minas con capacidad nominal de extracción de 150 000 toneladas diarias y la segunda supone una concentración en los rangos intermedios, o sea, ocho minas de 50 000 y cuatro de 100 000 toneladas diarias.

En total, para el periodo 1980-2000 el número de minas de carbón a tajo abierto se eleva de 4 a 15 conforme a la segunda opción (véase el cuadro II.30).

Cuadro II.30  
PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS DE CARBON A TAJO ABIERTO REQUERIDAS POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

Concepto	1975	1980 <sup>2</sup>	1985	1990	2000 (I)	2000 (II)
Capacidad nominal de extracción (Ton-día)	108 818	163 307	259 000	309 454	880 489	880 489
Minas requeridas	4	5	6	8	11	15
Rangos de capacidad (Ton-día)						
12 000	1	—	—	—	—	—
25 000	—	3	2	2	—	3
32 000	3	—	—	—	—	—
50 000	—	2	4	5	6	8
100 000	—	—	—	1	3	4
150 000	—	—	—	—	2	—

<sup>1</sup> Debido a que el número de minas se adecuó a rangos de capacidad tipo, en algunos años la capacidad nominal de extracción resultante no coincide con la determinada en el cuadro II.27. Por el volumen de material que sería necesario remover en el año 2000 se asumen dos opciones: la primera (I) considera minas de mayor tamaño y la segunda (II) de tamaños intermedios.

<sup>2</sup> Estructura existente en 1980.

FUENTE: Cuadro II.27.

Cuadro II.31  
PROYECCION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE LAS PLANTAS LAVADORAS DE CARBON REQUERIDAS POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1975-2000

(Miles de toneladas)

Concepto	1975		1980		1985		1990		2000	
	Plantas	Capacidad nominal								
Capacidad total por año	4	6 451	5	10 265	7	16 279	8	24 478	17	55 342
	1	1 200	1	1 200	1	1 200	2	1 500	5	1 500
	1	1 375	1	1 375	1	1 375	4	3 000	6	3 000
	2	2 100	2	2 100	1	1 500	2	4 500	4	4 500
	—	—	1	3 000	1	2 100	—	—	2	6 000
	—	—	—	—	2	3 000	—	—	—	—
	—	—	—	—	1	4 500	—	—	—	—

<sup>1</sup> Se refiere a capacidad para procesar carbón "todo uno". Los rangos de capacidad anual de las plantas lavadoras parten de la estructura existente en 1975. Estos se obtuvieron de multiplicar la capacidad de lavado —en ton-hora del cuadro II.24— de las plantas de Rosita, Barroterán, Palau y La Florida, por 18 horas efectivas al día y 330 días de operación, y fueron redondeados a las unidades enteras más próximas. Asimismo, se incluyeron plantas de 1.5, 4.5 y 6.0 millones de toneladas anuales de capacidad. En los años siguientes el número de plantas se adecuó a dichos rangos de capacidad, por lo que no necesariamente coincide ésta con la determinada en el cuadro II.28.

FUENTE: Cuadro II.28.

Los requerimientos de capacidad en las plantas lavadoras de carbón, así como el número de éstas, se ajustaron a las proyecciones de capacidad de producción de las minas. De lo anterior resultó que la capacidad nominal de las lavadoras deberá incrementarse de 10 265 000 toneladas anuales en 1980, a 24 478 000 en 1990 y a 55 340 000 toneladas en el año 2000.

El número estimado de lavadoras de distintos rangos de capacidad que se requerirán también ex-

perimentará un significativo aumento: de cinco en 1980 a ocho en 1990 y a 17 en el año 2000. Para estos dos últimos años se prevén seis y doce plantas, respectivamente, de 3 millones de toneladas o más de capacidad anual. No obstante, para el cálculo de la demanda de maquinaria y equipo en el siguiente capítulo se consideraron plantas tipo con capacidades de 1.5, 2.1, 3.0, 4.5 y 6.0 millones de toneladas anuales (véase el cuadro II.31).

### 3.2 Explotación de fluorita en minas subterráneas y a tajo abierto

En el ámbito internacional México ha sido el principal productor de fluorita. En 1977 las ocho mayores empresas productoras aportaron alrededor del 79% de la producción total; el 3% correspondió a dos empresas medianas y la Asociación Nacional de Pequeños y Medianos Productores del mineral contribuyó con el 18% restante.

Esta estructura productiva se refleja en la concentración de la capacidad de beneficio, ya que generalmente las empresas mayores integran este proceso a la extracción, lo que les permite obtener fluorita de distintos grados de concentración.

Los métodos de explotación de este mineral usados en el país son los convencionales de minado subterráneo y a tajo abierto. Además, ha dado re-

sultados satisfactorios a dos empresas productoras la obtención de fluorita a partir de jales, que son los desechos del beneficio previo de minerales polimetálicos. En el lapso 1975-1977 la producción de fluorita por este sistema representó en promedio el 17% de la total (véase el cuadro II.32).

La capacidad de las principales plantas de beneficio de fluorita en 1977 sumó 10 210 toneladas diarias, distribuida en 11 plantas; seis correspondían a minas subterráneas, dos a explotaciones a tajo abierto y tres a rebeneficio de jales. Los tres tipos de plantas contaban respectivamente con 25, 5 y 70 por ciento de la capacidad (véase el cuadro II.33).

Cuadro II.32

#### PRODUCCION DE FLUORITA POR METODOS DE EXPLOTACION,<sup>1</sup> 1975-1977

(Miles de toneladas)

Método de explotación	1975		1976		1977	
TOTAL	1 089	100	897	100	660	100
Subterránea	815	75	664	74	475	72
Tajo abierto	73	7	72	8	86	13
De jales	201	18	161	18	99	15

<sup>1</sup> Se refiere a producción de mineral.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del Instituto Mexicano de la Fluorita, A. C.

Cuadro II.33

#### PRINCIPALES PLANTAS DE BENEFICIO DE FLUORITA POR METODOS DE EXPLOTACION, 1977

Método de explotación	Número de plantas	Capacidad de beneficio	
		Toneladas-día	Miles de toneladas anuales <sup>1</sup>
TOTAL	11	10 210	3 369
Subterránea	6	2 510	828
Tajo abierto	2	500	165
De jales	3	7 200	2 376

<sup>1</sup> Se calculó considerando 330 días de operación.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Dirección General de Minas y de las propias empresas.

Cuadro II.34

#### RANGOS DE CAPACIDAD DE LAS PRINCIPALES PLANTAS DE BENEFICIO DE FLUORITA POR METODOS DE EXPLOTACION, 1977

Rangos (Ton-día)	Total		Subterráneas		Tajo abierto		De jales	
	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)
TOTAL	11	10 210	6	2 510	2	500	3	7 200
0 - 250	4	760	2	360	1	200	1	200
251 - 500	3	1 050	2	750	1	300	—	—
501 - 1 000	2	1 400	2	1 400	—	—	—	—
2 000	1	2 000	—	—	—	—	1	2 000
5 000	1	5 000	—	—	—	—	1	5 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la Dirección General de Minas y de las propias empresas.

En el caso de las plantas que benefician minerales de fluorita provenientes de minas subterráneas y de minas a tajo abierto, su capacidad indica al mismo tiempo la de la mina para producir mineral.

Esto no sucede con las plantas que benefician jales debido a que la relación de concentración es muy elevada, de ahí que su producción no pueda darse en términos de volumen de mineral, sino de concentrados. La capacidad de estas plantas es mayor debido a que para obtener una tonelada de fluorita concentrada se deben beneficiar poco más de diez toneladas de jales, cosa que no sucede con las otras plantas que se caracterizan por rangos de capacidad relativamente pequeños (véase el cuadro II.34).

Para estimar la capacidad de beneficio que requerirán en el futuro las plantas de fluorita se tomó

como base la proyección de la producción por sistemas de explotación, misma que supone una disminución en la producción de las minas subterráneas y a tajo abierto. La participación de las primeras pasa de 72% en 1980 a 65% en el año 2000 y las segundas de 13 a 10 por ciento; en cambio, la de la producción de fluorita proveniente de jales se eleva de 15 a 25 por ciento en el mismo periodo.

El criterio anterior refleja, en parte, la composición que ha venido caracterizando a la producción de fluorita por tipos de explotación, y de acuerdo con esa composición se estima que con el tiempo el mayor crecimiento corresponderá a la producción a partir de jales. Se supone que ésta crecerá a una tasa media anual de 9.0%, mientras la producción de minas subterráneas puede aumentar anualmente a razón de 5.8% y la de tajo abierto al 5% anual (véase el cuadro II-35).

Cuadro II.35

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE FLUORITA POR METODOS DE EXPLOTACION,<sup>1</sup> 1977-2000  
(Miles de toneladas)

Métodos de explotación	1977	%	1980	%	1985	%	1990	%	2000	%
Producción nacional de fluorita	992	100	916	100	1 676	100	2 026	100	3 144	100
Subterránea	712	72	660	72	1 173	70	1 418	70	2 044	65
Tajo abierto	127	13	119	13	168	10	203	10	314	10
De jales	153	15	137	15	335	20	405	20	786	25

<sup>1</sup> La estructura aplicada a la producción proyectada a partir de 1980 se basa en la que prevaleció en 1977. Los datos se refieren a producción de mineral.

FUENTE: Cuadro II.32.

Para el conjunto de las plantas de beneficio de este mineral, la capacidad nominal diaria deberá elevarse a una tasa media anual de 7.9%, es decir, de 14 174 toneladas diarias en 1980 a 64 449 toneladas diarias en el año 2000. Dicho crecimiento corresponde a los requerimientos de beneficio originados por las proyecciones de producción de fluorita para el mismo periodo.

La estimación de la capacidad de beneficio de las plantas se elaboró por métodos de explotación. Para su cálculo se aplicó a las proyecciones de producción del cuadro II.35 un coeficiente de utilización de la capacidad de 80%, constante hasta 1985, y de 85% a partir de 1990. De esta manera resultó que la capacidad nominal diaria de las plantas de beneficio de minas subterráneas aumentaría de 3 845 toneladas en 1980 a 5 055 en 1990 y a 7 287 toneladas diarias en el año 2000; o sea, a una tasa media anual de 3.2%. Una tendencia similar, aunque con menor dinamismo, quizá registre la capacidad de las plantas de minas a tajo abierto. Según las estimaciones ésta puede crecer a una tasa de 3.7% anual, es decir, de 693 toneladas en 1980 a 724 en 1990 y a 1 119 toneladas en el año 2000.

En cuanto a las plantas que reprocessan jales, su capacidad nominal diaria se determinó en base a la relación de concentración, misma que para 1977 se estimó de 12 a 1 y que se iría gradualmente elevando a 15 en 1985 y a 20 en el año 2000. Al respecto cabe destacar que de acuerdo con datos proporcionados por una de las empresas que rebe-

nefician jales, esta relación en 1977 resultó un poco más alta que la adoptada para los fines de la proyección, mientras que en la otra empresa fue ligeramente inferior.

Los criterios anteriores permitieron estimar los requerimientos de capacidad necesarios para alcanzar la producción proyectada de fluorita a partir del rebeneficio de jales. De acuerdo con los resultados, la capacidad nominal diaria de este tipo de plantas deberá crecer a razón de 9.0% al año, lo que implica un aumento de 9 636 toneladas diarias en 1980 a 25 989 en 1990 y a 56 043 toneladas diarias en el año 2000 (véase el cuadro II.36).

La estimación del número de plantas y los rangos de capacidad de las mismas se presentan en el cuadro II.37. Para el conjunto de las plantas de fluorita se adoptaron seis rangos que se suponen representativos de capacidades típicas. En los tres primeros de hecho se incluyen todas las plantas de beneficio de minas subterráneas y a tajo abierto, excepto en 1985, que considera una planta que beneficia jales con capacidad de 200 toneladas diarias. Los tres restantes que cuentan con la mayor parte de la capacidad, consideran exclusivamente plantas de rebeneficio de jales.

Como podrá observarse, el número de plantas localizadas en el rango menor disminuye en el tiempo, dando lugar a que aumente el de las plantas de rangos intermedios: 500 y 1 200 toneladas diarias. Para los rangos siguientes se admite un aumento

Cuadro II.36  
**PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE FLUORITA  
 POR METODOS DE EXPLOTACION, 1977-2000**

(Miles de toneladas)

Concepto	1977	1980	1985	1990	2000
<b>Todos los métodos</b>					
Producción de mineral	992	1 410	1 676	2 026	3 144
Capacidad nominal anual	3 344 <sup>1</sup>	4 678	7 957	10 483	21 268
Capacidad nominal diaria (ton)	10 133 <sup>1</sup>	14 174	24 113	31 768	64 449
<b>Subterránea</b>					
Producción de mineral	712	1 015	1 173	1 418	2 044
Capacidad aprovechada (%)	80	80	80	85	85
Capacidad nominal anual	890	1 269	1 466	1 668	2 405
Capacidad nominal diaria <sup>2</sup> (ton)	2 697	3 845	4 443	5 055	7 287
<b>Tajo abierto</b>					
Producción de mineral	127	183	168	203	314
Capacidad aprovechada (%)	80	80	80	85	85
Capacidad nominal anual	159	229	210	239	369
Capacidad nominal diaria <sup>2</sup> (ton)	482	693	636	724	1 119
<b>De jales</b>					
Producción de jales	153	212	335	405	786
Capacidad aprovechada (%)	80	80	80	85	85
Relación de concentración (ton)	12	12	15	18	20
Capacidad nominal anual	2 295	3 180	6 281	8 576	18 494
Capacidad nominal diaria <sup>2</sup> (ton)	6 954	9 636	19 034	25 989	56 043

<sup>1</sup> El cálculo de la capacidad nominal no coincide exactamente con la cifra real considerada en el Cuadro II.33, debido a los supuestos de capacidad aprovechada y relación de concentración.

<sup>2</sup> Se calculó considerando 330 días de operación.

FUENTE: Cuadro II.35.

significativo en el número de plantas, de 2 con 7 000 toneladas diarias de capacidad total en 1977, a 13 con capacidad total de 56 000 toneladas diarias en el año 2000. El número total de plantas neces-

rias para el beneficio de la producción de fluorita —proveniente de mineral y jales— en el país deberá aumentar de 11 en 1977 a 15 en 1990 y a 26 en el año 2000 (véase el cuadro II.37).

Cuadro II.37  
**PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO DE FLUORITA REQUERIDAS  
 POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1977-2000**

Años	Concepto	Total <sup>2</sup>	Rangos de capacidad (Toneladas-día)					
			0-250	251-750	751-1 500	2 000	5 000	7 000
1977	Número de plantas	11	4	5	—	1	1	—
	Capacidad nominal diaria (ton)	10 210	760	2 450	—	2 000	5 000	—
	Capacidad promedio	—	190	490	—	2 000	5 000	—
	Estructura (%)	100	7	24	—	20	49	—
1985	Número de plantas	14	4	4	2	1	2	1
	Capacidad nominal diaria (ton)	24 200	800	2 000	2 400	2 000	10 000	7 000
	Capacidad promedio	—	200	500	1 200	2 000	5 000	7 000
	Estructura (%)	100	3	8	10	9	41	29
1990	Número de plantas	15	3	3	3	2	3	1
	Capacidad nominal diaria (ton)	31 700	600	1 500	3 600	4 000	15 000	7 000
	Capacidad promedio	—	200	500	1 200	2 000	5 000	7 000
	Estructura (%)	100	2	5	11	13	47	22
2000	Número de plantas	26	3	6	4	5	5	3
	Capacidad nominal diaria (ton)	64 400	600	3 000	4 800	10 000	25 000	21 000
	Capacidad promedio	—	200	500	1 200	2 000	5 000	7 000
	Estructura (%)	100	1	4	7	16	39	33

<sup>1</sup> Los rangos de capacidad en 1977 reflejan la estructura existente en ese año. En base a la capacidad nominal diaria y al número de plantas se determinó una capacidad promedio de éstas, misma que en los tres primeros rangos se redondeó a 200, 500 y 1 200 ton-día y se aplicó a partir de 1985. Los rangos hasta 1 200 ton-día consideran sólo plantas para tratar mineral de fluorita, mientras que los de 2 000, 5 000 y 7 000 ton-día son plantas de rebeneficio de jales. Sin embargo, para efectos del cálculo de la demanda de equipo, la capacidad de estas plantas se adecuó a los rangos establecidos para las plantas de minas subterráneas polimetálicas, como podrá observarse en los cuadros II.54 a II.57.

<sup>2</sup> La capacidad nominal diaria no coincide con la del cuadro II.36, debido a que el número de plantas se adecuó a rangos típicos.

FUENTE: Cuadro II.34.

El número de minas de fluorita y su capacidad nominal de extracción diaria por sistemas de explotación, se estimó en base al número de plantas y su capacidad de beneficio determinada en los cuadros II.36 y II.37.

En el caso de las minas subterráneas y de aquellas operaciones que obtienen fluorita a partir de jales, se consideró que la capacidad de extracción era similar a la de beneficio mientras que en

las minas a tajo abierto se introdujo una relación descapote/mineral que va de 1 en 1977 a 1.5 en 1985 y a 2 en el año 2000.

Estos criterios permitieron determinar para el conjunto de las minas de fluorita la capacidad nominal de extracción diaria, conforme aparece en el cuadro II.38; con esta base se distribuyó por rangos de capacidad el número de minas necesarias para alimentar las plantas de beneficio.

Cuadro II.38

PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS DE FLUORITA POR METODOS DE EXPLOTACION, 1977-2000

(Toneladas-día)

Concepto	1977	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal de extracción total	10 615	14 867	25 067	32 854	66 687
Subterránea <sup>1</sup>					
Capacidad nominal de extracción	2 697	3 845	4 443	5 055	7 287
Tajo abierto					
Capacidad nominal de beneficio	482	693	636	724	1 119
Relación descapote a mineral	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0
Capacidad nominal de extracción	964	1 386	1 590	1 810	3 357
De jales <sup>1, 2</sup>					
Capacidad nominal de extracción	6 954	9 636	19 034	25 989	56 043

<sup>1</sup> Se considera que la capacidad nominal de extracción es igual a la de beneficio.

<sup>2</sup> La capacidad nominal de extracción o para movimiento de jales, incluye una proporción importante de jales que pasan directamente de las plantas de beneficio de sulfuros a las de fluorita, lo que reduce considerablemente el movimiento de materiales.

FUENTE: Cuadro II.36.

De igual manera que en el caso de las plantas, el número total de las minas de fluorita deberá elevarse de 13 en 1980 a 27 en el año 2000; de esta manera crece la capacidad nominal de extracción diaria de los tres tipos de explotación (véase el cuadro II.39).

De todo lo anterior se derivaron los siguientes criterios para el cálculo de la demanda de equipo para la explotación y beneficio de fluorita.

1. Debido a que los rangos de capacidad de las minas a tajo abierto de fluorita, así como los volúmenes de producción que se obtendrían son relativamente pequeños en comparación con los de cobre, fierro y carbón que se prevén, se consideró conveniente no incluir la demanda de equipo para extracción y beneficio que sería generada por este tipo de minas.

2. Para las explotaciones subterráneas se incluye la demanda de equipo que generarán las mi-

nas y sus respectivas plantas. Para efectos de cálculo, los 2 rangos de capacidad supuestos par éstas se equiparan, en los distintos años de la proyección, a los dos primeros de las minas y plantas polimetálicas subterráneas, es decir, a los rangos de 250 y 1 000 toneladas diarias. Esto supone que en las minas de fluorita se utilizará un equipo similar al de las polimetálicas.

3. En el caso de las plantas que rebenefician jales, se consideró que el equipo que requerirán, salvo el de trituración, es igual al utilizado en las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas de 2 250, 4 000 y 6 000 toneladas diarias.

La demanda de equipo para mina y planta, generada por la explotación subterránea de fluorita y el rebeneficio de jales, se considera dentro de la demanda global calculada para minas subterráneas.

Cuadro II.39  
**PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS DE FLUORITA REQUERIDAS POR RANGOS DE CAPACIDAD,<sup>1</sup> 1977-2000**

Concepto	1977	1980	1985	1990	2000
<b>Subterráneas</b>					
Capacidad nominal de extracción (Ton-día)	2 697	3 845	4 443	5 055	7 287
Minas requeridas	6	6	7	7	10
Rangos de capacidad (Ton-día)					
200	3	2	2	2	2
500	1	2	3	2	4
1 200	2 <sup>2</sup>	2	2	3	4
<b>Tajo abierto</b>					
Capacidad nominal de extracción (Ton-día)	964	1 386	1 590	1 810	3 357
Minas requeridas	2	3	3	3	4
Rangos de capacidad (Ton-día)					
500	2	3	3	2	1
1 000	—	—	—	1	3
<b>De jales</b>					
Capacidad nominal de extracción (Ton-día)	6 954	9 636	19 034	25 989	56 043
Número de explotaciones	3	4	4	6	13
Rangos de capacidad (Ton-día)					
200	1	1	—	—	—
2 000	1	2	1	2	5
5 000	1	1	2	3	5
7 000	—	—	1	1	3

<sup>1</sup> Debido a que el número de minas se adecuó a rangos de capacidad tipo, en algunos años la capacidad nominal de extracción resultante no coincide con la determinada en el cuadro II.38. Lo mismo sucede si se compara el número de minas con el de plantas de beneficio del cuadro II.37. Para el cálculo de la demanda de equipo, la capacidad de estas minas se adecuó a los rangos de capacidad establecidos para las subterráneas polimetálicas, según puede observarse en el cuadro II.53.

<sup>2</sup> Son dos minas con capacidad de 800 ton-día cada una.

FUENTE: Cuadro II.38.

### 3.3 Explotación de fosforita

En la actualidad, la producción de fosforita en México proviene de varias empresas entre las que destacan: *Minerales Industriales, S. A.* y *Fosforitas Mexicanas, S. A.* Está por entrar en operación el complejo de Roca Fosfórica Mexicana (*Rofomex*), cuya producción contribuirá a reducir notablemente la importación de este mineral.

La explotación del yacimiento de esta última empresa, que en el futuro se convertirá en la principal productora del país, se hará por minado subterráneo y a tajo abierto. El primero aportará alrededor de 20% de la producción y el segundo el 80 por ciento.

Considerando que ese proyecto se encuentra en una etapa avanzada de desarrollo, se estimó que la demanda de equipo que generaría la empresa sería muy pequeña en el caso de la planta de beneficio, debido a que la mayor parte del mismo sería de reciente adquisición. La parte más significativa de esta demanda derivaría de la reposición de la maquinaria y equipo para movimiento de tierra —cargadores, camiones fuera de carretera y tractores—, la que, sin embargo, fue excluida del estudio.

Cuando fue elaborado el presente documento, el proyecto para explotar los depósitos de fosforita

de San Juan de la Costa se encontraba en una etapa avanzada de desarrollo. Dicho proyecto contemplaba la explotación del yacimiento por los sistemas subterráneos y a tajo abierto, y para entonces la mayor parte del equipo para mina había sido adquirido. Se pensaba además en llevar a cabo otro proyecto para explotar mediante el sistema de dragado hidráulico arenas de mar con contenidos de fosforita, pero aún no se había definido.

Después de considerar que la mayor parte de la demanda de equipos para el proyecto de San Juan de la Costa había sido cubierta y que no se dispuso de información acerca de las características del equipo que podría requerir la operación del nuevo proyecto, se estimó conveniente excluir de las proyecciones de demanda de equipo el que generaría la explotación de fosforita.<sup>6</sup>

Si bien es cierto que las compras de equipo que realiza esta empresa alcanzarán montos significativos, se consideró que su exclusión no afectaría de manera sustancial a los resultados de las proyecciones (véase el cuadro II.40).

<sup>6</sup> La revisión que se hizo del estudio previamente a su publicación permitió incorporar algunos cambios en las proyecciones de producción de fosforita sólo en el Capítulo 1, apartado 3.3.

**Cuadro II.40**  
**PRODUCCION DE FOSFORITA POR METODOS DE EXPLOTACION, 1975-2000**  
(Miles de toneladas)

Método de explotación	1975	%	1980	%	1985	%	1990	%
TOTAL	90	100	200	100	2 283	100	5 306	100
Tajo abierto	—	—	104	52	560	25	560	10
Subterránea	90	100	96	48	223	10	246	5
Dragado hidráulico	—	—	—	—	1 500	65	4 500	85

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3.4 Explotación de barita por los sistemas subterráneo y a tajo abierto

En la producción de barita, México ocupa un lugar importante en el plano internacional. Las principales zonas donde se localizan sus yacimientos se encuentran en los Estados de Coahuila, Colima, Nuevo León, Chihuahua y Puebla, que aportan el grueso de la producción nacional.

Los depósitos en explotación se caracterizan por su alta calidad, ya que después del proceso de extracción no se requiere de mayor tratamiento en plantas de beneficio. Para una gran parte de la producción, el proceso de beneficio implica sólo la trituración, molienda y clasificación; el resto sí necesita pasar por un circuito de flotación, a fin de poder alcanzar las normas específicas del producto.

En el presente trabajo se asume que en el futuro la calidad de la barita que se explote disminuirá paulatinamente lo que implicará una utilización creciente del proceso de flotación.

La producción de mineral de barita en México procede de un número relativamente pequeño de productores —al igual que la capacidad de beneficio— y se obtiene de minas subterráneas y tajos. Las primeras cubren del 55 al 60 por ciento de la producción y los tajos aportan del 40 al 45 por ciento. Se estima que en el futuro estas últimas elevarán su participación al 55% (véanse los cuadros II.41 y II.42).

**Cuadro II.41**  
**PRODUCCION DE BARITA POR METODOS DE EXPLOTACION, 1975-1977**  
(Miles de toneladas)

Método de explotación	1975	%	1976	%	1977	%
TOTAL	300	100	270	100	271	100
Subterránea	180	60	167	62	149	55
Tajo abierto	120	40	103	38	122	45

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

De acuerdo con las proyecciones de su producción, elaboradas en el capítulo anterior, se estima que la proveniente de minas subterráneas se elevará de 180 000 toneladas en 1975 a 590 000 toneladas en el año 2000, lo que implicaría que su participación en el total disminuirá de 60 a 45 por ciento. En cuanto a las minas a tajo abierto se espera que su producción de mineral aumente en los mismos años de 120 000 a 721 000 toneladas y que su contribución se eleve de 40 a 55 por ciento.

**Cuadro II.42**  
**PROYECCION DE LA PRODUCCION DE BARITA POR METODOS DE EXPLOTACION,**  
**1975-2000**

(Miles de toneladas)

Método de explotación	1975	%	1980	%	1985	%	1990	%	2000	%
TOTAL	90	100	200	842	100	975	100	1 311	100	
Subterránea	90	100	—	463	55	488	50	590	45	
Tajo abierto	—	—	104	379	45	487	50	721	55	

FUENTE: Cuadro II.41.

El número de plantas de beneficio de barita era de 20 en 1977 y su capacidad global de 2 773 toneladas diarias; una de ellas, con capacidad de 700 toneladas diarias, no se encontraba aún en operación, por lo que se la excluyó de los datos utilizados en el año de referencia de las proyecciones.

En 1977 la mayor parte de la capacidad instalada de las plantas de beneficio correspondía a las que usan el proceso de molienda y a las que emplean el proceso de molienda con lavado y clasificación. Las primeras eran 7 plantas con capacidad

de 575 toneladas diarias y las segundas 10 con 1 238 toneladas diarias.

Había, además, tres plantas que aplicaban el proceso de flotación combinado con el de concentración gravimétrica o concentración mecánica, cuya capacidad conjunta era de 960 toneladas diarias. Una de estas últimas se excluyó por no encontrarse en operación. Puede observarse que, en general, las plantas de beneficio de barita se caracterizan por rangos de capacidad relativamente pequeños, comparados con los de las plantas metálicas (véase el cuadro II.43).

Cuadro II.43

RANGOS DE CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE BARITA POR SISTEMAS DE TRATAMIENTO, 1977

Rangos (Ton-día)	Total		Molienda		Molienda, lavado y clasificación		Molienda y flotación	
	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)	Plantas	Capacidad (Ton-día)
TOTAL	20	2 773	7	575	10	1 238	3	960
0 - 100	12	728	6	425	5	243	1	60
101 - 250	6	1 070	1	150	4	720	1	200
251 - 500	1	275	—	—	1	275	—	—
501 - 750	1	700	—	—	—	—	1	700

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la Dirección General de Minas.

La estimación de la capacidad de las plantas de beneficio partió de las proyecciones de la producción por sistemas de tratamiento que aparecen en el cuadro II.44 y de los coeficientes de capacidad aprovechada en cada uno de los sistemas. Los criterios utilizados se basaron en el comportamiento que ambos elementos mostraron en el periodo

1975-1977. El coeficiente de capacidad aprovechada resultó demasiado bajo en las plantas que utilizan el proceso de molienda con lavado y clasificación y en las que usan el proceso de flotación debido a que la capacidad nominal de las plantas considera al mismo tiempo el beneficio de otros minerales no metálicos como la bentonita, feldespato, fosforita, arcilla y sílice.

Cuadro II.44

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE BARITA POR SISTEMAS DE TRATAMIENTO 1977-2000

(Miles de toneladas)

Sistema de tratamiento	1977	%	1980	%	1985	%	1990	%	2000	%
TOTAL	271	100	698	100	842	100	975	100	1 311	100
Molienda	165	61	384	55	379	45	341	35	328	25
Molienda en combinación con lavado y clasificación	90	33	209	30	210	25	244	25	197	15
Molienda y flotación	16	6	105	15	253	30	390	40	786	60

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI.

Sin embargo, para las proyecciones se supuso que los coeficientes de capacidad aprovechada se elevarían paulatinamente en los tres sistemas de tratamiento. En el de molienda, de 85 a 90 por cien-

to; en el de lavado y clasificación, de 22 a 60 por ciento; y en el de flotación, de 20 a 75 por ciento, en virtud de que se espera una mayor utilización de este último proceso en el futuro.

Cuadro II.45

**PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE BARITA  
POR SISTEMAS DE TRATAMIENTO,<sup>1</sup> 1977-2000**

(Miles de toneladas)

Concepto	1977 <sup>2</sup>	1980	1985	1990	2000
<b>Todos los sistemas</b>					
Producción de mineral	271	698	842	975	1 311
Capacidad nominal anual	685	1 638	1 552	1 593	1 740
Capacidad nominal diaria (Ton)	2 073	4 964	4 703	4 827	5 275
<b>Molienda</b>					
Producción de mineral	165	384	379	341	328
Capacidad aprovechada (%)	85	85	85	85	90
Capacidad nominal anual	190	452	446	401	364
Capacidad nominal diaria <sup>3</sup> (Ton)	575	1 370	1 352	1 215	1 104
<b>Molienda, lavado y clasificación</b>					
Producción de mineral	90	209	210	244	197
Capacidad aprovechada (%)	22	25	35	45	60
Capacidad nominal anual	409	836	600	542	328
Capacidad nominal diaria <sup>3</sup> (Ton)	1 238	2 533	1 818	1 642	995
<b>Molienda y flotación</b>					
Producción de mineral	16	105	253	390	786
Capacidad aprovechada (%)	20	30	50	60	75
Capacidad nominal anual	86	350	506	650	1 048
Capacidad nominal diaria <sup>3</sup> (Ton)	260	1 061	1 533	1 970	3 176

<sup>1</sup> La capacidad nominal de las plantas, principalmente en los últimos dos sistemas de tratamiento, considera al mismo tiempo el beneficio de otros minerales. Los datos de producción para 1977 comparados con los de capacidad instalada, reflejan en términos gruesos el coeficiente de utilización de dicha capacidad que corresponde a la barita.

<sup>2</sup> La capacidad instalada en ese año no considera la de una planta de 700 ton-día por molienda y flotación, que aún no estaba operando, por lo que el total no coincide con el del cuadro II.43.

<sup>3</sup> Se calculó considerando 330 días de operación. Los datos de 1977 son cifras reales.

FUENTE: Cuadros II.43 y II.44.

El incremento de la producción de mineral de barita a una tasa media anual de 7.1%, en el lapso de 1977 al año 2000, implica que la capacidad nominal del conjunto de las plantas de beneficio deberá crecer a una tasa anual de 4.1%, elevándose de 2 073 a 5 275 toneladas diarias. El menor crecimiento de la capacidad se explica porque el coeficiente de utilización de las plantas se elevará gradualmente con el tiempo.

Mientras que en el proceso de molienda la proyección arrojó un incremento en la capacidad nominal diaria, de 575 a 1 104 toneladas, en el de lavado y clasificación se estima que la capacidad declinará de 1 238 a 995 toneladas diarias; esto último debido al supuesto de que la capacidad aprovechada de las plantas aumentará de 22% en 1977

a 60% en el año 2000. Por lo que respecta al sistema de flotación, la capacidad nominal diaria deberá elevarse de 260 a 3 176 toneladas diarias (véase el cuadro II.45).

Los rangos de capacidad que se adoptaron para determinar el número de plantas necesarias en cada uno de los sistemas se presentan en el cuadro II.46. Se estima que en molienda y lavado la capacidad promedio de las plantas no será mayor de 300 toneladas diarias; en flotación, por el contrario, se cree que llegará a ser hasta de 750 toneladas diarias.

Para el cálculo de la demanda de equipo, la capacidad de las plantas de beneficio de barita se adecuó a los rangos de 250 y 1 000 toneladas diarias previstos para las plantas de minas subterráneas polimetálicas.

Cuadro II.46

PROYECCION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE BARITA  
REQUERIDAS POR SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y RANGOS DE CAPACIDAD, 1977-2000

(Capacidad en toneladas-día)

Años y concepto	Molienda			Molienda con lavado y clasificación			Molienda con flotación			
	Total 1	Rangos 2		Total 1	Rangos 2		Total 1	Rangos 2		
		Hasta 150	151 a 500		Hasta 150	151 a 500		Hasta 150	151 a 500	501 a 1 000
<b>1977</b>										
Número de plantas	7	7	—	10	5	5	2	1	1	—
Capacidad nominal diaria (Ton)	575	575	—	1 238	243	995	260	60	200	—
Capacidad promedio	—	82	—	—	49	199	—	60	200	—
Estructura (%)	100	100	—	100	20	80	100	23	77	—
<b>1985</b>										
Número de plantas	7	4	3	9	4	5	4	—	3	1
Capacidad nominal diaria (Ton)	1 300	400	900	1 800	300	1 500	1 650	—	900	750
Capacidad promedio	—	100	—	—	75	300	—	—	300	750
Estructura (%)	100	31	69	100	17	83	100	—	55	45
<b>1990</b>										
Número de plantas	6	2	4	9	4	5	4	—	2	2
Capacidad nominal diaria (Ton)	1 400	200	1 200	1 800	300	1 500	2 100	—	600	1 500
Capacidad promedio	—	100	300	—	75	300	—	—	300	750
Estructura (%)	100	14	86	100	17	83	100	—	29	71
<b>2000</b>										
Número de plantas	4	—	4	5	2	3	6	—	3	3
Capacidad nominal diaria (Ton)	1 200	—	1 200	1 050	150	900	3 150	—	900	2 250
Capacidad promedio	—	—	300	—	75	300	—	—	300	750
Estructura (%)	100	—	100	100	14	86	100	—	29	71

<sup>1</sup> La capacidad nominal diaria no coincide con la del cuadro II.45 debido a que el número de plantas se adecuó a rangos típicos.

<sup>2</sup> En 1977 los rangos de capacidad reflejan la estructura que existía en ese año. Las capacidades promedio calculadas en 1977, sirvieron de indicador para estimar las de 1985 en adelante, las que a su vez se utilizaron para determinar la capacidad nominal diaria de las plantas previstas para el periodo de proyección.

FUENTE: Cuadro II.45.

El total de plantas de beneficio supone una disminución de 19 en 1977 a 15 en el año 2000, debido a que se espera un desplazamiento de las de menor capacidad por las de rangos intermedios o mayores, principalmente en molienda y lavado (véanse los cuadros II.46 y II.47).

Se considera que la capacidad de dichas plantas será suficiente para cubrir los requerimientos de beneficio derivados del aumento en la producción de mineral de barita (véase el cuadro II.47).

Para estimar la capacidad nominal de extracción diaria y el número de minas, se partió de la base de que en las minas subterráneas dicha capacidad era igual a la de beneficio; en las de tajo abierto se introdujo un factor descapote/mineral que va de 1 en 1977 a 2 en 1990 y a 3 en el año 2000. En este último caso el factor se aplicó a la capacidad nominal de beneficio.

Cuadro 11.47

RESUMEN DE LAS PROYECCIONES DEL NÚMERO Y CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE BARITA REQUERIDAS POR SISTEMAS DE TRATAMIENTO,<sup>1</sup> 1977-2000

Concepto	1977 <sup>2</sup>	1985	1990	2000
<b>Todos los sistemas</b>				
Número de plantas	19	20	19	15
Capacidad nominal diaria (Ton)	2 073	4 750	5 300	5 400
Capacidad nominal anual (Miles de ton)	685	1 568	1 749	1 782
<b>Molienda</b>				
Número de plantas	7	7	6	4
Capacidad nominal diaria (Ton)	575	1 300	1 400	1 200
Capacidad nominal anual <sup>2</sup> (Miles de ton)	190	429	462	396
<b>Molienda con lavado y clasificación</b>				
Número de plantas	10	9	9	5
Capacidad nominal diaria (Ton)	1 238	1 800	1 800	1 050
Capacidad nominal anual <sup>2</sup> (Miles de ton)	409	594	594	346
<b>Molienda y flotación</b>				
Número de plantas	2	4	4	6
Capacidad nominal diaria (Ton)	260	1 650	2 100	3 150
Capacidad nominal anual <sup>2</sup> (Miles de ton)	86	545	693	1 040

<sup>1</sup> Para el cálculo de la demanda de equipo, la capacidad de estas plantas se adecuó a los rangos de 250 y 1 000 toneladas-día, establecidos para las plantas de minas subterráneas polimetálicas, según puede observarse en los cuadros II.54 a II.57.

<sup>2</sup> Se calculó considerando 330 días de operación.

FUENTE: Cuadro II.46.

Los resultados obtenidos indican que la capacidad nominal de extracción del conjunto de minas de barita deberá incrementarse en el periodo de proyección a una tasa media anual de 6.9%, es decir de 3 006 a 13 978 toneladas diarias. De esta corresponderán en 1977 y el año 2000, respectiva-

mente, 1 140 y 2 374 toneladas a la extracción en minas subterráneas, misma que podrá ser cubierta con 5 y 7 minas cuyos rangos de capacidad se adecuaron a los de 250 y 1 000 toneladas diarias de las minas subterráneas polimetálicas (véase el cuadro II.48).

Cuadro II.48

PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS DE BARITA POR METODOS DE EXPLOTACION,<sup>1</sup> 1977-2000

(Toneladas-día)

Concepto	1977	1980	1985	1990	2000
Capacidad nominal de extracción total	3 006	7 198	8 935	9 653	13 978
<b>Subterránea<sup>2</sup></b>					
Capacidad nominal de extracción	1 140	2 730	2 587	2 414	2 374
Minas requeridas <sup>3</sup>	5	6	7	7	7
<b>Tajo abierto</b>					
Capacidad nominal de beneficio	933	2 234	2 116	2 413	2 901
Relación descapote a mineral	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0
Capacidad nominal de extracción	1 866	4 468	6 348	7 239	11 604

<sup>1</sup> Resulta de aplicar al total de la capacidad nominal de beneficio diaria del cuadro II.45, la participación que cada uno de los métodos de explotación tiene en la producción según los cuadros II.41 y II.42.

<sup>2</sup> Se considera que la capacidad nominal de extracción es igual a la de beneficio.

<sup>3</sup> Para el cálculo de la demanda de equipo, la capacidad de estas minas se adecuó a los rangos de 250 y 1 000 toneladas-día, establecidos para las subterráneas polimetálicas, según puede observarse en el cuadro II.53.

FUENTE: Cuadros II.41, II.42 y II.43.

Dado que la capacidad de extracción de los tajos resultó pequeña para distribuirse entre varias minas y adecuarse a los rangos de capacidad de explotaciones a tajo abierto de cobre, hierro o carbón, se optó por excluir la demanda de equipo que generará la explotación de minas a tajo abierto de

barita. Este criterio no se aplicó en el caso de las plantas (que tratarían el mineral procedente de los tajos) debido a que se supuso que dicho mineral deberá ser beneficiado, por lo que las plantas necesarias se incluyeron en el número total previsto en el cuadro II.47.

## 3.5 Explotación de azufre

Debido a que la producción de azufre en México se obtiene en una elevada proporción por el método Rasch —que consiste fundamentalmente en inyectar grandes cantidades de vapor sobrecalentado a la formación rocosa que contiene ese ele-

mento—, se consideró conveniente excluir el análisis de las características de las plantas productoras de azufre, ya que el equipo que utilizan guarda poca relación con el de otras instalaciones mineras.

## 3.6 Explotación de caliza, yeso, sílice, piedras y arena

No obstante que el volumen de la producción del conjunto de estos minerales no metálicos es considerable, como podrá observarse en el cuadro II.49, su valor es mucho más bajo que el de los demás del mismo grupo, lo que implica que las inversiones que se destinan a explotarlos son también mucho menores que las dedicadas a otros productos.

Por la misma razón, la explotación de estos materiales generalmente se localiza en zonas alejadas a los centros urbanos de consumo y debido al gran número de plantas que la realizan, la capacidad de producción no se encuentra tan concentrada como en el caso de los otros minerales. La capacidad de estas plantas no llega a superar la cifra de 150 000 toneladas anuales.

Tomando en cuenta estos elementos, parece vá-

lido suponer que los costos de explotación, beneficio y transporte no pueden ser demasiado elevados, lo que constituye una restricción para la demanda de equipos mayores.

Sin embargo, los crecientes volúmenes de producción de esos materiales tienden a generar una demanda considerable de equipo para movimiento de tierra y acarreo principalmente; no obstante puede suponerse que dicho equipo será diferente, por lo que a su capacidad se refiere, al que demanden las grandes explotaciones a tajo abierto de cobre, hierro y carbón.

Por este motivo, la demanda de equipo que se deriva de este tipo de explotaciones se excluye del presente trabajo y será considerada en el correspondiente a la industria de la construcción.

Cuadro II.49

### PROYECCION DE LA CAPACIDAD DE EXTRACCION REQUERIDA EN MINAS A TAJO ABIERTO, 1975-2000

(Miles de toneladas)

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Mineral a remover en las minas a tajo abierto de cobre, hierro y carbón <sup>1</sup>	110 427	221 250	411 254	640 731	1 280 793
Otros minerales y materiales	89 738	139 330	217 511	339 260	826 537
Producción <sup>2</sup>					
Caliza	18 804	26 076	44 602	68 909	165 009
Yeso	1 836	1 709	3 332	4 577	9 064
Sílice	519	725	1 407	2 020	3 618
Piedras y arena	58 000	91 000	143 500	226 000	560 000
Material a remover en las minas a tajo abierto <sup>3</sup> de:					
Caliza	28 206	39 144	66 903	103 364	247 514
Yeso	2 754	2 563	4 998	6 866	13 596
Sílice	778	1 086	2 110	3 030	5 427
Piedras y arena	58 000	91 000	143 500	226 000	560 000

<sup>1</sup> En base a los cuadros II.15, II.21 y II.30. La capacidad nominal de extracción en dichos cuadros se da en toneladas-día; para el cálculo de la capacidad anual hubo que multiplicar por 330 días de operación.

<sup>2</sup> En base a los cuadros I.20, I.22, I.23 y I.24.

<sup>3</sup> Calculado en base a los datos de producción aplicando una relación de descapote a mineral de 0.5 en el caso de la caliza, yeso y sílice. En piedras y arena se estableció una igualdad con la producción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## 3.7 Cuadros resumen

Los cuadros II.50 a II.52 ofrecen un resumen de las proyecciones del número de minas y de la capacidad de las plantas que se requieren para pro-

ducir, mover y beneficiar las cantidades proyectadas de ciertos minerales en explotaciones a tajo abierto, subterráneas y plantas de beneficio.

El cuadro II.50 muestra la proyección del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto y de su capacidad de extracción. El número total de tajos previstos aumenta de 11 en 1980 a 16 y 27 en 1985 y el año 2000, respectivamente. De estos la mayoría corresponde a minas de hierro y carbón, las que sin embargo disponen de una capacidad de extracción inferior a la de las explotacio-

nes de cobre. Para el conjunto de estas minas, la capacidad total debe incrementarse de 670 456 toneladas diarias en 1980 a 3 881 192 en el año 2000, que equivale a una tasa media anual de crecimiento de 9.1%.<sup>7</sup> La capacidad media de las minas probablemente crecerá de 60 951 toneladas en 1980, a casi 144 000 toneladas en el año 2000.

Cuadro II.50

PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO Y DE SU CAPACIDAD DE EXTRACCION, 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Número de minas <sup>1</sup>	9	11	16	20	27
Cobre	1	2	4	4	5
Hierro	4	4	6	8	11
Carbón	4	5	6	8	11
Capacidad media por mina (Ton-día)	37 181	60 951	77 899	97 080	143 748
Capacidad de extracción <sup>2</sup> (Ton-día)	334 628	670 456	1 246 224	1 941 610	3 881 192
Cobre	135 810	357 149	732 224	1 195 156	2 076 703
Hierro	90 000	150 000	255 000	357 000	924 000
Carbón	108 818	163 307	259 000	389 454	880 489
	1980	1985	1990	2000	2000
	1975	1980	1985	1990	1980
Tasas de incremento de la capacidad de extracción total (%)	14.9	13.2	9.3	7.2	9.2
Cobre	21.3	15.4	10.3	5.7	9.2
Hierro	10.8	11.2	7.0	10.0	9.5
Carbón	8.4	9.7	8.5	8.5	8.8

<sup>1</sup> Según cuadros II.16, II.21 y II.30. En el caso de las minas de carbón, en el año 2000 los datos de número de minas, capacidad media y capacidad total de extracción se refieren a la primera opción, o sea a minas más grandes.

<sup>2</sup> Según cuadros II.15, II.21 y II.30.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

El cuadro II.51 resume la proyección del número y capacidad de extracción de las minas subterráneas de minerales polimetálicos, manganeso, fluorita, barita y carbón.<sup>8</sup> Muestra que la capacidad de extracción está determinada fundamentalmente por las minas de minerales polimetálicos y de carbón. La capacidad total de las primeras aumentará

de 75 684 toneladas diarias en 1980 a 295 500 toneladas diarias en el año 2000, lo que equivale a una tasa media de crecimiento anual de 7.0%; y la de las segundas se elevará, respectivamente, de 16 794 a 122 424 toneladas diarias. En el mismo lapso se estima que el resto de las minas incrementará su capacidad en proporciones menores.

<sup>7</sup> La proyección no incluye la explotación de carbón no coquizable.

<sup>8</sup> El número de minas subterráneas no incluye las de carbón no coquizable ni las de fosforita.

Cuadro II.51

**PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS SUBTERRANEAS Y DE SU CAPACIDAD DE EXTRACCION, 1975-2000**

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Número de minas <sup>1</sup>	157	173	197	222	290
Polimetálicas <sup>2</sup>	139	152	168	187	238
Manganeso	1	1	1	2	2
Fluorita <sup>2</sup>	6	6	7	7	10
Barita	5	6	7	7	7
Carbón <sup>3</sup>	6	8	14	19	33
Capacidad media por mina, excepto de carbón (Ton-día)	355	511	621	822	1 230
Capacidad media por mina de carbón (Ton-día)	1 297	2 099	2 184	2 577	3 710
Capacidad de extracción <sup>4</sup>					
Subtotal (Ton-día)	53 587	84 259	113 630	166 769	316 161
Polimetálicas <sup>2</sup>	47 750	75 684	103 000	152 000	295 500
Manganeso	2 000	2 000	3 600	7 300	11 000
Fluorita <sup>2</sup>	2 697	3 845	4 443	5 055	7 287
Barita <sup>2</sup>	1 140	2 730	2 587	2 414	2 374
Carbón	7 782	16 794	30 582	48 954	122 424
	1980	1985	1990	2000	2000
	1975	1980	1985	1990	1980
Tasas de incremento de la capacidad de extracción (%) Subtotal	8	6.2	8.0	6.6	6.8
Polimetálicas	16.4	6.4	8.1	6.9	7.0
Manganeso	—	12.5	15.2	4.2	8.9
Fluorita	12.4	2.9	2.6	3.7	3.2
Barita	33.4	— 1.1	— 1.4	— 0.2	— 0.7
Carbón	16.6	12.7	9.9	9.6	10.4

<sup>1</sup> Con datos de los cuadros II.9, II.22, II.29, II.39 y II.48.

<sup>2</sup> En estos casos el año base de proyección fue 1977.

<sup>3</sup> Incluye sólo las minas con sistema de minado de "frente larga".

<sup>4</sup> Con datos de los cuadros II.9, II.22, II.29, II.39 y II.48.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

El cuadro II.52 presenta un resumen de las proyecciones del número y capacidad de las plantas de beneficio consideradas en el estudio.

El cuadro expone el crecimiento previsto de la capacidad de beneficio de las plantas de minas subterráneas polimetálicas, manganeso, barita, fluorita, cobre, hierro y carbón. Las plantas para beneficiar minerales polimetálicos y el cobre, hierro y carbón procedente de tajos representan la mayor proporción de la capacidad de beneficio. En el caso de la primera esta se eleva de 47 750 a 295 500 toneladas diarias en el periodo de proyección y resulta idéntica a la capacidad de extracción debido al supuesto de que la segunda está en función de la primera en este tipo de plantas. En las plantas de

beneficio de minerales de cobre, hierro y carbón la capacidad irá en aumento, de 27 000, 30 000 y 20 000 toneladas diarias, respectivamente, en 1975, a 644 000, 308 000 y 168 000 en el año 2000, representando tasas medias respectivas de crecimiento anual de 13.5, 9.7 y 8.9 por ciento.

Por lo que hace al número de plantas, el mayor incremento lo registran las de minas subterráneas polimetálicas al pasar de 139 en 1977 a 238 en el año 2000. Sin embargo, cabe destacar que dicho número incluye una elevada proporción de pequeñas plantas (cuya capacidad promedio es de 50 toneladas) que para efectos del cálculo de la demanda de equipo fueron excluidas.

Cuadro II.52

PROYECCION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO,  
1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Número de plantas <sup>1</sup>	179	198	221	243	313
Subtotal	170	186	203	223	281
Polimetálicas <sup>2</sup>	139	152	168	187	238
Manganeso	1	1	1	2	2
Fluorita <sup>2</sup>	11	13	14	15	26
Barita <sup>2</sup>	19	20	20	19	15
Cobre	1	2	4	4	4
Hierro	4	5	7	8	11
Carbón	4	5	7	8	17
Capacidad media por planta de beneficio (Ton-día)					
Polimetálicas	344	498	613	813	1 242
Cobre	27 162	53 306	60 514	91 935	160 985
Hierro	7 500	10 000	12 143	14 875	28 000
Carbón	4 887	6 221	7 047	9 272	9 865
Capacidad de beneficio <sup>3</sup> (Ton-día)					
Subtotal	62 033	94 687	135 550	196 300	376 300
Polimetálicas <sup>2</sup>	47 750	75 684	103 000	152 000	295 500
Manganeso	2 000	2 000	3 600	7 300	11 000
Fluorita <sup>2</sup>	10 210	14 174	24 200	31 700	64 400
Barita <sup>2</sup>	2 073	2 829	4 750	5 300	5 400
Cobre	27 162	106 612	242 058	367 740	643 939
Hierro	30 000	50 000	85 000	119 000	308 000
Carbón	19 548	31 107	49 330	74 176	167 703
	1980	1985	1990	2000	2000
	1975	1980	1985	1990	1980
Tasas de incremento de la capacidad de beneficio (%)					
Subtotal	—	7.4	7.7	6.7	7.1
Polimetálicas	16.4	6.4	8.1	6.9	7.0
Manganeso	—	12.5	15.2	4.2	8.9
Fluorita	11.4	11.3	5.5	7.3	7.9
Barita	10.8	10.9	2.2	—	3.3
Cobre	31.4	17.8	8.7	5.8	9.4
Hierro	10.8	11.2	7.0	10.0	9.5
Carbón	9.7	9.7	8.5	8.5	8.8

<sup>1</sup> El número de plantas de fluorita incluye, además de las que beneficiarían el mineral procedente de minas subterráneas, aquellas para rebeneficio de jales. En el caso del carbón se refiere a plantas lavadoras. Con datos de los cuadros II.9, II.13, II.20, II.22, II.31, II.37 y II.47.

<sup>2</sup> En estos casos el año base de proyección fue 1977.

<sup>3</sup> Con datos de los cuadros II.9, II.12, II.20, II.22, II.31, II.37 y II.47.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

La información contenida en los cuadros II.53 a II.58 resume, por rangos de capacidad, el número de minas y plantas de beneficio que se consideró para el cálculo del acervo de maquinaria y equipo en las explotaciones subterráneas de minerales polimetálicos, manganeso, fluorita, barita y carbón.

El número de minas se presenta por rangos de capacidad para los distintos años de la proyección en el cuadro II.53. Esta distribución permitió deter-

minar el acervo correspondiente a cada uno de los equipos analizados en el siguiente capítulo, multiplicando el número de minas por las unidades que de cada equipo se requieren en las mismas. Como podrá observarse, el número es menor al que aparece en el cuadro II.51 (principalmente en las de minerales polimetálicos) debido a que sólo se incluyen las minas de 250 ó más toneladas diarias de capacidad de extracción (véase el cuadro II.53).

Cuadro II.53

PROYECCION DEL NUMERO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, FLUORITA Y BARITA, POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE MAQUINARIA Y EQUIPO,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton-día)	Minas	1977	1985	1990	2000
	TOTAL	50	56	55	57
250	Subterráneas <sup>2</sup>	41	45	45	45
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	4	5	4	6
	De barita <sup>3</sup>	5	6	6	6
	TOTAL	13	26	32	43
1 000	Subterráneas <sup>2</sup>	11	23	28	38
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	2	2	3	4
	De barita <sup>3</sup>	—	1	1	1
	TOTAL	9	20	28	50
2 250	Subterráneas <sup>2</sup>	8	20	28	50
	De manganeso	1	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	1	6	12	25
4 000	Subterráneas <sup>2</sup>	1	5	10	25
	De manganeso	—	1	2	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	1	7
6 000	Subterráneas <sup>2</sup>	—	—	1	5
	De manganeso	—	—	—	2
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—

<sup>1</sup> El acervo correspondiente a cada uno de los equipos analizados en el siguiente capítulo se determinó multiplicando el número de minas según su capacidad, establecido en este cuadro, por las unidades que de cada equipo se requieren en minas de distintas capacidades. Por lo que hace al número de minas subterráneas de carbón, se consideraron solamente las explotaciones por el sistema de "frente larga" —número de frentes— del cuadro III.67 y el equipo requerido en éstas del cuadro III.68.

<sup>2</sup> No se incluyeron aquellas con capacidad menor o igual a 100 toneladas-día.

<sup>3</sup> El número de minas se distribuyó en los rangos de capacidad de 250 y 1 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadros II.9, II.22, II.39 y II.48.

Los cuadros del II.54 al II.58 incluyen la información correspondiente al número de plantas de beneficio que se consideró para el cálculo del acervo de maquinaria y equipo de estas instalaciones, de la misma manera que se hizo para las minas. Debido a que no todas las plantas utilizan el mismo equipo, se optó por elaborar un cuadro para cada uno de aquellos que fuera de uso común.

Las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, manganeso, fluorita y barita (Cuadros II.54 y II.56) permitieron calcular el acervo de quebradoras de quijada, alimentadores de

placa y cribas vibratorias. Para el cálculo del acervo de quebradoras de cono se incluyeron exclusivamente las subterráneas polimetálicas, de fluorita y barita, como podrá observarse en el cuadro II.55.

En el cuadro II.57 aparece el número de plantas que se consideró para el cálculo del acervo de molinos de bolas, ciclones, celdas de flotación, filtros y espesadores, mientras que en el último, (II.58), se incluyen las plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso que se emplearon para determinar el acervo de maquinaria y equipo que utilizarán.

Cuadro II.54

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, FLUORITA Y BARITA, POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE QUEBRADORAS DE QUIJADA,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Plantas	1977	1985	1990	2000
	<b>TOTAL</b>	<b>64</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>60</b>
250	Subterráneas <sup>2</sup>	41	45	45	45
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	4	5	4	6
	De barita <sup>3</sup>	19	20	15	9
	<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	<b>48</b>
1 000	Subterráneas <sup>2</sup>	11	23	28	38
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	2	2	3	4
	De barita <sup>3</sup>	—	—	4	6
	<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>50</b>
2 250	Subterráneas <sup>2</sup>	8	20	28	50
	De manganeso	1	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>25</b>
4 000	Subterráneas <sup>2</sup>	1	5	10	25
	De manganeso	—	1	2	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	<b>TOTAL</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
6 000	Subterráneas <sup>2</sup>	—	—	1	5
	De manganeso	—	—	—	2
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—

<sup>1</sup> El acervo de quebradoras de quijada se determinó en el siguiente capítulo multiplicando el número de plantas que las utilizan según su capacidad, establecido en este cuadro, por el número de quebradoras requeridas en plantas de distintas capacidades. El número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de manganeso y fluorita es igual al de minas, mientras que en el caso de la barita se consideró un mayor número de plantas debido al supuesto de que en la mayoría de ellas sólo es necesario el proceso de trituración y clasificación, sin embargo, como este equipo es común para cualquier sistema utilizado para beneficiar barita, se incluyeron todas las plantas.

<sup>2</sup> No se incluyeron aquellas con capacidad menor o igual a 100 toneladas-día.

<sup>3</sup> El número de plantas se distribuyó en los rangos de capacidad de 250 y 1 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadros II.9, II.22, II.39 y II.47.

Cuadro II.55

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA Y BARITA, POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE QUEBRADORAS DE CONO,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Plantas	1977	1985	1990	2000
	TOTAL	47	54	49	51
250	Subterráneas <sup>2</sup>	41	45	45	45
	De fluorita <sup>3</sup>	4	5	4	6
	De barita <sup>3</sup>	2	4	—	—
	TOTAL	13	25	35	48
1 000	Subterráneas <sup>2</sup>	11	23	28	38
	De fluorita <sup>3</sup>	2	2	3	4
	De barita <sup>3</sup>	—	—	4	6
	TOTAL	8	20	28	50
2 250	Subterráneas <sup>2</sup>	8	20	28	50
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	1	5	10	25
4 000	Subterráneas <sup>2</sup>	1	5	10	25
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	1	5
6 000	Subterráneas <sup>2</sup>	—	—	1	5
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	—	—

<sup>1</sup> El acervo de quebradoras de cono se determinó en el siguiente capítulo multiplicando el número de plantas que las utilizan según su capacidad, establecido en este cuadro, por el número de quebradoras requeridas en plantas de distintas capacidades. El número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita es igual al de minas, mientras que en el caso de la barita, las plantas consideradas corresponden a aquellas que requieren llevar a cabo todo el proceso de beneficio.

<sup>2</sup> No se incluyeron aquellas con capacidad menor o igual a 100 toneladas-día.

<sup>3</sup> El número de plantas se distribuyó en los rangos de capacidad de 250 y 1 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadros II.9, II.39 y II.47.

Cuadro II.56

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, FLUORITA Y BARITA POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Plantas	1977	1985	1990	2000
	TOTAL	64	70	64	60
250	Subterráneas <sup>2</sup>	41	45	45	45
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	4	5	4	6
	De barita <sup>3</sup>	19	20	15	9
	TOTAL	13	25	35	48
1 000	Subterráneas <sup>2</sup>	11	23	28	38
	De manganeso	—	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	2	2	3	4
	De barita <sup>3</sup>	—	—	4	6
	TOTAL	9	20	28	50
2 250	Subterráneas <sup>2</sup>	8	20	28	50
	De manganeso	1	—	—	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	1	6	12	25
4 000	Subterráneas <sup>2</sup>	1	5	10	25
	De manganeso	—	1	2	—
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	1	7
6 000	Subterráneas <sup>2</sup>	—	—	1	5
	De manganeso	—	—	—	2
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—

<sup>1</sup> El acervo de alimentadores de placa y cribas vibratorias se determinó en el siguiente capítulo multiplicando el número de plantas que los utilizan según su capacidad, establecido en este cuadro, por el número de estos equipos requeridos en plantas de distintas capacidades. El número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso y fluorita es igual al de minas, mientras que en el caso de la barita se consideró un mayor número de plantas debido al supuesto de que en la mayoría de ellas sólo es necesario el proceso de trituración y clasificación, sin embargo, como este equipo es común para cualquier sistema utilizado para beneficiar barita, se incluyeron todas las plantas.

<sup>2</sup> No se incluyen aquellas con capacidad menor o igual a 100 toneladas-día.

<sup>3</sup> El número de plantas se distribuyó en los rangos de capacidad de 250 y 1 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadros II.9, II.22, II.39 y II.47.

Cuadro II.57

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA, POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE MOLINOS DE BOLAS, CICLONES, CELDAS DE FLOTACION, FILTROS Y ESPESADORES,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Plantas	1977	1985	1990	2000
	TOTAL	48	54	49	51
250	Subterráneas <sup>2</sup>	41	45	45	45
	De fluorita <sup>3</sup>	4	5	4	6
	De jales de fluorita	1	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	2	4	—	—
	TOTAL	13	25	35	48
1 000	Subterráneas <sup>2</sup>	11	23	28	38
	De fluorita <sup>3</sup>	2	2	3	4
	De jales de fluorita	—	—	—	—
	De barita <sup>3</sup>	—	—	4	6
	TOTAL	9	21	30	55
2 250	Subterráneas <sup>2</sup>	8	20	28	50
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De jales de fluorita	1	1	2	5
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	2	7	13	30
4 000	Subterráneas <sup>2</sup>	1	5	10	25
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De jales de fluorita	1	2	3	5
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	TOTAL	—	1	2	8
6 000	Subterráneas <sup>2</sup>	—	—	1	5
	De fluorita <sup>3</sup>	—	—	—	—
	De jales de fluorita	—	1	1	3
	De barita <sup>3</sup>	—	—	—	—

<sup>1</sup> El acervo de estos equipos se determinó en el siguiente capítulo multiplicando el número de plantas que los utilizan según su capacidad, establecido en este cuadro, por el número de estos equipos requeridos en plantas de distintas capacidades. El número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita es igual al de minas, mientras que en el caso de la barita, las plantas consideradas corresponden a aquellas que requieren llevar a cabo todo el proceso de beneficio. Para el cálculo del acervo de molinos, ciclones, celdas, filtros y espesadores se incluyeron las plantas dedicadas al rebeneficio de jales para obtener fluorita.

<sup>2</sup> No se incluyeron aquellas con capacidad menor o igual a 100 toneladas-día.

<sup>3</sup> El número de plantas se distribuyó en los rangos de capacidad de 250 y 1 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadros II.9, II.39 y II.47.

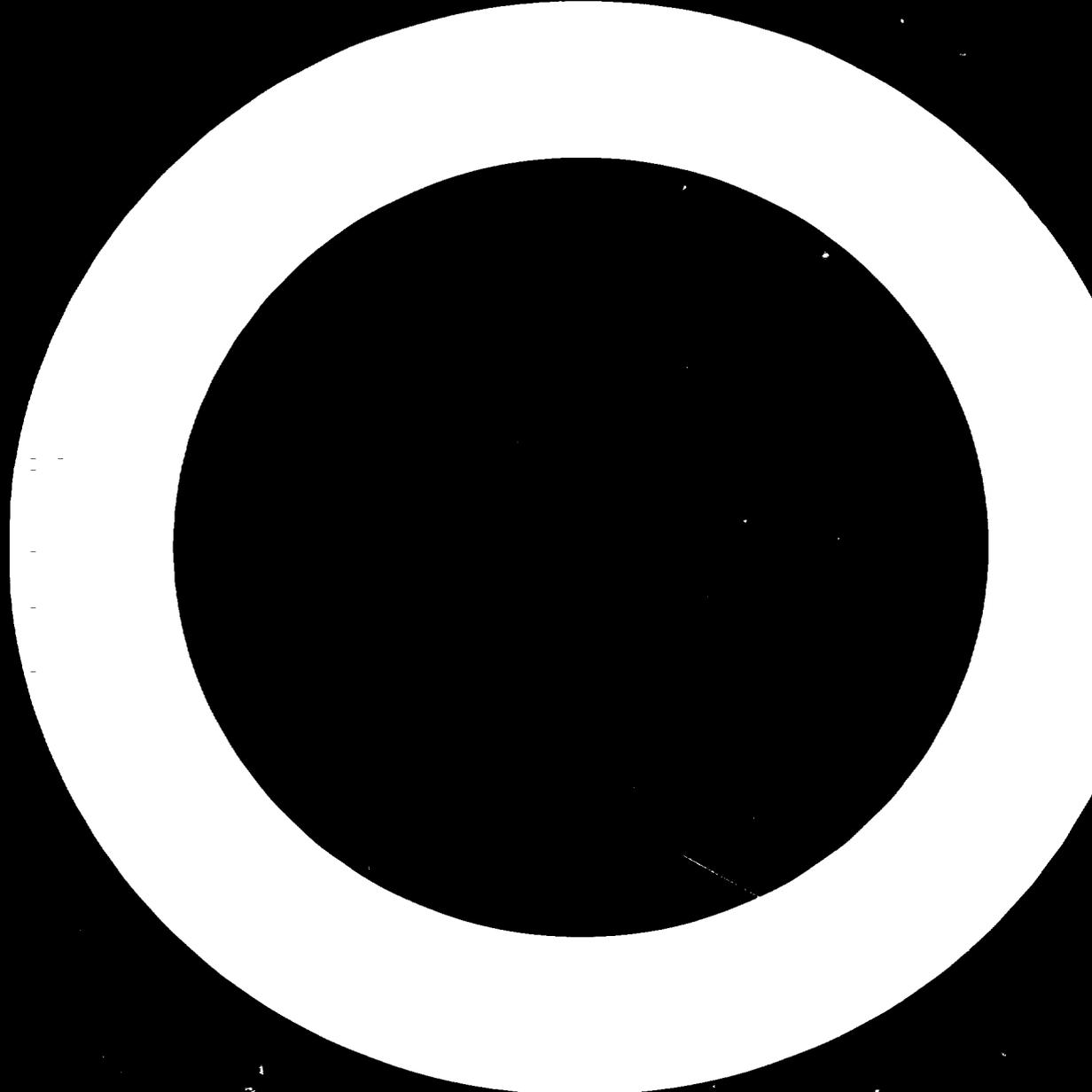
Cuadro II.58

PROYECCION DEL NUMERO DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON Y DE BENEFICIO DE MANGANESO,  
 POR RANGOS DE CAPACIDAD, CONSIDERADO PARA EL CALCULO DEL ACERVO DE CELDAS  
 DE FLOTACION, FILTROS, SECADORAS CENTRIFUGAS, JIGS Y QUEBRADORAS  
 ROTARIAS TIPO BRADFOR,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-año)	Plantas	1975	1985	1990	2000
	TOTAL	3	4	4	5
1 500	De carbón	2	3	2	5
	De manganeso	1	1	2	—
	TOTAL	2	1	—	2
2 100	De carbón	2	1	—	—
	De manganeso	—	—	—	2
	TOTAL	—	2	4	6
3 000	De carbón	—	2	4	6
	De manganeso	—	—	—	—
	TOTAL	—	1	2	4
4 500	De carbón	—	1	2	4
	De manganeso	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	—	2
6 000	De carbón	—	—	—	2
	De manganeso	—	—	—	—

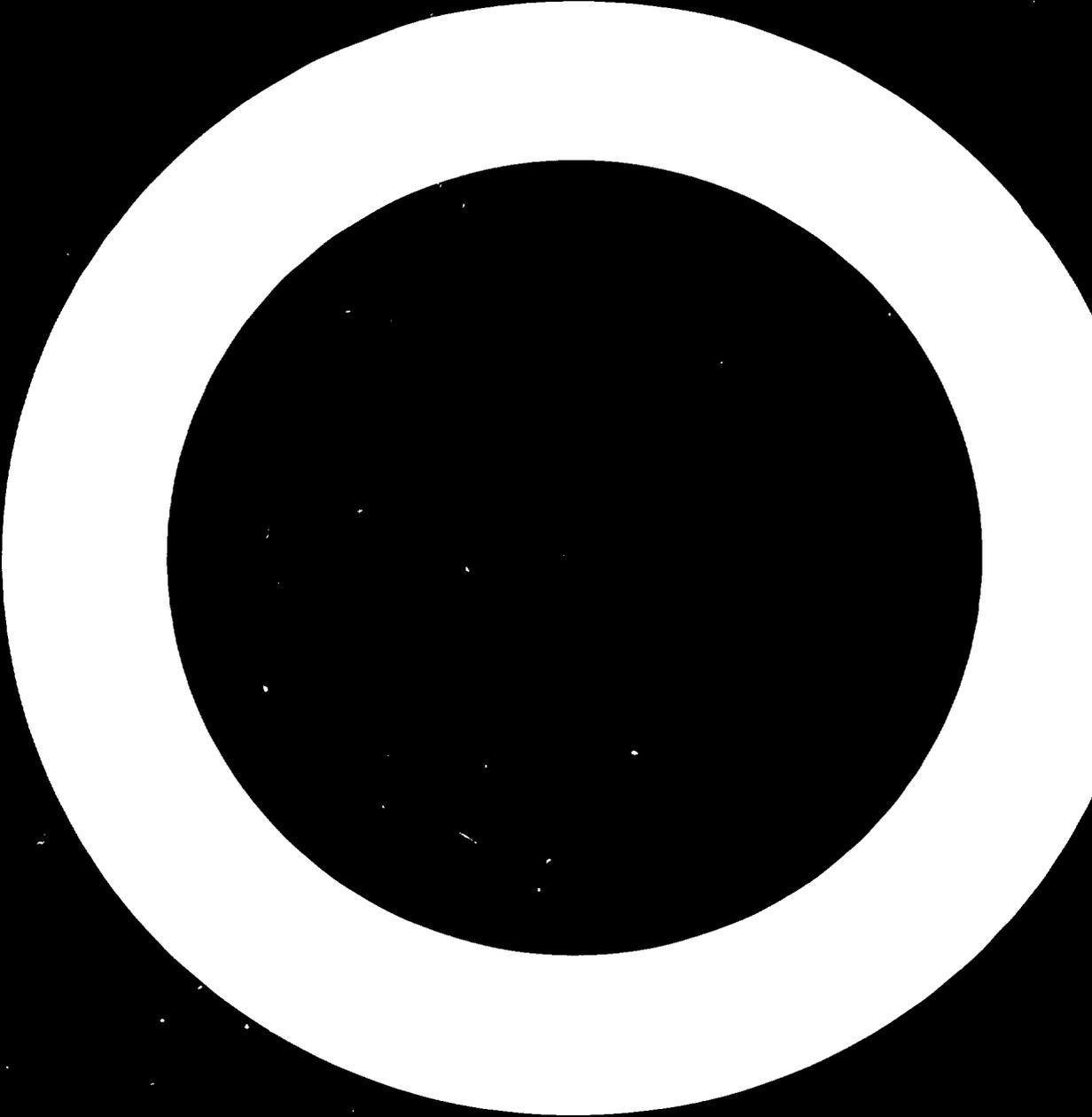
<sup>1</sup> El acervo de estos equipos —que son comunes para ambas plantas, excepto las quebradoras rotarias tipo bradfor, que se consideraron exclusivas de plantas de carbón— se determinó en el siguiente capítulo multiplicando el número de plantas que los utilizan según su capacidad, establecida en este cuadro, por el número de estos equipos requeridos en plantas de distintas capacidades. En el caso del manganeso, la capacidad de las plantas, dada anteriormente en toneladas-día, se multiplicó por 330 días de operación para adecuarla a los rangos determinados para plantas lavadoras de carbón.

FUENTE: Cuadros II.22 y II.31.



## CAPITULO III

DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO DEL SECTOR MINERO



### III. DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO DEL SECTOR MINERO

#### 1. INTRODUCCION

Esta parte del trabajo contiene los resultados de las proyecciones de la demanda de maquinaria y equipo para la industria minera de México, las cuales se apoyaron en diversos criterios respecto al número de minas y plantas, así como a sus respectivas capacidades que se establecieron en el capítulo anterior.

Dado que las características del equipo que se utiliza en esta industria dependen del tipo de explotación, el estudio se realizó considerando separadamente tres de estos tipos:

- a) Explotación a tajo abierto;
- b) Explotación subterránea; y
- c) Beneficio de minerales.

Ante la imposibilidad de tomar en cuenta a todos y cada uno de los equipos que forman parte del proceso de explotación y beneficio de los minerales, en cada caso se eligieron los más relevantes en función de sus costos y de su importancia en las operaciones. Se considera que la maquinaria y equipo seleccionados son representativos de los dos tipos de explotación y del proceso de beneficio, y que los resultados de las proyecciones ofrecen una cuantificación de la demanda de estos equipos que se generará a causa de la expansión prevista de la industria minera.

En el área de explotación, el estudio se centra en el equipo que requieren las minas a tajo abierto de cobre, hierro y carbón, y las minas subterráneas de minerales polimetálicos —cobre, plata, plomo, zinc— y de carbón. El equipo para plantas de beneficio es el que normalmente se utiliza para tratar dichos minerales.

De acuerdo con los resultados de las proyecciones de capacidad de producción elaboradas en el capítulo anterior, se supone que la mayor parte de la demanda de maquinaria y equipo para esta

industria proviene de la explotación y beneficio de los minerales mencionados. Sin embargo, también se toma en cuenta aquella que deriva de la explotación y beneficio de manganeso, fluorita y barita.

Las proyecciones parten de las necesidades de maquinaria y equipo establecidas para minas y plantas típicas de distintos rangos de capacidad, según la práctica moderna que se conoce en México y a nivel internacional. Aplicando los requerimientos de equipo al número de minas y plantas típicas obtenido conforme a las proyecciones del capítulo anterior, se determina el acervo de maquinaria y equipo que se requiere por rangos de capacidad durante los distintos lapsos de proyección.

La demanda de maquinaria y equipo surge de los incrementos en el número de minas y plantas, así como de la necesidad de reponer el equipo desgastado u obsoleto. Para el cálculo de la reposición se consideraron diversos criterios sobre la vida útil del equipo, específicamente para cada uno de los equipos estudiados. Además, se supuso que inicialmente el acervo de maquinaria y equipo existente en la industria minera se encontraba en un nivel de obsolescencia de 50 por ciento.

Para establecer criterios válidos sobre las características de la maquinaria y equipo necesario en minas y plantas de distinta capacidad, el estudio consideró una muestra de minas —tanto subterráneas como a tajo abierto— y plantas de beneficio, cuyas capacidades se utilizaron como modelo en el presente trabajo.

Las empresas de dicha muestra —que incluye plantas mineras localizadas en México y en el exterior— se consideraron representativas del universo no sólo por su capacidad, sino también por la tecnología que emplean en sus procesos de explotación y beneficio. De casi todas estas empresas se logró obtener información completa sobre la

maquinaria y equipo con que contaban para su operación.

Del estudio de esa información se derivaron los criterios para estimar los requerimientos de maquinaria y equipo según sus características y distintos rangos de capacidad.

El método de estimación más comúnmente usado fue determinar coeficientes que relacionaran la capacidad de cada equipo con la capacidad de tumbe o beneficio de mineral en cada una de las minas o plantas de la muestra. La media de los coeficientes así determinados se consideró un buen indicador para calcular el número de equipos necesarios.

Para obtener el número de unidades requeridas de cada equipo, se aplicó dicho coeficiente a los rangos de capacidad establecidos; para las minas y plantas, obteniéndose para cada una de ellas la capacidad necesaria de los distintos equipos. Debido a que gran parte de los equipos que se emplean para un mismo proceso específico —tanto en mina como en planta— varían con frecuencia en sus dimensiones, fue necesario adoptar ciertos supuestos para distribuir proporcionalmente las unidades requeridas de cada uno, según las dimensiones consideradas y el rango de capacidad de la mina o planta de que se trataba. En la mayoría de los casos esos supuestos se sustentaron en la distribución que los equipos presentaban en la muestra de minas y plantas.

Una vez establecido para cada tipo de equipo el número de unidades que se requerirían en las minas y plantas de distintas capacidades, los resultados se aplicaron a las proyecciones del número de minas y plantas del capítulo anterior. De esta manera se determinó el acervo de maquinaria y equipo para 1980, 1985, 1990 y el año 2000. El cálculo de la demanda incluye las unidades que incrementan el acervo y la reposición de las mismas.

De acuerdo a las características que se observan en el equipo de la muestra analizada, y tomando en cuenta la expansión prevista para la industria minera, se asumió que una parte significativa y creciente de la demanda de equipo corresponderá al de mayores dimensiones, lo que resulta

consecuente con la tendencia que se observa en minas y plantas modernas.

Por otra parte, debido a la necesidad de lograr niveles de productividad crecientes —dado el incremento de costos y precios que acusan algunos insumos, así como la disminución gradual en la ley de los minerales— parece razonable suponer que los equipos de menor tamaño tenderán a ser reemplazados por equipos de más capacidad y mayor grado de mecanización.

Aunque optar por el uso de equipos cada vez más eficientes, pero intensivos en capital, trae algunas implicaciones sobre la generación de empleos en la industria minera, se consideró apropiado seguir esta tendencia para estar en posibilidad de ser competitivos en el mercado internacional y lograr un aprovechamiento más adecuado de los recursos naturales.

Cabe destacar que en términos generales los supuestos en que se apoyan las estimaciones de demanda de maquinaria y equipo no consideran cambios sustanciales en la variable tecnológica, salvo en algunos equipos en los que sí se hace mención a esto.

Los resultados de las proyecciones de demanda se presentan para cada uno de los equipos considerados, por quinquenios y en total para el periodo 1980-2000. En cada caso se incluye la demanda en número de unidades según las dimensiones adoptadas, así como el valor correspondiente en miles de dólares a precios de 1977.

Para determinar el valor de la demanda se utilizaron precios LAB de cada uno de los equipos, obtenidos de los fabricantes y en algunos casos de los usuarios.

Del análisis de los resultados se desprende que a pesar de no haberse considerado toda la maquinaria y equipo indispensable para la operación de un complejo minero, los equipos estudiados representan, sin duda, la parte más importante de la demanda que generará esta industria. Tales resultados demuestran, además, que el país constituye un mercado atractivo para la fabricación interna de algunos de estos bienes.

## 2. EQUIPO Y MAQUINARIA PARA EXPLOTACION A TAJO ABIERTO

### 2.1 Introducción

El equipo y maquinaria para este tipo de explotación representa en valor monetario la mayor proporción de la demanda generada por la industria minera. Estos equipos constituyen generalmente el rubro más oneroso de las inversiones en maquinaria y equipo de un proyecto. Salvo algunos casos —como el de tractores de oruga y motoconformadoras—, la mayor parte son de importación y de acuerdo

con los resultados de las proyecciones, en el largo plazo muestran una demanda creciente.

Por tal motivo se estimó conveniente analizar con cierto detalle los siguientes tipos de equipo:

- Perforadoras rotarias
- "Draglines"

- Palas mecánicas
- Cargadores frontales
- Camiones fuera de carretera
- Tractores de oruga y de ruedas
- Motoconformadoras; y
- Motoescrepas

Los criterios que sirvieron de base para las proyecciones aparecen en cuadros por separado para cada tipo de equipo. En términos generales la información se presentó en el mismo orden, considerando los siguientes aspectos:

— Análisis de las características y composición de la maquinaria y equipo en operación en una muestra de minas.

— Supuestos, en base a la información anterior, sobre la capacidad y composición del equipo necesario en minas de distintas capacidades.

— Cálculo del acervo de maquinaria y equipo requerido en los distintos años del periodo de proyección y de la demanda, incluyendo la reposición del equipo obsoleto. Los resultados se presentan en términos de unidades necesarias de cada equipo —para algunos de éstos se hace el desglose según las características de los mismos— y su valor en miles de dólares a precios de 1977.

— Finalmente se añade una relación de las principales marcas de dichos equipos que existen en el mercado.

A fin de facilitar el análisis se hizo una agrupación de los equipos cuyas funciones son similares. Tal es el caso de los "draglines", palas mecánicas y cargadores frontales; así como el de los tractores de oruga y de ruedas.

En las proyecciones resultó básico el análisis estadístico de la información obtenida de una muestra de minas a tajo abierto de cobre y hierro, cuya capacidad de tumbe oscila de 20 000 a 320 000 toneladas diarias. De esta muestra se derivaron los supuestos sobre requerimientos y características de la maquinaria y equipo necesarios en las minas de distintas capacidades.

Mediante correcciones a ciertos factores adoptados a partir del equipo necesario en minas de cobre y hierro, se determinó el de los tajos de carbón. Dichos factores resultaron de comparar las características de los equipos utilizados en una muestra reducida de minas de carbón a tajo abierto con las de los empleados en minas de similar capacidad de cobre y hierro. Sin embargo, en virtud de que existen diferencias en la consistencia del terreno entre ambos tipos de minas, así como consideraciones de costo, que en general obligan a suspender más rápidamente la explotación de un tajo de carbón que uno de cobre o hierro, los factores tomados en cuenta permitieron definir de manera más adecuada las características del equipo necesario en tajos de carbón.

La explotación de los minerales no metálicos a tajo abierto no se incluyó en la demanda, ya que su impacto es muy limitado frente a la explotación a tajo abierto de cobre, hierro y carbón.

## 2.2 Perforadoras rotarias

La función principal de este equipo en las explotaciones a tajo abierto es la de barrenado. Generalmente el número de perforadoras en un tajo, así como su capacidad de perforación medida por el diámetro de las brocas, dependen de la capacidad de extracción de la mina.

La estimación de la demanda de este equipo se apoya en las características de las perforadoras existentes en una muestra de 12 minas a tajo, de cobre y hierro, de distintas capacidades.

En estas minas se utilizan perforadoras rotarias cuyos diámetros de broca varían de 7 a 12¼ pulgadas; se supone que en el futuro podrán emplearse hasta de 15 pulgadas. Para efectos de análisis este concepto se adoptó como indicador de la capacidad de perforación en una mina. Así, la capacidad de perforación en las minas de la muestra resultó de sumar los diámetros de las brocas de las perforadoras existentes. Esta capacidad se dividió entre la nominal de tumbe de cada mina y se obtuvo un coeficiente "P" que indica la capacidad de perforación —en pulgadas de diámetro de las brocas— por mil toneladas de tumbe de la mina. El comportamiento de esta relación fue bastante estable en las minas de mayor capacidad.

Según la capacidad de tumbe de las minas, éstas se dividieron en dos grupos: de menor y de

mayor capacidad y se obtuvo un promedio de los coeficientes "P" de cada grupo. En el caso del primero, que se refiere exclusivamente a minas de hierro existentes en México, el coeficiente fue de 0.67, mientras que en las minas de mayor capacidad fue de 0.33. De estas últimas se excluyó a Cananea y Morenci debido a que su coeficiente resultó muy superior al de las demás minas, por lo que se consideró que no era muy representativo (véase el cuadro III.1).

En base a los coeficientes se determinó la capacidad de perforación requerida en las minas de distintos rangos de capacidad. Ello resultó de multiplicar los coeficientes por cada uno de los rangos, obteniéndose el diámetro en pulgadas necesario. En el caso del rango de 25 000 toneladas se aplicó el coeficiente de las minas de menor capacidad (0.67); y para los rangos de 50 000 o más toneladas se aplicó el otro (0.33).

Los diferentes diámetros de broca detectados en la muestra permitieron establecer la estructura de la distribución de las perforadoras en minas de distintas capacidades que cuentan con más de una perforadora rotaria (véase el cuadro III.2).

Esta estructura permitió, a su vez, distribuir la capacidad de perforación de las minas por tipos de perforadoras según su diámetro de broca. Los resultados aparecen en el cuadro III.3, donde el

número de perforadoras necesarias incluye fracciones debido a los supuestos que se consideraron para su estimación; en el cálculo final las cifras se redondearon a unidades completas.

Se aprecia que a mayor capacidad de tumbe en las minas, corresponde también una mayor capacidad de perforación, misma que se refleja en el número de perforadoras y en su diámetro de broca. Se supuso que la demanda de este equipo se centraría sólo en cinco tipos de perforadoras rotarias, es decir, desde las más pequeñas de 7 pulgadas de diámetro, hasta las de 15 pulgadas propias de grandes explotaciones.

En el caso de las minas de carbón, debido a que se dispuso de información para muy pocos tajos no fue posible hacer un análisis detallado como sucedió para el cobre y el hierro, por lo que se recurrió a una simple comparación de la capacidad de perforación de la reducida muestra de minas de carbón con los supuestos que se adoptaron para las minas de similar capacidad de cobre y hierro. De esta manera se supuso que las minas de carbón, en general, requerirían de una capacidad de perforación 50% menor que las de cobre y hierro en igualdad de condiciones de tumbe. Este criterio parece razonable si se toman en cuenta las características de ambos tipos de minerales (véase el cuadro III.4).

Los resultados de la capacidad de perforación requerida en minas a tajo de carbón en los cinco rangos de capacidad de tumbe que se adoptaron aparecen en el cuadro III.5. Las perforadoras necesarias se distribuyeron sólo en los tipos de 7 y 9 pulgadas de diámetro de broca.

En base a las proyecciones de capacidad de producción de las explotaciones a tajo abierto de cobre, hierro y carbón del capítulo anterior, y a los

resultados de los cuadros III.3 y III.5 de este apartado, se calculó el acervo de perforadoras rotarias necesario en el periodo de proyección (véase el cuadro III.6).

La demanda de los diferentes tipos de perforadoras considerados en el análisis se calculó tomando en cuenta el incremento que deberá registrar el acervo, de un periodo a otro de la proyección, y el derivado de la reposición de este equipo. Para ello se estimó que la vida útil de una perforadora es de diez años y que en 1975 las existentes en el país tenían un 50% de obsolescencia.

La demanda total se presenta en el cuadro III.7, donde se observa que para el periodo 1980-2000 la industria minera nacional requerirá de 186 perforadoras rotarias de distintos diámetros de broca, entre los que destacan los de mayor tamaño.

Los precios del equipo se dan en miles de dólares de 1977. En base a ellos se estimó el valor de la demanda, que resultó de 107.4 millones de dólares para el periodo 1980-2000 (véanse los cuadros III.8 y III.9).

Finalmente se presenta una relación de los modelos de perforadoras rotarias utilizados en la muestra de minas y se mencionan otras marcas existentes en el mercado (véase el cuadro III.10).

Por lo que respecta al desarrollo tecnológico de estos equipos, existe la posibilidad de que se generalice la utilización de perforadoras de mayor capacidad, dada la tendencia que se observa en la magnitud de las explotaciones a tajo de minerales como el cobre, principalmente. Por otra parte, se puede esperar la fabricación de equipo que perfora no sólo verticalmente sino también en otras posiciones.

Cuadro III.1

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS PERFORADORAS ROTARIAS Y LA DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

M i n a	(A) Capacidad nominal de tumbe (Miles de ton-día)	(B) Capacidad de perforación (Pulgadas de diámetro)	Coefficiente de perforación (P) por mil toneladas de capacidad de tumbe (P) = (B)/(A)
De menor capacidad (10 000 a 49 000 ton-día)			
La Perla	20	20.0	1.00
Peña Colorada	21	16.0	0.76
Las Truchas	38	9.0	0.24
Promedio			0.67
De mayor capacidad (50 000 a 350 000 ton-día)			
Asarco/ Sacaton	93	31.0	0.33
Phelps Dodge/Metcalf	135	49.0	0.36
Cananea	163	114.0	0.70 <sup>1</sup>
Kennecott/Ray	169	69.5	0.41
La Caridad	180	46.5	0.26
Ciprus Pima/Tucson	193	71.0	0.37
Phelps Dodge/Morenci	198	145.0	0.73 <sup>1</sup>
Anaconda/Butte	301	88.0	0.29
Duval Sierrita/Tucson	320	93.0	0.29
Promedio			0.33

<sup>1</sup> Se excluyó de la muestra.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.2

## CAPACIDAD DE LAS PERFORADORAS ROTATORIAS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	Capacidad nominal de tumbe (Miles de ton-día)	Capacidad de perforación (Pulgadas de diámetro)					
		Total			7		
		Perforadoras	Capacidad	%	Perforadoras	Capacidad	%
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>493</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
La Perla	20	2	20	100	—	—	—
Peña Colorada	21	2	16	100	1	7	44
Las Truchas	38	1	9	100	—	—	—
Asarco/Sacaton	93	3	31	100	—	—	—
Phelps Dodge/Metcalf	35	4	49	100	—	—	—
Kennecott/Ray	169	7	69.5	100	—	—	—
La Caridad	180	4	46.5	100	—	—	—
Ciprus Pima/Tucson	193	6	71	100	—	—	—
Anaconda/Butte	301	8	88	100	—	—	—
Duval Sierrita/Tucson	320	8	93	100	—	—	—

Mina	Capacidad de perforación (Pulgadas de diámetro)								
	9			11			12¼		
	Perforadoras	Capacidad	%	Perforadoras	Capacidad	%	Perforadoras	Capacidad	%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>81</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>209</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>196</b>	<b>40</b>
La Perla	1	9	45	1	11	55	—	—	—
Peña Colorada	1	9	56	—	—	—	—	—	—
Las Truchas	1	9	100	—	—	—	—	—	—
Asarco/Sacaton	1	9	29	2	22	71	—	—	—
Phelps Dodge/Metcalf	—	—	—	—	—	—	4	49	100
Kennecott/Ray	5	45	65	—	—	—	2	24.5	35
La Caridad	—	—	—	2	22	47	2	24.5	53
Ciprus Pima/Tucson	—	—	—	2	22	31	4	49	69
Anaconda Butte	—	—	—	8	88	100	—	—	—
Duval Sierrita/Tucson	—	—	—	4	44	47	4	49	53

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.3

## PERFORADORAS ROTARIAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Coefficiente de perforación (P) por mil toneladas de capacidad de tumbe <sup>1</sup>	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Capacidad de perforación requerida <sup>2</sup> (Pulgadas de diámetro)	17	17	25	33	50	66	99	132	165
Distribución de la capacidad en perforadoras de distintos diámetros (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	50	30	—	—	—	—	—	—
11	—	50	70	50	50	30	30	—	—
12¼	—	—	—	50	50	70	70	50	30
15	—	—	—	—	—	—	—	50	70
Número de unidades <sup>3</sup>	1.9	1.7	2.4	2.8	4.3	5.6	8.4	9.8	11.7
9	1.9	0.9	0.8	—	—	—	—	—	—
11	—	0.8	1.6	1.5	2.3	1.8	2.7	—	—
12¼	—	—	—	1.3	2.0	3.8	5.7	5.4	4.0
15	—	—	—	—	—	—	—	4.4	7.7

<sup>1</sup> En base al cuadro III.1.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de perforación (P) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.

<sup>3</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de perforación, en la proporción que se indica, en cada uno de los modelos de perforadoras rotarias considerados.

FUENTE: Cuadro III.1.

Cuadro III.4

COMPARACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS PERFORADORAS ROTARIAS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE CARBON Y EN MINAS DE COBRE Y HIERRO DE RANGOS SIMILARES DE CAPACIDAD DE TUMBE

Mina	Capacidad nominal de tumba (Toneladas-día)	Capacidad de perforación				(A)/(B) <sup>3</sup>
		En minas de carbón		En minas de cobre y hierro		
		Perforadoras	Diámetro de las brocas (A) (Pulgadas)	Perforadoras <sup>1</sup>	Diámetro de las brocas <sup>2</sup> (B) (Pulgadas)	
La Florida	40 000	1	6.2	1.7	13.2	0.47
Westfield	81 000	4	22.7	2.4	26.7	0.85
Rapatee	140 000	1	11.0	4.3	46.2	0.24
Martiki	184 000	4	—	5.6	60.7	—

<sup>1</sup> Corresponde al número de unidades determinado en el cuadro III.3, para minas de cobre y hierro de 50 000, 75 000, 150 000 y 200 000 toneladas-día de capacidad de tumba.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar la capacidad de tumba de las minas de carbón de la muestra por el coeficiente de perforación (0.33) establecido para tajos de cobre y hierro.

<sup>3</sup> De estos resultados derivó el supuesto de que las minas de carbón requieren 50% menos de capacidad de perforadoras rotarias que las de cobre y hierro.

FUENTE: En base a información de la muestra de minas y con datos del cuadro III.3.

Cuadro III.5

PERFORADORAS ROTARIAS REQUERIDAS EN MINAS DE CARBON A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Miles de ton-día)				
	25	50	75	100	150
Capacidad de perforación requerida <sup>1</sup> (Pulgadas de diámetro)	8.5	8.5	12.5	16.5	25.0
Distribución de la capacidad en perforadoras de distintos diámetros (%)	100	100	100	100	100
7	100	100	100	50	50
9	—	—	—	50	50
Número de unidades <sup>2</sup>	1.2	1.2	1.7	2.1	3.2
7	1.2	1.2	1.8	1.2	1.8
9	—	—	—	0.9	1.4

<sup>1</sup> Se estima que las minas a tajo abierto de carbón requieren la mitad de la capacidad de perforación que emplean las de cobre y hierro (véase el cuadro III.3).

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de perforación, en la proporción que se indica, en cada uno de los modelos de perforadoras rotarias considerados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del cuadro III.3.

Cuadro III.6

PROYECCION DEL NUMERO DE PERFORADORAS ROTARIAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro de las brocas (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	17	24	38	57	105
7	5 <sup>2</sup>	6	7	10	14
9	8	6	8	11	14
11	2	6	8	9	18
12 1/4	2	6	11	15	31
15	—	—	4	12	28

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.15, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.3 y III.5.

<sup>2</sup> Se consideran cuatro minas de carbón de 25 000 toneladas-día.

FUENTE: Cuadro III.3.

Cuadro III.7  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE PERFORADORAS ROTARIAS REQUERIDAS EN MINAS DE  
 COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

(Unidades)

Diámetro de las brocas (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>68</b>	<b>186</b>
7	5	6	1	9	3	11	30
9	8	6	2	9	3	11	31
11	2	5	2	7	6	12	33
12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2	6	5	10	13	18	52
15	—	—	4	8	12	16	40

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el número de perforadoras rotarias determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 10 años.

FUENTE: Cuadro. III.6

Cuadro III.8  
**PRECIO UNITARIO DE LAS PERFORADORAS  
 ROTARIAS**

(Miles de dólares de 1977)

Diámetro de las brocas (Pulgadas)	Precio (LAB)
7	230
9	350
11	500
12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	715
15	900

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

Cuadro III.9  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE PERFORADORAS ROTARIAS REQUERIDAS EN MINAS DE  
 COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Diámetro de las brocas (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>6 380</b>	<b>10 770</b>	<b>9 105</b>	<b>23 070</b>	<b>24 835</b>	<b>39 650</b>	<b>107 430</b>
7	1 150	1 380	230	2 070	690	2 530	6 900
9	2 800	2 100	700	3 150	1 050	3 850	10 850
11	1 000	3 000	1 000	3 500	3 000	6 000	16 500
12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 430	4 290	3 575	7 150	9 295	12 870	37 180
15	—	—	3 600	7 200	10 800	14 400	36 000

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de los cuadros III.7 y III.8.

Cuadro III.10

## RELACION DE LOS MODELOS DE PERFORADORAS ROTARIAS UTILIZADOS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marcas	Modelo	Diámetro de las brocas (Pulgadas)	Número de unidades
Bucyrus Erie	40 R	9	6
	45 R	11	15
	60 R	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	16
Chicago Pneumatic	T-750	11	4
	1 700	9	1
Robbins	RRT-60	9	1
Joy	RR 10S	9	1
Ingersoll Rand	DM 4	7	1
<i>Otras marcas</i>			
Marion			
Schramm			
Gardner Denver			
Boyles Brothers			
Smith International			
Mobile Drilling			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

## 2.3 Palas mecánicas, cargadores frontales y "draglines"

En las explotaciones a tajo abierto, las palas mecánicas, cargadores frontales y "draglines" son fundamentales por las funciones que desempeñan. Asimismo, representan una parte importante de las inversiones en maquinaria.

Las palas y cargadores son de uso general en minas de cobre, hierro y carbón, mientras que los "draglines" se emplean principalmente en minas de carbón. Esto en parte se explica por la dureza de los minerales que limita su uso en las minas de cobre y hierro.

En la muestra de minas analizada pudo corroborarse que el uso de palas mecánicas es más general en las minas con capacidad superior a 50 000 toneladas de tumbe diario, mientras que en los rangos inferiores prevalecen los cargadores frontales. Esto no implica que en las minas grandes no se utilicen cargadores; más bien existe la tendencia a reemplazar las palas de menor capacidad por cargadores frontales cada vez mayores. La ventaja que tienen estos últimos sobre las palas es que son más fáciles de maniobrar y menos costosos.

Para efectos de análisis, la capacidad de acarreo de estos equipos se determinó en base a la capacidad en yardas cúbicas del cucharón. Entre los distintos equipos existen diferencias significativas. Mientras que en las palas su capacidad puede variar de 4 hasta 50 yardas cúbicas, en los

"draglines" existe una gama de rangos muy amplia, ya que se fabrican hasta de 220 yardas cúbicas. Los cargadores son de capacidad más reducida, generalmente de 2 a 20 yardas cúbicas.

En las minas de la muestra los rangos de capacidad variaron en las palas de 3.5 a 25 yardas cúbicas, concentrándose la proporción más alta en el de 15; en los cargadores frontales de 2 a 15 yardas cúbicas, siendo los más comunes, los de 12; y en los "draglines" de 10 a 80 yardas cúbicas.

De la misma manera que en las perforadoras rotarias, las estimaciones de demanda de estos tres equipos se apoyan en el análisis de la información disponible para la muestra de minas. Además, se cuidó de establecer parámetros que permitieran indicar la utilización de palas en combinación con cargadores en el caso de las minas de cobre y hierro, y "draglines" con cargadores en el de las minas de carbón.

En el cuadro III.11 se incluyen los datos sobre la capacidad de acarreo de las palas y los cargadores frontales utilizados en 12 minas. Esta capacidad se relaciona con la de tumbe y el coeficiente obtenido indica la capacidad de acarreo por mil toneladas de capacidad de tumbe en esas minas. La media de los coeficientes indicó que para las minas de hierro, por el mayor peso específico del mineral, convenía adoptar un coeficiente de 1.65 mientras que para las de cobre el de 0.70,

que representa el coeficiente promedio de nueve de ellas. En ambos casos se excluyó a una empresa que no se consideró representativa de la muestra por tener exceso de palas y cargadores en relación a la capacidad de la mina (véase el cuadro III.11).

En los cuadros del III.12 al III.14 se analizan con más detalle las características y la capacidad de acarreo de los equipos, así como la distribución de esta última en las minas de distintos rangos de capacidad que constituyeron la muestra.

El coeficiente de 0.70 para minas de cobre se aplicó a los nueve rangos de capacidad de tumba asumidos para obtener la capacidad de acarreo en yardas cúbicas requerida en minas a tajo de cobre y hierro. Dicha capacidad se distribuyó entre las palas y cargadores bajo el supuesto de que las primeras participarán con una proporción más elevada que las segundas (véase el cuadro III.15).

Para las palas se supone que la capacidad de acarreo requerida en minas de cobre y hierro a tajo abierto será cubierta por cuatro modelos cuyas capacidades son 8, 15, 20 y 25 yardas cúbicas. El número de unidades necesarias resulta de distribuir la capacidad de acarreo entre los modelos considerados, estimándose que en minas hasta con capacidad de 100 000 toneladas diarias sólo serán utilizados equipos de 8 y 15 yardas cúbicas, mientras que en las de 150 000 o más toneladas diarias se emplearán los de 15, 20 y 25 yardas cúbicas. La distribución supone que, conforme se pasa de un rango a otro de capacidad en la mina, habrá un desplazamiento hacia el uso de palas cada vez más grandes (véase el cuadro III.16).

En cuanto a los cargadores, los criterios son los mismos, salvo que en este caso sólo se contempla la posibilidad de que sean utilizados tres modelos: de 4, 12 y 15 yardas cúbicas (véase el cuadro III.17).

En el caso de las minas de cobre, la capacidad de acarreo de las palas y los cargadores obtenida en los cuadros III.16 y III.17 refleja las necesidades reales, mas no en las minas de hierro que generalmente requieren de una capacidad de acarreo mayor. Por consiguiente, al determinar el número total de estos equipos en el periodo de proyección se cuidó de que a dicha capacidad se le aplicara un factor 2 para las minas de hierro.<sup>1</sup>

Al examinar la muestra se encontró que en algunos casos las minas de carbón utilizaban sólo "draglines", mientras que en otros había una combinación de éstos y de palas mecánicas. Para fines de proyección se pensó que en lo sucesivo se utilizarán "draglines" como equipo principal y cargadores frontales como equipo auxiliar (véanse los cuadros III.18 a III.20).

De la comparación que se hizo entre la capacidad de acarreo utilizada en minas de carbón por

un lado, y de cobre por otro, se obtuvo un coeficiente que hizo evidente que en las primeras será necesaria mucha más capacidad que en las segundas (véase el cuadro III.19). En base a ese coeficiente se estimaron en el cuadro III.20 los requerimientos de capacidad de acarreo de las minas de carbón, mismos que se distribuyeron en una proporción de 75% para "draglines" y 25% para cargadores frontales.

A su vez, la capacidad de acarreo se distribuyó para cada uno de los equipos en tres modelos: en el caso de los cargadores fueron de 4, 12 y 15 yardas cúbicas y en el de los "draglines" de 12, 22 y 45 yardas cúbicas, lo que permitió determinar para cada uno de estos modelos el número de unidades necesarias en minas de carbón de distintos rangos de capacidad (véase el cuadro III.21).

Para los tres tipos de minas a tajo abierto: cobre, hierro y carbón, se consolidó el acervo de cargadores, palas y "draglines" por quinquenios. En cada uno de los equipos se desglosa, en los modelos que se consideraron de capacidad de acarreo en yardas cúbicas, el número de unidades que deberán constituir el acervo (véanse los cuadros III.22 a III.24).

La demanda total de los tres equipos incluye la reposición de los mismos. En cada caso se adoptan distintos criterios sobre la vida útil. Los resultados se presentan por quinquenios en número de unidades que de cada tipo demandará la industria minera, así como un resumen de la demanda total en el periodo 1980-2000 (véanse los cuadros III.25 a III.27). Puede observarse que la magnitud de la demanda de palas y cargadores en las explotaciones a tajo abierto de cobre, hierro y carbón es considerable, ya que en ambos casos supera las 220 unidades en el lapso 1980-2000. La demanda de "draglines" asciende a 51 unidades en el mismo periodo.

Los precios que se utilizaron para cuantificar el valor de la demanda de esos equipos, en miles de dólares de 1977, se tomaron de catálogos de proveedores o fabricantes, se obtuvieron directamente de los usuarios o fueron estimados (véanse los cuadros III.28 a III.30).

El resumen de la demanda de los tres equipos se presenta en el cuadro III.31; en conjunto, para los años de 1980 a 2000, su valor ascenderá a 654.4 millones de dólares de 1977, de los cuales 410.5 millones corresponden a palas mecánicas, 53.5 a cargadores frontales y 190.3 millones de dólares a "draglines".

Los últimos cuadros (III.32 y III.33) anexos a este apartado contienen datos adicionales sobre algunas de las características de estos equipos, así como una relación de las principales marcas existentes en el mundo.

Para los próximos años probablemente se acentúen las tendencias a reemplazar las palas mecánicas de menor capacidad por cargadores frontales y a un mayor uso de las palas hidráulicas.

<sup>1</sup> Esto se basa en el hecho de que la relación entre la capacidad de acarreo por mil toneladas de tumba en las minas de hierro es superior en 100% a la de las minas de cobre, como puede apreciarse en el cuadro III.11.

Cuadro III.11

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE ACARREO DE LAS PALAS MECANICAS Y DE LOS CARGADORES FRONTALES Y DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	(A) Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-día)	Palas mecánicas		Cargadores frontales		Total		Coeficiente de acarreo (Y) por mil toneladas de capacidad de tumba (Y) = (B)/(A)
		Capacidad de acarreo (Ydcu)	%	Capacidad de acarreo	%	(B) Capacidad de acarreo (Ydcu)	%	
De menor capacidad (10 000 a 49 000 ton-día)								
La Perla	20	7	18	32	82	39	100	1.95
Peña Colorada	21	—	—	70	100	70	100	3.33 <sup>1</sup>
Las Truchas	38	—	—	52	100	52	100	1.36
Promedio								1.65 <sup>2</sup>
De mayor capacidad (50 000 a 350 000 ton-día)								
Asarco/Sacaton	93	27	53	24	47	51	100	0.55
Phelps Dodge/Metcalf	135	75	88	10	12	85	100	0.63
Cananea	163	136	55	110	45	246	100	1.51 <sup>1</sup>
Kennecott/Ray	169	118	100	—	—	118	100	0.70
La Caridad	180	80	81	19	19	99	100	0.55
Ciprus Pima/Tucson	193	152	84	30	16	182	100	0.94
Phelps Dodge/Morenci	198	169	91	16	9	185	100	0.93
Anaconda/Butte	301	153	75	50	25	203	100	0.67
Duval Sierrita/Tucson	320	150	76	48	24	198	100	0.62
Promedio								0.70

<sup>1</sup> Se excluyó de la muestra.

<sup>2</sup> Las minas de menor capacidad incluidas en la muestra son todas de hierro. Por el mayor peso específico de este mineral, se estimó que requerirían más capacidad de acarreo que las minas de cobre.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.12

CARACTERISTICAS DE LAS PALAS MECANICAS Y DE LOS CARGADORES FRONTALES EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Total	Capacidad de acarreo (Ydcu)								
		Palas mecánicas					Cargadores frontales			
		Menos de 6	6 a 10	12 a 16	18 a 23	24 a 28	Total	2 a 6	9 a 13	14 a 18
Capacidad de acarreo en el rango (Ydcu)	931	7	180	639	80	25	281	32	219	30
Estructura (%)	100	1	19	69	8	3	100	11	78	11
Número de unidades	74	2	24	43	4	1	32	9	21	2
Capacidad promedio en el rango (Ydcu)	—	3.5	7.5	14.9	20	25	—	3.5	10.4	15

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.13  
CAPACIDAD DE LAS PALAS MECANICAS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE  
Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-día)	Capacidad de acarreo (Ydcu)											
		Total		Menos de 6		6 a 10		12 a 16		20		25	
		Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%
<b>TOTAL</b>		<b>931</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>180</b>	<b>19</b>	<b>639</b>	<b>69</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>3</b>
La Perla	20	7	100	7	100	—	—	—	—	—	—	—	—
Las Truchas	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Asarco/Sacaton	93	27	100	—	—	27	100	—	—	—	—	—	—
Phelps Dodge/Metcalf	35	75	100	—	—	—	—	75	100	—	—	—	—
Kennecott/Ray	169	118	100	—	—	33	28	60	50	—	—	25	22
La Caridad	180	80	100	—	—	—	—	80	100	—	—	—	—
Ciprus Pima/Tucson	193	152	100	—	—	32	20	60	40	60	40	—	—
Phelps Dodge/Morenci	198	169	100	—	—	88	50	81	50	—	—	—	—
Anaconda/Butte	301	153	100	—	—	—	—	133	87	20	13	—	—
Duval Sierrita/Tucson	320	150	100	—	—	—	—	150	100	—	—	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.14  
CAPACIDAD DE LOS CARGADORES FRONTALES EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE  
Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-día)	Capacidad de acarreo (Ydcu)									
		Total		2 a 6		9 a 13		14 a 18			
		Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%		
<b>TOTAL</b>		<b>281</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>219</b>	<b>78</b>	<b>30</b>	<b>11</b>		
La Perla	20	32	100	—	—	32	100	—	—		
Las Truchas	38	52	100	4	8	48	92	—	—		
Asarco/Sacaton	93	24	100	—	—	24	100	—	—		
Phelps Dodge/Metcalf	135	10	100	—	—	10	100	—	—		
Kennecott/Ray	169	—	—	—	—	—	—	—	—		
La Caridad	180	19	100	6	31	13	69	—	—		
Ciprus Pima/Tucson	193	30	100	—	—	—	—	30	100		
Phelps Dodge/Morenci	198	16	100	16	100	—	—	—	—		
Anaconda/Butte	301	50	100	6	12	44	88	—	—		
Duval Sierrita/Tucson	320	48	100	—	—	48	100	—	—		

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.15

## CAPACIDAD DE ACARREO DE LAS PALAS MECANICAS Y DE LOS CARGADORES FRONTALES REQUERIDA EN MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Coefficiente de acarreo (Y) por mil toneladas de capacidad de tumbe <sup>1</sup>	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Capacidad de acarreo requerida <sup>2</sup> (Ydcu)	18	35	52	70	105	140	210	280	350
Distribución de la capacidad entre: (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Palas mecánicas	—	60	60	70	75	75	75	80	80
Cargadores frontales	100	40	40	30	25	25	25	20	20
Capacidad de acarreo requerida de palas mecánicas <sup>3</sup> (Ydcu)	—	21	31	49	79	105	157	224	280
Capacidad de acarreo requerida de cargadores frontales <sup>3</sup> (Ydcu)	18	14	21	21	26	35	53	56	70

<sup>1</sup> En base al cuadro III.11. Para el cálculo de la capacidad de acarreo requerida en las minas de hierro se aplicó un factor de 2.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de acarreo (Y) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.

<sup>3</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo en la proporción que se indica entre las palas mecánicas y los cargadores frontales.

FUENTE: Cuadro III.11.

Cuadro III.16

## PALAS MECANICAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Capacidad de acarreo requerida <sup>1</sup> (Ydcu)	—	21	31	49	79	105	157	224	280
Distribución de la capacidad (%)	—	100	100	100	100	100	100	100	100
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)								
6 a 10	8	—	75	50	25	—	—	—	—
12 a 16	15	—	25	50	75	70	60	60	30
18 a 23	20	—	—	—	—	30	40	40	50
24 a 28	25	—	—	—	—	—	—	—	20
Número de unidades <sup>2</sup>	—	2.4	2.9	4.0	4.9	6.3	9.4	11.9	14.8
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)								
6 a 10	8	—	2.0	1.9	1.5	—	—	—	—
12 a 16	15	—	0.4	1.0	2.5	3.7	4.2	6.3	4.5
18 a 23	20	—	—	—	—	1.2	2.1	3.1	5.6
24 a 28	25	—	—	—	—	—	—	—	1.8

<sup>1</sup> En el caso de las minas de hierro, a la capacidad y al número de unidades requeridas se le aplicó un factor 2.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de palas mecánicas considerados.

FUENTE: Cuadro III.15.

Cuadro III.17  
CARGADORES FRONTALES REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Miles de ton-día)									
	25	50	75	100	150	200	300	400	500	
Capacidad de acarreo requerida <sup>1</sup> (Ydcu)	18	14	21	21	26	35	53	56	70	
Distribución de la capacidad (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)									
2 a 6	4	20	20	20	20	20	15	15	5	5
9 a 13	12	80	80	80	60	60	60	60	60	60
14 a 18	15	—	—	—	20	20	25	25	35	35
Número de unidades <sup>2</sup>	2.1	1.6	2.5	2.5	2.9	3.7	5.6	4.8	6.0	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)									
2 a 6	4	0.9	0.7	1.1	1.1	1.3	1.3	2.0	0.7	0.9
9 a 13	12	1.2	0.9	1.4	1.1	1.3	1.8	2.7	2.8	3.5
14 a 18	15	—	—	—	0.3	0.3	0.6	0.9	1.3	1.6

<sup>1</sup> En el caso de las minas de hierro, a la capacidad y al número de unidades requeridas se le aplicó un factor 2.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de cargadores frontales considerados.

FUENTE: Cuadro III.15.

Cuadro III.18  
CAPACIDAD DE ACARREO DE LOS "DRAGLINES", PALAS MECÁNICAS Y CARGADORES FRONTALES EN UNA MUESTRA DE MINAS DE CARBÓN A TAJO ABIERTO

Mina	Capacidad nominal de tumba (Ton-día)	TOTAL			Draglines		Palas mecánicas			Cargadores frontales		
		Capacidad (Ydcu)	%	Número de unidades	Capacidad (Ydcu)	%	Número de unidades	Capacidad (Ydcu)	%	Número de unidades	Capacidad (Ydcu)	%
La Florida	40 000	39.5	100	4	35	89	—	—	—	1	4.5	11
Westfield	81 000	86.0	100	—	—	—	10	64	74	4	22	26
Krasnagorsky	95 000	80.0	100	4	80	100	n.d.	—	—	n.d.	—	—
Rapatee	140 000	124.0	100	1	76	61	1	15	12	3	33	27
Mckinley	170 000	220.0	100	4	220	100	n.d.	—	—	n.d.	—	—
Martiki	184 000	170.0	100	1	80	100	7	90	—	7	n.d.	—

n.d. = no disponible.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.19

COMPARACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS "DRAGLINES", PALAS MECANICAS Y CARGADORES FRONTALES EN UNA MUESTRA DE MINAS DE CARBON Y EN MINAS DE COBRE DE RANGOS SIMILARES DE CAPACIDAD DE TUMBE

Mina	Capacidad nominal de tumbe (Ton-día)	Capacidad de acarreo		(A)/(B) <sup>2</sup>
		En las minas de carbón (Ydcu) (A)	Lo supuesto para minas de cobre <sup>1</sup> (Ydcu) (B)	
La Florida	40 000	39.5	28	1.41
Westfield	81 000	86.0	57	1.51
Krasnagorsky	95 000	80.0	67	1.19
Rapatee	140 000	124.0	98	1.26
Mckinley	170 000	220.0	119	1.85
Martiki	184 000	170.0	129	1.32

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar la capacidad de tumbe de las minas de carbón de la muestra por el coeficiente de acarreo (0.70) establecido para tajos de cobre y hierro.

<sup>2</sup> El promedio obtenido de 1.42 fue redondeado a 1.5 y aplicado al coeficiente de 0.70 determinado para tajos de cobre y hierro. La multiplicación de ambos permitió obtener el coeficiente de acarreo (1.05) para minas a tajo abierto de carbón, utilizado en el cuadro III.20. Como podrá observarse, en las minas de carbón se requiere de una mayor capacidad de acarreo que en las de cobre.

FUENTE: Con datos de la muestra de minas y de los cuadros III.15 y III.18.

Cuadro III.20

CAPACIDAD DE ACARREO DE LOS "DRAGLINES" Y DE LOS CARGADORES FRONTALES REQUERIDA EN MINAS DE CARBON A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)				
	25	50	75	100	150
Coefficiente de acarreo (Y) por mil toneladas de capacidad de tumbe <sup>1</sup>	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Capacidad de acarreo requerida <sup>2</sup> (Ydcu)	26	53	79	105	158
Distribución de la capacidad entre: (%)	100	100	100	100	100
"Draglines"	75	75	75	75	75
Cargadores frontales	25	25	25	25	25
Capacidad de acarreo requerida de "draglines" <sup>3</sup> (Ydcu)	20	40	59	79	119
Capacidad de acarreo requerida de cargadores frontales <sup>3</sup> (Ydcu)	6	13	20	26	39

<sup>1</sup> En base al cuadro III.19.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de acarreo (Y) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.

<sup>3</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de draglines y cargadores frontales considerados.

FUENTE: Cuadro III.19.

Cuadro III.21  
CARGADORES FRONTALES Y "DRAGLINES" REQUERIDOS EN MINAS DE  
CARBON A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	
<b>Cargadores frontales</b>						
Capacidad de acarreo requerida (Ydcu)	6	13	20	26	39	
Distribución de la capacidad <sup>1</sup> (%)	100	100	100	100	100	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
2 a 6	4	20	20	20	20	
9 a 13	12	80	80	60	60	
14 a 18	15	—	—	20	20	
Número de unidades <sup>2</sup>		0.7	1.6	2.3	2.9	4.5
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
2 a 6	4	0.3	0.7	1.0	1.3	2.0
9 a 13	12	0.4	0.9	1.3	1.3	2.0
14 a 18	15	—	—	—	0.3	0.5
<b>Draglines</b>						
Capacidad de acarreo requerida (Ydcu)	20	40	59	79	119	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
7 a 15	12	100	20	—	—	—
16 a 30	22	—	80	100	100	50
30 o más	45	—	—	—	—	50
Número de unidades <sup>2</sup>		1.7	2.2	2.7	3.6	4.0
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
7 a 15	12	1.7	0.7	—	—	—
16 a 30	22	—	1.5	2.7	3.6	2.7
30 o más	45	—	—	—	—	1.3

<sup>1</sup> Se asumió la misma distribución que en el caso de las minas de cobre y hierro.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de cargadores frontales y "draglines" considerados.

FUENTE: Cuadro III.20.

Cuadro III.22  
PROYECCION DEL NUMERO DE CARGADORES FRONTALES REQUERIDOS EN MINAS DE  
COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	2000	
TOTAL	23	27	43	61	107	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
2 a 6	4	10	11	17	23	40
9 a 13	12	13	15	24	34	56
14 a 18	15	—	1	2	4	11

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, III.17 y III.21.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Elenos de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.23

PROYECCION DEL NUMERO DE PALAS MECANICAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	2000	
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>45</b>	<b>63</b>	<b>131</b>	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
6 a 10	8	—	8	19	21	20
12 a 16	15	4	10	16	23	64
18 a 23	20	1	3	8	15	39
24 a 28	25	—	—	2	4	8

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadro III.16.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.24

PROYECCION DEL NUMERO DE "DRAGLINES" REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	2000	
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)					
7 a 15	12	7	6	6	7	4
16 a 30	22	—	3	8	11	25
30 o más	45	—	—	—	—	3

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadro III.21.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.25

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CARGADORES FRONTALES REQUERIDOS EN MINAS  
DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>51</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>265</b>	
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)							
2 a 6	4	10	11	17	23	31	40	122
9 a 13	12	13	15	9	25	35	43	127
14 a 18	15	—	1	1	3	4	7	16

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el parque de cargadores frontales determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 5 años en el caso de los cargadores de 4 ydcu, y de 7 y 10 años en los de 12 y 15 ydcu, respectivamente.

FUENTE: Cuadro III.22.

Cuadro III.26

PROYECCION DE LA DEMANDA DE PALAS MECANICAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000	
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>64</b>	<b>76</b>	<b>224</b>	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ydcu)</b>							
6 a 10	8	—	8	11	10	19	12	60
12 a 16	15	4	10	6	17	26	38	97
18 a 23	20	1	3	5	10	17	22	57
24 a 28	25	—	—	2	2	2	4	10

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de palas mecánicas determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 7 años en el caso de las palas de 8 ydcu, de 10 años en las de 15 y 20 ydcu y de 15 años en las de 25 ydcu.

FUENTE: Cuadro III.23.

Cuadro III.27

PROYECCION DE LA DEMANDA DE "DRAGLINES" REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000	
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>51</b>	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ydcu)</b>							
7 a 15	12	7	6	—	7	—	4	17
16 a 30	22	—	3	3	5	10	10	31
30 o más	45	—	—	—	—	—	3	3

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de "draglines" determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 10 años en el caso de los "draglines" de 12 ydcu, de 15 años en los de 22 ydcu y de 20 años en los de 45 ydcu.

FUENTE: Cuadro III.24.

Cuadro III.28

## PRECIO UNITARIO DE LAS PALAS MECANICAS

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	Precio (LAB)	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ydcu)</b>	
6 a 10	8	1 020
12 a 16	15	1 880
18 a 23	20	2 340
24 a 28	25	3 360

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Cost and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

Cuadro III.29

## PRECIO UNITARIO DE LOS CARGADORES FRONTALES

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	Precio (LAB)	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ydcu)</b>	
2 a 6	4	130
9 a 13	12	250
14 a 18	15	370

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Cost and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

Cuadro III.30  
**PRECIO UNITARIO DE LOS "DRAGLINES" <sup>1</sup>**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo		Precio (LAB)
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)	
7 a 15	12	2 168
16 a 30	22	4 257
30 o más	45	7 165

<sup>1</sup> El precio de un "dragline" se estima superior en 50% al de una pala de igual capacidad.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.31  
**PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE PALAS MECANICAS, CARGADORES FRONTALES Y "DRAGLINES" REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>29 586</b>	<b>65 309</b>	<b>58 521</b>	<b>119 091</b>	<b>171 590</b>	<b>239 877</b>	<b>654 388</b>
<i>Cargadores frontales</i>	4 550	5 550	4 830	10 350	14 260	18 540	53 530
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)						
2 a 6	4	1 300	1 430	2 210	2 990	4 030	15 860
9 a 13	12	3 250	3 750	2 250	6 250	8 750	31 750
14 a 18	15	—	370	370	1 110	1 480	5 920
<i>Palas mecánicas</i>	9 860	33 980	40 920	72 280	114 760	148 600	410 540
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)						
6 a 10	8	—	8 160	11 220	10 200	19 380	81 200
12 a 16	15	7 520	18 800	11 280	31 960	48 880	182 360
18 a 23	20	2 340	7 020	11 700	23 400	39 780	133 380
24 a 28	25	—	—	6 720	6 720	6 720	33 600
<i>Draglines</i>	15 176	25 779	12 771	36 461	42 570	72 737	190 318
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)						
7 a 15	12	15 176	13 008	—	15 176	—	8 672
16 a 30	22	—	12 771	12 771	21 285	42 570	131 967
30 o más	45	—	—	—	—	21 495	21 495

FUENTE: Cuadros III.25 al III.30.

Cuadro III.32

RELACION DE ALGUNOS MODELOS DE PALAS MECANICAS Y "DRAGLINES" UTILIZADOS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marca	Modelo	Capacidad de acarreo (Ydca)	Número de unidades
<i>Palas mecánicas</i>			
Harnischfeger (P & H)	1 600	7	3
	2 100	15	17
	2 100 BL	16	5
	2 300	20	3
	2 800	25	1
Marion	4 161	6	2
	191 M	15	7
Bucyrus Erie	54 B	3.5	1
	61 B	3.5	1
	270	13	1
	280	15	2
<i>Draglines</i>			
Marion	8 200	76	1
	7 400	14	1
Bucyrus Erie	1 570 W	76	1
Baldwin Lima Hamilton	2 400	7	3
<i>Otras marcas</i>			
Northwest			
Manitowac			
Link Belt			
Bay City			
Lorraine			
Orenstein & Koppel (O & K)			
Poclain			
Demag			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

Cuadro III.33

RELACION DE ALGUNOS MODELOS DE CARGADORES FRONTALES UTILIZADOS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marca	Modelo	Capacidad de acarreo (Ydca)	Número de unidades
Caterpillar	930	2	3
	945	4	1
	988	8	4
	992	12	6
Dart	988 B	6	1
	D 600	13	1
Clark (Michigan)	475	12	2
IHC (Hough)	400 C	12	2
<i>Otras marcas</i>			
Marathon			
Allis-Chalmers			
Fiat-Allis			
Terex (GM)			
Eimco			
International Harvester			
Euclid			
John Deere			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

## 2.4 Camiones fuera de carretera

Dado el gran volumen de material que es necesario remover en las explotaciones a tajo abierto, principalmente de cobre y hierro, los camiones fuera de carretera con capacidad de carga generalmente superior a 25 toneladas desempeñan una función de primer orden en la labor de acarreo de mineral y de material estéril, en el primer caso a la planta de trituración primaria y en el segundo, a depósitos o terreros. Por tal motivo, el número de camiones en este tipo de minas es normalmente grande ya que está en relación con la capacidad de tumbe.

Las distancias de acarreo y la pendiente que tengan las rampas de acceso a los tajos son factores que influyen en la capacidad de acarreo necesaria en una mina. Para los fines del presente trabajo se considera que la capacidad de acarreo está en relación directa con la de tumbe en la mina.

Como en otros casos, la base de las proyecciones de demanda de los camiones fuera de carretera proviene del análisis estadístico de la información de una muestra de minas. En dicha muestra pudo observarse que los camiones utilizados son de diferentes rangos de capacidad, desde 25 hasta de 250 toneladas. En los cuadros II.35 y II.36 se presenta la distribución de los camiones existentes en las minas de la muestra en seis rangos de capacidad de acarreo. Se observa una concentración bastante acentuada en los rangos de 100 y 120 toneladas y un desplazamiento hacia el uso de camiones de mayor tamaño conforme crece la capacidad de tumbe en las minas.

En base a la relación entre la capacidad de acarreo de los camiones de una mina y la de tumbe de la misma, se determinó para cada una de ellas el coeficiente "C" de acarreo por mil toneladas de capacidad de tumbe. El promedio de los coeficientes obtenidos fue de 24, pero en él no se incluyó el de dos minas que resultó muy superior al de las demás. Dicho promedio se consideró representativo de las necesidades de acarreo de este tipo de minas (véase el cuadro III.34).

La estimación de la capacidad de acarreo requerida en tajos de cobre y hierro se obtuvo aplicando a cada uno de los nueve rangos de capacidad de tumbe en la mina establecidos, el coeficiente de acarreo determinado en el cuadro III.34. La distribución de la capacidad de acarreo de los camiones supone que en el futuro se utilizarán sólo cinco modelos de camiones con capacidades de 40, 80, 100, 120 y 160 toneladas. Asimismo, se considera que en minas hasta de 75 000 toneladas diarias sólo se emplearán camiones de 40 y 80 toneladas y en las de capacidad de tumbe de 100 000 toneladas

en adelante se utilizarán los camiones de mayor tamaño (véase el cuadro III.37).

Debido a que se disponía de poca información acerca de los tajos de carbón, la capacidad de acarreo en estas minas se determinó en base a los supuestos adoptados para las minas de cobre y hierro, conforme al cuadro III.38. Los resultados indican que, en general, los tajos de carbón necesitan 20% menos de capacidad de acarreo que los de cobre y hierro.

De acuerdo con lo anterior, a la capacidad de acarreo requerida en las minas de cobre y hierro del cuadro III.37 se le aplicó el factor 0.8 y se obtuvo la correspondiente a minas de carbón, según se observa en el cuadro III.39.

Una vez estimadas las necesidades de acarreo así como el número de camiones que se requerirá en las minas de distintas capacidades de cobre, hierro y carbón, se calculó por quinquenios el acervo de camiones fuera de carretera de acuerdo a los rangos de capacidad que aparecen en el cuadro III.40.

La demanda total de este equipo incluye los incrementos que quinquenalmente registraría el acervo y la reposición del equipo desgastado. Para esta última se estimó que la vida útil de un camión es de cinco años y que inicialmente los camiones existentes tenían un nivel de obsolescencia de 50 por ciento.

Los resultados indican que en el periodo 1980-2000 la demanda de camiones fuera de carretera será de 2 677 unidades, de las cuales 816 corresponderá a vehículos con capacidad de 25 a 50 toneladas; 509 unidades con capacidad de 70 a 90 toneladas; 260 a los de 100 toneladas; 540 a los de 120; y 552 a los de 150 a 170 toneladas (véase el cuadro III.41). En el mismo periodo el valor de la demanda ascenderá a 1 083.6 millones de dólares de 1977, valor que hace de este equipo el más importante de los incluidos en el presente trabajo (véase el cuadro III.43).

Algunas características de los camiones fuera de carretera, así como de los precios unitarios considerados para la estimación de la demanda, y una relación de las marcas de este equipo existentes en el mundo, se presenta en los cuadros III.42 y III.44.

Se espera que en el futuro la mayor parte de la demanda se concentre en camiones cuya capacidad varíe de 100 a 170 toneladas. Sin embargo, no deja de considerarse la posibilidad de que aumente el mercado para los de capacidad aún mayor

Cuadro III.34

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE ACARREO DE LOS CAMIONES FUERA DE CARRETERA  
Y DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	(A) Capacidad nominal de tumbe (Miles de ton-día)	(B) Capacidad de acarreo (Toneladas)	Coefficiente de acarreo (C) por mil toneladas de capacidad de tumbe (C) = (B)/(A)
De menor capacidad (10 000 a 49 000 ton-día)			
La Perla	20	300	15
Peña Colorada	21	540	26
Las Truchas	38	1 160	31
De mayor capacidad (50 000 a 350 000 ton-día)			
Asarco/Sacaton	93	1 700	18
Phelps Dodge/Metcalf	135	2 500	19
Cananea	163	7 280	45 <sup>1</sup>
Kennecott/Ray	169	4 360	26
La Caridad	180	4 440	25
Ciprus Pima/Tucson	193	10 715	56 <sup>1</sup>
Anaconda/Butte	301	10 190	34
Duval Sierrita/Tucson	320	8 110	25
Promedio			24

<sup>1</sup> Se excluyó de la muestra.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. Engineering and Mining Journal, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.35

CARACTERISTICAS DE LOS CAMIONES FUERA DE CARRETERA EN UNA MUESTRA DE  
MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	TOTAL	Capacidad de acarreo (Toneladas)					
		25-50	70-90	100	120	150-170	200-250
Capacidad de acarreo en el rango (Toneladas)	33 300	2 000	1 700	9 700	12 960	6 690	250
Estructura (%)	100	6	5	29	39	20	1
Número de unidades	321	52	20	97	108	43	1
Capacidad promedio en el rango	—	38	85	100	120	156	250

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. Engineering and Mining Journal, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.36

## CAPACIDAD DE LOS CAMIONES FUERA DE CARRETERA EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Mina	Capacidad nominal de tumba		Total	Capacidad de acarreo (Toneladas)			
	(Miles de ton-día)	Capacidad		25 a 50		70 a 90	
				Capacidad	%	Capacidad	%
TOTAL		33 300	100	2 000	6	1 700	5
La Perla	20	300	100	300	100	—	—
Peña Colorada	21	540	100	540	100	—	—
Las Truchas	38	1 160	100	1 160	100	—	—
Asarco/Sacaton	93	1 700	100	—	—	1 700	100
Phelps Dodge/Metcalf	135	2 500	100	—	—	—	—
Kennecott	169	4 360	100	—	—	—	—
La Caridad	180	4 400	100	—	—	—	—
Anaconda/Butte	301	10 190	100	—	—	—	—
Duval Sierrita/Tucson	320	8 110	100	—	—	—	—

Mina	Capacidad de acarreo (Toneladas)							
	100		120		150 a 170		200 a 250	
	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%	Capacidad	%
TOTAL	9 700	29	12 960	39	6 690	20	250	1
La Perla	—	—	—	—	—	—	—	—
Peña Colorada	—	—	—	—	—	—	—	—
Las Truchas	—	—	—	—	—	—	—	—
Asarco/Sacaton	—	—	—	—	—	—	—	—
Phelps Dodge/Metcalf	2 500	100	—	—	—	—	—	—
Kennecott	400	9	3 960	91	—	—	—	—
La Caridad	—	—	4 440	100	—	—	—	—
Anaconda/Butte	6 800	67	—	—	3 390	33	—	—
Duval Sierrita/Tucson	—	—	4 560	56	3 300	41	250	3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. Engineering and Mining Journal, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.37

**CAMIONES FUERA DE CARRETERA REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE Y  
HIERRO A TAJO ABIERTO**

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Coefficiente de acarreo (C) por mil toneladas de capacidad de tumbe	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Capacidad de acarreo requerida <sup>1</sup> (Toneladas)	600	1 200	1 800	2 400	3 600	4 800	7 200	9 600	12 000
Distribución de la capacidad (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rango	Capacidad promedio (Ton)								
25 a 50	40	100	—	—	—	—	—	—	—
70 a 90	80	—	100	—	—	—	—	—	—
100	100	—	—	100	40	—	—	—	—
120	120	—	—	—	60	80	60	40	20
150 a 170	160	—	—	—	—	20	40	60	80
Número de unidades <sup>2</sup>	15.0	15.0	22.5	24.0	32.4	38.0	54.0	68.0	80.0
Rango	Capacidad promedio (Ton)								
25 a 50	40	15.0	—	—	—	—	—	—	—
70 a 90	80	—	15.0	22.5	—	—	—	—	—
100	100	—	—	—	24.0	14.4	—	—	—
120	120	—	—	—	—	18.0	32.0	36.0	20.0
150 a 170	160	—	—	—	—	—	6.0	18.0	36.0

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de acarreo (C) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de camiones considerados.

FUENTE: Cuadro III.34.

Cuadro III.38

**COMPARACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS CAMIONES FUERA DE CARRETERA EN UNA  
MUESTRA DE MINAS DE CARBON Y EN MINAS DE COBRE Y HIERRO DE RANGOS  
SIMILARES DE CAPACIDAD DE TUMBE**

Mina	Capacidad nominal de tumbe (Toneladas-día)	Capacidad de acarreo			
		(A) Total	En las minas de carbón Número	Capacidad	Lo estimado para minas de cobre y hierro (B) Total <sup>1</sup>
Westfield	81 000	2 005	—	—	1 944
		1 550	31	50	
		455	13	35	
Rapatee	140 000	—	—	65	—
		—	—	50	
		—	—	40	
Martiki	184 000	3 190	—	—	4 416
		450	3	150	
		2 040	12	170	
		300	3	100	
		400	8	50	

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar la capacidad de tumbe de las minas de carbón de la muestra por el coeficiente de acarreo (24) establecido para tajos de cobre y hierro.

<sup>2</sup> El promedio obtenido, de 0.8, indica que en las minas de carbón a tajo abierto se requiere 20% menos de capacidad de acarreo que en las de cobre y hierro. Este coeficiente se aplicó a la capacidad de acarreo determinada en el cuadro III.37, para obtener la correspondiente a minas de carbón que aparece en el cuadro III.39.

FUENTE: Con datos de la muestra de minas y del Cuadro III.37.

Cuadro III.39

## CAMIONES FUERA DE CARRETERA REQUERIDOS EN MINAS DE CARBON A TAJO ABIERTO

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Miles de toneladas-día)				
	25	50	75	100	150
Capacidad de acarreo requerida <sup>1</sup> (Toneladas)	480	960	1 440	1 920	2 880
Distribución de la capacidad (%)	100	100	100	100	100
Rango	Capacidad promedio (Ton)				
25 a 50	40	100	100	25	—
70 a 90	80	—	—	75	70
100	100	—	—	—	30
120	120	—	—	—	—
150 a 170	160	—	—	—	—
Número de unidades <sup>2</sup>	12.0	24.0	22.5	22.6	30.6
Rango	Capacidad promedio (Ton)				
25 a 50	40	12.0	24.0	9.0	—
70 a 90	80	—	—	13.5	16.8
100	100	—	—	—	5.8
120	120	—	—	—	—
150 a 170	160	—	—	—	—

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente 0.8 obtenido en el cuadro III.38, por la capacidad de acarreo requerida en minas de cobre y hierro del cuadro III.37.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de camiones considerados.

FUENTE: Cuadros III.37 y III.38.

Cuadro III.40

PROYECCION DEL NUMERO DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	140	214	362	512	884
Rango	Capacidad promedio (Ton)				
25 a 50	40	108	114	150	189
70 a 90	80	—	30	82	107
100	100	14	14	24	30
120	120	18	50	64	84
150 a 170	160	—	6	42	102

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, 55.21 y II.30— y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.37 y III.39.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.41

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA REQUERIDOS  
EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>214</b>	<b>362</b>	<b>512</b>	<b>705</b>	<b>884</b>	<b>2 677</b>
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ton)</b>						
25 a 50	40	108	114	150	189	174	816
70 a 90	80	—	30	82	107	132	509
100	100	14	14	24	30	74	260
120	120	18	50	64	84	142	540
150 a 170	160	—	6	42	102	168	552

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de camiones fuera de carretera determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 5 años.

FUENTE: Cuadro III.40.

Cuadro III.42

PRECIO UNITARIO DE LOS CAMIONES  
FUERA DE CARRETERA

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	Precio (LAB)	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ton)</b>	
25 a 50	40	210
70 a 90	80	310
100	100	400
120	120	540
150 a 170	160	650

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

Cuadro III.43

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA REQUERIDOS  
EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>38 000</b>	<b>69 740</b>	<b>128 380</b>	<b>196 520</b>	<b>296 090</b>	<b>392 820</b>	<b>1 083 550</b>
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ton)</b>						
25 a 50	40	22 680	23 940	31 500	39 690	36 540	171 360
70 a 90	80	—	9 300	25 420	33 170	40 920	157 790
100	100	5 600	5 600	9 600	12 000	29 600	104 000
120	120	9 720	27 000	34 560	45 360	76 680	291 600
150 a 170	160	—	3 900	27 300	66 300	109 200	358 800

FUENTE: Cuadros III.41 y III.42.

Cuadro III.44

RELACION DE ALGUNOS MODELOS DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA UTILIZADOS  
EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO  
Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marcas	Modelo	Capacidad de acarreo (Toneladas)	Número de unidades
Wabco	85C-CB	85	20
	120 C	120	93
	150 CW	150	31
	3 200	250	1
Unit Rig	M 100	100	68
	Mark 36	170	12
Dart		100	4
		120	15
Caterpillar	769 B	25	16
	773	45	20
Euclid	R 50	45	4
Issco	IC 235	35	16
<i>Otras marcas</i>			
Terex (GM)			
International Harvester			
Ford			
Chevrolet			
Mack			
Kimpull			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUUDI, con datos de la muestra de minas.

## 2.5 Tractores de oruga o de ruedas

Este equipo desempeña funciones auxiliares en cualquier tipo de explotación minera, así como en todas aquellas actividades en que es indispensable el movimiento de materiales.

En el presente trabajo solo se considera su uso en las explotaciones mineras a tajo abierto por ser de éstas de donde proviene su mayor demanda.

Entre las principales funciones de los tractores en una mina están las de desmonte, preparación de caminos y movimiento de materiales, incluyendo a minerales.

Para fines de análisis se consideró el número de tractores que había en una muestra de minas a tajo abierto, de cobre y hierro, cuya capacidad de tumbe diaria variaba de 20 000 a 320 000 toneladas. El indicador de capacidad de este equipo es el caballaje del motor (HP), y según se observa en el cuadro III.45, el número de tractores y su capacidad en HP, va en aumento conforme se pasa de un rango a otro mayor de capacidad de tumbe de la mina, aunque dicho aumento no es directamente proporcional. También puede apreciarse que la potencia del motor de los dos tipos de tractores de la muestra va de un mínimo de 170 HP a un máximo de 400 HP.

En base a la distribución que se observó en la muestra se establecieron supuestos sobre la capacidad de los tractores que se requerirán en nueve diferentes rangos de capacidad de tumbe, de las mismas. Para cada uno de estos rangos se consideran dos tipos de tractores, de oruga y de ruedas, así como tres potencias distintas de motor, en el caso de los últimos. Dichos supuestos permitieron determinar el número de unidades, por tipo y caballaje de motor, necesarias en las minas a tajo abierto de cobre y hierro, de distinta capacidad (véase el cuadro III.46).

Debido al reducido número de minas de carbón incluidas en la muestra, se comparó la capacidad en HP existente con la supuesta para tajos de cobre y hierro, asumiéndose que en general los tajos de carbón requerirán 25% menos capacidad de tractores que los de cobre y hierro de similar capacidad de tumbe (véase el cuadro III.47).

En base a estos criterios se determinó en el cuadro III.48 el número de tractores de oruga y de ruedas necesarios en tajos de carbón de cinco diferentes rangos de capacidad de tumbe. La distribución, según el caballaje del motor, atribuye a los tractores de oruga un 50% para cada uno de los dos tipos considerados (de 300 y 400 HP); para

los tractores de ruedas la distribución se hizo en base a tres tipos diferentes y en función a la capacidad de tumba de la mina (véase el cuadro III.48).

El acervo de las dos clases de tractores requerido en cada periodo de la proyección se presenta en los cuadros III.49 y III.50; y está en función del número de minas de cobre, hierro y carbón, que se determinó en el capítulo anterior, y del número de tractores necesarios por mina.

El cálculo de la demanda total de este equipo incluye, además de los incrementos en el acervo, la reposición por obsolescencia o desgaste, misma que se estimó asumiendo que los tractores de oruga tienen una vida útil de diez años y siete los de ruedas. Los resultados se presentan por quinquenios y acumulados para el lapso 1980-2000, e indican que en estos años la demanda conjunta de trac-

tores será de 573, de los cuales 389 serán de oruga y 184 de ruedas (véanse los cuadros III.51 y III.52).

Los precios unitarios atribuidos a cada uno de los tres tipos de tractores, según su capacidad de motor, permitieron cuantificar el valor de la demanda en 106.1 millones de dólares de 1977 para el periodo 1980-2000 (véanse los cuadros III.53 y III.54).

Finalmente, se añade en el cuadro III.55 una relación de las características de los tractores existentes en la muestra, así como de los principales fabricantes de este equipo en el mundo.

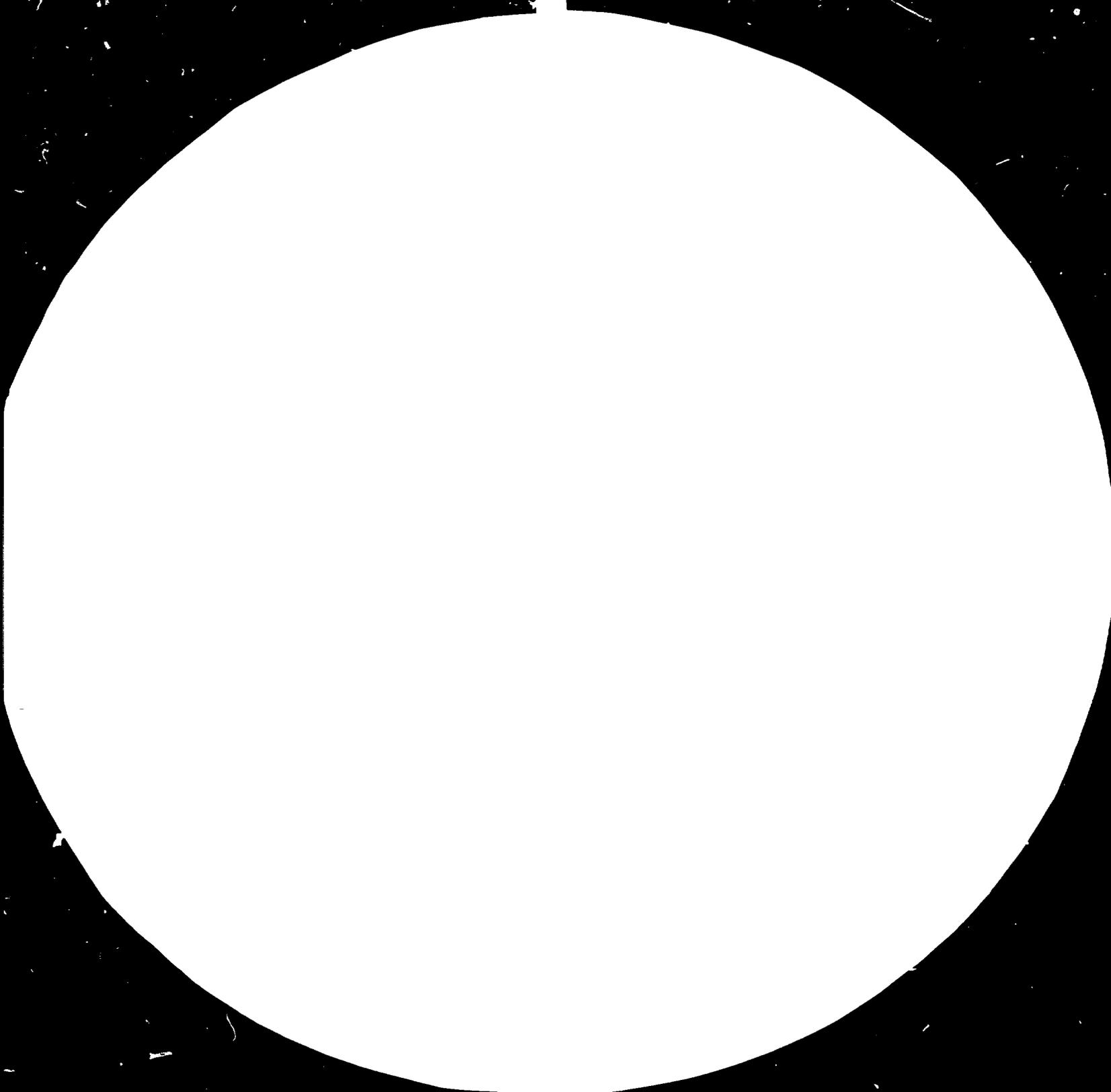
Parece razonable suponer que en los próximos años el desarrollo tecnológico permitirá fabricar tractores cuya capacidad de motor alcance los 500 e inclusive los 1 000 HP. Sin embargo, en el análisis no se contempló esta posibilidad.

Cuadro III.45  
NUMERO DE TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO<sup>1</sup>

M i n a	Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-día)	Tractores de oruga			Tractores de ruedas			
		Total	300 HP	400 HP	Total	170 HP	300 HP	400 HP
De menor capacidad (10 000 a 49 000 (ton-día)								
La Perla	20	2	—	2	—	—	—	—
Peña Colorada	21	5	5	—	—	—	—	—
Las Truchas	38	5	2	3	—	—	—	—
De mayor capacidad (50 000 a 350 000 ton-día)								
Asarco/Sacaton	93	3	2	1	2	—	1	1
Phelps Dodge/Metcalf	135	5	n.d.	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.
Cananea	163	15	8	7	5	—	3	2
Kennecott/Ray	169	8	6	2	10	1	9	—
La Caridad	180	10	6	4	5	—	5	—
Ciprus Pima/Tucson	193	12	n.d.	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.
Phelps Dodge/Morenci	198	12	n.d.	n.d.	4	n.d.	n.d.	n.d.
Anaconda/Butte	301	20	18	2	—	—	—	—
Duval Sierrita/Tucson	320	12	n.d.	n.d.	7	n.d.	n.d.	n.d.

<sup>1</sup> La capacidad de los tractores está medida por la potencia del motor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.





2.8

2.5

3.2

2.2

3.6



4.0

2.0



1.8



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A  
U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1963  
O - 348-094

**Cuadro III.46**  
**TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE Y HIERRO**  
**A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Distribución de la capacidad requerida de tractores de oruga (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
De 300 HP	50	50	50	50	50	50	—	—	—
De 400 HP	50	50	50	50	50	50	100	100	100
Número de unidades	3.0	4.0	6.0	7.0	10.0	13.0	16.0	19.0	23.0
De 300 HP	1.5	2.0	3.0	3.5	5.0	6.5	—	—	—
De 400 HP	1.5	2.0	3.0	3.5	5.0	6.5	16.0	19.0	23.0
Distribución de la capacidad requerida de tractores de ruedas (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
De 170 HP	100	50	50	30	—	—	—	—	—
De 300 HP	—	50	50	70	70	70	50	—	—
De 400 HP	—	—	—	—	30	30	50	100	100
Número de unidades	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	6.0	7.0	8.0	9.0
De 170 HP	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	—
De 300 HP	—	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	3.5	—	—
De 400 HP	—	—	—	—	1.0	2.0	3.5	8.0	9.0

<sup>1</sup> Tanto la distribución de la capacidad como el número de unidades se determinó en base a lo observado en la muestra. La capacidad de los tractores está medida por la potencia del motor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.47**  
**COMPARACION ENTRE EL NUMERO DE TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS EN UNA MUESTRA**  
**DE MINAS DE CARBON Y EN MINAS DE COBRE Y HIERRO DE RANGOS SIMILARES**  
**DE CAPACIDAD DE TUMBE**

Mina	Capacidad nominal de tumbe (Toneladas-día)	Número de tractores					
		En las minas de carbón			Lo supuesto para minas de cobre y hierro <sup>2</sup>		
		Total	Oruga	Ruedas	Total	Oruga	Ruedas
La Florida	40 000	3	3	—	5	4	1
Westfield	81 000	6	4	2	8	6	2
Repatee	140 000	6	5	1	13	9	4
Martiki	184 000	10	10	—	17	12	5

<sup>1</sup> El número de unidades de cada tipo se estimó a partir de las unidades necesarias en los distintos rangos de capacidad de tumbe de la mina, cuadro III.46.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.48

TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS REQUERIDOS EN MINAS DE CARBÓN A TAJO ABIERTO<sup>1</sup>

Concepto	Capacidad nominal de tumbes de la mina (Miles de ton-día)				
	25	50	75	100	150
Distribución de la capacidad requerida de tractores de oruga (%)	100	100	100	100	100
De 300 HP	50	50	50	50	50
De 400 HP	50	50	50	50	50
Número de unidades	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0
De 300 HP	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5
De 400 HP	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5
Distribución de la capacidad requerida de tractores de ruedas (%)	100	100	100	100	100
De 170 HP	100	50	30	—	—
De 300 HP	—	50	70	70	50
De 400 HP	—	—	—	30	50
Número de unidades	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0
De 170 HP	1.0	0.5	0.3	—	—
De 300 HP	—	0.5	0.7	1.4	1.5
De 400 HP	—	—	—	0.6	1.5

<sup>1</sup> Se estimó que las minas de carbón requerirán 25% menos de capacidad de tractores que las minas de cobre y hierro de capacidad similar. La capacidad de los tractores está medida por la potencia del motor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.49

PROYECCION DEL NUMERO DE TRACTORES DE ORUGA REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBÓN A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	30	40	83	119	221
De 300 HP	15	25	32	38	59
De 400 HP	15	24	51	81	162

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.46 y III.48.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.50

PROYECCION DEL NUMERO DE TRACTORES DE RUEDAS REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBÓN A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	12	21	35	49	88
De 170 HP	8	8	12	14	10
De 300 HP	3	10	13	15	31
De 400 HP	1	3	10	20	47

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.46 y III.48.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.51

PROYECCION DE LA DEMANDA DE TRACTORES DE ORUGA REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	30	49	34	85	84	137	389
De 300 HP	15	25	7	31	17	42	122
De 400 HP	15	24	27	54	67	95	267

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de tractores de oruga determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 10 años.

FUENTE: Cuadro III.49.

Cuadro III.52

PROYECCION DE LA DEMANDA DE TRACTORES DE RUEDAS REQUERIDOS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	12	21	14	35	56	58	184
De 170 HP	8	8	4	10	12	10	44
De 300 HP	3	10	3	12	21	16	62
De 400 HP	1	3	7	13	23	32	78

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de tractores de oruga determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 7 años.

FUENTE: Cuadro III.50.

Cuadro III.53

PRECIO UNITARIO DE LOS TRACTORES DE  
ORUGA Y DE RUEDAS<sup>1</sup>

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	Precio (LAB)
De 170 HP	80
De 300 HP	145
De 400 HP	220

<sup>1</sup> Se supuso que el precio de ambos tipos de tractores era igual.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

Cuadro III.54

PROYECCION DE LA DEMANDA DE TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS REQUERIDOS EN  
MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	6 770	11 655	9 250	21 775	26 270	37 150	106 100
<b>De oruga</b>	5 475	8 905	6 955	16 375	17 205	26 990	76 430
De 300 HP	2 175	3 625	1 015	4 495	2 465	6 090	17 690
De 400 HP	3 300	5 280	5 940	11 880	14 740	20 900	58 740
<b>De ruedas</b>	1 295	2 750	2 295	5 400	9 065	10 160	29 670
De 170 HP	640	640	320	800	960	800	3 520
De 300 HP	435	1 450	435	1 740	3 045	2 320	8 990
De 400 HP	220	660	1 540	2 860	5 060	7 040	17 160

FUENTE: Cuadros III.51 a III.53.

Cuadro III.55

RELACION DE ALGUNOS MODELOS DE TRACTORES DE ORUGA Y DE RUEDAS UTILIZADOS EN  
UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,  
Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marca	Modelo	Capacidad (Potencia del motor) (HP)	Número de unidades
<i>Tractores de oruga</i>			
Caterpillar	D 8 K	300	37
	D 9 H	400	14
Fiat Allis	21 C	300	1
	TD 25		
	HD 21		
Komatsu	D 155 A	320	4
<i>Tractores de ruedas</i>			
Caterpillar	814	170	1
	824	300	9
	834	400	3
<i>Otras marcas</i>			
Allis Chalmers			
International Harvester			
John Deere			
Wabco			
Dart			
Hough			
Marathon			
Terex (GM)			
Clark			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

## 2.6 Motoconformadoras y motoescrepas

Estos equipos desempeñan funciones auxiliares en las explotaciones a tajo abierto.

La principal aplicación de las motoconformadoras consiste en la preparación y mantenimiento de los caminos de acceso a las minas y tajos. Su capacidad se expresa por la potencia del motor, misma que puede variar de 150 a 600 HP. La motoescrepa cumple funciones de remoción y acarreo de mineral y en ciertas condiciones se utiliza en el descapote. La capacidad de la motoescrepa está expresada en yardas cúbicas y puede variar de 10 a 35 yardas.

De la misma manera que en el caso de los tractores, el cálculo de la demanda de estos equipos se hizo a partir de la información de la muestra de minas de cobre y hierro. La distribución de las unidades en la muestra y de su respectiva capacidad que aparece en el cuadro III.56, sirvió de base para establecer criterios respecto al número de unidades necesarias de cada equipo en minas de cobre y hierro de nueve distintos rangos de capacidad de tumbe (véase el cuadro III.57).

En el caso de las motoconformadoras, las unidades requeridas se distribuyeron en dos modelos: 180 y 250 HP; se supuso que las primeras se utilizarían en mayor proporción en minas con capacidad hasta de 75 000 toneladas diarias y las segundas en minas de 300 000 toneladas diarias en adelante. En rangos intermedios, de 100 000 a 200 000 tone-

ladas diarias, se estimó que se usaría una combinación de ambos modelos.

Para las minas de carbón se partió del supuesto que requerirían de una capacidad de 25 a 50 por ciento menor que la necesaria en tajos de cobre y hierro de igual capacidad de tumba. También en este caso se consideraron dos modelos de motoconformadoras y dos de motoescrepas, según aparece en el (cuadro III.58).

El acervo necesario de este equipo para el lapso de proyecciones se presenta en los cuadros III.59 y III.60, mientras que la demanda total, incluyendo la reposición, aparece en los cuadros III.61 y III.62. En el caso de las motoconformadoras se estimó una vida útil de diez años y de 15 en el de las motoescrepas.

Los resultados obtenidos indican que para el periodo 1980-2000 la demanda conjunta será de 209 unidades, de las cuales 176 serán motoconformadoras y 33 motoescrepas. Los precios unitarios utilizados permitieron determinar el valor de la demanda que asciende aproximadamente a 25 millones de dólares (véanse los cuadros III.63 y III.64).

Algunas características de estos equipos y una relación de sus principales fabricantes en el mundo se presentan en el cuadro III.65.

Cuadro III.56

### NUMERO DE MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO<sup>1</sup>

M i n a	Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-día)	Motoconformadoras			Motoescrepas		
		Total	180 HP	250 HP	Total	22 Ydcu	34 Ydcu
<b>De menor capacidad (10 000 a 49 000 ton-día)</b>							
La Perla	20	n.d.	—	—	—	—	—
Peña Colorada	21	2	2	—	—	—	—
Las Truchas	38	2	2	—	—	—	—
<b>De mayor capacidad (50 000 a 350 000 ton-día)</b>							
Asarco/Sacaton	93	2	2	—	1	n.d.	n.d.
Phelps Dodge/Metcalf	135	4	n.d.	n.d.	—	—	—
Cananea	163	4	—	4	—	—	—
Kennecott/Ray	169	5	2	3	—	—	—
La Caridad	180	3	—	3	—	—	—
Ciprus Pima/Tucson	193	—	—	—	2	—	2
Phelps Dodge/Borenci	198	6	n.d.	n.d.	—	—	—
Anaconda/Butte	301	6	—	6	—	—	—
Duval Sierrita/Tucson	320	6	6	—	—	—	—

<sup>1</sup> La capacidad de las motoconformadoras está medida por la potencia del motor y la de motoescrepas está dada en yardas cúbicas

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. *Engineering and Mining Journal*, junio de 1977, pp. 95-109, e investigación directa.

Cuadro III.57

**MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE  
Y HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de ton-día)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Distribución de la capacidad requerida de motoconformadoras (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
De 180 HP	100	100	100	50	50	50	—	—	—
De 250 HP	—	—	—	50	50	50	100	100	100
Número de unidades	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	11.0
De 180 HP	2.0	2.0	3.0	1.5	2.0	2.5	—	—	—
De 250 HP	—	—	—	1.5	2.0	2.5	7.0	9.0	11.0
Distribución de la capacidad requerida de motoescrepas (%)	—	100	100	100	100	100	100	100	100
De 22 Ydcu	—	100	100	100	50	50	50	—	—
De 34 Ydcu	—	—	—	—	50	50	50	100	100
Número de unidades	—	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
De 22 Ydcu	—	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	—	—
De 34 Ydcu	—	—	—	—	0.5	0.5	0.5	2.0	2.0

<sup>1</sup> La distribución de la capacidad y el número de unidades se determinaron en base a lo observado en la muestra. La capacidad de las motoconformadoras está medida por la potencia del motor y la de motoescrepas en yardas cúbicas.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.58

**MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS REQUERIDAS EN MINAS DE CARBÓN  
A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Miles de toneladas-día)				
	25	50	75	100	150
Distribución de la capacidad requerida de motoconformadoras (%)	100	100	100	100	100
De 180 HP	100	100	100	50	50
De 250 HP	—	—	—	50	50
Número de unidades	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0
De 180 HP	1.0	1.0	2.0	1.0	1.5
De 250 HP	—	—	—	1.0	1.5
Distribución de la capacidad requerida de motoescrepas (%)	—	—	100	100	100
De 22 ydcu	—	—	100	100	50
De 34 ydcu	—	—	—	—	50
Número de unidades	—	—	1.0	1.0	1.0
De 22 ydcu	—	—	1.0	1.0	0.5
De 34 ydcu	—	—	—	—	0.5

<sup>1</sup> Al igual que en el caso de los tractores, se estimó que las minas de carbón requerirán de 25 a 50 por ciento menos de capacidad de motoconformadoras y de motoescrepas que las minas de cobre y hierro de capacidad similar. La capacidad de las motoconformadoras está medida por la potencia del motor y la de motoescrepas en yardas cúbicas.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.59

PROYECCION DEL NUMERO DE MOTOCONFORMADORAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	16	22	38	55	99
De 180 HP	14	18	25	35	36
De 250 HP	2	4	13	25	63

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.57 y III.58.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.60

PROYECCION DEL NUMERO DE MOTOESCREPAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	1	4	9	12	24
De 22 ydcu	1	3	6	8	12
De 34 ydcu	—	1	3	4	12

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto —cuadros II.16, II.21 y II.30—, y al número de unidades requeridas por rango de capacidad, cuadros III.57 y III.58.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.61

PROYECCION DEL NUMERO DE MOTOCONFORMADORAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	16	22	16	39	38	61	176
De 180 HP	14	18	7	23	10	26	84
De 250 HP	2	4	9	16	28	35	92

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de motoconformadoras determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 10 años.

FUENTE: Cuadro III.59.

Cuadro III.52

PROYECCION DE LA DEMANDA DE MOTOESCREPAS REQUERIDAS EN MINAS DE COBRE,  
HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	1	3	6	3	9	12	33
De 22 Ydcu	1	2	4	2	4	6	18
De 34 Ydcu	—	1	2	1	5	6	15

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de motoescrepas determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 15 años.

FUENTE: Cuadro III.60.

Cuadro III.63

PRECIO UNITARIO DE LAS  
MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	Precio (LAB)
<b>Motoconformadoras</b>	
De 180 HP	85
De 250 HP	110
<b>Motoescrepas</b>	
De 22 Ydcu	200
De 34 Ydcu	300

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

Cuadro III.64

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS REQUERIDAS  
EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	1 610	2 670	2 985	4 415	6 230	9 060	25 360
<b>Motoconformadoras</b>	1 410	1 970	1 585	3 715	3 930	6 060	17 260
De 180 HP	1 190	1 530	595	1 955	850	2 210	7 140
De 250 HP	220	440	990	1 760	3 080	3 850	10 120
<b>Motoescrepas</b>	200	700	1 400	700	2 300	3 000	8 100
De 22 Ydcu	200	400	800	400	800	1 200	3 600
De 34 Ydcu	—	300	600	300	1 500	1 800	4 500

FUENTE: Cuadros III.61 a III.63.

Cuadro III.65

RELACION DE ALGUNOS MODELOS DE MOTOCONFORMADORAS Y MOTOESCREPAS UTILIZADOS  
EN UNA MUESTRA DE MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,  
Y OTRAS MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Marca	Modelo	Capacidad	Número de unidades
<i>Motoconformadoras</i>			
Caterpillar	14	180 HP	10
	16	250 HP	16
Huber	1 700	170 HP	4
<i>Motoescrepas</i>			
Terex	S 24	—	1
Caterpillar	633 C	34 Ydcu	2
<i>Otras marcas</i>			
<i>Motoconformadoras</i>		<i>Motoescrepas</i>	
Allis-Chalmers		Wabco	
Fiat-Allis		Euclid	
International Harvester		Marathon	
John Deere		Allis-Chalmers	
Wabco		International Harvester	
Dart			
Hough			
Marathon			
Terex (GM)			
Clark			

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

### 3. EQUIPO Y MAQUINARIA PARA EXPLOTACION SUBTERRANEA

#### 3.1 Introducción

Esta sección tiene por objeto analizar el comportamiento de la demanda de diez clases de equipo de uso común en la minería subterránea, y que generalmente constituyen el concepto más importante de la inversión en maquinaria y equipo.

Fuera de la fabricación en México de algunos tipos de ventiladores y compresoras, carros mineros y perforadoras ligeras y semipesadas, el equipo de mayor capacidad que emplea la industria es de importación. El análisis del impacto que la expansión de la minería tendrá sobre la demanda de esta clase de equipos, reviste particular importancia en virtud de que da una idea aproximada de la magnitud de su mercado y hace pensar en la conveniencia de que algunos de ellos se fabriquen en el país.

Las clases de equipo que se estudiaron fueron las siguientes:

- Equipo para explotación continua
- Equipo de perforación
- Autocargadores
- Camiones de bajo perfil
- Locomotoras
- Carros mineros
- Ventiladores
- Malacates
- Compresores; y
- Equipo para anclaje

Estas clases incluyen un total de 35 equipos, todos ellos propios para explotaciones subterráneas de minerales polimetálicos, manganeso, carbón, fluorita y barita.

Un elemento básico para la estimación de la demanda fue el análisis estadístico de la informa-

ción de una muestra de minas; ya que de la estructura y características de la maquinaria y equipo derivaron los criterios utilizados para las proyecciones. La muestra estuvo constituida por cinco minas —cuatro del país y una del exterior— cuyas capacidades sirvieron como modelo para el presente estudio. En el caso de las minas de carbón la muestra incluyó ocho, cinco de México y tres extranjeras.

Al analizar cada una de las clases de equipo se mencionan las consideraciones en que se sustenta el cálculo de la demanda; incluyendo entre éstas algunas de tipo tecnológico y las principales características y usos del equipo.

Se supone que en las minas subterráneas seguirán los métodos tradicionales de explotación y que para hacer más eficientes las operaciones será necesaria una mecanización cada vez mayor. Por lo que respecta a las minas de carbón se consideró que el sistema de "frente larga" será el método de explotación más usual en el futuro, de ahí la importancia del equipo para explotación continua.

La demanda total considera el incremento que deberá registrar el acervo de maquinaria y equipo en el periodo de la proyección, así como la necesidad de reponer el equipo desgastado u obsoleto. Para el cálculo de la reposición se estimó que el equipo existente en 1975 se encontraba en promedio a la mitad de su vida útil.

Los resultados se presentan por quinquenios y acumulados para el lapso 1980-2000. Para cada uno de los equipos la demanda se expresa en número de unidades y su valor en miles de dólares de 1977. Debido a que es común el empleo de maquinaria de diversas capacidades, en algunos casos su demanda se desglosa según las características de los equipos.

Finalmente, se incluye una relación de las principales marcas en el mundo de cada uno de los 35 equipos estudiados.

#### 3.2 Equipo para explotación continua

En este apartado se analiza fundamentalmente la demanda de equipo de uno de los sistemas de explotación continua que mayor aplicación tiene en la extracción de carbón, el de "frente larga". No obstante que existen otros sistemas, éste ha adquirido una importancia creciente debido a que las características de los yacimientos de carbón, junto con lo avanzado de la tecnología de los equipos que se emplean, hacen más eficientes las operaciones de extracción. En consecuencia se supone que en el futuro la mayor parte de la producción de carbón y de la demanda de equipo que genere, provenirán de minas donde la explotación se realice mediante el sistema de "frente larga".

La explotación por este método consiste en preparar un bloque de carbón rectangular, llamado "cuerpo", mediante el desarrollo de túneles paralelos separados entre sí por una distancia que generalmente varía de 120 a 200 metros y que es la que constituye el largo de la frente. La longitud de los lados del bloque puede ser de 1 000 a 1 500 metros.

Las obras de desarrollo para la preparación del "cuerpo" se hacen con equipos denominados "mineros continuos", los cuales cumplen con la función de producir mientras avanzan. Esta etapa se conoce con el nombre de "frente corta".

En la etapa de preparación del "cuerpo" los "mineros continuos" aportan alrededor de 20% del carbón que se obtiene de la frente (véase el diagrama 1).

En minas subterráneas grandes generalmente se forman bloques sucesivos haciendo para cada uno de ellos túneles de acceso con "mineros continuos" que se conectan a la frente larga formada con anterioridad. De esta manera es posible desarrollar y explotar sucesivamente una serie de frentes, lo que permite extraer todo el carbón contenido en los bloques de las frentes dejando únicamente sin explotar los pilares que se encuentran entre los túneles de acceso a las frentes.

Los soportes tienen integrada una cortadora —cuya función es ir tumbando el carbón— que se jala por el canal superior del transportador a lo largo de toda la frente. A medida que queda expuesto el techo, se baja cada soporte y se mueve hacia adelante por medio de su ariete hidráulico para apoyar el nuevo techo. Este proceso es seguido por el avance del transportador flexible a la nueva línea de la frente recién formada. Por medio de la repetición de este ciclo puede explotarse completamente el bloque de carbón.

El equipo para la explotación de "frente larga" se instala en el límite extremo del bloque. Los túneles de acceso, además de servir para ventilación, permiten el acarreo del carbón extraído. El equipo de "frente larga" es un conjunto de maquinaria integrada y altamente mecanizada que cumple funciones de soporte, corte y transportación de carbón.

Los soportes son hidráulicos y después de explotar una franja de carbón se les colocan nuevamente en posición para explotar la próxima franja. Al moverse los soportes del techo, para que pueda avanzar la cortadora, generalmente se desploma el techo de la parte que queda atrás de los soportes. Sin embargo, estos forman un escudo completo y continuo a lo largo de la frente que permite seguir explotando el carbón del bloque. Estos soportes, o ademes caminantes, proporcionan máxima seguridad en la explotación.

El carbón tumbado se acarrea por dos transportadores de cadena, uno de los cuales se localiza a lo largo de la frente y el otro se extiende por uno de los túneles de acceso que lo conducen hasta el sistema principal de transportación.

Este sistema está integrado por un circuito de bandas que transportan el carbón hasta las tolvas de almacenamiento en la superficie. El acarreo del carbón tumbado por los "mineros continuos" se hace por medio de autocargadores<sup>2</sup> o por carros jalados por locomotoras. También es posible que el acarreo se realice por bandas, pero en el presente estudio se supuso que se utilizará el equipo antes descrito.

En términos generales, la explotación de una "frente larga" permite una recuperación del orden

<sup>2</sup> Se refiere a los autocargadores que se utilizan en minas subterráneas de carbón, los cuales difieren de los empleados en otro tipo de minas subterráneas.

de 90% del carbón explotable —la pérdida que se registra se debe al carbón que contienen los pilares que separan a una de otra frente—, en contraste con la que se obtiene por el sistema de salones y pilares, donde cantidades importantes de carbón permanecen en la cámara llena de desechos. En este último caso se estima que la recuperación varía de 50 a 70 por ciento.

Para efectos del análisis se consideraron como equipo principal de las explotaciones por "frente larga" las siguientes máquinas:

#### 1. Cortadora

Esta máquina puede ser de uno o de doble tambor. Consiste en uno o dos cilindros de acero que giran sobre su eje y están dotados de herramientas cortantes (picas). Se desplaza mediante una cadena sobre los bordes de un transportador blindado instalado a lo largo de la frente, con un movimiento oscilante que le permite cortar de arriba abajo el manto de carbón que se explota. El diámetro de los tambores varía dependiendo del grueso del manto, por lo que para los mantos más gruesos se utilizan cortadoras de doble tambor.

#### 2. Transportador blindado

Cumple con la función de mantener constantemente alimentado al sistema principal de bandas recibiendo la carga del transportador de cadena.

#### 3. Soportes hidráulicos

Este equipo forma a lo largo de la frente una especie de portal que permite el trabajo de los demás equipos, así como de los operarios. Constituye la parte esencial del ademe caminante o ademe autodesplazable y está formado por 90 a 120 unidades con altura de cuatro a seis pies. Sus movimientos se regulan por medio de controles selectores de acuerdo al avance del minado. Los soportes cuentan con pistones horizontales que sirven para empujar al transportador. La capacidad de soporte por pie cuadrado puede variar de 100 a 700 toneladas.

#### 4. "Mineros continuos"

Son máquinas que se desplazan por medio de un sistema de orugas. Están dotadas de un cilindro o tambor de acero en posición horizontal con herramientas cortantes (picas). El carbón arrancado cae sobre el transportador de cadena que tiene la máquina en la parte central y a todo lo largo de la misma. El que no cae directamente sobre el transportador es levantado por medio de una pala que posee dos brazos giratorios y que se encuentra abajo del tambor de la máquina. Estos brazos arrojan el carbón al transportador de cadena. El transportador de esta máquina descarga sobre los autocargadores.

De la información sobre capacidad de producción, número de frentes, largo de éstas y número de "mineros continuos", en operación, de una muestra de minas de carbón, derivaron los criterios utilizados para estimar la demanda de equipo para explotación continua (véase el cuadro III.66).

El análisis se centró en el equipo necesario para mantener en explotación una sola frente. En base a la muestra se estableció para fines de proyección que el número de "mineros continuos" necesarios por frente sería de tres. Se supuso, además, que en el futuro el largo de las frentes a explotar en las minas de carbón del país será de 140 metros y la capacidad de producción de 770 000 toneladas anuales de carbón.

A pesar de que estos supuestos están por encima de lo que es común en México se considera que se acercan a los que caracterizan a las explotaciones modernas. Por ejemplo, en varias minas del país el largo de las frentes es de 120 a 125 metros y existen hasta de 70 metros, mientras que la capacidad de producción fluctúa alrededor de las 600 000 toneladas anuales en el primer caso y de 150 000 toneladas en el segundo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el grueso de los mantos es determinante en las posibilidades de producción.

El criterio de capacidad de producción por frente permitió determinar el número de frentes que sería necesario mantener en explotación para alcanzar la producción prevista en los distintos periodos de la proyección. Los resultados se presentan en el cuadro III.67.

En el cuadro III.68 se incluye una relación del equipo necesario para la explotación por este sistema. Sin embargo, se considera que dicha relación puede variar dependiendo de las características específicas de cada mina.

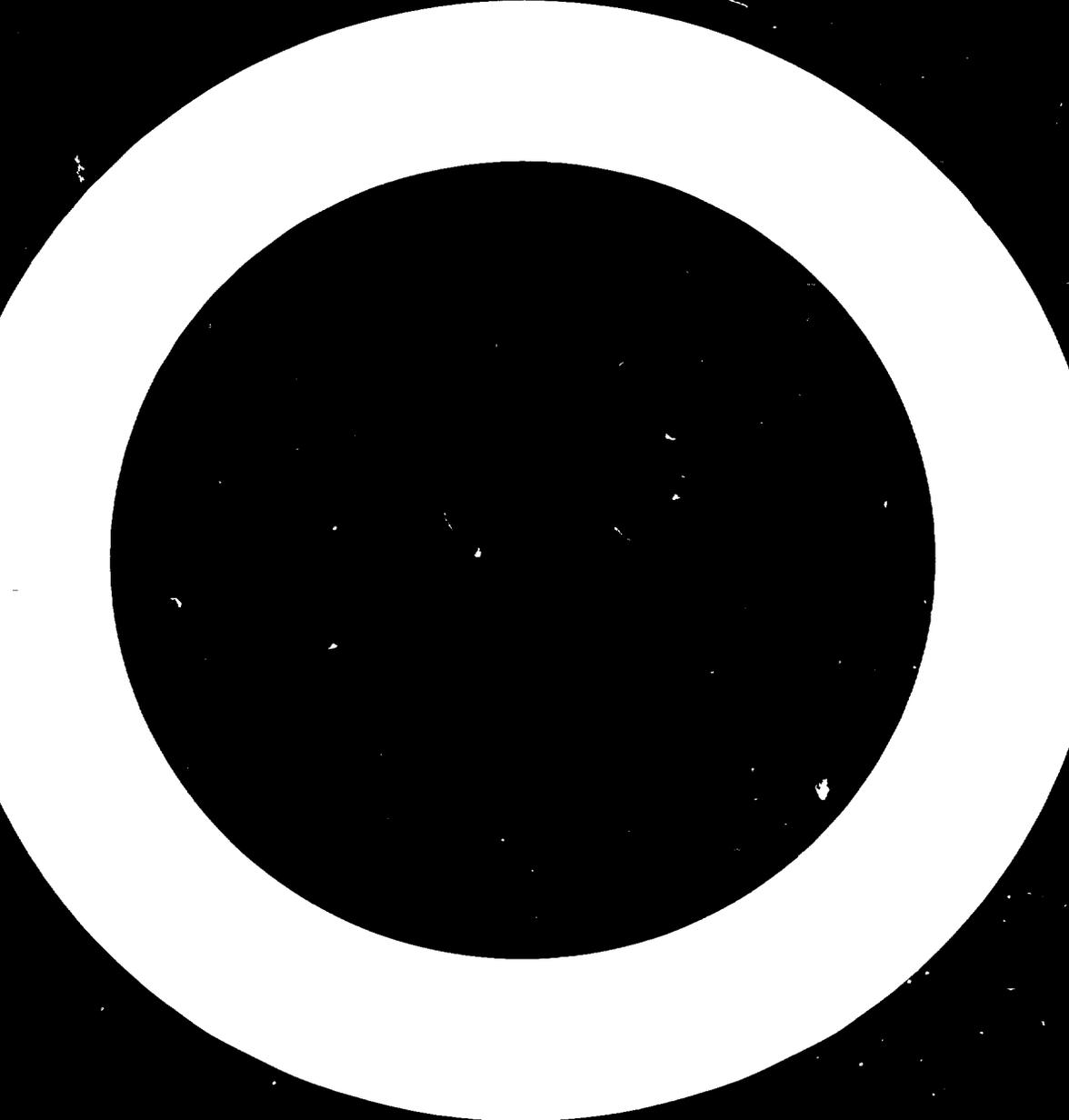
En el cálculo del acervo de la maquinaria y equipo para minas de carbón se incluyeron exclusivamente los "mineros continuos" y el equipo para explotación de la frente. El acervo de otros equipos necesarios tales como locomotoras, carros mineros y ventiladores, se incorporó a la demanda que generarán las explotaciones subterráneas convencionales debido a que en éstas también son de uso común.

Para cada periodo de la proyección se estimó el número de cortadoras, transportadores, además y "mineros continuos" que requerirán las explotaciones de carbón, aplicando al número de frente determinado el supuesto sobre el equipo necesario en cada una (véase el cuadro III.69).

La demanda total incluye la reposición. Para esto se supone que la vida útil del equipo para explotación continua es de siete años.

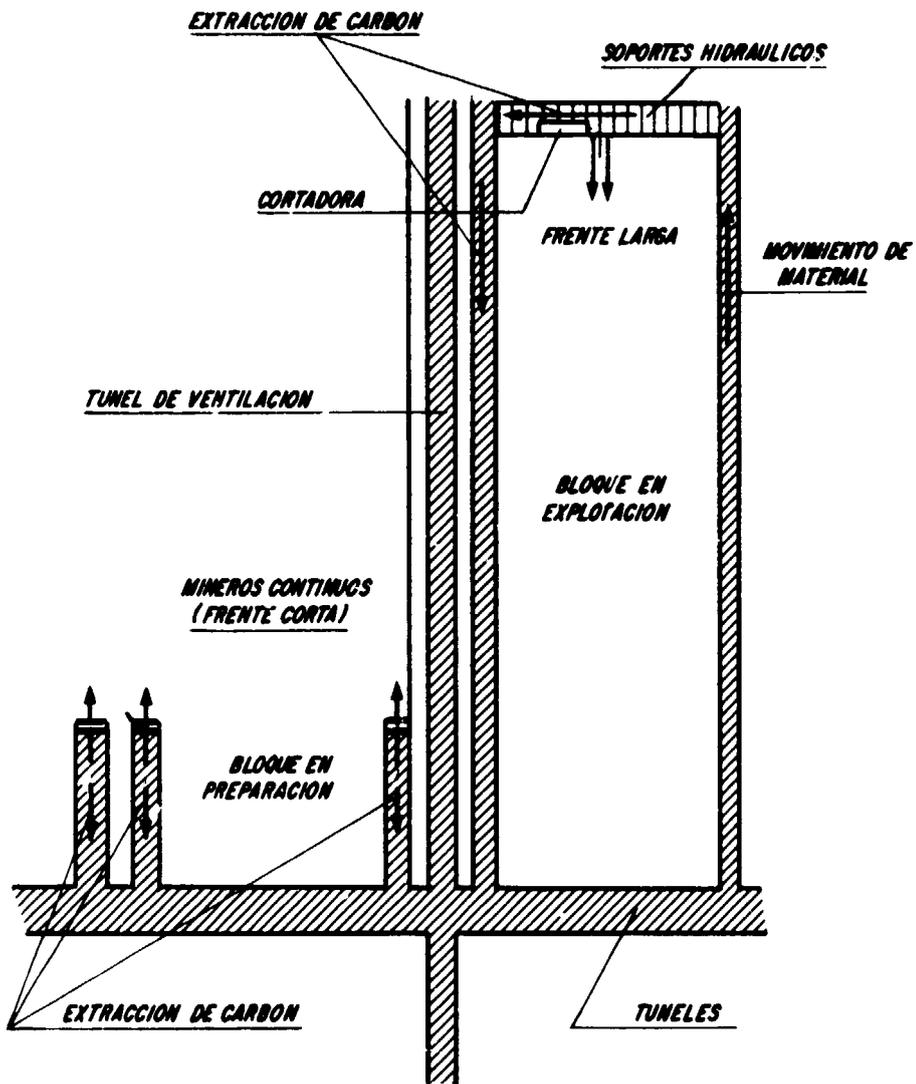
La demanda del conjunto de estos equipos indica la magnitud del mercado interno. Como puede observarse en el cuadro III.70, el rubro principal está constituido por los ademes caminantes y los "mineros continuos" que representan en términos monetarios el 83% de la demanda, cuyo valor total en el periodo 1980-2000 es de 266.6 millones de dólares de 1977.

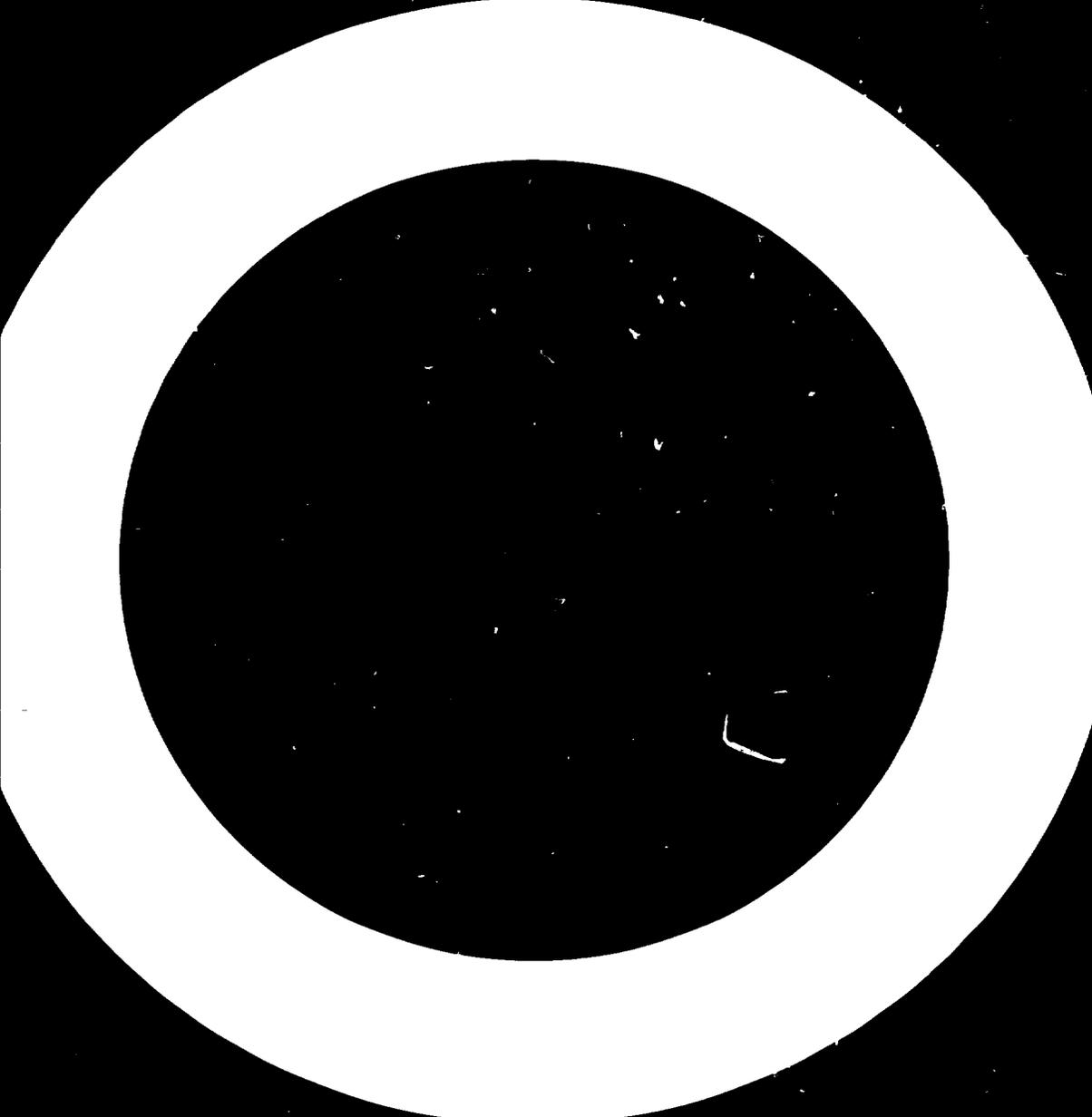
Una relación de las principales marcas de esta clase de equipo en el mundo se presenta en el cuadro III.71.



Diagrama

ESQUEMA DE UNA EXPLOTACION DE CARBON POR EL SISTEMA DE "FRENTE LARGA"





Cuadro III.66

NUMERO DE MINEROS CONTINUOS Y CARACTERISTICAS DE LAS EXPLOTACIONES POR EL SISTEMA DE "FRETE LARGA" EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON

Mina	Localización	Capacidad nominal de tumba (Miles de ton-año)	Número de frentes	Largo de las frentes (Metros)	Número de mineros continuos	Capacidad por frente (Miles de ton-año)	Capacidad por metro de frente <sup>2</sup> (Miles de ton-día)	Número de mineros continuos por frente
Altos Hornos de México, S. A. Barroteran 2 <sup>1</sup>	México	250	1	70	n.d.	250	3.6	n.d.
Altos Hornos de México, S. A. Muzquiz II	México	480	1	120	4	480	4.0	4
Industrial Minera México, S. A. Carbonífera 1	México	600	1	n.d.	2	600	n.d.	2
Industrial Minera México, S. A. Sabinas 2	México	600	1	125	2	600	4.8	2
Altos Hornos de México, S. A. Mimosa 1	México	1 200	2	120	6	600	5.0	3
Greenwich <sup>1</sup>	E.U.	1 600	1	140	n.d.	1 600	11.4	n.d.
Ungan	Canadá	2 500	2	180	n.d.	1 250	6.9	n.d.
Raspodskaya	URSS	6 500	10	120	n.d.	650	5.4	n.d.
Promedio				133			5.2	3

<sup>1</sup> Se excluyó de la muestra.

<sup>2</sup> Resulta de dividir la capacidad por frente entre el largo de los frentes.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la muestra de minas.

Cuadro III.67

PROYECCION DEL NUMERO DE FRENTES EN EXPLOTACION REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON, 1975-2000

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Producción de carbón por el sistema de "frente larga" <sup>1</sup> (Miles de ton-año)	2 568	5 542	10 092	16 155	40 400
Producción de carbón por frente <sup>2</sup> (Miles de ton-año)	450	770	770	770	770
Número de frentes en explotación <sup>3</sup>	6	7	13	21	52

<sup>1</sup> En base al cuadro II.26. Se supone que la producción es igual a la capacidad nominal de extracción.

<sup>2</sup> En 1975 se consideran frentes de 75 metros de largo y un coeficiente que mide la producción por metro de frente igual a 6. Para los años siguientes las frentes son de 140 metros y el coeficiente de 5.5. Estos coeficientes difieren ligeramente del promedio obtenido de la muestra (5.2) en el cuadro III.66.

<sup>3</sup> Al multiplicar el número de frentes por la producción de cada frente, los resultados no necesariamente coinciden con el total de la producción.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.68

**EQUIPOS REQUERIDOS EN UNA EXPLOTACION SUBTERRANEA DE CARBON POR  
EL SISTEMA DE "FRENTE LARGA"<sup>1</sup>**

Equipo	Número de unidades	Capacidad o dimensión	Vida útil (Años)	Precio (Miles de dolares de 1977 LAB)
<b>Equipos para "frente larga"</b>				
Cortadora de doble tambor	1	1.2 a 1.6 m	7	225
Transportador blindado	1	—	7	210
Transportador repartidor	1	—	7	60
Ademes caminantes	120	150 a 500 ton	7	14
<b>Equipos para "frente corta"</b>				
Mineros continuos	3	—	7	250
Carro-transportador-cargador (LHD)	6	5 ydcu	5	120
<b>Equipos de transporte</b>				
Locomotoras	8	8 ton	10	62
Carros mineros	50	160 pies cúbicos	10	5
Bandas (ancho)		36 pulgadas	—	—
		62 pulgadas	—	—
<b>Equipos auxiliares</b>				
Ventiladores	0.5	300 000 pcm	20	85
	0.5	150 000 pcm	20	60
	6	30 000 pcm	20	25
Polveadoras	4	—	—	—
Hidráulicos manuales de soporte	100	20 ton	—	—
Equipo para anclaje de mina	2	—	10	40

<sup>1</sup> Se supone que la capacidad extractiva de la fuente es de 770 000 ton-año y que el largo de las frentes será de 140 metros.

<sup>2</sup> Estimaciones en base a información proporcionada por las empresas AHMSA e Industrial Minera México.

FUENTE: Cuadro III.66.

Cuadro III.69

**PROYECCIONES DEL NUMERO DE EQUIPOS PARA "FRENTE LARGA" Y MINEROS CONTINUOS  
REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON POR EL SISTEMA DE  
"FRENTE LARGA", 1975-2000**

Equipo	1975	1980	1985	1990	2000
<b>Para frente larga</b>					
Cortadoras de doble tambor	6	7	13	21	52
Transportadores blindados	6	7	13	21	52
Transportadores repartidores	6	7	13	21	52
Ademes caminantes	540 <sup>1</sup>	840	1 560	2 520	6 240
Mineros continuos	18	21	39	63	156

<sup>1</sup> En este caso, por tratarse de frentes de 75 metros, se consideró que en cada una operaban 90 unidades de soportes hidráulicos o ademes caminantes.

FUENTE: Cuadros III.67 y III.68.

Cuadro III.70

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE EQUIPOS PARA "FRENTE LARGA" Y MINEROS CONTINUOS  
REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS DE CARBON POR EL SISTEMA DE  
"FRENTE LARGA",<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Equipo	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Unidades							
Para "frente larga"							
Cortadoras de doble tambor	6	7	6	15	28	36	92
Transportadores blindados	6	7	6	15	28	36	92
Transportadores repartidores	6	7	6	15	28	36	92
Ademes caminantes	540	840	720	1 800	3 420	4 080	10 860
Mineros continuos	18	21	18	45	85	107	276
Valor							
Para "frente larga"	15 030	20 475	17 550	43 875	82 990	101 690	266 580
Cortadoras de doble tambor	1 350	1 575	1 350	3 375	6 300	8 100	20 700
Transportadores blindados	1 260	1 470	1 260	3 150	5 880	7 560	19 320
Transportadores repartidores	360	420	360	900	1 680	2 160	5 520
Ademes caminantes	7 560	11 760	10 080	25 200	47 880	57 120	152 040
Mineros continuos	4 500	5 250	4 500	11 250	21 250	26 750	69 000

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de equipos para "frente larga" y mineros continuos de terminado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 7 años.

FUENTE: Cuadros III.68 y III.69.

Cuadro III.71

## PRINCIPALES MARCAS DE EQUIPO PARA EXPLOTACIONES SUBTERRANEAS DE CARBON

Marca	Cortadoras	Mineros continuos	Transportadores blindados y repartidores	Ademes caminantes
Eickhoff	X		X	
Westfalia	X		X	X
Jeffrey	X	X	X	
National Mine Service	X	X		
Joy	X	X	X	
Andersons Strathclyde	X			
Mining Progress	X			
Anderson Mavor	X			
Vöest-Alpine		X		
Lee Norse		X		
Goodman		X		
Flarchild		X		
Dowty			X	X
Huwood			X	X
Long Airdox			X	
Gullick Dobson				X
Klockner				X
Hemscheidt				X
Rheinstahl				X
Fletcher Sutcliffe Wild				X

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3.3 Equipo de perforación

Esta clase de equipo cumple con una función importante en todo tipo de explotaciones mineras. La labor de perforación en minas subterráneas se realiza con fines exploratorios, de barrenación —para obras de desarrollo y preparación para tumbado de mineral— y para el desarrollo de contrapozos.

En cada uno de los casos el equipo es diferente debido a que se encuentra adaptado a las necesidades específicas del trabajo que debe desempeñar. Sin embargo, existen características similares en el mecanismo principal que los acciona y en su mayoría son producidos por los mismos fabricantes. Tomando en cuenta lo anterior, se estimó conveniente incluir en este apartado la demanda de cuatro equipos de perforación: perforadoras semi-pesadas; perforadoras jumbos; perforadoras a diamante y contrapoceras.

#### PERFORADORAS SEMIPESADAS

Este equipo, generalmente de tipo manual, se utiliza en la preparación de barrenos para tumbado de mineral. El mecanismo que las acciona es neumático y la perforadora se sostiene sobre una pierna o zanco; su peso puede ser hasta de 35 kilogramos.

Estas perforadoras por lo general realizan todo el barrenado necesario en minas con capacidad hasta de 250 toneladas diarias, mientras que en las de mayor capacidad se emplea como equipo auxiliar los jumbos.

#### JUMBOS

Para obras de desarrollo en los túneles de la mina y para preparar las frentes para el tumbado del mineral, el barrenado se realiza con jumbos. Este equipo cuenta con dos, tres y hasta cuatro perforadoras montadas sobre neumáticos u orugas. El mecanismo que las acciona puede ser neumático o hidráulico, teniendo ventajas este último en virtud de su mayor fuerza de penetración, menor consumo de energía y condiciones de trabajo más favorables.

Esta clase de equipo se utiliza principalmente en explotaciones que se caracterizan por la dureza del mineral. Por otra parte, dada su eficiencia, el empleo de jumbos se ha generalizado en minas donde se prevén volúmenes elevados de producción como suele ocurrir en las operaciones modernas.

#### PERFORADORAS A DIAMANTE

Este tipo de perforadoras generalmente se utiliza en trabajos de exploración. La profundidad de sus barrenos puede oscilar de 500 a 1 500 metros. Aunque se emplean también en minas a cielo abierto, en esta parte del trabajo se incluye sólo la demanda que proviene de las explotaciones subterráneas.

#### CONTRAPOCERAS

La función que desempeña este equipo en minas cuya consistencia del terreno es dura, es la de preparar tiros verticales o inclinados (contrapozos) para ventilación, vaciado de mineral o transporte de materiales.

Es un equipo cuya operación realiza en un proceso continuo barrenos hasta de 20 pies de diámetro; su alto costo limita la demanda a un número reducido de unidades que en la mayoría de los casos prestan servicio a varias minas de una misma empresa.

Para el cálculo de la demanda del equipo de perforación se partió de la información que se obtuvo de una muestra de cinco minas de las cuales cuatro se encuentran en operación en México (Las Torres, La Encantada, Naica y Santa Bárbara) y una en el extranjero (Tara Mine), con capacidades de 900, 1 200, 2 200, 4 500 y 7 000 toneladas diarias, respectivamente.

Como indicador de la capacidad de perforación de las perforadoras semipesadas y jumbos, se tomó el coeficiente promedio que resultó de dividir el número de perforadoras existentes en las minas de la muestra entre la capacidad de tumbado de las minas. En el caso de los jumbos se excluyó una mina de la muestra y se consideró que la demanda se concentraría exclusivamente en dos tipos: de dos y de tres perforadoras (véase el cuadro III.72).

El coeficiente obtenido, que indica los requerimientos de capacidad de perforación por tonelada de capacidad de tumbado en la mina, se aplicó a los cinco tipos de minas de distinta capacidad previstos en el trabajo con objeto de determinar el número de unidades necesarias de cada clase de equipo. Los resultados correspondientes a los jumbos se presentan en el cuadro III.73; y los de las perforadoras semipesadas en el cuadro III.74.

Por lo que respecta a los equipos de perforación a diamante y contrapoceras, para cada uno de los rangos de capacidad de las minas se estimó un número en base a lo observado en la muestra (véase el cuadro III.75). Se supuso que en minas hasta de 250 toneladas diarias no se utilizarán contrapoceras y sólo se emplearían dos equipos de perforación a diamante. El número de estos equipos se eleva conforme aumenta la capacidad de tumbado de las minas, hasta alcanzar 10 equipos de perforación a diamante y 2 contrapoceras en explotaciones de 6 000 toneladas diarias (véase el cuadro III.76).

El acervo de los cuatro equipos que se consideran en este apartado se presenta para los distintos periodos de proyección en el cuadro III.77. Este resulta de aplicar los criterios sobre número de unidades necesarias en minas de diferente ca-

pacidad a las proyecciones del número de minas subterráneas del capítulo anterior.

El cálculo de la reposición del equipo se hizo considerando que la vida útil de los jumbos y las perforadoras semipesadas es de siete años. En el caso de las perforadoras a diamante y las contrapoceras se asumió una duración de diez años. Además el cálculo de la reposición supone que en 1975 el acervo de estos equipos en el país se encontraba en promedio al 50% de su vida útil.

La demanda total de las cuatro clases de equipo se presenta por quinquenios en el cuadro III.78.

Los precios que se utilizaron están en dólares de 1977 (véase el cuadro III.79). En base a ellos se cuantificó para el periodo 1980-2000 el valor de la demanda que se estimó en 511.3 millones de dólares a precios de 1977. Como podrá observarse, el rubro más importante es el de las perforadoras semipesadas con 208 millones; le siguen los jumbos con 180 millones; las contrapoceras con 84 millones y el equipo de perforación a diamante, con 39.1 millones de dólares (véase el cuadro III.80).

En el cuadro III.81 se incluye una relación de las principales marcas de estos equipos en el mundo.

Cuadro III.72

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS PERFORADORAS LIGERAS, SEMIPESADAS Y JUMBOS Y LA DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumba (A) (Ton-día)	Perforadoras ligeras y semipesadas 1			Perforadoras tipo Jumbo 2		Coeficiente de perforación (E) por tonelada de capacidad de tumba (E) = (D)/(A)
		Número (B)	Coeficiente de perforación (C) por tonelada de capacidad de tumba (C) = (B)/(A)	Con dos perforadoras	Con tres perforadoras	Total (D)	
Las Torres	900	34	.038	5	2	7 <sup>3</sup>	.0078 <sup>3</sup>
La Encantada	1 200	24	.020	—	4	4	.0033
Naica	2 200	105	.048	5	—	5	.0023
Santa Bárbara	4 500	190	.042	7	1	8	.0018
Tara Mine	7 000	215	.031	12	—	12	.0017
Promedio			.0356				.0022

<sup>1</sup> Perforadoras manuales neumáticas con peso máximo hasta de 35 Kg. sostenidas sobre pierna, trípode, etc.

<sup>2</sup> Máquinas sobre orugas que están equipadas con 2 o 3 y en ocasiones hasta 4 perforadoras, generalmente hidráulicas.

<sup>3</sup> Se excluyó de la muestra.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas. En el caso de Tara Mine, véase Engineering and Mining Journal, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.73

PERFORADORAS TIPO JUMBO REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coeficiente de perforación (E) por tonelada de capacidad de tumba	.0022	.0022	.0022	.0022	.0022
Número de unidades <sup>1</sup>	1.0	2.0	5.0	9.0	13.0
Con 2 perforadoras	1.0	2.0	3.0	5.4	7.8
Con 3 perforadoras	—	—	2.0	3.6	5.2

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de perforación (E) por los rangos de capacidad de tumba de la mina. Para la distribución de las unidades en los dos tipos considerados, se supuso que el 60% de los jumbos requeridos serían de dos perforadoras y el 40% restante de tres.

FUENTE: Cuadro III.72.

Cuadro III.74

## PERFORADORAS SEMIPESADAS REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coefficiente de perforación (C) por tonelada de capacidad de tumbe	0.0356	0.0356	0.0356	0.0356	0.0356
Número de unidades <sup>1</sup>	9	36	80	142	214

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de perforación (C) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.  
FUENTE: Cuadro III.72.

Cuadro III.75

## PERFORADORAS PARA EXPLORACION Y CONTRAPOCERAS EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumbe (Ton-día)	Número de perforadoras de diamante <sup>1</sup>	Contrapoceras <sup>2</sup>
Las Torres	900	5	2
La Encantada	1 200	2	—
Naica	2 200	2	1
Santa Bárbara	4 500	11	2

<sup>1</sup> La muestra está compuesta por los modelos CP 55 y 65 de Chicago Pneumatic y Dimec 250 E de Atlas Copco, para barrenos máximos de 500 metros, y por los modelos Long Year 24 a 44 para perforaciones de mayor alcance.

<sup>2</sup> Las contrapoceras son generalmente marca Fobbins y el Modelo más común es el 61 R.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

Cuadro III.76

PERFORADORAS PARA EXPLORACION Y CONTRAPOCERAS REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS DE DISTINTAS CAPACIDADES <sup>1</sup>

Equipo	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
De perforación a diamante	2	3	5	7	10
Para perforación corta	1	2	2	3	5
Para perforación larga	1	1	3	4	5
Contrapoceras <sup>2</sup>	—	1	1	2	2

<sup>1</sup> El número de unidades se determinó en base a lo observado en la muestra.

<sup>2</sup> Para minas con capacidad de 3 000 ó más toneladas al día se consideran 2 contrapoceras por unidad minera.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.77

PROYECCIONES DEL NUMERO DE PERFORADORAS TIPO JUMBO, SEMIPESADAS, PARA EXPLORACION Y CONTRAPOCERAS, REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Equipo	1977	1980	1985	1990	2000
Perforadoras tipo jumbo	132	132	262	380	709
Con dos perforadoras	110	110	200	276	483
Con tres perforadoras	22	22	62	104	226
Perforadoras semipesadas	1 780	1 780	3 892	5 805	11 109
Perforadoras de diamante	191	191	332	440	738
Para perforación corta	97	97	166	216	353
Para perforación larga	94	94	166	224	385
Contrapoceras	24	24	58	86	157

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas, polimetálicas y de manganeso, fluorita y barita, cuadro II.53, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadros III.73, III.74 y III.76.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.78

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE PERFORADORAS TIPO JUMBO, SEMIPESADAS, PARA EXPLORACION Y CONTRAPOCERAS, REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Equipo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Perforadoras tipo jumbo	132	—	262	250	426	413	1 351
Con dos perforadoras	110	—	200	186	303	270	959
Con tres perforadoras	22	—	62	64	123	143	392
Perforadoras semipesadas	1 780	—	3 892	3 693	6 544	6 677	20 806
Perforadoras de diamante	191	—	332	108	480	252	1 178
Para perforación corta	97	—	166	50	234	119	569
Para perforación larga	94	—	166	58	246	139	609
Contrapoceras	24	—	58	28	93	64	243

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de estos equipos determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 7 años en el caso de los jumbos y las semipesadas, y de 10 años en el de las perforadoras para exploración y las contrapoceras.

FUENTE: Cuadro III.77.

**Cuadro III.79**  
**PRECIO UNITARIO DE LAS PERFORADORAS TIPO**  
**JUMBO, SEMIPESADAS, PARA EXPLORACION**  
**Y DE LAS CONTRAPOCERAS**

(Miles de dólares de 1977)

Equipo	Precio (LAB)
Perforadoras tipo jumbo	
Con dos perforadoras	126
Con tres perforadoras	151
Perforadoras semipesadas	10
Perforadoras de diamante	
Para perforación corta	26
Para perforación larga	40
Contrapoceras	346

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital, NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

**Cuadro III.80**  
**PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE PERFORADORAS TIPO JUMBO, SEMIPESADAS, PARA**  
**EXPLORACION Y CONTRAPOCERAS, REQUERIDAS EN MINAS SUBTERRANEAS**  
**POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Equipo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	49 568	—	104 506	83 338	170 293	153 181	511 318
Perforadora tipo jumbo	17 182	—	34 562	33 100	56 751	55 613	180 026
Con dos perforadoras	13 860	—	25 200	23 436	38 178	34 026	120 834
Con tres perforadoras	3 322	—	9 362	9 664	18 573	21 593	59 192
Perforadoras semipesadas	17 800	—	38 920	36 930	65 440	66 770	208 060
Perforadoras de diamante	6 282	—	10 956	3 320	15 924	8 654	39 154
Para perforación corta	2 522	—	4 316	1 300	6 084	3 094	14 794
Para perforación larga	3 760	—	6 640	2 320	9 840	5 560	24 360
Contrapoceras	8 304	—	20 068	9 688	32 178	22 144	84 078

FUENTE: Cuadros III.78 y III.79.

**Cuadro III.81**  
**PRINCIPALES MARCAS DE EQUIPO PARA PERFORACION**

<i>Perforadoras tipo jumbo, semipesadas y de diamante</i>	<i>Contrapoceras</i>
Long Year	Robbins
Ingersoll Rand	Smith International
Gardner Denver	Alimak
Chicago Pneumatic	Ingersoll Rand
Joy	Leroi (Dresser)
EIMCO	Kennametal
Schramm	
Boyles Brother	
Tampella Tamrock	
Demag Drucklufttechnik	
Atlas Copco	
Monta Bert	
Leroi (Dresser)	
Linden - Alimak	

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3.4 Autocargadores (LHD Loaders)

El empleo de autocargadores es de uso común en todo tipo de explotaciones mineras subterráneas.

La función principal de este equipo es la de rezague y acarreo y su eficiencia depende fundamentalmente de lo distante que sean los acarreos que se deben realizar. En condiciones normales los autocargadores pueden funcionar adecuadamente en recorridos hasta de 1 000 metros. No obstante, las distancias más comunes son de 100 a 300 metros.

La capacidad total de acarreo en autocargadores generalmente mantiene una relación directa con la capacidad de tumba de la mina, sin embargo, esta relación también depende de factores tales como el grado de modernización de la mina,<sup>3</sup> las distancias de acarreo y el número de frentes que se encuentren en explotación o en desarrollo. En el presente trabajo estos factores no se tomaron en cuenta, ya que el análisis se hizo estadísticamente a partir de los datos de una muestra de minas.

De acuerdo con la muestra analizada, el uso de autocargadores en minas subterráneas se restringe a cinco modelos con capacidades de acarreo de: 1, 2, 5, 8 y 9 yardas cúbicas. El número y capacidades de estos equipos en las minas de la muestra se presenta en el cuadro III.82.

La distribución de las unidades según su capacidad de acarreo sirvió de base para agrupar a los autocargadores en tres rangos, 1 a 2, 5 y 8 a 9 yardas cúbicas. En las minas de la muestra el 49% de la capacidad de acarreo se concentró en los de 5 yardas cúbicas, el 31% en los de 8 a 9, y el 20% restante correspondió a los de 1 a 2 yardas cúbicas (véase el cuadro III.83).

Para determinar la capacidad de acarreo necesaria en los cinco rangos de capacidad de tumba previstos, se aplicó el coeficiente .019, obtenido en el cuadro III.82, a cada uno de dichos rangos. A su vez, la capacidad de acarreo requerida se distribuyó en tres tipos de autocargadores conforme a la es-

<sup>3</sup> La modernización se refiere aquí a la existencia de rampas de acceso entre los distintos niveles de la mina, que hagan posible el desplazamiento del equipo de un nivel a otro.

tructura de la muestra.<sup>4</sup> Los resultados indican que el número de autocargadores necesarios en una mina de 250 toneladas diarias de capacidad de tumba es de dos, cifra que se eleva a ocho y 19 en el caso de las de 2 250 y 6 000 toneladas diarias.

En cuanto a la distribución de las unidades, se supone que en minas hasta de 1 000 toneladas diarias de capacidad los autocargadores no serán mayores de 5 yardas cúbicas. En explotaciones de capacidad superior el uso de este equipo se concentra precisamente en los de cinco y ocho yardas cúbicas (véase el cuadro III.84).

Con base en las proyecciones de número de minas del capítulo anterior se estimó el acervo requerido de este equipo en los distintos periodos de proyección (véase el cuadro III.85). Para el cálculo de la reposición se consideró que la vida útil del equipo era de cinco años. De la suma de los incrementos en el acervo y la reposición se obtuvo la demanda total de autocargadores que será generada por la minería mexicana.

Por su magnitud, los resultados hacen evidente la importancia del mercado interno. Para el periodo 1980-2000 la demanda de autocargadores será de 4 489 unidades, de las cuales el 65% corresponderá a equipos con capacidad de 5 yardas cúbicas y 25% a las de menores dimensiones. La parte más reducida de la demanda, 467 unidades, corresponderá a equipos de 8 yardas cúbicas (véase el cuadro III.86).

Considerando precios representativos de los tres tipos de autocargadores analizados, se cuantificó el monto de la demanda en dólares de 1977. De ello resultó que de 1980 al año 2000 el valor de la demanda de esta clase de equipo ascenderá a 487.4 millones de dólares, concentrándose el 72% en los de 5 yardas cúbicas (véanse los cuadros III.87 y III.88).

Una relación de las principales marcas de este equipo en el mundo se incluye en el cuadro III.89.

<sup>4</sup> A fin de facilitar el análisis se adoptaron tres rangos de capacidad en los autocargadores, 1-2, 4-6 y 8-9 yardas cúbicas. Se supone que estos rangos son representativos de los autocargadores de 2, 5 y 8 yardas cúbicas cuya utilización es bastante común en la industria.

Cuadro III.82

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS AUTOCARGADORES Y DE TUMBE  
EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumbe (A) (Ton-día)	Número y capacidad de los autocargadores					
		Capacidad (Ydcu)					
		Total	1	2	5	8	9
Las Torres	900	7	1	3	3	—	—
La Encantada	1 200	17	8	9	—	—	—
Naica	2 200	9	—	2	6	1	—
Santa Bárbara	4 500	17	5	3	9	—	—
Tara Mine	7 000	20	—	3	8	8	1
Promedio							

Unidad	Número y capacidad de los autocargadores						Capacidad total (B) (Ydcu)	Coeficiente de carga (C) por tonelada de capacidad de tumbe (C) = (B)/(A)
	Capacidad de carga en el rango (Ydcu)							
	1 a 2	%	5	%	8 a 9	%		
Las Torres	7	32	15	68	—	—	22	.024
La Encantada	26	100	—	—	—	—	26	.022
Naica	4	10	30	71	8	19	42	.019
Santa Bárbara	11	20	45	80	—	—	56	.012
Tara Mine	6	5	40	34	73	61	119	.017
Promedio								.019

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas. En el caso de Tara Mine, véase Engineering and Mining Journal, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.83

CARACTERISTICAS DE LOS AUTOCARGADORES EN UNA MUESTRA DE MINAS  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad de carga (Ydcu)			
	TOTAL	1 a 2	5	8 a 9
Capacidad de carga en el rango (Ydcu)	265	54	130	81
Número de unidades	70	34	26	10
Estructura (%)	100	20	49	31
Capacidad promedio en el rango	—	2.0	5.0	8.0

FUENTE: Cuadro III.82.

Cuadro III.84  
AUTOCARGADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coefficiente de acarreo (C) por tonelada de capacidad de tumbe	.019	.019	.019	.019	.019
Capacidad de acarreo requerida <sup>1</sup> (Ydcu)	5	19	43	43	114
Distribución de la capacidad (%)	100	100	100	100	100
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)				
1 a 2	2	30	—	—	—
4 a 6	5	70	80	60	60
8 a 9	8	—	20	40	40
Número de unidades <sup>2</sup>	2.5	5.5	8.0	12.9	19.4
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)				
1 a 2	2	2.5	—	—	—
4 a 6	5	—	6.9	9.1	13.7
8 a 9	8	—	1.1	3.8	5.7

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de acarreo (C) por los rangos de capacidad de tumbe de la mina.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo, en la proporción que se indica, entre los modelos de autocargadores considerados.

FUENTE: Cuadro III.82.

Cuadro III.85  
PROYECCION DEL NUMERO DE AUTOCARGADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad de acarreo	1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL	311	311	599	837	1 549
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)				
1 a 2	2	161	213	227	263
4 a 6	5 <sup>2</sup>	136	341	528	1 096
8 a 9	8	14	45	82	190

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, fluorita y barita, cuadros II.53 y III.67, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadros III.68 y III.84.

<sup>2</sup> En este rango se incluyó la demanda de autocargadores para explotaciones de carbón por el sistema de frente larga.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.86  
PROYECCION DE LA DEMANDA DE AUTOCARGADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Capacidad de acarreo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	311	311	599	837	1 193	1 549	4 489
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)						
1 a 2	2	161	213	227	245	263	1 109
4 a 6	5	136	341	528	812	1 096	2 913
8 a 9	8	14	45	82	136	190	467

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de autocargadores determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 5 años.

FUENTE: Cuadro III.85.

Cuadro III.87  
**PRECIO UNITARIO DE LOS AUTOCARGADORES**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo		Precio (LAB)
Rango	Capacidad promedio (Ydcu)	
1 a 2	2	59
4 a 6	5	120
8 a 9	8	155

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

Cuadro III.88  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE AUTOCARGADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de acarreo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	27 989	27 989	60 462	89 463	132 975	176 487	487 376
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ydcu)</b>						
1 a 2	2	9 499	9 499	12 567	13 393	14 455	65 431
4 a 6	5	16 320	16 320	40 920	63 360	97 440	349 560
8 a 9	8	2 170	2 170	6 975	12 710	29 450	72 385

FUENTE: Cuadros III.86 y III.87.

Cuadro III.89  
**PRINCIPALES MARCAS DE AUTOCARGADORES**

Wagner  
Kiruna  
Jarvis Clark  
Joy  
Eimco  
  
Wabco  
Terex  
Jeffrey  
National Mine Service

Lee Norse  
Long Airdox  
Perusyhtyma Oy-Ara  
Salzgitter Maschinen

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3.5 Camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros

Para el movimiento del mineral en minas subterráneas existen varias alternativas. Cuando la explotación subterránea es continua se utilizan principalmente bandas transportadoras; cuando la explotación es por métodos convencionales, el acarreo de mineral se realiza con maquinaria y equipo rodante.

Para el acarreo de mineral por los túneles principales de una mina el equipo más común son las locomotoras y carros mineros. Las ventajas que estos equipos ofrecen estriban en lo reducido de su tamaño en comparación con lo elevado de su capacidad de transporte, lo que permite que su operación pueda realizarse en túneles de dimensiones relativamente angostas; además, debido a que utilizan motores eléctricos, la necesidad de ventilación no es muy elevada.

Un sistema de acarreo subterráneo para distancias largas que recientemente se ha difundido es el uso de camiones mineros de bajo perfil. Las ventajas de estos equipos frente a las locomotoras y carros mineros consisten en su mayor maniobrabilidad dentro de la mina y en su menor costo de adquisición y de mantenimiento. Esta clase de camiones tienen capacidad de carga hasta de 26 toneladas.

Las dimensiones de estos camiones, que obligan a tener túneles más amplios y los gases de sus motores, que exigen mejores sistemas de ventilación, constituyen las principales desventajas.

La información sobre la capacidad de acarreo de las locomotoras y los camiones existentes en la muestra de minas, así como sus principales características, aparece en los cuadros III.90 y III.91. Se observa que en algunas minas resulta común la utilización de ambos, mientras que en otras se emplea uno de los dos equipos.

A fin de considerar en las proyecciones de demanda la correspondiente a cada uno de estos equipos, fue necesario relacionar la capacidad de tumbe de la mina y la de acarreo en camiones y locomotoras, para obtener un coeficiente que permitiera determinar la participación que cada uno de los equipos tendría en el acarreo del mineral. El cálculo se hizo en base a los datos de dos minas, una que sólo utiliza camiones (Tara Mine) y otra que usa solamente locomotoras y carros mineros (La Encantada).

El resultado del análisis indica que la relación entre la capacidad de acarreo de los camiones y la

de tumbe de la mina es de una por 20 toneladas diarias, mientras que la que corresponde a las locomotoras es de una por 75 toneladas diarias.

Estos coeficientes se aplicaron, para su comprobación, a los datos de capacidad de acarreo de los camiones y locomotoras de otras dos unidades de la muestra (Las Torres y Naica) que los utilizan, y resultó que el acarreo de mineral, podría distribuirse en proporciones iguales para cada uno de los equipos (véase el cuadro III.92).

Con este criterio se estimó la capacidad de acarreo que requerirían de cada uno de los equipos los cinco tipos de minas previstos. Dicha capacidad se distribuyó, en el caso de los camiones de bajo perfil, en dos rangos de capacidad de carga: 13 y 26 toneladas; para las locomotoras se consideraron rangos de 4, 8 y 12 toneladas de capacidad;<sup>5</sup> respecto a los carros mineros, se supuso que cada locomotora, según su capacidad, arrastrará 15 carros, de 60, 100 ó 160 pies cúbicos, respectivamente (véanse los cuadros III.93 y III.94).

El acervo de camiones de bajo perfil, locomotoras y carros mineros requerido en cada periodo, se presenta en el cuadro III.95 y está en función de las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita. Se incluye también el acervo de locomotoras y carros mineros correspondientes a las minas subterráneas de carbón, donde este equipo se utiliza para el manejo de materiales y el transporte de personal (véase el cuadro III.95).

Con esta base se calculó la demanda por quinquenios en el periodo 1980-2000, en la cual se incluye la reposición de equipo obsoleto o desgastado. Se estimó una vida útil de 7 años para los camiones y de 10 años para las locomotoras y carros mineros (véase el cuadro III.96).

Los precios unitarios permitieron cuantificar el valor de la demanda para cada uno de estos equipos en miles de dólares de 1977, como aparece en los cuadros III.97 y III.98. Dicho valor sobrepasa los 200 millones de dólares en el periodo 1980-2000.

Se anexa al final una relación de las principales marcas de estos equipos en el mundo (véase el cuadro III.99).

<sup>5</sup> En las locomotoras la capacidad se da en función de su peso.

Cuadro III.90

**CAPACIDAD DE ACARREO DE LAS LOCOMOTORAS EN UNA MUESTRA DE MINAS  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Unidad	Capacidad nominal de tumba (Ton-día)	Características de las locomotoras			
		Número	Tipo	Capacidad por unidad (Toneladas)	Capacidad total de acarreo (Toneladas)
Las Torres	900	2	De baterías	3.5	7.0
La Encantada	1 200	2	Diesel	8.0	16.0
Naica	2 200	1	Diesel	8.0	
		1	De trole	10.0	18.0
Santa Bárbara	4 500	5	De trole	8.0	
		2	De trole	6.5	
		2	De trole	6.0	
		2	De trole	5.0	
		15	De trole	4.0	
		1	De trole	15.0	
		5	De baterías	1.5	157.5

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

Cuadro III.91

**CAPACIDAD DE ACARREO DE LOS CAMIONES DE BAJO PERFIL Y LAS LOCOMOTORAS  
EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Unidad	Capacidad nominal de tumba (Ton-día)	Capacidad de acarreo de los camiones (Ton)			Capacidad de acarreo de las locomotoras					
		Total	13	26	Total	1.5	3.5	8.0	10.0	Otras
Las Torres	900	26	—	26	7.0	—	7	—	—	—
La Encantada	1 200	—	—	—	16.0	—	—	16	—	—
Naica	2 200	52	—	52	18.0	—	—	8	10	—
Santa Bárbara	4 500	52	—	52	157.5	7.5	—	40	—	110
Tara Mine	7 000	364	52	312	—	—	—	—	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del cuadro III.90. En el caso de Tara Mine, véase Engineering and Mining Journal, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.92

## COMPARACION ENTRE LA CAPACIDAD DE ACARREO DE LOS CAMIONES DE BAJO PERFIL Y DE LAS LOCOMOTORAS EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumbe (Ton-día)	Capacidad de acarreo de los camiones (Toneladas)	Capacidad de acarreo de las locomotoras (Toneladas)	x <sup>2</sup> (Ton)	y <sup>2</sup> (Ton)
Tara Mine <sup>1</sup>	7 000	364	—	20	—
La Encantada <sup>2</sup>	1 200	—	16	—	75
Comprobación de los supuestos X y Y					
Nalca					
Situación real:	2 200	52	18		
Supuestos: 52 x 20 =	1 040	44%	Camiones		
18 x 75 =	1 350	58%	Locomotoras		
	2 390	100%	(Capacidad de tumbe según los supuestos)		
Las Torres					
Situación real:	900	26	7		
Supuestos: 26 x 20 =	520	50%	Camiones		
7 x 75 =	525	50%	Locomotoras		
	1 045	100%	(Capacidad de tumbe según los supuestos)		

<sup>1</sup> Se analizan Tara Mine y La Encantada debido a que la primera sólo cuenta con camiones, en tanto que La Encantada dispone únicamente de locomotoras.

<sup>2</sup> Los coeficientes X, Y, indican la capacidad nominal de tumbe de la mina por cada tonelada de capacidad de acarreo de los camiones y las locomotoras, respectivamente.

FUENTE: Cuadro III.91.

Cuadro III.93

CAMIONES DE BAJO PERFIL Y LOCOMOTORAS REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS<sup>1</sup>

Concepto	Capacidad nominal de tumbe de la mina (Ton-día)				
	250 <sup>2</sup>	1 000	2 250	4 000	6 000
<b>Camiones</b>					
Mineral acarreado (Ton)	—	500	1 125	2 000	3 000
Capacidad de acarreo requerida (Ton) <sup>3</sup>	—	25.0	56.3	100.0	150.0
Número de unidades <sup>4</sup>	—	2	9	4	6
De 13 ton	—	2	1	—	—
De 26 ton	—	—	2	4	6
<b>Locomotoras</b>					
Mineral acarreado (Ton)	250	500	1 125	2 000	3 000
Capacidad de acarreo requerida (Ton) <sup>3</sup>	3.3	6.7	15.0	26.6	40.0
Número de unidades <sup>4</sup>	1	1	2	3	4
Rango	Capacidad promedio (Ton)				
1.5 a 5	4	1	—	—	—
6 a 10	8	—	1	2	2
10 a 15	12	—	—	1	2

<sup>1</sup> Se parte del supuesto de que el acarreo se hará en la misma proporción en camiones y locomotoras según el cuadro III.92.

<sup>2</sup> Por ser una mina de capacidad reducida y túneles angostos se supone que solamente se utilizarán locomotoras.

<sup>3</sup> Resulta de dividir el mineral acarreado que corresponde a camiones y locomotoras entre los coeficientes 20 y 75, respectivamente.

<sup>4</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de acarreo entre los modelos de camiones y locomotoras considerados.

FUENTE: Cuadro III.92.

Cuadro III.94

CARROS MINEROS REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>

Concepto		Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton día)									
		250		1 000		2 250		4 000		6 000	
		Número de carros	Capacidad (Pies cúbicos)	Número de carros	Capacidad (Pies cúbicos)	Número de carros	Capacidad (Pies cúbicos)	Número de carros	Capacidad (Pies cúbicos)	Número de carros	Capacidad (Pies cúbicos)
Locomotoras	Carros mineros										
De 4 ton	60 pies cúbicos	15	900	—	—	—	—	—	—	—	—
De 8 ton	100 pies cúbicos	—	—	15	1 500	30	3 000	30	3 000	30	3 000
De 12 ton	160 pies cúbicos	—	—	—	—	—	—	15	2 400	30	4 800

<sup>1</sup> Se supone que cada locomotora arrastra 15 carros. Las de 4 toneladas consideran carros con una capacidad de 6 pies cúbicos cada uno; las de 8 de 100 pies cúbicos y las de 12 toneladas de 160 pies cúbicos. Los datos de capacidad anotados reflejan la capacidad teórica de carga de quince carros por locomotora.

FUENTE: Cuadro III.93.

Cuadro III.95

PROYECCIONES DEL NUMERO DE CAMIONES DE BAJO PERFIL, LOCOMOTORAS Y CARROS MINEROS REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA, <sup>1</sup> 1977-2000

Equipo	1977	1980	1985	1990	2 000	
Camiones de bajo perfil (Ton)	57	35	136	202	378	
13	35	35	72	92	136	
26	22	—	64	110	242	
Locomotoras	132	132	244	351	719	
Rango	Capacidad promedio (Ton)					
1.5 a 5	4	50	50	56	55	57
6 a 10	8 <sup>2</sup>	81	81	182	282	623
10 a 15	12	1	1	6	14	39
Carros mineros (Pies cúbicos)	1 980	1 980	3 660	5 265	10 785	
60	750	750	840	825	855	
100 <sup>2</sup>	1 215	1 215	2 730	4 220	9 345	
160	15	15	90	210	585	

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas, de manganeso, carbón, fluorita y barita, cuadros II.53 y III.67, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadros III.68, III.93 y III.94.

<sup>2</sup> En este rango se incluyó la demanda de locomotoras y carros mineros de las explotaciones de carbón por el sistema de frente larga.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.96

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE CAMIONES DE BAJO PERFIL, LOCOMOTORAS Y  
CARROS MINEROS REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS  
Y DE CARBON, MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Equipo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000	
<i>Camiones de bajo perfil (Ton)</i>	57	—	136	123	224	233	716	
13	35	—	72	55	94	79	300	
26	22	—	64	68	130	154	416	
<i>Locomotoras</i>	132	—	244	108	426	293	1 071	
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ton)</b>							
1.5 a 5	4	50	—	56	—	56	1	113
6 a 10	8	81	—	182	100	352	271	905
10 a 15	12	1	—	6	8	18	21	53
<i>Carros mineros (Pies cúbicos)</i>	1 980	—	3 660	1 620	6 411	4 374	16 065	
60	750	—	840	—	847	8	1 695	
100	1 215	—	2 730	1 500	5 287	4 058	13 575	
160	15	—	90	120	277	308	795	

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de estos equipos determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de siete años para los camiones de bajo perfil y de 10 años para las locomotoras y los carros mineros. En la demanda de locomotoras y carros mineros está incluida la que generarán las explotaciones subterráneas de carbón por el sistema de "frente larga".

FUENTE: Cuadro III.95.

Cuadro III.97

PRECIO UNITARIO DE LOS CAMIONES DE BAJO  
PERFIL, LOCOMOTORAS Y CARROS MINEROS

(Miles de dólares de 1977)

Equipo	Precio (LAB)	
<i>Camiones de bajo perfil (Ton)</i>		
13	97	
26	147	
<i>Locomotoras</i>		
<b>Rango</b>	<b>Capacidad promedio (Ton)</b>	
1.5 a 5	4	28
6 a 10	8	62
10 a 15	12	65
<i>Carros mineros (Pies cúbicos)</i>		
60	1.8	
100	3.1	
160	5.0	

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUOI, Con datos de distintas fuentes.

Cuadro III.98

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE CAMIONES DE BAJO PERFIL, LOCOMOTORAS Y  
CARROS MINEROS REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS,  
Y DE CARBON, MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000

(Miles de dólares de 1977)

Equipo	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000	
<b>TOTAL</b>	<b>18 307</b>	<b>—</b>	<b>40 059</b>	<b>27 301</b>	<b>72 090</b>	<b>52 630</b>	<b>202 080</b>	
<i>Camiones de bajo perfil (Ton)</i>	6 629	—	16 392	15 331	28 228	30 301	90 252	
13	3 395	—	6 984	5 335	9 118	7 663	29 100	
26	3 234	—	9 408	9 996	19 110	22 638	61 152	
<i>Locomotoras</i>	6 487	—	13 242	6 720	24 562	18 195	62 719	
Rango	Capacidad promedio (Ton)							
1.5 a 5	4	1 400	—	1 568	—	1 568	28	3 164
6 a 10	8	5 022	—	11 284	6 200	21 824	16 802	56 110
10 a 15	12	65	—	390	520	1 170	1 365	3 445
<i>Carros mineros (Pies cúbicos)</i>	5 191	—	10 425	5 250	19 300	14 134	49 109	
60	1 350	—	1 512	—	1 525	14	3 051	
100	3 766	—	8 463	4 650	16 390	12 580	42 083	
160	75	—	450	600	1 385	1 540	3 975	

FUENTE: Cuadros III.96 y III.97.

Cuadro III.99

## PRINCIPALES MARCAS DE CAMIONES DE BAJO PERFIL, LOCOMOTORAS Y CARROS MINEROS

Camiones de bajo perfil	Locomotoras	Carros mineros
Kiruna	Goodman	Atlas Car
Jeffrey	Jeffrey	ALF
National Mine Service	National Mine Service	Goodman
Lee Norse	General Motors	DIFCO
Joy	Westinghouse	Gramby
Long Airdox	Atlas Car	Card Corporation
Perusyhtyma Oy-Ara	General Electric	Lake Shore
Salzgitter Maschinen	Aloc Products	
Jarvis Clark	Baldwin	
	Rauma Repola	

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

## 3.6 Ventiladores

El principal equipo utilizado en minas subterráneas para asegurar una circulación constante de aire fresco son los ventiladores que pueden ser, según su ubicación y capacidad, principales y auxiliares.

En la mayoría de las minas los ventiladores principales se encuentran en la superficie y conducen el aire a través de pozos y túneles, en tanto que los ventiladores auxiliares, de menor capacidad, están en los lugares de tumba del mineral o áreas de trabajo.

El cuadro III.100 indica la capacidad de ventilación existente en una muestra de minas. Para fines de análisis y proyección, se consideró el coeficiente de ventilación (capacidad de movimiento de aire en pies cúbicos por minuto) por tonelada de capacidad de tumba de la mina. El promedio resultante de ese cálculo se utilizó para determinar la capacidad de ventilación requerida en cinco tipos de minas (cuadro III.101).

En el mismo cuadro se hace la distribución de la capacidad de ventilación en cuatro modelos

de ventiladores. Primero se determinó el número de unidades de los de mayor tamaño y la capacidad sobrante se distribuyó en los de 30 000 pies cúbicos por minuto.

El acervo de ventiladores necesario para cada periodo se presenta en el cuadro III.102 y está en función de las proyecciones de número de minas subterráneas polimetálicas, y de carbón, manganeso, fluorita y barita.

Lo anterior permitió calcular la demanda de ese equipo por quinquenios en el periodo 1980-2000. Debido a que estos equipos tienen una vida útil hasta de 20 años, la demanda no considera reposición de equipo obsoleto o desgastado (véase el cuadro III.103).

Los precios unitarios considerados para cada tipo de ventiladores permitieron cuantificar el valor de la demanda en miles de dólares de 1977, mismo que ascendió a 36.6 millones de dólares (véanse los cuadros III.104 y III.105).

Cuadro III.100

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS VENTILADORES PRINCIPALES Y AUXILIARES  
Y LA DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumba (A) (Ton-día)	Características de los ventiladores			Coeficiente de ventilación (C) por tonelada de capacidad de tumba (C) = (B)/(A)
		Número	Capacidad por unidad (Pies cúbicos por minuto)	Capacidad total de ventilación (B) (Pies cúbicos por minuto)	
Las Torres	900	3	20 000		174.4
		6	15 000		
		1	7 000	157 000	
La Encantada	1 200	1	60 000		75.0
		3	10 000	90 000	
Naica	2 200	5	180 000		436.4 <sup>1</sup>
		4	15 000	960 000	
Santa Bárbara	4 500	4	130 000		234.4
		24	20 000		
		1	15 000		
		4	10 000	1 055 000	
Tara Mine	7 000	6	166 666	1 000 000	142.9
Promedio					157.0

<sup>1</sup> Se excluyó de la muestra.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.101

## VENTILADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton-día)					
	250	1 000	2 250	4 000	6 000	
Coeficiente de ventilación (C) por tonelada de capacidad de tumba	157	157	157	157	157	
Capacidad de ventilación requerida <sup>1</sup> (Pcm)	39 250	157 000	353 250	628 000	942 000	
Número de unidades <sup>2</sup>	1.3	3.7	4.8	6.4	7.9	
Rango	Capacidad promedio (Pcm)					
10 000 a 40 000	30 000	1.3	2.7	1.8	3.4	3.9
50 000 a 100 000	75 000	—	1.0	2.0	1.0	1.0
100 000 a 200 000	150 000	—	—	1.0	1.0	1.0
200 000 a 400 000	300 000	—	—	—	1.0	2.0

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de ventilación (C) por los rangos de capacidad de tumba de la mina.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de ventilación entre los cuatro modelos de ventiladores, según lo observado en la muestra; las unidades de 30 000 pies cúbicos por minuto se calcularon por diferencia respecto al número de las de mayor potencia.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.102

PROYECCION DEL NUMERO DE VENTILADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad de ventilación		1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL		205	205	393	555	1 052
Rango	Capacidad promedio (Pcm)					
10 000 a 40 000	30 000	156	156	277	379	704
50 000 a 100 000	75 000	32	32	72	101	175
100 000 a 200 000	150 000	13	13	32	51	108
200 000 a 400 000	300 000	4	4	12	24	65

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, carbón, fluorita y barita, cuadros II.53, III.67, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadros III.68 y III.101.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.103

PROYECCION DE LA DEMANDA DE VENTILADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS Y DE CARBON, MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Capacidad de ventilación		1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL		205	—	188	367	247	250	1 052
Rango	Capacidad promedio (Pcm)							
10 000 a 40 000	30 000	156	—	121	258	162	163	704
50 000 a 100 000	75 000	32	—	40	61	37	37	175
100 000 a 200 000	150 000	13	—	19	32	28	29	108
200 000 a 400 000	300 000	4	—	8	16	20	21	65

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de ventiladores determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 20 años para los ventiladores.

FUENTE: Cuadro III.102.

**Cuadro III.104**  
**PRECIO UNITARIO DE LOS VENTILADORES**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de ventilación		Precio <sup>1</sup> (LAB)
Rango	Capacidad promedio (Pcm)	
10 000 a 40 000	30 000	25
50 000 a 100 000	75 000	40
100 000 a 200 000	150 000	60
200 000 a 400 000	300 000	85

<sup>1</sup> Estimado en base a información suministrada por distribuidores nacionales.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.105**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE VENTILADORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS**  
**POLIMETALICAS Y DE CARBON, MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de ventilación		1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Rango	Capacidad promedio (Pcm)							
<b>TOTAL</b>		<b>6 300</b>	<b>—</b>	<b>6 445</b>	<b>12 170</b>	<b>8 910</b>	<b>9 080</b>	<b>36 605</b>
10 000 a 40 000	30 000	3 900	—	3 025	6 450	4 050	4 075	17 600
50 000 a 100 000	75 000	1 280	—	1 600	2 440	1 480	1 480	7 000
100 000 a 200 000	150 000	780	—	1 140	1 920	1 680	1 740	6 480
200 000 a 400 000	300 000	340	—	680	1 360	1 700	1 785	5 525

FUENTE: Cuadros III.103 y III.104.

### 3.7 Malacates

El transporte de materiales y de personal así como el manto del mineral de los diferentes niveles a la superficie, se realiza por medio de malacates a través de los tiros principales. Generalmente existen varios malacates en cada mina, los de mayor capacidad se utilizan para el manto del mineral y algunos secundarios para el transporte de materiales o de personal.

Los malacates están constituidos básicamente por el mecanismo de tracción (motores, tambor, etc.) y por la calesa o *skip*. Existen dos tipos de malacates, el convencional, ya un poco obsoleto, de tambor de enrollamiento que puede ser doble o sencillo y el más moderno, el malacate de fricción. Este último se utiliza más bien para el manto del mineral, en tanto que los de tambor se utilizan para el transporte de personal o de materiales.

A falta de información más concreta, se consideró la potencia del motor, expresada en HP, como indicador de la capacidad del malacate.

Es importante señalar que en el futuro, el acceso a los diferentes niveles de las minas subterráneas, posiblemente se haga en mayor proporción por túneles inclinados o en espiral, ya que esto facilita el uso de equipos rodantes de gran capaci-

dad, o bien, de bandas transportadoras. No obstante, estas consideraciones no se tomaron en cuenta para las proyecciones.

En el cuadro III.106 se presentan las características de los malacates en una muestra de minas. Las observaciones anteriores y los datos de la muestra, sirvieron de base para establecer criterios sobre la capacidad de tracción de los malacates de fricción y tambor requerida en minas de distintas capacidades en las que se identificaron dos tipos de malacates: para producción y para materiales y personal (véase el cuadro III.107).

El acervo de malacates necesario en cada periodo se presenta en el cuadro III.108 y está en función del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita, y del número de malacates requerido en cada una de ellas.

En base al cuadro anterior se calculó la demanda por quinquenios en el periodo 1980-2000, que asciende a 656 unidades. La demanda no incluye reposición, ya que la vida útil de los malacates suele ser de más de 20 años (véase el cuadro III.111). Finalmente en el cuadro (III.112) se encuentra una relación de las principales marcas de malacates en el mundo.

Cuadro III.106

NUMERO DE MALACATES EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS<sup>1</sup>

Unidad	Capacidad nominal de tumba (Ton-día)	Características de los malacates			Potencia del motor por unidad (HP)
		Número	Tipo	Se usa para	
Las Torres	900	1	De dos tambores	Producción	1 000
		9	Tambor sencillo	Personal de servicio	n.d.
La Encantada	1 200	2	De dos tambores	Producción	350
		1	Tambor sencillo	Materiales	125
Naica	2 200	1	De dos tambores	Producción	3 000
		1	De dos tambores	Producción	800
Santa Bárbara	4 500	1	n.d.	Personal	700
		3	De fricción	Producción	n.d.
		6	De dos tambores	Producción	40
		4	De dos tambores	Servicios varios	200
Tara Mine	7 000	1	De dos tambores	Producción	1 200

<sup>1</sup> La capacidad de los malacates está medida por la potencia del motor. El número de estos equipos depende fundamentalmente del número de minas con que cuenta una unidad minera, lo que explica situaciones como la de Santa Bárbara, que tiene varias minas en operación.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.107

MALACATES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS<sup>1</sup>

Concepto	Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Número de malacates según su uso					
Para producción	1	1	1	2	3
Tipo	De 1 tambor	De 2 tambores	De fricción	De fricción	De fricción
Capacidad del motor (HP)	250	1 000	2 000	2 000	2 000
Para materiales y personal	1	2	3	4	6
Tipo	De 1 tambor	De 2 tambores	De 2 tambores	De 2 tambores	De 2 tambores
Capacidad del motor (HP)	125	500	500	500	500

<sup>1</sup> El número de unidades requeridas se determinó en base a lo observado en la muestra. Se partió del supuesto de que por cada 2 000 toneladas-día de capacidad de tumba se requiere un malacate de mayor tamaño; dado que la tendencia es hacia malacates de fricción, para minas de más de 2 000 toneladas se consideraron únicamente los de ese tipo. Para manejo de materiales y personal, se estimó que se requerirá uno por cada 1 000 toneladas de capacidad de tumba diario.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.108

PROYECCION DEL NUMERO DE MALACATES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Capacidad (Potencia del motor)	1977	1980	1985	1990	2000
De 1 tambor 125 HP	50	50	56	55	57
De 1 tambor 250 HP	50	50	58	55	57
De 2 tambores 500 HP	57	57	136	202	378
De 2 tambores 1 000 HP	13	13	26	32	43
De fricción 2 000 HP	11	11	32	55	121

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, fluorita y barita, cuadro II.53, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadro III.107.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.109

PROYECCION DE LA DEMANDA DE MALACATES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Capacidad (Potencia del motor)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>181</b>	<b>—</b>	<b>125</b>	<b>274</b>	<b>128</b>	<b>129</b>	<b>656</b>
<b>De 1 tambor (HP)</b>							
125	50	—	6	49	1	1	57
250	50	—	6	49	1	1	57
<b>De 2 tambores (HP)</b>							
500	57	—	79	123	88	88	378
1 000	13	—	13	19	5	6	43
<b>De fricción (HP)</b>							
2 000	11	—	21	34	33	33	121

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de malacates determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 20 años.

FUENTE: Cuadro III.108.

Cuadro III.110

## PRECIO UNITARIO DE LOS MALACATES

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	Precio (LAB)
<b>De 1 tambor (HP)</b>	
125	390
250	533
<b>De 2 tambores (HP)</b>	
500	585
1 000	744
<b>De fricción (HP)</b>	
2 000	900

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

Cuadro III.111

PROYECCION DE LA DEMANDA DE MALACATES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Potencia del motor)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>99 067</b>	<b>—</b>	<b>80 325</b>	<b>161 918</b>	<b>85 823</b>	<b>86 567</b>	<b>414 633</b>
<b>De 1 tambor (HP)</b>							
125	19 500	—	2 340	19 110	390	390	22 230
250	26 650	—	3 198	26 117	533	533	30 381
<b>De 2 tambores (HP)</b>							
500	33 345	—	46 215	71 955	51 480	51 480	221 130
1 000	9 672	—	9 672	14 136	3 720	4 464	31 992
<b>De fricción (HP)</b>							
2 000	9 900	—	18 900	30 600	29 700	29 700	108 900

FUENTE: Cuadro III.109.

Cuadro III.112

PRINCIPALES MARCAS DE MALACATES

Hepburn  
Dorr Oliver  
Coeur D'Alene  
Connelsville  
Ingersoll Rand  
Gardner Denver  
EIMCO  
Gutehoffnungshutte Sterkrade  
Joy  
Rexnord  
Vulcan Denver

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de  
Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

### 3.8 Compresores

Los compresores se utilizan básicamente para proveer de aire comprimido a las perforadoras que se encuentran en el interior de la mina y a otros equipos de funcionamiento neumático. Los compresores siempre están instalados en una planta ubicada en la superficie. Es importante señalar que conforme se van utilizando mayor número de perforadoras hidráulicas en las minas, la demanda de aire comprimido disminuye en términos relativos; en la estimación de la demanda de compresores, no se tomó en cuenta esta última observación.

En el cuadro III.113 se incluyen las características de los compresores existentes en una muestra de minas. En éstas se utiliza un número reducido de compresores de tipo estacionario, pero de gran capacidad. En base a los datos de la muestra se estimó un coeficiente promedio de capacidad de compresión, que relaciona la necesidad de aire comprimido (volúmenes de aire comprimido en pies cúbicos por minuto) con la capacidad de tumba de la mina. Este coeficiente permitió calcular la capacidad de aire comprimido requerida en minas de distintas capacidades (véase el cuadro III.114).

Para determinar el número de unidades en cada mina, dicha capacidad se distribuyó entre tres tipos de compresores: 1 800, 2 800 y 3 500 pies cúbicos por minuto, que resultaron ser los de uso más generalizado en las minas de la muestra.

El cuadro III.115 presenta el acervo de compresores necesarios en las minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita, barita y manganeso, que sirvió de base para calcular la demanda por quinquenios en el periodo 1980-2000. En dicho lapso la demanda representa 595 compresores, de los cuales 331 son de 3 500 pies cúbicos por minuto (véase el cuadro III.116). La demanda calculada no considera la reposición de equipo obsoleto o desgastado debido a la vida útil tan prolongada de estos equipos.

Los precios unitarios permitieron cuantificar la demanda, misma que para el periodo 1980-2000 asciende a 89.4 millones de dólares de 1977 (véanse los cuadros III.117 y III.118).

Cuadro III.113

#### RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS COMPRESORES Y LA DE TUMBE EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de tumba (A) (Ton-día)	Características de los compresores			Coeficiente de aire comprimido (C) por tonelada de capacidad de tumba (C) = (B)/(A)
		Número	Marca y modelo	Capacidad por unidad (Pies cúbicos por minuto)	
Las Torres	900	2	Ingersoll Rand XLE-2	2 800	6.59
		1	Atlas Copco VT-6	330	
La Encantada	1 200	2	Ingersoll Rand XLE-900	1 000	7.08
		1	Ingersoll Rand XLE-900	2 500	
		2	Sullair 24 KT	1 500	
		1	Atlas Copco ET-6	1 000	
Nalca	2 200	4	Ingersoll Rand XLE-2 HC	3 500	6.36
Santa Bárbara	4 500	4	Gardner Denver	1 800	3.33
		1	Sullivan	1 800	
		1	Ingersoll Rand	1 200	
		1	Ingersoll Rand	800	
		1	Atlas Copco	2 200	
		1	Joy WN-M4E	1 800	
Promedio					5.64

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas.

**Cuadro III.114**  
**COMPRESORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Concepto	250	Capacidad nominal de tumba de la mina (Ton-día)			
		1 000	2 250	4 000	6 000
Coefficiente de aire comprimido (C) por tonelada de capacidad de tumba	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84
Capacidad de aire comprimido requerida <sup>1</sup> (Pcm)	1 460	5 840	13 140	23 360	35 040
Número de unidades (Pcm) <sup>2</sup>	1	2	4	7	11
1 800	1	—	—	—	—
2 800	—	2	1	2	3
3 500	—	—	3	5	8

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de aire comprimido (C) por los rangos de capacidad de tumba de la mina.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de aire comprimido entre los tres modelos de compresores, según lo observado en la muestra.

FUENTE: Cuadro III.113.

**Cuadro III.115**  
**PROYECCION DEL NUMERO DE COMPRESORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000**

Capacidad de los compresores (Pcm)	1977	1980	1985	1990	2000
1 800	50	50	56	55	57
2 800	37	37	84	119	207
3 500	32	32	90	152	331

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita y barita, cuadro II.53, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadro III.114.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.116**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE COMPRESORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000**

(Unidades)

Capacidad de los compresores (Pcm)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	119	—	111	215	134	135	595
1 800	50	—	6	49	1	1	57
2 800	37	—	47	72	44	44	207
3 500	32	—	58	94	89	90	331

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de compresores determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 20 años.

FUENTE: Cuadro III.115.

**Cuadro III.117**  
**PRECIO UNITARIO DE LOS COMPRESORES**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de los compresores (Pcm)	Precio (LAB)
1 800	58
2 800	120
3 500	185

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de distintas fuentes.

**Cuadro III.118**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE COMPRESORES REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000**  
(Miles de dólares de 1977)

Capacidad de los compresores (Pcm)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	13 260	—	16 718	28 872	21 803	21 988	89 381
1 800	2 900	—	348	2 842	58	58	3 306
2 800	4 440	—	5 640	8 640	5 280	5 280	24 840
3 500	5 920	—	10 730	17 390	16 465	16 650	61 235

FUENTE: Cuadros III.116 y 117.

### 3.9 Equipo para anclaje de mina

Los últimos equipos que se consideran en la explotación subterránea son aquellos que se utilizan para anclaje en las minas subterráneas con el fin de asegurar y aumentar la estabilidad de los túneles, y de que puedan resistir las presiones verticales que se generan en la roca.

La operación de este equipo permite introducir en los barrenos perforados anclas que transmiten fuerzas laterales a la roca reduciendo así la posibilidad de quebraduras en los techos de los túneles.

Utilizando literatura sobre el tema y en consultas con algunas empresas mineras, se estimaron

los requerimientos de este tipo de equipo en minas de distintas capacidades (véase el cuadro III.119).

La demanda se calculó a partir del acervo requerido en los distintos años de proyección, mismo que está en función de las estimaciones sobre número de minas subterráneas polimetálicas, y de carbón, manganeso, barita y fluorita. En la demanda se consideró también la reposición de este equipo, calculándose una vida útil de 10 años (véanse los cuadros III.120 y III.121).

El valor de la demanda de esta clase de equipo para el periodo 1980-2000 se estima ascenderá a 12.9 millones de dólares.

Cuadro III.119

#### EQUIPOS PARA ANCLAJE REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA DE DISTINTAS CAPACIDADES

Capacidad nominal de tumba de la mina	Número de equipos
Minas polimetálicas, manganeso, barita y fluorita (Ton-día)	
250	—
1 000	—
2 250	1
4 000	2
6 000	3
Minas de carbón	
Una frente	2

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de minas y de información de fuentes especializadas.

Cuadro III.120

#### PROYECCION DEL NUMERO DE EQUIPOS PARA ANCLAJE REQUERIDOS EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Equipo	1977	1980	1985	1990	2000
Equipos para anclaje	23	23	58	97	225

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, carbón, fluorita y barita, cuadros II.53 y III.67, y al número de unidades requeridas en minas de distintas capacidades, cuadros III.68 y III.119.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.121

PROYECCION DE LA DEMANDA DE EQUIPOS PARA ANCLAJE REQUERIDOS EN MINAS  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, CARBON, BARITA  
Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Concepto	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Número de unidades	23	—	58	39	122	103	322
Valor	920	—	2 320	1 560	4 880	4 120	12 880

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de equipo para anclaje determinado para 1977, excepto en el caso del carbón que se hizo para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 10 años. El precio de este equipo (LAB) se estimó en 40 000 dólares de 1977.

FUENTE: Cuadro III.120.

## 4. EQUIPO Y MAQUINARIA PARA BENEFICIO DE MINERALES

### 4.1 Introducción

El beneficio de minerales comprende los procesos de trituración, molienda, separación y concentración. Para este propósito, las plantas cuentan con maquinaria y equipo típico para cada proceso; por ejemplo, quebradoras, molinos, clasificadores, celdas, filtros, etc., que se diferencian entre sí de una planta a otra, según el mineral o la capacidad de la planta de beneficio.

El análisis y determinación de la demanda de maquinaria y equipo para plantas de beneficio considera el equipo que emplean las plantas de: Minas a tajo abierto de cobre; Minas subterráneas polimetálicas y de manganeso, fluorita y barita; Minas a tajo abierto de hierro y; lavadoras de carbón.

El equipo analizado en los diferentes tipos de plantas de beneficio es el siguiente:

1. Quebradoras:
  - Giratorias
  - De quijada
  - De cono
  - Rotarias
2. Molinos:
  - De bolas
  - Autógenos
3. Alimentadores de placa y cribas vibratorias
4. Celdas de flotación
5. Clasificadores (ciclones)
6. Separadores magnéticos
7. Espesadores
8. Filtros
9. Secadoras centrífugas
10. Jigs

Como en los apartados anteriores, el análisis de la información sobre las características del equipo empleado en una muestra de plantas fue básico debido a que de él derivaron los criterios para estimar la capacidad que de cada equipo se requería en los distintos tipos de plantas.

La muestra de plantas de beneficio de minas a tajo abierto estuvo constituida por un número relativamente grande de unidades localizadas principalmente en Estados Unidos, mientras que en el caso de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, fluorita, barita y lavadoras de carbón, la información provino de plantas localizadas en México. Lo anterior implica que en la muestra global hubo diferencias notables en la tecnología y rangos de capacidad de las plantas, así como en la edad y coeficientes de utilización de los equipos.

La información de la muestra permitió establecer para cada uno de los equipos coeficientes o indicadores que se aplicaron a las plantas de distintas capacidades consideradas en el estudio. Los resultados arrojaron la capacidad que de cada equipo se requería en dichas plantas, y en base a ésta se determinó el número de unidades de cada equipo por planta.

El cálculo de la demanda total considera el incremento que deberá registrar el acervo de maquinaria y equipo, así como la reposición. Se supuso que la vida útil de estos equipos era de 30 años, excepto para las celdas de flotación y los "ciclones" para los que se estimó en 15 años, y se siguió considerando que en el año base de la proyección los equipos existentes se encontraban en un nivel de obsolescencia de 50 por ciento.

<sup>1</sup> Por no contar con información suficiente y confiable, no se incluyeron las bombas para pulpa, que son importantes en el proceso de beneficio.

## 4.2 Quebradoras

El proceso de trituración se realiza en quebradoras de diferentes tipos donde el mineral se reduce en etapas sucesivas hasta un tamaño que hace posible su alimentación a los molinos; estos últimos pueden ser de bolas, como en los casos de los minerales de cobre, polimetálicos o algunos no metálicos, o autógenos, como en el mineral de hierro.

En el presente estudio se consideraron cuatro tipos de quebradoras. Para la trituración primaria en las plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, se utilizan quebradoras giratorias; también para trituración primaria, en las plantas de minas subterráneas polimetálicas se usan quebradoras de quijada, y en las plantas lavadoras de carbón, quebradoras rotarias.

A la trituración primaria generalmente sigue la trituración secundaria y terciaria, para la cual se utilizan quebradoras de cono de cabeza estándar y cabeza corta, excepto en el caso del carbón y del hierro. Para el carbón, debido a su gran fragmentabilidad, se pasa de la trituración primaria a la separación gravimétrica, y en el hierro, el molino autógeno realiza las funciones de trituración secundaria y terciaria.

### QUEBRADORAS GIRATORIAS

Las quebradoras giratorias se utilizan en las plantas de beneficio de minas a tajo abierto debido a los grandes volúmenes de mineral que es necesario triturar para obtener un producto no mayor de 10 pulgadas.

Para el estudio de estas quebradoras se analizó una muestra de veinte plantas de beneficio, diez de ellas se encuentran en Estados Unidos, dos en México, cuatro en Canadá, dos en Sudáfrica, una en Perú y una en Papúa, Nueva Guinea.

En trece de estas plantas se benefician minerales de cobre, en cinco de hierro y en dos de molibdeno y asbestos.

Las capacidades de las plantas van de 7 500 toneladas diarias en la más pequeña, hasta 149 350 toneladas diarias en la más grande, observándose una concentración en el rango de capacidad de 30 000 a 60 000 toneladas por día. Esto hace suponer que se trata de una muestra representativa (véase el cuadro III.122).

La fuente de información, excepto en el caso de las plantas mexicanas, la constituyó el estudio "Primary Crushing Plant Design", realizado en enero de 1978 por Frank W. McQuiston y Robert S. Shoemaker, de la Sociedad Norteamericana de Ingenieros de Minas.

Como se puede observar en el cuadro III.123, existen en la muestra quebradoras de varias dimensiones, predominando ampliamente las de 60 x 89 pulgadas y las de 54 x 74 pulgadas; en menor grado participan las de 42 x 65 pulgadas y la tendencia parece orientarse a quebradoras de mayor tamaño.

Al no encontrarse en la muestra una relación lineal entre la capacidad de trituración y la capa-

cidad de beneficio, se supuso que las plantas con capacidades hasta de 75 000 toneladas diarias tendrían una sola quebradora con dimensiones hasta de 60 x 89 pulgadas; en plantas de 100 000 y 150 000 toneladas diarias habría dos quebradoras de 60 x 89 y dos de 60 x 109 pulgadas en las plantas con capacidad de 200 000 toneladas (véase el cuadro III.124).

Aplicando estos coeficientes al número de plantas del capítulo anterior se determinó el acervo de quebradoras giratorias que se requerirá en los años de la proyección (véase el cuadro III.125).

El cálculo de la demanda se presenta en el cuadro III.126 e incluye la reposición. Para esta última se estimó que la vida útil de las quebradoras giratorias era de 30 años y que en 1975 las existentes se encontraban en un nivel de obsolescencia del 50 por ciento. De acuerdo con los resultados, para el lapso 1980-2000 la demanda de quebradoras giratorias que generarán las plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto será de 20 unidades.

El precio de las quebradoras no incluye el del motor y se estimó tomando como base el estudio de A. L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations, del Instituto Canadiense de Minería y Metalurgia. En base a los cuadros III.126 y III.127 se calculó la demanda en miles de dólares de 1977 por quinuenios y la acumulada de 1980 al año 2000. Los resultados indican que en dicho lapso ésta ascenderá a 21.3 millones de dólares (véase el cuadro III.128).

### QUEBRADORAS DE QUIJADA

Estas quebradoras se utilizan generalmente en la trituración del mineral proveniente de minas subterráneas y no obstante que se localizan en la misma mina, se les considera como parte del equipo de la planta de beneficio, ya que la trituración es el primer paso del proceso de beneficio del mineral.

Para el análisis de estas quebradoras se recurrió a una muestra de unidades localizadas en México, excepto una que se encuentra en Irlanda y que se consideró conveniente incluir por tratarse de una planta con gran capacidad de beneficio y un alto grado de mecanización. La muestra está compuesta por plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas con capacidades que van de 900 a 7 000 toneladas diarias, rangos que se asemejan a los adoptados en el presente estudio.

En el análisis que aparece en el cuadro III.129 de la relación entre la capacidad de trituración y la de la planta, se observa que algunos coeficientes resultan elevados (Las Torres y La Encantada), en tanto que otros son ligeramente más bajos (Tara Mine e Inguarán); lo mismo pasa con el número de quebradoras que se encuentran instaladas en las unidades. Esto se explica por el hecho de que algunas unidades mineras cuentan con varias minas y en cada una existe por lo menos una quebradora de quijada. Algunas características

de las quebradoras se presentan en el cuadro III.130.

El coeficiente promedio de trituración por tonelada de capacidad de las plantas que resultó de la muestra sirvió para determinar la capacidad de trituración requerida en las plantas tipo de diferentes capacidades que se adoptaron. El número y dimensiones de las quebradoras necesarias por planta se calculó tomando como base las especificaciones de Allis-Chalmers, principal fabricante de este equipo. Como podrá observarse en el cuadro III.131, de los tres tipos de quebradoras considerados sólo el primero (24 x 36 pulgadas) predomina en las plantas de la muestra. La razón de ello es que se prevé que en el futuro se difundirá el empleo de equipos de mayores dimensiones.

En el cuadro III.132 se determina el acervo de quebradoras para los distintos años de la proyección, y en el siguiente la demanda. Esta última incluye la reposición y considera la que generarán en el periodo 1980-2000 las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de manganeso, barita y fluorita, que en conjunto asciende a 246 unidades de las cuales 191 corresponden a quebradoras de 38 x 46 pulgadas.

El precio unitario de las quebradoras de quijada se multiplicó por el número de unidades y se obtuvo el valor de la demanda en miles de dólares de 1977 para el lapso de 1980-2000 (véanse los cuadros III.134 y III.135).

#### QUEBRADORAS DE CONO

Las quebradoras de cono se utilizan para la trituración secundaria y terciaria en plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto y en plantas de minas subterráneas polimetálicas.

Para las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto se analizó una muestra compuesta por ocho plantas cuyas capacidades van de 16 000 a 78 880 toneladas diarias. En el caso de las plantas de minas subterráneas polimetálicas, la muestra incluye cinco plantas con capacidades de 900 a 7 000 toneladas por día.<sup>7</sup>

Como puede observarse en el cuadro III.136, en todas las plantas de minas a tajo abierto la trituración secundaria se realiza con quebradoras de cabeza standard mientras que la terciaria se hace con quebradoras de cabeza corta. En ambos casos el equipo es de siete pies de diámetro.

El número de quebradoras de cono de cabeza standard y corta requeridas en los seis rangos de capacidad de las plantas de minas de cobre a tajo abierto que se adoptaron se determinó en el cuadro III.137, y permitió calcular el acervo de este equipo en los distintos años de la proyección (véase el cuadro III.138).

En algunas plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, principalmente en las de

<sup>7</sup> A partir de la muestra no fue posible establecer una relación entre la capacidad de la planta y el número y dimensiones de las quebradoras, ya que por lo general todas las unidades están sobredimensionadas en lo que a trituración se refiere. Por tanto, la determinación del número de quebradoras necesarias en plantas tipo de distintas capacidades, se estimó en base a lo observado en la muestra.

menor capacidad, sólo se realiza la trituración secundaria, para lo cual se utilizan quebradoras de cabeza standard o cabeza corta de 5½ pies de diámetro; en las plantas de mayor capacidad se emplean quebradoras de los dos tipos de 7 pies de diámetro para la trituración secundaria y terciaria (véase el cuadro III.139).

El número de quebradoras de cono requeridas en los cinco rangos de capacidad de plantas que se adoptaron aparece en el cuadro III.140. Dependiendo de la capacidad de la planta se determinó el número y diámetro de las quebradoras que serían necesarias. En base a esta información y al número de plantas del capítulo anterior se determinó en el cuadro III.141 el acervo de quebradoras en los distintos años de la proyección.

La demanda de quebradoras para plantas de minas a tajo abierto y para las de minas subterráneas polimetálicas se presenta en el cuadro III.142.

Para cada tipo de quebradora se supone que serán utilizadas de dos dimensiones, 5½ y 7 pies de diámetro.

El valor de la demanda se obtuvo multiplicando el precio de las quebradoras, sin incluir el del motor, por las unidades determinadas en el cuadro III.142. Los resultados indican que de 1980 al año 2000 esta clase de equipo representará en términos monetarios una demanda de 73.5 millones de dólares de 1977 (véanse los cuadros III.143 y III.144).

#### QUEBRADORAS ROTARIAS

En las plantas lavadoras de carbón, el proceso de trituración se realiza con quebradoras rotarias que no guardan semejanza con las estudiadas anteriormente; a diferencia de los minerales metálicos, el carbón es muy fragmentable y la trituración se logra mediante los impactos que sufre, ya sea con piedras o contra las paredes de la misma quebradora cuando gira.

En la muestra que se analiza en el cuadro III.145, se observa que las plantas de que se dispuso información cuentan con una sola quebradora cuyas dimensiones no varían significativamente, a pesar de los cambios que registra la capacidad de las plantas.

El número y las dimensiones de las quebradoras de este tipo que se determinó para cada uno de los rangos de capacidad adoptados para las plantas lavadoras de carbón, se hizo en función de lo observado en la muestra y de consultas con funcionarios de algunos organismos (véase el cuadro III.146).

De acuerdo a las dimensiones consideradas, se estimó una quebradora rotaria para las plantas con capacidad hasta de 3 000 000 de toneladas anuales y dos para aquellas con capacidad mayor de 4 500 000 toneladas. En base a esta información y al número de plantas determinado en el capítulo anterior se calculó el acervo de quebradoras rotarias (véase el cuadro III.147).

La demanda en unidades y en valor para los diferentes años de la proyección se presenta en el cuadro III.148.

Cuadro III.122

**CAPACIDAD DE LAS QUEBRADORAS GIRATORIAS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO**

Unidad	País	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Características de las quebradoras giratorias				Tipo de mineral
			Número	Marca	Dimensiones (Pulgadas)	Capacidad nominal (Ton-hora)	
Peña Colorada	México	7 500	1	Allis-Chalmers	42 x 65	1 038	Hierro
Inspiration/Arizona	E.U.A.	18 135	1	Allis-Chalmers	54 x 74	1 360	Cobre
Similkameen/Princeton	Canadá	20 400	1	Allis-Chalmers	54 x 74	1 360	Cobre
Kennecott/Ray	E.U.A.	22 215	1	Allis-Chalmers	54 x 74	1 088	Cobre
Palabora Mining Co. II	Sudáfrica	25 000	1	Allis-Chalmers	54 x 74	1 147	Carbonatita, fosforita y magnetita
Climax Molibdenum/Henderson	E.U.A.	27 200	1	Taylor	54 x 84	2 720	Molibdeno
Kennecott/Boneville	E.U.A.	29 014	1	Allis-Chalmers	54 x 74	1 814	Cobre
Anamax Mining/Sahuarita	E.U.A.	36 270	2	Nordberg	54 x 80	8 160 total	Cobre
Pinto Valley/Arizona	E.U.A.	40 000	1	Taylor	60 x 89	3 173	Cobre
Southern Perú/Cuajone	Perú	40 700	1	Allis-Chalmers	60 x 89	3 626	Cobre
Canadian Johns-Manville/Quebec	Canadá	40 700	1	Taylor	72 x 93	2 080	Asbestos
Lornex Mining/Logan Lake	Canadá	43 521	1	Allis-Chalmers	60 x 89	3 626	Cobre
Anaconda/Butte	E.U.A.	52 000	1	Taylor	60 x 89	4 533	Cobre
Palabora Mining Co. I	Sudáfrica	53 950	2	Allis-Chalmers	54 x 74	2 294 total	Carbonatita, fosforita y magnetita
Magma Copper/San Manuel	E.U.A.	56 215	4	Allis-Chalmers	42 x 65	4 152 total	Cobre
La Caridad	México	72 000	2	Allis-Chalmers	60 x 89	6 346 total	Cobre
Bougainville	Papúa Nueva Guinea	76 000	2	Allis-Chalmers	54 x 74	3 174	Cobre
Duval Sierrita/Tucson	E.U.A.	78 880	2	Allis-Chalmers	60 x 89	4 533 total	Cobre
Reserve Mining/Silver Bay	E.U.A.	91 440	1	Allis-Chalmers	60 x 109	3 048	Hierro
Iron Ore Co. of Canadá/Labrador	Canadá	149 350	2	Allis-Chalmers	60 x 89	8 128 total	Hierro

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, Frank W. Mcquiston y Robert S. Shoemaker. *Primary crushing plant design*. Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1978, e investigación directa.

Cuadro III.123

**CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADORAS GIRATORIAS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	7.5	18 a 30		31 a 52		
Número de plantas en el rango	1	1		6		
Número de quebradoras en el rango	1	6		7		
Número promedio de quebradoras por planta	1	1		1.16		
Dimensiones de las quebradoras (Pulgadas)	(42 x 65)	(54 x 74 54 x 84)		(54 x 80	60 x 89	72 x 93)
Número de quebradoras según dimensiones	1	5	1	2	4	1

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)				
	53 a 70		71 a 150		
Número de plantas en el rango	2		5		
Número de quebradoras en el rango	6		9		
Número promedio de quebradoras por planta	3		1.8		
Dimensiones de las quebradoras (Pulgadas)	(42 x 65 54 x 74)		(54 x 74	60 x 89	60 x 109)
Número de quebradoras según dimensiones	4	2	2	6	1

FUENTE: Cuadro III.122.

Cuadro III.124

**QUEBRADORAS GIRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA  
DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Dimensiones (Pulgadas)	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)							
	7.5	15	25	50	75	100	150	200
Número de unidades	1	1	1	1	1	2	2	2
42 x 65	1	—	—	—	—	—	—	—
54 x 74	—	1	1	—	—	—	—	—
60 x 89	—	—	—	1	1	2	2	—
60 x 109	—	—	—	—	—	—	—	2

<sup>1</sup> Las plantas de beneficio para hierro están incluidas únicamente en los rangos de 7 500, 15 000, 25 000 y 5 009 toneladas-día, en tanto que las de cobre están en los rangos de 25 000 a 200 000 toneladas-día. El número de quebradoras por planta y sus dimensiones se determinó en base a lo observado en la muestra y a Nordberg process machinery; Reference manual. Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.125

**PROYECCION DEL NUMERO DE QUEBRADORAS GIRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE  
TRITURACION PRIMARIA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000**

Dimensiones (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	5	7	12	14	19
42 x 65	4	3	3	3	2
54 x 74	1	2	6	5	5
60 x 89	—	2	3	6	8
60 x 109	—	—	—	—	4

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, cuadros II.13 y II.20, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades del cuadro III.124.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.126

**PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS GIRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE  
TRITURACION PRIMARIA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000**

(Unidades)

Dimensiones (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	5	3	5	6	1	5	20
42 x 65	4	—	—	3	—	—	3
54 x 74	1	1	4	—	—	—	5
60 x 89	—	2	1	3	1	1	8
60 x 109	—	—	—	—	—	4	4

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de quebradoras giratorias determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadro III.125.

**Cuadro III.127**  
**PRECIO UNITARIO DE LAS QUEBRADORAS**  
**GIRATORIAS**

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pulgadas)	Precio (LAB)
42 x 65	427
54 x 74	767
60 x 89	1 199
60 x 109	1 638

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio de las quebradoras no incluye el del motor.

**Cuadro III.128**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS GIRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE**  
**TRITURACION PRIMARIA DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>2 475</b>	<b>3-165</b>	<b>4 267</b>	<b>4 878</b>	<b>1 199</b>	<b>7 751</b>	<b>21 260</b>
42 x 65	1 708	—	—	1 281	—	—	1 281
54 x 74	767	767	3 068	—	—	—	3 835
60 x 89	—	2 398	1 199	3 597	1 199	1 199	9 592
60 x 109	—	—	—	—	—	6 552	6 552

FUENTE: Cuadros III.126 y III.127.

**Cuadro III.129**  
**RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE TRITURACION PRIMARIA DE LAS QUEBRADORAS DE**  
**QUIJADA Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE MINAS SUBTERRANEAS**  
**POLIMETALICAS**

Unidad	Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número y dimensiones de las Quebradoras (Pulgadas)	Capacidad de trituración primaria (B) <sup>1</sup> (Ton-hora)	Coeficiente de trituración (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)
Las Torres	900	1 de 42 x 48	525	0.5833
La Encantada	1 200	3 de 24 x 36	420	0.3500
Inguarán	2 000	3 de 24 x 36 1 de 18 x 36	510	0.2550
Naica	2 200	1 de 24 x 36 1 de 38 x 46 1 de 15 x 36	695	0.3159
Santa Bárbara	4 500	2 de 36 x 48 4 de 24 x 36	1 410	0.3133
Tara Mine	7 000	2 de 48 x 60	1 254	0.1791
Promedio				0.3328

<sup>1</sup> En base a especificaciones de Allis-Chalmers.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.130

**CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADA EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Concepto	Total	Dimensiones (Pulgadas)						
		15 x 36	18 x 36	24 x 36	36 x 48	38 x 46	42 x 48	48 x 60
Número de quebradoras	10	1	1	11	2	1	1	2
Estructura (%)	100.0	5.3	5.3	57.8	10.5	5.3	5.3	10.5
Capacidad promedio por quebradora (Ton-hora)	—	80	90	140	425	475	525	627

FUENTE: Cuadro III.129.

Cuadro III.131

**QUEBRADORAS DE QUIJADA REQUERIDAS EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coefficiente de trituración (C) por tonelada de capacidad de la planta	0.3328	0.3328	0.3328	0.3328	0.3328
Capacidad de trituración requerida <sup>1</sup> (Toneladas)	32.2	332.8	748.8	1 331.2	1 996.8
Número de unidades por dimensiones <sup>2</sup> (Pulgadas)					
24 x 36	1	—	—	—	—
38 x 46	—	1	2	3	1
48 x 60	—	—	—	—	2

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de trituración (C) por los rangos de capacidad de la planta.<sup>2</sup> El número de quebradoras por planta y sus dimensiones se determinó en base a lo observado en la muestra y a *Nordberg process machinery: Reference manual*, Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

FUENTE: Cuadro III.129.

Cuadro III.132

**PROYECCION DEL NUMERO DE QUEBRADORAS DE QUIJADA REQUERIDAS EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000**

Dimensiones (Pulgadas)	1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL	64	64	108	144	244
24 x 36	38	38	42	38	36
38 x 46	26	26	66	104	191
48 x 60	—	—	—	2	17

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, de manganeso, barita y fluorita cuadro II.54, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.131.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.133

PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS DE QUIJADA REQUERIDAS EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA,<sup>1</sup> 1977-2000

(Unidades)

Dimensiones (Pulgadas)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>64</b>	<b>—</b>	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>110</b>	<b>52</b>	<b>246</b>
24 x 36	38	—	4	—	34	—	38
38 x 46	26	—	40	38	69	44	191
48 x 60	—	—	—	2	7	8	17

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de quebradoras de quijada determinado para 1977, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadro III.132.

Cuadro III.134

PRECIO UNITARIO DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADA

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pulgadas)	Precio (LAB)
24 x 36	53
38 x 46	129
48 x 60	290

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio de las quebradoras no incluye el del motor.

Cuadro III.135

PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS DE QUIJADA REQUERIDAS EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, BARITA Y FLUORITA, 1977-2000

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pulgadas)	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>5 368</b>	<b>—</b>	<b>5 372</b>	<b>5 482</b>	<b>12 733</b>	<b>7 996</b>	<b>31 583</b>
24 x 36	2 014	—	212	—	1 802	—	2 014
38 x 46	3 354	—	5 160	4 902	8 901	5 676	24 639
48 x 60	—	—	—	580	2 030	2 320	4 930

FUENTE: Cuadros III.133 y III.134.

Cuadro III.136

**CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADORAS DE CONO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO**

Unidad	País	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Características de las quebradoras de cono		
			Número y tipo	Dimensiones (Pies de diámetro)	Marca
Questa Plant	E.U.A.	16 000	1 de Cabeza standard 2 de Cabeza corta	7 7	Nordberg Nordberg
Endako Mines	Canadá	27 000	2 de Cabeza standard 2 de Cabeza corta	7 7	CAC CAC
Kennecott/Boneville	E.U.A.	29 014	2 de Cabeza standard 3 de Cabeza corta	7 7	Symons Symons
Phelps Dodge/Tyrone	E.U.A.	48 000	3 de Cabeza standard 5 de Cabeza corta	7 7	...
Climax Molibdenum (Climax)	E.U.A.	48 000	6 de Cabeza standard 10 de Cabeza corta	7 7	Symons Symons
Anaconda/Butte	E.U.A.	52 000	3 de Cabeza standard	7	Symons
La Caridad	México	72 000	6 de Cabeza standard 10 de Cabeza corta	7 7	Allis-Chalmers Allis-Chalmers
Duval Sierrita/Tucson	E.U.A.	78 880	4 de Cabeza standard 10 de Cabeza corta	7 7	Allis-Chalmers Allis-Chalmers

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. M. C. Fuerstenau, ed. *Flotation*. A. M. Gaudin memorial volume. Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976.

Cuadro III.137

**QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	200
Número de quebradoras de cabeza standard						
De 7 pies de diámetro	2	3	6	6	10	12
Número de quebradoras de cabeza corta						
De 7 pies de diámetro	2	5	10	10	20	20

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, en base a lo observado en la muestra y a Nordberg process machinery; Reference manual, Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

Cuadro III.138

**PROYECCION DEL NUMERO DE QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

Concepto	1975	1980	1985	1990	2000
Cabeza standard	2	6	16	25	40
De 7 de pies de diámetro	2	6	16	25	40
Cabeza corta	2	10	24	45	70
De 7 pies de diámetro	2	10	24	45	70

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.137.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.139

**CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADORAS DE CONO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Características de las quebradoras de cono	
		Número y tipo	Dimensiones (Pies de diámetro)
Las Torres	900	1 de Cabeza standard	5½
La Encartada	1 200	1 de Cabeza corta	4
Inguarán	2 000	1 de Cabeza standard 1 de Cabeza corta	5½ 5½
Naica	2 200	3 de Cabeza corta	3
Santa Bárbara	4 500	1 de Cabeza standard 2 de Cabeza corta	7 7
Tara Mine	7 000	1 de Cabeza standard 1 de Cabeza corta	7 7

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.140

**QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Número de quebradoras de cabeza standard					
De 5½ pies de diámetro	1	1	1	—	—
De 7 pies de diámetro	—	—	—	1	1
Número de quebradoras de cabeza corta					
De 5½ pies de diámetro	—	—	1	—	—
De 7 pies de diámetro	—	—	—	1	2

<sup>1</sup> Por lo general en las unidades de la muestra la capacidad de trituración está sobredimensionada, lo que dificulta un cálculo más aproximado. Por este motivo, las necesidades de quebradoras han sido determinadas por simple observación de la muestra tanto en número como en dimensiones.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.141

**PROYECCION DEL NUMERO DE QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA Y BARITA, <sup>1</sup> 1977-2000**

Concepto	1977	1980	1985	1990	2000
Cabeza standard	69	69	104	123	179
De 5½ pies de diámetro	68	68	99	112	149
De 7 pies de diámetro	1	1	5	11	30
Cabeza corta	9	9	25	40	85
De 5½ pies de diámetro	8	8	20	28	50
De 7 pies de diámetro	1	1	5	12	35

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita y barita, cuadro II.55, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.140.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.142

PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE FLUORITA Y BARITA,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Cabeza standard	71	4	45	30	103	37	219
De 5½ pies de diámetro	68	—	31	13	86	19	149
De 7 pies de diámetro	3	4	14	17	17	18	70
Cabeza corta	11	8	30	38	43	36	155
De 5½ pies de diámetro	8	—	12	8	19	11	50
De 7 pies de diámetro	3	8	18	30	24	25	105

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de quebradoras de cono determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre a tajo abierto, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadros III.138 y III.141.

Cuadro III.143

PRECIO UNITARIO DE LAS QUEBRADORAS DE CONO

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pies de diámetro)	Precio (LAB)
5½	126
7	277

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio de las quebradoras no incluye el del motor.

Cuadro III.144

PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS DE CONO REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA Y BARITA, 1975-2000

(Miles de dólares de 1977)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	11 238	3 324	14 282	15 665	24 587	15 691	73 549
De 5½ pies de diámetro	9 576	—	5 418	2 646	13 230	3 780	25 074
De 7 pies de diámetro	1 662	3 324	8 864	13 019	11 357	11 911	48 475

FUENTE: Cuadros III.142 y III.143.

Cuadro III.145

**CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADORAS ROTARIAS TIPO BRADFOR EN UNA MUESTRA DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON**

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Características de las quebradoras rotarias		
	Número	Dimensiones (Pies)	Marca
1 000	1	n.d.	Gundlach
1 200	1	10 x 16	—
1 875	1	12 x 22	Mcnally
2 100	1	14 x 24	Mcnally
3 000	1	n.d.	—
4 700	1	n.d.	Mcnally
5 000	1	n.d.	—
8 800	n.d.	n.d.	

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de las diferentes plantas.

Cuadro III.146

**NUMERO Y PRECIO DE LAS QUEBRADORAS ROTARIAS TIPO BRADFOR REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON**

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número	Dimensiones (Pies)	Precio (LAB)
			(Miles de dólares de 1977)
1 500	1	9 x 18	105
2 100	1	10 x 24	147
3 000	1	14 x 24	185
4 500	2	12 x 24	160
6 000	2	14 x 24	185

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas y otras fuentes.

Cuadro III.147

PROYECCION DEL NUMERO DE QUEBRADORAS ROTARIAS TIPO BRADFORD REQUERIDAS  
EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBÓN,<sup>1</sup> 1975-2000

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	4	4	8	10	23
9 x 18	2	2	3	2	5
10 x 24	2	2	1	—	—
12 x 24	—	—	2	4	8
14 x 24	—	—	2	4	10

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón, cuadro II.58, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.146.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.148

PROYECCION DE LA DEMANDA DE QUEBRADORAS ROTARIAS TIPO BRADFORD REQUERIDAS  
EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBÓN,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1997)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Número de unidades	2	—	5	5	6	7	23
9 x 18 pies	2	—	1	1	1	2	5
10 x 24 pies	—	—	—	—	—	—	—
12 x 24 pies	—	—	2	2	2	2	8
14 x 24 pies	—	—	2	2	3	3	10
Valor	210	—	795	795	980	1 085	3 655
9 x 18 pies	210	—	105	105	105	210	525
10 x 24 pies	—	—	—	—	—	—	—
12 x 24 pies	—	—	320	320	320	320	1 280
14 x 24 pies	—	—	370	370	555	555	1 850

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de quebradoras rotarias tipo bradford determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadros III.146 y III.147.

## 4.3 Molinos

Dado que para la concentración y recuperación de los metales se utilizan procesos tales como la flotación, separación magnética y separación gravimétrica, que son procesos húmedos, en las últimas etapas de reducción del mineral es necesario usar molinos de tambor donde bolas o trozos de acero reducen el material o carga a una masa llamada "pulpa" que posteriormente es alimentada a otros equipos de la planta.

Los molinos de bolas pueden ser del tipo de derrame o de descarga sobre parrilla, en circuito abierto o cerrado y operados como unidades de etapa simple o múltiple. Los molinos de remolienda son generalmente del tipo de derrame.

En los últimos años los grandes molinos de bolas de etapa simple han venido sustituyendo a los circuitos de molinos pequeños de etapa múltiple. Cabe destacar que en la actualidad los molinos de bolas más grandes que se encuentran en operación son accionados por motores de 10 000 HP. No obstante, éste no es el límite máximo en tamaño, ya que están en estudio diseños más grandes.

En ocasiones, en lugar de molinos de bolas se emplean molinos de piedras (*pebble mills*) que se cargan con trozos de mineral seleccionados de la trituración primaria. Dado que el peso de las piedras por unidad de volumen es de 35 a 55 por ciento del peso de las bolas de acero, la capacidad del molino cargado con piedras, es mucho menor que cuando se utilizan bolas de acero. Por lo tanto, para un circuito de molienda determinado, el tamaño de un molino de piedras debe ser mucho más grande que uno de bolas. Esto no significa que los costos de capital se incrementen en la misma proporción, ya que la potencia que se requiere es casi la misma en ambos casos por lo que no se registran incrementos sustanciales en el sistema motriz (transmisiones, embragues, etc.).

Los molinos "autógenos"<sup>8</sup> húmedos se utilizan junto con las quebradoras a fin de producir una trituración aceptable. Cuando estos molinos se utilizan con bolas de acero como complemento de los trozos de mineral, entonces se denominan "semi-autógenos". La aplicación de este sistema se ha extendido con buenos resultados en el tratamiento de minerales que no contienen cantidades excesivas de lamas; su principal aplicación es en circuitos de trituración y molienda de minerales ferrosos, aunque últimamente se empieza a utilizar en ciertas etapas de la trituración de minerales de cobre de baja ley.

En este estudio se consideran únicamente los molinos de bolas para plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita y barita; de plantas de minas de cobre a tajo abierto

y los molinos "autógenos" para el beneficio de mineral de hierro.

Los molinos de rodillos se utilizan en circuitos de molienda cuando se desea tener control sobre el grado de finura del mineral a fin de evitar problemas en la flotación con la aparición de lamas, que dificultan la separación de los diferentes metales contenidos en el mineral.

Para el análisis de los molinos en general, se recurrió principalmente a un estudio sobre plantas de flotación intitulado "Flotation, A. M. Gaudin Memorial Volume", editado en 1976 por The Society of Mining Engineers of AIME, y a una muestra de plantas de beneficio localizadas en México. Además, para los aspectos técnicos se consultaron los catálogos de Nordberg, uno de los principales fabricantes de estos equipos.

### MOLINOS DE BOLAS

El cuadro III.149 incluye la información de una muestra de plantas de beneficio para minas de cobre a tajo abierto en la que se puede apreciar una relación muy directa entre la capacidad total de los motores de los molinos, expresada en HP, y la capacidad de beneficio de la planta. Para cada una de las nueve plantas que constituyeron la muestra se calculó un coeficiente y del conjunto se obtuvo un promedio que indica la capacidad de molienda necesaria por tonelada de capacidad de la planta. Dicho coeficiente se multiplicó por los seis rangos de capacidad de las plantas que se adoptaron y se obtuvo la capacidad de molienda requerida en HP. El número de molinos y sus dimensiones se determinaron en base a lo observado en la muestra y a especificaciones de Nordberg (véase el cuadro II.150).

El acervo de molinos de bolas para las plantas de minas de cobre a tajo abierto en los distintos años de la proyección se calculó multiplicando el número de molinos requeridos en cada planta por el número de plantas establecido en el capítulo el cuadro III.150).

Los criterios que se aplicaron para determinar el número de molinos necesarios en una planta de beneficio de una mina de cobre a tajo abierto, fueron exactamente los mismos que para las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, ya que como se observa en el cuadro III.152 existe una relación lineal entre la capacidad total de los motores en HP y la capacidad de beneficio de las diferentes unidades de la muestra, por lo que el cuadro III.153 se elaboró siguiendo los mismos principios que en el cuadro III.150. Lo mismo sucedió con el acervo de molinos para plantas de minas subterráneas que se presenta en el cuadro III.154.

En las plantas de beneficio de hierro se utilizan también molinos de bolas y en algunos casos aislados, de rodillos. En los cuadros III.155 y III.158 se presentan las características de los molinos de bolas existentes en una muestra de plantas de minas de hierro a tajo abierto donde no existe una relación directa (como en las otras plantas) entre la

<sup>8</sup> El nombre de "autógenos" se debe a que se cargan con trozos de mineral seleccionados de la trituración primaria.

capacidad de los motores y la capacidad de beneficio; probablemente esto se debe a una falta de uniformidad en las características del mineral que benefician, ya que la dureza influye en la potencia requerida en los molinos. Ante esta situación, la unidad de Peña Colorada se eligió como la más representativa y su número de molinos se usó como base para el cálculo de las necesidades de éstos en plantas tipo de diferentes capacidades (véase el cuadro III.159).

En el cuadro III.160 aparece el acervo de molinos de bolas requerido en los distintos años de la proyección por las minas de hierro a tajo abierto, y en el III.161 se determina la demanda total, que asciende a 473 unidades, de las cuales una elevada proporción corresponde a los molinos de 12 x 15, 16.5 x 24 y 15 x 20 pies. La demanda de este tipo de molinos será generada por las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, e incluye la reposición, para la que se estimó una vida útil de 30 años debido a que el mayor desgaste de los molinos se registra en las laines, las que sin embargo pueden cambiarse periódicamente.

El valor de la demanda, en miles de dólares de 1977, se calculó en base a precios que no incluyen los cojinetes, reductor, piñón, acoplamiento y motor. Para el periodo 1980-2000 éste asciende a 212.1 millones de dólares.

#### MOLINOS "AUTOGENOS"

Este tipo de molinos se utiliza fundamentalmente en el beneficio de mineral de hierro. La diferencia principal con respecto a los de bolas, aparte de su forma y dimensiones, consiste en que la molienda la realiza el mismo mineral al golpearse entre sí mientras gira el molino. Para ello, el mineral se alimenta en diferentes tamaños en una proporción que varía de acuerdo a la dureza del mismo.

Los molinos "autógenos" junto con los "semi-autógenos" de gran diámetro, empiezan a desplazar al sistema convencional de trituración-molienda compuesto de quebradoras secundarias y terciarias en circuito cerrado con molinos de rodillos o de bolas. Es significativo que en años recientes los

fabricantes han vendido más de 40 molinos autógenos cuyo diámetro es del orden de 32 pies.

En el cuadro III.155 se enlista una muestra de plantas de beneficio de hierro, en la que se detalla el número, dimensiones y capacidad de los motores de los molinos en HP. Debido a lo deficiente de la información, en algunos casos hubo necesidad de estimar la capacidad de dichos motores a partir de sus dimensiones o viceversa. Esto se realizó siguiendo las especificaciones y criterios indicados en el estudio de A. L. Mular, "*Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Costs Estimations*", editado en 1978 por el Instituto Canadiense de Minas y Metalurgia.

En el cuadro III.156 se incluyen los datos básicos de cinco plantas de la muestra que utilizan molinos autógenos que dieron elementos para determinar el número de unidades necesarias en plantas de distintos rangos de capacidad.

La estimación del número de molinos para los cuatro tamaños de plantas que se consideraron aparece en el cuadro III.157. Para ello se tomó como base el número de molinos en la planta de Peña Colorada por tratarse de una instalación moderna con tecnología adaptada a las condiciones y tipo del mineral que se encuentra en México. Por lo que respecta a las dimensiones de éstos, se supuso una relación entre el diámetro y el largo de 1.65 que es un promedio aproximado que resultó de la muestra. El acervo de esta clase de molinos (de 24 x 14.5 pies) para los distintos años de la proyección se presenta en el cuadro III.160. Resultó de multiplicar el número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto establecido en el capítulo anterior por el número de molinos requerido en cada planta.

La demanda total se presenta por quinquenios y acumulada para el periodo 1980-2000 e incluye la reposición. Para el cálculo de esta última se estimó una vida útil de 30 años y se supuso que en 1975 los molinos autógenos existentes en México se encontraban en un nivel de obsolescencia de 50% (véase el cuadro III.161).

El valor de los 38 molinos autógenos que se requerirán entre 1980 y el año 2000, a un precio unitario de 13 000 000 de dólares, asciende a 49.4 millones de dólares (véase el cuadro III.163).

Cuadro III.149

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS MOLINOS Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO<sup>1</sup>

Unidad	País	Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número y tipo de los molinos	Marca
Questa Plant	E.U.A.	16 000	4 de bolas 1 de bolas	Marcy Nordberg
Endako Mines	Canadá	27 000	5 de rodillos 5 de bolas 1 de bolas	CAC CAC CAC
Kennecott/Boneville	E.U.A.	29 014	4 de rodillos 8 de bolas	Nordberg Nordberg
Climax Molibdenum/ Climax	E.U.A.	48 000	8 de bolas 4 de bolas 7 de bolas 8 de bolas	Marcy Marcy Marcy —
Phelps Dodge/Tyrone	E.U.A.	48 000	20 de bolas	—
Anaconda/Butte	E.U.A.	52 000	6 de rodillos 12 de bolas	Marcy Marcy
La Caridad	México	72 000	10 de bolas 4 de bolas	Dominion Allis-Chalmers
Bougainville	Papúa Nueva Guinea	78 000	9 de bolas 3 de bolas	Allis-Chalmers Allis-Chalmers
Duval Sierrita/ Tucson	E.U.A.	78 880	16 de bolas	Allis-Chalmers
Promedio				

Unidad	Dimensiones (Pies)	Capacidad del motor (HP)	Capacidad total de los motores (B) (HP)	Coefficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)
Questa Plant	13 x 14 15 x 19.2	1 250 3 000	8 000	0.50
Endako Mines	12. 6 x 15 12. 6 x 15	1 250 ( 4 ) 1 500 ( 1 ) 1 250 700	14 200	0.53
Kennecott/Boneville	9. 6 x 13 12. 6 x 18 12. 6 x 15	1 250 1 250	15 000	0.56
Climax Molibdenum/ Climax	9 x 8 9 x 9 6. 8 x 20 13 x 12	450 600 200 1 000	15 400	0.32 <sup>2</sup>
Phelps Dodge/Tyrone	12 x 12	(12) 1 250 ( 8 ) 1 500	27 000	0.56
Anaconda/Butte	9 x 12 12. 6 x 21	450 1 250	17 700	0.34 <sup>2</sup>
La Caridad	16. 6 x 24 10 x 26.6	4 000 1 100	44 400	0.62
Bougainville	18 x 21 10 x 20	4 250 1 500	42 750	0.55
Duval Sierrita/ Tucson	16.16 x 19	3 000	48 000	0.61
Promedio				0.56

<sup>1</sup> La capacidad de los molinos está medida por la potencia del motor.

<sup>2</sup> Se excluyó de la muestra.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU. M. C. Fuerstenau, ed. Flotation. A. M. Gaudin memorial volume. Nueva York, N. Y. American Institut of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976.

**Cuadro III.150**  
**MOLINOS DE BOLAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	200
Coefficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Capacidad de molienda requerida <sup>1</sup>	14 000	28 000	42 000	56 000	84 000	112 000
Número de unidades <sup>2</sup>	8	16	14	18	28	36
Dimensiones <sup>2</sup> (Pies)	15 x 20	15 x 20	16.5 x 24	16.5 x 24	16.5 x 24	16.5 x 24

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de molienda (C) por los rangos de capacidad de la planta.

<sup>2</sup> El número de molinos por planta y sus dimensiones se calculó en base a Nordberg process machinery; Reference manual, Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

FUENTE: Cuadro III.149.

**Cuadro III.151**  
**PROYECCION DEL NUMERO DE MOLINOS DE BOLAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	2000
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>76</b>	<b>118</b>
15 x 20	8	32	16	16	—
16.5 x 24	—	—	32	60	118

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.150.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

**Cuadro III.152**  
**RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS MOLINOS Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS<sup>1</sup>**

Unidad	Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número y tipo de los molinos	Dimensiones (Pies)	Capacidad del motor (HP)	Capacidad total de los motores (B) (HP)	Coefficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)
Las Torres	900	1 de bolas	15 x 19.5	700	775	0.861
		1 de bolas	5 x 8.5	75		
La Encantada	1 200	2 de bolas	9.5 x 11	450	900	0.750
Inguarán	2 000	2 de bolas	10.5 x 14	800	1 600	0.800
Naica	2 200	5 de bolas	6 x 14	200	2 300	1.045
		1 de bolas	5 x 6	100		
		2 de bolas	10.5 x 11	600		
Santa Bárbara	4 500	2 de bolas	9 x 14	600	4 080	0.907
		1 de bolas	14 x 17	2 000		
		1 de bolas	6 x 6	125		
		1 de bolas	5 x 6	55		
		2 de barras	8 x 11	350		
Tara Mine	7 000	1 de bolas	16 x 20	2 800	6 200	0.886
		1 de rodillos	13.5 x 20	1 800		
		2 de bolas	11 x 14	800		
Promedio						0.875

<sup>1</sup> La capacidad de los molinos está medida por la potencia del motor.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.153  
**MOLINOS DE BOLAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
 SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coefficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta <sup>1</sup>	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875
Capacidad de molienda requerida <sup>1</sup>	219	875	1 969	3 500	5 250
Número de unidades <sup>2</sup>	1	1	2	2	3
Dimensiones <sup>2</sup> (Pies)	10 x 10	12 x 15	12 x 15	15 x 20	15 x 20

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de molienda (C) por los rangos de capacidad de la planta.

<sup>2</sup> El número de molinos por planta y sus dimensiones se calculó en base a Nordberg process machinery; Reference manual Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

FUENTE: Cuadro III.152.

Cuadro III.154

**PROYECCION DEL NUMERO DE MOLINOS DE BOLAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO  
 DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS  
 DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000**

Dimensiones (Pies)	1977	1980	1985	1990	2000
<b>TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>138</b>	<b>176</b>	<b>293</b>
10 x 10	48	48	54	49	51
12 x 15	31	31	67	95	158
15 x 20	4	4	17	32	84

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, cuadro II.57, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.153.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.155

**CAPACIDAD DE LOS MOLINOS AUTOGENOS, DE BOLAS Y BARRAS EN UNA MUESTRA  
 DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO<sup>1</sup>**

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Molinos autógenos			Molinos de bolas			Molinos de barras		
	Número	Dimensiones (Pies)	Capacidad del motor (HP)	Número	Dimensiones (Pies)	Capacidad del motor (HP)	Número	Dimensiones (Pies)	Capacidad del motor (HP)
5 500	1	27 x 31 <sup>2</sup>	10 000	1	14 x 12	2 000	—	—	—
7 500 <sup>3</sup>	1	19 x 20	3 200	1	10.5 x 20	1 000	—	—	—
7 800 <sup>3</sup>	—	—	—	2	15 x 28.2	3 000	2	12 x 16.4	1 050
9 100	6	22 x 6	1 165 <sup>4</sup>	6	10.5 x 14	700 <sup>5</sup>	—	—	—
20 300	5	26 x 7	3 000	2	14 x 22	2 000 <sup>5</sup>	—	—	—
47 000	6	27.5 x 14.5	4 500 <sup>4</sup>	1	10.8 x 22	1 100 <sup>5</sup>	—	—	—
90 900	—	—	—	12 <sup>6</sup>	15.5 x 30	2 520	—	—	—
				36	12.2 x 14	n.d.	36	12.2 x 14	850 <sup>6</sup>

<sup>1</sup> La capacidad de los molinos está medida por la potencia del motor.

<sup>2</sup> El largo de los molinos se estimó en base a A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

<sup>3</sup> Se trata de las plantas concentradoras de Peña Colorada y Las Truchas, respectivamente.

<sup>4</sup> El caballaje de los motores se estimó en base a la misma fuente de la nota 2.

<sup>5</sup> El caballaje de los motores se estimó en base a Nordberg process machinery; Reference manual. Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

<sup>6</sup> El dato se refiere a molinos de piedras.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de algunas plantas.

Cuadro III.156  
CAPACIDAD DE LOS MOLINOS AUTOGENOS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE  
BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Capacidad de los motores (B) (HP)	Coficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)	Relación entre el diámetro y largo de los molinos de la muestra	Número de molinos
5 500	10 000	1.818	0.87	1
7 500	3 200	0.427	0.95	1
9 100	6 990	0.768	3.66	6
20 300	15 000	0.739	3.71	5
47 000	27 000	0.574	1.89	6

<sup>1</sup> La capacidad de los molinos está medida por la potencia del motor.  
FUENTE: Cuadro III.155.

Cuadro III.157  
MOLINOS AUTOGENOS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
DE HIERRO A TAJO ABIERTO

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos <sup>1</sup>	Capacidad nominal de molienda por molino <sup>2</sup> (Ton-hora)	Capacidad del motor requerida por molino <sup>3</sup> (HP)	Relación entre el diámetro y largo de los molinos <sup>4</sup>	Dimensiones <sup>3</sup> (Pies)
7 500	1	375	3 500	1.65	24 x 14.5
15 000	2	375	3 500	1.65	24 x 14.5
25 000	3	420	3 700	1.65	24 x 14.5
50 000	6	420	3 700	1.65	24 x 14.5

<sup>1</sup> Supuesto a partir de los datos del cuadro III.155, especialmente de los de Peña Colorada, que se consideraron bastante representativos para estimar los correspondientes a plantas de otros rangos de capacidad.

<sup>2</sup> Estimada en base a 20 horas de operación.

<sup>3</sup> La capacidad de los motores así como las dimensiones de los molinos se calcularon en base a A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

<sup>4</sup> Supuesto en base a la misma relación que aparece en el cuadro III.156.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.158  
RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS MOLINOS DE BOLAS Y LA DE BENEFICIO EN  
UNA MUESTRA DE PLANTAS DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número de molinos	Capacidad total de los motores (B) (HP)	Coficiente de molienda (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)
5 500	2	3 000	0.54
7 500	1	2 500	0.33
9 100	6	4 200	0.46
20 300	3	5 100	0.25

<sup>1</sup> La capacidad de los molinos está medida por la potencia del motor.  
FUENTE: Cuadro III.155.

Cuadro III.159  
**MOLINOS DE BOLAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
 DE HIERRO A TAJC ABIERTO**

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos 1	Capacidad nominal de molienda por molino 2 (Ton-hora)	Capacidad del motor requerida por molino 1 (HP)	Dimensiones 3 (Pies)
7 500	1	375	3 000	16.5 x 24
15 000	2	375	3 000	16.5 x 24
25 000	3	420	3 000	16.5 x 24
50 000	6	420	3 000	16.5 x 24

<sup>1</sup> Supuesto a partir de los datos del cuadro III.155, especialmente de los de Peña Colorada, que se consideraron bastante representativos para estimar los correspondientes a plantas de otros rangos de capacidad.

<sup>2</sup> Estimada en base a 20 horas de operación.

<sup>3</sup> Las dimensiones de los molinos se calcularon en base a Nordberg process machinery; Reference manual. Milwaukee, Wisconsin, Rexnord, 1976.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.160  
**PROYECCION DEL NUMERO DE MOLINOS AUTOGENOS Y DE BOLAS REQUERIDOS  
 EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJC ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	2000
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>76</b>
Molinos autógenos 24 x 14.5	4	7	12	15	38
Molinos de bolas 16.5 x 24	4	7	12	15	38

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, cuadro II.20, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadros III.157 y III.159.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.161  
**PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE MOLINOS DE BOLAS Y AUTOGENOS REQUERIDOS EN  
 PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJC ABIERTO,  
 SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS  
 DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1975-2000**

(Unidades)

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>Molinos de bolas</b>	<b>95</b>	<b>27</b>	<b>92</b>	<b>78</b>	<b>176</b>	<b>100</b>	<b>473</b>
10 x 10	48	—	6	—	44	1	51
12 x 15	31	—	36	28	62	32	158
15 x 20	12	24	13	15	30	26	108
16.5 x 24	4	3	37	35	40	41	156
<b>Molinos autógenos</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>38</b>
24 x 14.5	4	3	5	7	11	12	38

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de molinos de bolas y autógenos determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977, en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta último se estimó una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadros III.151, III.154 y III.160.

Cuadro III.162

**PRECIO UNITARIO DE LOS MOLINOS DE BOLAS  
Y DE LOS MOLINOS AUTOGENOS**

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pies)	Precio (LAB)
<b>Molinos de bolas</b>	
10 x 10	223
12 x 15	336
15 x 20	500
16.5 x 24	600
<b>Molinos autógenos</b>	
24 x 14.5	1 300

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio de los molinos no incluye cojinetes, reductores, piñón, acoplamiento y motor.

Cuadro III.163

**PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE MOLINOS DE BOLAS Y AUTOGENOS REQUERIDOS EN  
PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO,  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE FLUORITA —INCLUIDAS DE  
JALES— Y BARITA, 1975-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>34 720</b>	<b>17 700</b>	<b>48 634</b>	<b>47 008</b>	<b>83 944</b>	<b>64 175</b>	<b>261 461</b>
<b>Molinos de bolas</b>	<b>29 520</b>	<b>13 800</b>	<b>42 134</b>	<b>37 908</b>	<b>69 644</b>	<b>48 575</b>	<b>212 081</b>
10 x 10	10 704	—	1 338	—	9 812	223	11 373
12 x 15	10 416	—	12 096	9 408	20 832	10 752	53 088
15 x 20	6 000	12 000	6 500	7 500	15 000	13 000	54 000
16.5 x 24	2 400	1 800	22 200	21 000	24 000	24 600	93 600
<b>Molinos autógenos</b>	<b>5 200</b>	<b>3 900</b>	<b>6 500</b>	<b>9 100</b>	<b>14 300</b>	<b>15 600</b>	<b>49 400</b>
24 x 14.5	5 200	3 900	6 500	9 100	14 300	15 600	49 400

FUENTE: Cuadros III.151 y III.162.

## 4.4 Cribas vibratorias y alimentadores

Er. las diferentes etapas de trituración del mineral es necesario clasificarlo y distribuirlo: La función de los alimentadores de placa consiste en distribuir el mineral de manera uniforme sobre las bandas transportadoras a fin de evitar impactos fuertes de trozos grandes que pudieran dañarlas.

En las cribas vibratorias se realiza una selección del mineral hasta determinadas dimensiones según la etapa de trituración o proceso subsiguiente que se pretende alimentar.

La ubicación y número de las cribas y los alimentadores en un circuito de trituración varía de una planta a otra dependiendo de los equipos y etapas en que se realice dicha trituración.

Para facilitar el análisis y determinación de la demanda de estos equipos, se consideraron dos diagramas típicos de trituración elaborados en base a lo observado en las plantas de la muestra; el primero es un diagrama de flujo de un circuito de trituración de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto y subterráneas polimetálicas; el segundo representa un circuito de trituración y molienda de una planta de beneficio de mineral de hierro. En los dos diagramas se incluye el número de alimentadores de placa y cribas vibratorias que se requeriría.

En dichos diagramas se observan diferencias notables en el número y tipo de los equipos, así como en las etapas en que se realiza la trituración. Esto se explica porque en el caso de las plantas de minas de cobre a tajo abierto y subterráneas polimetálicas, generalmente la trituración se realiza en tres etapas: la trituración primaria que se efectúa en quebradoras giratorias en el caso de las primeras, mientras que en el de las segundas se realiza en quebradoras de quijada; la trituración secundaria que se realiza en quebradoras de cono, de cabeza standard; y la trituración terciaria que se lleva a cabo en quebradoras de cono de cabeza corta. La trituración terciaria no siempre existe en plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, sobre todo en las de menor capacidad.

En las plantas de beneficio de hierro, la trituración se realiza básicamente en dos etapas, la primaria, en la que se utilizan quebradoras giratorias, y la secundaria que se realiza en molinos "autógenos".

En el cuadro III.164 se puede ver que existe un alimentador de placa por cada quebradora giratoria o de quijadas, y dos por cada quebradora

secundaria; y en el cuadro III.171 se observa que hay un alimentador por cada quebradora giratoria y uno por cada molino "autógeno".

Por lo que hace a las cribas vibratorias, en el cuadro III.164 se suponen dos por cada quebradora secundaria y una por cada quebradora terciaria. En el caso del hierro existen únicamente dos cribas por cada molino autógeno (véase el cuadro III.171).

En base a estos supuestos y previamente determinadas las necesidades de quebradoras en los tres tipos de plantas y de molinos "autógenos" en el caso de las de hierro, se calculó el acervo que de estos equipos requeriría la industria en los distintos años de la proyección. Tomando como base la información de la muestra de plantas, se adoptaron diferentes dimensiones para las cribas y los alimentadores (véanse los cuadros del III.164 al III.174).

Para las plantas lavadoras de carbón sólo se consideraron cribas vibratorias, y su demanda se determinó a partir del análisis estadístico de una muestra de plantas. Se estableció una relación entre la capacidad de lavado de cada planta y la capacidad de cribado —medida por la superficie, en pies cuadrados, de cribas instaladas— que permitió determinar un coeficiente promedio de cribado que se aplicó a los cinco rangos que se consideraron de capacidad de las plantas (véase el cuadro III.175).

De esta manera se calculó la capacidad de cribado —en pies cuadrados— requerida en las plantas tipo, misma que se distribuyó en cribas de dos dimensiones, determinándose el número necesario de cada una de ellas (véase el cuadro III.176).

El número de plantas lavadoras de carbón que se estimó en el capítulo anterior se multiplicó por el número de cribas —de 6 x 14 y 8 x 20 pies cuadrados— requerido en las plantas tipo de distinta capacidad y se obtuvo el acervo de cribas que será necesario en los diferentes años de la proyección (véase el cuadro III.177).

En el cuadro III.178 se resume la demanda total de alimentadores y cribas que generarán, en el periodo 1980-2000, las plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita, manganeso y barita, y de cribas las plantas lavadoras de carbón.

El valor de la demanda para dicho periodo, expresado en dólares de 1977, asciende para los dos equipos a 52.6 millones, de los cuales 56% corresponde a los alimentadores y el 44% restante a las cribas (véanse los cuadros III.179 y III.180).

**Cuadro III.165**  
**ALIMENTADORES DE PLACA REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de quebradoras primarias <sup>2</sup> (Pulgadas)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg. x pies)	Número de quebradoras secundarias <sup>3</sup> (Pies)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg. x pies)
25 000	1 de 54 x 74	1 de 72 x 20	2 de 7	4 de 72 x 20
50 000	1 de 60 x 89	1 de 72 x 20	3 de 7	6 de 72 x 20
75 000	1 de 60 x 89	1 de 72 x 20	6 de 7	12 de 72 x 20
100 000 <sup>4</sup>	2 de 60 x 89	2 de 72 x 20	6 de 7	12 de 72 x 20
150 000	2 de 60 x 89	2 de 90 x 27	10 de 7	20 de 90 x 27
200 000	2 de 60 x 109	2 de 90 x 27	12 de 7	24 de 90 x 27

<sup>1</sup> El número de alimentadores se determinó en función del de quebradoras primarias y secundarias de los cuadros III.124 y III.137, y de lo establecido en el cuadro III.164.

<sup>2</sup> Se refiere al número de quebradoras giratorias determinado en el cuadro III.124, del que se excluyen las de 42 x 65 pulgadas correspondientes a plantas de hierro.

<sup>3</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza standard determinado en el cuadro III.137.

<sup>4</sup> Se supone que esta capacidad corresponde a 2 plantas idénticas de 50 000 ton-día cada una, por lo que se consideran necesarios dos alimentadores de 72 pulgadas x 20 pies.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

**Cuadro III.166**  
**CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de quebradoras secundarias <sup>2</sup> (Pies)	Número y dimensiones de las cribas (Pies)	Número de quebradoras terciarias <sup>3</sup> (Pies)	Número y dimensiones de las cribas (Pies)
25 000	2 de 7	4 de 6 x 14	2 de 7	2 de 6 x 14
50 000	3 de 7	6 de 6 x 14	5 de 7	5 de 6 x 14
75 000	6 de 7	12 de 6 x 14	10 de 7	10 de 6 x 14
100 000	6 de 7	12 de 8 x 20	10 de 7	10 de 8 x 20
150 000	10 de 7	20 de 8 x 20	20 de 7	20 de 8 x 20
200 000	12 de 7	24 de 8 x 20	20 de 7	20 de 8 x 20

<sup>1</sup> El número de cribas se determinó en función del de quebradoras secundarias y terciarias del cuadro III.137, y de lo establecido en el cuadro III.164.

<sup>2</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza standard determinado en el cuadro III.137.

<sup>3</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza corta determinado en el cuadro III.137.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

**Cuadro III.167**  
**PROYECCION DEL NUMERO DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO <sup>1</sup> 1975-2000**

Dimensiones	1975	1980	1985	1990	2000
Alimentadores de placa (Pulg. x pies)	5	14	37	56	88
72 x 20	5	14	37	34	14
90 x 27	—	—	—	22	74
Cribas vibratorias (Pies)	6	22	56	95	150
6 x 14	6	22	34	33	—
8 x 20	—	—	22	62	150

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadros III.165 y III.166.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.168  
ALIMENTADORES DE PLACA REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de quebradoras primarias <sup>2</sup> (Pulgadas)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg. x pies)	Número de quebradoras secundarias <sup>3</sup> (Pies)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg. x pies)
250	2 de 24 x 36	1 de 24 x 10	1 de 5 1/2	2 de 24 x 10
1 000	1 de 38 x 46	1 de 24 x 10	1 de 5 1/2	2 de 24 x 10
2 250	2 de 38 x 46	2 de 24 x 10	1 de 5 1/2	2 de 24 x 10
4 000	3 de 38 x 46	3 de 24 x 10	1 de 7	2 de 14 x 10
6 000	1 de 38 x 46	3 de 36 x 15	1 de 7	2 de 36 x 15
—	2 de 48 x 60	—	—	—

<sup>1</sup> El número de alimentadores se determinó en función del número de quebradoras primarias y secundarias de los cuadros III.131 y III.140, y de lo establecido en el cuadro III.164.

<sup>2</sup> Se refiere al número de quebradoras de quijada determinado en el cuadro III.131.

<sup>3</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza standard determinado en el cuadro III.140.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.169  
CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de quebradoras secundarias <sup>2</sup> (Pies)	Número y dimensiones de las cribas (Pies)	Número de quebradoras terciarias <sup>3</sup> (Pies)	Número y dimensiones de las cribas (Pies)
250	1 de 5 1/2	2 de 4 x 8	—	—
1 000	1 de 5 1/2	2 de 4 x 8	—	—
2 250	1 de 5 1/2	2 de 4 x 8	1 de 5 1/2	1 de 4 x 8
4 000	1 de 7	2 de 5 x 12	1 de 7	1 de 5 x 12
6 000	1 de 7	2 de 5 x 12	2 de 7	2 de 5 x 12

<sup>1</sup> El número de cribas se determinó en función del número de quebradoras secundarias y terciarias del cuadro III.140, y de lo establecido en el cuadro III.164.

<sup>2</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza standard determinado en el cuadro III.140.

<sup>3</sup> Se refiere al número de quebradoras de cono de cabeza corta determinado en el cuadro III.140.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.170  
PROYECCIONES DEL NÚMERO DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS  
REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS  
Y DE FLUORITA, MANGANESO Y BARITA, <sup>1</sup> 1977-2000

Dimensiones	1977	1980	1985	1990	2000
Allimentadores de placa (Pulg. x pies)	272	272	395	474	684
24 x 10	272	272	395	469	649
36 x 15	—	—	—	5	35
Cribas vibratorias (Pies)	184	184	268	322	469
4 x 8	181	181	250	282	366
5 x 12	3	3	18	40	103

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas y de fluorita, manganeso y barita, cuadro II.56, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadros III.168 y III.169.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.172  
ALIMENTADORES DE PLACA REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
DE HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de quebradoras primarias <sup>2</sup> (Pulgadas)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg. x pies)	Número de molinos autógenos <sup>3</sup> (Pies)	Número y dimensiones de los alimentadores (Pulg x pies)
7 500	1 de 42 x 65	1 de 60 x 20	1 de 24 x 14.5	1 de 60 x 20
15 000	1 de 54 x 74	1 de 60 x 20	2 de 24 x 14.5	2 de 60 x 20
25 000	1 de 54 x 74	1 de 72 x 20	3 de 24 x 14.5	3 de 60 x 20
50 000	1 de 60 x 89	1 de 72 x 20	6 de 24 x 14.5	6 de 60 x 20

<sup>1</sup> El número de alimentadores se determinó en función del número de quebradoras primarias y molinos autógenos, cuadros III.124 y III.157, y de lo establecido en el cuadro III.171.

<sup>2</sup> Se refiere al número de quebradoras giratorias determinado en el cuadro III.124, del que se excluyen las de 60 x 109 pulgadas correspondientes a plantas de cobre.

<sup>3</sup> Se refiere al número de molinos autógenos determinado en el cuadro III.157.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.173  
CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS  
DE HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos autógenos (Pies)	Número y dimensiones de las cribas (Pies)
7 500	1 de 24 x 14.5	2 de 5 x 12
15 000	2 de 24 x 14.5	4 de 5 x 12
25 000	3 de 24 x 14.5	6 de 8 x 20
50 000	6 de 24 x 14.5	12 de 8 x 20

<sup>1</sup> El número de cribas se determinó en función del número de molinos autógenos, cuadro III.157, y de lo establecido en el cuadro III.171.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.174  
PROYECCIONES DEL NUMERO DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS  
REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000

Dimensiones	1975	1980	1985	1990	2000
Alimentadores de placa (Pulg. x pies)	8	12	19	23	49
60 x 20	8	12	18	21	43
72 x 20	—	—	1	2	6
Cribas vibratorias (pies)	8	14	24	30	78
5 x 12	8	14	18	18	16
8 x 20	—	—	6	12	60

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, cuadro III.20, y el número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadros III.172 y III.173.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.175

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS Y LA DE LAVADO  
EN UNA MUESTRA DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON <sup>1</sup>

Capacidad nominal de lavado (A) (Miles de ton-año)	Número de cribas	Superficie total de las cribas (B) (Pies cuadrados)	Coefficiente de cribado (C) por mil toneladas de capacidad de la planta lavadora (C) = (B)/(A)
1 000	6	462	0.462
1 200	5	416	0.347
1 875	4	n.d.	—
2 100	n.d.	n.d.	—
3 000	7	613	0.204
4 700	15	1 296	0.276
5 000	24	2 032	0.406
8 800	23	2 352	0.267
Promedio			0.327

<sup>1</sup> La capacidad de las cribas está medida por la superficie de éstas en pies cuadrados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de las diferentes plantas.

Cuadro III.176

CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-año)				
	1 500	2 100	3 000	4 500	6 000
Coefficiente de cribado (C) por mil toneladas de capacidad de lavado <sup>1</sup>	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327
Capacidad de cribado requerida <sup>2</sup> (Pies cuadrados)	490	687	981	1 472	1 962
Distribución de la capacidad en cribas de distintas dimensiones (%)	100	100	100	100	100
6 x 14 = 84 pies cuadrados	25	25	25	25	25
8 x 20 = 160 pies cuadrados	75	75	75	75	75
Superficie de cribas requerida <sup>3</sup>	3.8	5.2	7.5	11.3	15.0
6 x 14 = 84 pies cuadrados	1.5	2.0	2.9	4.4	5.8
8 x 20 = 160 pies cuadrados	2.3	3.2	4.6	6.9	9.2

<sup>1</sup> En base al cuadro III.175.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de cribado (C) por los rangos de capacidad de lavado de las plantas.

<sup>3</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de cribado, en la proporción que se indica, en cada uno de los tamaños de cribas considerados.

FUENTE: Cuadro III.175.

Cuadro III.177

PROYECCION DEL NUMERO DE CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDAS EN PLANTAS  
LAVADORAS DE CARBON,<sup>1</sup> 1975-2000

Dimensiones (Pies)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	18	30	43	60	139
6 x 14	7	12	17	23	54
8 x 20	11	18	26	37	85

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón, cuadro II.58, y a la superficie de cribas requerida en plantas de distintas capacidades, cuadro III.176.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.178

PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS REQUERIDOS  
EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS  
POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA, MANGANESO, BARITA Y EN PLANTAS LAVADORAS  
DE CARBON,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Dimensiones	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>Allimentadores de placa<sup>2</sup> (Pulg. x pies)</b>	<b>285</b>	<b>13</b>	<b>153</b>	<b>115</b>	<b>424</b>	<b>152</b>	<b>857</b>
24 x 10	272	—	123	74	362	90	649
36 x 15	—	—	—	5	15	15	35
60 x 20	8	4	6	11	11	11	43
72 x 20	5	9	24	3	2	2	40
90 x 27	—	—	—	22	34	34	90
<b>Cribas vibratorias (Pies)</b>	<b>216</b>	<b>34</b>	<b>141</b>	<b>148</b>	<b>364</b>	<b>182</b>	<b>869</b>
4 x 8	181	—	69	32	223	42	366
5 x 12	11	6	19	30	34	32	121
6 x 14	13	21	17	18	15	16	87
8 x 20	11	7	36	68	92	92	295

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de alimentadores de placa y cribas vibratorias determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, manganeso y lavadoras de carbón, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se estimó una vida útil de 30 años.

<sup>2</sup> No incluye la demanda de las plantas lavadoras de carbón.

FUENTE: Cuadros III.167, III.170, III.174 y III.177.

**Cuadro III.179**  
**PRECIO UNITARIO DE LOS ALIMENTADORES DE**  
**PLACA Y DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS**  
(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones	Precio (LAB)
<b>Alimentadores de placa (Pulg. x pies)</b>	
24 x 10	28
36 x 15	38
60 x 20	53
72 x 20	57
90 x 27	72
<b>Cribas vibratorias (Pies)</b>	
4 x 8	11
5 x 12	16
6 x 14	24
8 x 20	52

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A.L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

**Cuadro III.180**  
**PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ALIMENTADORES DE PLACA Y CRIBAS VIBRATORIAS**  
**REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO**  
**ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA, MANGANESO,**  
**BARITA Y EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON, 1975-2000**  
(Miles de dólares de 1977)

Dimensiones	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	10 832	1 689	8 227	9 252	21 268	12 197	52 633
<b>Alimentadores de placa<sup>1</sup> (Pulg. x pies)</b>	7 781	725	4 884	4 452	13 127	6 055	29 243
24 x 10	7 072	—	3 198	1 924	9 412	2 340	16 874
36 x 15	—	—	—	190	570	570	1 330
60 x 20	424	212	318	583	583	583	2 279
72 x 20	285	513	1 368	171	114	114	2 280
90 x 27	—	—	—	1 584	2 448	2 448	6 480
<b>Cribas vibratorias (Pies)</b>	3 051	964	3 343	4 800	8 141	6 142	23 390
4 x 8	1 991	—	759	352	2 453	462	4 026
5 x 12	176	96	304	480	544	512	1 938
6 x 14	312	504	408	432	360	384	2 088
8 x 20	572	364	1 872	3 536	4 784	4 784	15 340

<sup>1</sup> No incluye la demanda de las plantas lavadoras de carbón.

FUENTE: Cuadros III.178 y III.179.

## 4.5 Celdas de flotación

Las celdas de flotación son el equipo donde se produce la separación del material estéril y los metales contenidos en los diferentes minerales.

La celda es un recipiente rectangular en el que se agregan reactivos normalmente espumantes a la pulpa del mineral, de tal manera que al inyectarse al baño aire comprimido o batirlo con un agitador, se forman burbujas de aire a las que se adhieren partículas aceitadas de metal que flotan y suben a la superficie. La espuma se retira de la celda mecánicamente o bien se desborda a través de un vertedero. La espuma así obtenida pasa a otra celda, bien sea para una segunda flotación o para limpieza, dependiendo del mineral o flujo que se tenga en cada planta.

Las celdas están ordenadas dentro de la planta en bancos. El número de bancos depende de la capacidad de cada celda y del número de metales que se concentren en la planta.

Para estimar la demanda de este equipo se partió del análisis de la capacidad de las celdas de flotación, en pies cúbicos, en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas y lavadoras de carbón.

En el caso de los dos primeros tipos de plantas, para cada una de ellas que integró la muestra se estableció una relación entre la capacidad de beneficio y la capacidad de las celdas existentes. El coeficiente obtenido para cada una de las plantas indica las disponibilidades de capacidad de celdas por tonelada de capacidad de la planta. De estos coeficientes se sacó un promedio que resultó ser significativamente diferente en los dos tipos de plantas; para las de minas de cobre a tajo abierto fue de 0.950 y para las de minas subterráneas polimetálicas fue de 2.34 (véanse los cuadros III.181 y III.185).

Esto se explica por el hecho de que en las primeras generalmente el cobre es el único metal que se concentra, en tanto que en las segundas se concentran por lo general, cobre, plomo, zinc y, en ocasiones, algún otro metal. Otra razón podría deberse al hecho de que en las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto se tienen celdas de mayor capacidad, hasta de 600 pies cúbicos, en comparación con las plantas de minas subterráneas polimetálicas donde las celdas son como máximo de 300 y las más comunes de 50 y 100 pies cúbicos, lo que hace suponer que a mayor capacidad hay mayor rendimiento.

Algunas características de las celdas existentes en los dos tipos de plantas se presentan en los cuadros III.182 y III.186.

El coeficiente promedio determinado se multiplicó por la capacidad de las plantas tipo adoptadas,

dando por resultado la capacidad de celdas —en pies cúbicos— que en cada una se requería.

Esta capacidad se distribuyó proporcionalmente entre cuatro tipos de celdas (200, 300, 500 y 600 pies cúbicos) y en base a ella se estimó el número de celdas que de cada tipo se requería en las distintas plantas. Dicha distribución tomó en cuenta la que presentaba la muestra, excepto en el caso de las plantas de minas subterráneas polimetálicas de 250 toneladas diarias que se estimó. En cuanto a las grandes plantas que benefician cobre procedente de tajos se supuso que la capacidad de las celdas se concentraría en las de mayor tamaño (véanse los cuadros III.183 y III.187).

En los cuadros III.184 y III.188 aparece el acervo de celdas de flotación que requerirán las plantas de minas de cobre a tajo abierto y subterráneas polimetálicas en los distintos años de la proyección, mientras que en el cuadro III.190 se presenta el correspondiente a las plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, que se estimó en base al número de celdas establecido para cada una de las cinco plantas tipo en el cuadro III.189. En el caso de las plantas de manganeso, su capacidad, convertida a toneladas anuales, se adecuó a los rangos determinados para las plantas lavadoras de carbón.

La demanda total de celdas de flotación para el periodo 1980-2000, se presenta en el cuadro III.191. Incluye la que generarán las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales—, barita, manganeso y las plantas lavadoras de carbón. Su cálculo considera que en el año base de la proyección el número de celdas existentes en la industria se encontraba en un nivel de obsolescencia de 50% y que en promedio la vida útil de este equipo era de 15 años. Además de incluir las celdas que se requerirán por la puesta en operación de nuevas plantas, la demanda considera la reposición de aquellas que en el periodo de proyección han quedado obsoletas.

En dicho lapso (1980-2000) la demanda total asciende a 9 159 celdas de diversas dimensiones, destacando la demanda de las de 50, 100, 300, 500 y 600 pies cúbicos. Para el cálculo del valor de la demanda se utilizaron precios que no incluyen el del motor, y resultó que en dicho lapso representaba un monto de 65.7 millones de dólares de 1977 (véase el cuadro III.193).

Como en la mayoría de los equipos que se utilizan en las grandes plantas de beneficio, las celdas de flotación cada vez son de mayor capacidad; actualmente existen plantas que cuentan con celdas hasta de 1 000 pies cúbicos. En la demanda estimada no se contemplaron estos rangos de capacidad, no obstante que se considera factible a mediano plazo su utilización.

Cuadro III.181

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS CELDAS DE FLOTACION Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE COBRE A TAJO ABIERTO

Unidad	Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número de celdas	Capacidad (Pies cúbicos)	Capacidad total (B) (Pies cúbicos)	Coefficiente de celdas (Y) por tonelada de capacidad de la planta (Y) = (B)/(A)
Ouesta Plant	16 000	152	60	12 078	0.755
		26	23		
		18	100		
		14	40		
Endako Mines	27 000	216	40	21 640	0.801
		32	200		
		11	600		
Pinto Valley/Arizona	40 000	102	300	31 600	0.790
		20	50		
Phelps Dodge/Tyrone	48 000	156	100	44 000	0.917
		128	200		
		56	50		
Anaconda/Butte	52 000	1 212	40	60 480	1.163
		30	400		
La Caridad	72 000	140	500	98 800	1.372
		96	300		
Bougainville	78 000	117	100	79 100	1.014
		128	600		
		13	200		
Duval Sierrita/Tucson	78 880	520	100	62 240	0.789
		256	40		
Promedio					0.950

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, Frank W. Mcquiston y Robert S. Shoemaker. Primary crushing plant design. Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1978.

Cuadro III.182

CARACTERISTICAS DE LAS CELDAS DE FLOTACION EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE COBRE A TAJO ABIERTO

Concepto	TOTAL	Capacidad de las celdas (Pies cúbicos)			
		23 a 50	60 a 150	200 a 400	500 a 600
Capacidad total en el rango (Pies cúbicos)	409 938	72 318	90 220	106 000	141 400
Estructura (%)	100	18	22	26	34
Número de celdas	3 423	1 800	963	401	259
Capacidad promedio (Pies cúbicos)	—	40	94	264	546

FUENTE: Cuadro III.181.

Cuadro III.183

**CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE  
A TAJO ABIERTO**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	200
Coefficiente de celdas (Y) por tonelada de capacidad de la planta	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Capacidad de celdas requerida <sup>1</sup> (Pies cúbicos)	23 750	47 500	71 250	95 000	142 500	190 000
Distribución de la capacidad (Pies cúbicos) requerida (%)	100	100	100	100	100	100
200	30	30	—	—	—	—
300	70	70	40	40	30	—
500	—	—	60	60	70	30
600	—	—	—	—	—	70
Número de unidades (Pies cúbicos) <sup>2</sup>	91.0	180.5	180.5	240.7	342.0	335.7
200	35.6	71.2	—	—	—	—
300	55.4	110.8	95.0	125.7	142.5	—
500	—	—	85.5	114.0	199.5	114.0
600	—	—	—	—	—	221.7

Resulta de multiplicar el coeficiente de celdas (Y) por los rangos de capacidad de la planta.

<sup>2</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de celdas (Y) por la porción que se indica, entre los modelos considerados.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU DI, con datos del cuadro III.181.

Cuadro III.184

**PROYECCION DEL NUMERO DE CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO  
DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000**

Capacidad (Pies cúbicos)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	92	366	607	950	1 260
200	36	143	72	72	—
300	56	223	334	477	270
500	—	—	201	401	544
600	—	—	—	—	446

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.183.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU DI.

Cuadro III.185

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS CELDAS DE FLOTACION Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número de celdas	Capacidad (Pies cúbicos)	Capacidad total (B) (Pies cúbicos)	Coefficiente de celdas (Y) por tonelada de capacidad de la planta (Y) = (B)/(A)
Las Torres	900	14	60	1 940	2.16
		11	100		
La Encantada	1 200	34	100	3 400	2.83
Inguarán	2 000	12	100	2 000	1.00
		16	50		
Naica	2 200	13	360	5 440	2.47
		6	100		
		4	40		
Santa Bárbara	4 500	48	50	14 460	3.22
		36	300		
		8	160		
Promedio					2.34

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas.

Cuadro III.186

CARACTERISTICAS DE LAS CELDAS DE FLOTACION EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Total	Capacidad de las celdas (Pies cúbicos)		
		40 a 60	60 a 160	200 a 400
Capacidad total en el rango (Pies cúbicos)	27 260	4 200	7 580	15 480
Estructura (%)	100	15	28	57
Número de celdas	202	82	71	49
Capacidad promedio (Pies cúbicos)	—	51	107	316

FUENTE: Cuadro III.185.

Cuadro III.187

**CELIDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE  
MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Coeficiente de celdas (Y) por tonelada de capaci- dad de la planta	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34
Capacidad de celdas re- querida <sup>1</sup> (Pies cúbicos)	585	2 340	5 265	9 360	14 040
Distribución de la capaci- dad (Pies cúbicos) re- querida (%)	100	100	100	100	100
50	20	15	—	—	—
100	80	85	30	20	20
300	—	—	70	80	80
Número de unidades (Pies cúbicos) <sup>2</sup>	7.0	26.9	28.1	43.7	65.5
50	2.3	7.0	—	—	—
100	4.7	19.9	15.8	18.7	28.1
300	—	—	12.3	25.0	37.4

<sup>1</sup> Resulta de multiplicar el coeficiente de celdas (Y) por los rangos de capacidad de la planta.

<sup>2</sup> Se obtuvo distribuyendo la capacidad de celdas, en la proporción que se indica, entre los modelos considerados.

FUENTE: Cuadro III.185.

Cuadro III.188

**PROYECCION DEL NUMERO DE CELIDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE  
MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES—  
Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000**

Capacidad (Pies cúbicos)	1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL	1 026	1 026	2 012	2 827	5 029
50	201	201	299	358	453
100	664	664	1 242	1 700	2 850
300	161	161	471	769	1 726

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de Jales— y barita, cuadro II.57, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.187.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.189**  
**CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN**  
**PLANTAS LAVADORAS DE CARBON <sup>1</sup>**

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número de celdas	Capacidad (Pies cúbicos)
1 500	6	100
2 100	9	100
3 000	6	200
4 500	6	300
6 000	9	300

<sup>1</sup> Cifras estimadas en base a información proporcionada por la Comisión de Fomento Minero.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.190**  
**PROYECCION DEL NUMERO DE CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE**  
**CARBON Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO, <sup>1</sup> 1975-2000**

Capacidad (Pies cúbicos)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	36	36	51	60	126
100	36	36	33	24	48
200	—	—	12	24	36
300	—	—	6	12	42

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, cuadro II.58, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.189.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

**Cuadro III.191**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO**  
**DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA**  
**—INCLUIDAS LAS DE JALES—, BARITA, MANGANESO Y EN PLANTAS LAVADORAS**  
**DE CARBON, <sup>1</sup> 1975-2000**

(Unidades)

Capacidad (Pies cúbicos)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	1 154	274	2 431	1 176	1 391	3 887	9 159
50	201	—	299	59	47	347	752
100	700	—	1 275	458	575	1 832	4 140
200	36	107	12	12	78	18	227
300	217	167	644	447	620	971	2 849
500	—	—	201	200	71	273	745
600	—	—	—	—	—	446	446

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de celdas de flotación determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre a tajo abierto, lavadoras de carbón y plantas de manganeso, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se estimó una vida útil de 15 años.

FUENTE: Cuadros III.184, III.188 y III.190

Cuadro III.192

## PRECIO UNITARIO DE LAS CELDAS DE FLOTACION

(Miles de dólares de 1977)

Capacidad (Pies cúbicos)	Precio (LAB)
50	4
100	5
200	7
300	9
500	12
600	13

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio no incluye el del motor.

Cuadro III.193

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CELDAS DE FLOTACION REQUERIDAS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES—, BARITA, MANGANESO Y EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON, 1975-2000

Capacidad (Pies cúbicos)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	6 509	2 252	15 863	9 033	10 041	28 487	65 676
50	804	—	1 196	236	188	1 388	3 008
100	3 500	—	6 375	2 290	2 875	9 160	20 700
200	252	749	84	84	546	126	1 589
300	1 953	1 503	5 796	4 023	5 580	8 739	25 641
500	—	—	2 412	2 400	852	3 276	8 940
600	—	—	—	—	—	5 798	5 798

FUENTE: Cuadros III.191 y III.192.

## 4.6 "Ciclones"

Durante las diferentes etapas del proceso de molienda y remolienda del mineral, es necesario clasificar la "pulpa" en gruesos y finos a fin de evitar una molienda excesiva, o bien una sobrecarga en los molinos. Esto se realiza en los "ciclones".<sup>9</sup>

El "ciclón" es un cilindro con flujo superior e inferior que clasifica la pulpa por medio de fuerza centrífuga; la partícula más gruesa tiende a caer por gravedad hacia la parte inferior, conectada al molino de remolienda, cerrándose de esta manera el circuito; la partícula más fina se desliza hacia la parte superior para alimentar a las celdas de flotación primaria.

Esto hace suponer que existe cierta relación entre el número de molinos de bolas y el número de "ciclones", dependiendo de las dimensiones de ambos equipos.

De acuerdo con la información de una muestra de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, se advierte que el número de "ciclones" por molino es muy variable y depende del diámetro de los mismos; mientras menor es el diámetro, mayor el número de los "ciclones" empleados.

De lo observado en la muestra se optó por utilizar el promedio de ciclones por molino como indicador para calcular el número que de éstos se requeriría por planta (véase el cuadro III.194). Este promedio (de 4.18) se multiplicó por el número de molinos establecido para cada una de las cinco plantas tipo adoptadas y se obtuvo el número de "ciclones" necesario por planta, mismo que se distribuyó, según la capacidad de la planta, entre dos dimensiones: de 10 y de 20 pulgadas de diámetro que, como se puede ver en el cuadro III.194, son las más comunes en la muestra; además se supone que a mayor capacidad de los molinos y de las plantas corresponde mayor diámetro de los "ciclones" (véase el cuadro III.195).

<sup>9</sup> Los "ciclones", también llamados "hidrociclones", constituyen un avance tecnológico de los equipos de clasificación y han desplazado completamente a los clasificadores de espiral por ocupar menos espacio y ser más eficientes.

El acervo de "ciclones" requerido en cada periodo de la proyección se calculó en base al número de plantas de beneficio determinado en el capítulo anterior, el cual considera, además de las plantas de minas subterráneas polimetálicas, las de fluorita y barita (véase el cuadro III.196).

En las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto se supuso un promedio de 6 ciclones por molino, de los cuales el 70% se estimó que serían de 20 pulgadas y el 30% de 30 pulgadas. Dicho promedio se multiplicó por el número de molinos determinado en el cuadro III.150 para cada una de las seis plantas tipo adoptadas y se obtuvo el número de "ciclones" necesario por planta (véase el cuadro III.197). El acervo requerido se presenta en el cuadro III.198.

Para las plantas de beneficio de mineral de hierro, el promedio de "ciclones" por planta se calculó en base a lo observado en la muestra. Se estimó que en cada una de las cuatro plantas tipo adoptadas se requería de ocho "ciclones" por molino de bolas, de los cuales el 50% sería de 20 pulgadas de diámetro y el otro 50% de 10 pulgadas (véanse los cuadros III.199 y III.200).

El acervo de "ciclones" requerido en las plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, en los distintos años de la proyección, se presenta en el cuadro III.201. La demanda total incluye la que generarán en el periodo 1980-2000 las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita. El cálculo de ésta considera que en el año base de la proyección el número de "ciclones" existente en la industria se encontraba en un nivel de obsolescencia de 50% y que en promedio su vida útil era de 15 años.

De acuerdo con los resultados de la proyección, en dicho lapso el número de "ciclones" que requerirá la industria será de 3 184, concentrándose la mayor parte, 90%, en los de 10 y 20 pulgadas de diámetro. El valor de esta demanda representa casi siete millones de dólares (véase el cuadro III.202).

Cuadro III.194

NUMERO DE "CICLONES" POR MOLINO DE BOLAS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos	Número de "ciclones"	Diámetro de los "ciclones" (Pulgadas)	Promedio de "ciclones" por molino
Las Torres	900	2	6 4 2	10 20 —	6.0
La Encantada	1 200	2	6	20	3.0
Inguarán	2 000	2	6 1	20 6	3.5
Naica	2 200	8	4 2 4 3	22 15 10 6	1.6
Santa Bárbara	4 500	7	5 6 3	20 15 12	2.0
Tara Mine	7 000	4	10 14 12	20 15 10	9.0
Promedio					4.18

<sup>1</sup> El número de "ciclones" se determinó en función del número de molinos. De la muestra de plantas se obtuvo un promedio de "ciclones" por molino, mismo que se multiplicó por el número de molinos requeridos en plantas de distintas capacidades, según lo establecido en el cuadro III.153.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.195

"CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Promedio de "ciclones" por molino	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18
Número de molinos por planta	1	1	2	2	3
Dimensiones de los molinos (Pies)	10 x 10	12 x 15	12 x 15	15 x 20	15 x 20
Número de "ciclones" por diámetro <sup>1</sup>	4.18	4.18	8.36	8.36	12.54
Rango	Diámetro promedio (Pulgadas)				
6 a 12	10	4.18	4.18	4.18	4.18
15 a 22	20	—	—	4.18	4.18

<sup>1</sup> Los diámetros adoptados son ilustrativos y se desprenden de lo observado en la muestra. Se supone que a mayor capacidad de los molinos, la capacidad de los "ciclones", expresada por su diámetro, será también mayor.

FUENTE: Cuadros III.153 y III.194.

Cuadro III.196

PROYECCION DEL NUMERO DE "CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Diámetro (Pulgadas)	1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL	345	345	572	730	1 216
10	299	299	448	535	797
20	46	46	124	195	419

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, cuadro II.57 y al número de "ciclones" requeridos en plantas de distintas capacidades, cuadro III.195.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.197

"CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Concepto	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	200
Promedio de "ciclones" por molino	6	6	6	6	6	6
Número de molinos por planta	8	16	14	18	28	36
Dimensiones de los molinos (Pies)	15 x 20	15 x 20	16.5 x 24	16.5 x 24	16.5 x 24	16.5 x 24
Número de "ciclones" por diámetro	48	84	84	108	168	216
De 20 pulgadas (70%)	34	68	59	76	118	152
De 30 pulgadas (30%)	14	28	25	32	50	64

<sup>1</sup> El número de "ciclones" por molino se estimó en base a lo observado en la muestra. El promedio se multiplicó por el número de molinos requeridos en plantas de distintas capacidades, según lo establecido en el cuadro III.150.

FUENTE: Cuadro III.150.

Cuadro III.198

PROYECCION DEL NUMERO DE "CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	48	192	288	456	708
20	34	136	203	321	498
30	14	56	85	135	210

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de "ciclones" requeridos en plantas de distintas capacidades, cuadro III.197.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.199

NUMERO DE "CICLONES" POR MOLINO DE BOLAS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos de bolas	Número de "ciclones"	Diámetro de los "ciclones" (Pulgadas)	Promedio de "ciclones" por molino
5 500	2	16	10	8
7 500 <sup>2</sup>	1	8	6	8
7 800 <sup>2</sup>	2	16	20	8
9 100	6	48	26	8
20 300	3	50	10	17
47 000	12 <sup>3</sup>	108	15	9
90 900	36	180	15	5

<sup>1</sup> El número de "ciclones" se determinó en función del número de molinos de bolas. De la muestra de plantas se obtuvo un promedio de "ciclones" por molino, el cual se estableció en 8, mismo que se multiplicó por el número de molinos requeridos en plantas de distintas capacidades, según lo establecido en el cuadro III.159.

<sup>2</sup> Se trata de las plantas concentradoras de Peña Colorada y Las Truchas, respectivamente.

<sup>3</sup> El dato se refiere a molinos de piedras.

FUENTE: En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de algunas plantas. Con datos del cuadro III.155.

Cuadro III.200

"CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de molinos de bolas	Número de "ciclones" por molino	Número total de "ciclones" por diámetro <sup>1</sup>	
			Número	Diámetro (Pulgadas)
7 500	1	8	8	10 - 20
15 000	2	8	16	10 - 20
25 000	3	8	24	10 - 20
50 000	6	8	48	10 - 20

<sup>1</sup> Para la distribución de los "ciclones" por diámetro se estableció que el 50% de éstos serían de 10 pulgadas y el otro 50% de 20 pulgadas.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de los cuadros III.159 y III.199.

Cuadro III.201

PROYECCION DEL NUMERO DE "CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	32	56	96	120	304
10	16	28	48	60	152
20	16	28	48	60	152

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, cuadro II.20, y al número de "ciclones" requeridos en plantas de distintas capacidades, cuadro III.200.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.202

PROYECCION DE LA DEMANDA DE "CICLONES" REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Diámetro (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Número de unidades	425	168	788	350	628	1 250	3 184
De 10	315	12	484	99	189	661	1 445
De 20	96	114	261	201	360	508	1 444
De 30	14	42	43	50	79	81	295
Valor <sup>2</sup>	720	471	1 496	856	1 516	2 547	6 886
De 10	402	15	617	126	241	843	1 842
De 20	275	326	746	575	1 030	1 453	4 130
De 30	43	130	133	155	245	251	914

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de "ciclones" determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, para 1975, y el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección solo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se estimó una vida útil de 15 años.

<sup>2</sup> Para el cálculo del valor se consideraron los siguientes precios LAB: 1 275 dólares los de 10 pulgadas; 2 860 dólares los de 20 pulgadas y 3 100 dólares los de 30 pulgadas.

FUENTE: Cuadros III.196, III.198 y III.201.

#### 4.7 Separadores magnéticos

En las plantas de beneficio de mineral de hierro, un proceso complementario y en ocasiones sustituto de la flotación, es la separación magnética. El uso de este proceso depende del tipo de mineral de hierro que se beneficie.

En México, el tipo de mineral de hierro más comúnmente beneficiado es la magnetita y dadas sus propiedades, el proceso de separación magnética resulta ser el más conveniente.

El separador magnético está constituido básicamente por un cilindro sumergido en un baño de "pulpa". Al girar el cilindro se magnetiza y desmagnetiza atrapando y soltando en un ciclo continuo a las partículas de hierro contenidas en la "pulpa".

En el cuadro III.203 se observa la relación que existe entre la capacidad de separación magnética —expresada por la superficie de los cilindros en pies cuadrados— y la capacidad nominal de beneficio de una muestra de plantas de mineral de hierro que los emplean.

Si bien la información es incompleta, en la muestra están incluidas las plantas de Peña Colorado y Las Truchas, cuyos datos se tomaron como base para estimar la capacidad de separación magnética que se requiere por tonelada de capacidad de la planta de beneficio (véase el cuadro III.204).

De acuerdo a este criterio, se determinó para cada una de las cuatro plantas tipo adoptadas el número de separadores magnéticos que requerirían. En todos los casos se supuso que serían de 2 cilindros de 36 x 96 pulgadas.

Los supuestos sobre el número y dimensiones de los separadores se justifican si se observa que son los más comunes en la muestra, además de que originan una estandarización del equipo que es benéfica.

El acervo de este equipo en los distintos años de la proyección se presenta en el cuadro III.205. Su cálculo se hizo en base al número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, determinado en el capítulo anterior, y al número de separadores necesario por planta.

Para el periodo 1980-2000, la demanda de este equipo será de 496 unidades. Esta incluye la reposición, para la que estimó una vida útil de 30 años.

Para el cálculo del valor de la demanda se consideró un precio de 2 000 dólares por pie de largo de cada cilindro, o sean 32 000 dólares por cada separador de dos cilindros. Los resultados aparecen en el cuadro III.206, e indican que para el periodo 1980-2000 dicho valor ascenderá a 15.9 millones de dólares.

Cuadro III.203

RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE LOS SEPARADORES MAGNETICOS Y LA DE BENEFICIO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO

Capacidad nominal de la planta (A) (Ton-día)	Número de separadores magnéticos	Número y dimensiones de los cilindros (Pulgadas)	Superficie total de los cilindros (B) (Pies cuadrados)	Coefficiente de separación magnética (C) por tonelada de capacidad de la planta (C) = (B)/(A)
5 500	18	3 de 36 x 96	260 576	35
7 500 <sup>1</sup>	12	2 de 36 x 96	260 576	30
7 800 <sup>1</sup>	4	2 de 36 x 96		
	6	2 de 36 x 107	232 076	30
9 100	48	1 roll	n.d.	n.d.
	18	3 roll		
20 300	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
90 900	72	2 de 36 x 48		
	144	1 de 36 x 60		
	144	3 de 36 x 48 <sup>2</sup>	4 104 076	45

<sup>1</sup> Se trata de las plantas concentradoras de Peña Colorada y Las Truchas, respectivamente.

<sup>2</sup> Las dimensiones de estos cilindros se estimaron.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de algunas plantas.

Cuadro III.204

SEPARADORES MAGNETICOS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO

Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Coefficiente de separación magnética por tonelada de capacidad de la planta <sup>1</sup>	Superficie total de cilindros requerida (Pies cuadrados)	Número de separadores magnéticos <sup>1</sup>	Número y dimensiones de los cilindros <sup>1</sup> (Pulgadas)
7 500	35	262 500	12	2 de 36 x 96
15 000	35	525 000	24	2 de 36 x 96
25 000	35	875 000	40	2 de 36 x 96
50 000	35	1 750 000	80	2 de 36 x 96

<sup>1</sup> Estimado a partir de los datos del cuadro III.203, especialmente de los de Peña Colorada y Las Truchas, que se consideraron bastante representativos para calcular los correspondientes a plantas de otros rangos de capacidad.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos del cuadro III.203.

Cuadro III.205

PROYECCION DEL NUMERO DE SEPARADORES MAGNETICOS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO, 1975-2000

Dimensión de los cilindros	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	48	84	148	188	496
2 de 36 x 96 pulgadas	48	84	148	188	496

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de hierro a tajo abierto, cuadro II.20, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.204.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

PROYECCION DE LA DEMANDA DE SEPARADORES MAGNETICOS REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE HIERRO A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Número de unidades	48	36	64	88	154	154	496
2 de 36 x 96 pulgadas	48	36	64	88	154	154	496
Valor <sup>2</sup>	1 536	1 152	2 048	2 816	4 928	4 928	15 872
2 de 36 x 96 pulgadas	1 536	1 152	2 048	2 816	4 928	4 928	15 872

<sup>1</sup> Para la proyección de derrama se tomó como base el acervo de separadores magnéticos determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

<sup>2</sup> Para el cálculo del valor se consideró un precio unitario LAB de 2 000 dólares por pie de largo de cada cilindro, o sea 32 000 dólares por cada separador de dos cilindros.

FUENTE: Cuadro III.205.

## 4.8 Espesadores

La función principal de los tanques espesadores consiste en el acondicionamiento de los concentrados y "colas" finales provenientes de la sección de flotación, para su posterior bombeo a la sección de filtrado en el caso de los concentrados o a una presa de jales en el caso de las "colas". La recuperación de agua es otro de los objetivos que se alcanzan con los tanques espesadores.

Esto explica el hecho de que en todas las plantas se cuente con un mínimo de dos tanques espesadores, uno o más para concentrados y otro para "colas", este último generalmente es el de mayores dimensiones.

El cuadro III.207 proporciona los datos del número de espesadores en una muestra de plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, a partir de la cual se determinaron las dimensiones promedio y el número de espesadores por planta. El análisis de esta información permitió establecer tres diámetros promedio: 75, 150 y 300 pies (véase el cuadro III.208).

Debido a los grandes volúmenes de concentrados y "colas" que se manejan en las plantas de beneficio de este tipo de minas, el número supuesto de espesadores llega a ser elevado cuando se trata de plantas con capacidades mayores de 100 000 toneladas diarias. Para simplificar los datos se siguió el criterio de que una planta de 200 000 toneladas diarias equivale a dos plantas gemelas de 100 000 y una de 150 000 toneladas diarias, a dos de 75 000, etcétera.

De acuerdo con lo anterior, se estimó en el cuadro III.209 el número de espesadores de distintas dimensiones que se requeriría en cada una de las ocho plantas tipo adoptadas, y en el cua-

dro III.210 el acervo necesario en el periodo de proyección.

En el caso de las plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, de la información de la muestra se estimó el número de espesadores por planta, que fue de tres, excepto en los de 250 toneladas diarias en las que se consideraron sólo dos. En cuanto al diámetro de los espesadores, sus dimensiones fueron de 40 y 150 pies (véanse los cuadros del III.211 al III.213).

Sabiendo que en estas plantas se concentran dos o más metales, se supone que de los tres espesadores asignados a cada planta, dos serán de 40 pies para concentrados y el de 150 pies será para "colas". El cálculo del acervo de espesadores para los distintos años de la proyección —cuadro III.214— se elaboró en base al número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita y al número de espesadores requerido en cada planta.

En el cuadro III.215 se resume la demanda de espesadores de distintos diámetros que generarán las plantas de beneficio de cobre y hierro a tajo abierto, así como las mencionadas en párrafo anterior. Como podrá observarse, en el periodo 1980-2000 ésta representa 612 unidades y la mayor parte corresponde a las de 40 y 150 pies.

El precio utilizado para el cálculo del valor de la demanda se refiere únicamente al mecanismo, ya que el costo del tanque es muy variable debido a que puede ser de concreto armado o de placa de acero. De cualquier manera, en dicho periodo la demanda asciende a 50 millones de dólares (véanse los cuadros III.216 y III.217).

Cuadro III.207

NUMERO DE ESPESADORES EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de espesadores	Dimensiones (Pies de diámetro)
Peña Colorada <sup>1</sup>	7 500	1	20
		1	47
		1	200
Las Trucnas <sup>1</sup>	7 800	1	98
		1	210
Song Rang <sup>1</sup>	9 100	2	150
Questa Plant	16 000	1	75
		1	150
Endako Mines	27 000	1	20
		1	50
		1	125
Phelps Dodge/Tyrone	48 000	4	325
		4	350
Anaconda/Butte	52 000	3	325
Kennecott/Utha Copper Div.	54 000	2	75
		1	350
		1	100
La Caridad	72 000	4	350
		2	100
Duval Sierrita/Tucson	78 880	3	100
		1	125
		4	350

<sup>1</sup> Plantas de concentración de hierro.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. M.C. Fuerstenau, ed. *Flotation*. A.M. Gaudin memorial volume. Nueva York, N.Y., American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976.

Cuadro III.208

CARACTERISTICAS DE LOS ESPESADORES EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Concepto	Diámetro (Pies)			
	Total	20 a 100	125 a 225	250 a 350
Número de espesadores en el rango	41	13	8	20
Total de pies de diámetro en el rango	9 020	960	1 335	6 725
Diámetro promedio <sup>1</sup> (Pies)	—	75	150	335

<sup>1</sup> El promedio se redondeó a la cifra representativa más próxima.

FUENTE: Cuadro III.207.

Cuadro III.209

ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO

Diámetro (Pies)	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)							
	7.5	15	25	50	75	100	150	200
Número de espesadores	2	3	3	4	6	8	12	16
75	1	1	1	1	1	2	3	4
150	1	2	1	1	2	2	3	4
300	—	—	1	2	3	4	6	8

<sup>1</sup> Se estimó en base a lo observado en la muestra.

FUENTE: Cuadros III.207 y III.208.

Cuadro III.210

PROYECCION DEL NUMERO DE ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro (Pies)	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	11	20	40	51	87
75	5	7	12	15	24
150	5	9	16	19	27
300	1	4	12	17	36

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre y hierro a tajo abierto, cuadros II.13 y II.20, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.209.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI.

Cuadro III.211

NUMERO DE ESPESADORES EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Número de espesadores	Dimensiones (Pies de diámetro)	Promedio de espesadores por planta
Las Torres	900	1	150	2
		1	52	
La Encantada	1 200	1	125	2
		1	50	
Inguarán	2 000	1	150	2
		1	35	
Naica	2 200	1	40	4
		1	34	
		1	30	
		1	22	
Santa Bárbara	4 500	1	125	5
		1	75	
		2	60	
		1	40	
Tara Mine	7 000	1	110	2
		1	45	
Promedio				2.83 = 3

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUFI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

Cuadro III.212

CARACTERISTICAS DE LOS ESPESADORES EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Concepto	Total	Diámetro (Pies)		
		20 a 60	75 a 100	110 a 150
Número de espesadores en el rango	17	11	1	5
Total de pies de diámetro en el rango	1 183	448	75	660
Diámetro promedio	—	40	75	132

FUENTE: Cuadro III.211.

Cuadro III.213

## ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS

Diámetro (Pies)	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
Número de espesadores	2	3	3	3	3
40	2	2	2	2	2
150	—	1	1	1	1

FUENTE: Cuadros III.211 y III.212.

Cuadro III.214

PROYECCION DEL NUMERO DE ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Diámetro (Pies)	1977	1980	1985	1990	2000
TOTAL	168	168	270	338	525
40	144	144	216	258	384
150	24	24	54	80	141

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —incluidas las de jales— y barita, cuadro II.57, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.213.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.215

PROYECCION DE LA DEMANDA DE ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades)

Diámetro (Pies)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	179	9	122	90	278	113	612
40	144	—	72	42	207	63	384
75	5	2	5	8	4	5	24
150	29	4	37	34	58	35	168
300	1	3	8	6	9	10	36

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de espesadores determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre y hierro a tajo abierto, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se estimó una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadros III.210 y III.214.

**Cuadro III.216**  
**PRECIO UNITARIO DE LOS ESPESADORES**  
(Miles de dólares de 1977)

Diámetro (Pies)	Precio (LAB)
40	39
75	72
150	140
300	273

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONU. A. L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978. El precio incluye el mecanismo y excluye el del tanque.

**Cuadro III.217**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE ESPESADORES REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA, 1975-2000**  
(Miles de dólares de 1977)

Diámetro (Pies)	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	10 309	1 523	10 532	8 612	18 938	10 447	50 052
40	5 616	—	2 808	1 638	8 073	2 457	14 976
75	360	144	360	576	288	360	1 728
150	4 060	560	5 180	4 760	8 120	4 900	23 520
300	273	819	2 184	1 638	2 457	2 730	9 828

FUENTE: Cuadros III.215 y III.216.

## 4.9 Filtros

Los concentrados finales de la sección de flotación se envían, generalmente por gravedad, al tanque espesador de donde se bombean a la sección de filtrado. La finalidad que se persigue en esta sección es la de eliminar parte de la humedad que trae el concentrado (de 10 a 14 por ciento).

Existen dos tipos de filtros, de disco y de tambor; aunque son diferentes, ambos cuentan con los mismos elementos que son: bomba de vacío, trampas de humedad, colector de torta de concentrado y agitador de "pulpa".

En las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto y de minas subterráneas polimetálicas, por su mayor eficiencia, los filtros de tambor tienden a desplazar a los de disco como podrá observarse en los cuadros III.218 y III.221. No sucede lo mismo en las plantas lavadoras de carbón debido a que en éstas se requiere de una mayor superficie de filtrado, la que en un espacio reducido, sólo pueden ofrecer los filtros de disco. En todas las plantas lavadoras de la muestra se encontró que era el único tipo de filtros utilizados (véase el cuadro III.224).

El número y dimensiones de los filtros requeridos en las plantas tipo de minas de cobre a tajo abierto y subterráneas polimetálicas, se determinó a partir de los que existían en las plantas de la muestra de capacidades similares a las

adoptadas. Se consideró además que en las nuevas plantas los filtros de tambor sustituirán a los de disco (véanse los cuadros III.219 y III.222).

En el caso de las plantas lavadoras de carbón, la falta de información sobre las características de este equipo en la muestra obligó a estimar el número de filtros necesario, así como sus dimensiones, en las cinco plantas tipo adoptadas, como podrá observarse en el cuadro III.225. El acervo de filtros de disco y de tambor requerido en los distintos años de la proyección en los tres tipos de plantas estudiadas se presenta en los cuadros III.220, III.223 y III.226. Este se obtuvo multiplicando el número de plantas por el número de filtros requerida en cada una.

La demanda total de filtros que generarán en el periodo 1980-2000 las plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, subterráneas polimetálicas, y de fluorita, barita y manganeso y las plantas lavadoras de carbón será, en el caso de los de disco, de 193 unidades, y de 393 en los de tambor. En el cálculo de esta última no se incluyeron las plantas lavadoras de carbón y las de beneficio de manganeso (véase el cuadro III.227).

El valor de dicha demanda en el lapso 1980-2000 asciende a 72.4 millones de dólares de los que 11.1 corresponden a la de filtros de disco y 61.3 millones a la de filtros de tambor (véanse los cuadros III.228 y III.229).

Cuadro III.218

### NUMERO DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Filtros de disco			Filtros de tambor	
		Número de filtros	Discos por filtro	Diámetro (Pies)	Número de filtros	Diámetro (Pies)
Ouesta Plant	16 000	1	2	6	—	—
Phelps Dodge/Tyrone	48 000	—	—	—	4	8 x 14
					2	10 x 12
Climax Molibdenum/Climax	48 000	2	4	6	—	—
La Caridad	72 000	—	—	—	6	12 x 20
Duval Sierrita/Tucson	78 880	—	—	—	4	11½ x 14

FUENTE: Nacional Financiera, S. A. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. M. C. Fuerstenau, ed. *Flotation*. A. M. Gaudin memorial volume. Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976.

Cuadro III.219  
**FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO  
 DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO <sup>1</sup>**

Diámetro	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-día)					
	25	50	75	100	150	200
De disco	2	2	—	—	—	—
2 de 6 pies	2	—	—	—	—	—
4 de 6 pies	—	2	—	—	—	—
De tambor	—	—	9	12	12	16
10 x 12 pies	—	—	9	12	—	—
12 x 20 pies	—	—	—	—	12	16

<sup>1</sup> Debido a que no fue posible establecer alguna relación entre el número de filtros y la capacidad de la planta, el número de unidades se estimó en base a lo observado en la muestra. Se supone que en el futuro los filtros de tambor desplazarán a los de disco, sobre todo en plantas grandes.

FUENTE: Cuadro III.218.

Cuadro III.220  
**PROYECCION DEL NUMERO DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN  
 BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, <sup>1</sup> 1975-2000**

Diámetro	1975	1980	1985	1990	2000
De disco	2	7	4	2	—
2 de 6 pies	2	3	4	—	—
4 de 6 pies	—	4	—	2	—
De tambor	—	—	21	33	58
10 x 12 pies	—	—	21	21	12
12 x 20 pies	—	—	—	12	44

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas de cobre a tajo abierto, cuadro II.13, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.219.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.221  
**NUMERO DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR EN UNA MUESTRA DE PLANTAS DE  
 BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS**

Unidad	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)	Filtros de disco			Filtros de tambor	
		Número de filtros	Discos por filtro	Diámetro (Pies)	Número de filtros	Diámetro (Pies)
Las Torres	900	1	4	6	—	—
La Encantada	1 200	—	—	—	2	8 x 10
		—	—	—	1	11.6 x 22
Inguarán	2 000	—	—	—	1	8 x 8
Naica	2 200	2	4	6	1	8 x 10
Santa Bárbara	4 500	1	4	8.10	2	11.6 x 14
		—	—	—	1	6 x 6
Tara Mine	7 000	3	7	9.10	—	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, con datos de la muestra de plantas. En el caso de Tara Mine, véase *Engineering and Mining Journal*, septiembre de 1977, pp. 83-98.

**Cuadro III.222**  
**FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS <sup>1</sup>**

Diámetro	Capacidad nominal de la planta (Ton-día)				
	250	1 000	2 250	4 000	6 000
De disco	1	1	1	—	—
4 de 6 pies	1	—	—	—	—
4 de 9 pies	—	1	1	—	—
De tambor	—	2	2	3	4
8 x 10 pies	—	2	2	1	1
12 x 20 pies	—	—	—	2	3

<sup>1</sup> El número de filtros en este tipo de plantas depende, más que de la capacidad, de los diferentes concentrados que se obtienen. Por esta razón, el cálculo de los filtros necesarios se hizo en base a lo observado en la muestra. Se supone que en el futuro los filtros de tambor desplazarán a los de disco, sobre todo en plantas grandes.

FUENTE: Cuadro III.221.

**Cuadro III.223**  
**PROYECCION DEL NUMERO DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES— Y BARITA, <sup>1</sup> 1977-2000**

Diámetro	1977	1990	1985	1990	2000
De disco	70	70	100	114	154
4 de 6 pies	48	48	54	49	51
4 de 9 pies	22	22	46	65	103
De tambor	50	50	117	177	328
8 x 10 pies	46	46	100	145	244
12 x 20 pies	4	4	17	32	84

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas de beneficio de minas subterráneas polimetálicas, y de fluorita —Incluidas las de jales— y barita, cuadro II.57, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.222.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

**Cuadro III.224**  
**NUMERO DE FILTROS DE DISCO EN UNA MUESTRA DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON**

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número de filtros	Discos por filtro	Diámetro (Pies)
1 000	n.d.	n.d.	n.d.
1 200	1	6	10.6
1 875	n.d.	n.d.	n.d.
2 100	1	n.d.	n.d.
3 000	2	n.d.	n.d.
4 700	2	n.d.	n.d.
5 000	3	n.d.	n.d.
8 800	4	12	12

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de las diferentes plantas.

Cuadro III.225

FILTROS DE DISCO REQUERIDOS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBÓN<sup>1</sup>

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número de filtros	Discos por filtro	Diámetro (Pies)
1 500	1	9	8
2 100	1	10	9
3 000	2	9	8
4 500	2	10	9
6 000	3	10	9

<sup>1</sup> Cifras estimadas en base a información proporcionada por la Comisión de Fomento Minero.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.226

PROYECCION DEL NUMERO DE FILTROS DE DISCO REQUERIDOS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBÓN Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	5	7	11	16	33
9 discos de 8 pies	3	5	8	12	17
10 discos de 9 pies	2	2	3	4	16

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, cuadro II.58, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.225.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.227

PROYECCION DE LA DEMANDA DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES—, BARITA, MANGANESO Y EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBÓN,<sup>1</sup> 1975-2000

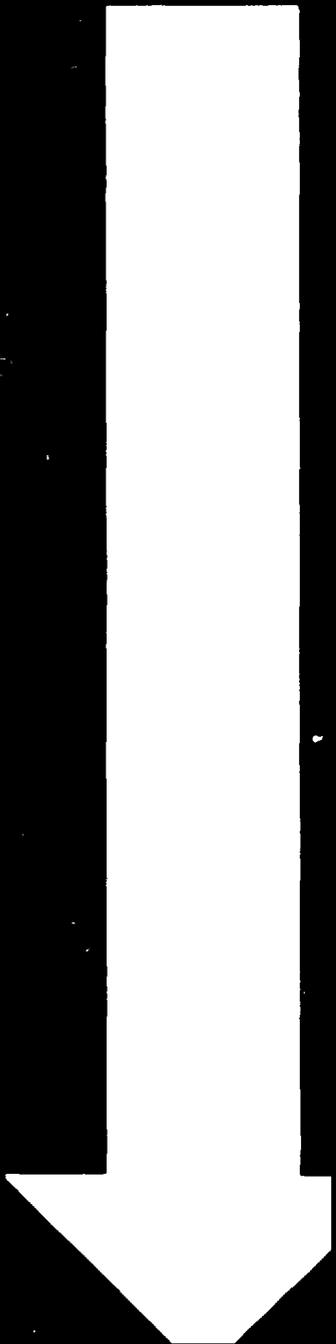
(Unidades)

Diámetro	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
De disco	77	7	35	29	94	28	193
2 de 6 pies	2	1	1	—	—	—	2
4 de 6 pies	48	4	6	—	45	—	55
9 de 8 pies	3	2	3	7	2	3	17
4 de 9 pies	22	—	24	19	41	19	103
10 de 9 pies	2	—	1	3	6	6	16
De tambor <sup>2</sup>	50	—	88	72	141	92	393
8 x 10 pies	46	—	54	45	95	50	244
10 x 12 pies	—	—	21	—	—	—	21
12 x 20 pies	4	—	13	27	46	42	128

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de filtros determinado, en el caso de las plantas de minas de cobre a tajo abierto, lavadoras de carbón y plantas de manganeso, para 1975, y en el de las plantas de minas subterráneas, para 1977; en ambos casos dicho acervo supone un nivel de obsolescencia de 50%. Sin embargo, para fines de presentación, en el año base de la proyección sólo aparece 1975. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se estimó una vida útil de 30 años.

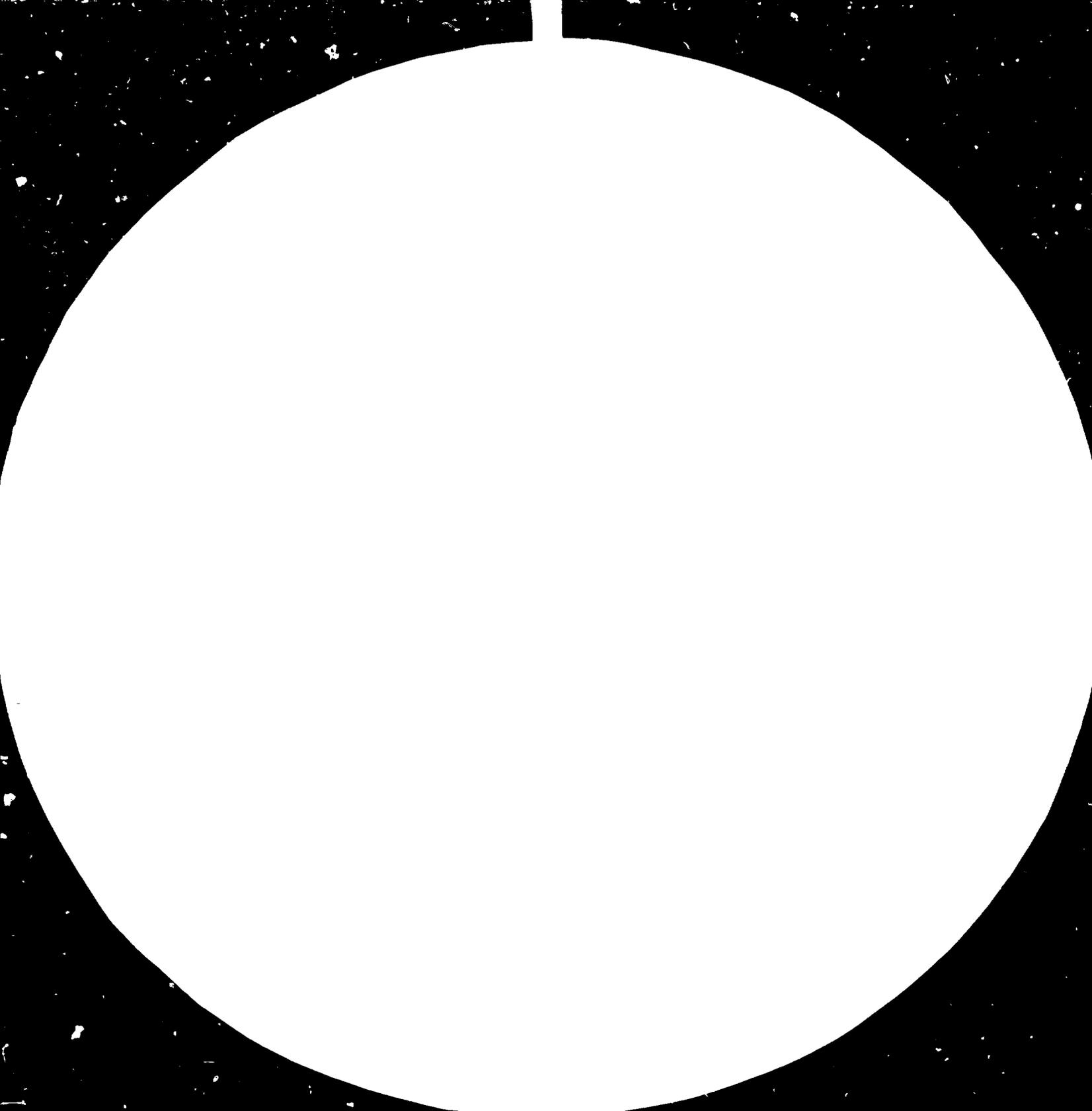
<sup>2</sup> No incluye la demanda de las plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso.

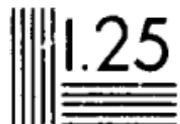
FUENTE: Cuadros III.220, III.223 y III.226.



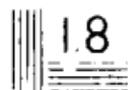
**84.10.15**

**AD.86.07**





28 25



Microcopy Resolution Test Targets

1010155 • 1010156 • 1010157 • 1010158

1010159 • 1010160 • 1010161 • 1010162

1010163 • 1010164 • 1010165 • 1010166

Cuadro III.228  
**PRECIO UNITARIO DE LOS FILTROS  
 DE DISCO Y DE TAMBOR**  
 (Miles de dólares de 1977)

Diámetro	Precio (LAB)
<b>De disco</b>	
2 de 6 pies	23
4 de 6 pies	36
9 de 8 pies	76
4 de 9 pies	59
10 de 9 pies	107
<b>De tambor</b>	
8 x 10 pies	115
10 x 12 pies	150
12 x 20 pies	235

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. A. L. Mular, Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

Cuadro III.229  
**PROYECCION DE LA DEMANDA DE FILTROS DE DISCO Y DE TAMBOR REQUERIDOS EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES—, BARITA, MANGANESO Y EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON, 1975-2000**

(Miles de dólares de 1977)

Diámetro	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	9 744	319	14 405	13 494	26 568	17 611	72 397
<b>De disco</b>	3 514	319	1 990	1 974	4 833	1 991	11 107
2 de 6 pies	46	23	23	—	—	—	46
4 de 6 pies	1 728	144	216	—	1 620	—	1 980
9 de 8 pies	228	152	228	532	152	228	1 292
4 de 9 pies	1 298	—	1 416	1 121	2 419	1 121	6 077
10 de 9 pies	214	—	177	321	642	642	1 712
<b>De tambor<sup>1</sup></b>	6 230	—	12 415	11 520	21 735	15 620	61 290
8 x 10 pies	5 290	—	6 210	5 175	10 925	5 750	28 060
10 x 12 pies	—	—	3 150	—	—	—	3 150
12 x 20 pies	940	—	3 055	6 345	10 810	9 870	30 080

<sup>1</sup> No incluye la demanda de las plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso.  
 FUENTE: Cuadros III.227 y III.228.

## 4.10 Secadoras centrífugas

En las etapas intermedias de procesamiento del carbón, la humedad constituye una impureza que debe ser reducida hasta un nivel óptimo en el producto final, mientras más fino es el carbón más difícil resulta secarlo, ya que cada reducción en el tamaño incrementa su capacidad para absorber y retener humedad.

Existen varios métodos mecánicos de secado que se emplean según el tamaño de carbón que se trata de secar. Sin embargo, en las plantas lavadoras de la muestra resultó que sólo se utilizan secadoras centrífugas de las cuales existen varios tipos. Para el cálculo de la demanda se consideraron sólo las secadoras del tipo *Screen Bowl* para tamaños de carbón de  $1\frac{1}{2}$  x  $\frac{1}{4}$  de pulgada aproximadamente.

En este equipo, la alimentación es continua a través de un chute que deposita el material en la superficie de la malla. Las vibraciones axiales mueven el material hacia el diámetro más grande del cilindro rotatorio, cayendo libremente, mientras que

el agua se saca hacia los lados del cilindro por la fuerza centrífuga de la rotación.

El número de secadoras en las plantas lavadoras que constituyeron la muestra se presenta en el cuadro III.230. A partir de esta información se estimó el número de secadoras centrífugas necesarias, así como sus dimensiones, en las cinco plantas tipo adoptadas. Se consideró que dicho número puede variar de una planta a otra, ya que su uso depende de la relación de gruesos a finos que existen en cada proceso. El diámetro de los dos tipos de secadoras que se utilizarán fue de 16 x 46 y 25 x 75 pulgadas (véase el cuadro III.231).

En el cuadro III.232 se presenta el acervo de secadoras centrífugas requerido en los distintos años de la proyección en las plantas lavadoras de carbón y en las de beneficio de manganeso, y en el cuadro III.223 la demanda total. Se estimó que en el periodo 1980-2000 la demanda de secadoras que generará este tipo de plantas será de 64, con un valor de siete millones de dólares.

Cuadro III.230

### NUMERO DE SECADORAS CENTRIFUGAS EN UNA MUESTRA DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número de secadoras
1 000	1
1 200	3
1 875	4
2 100	2
3 000	3
4 700	5
5 000	9
8 800	8

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de las diferentes plantas.

Cuadro III.231

### NUMERO Y PRECIO UNITARIO DE LAS SECADORAS CENTRIFUGAS REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON<sup>1</sup>

Diámetro (Pulgadas)	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-año)					Precio (Miles de dólares: LAB de 1977)
	1 500	2 100	3 000	4 000	6 000	
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
16 x 46	2	2	—	—	—	74
25 x 75	—	—	3	5	6	119

<sup>1</sup> Se estimó en base a lo observado en la muestra. Las secadoras son del tipo *Screen Bowl*, *Stainless Steel*. Para el precio se consultó A.L. Mular, *Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimations*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.232

PROYECCION DEL NUMERO DE SECADORAS CENTRIFUGAS REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1975-2000

Diámetro (Pulgadas)	1975	1980	1985	1990	2000
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>64</b>
16 x 46	10	10	10	8	14
25 x 75	—	—	11	22	50

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, cuadro II.58, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.231.

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.233

PROYECCION DE LA DEMANDA DE SECADORAS CENTRIFUGAS REQUERIDAS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>Número de unidades</b>	<b>10</b>	<b>—</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>64</b>
16 x 46 pulgadas	10	—	—	9	3	3	14
25 x 75 pulgadas	—	—	11	11	14	14	50
<b>Valor</b>	<b>740</b>	<b>—</b>	<b>1 309</b>	<b>1 901</b>	<b>1 888</b>	<b>1 888</b>	<b>6 986</b>
16 x 46 pulgadas	740	—	—	592	222	222	1 036
25 x 75 pulgadas	—	—	1 309	1 309	1 666	1 666	5 950

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de secadoras centrifugas determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.

FUENTE: Cuadros III.231 y III.232.

## 4.11 Jigs

Entre los diferentes sistemas gravimétricos para el beneficio del carbón, el lavado por medio de *jigs* es uno de los más comunes.

Esta máquina lavadora es una unidad completamente automática que efectúa la separación del carbón de los otros materiales que le acompañan, en un punto predeterminado de peso específico, sin importar las variaciones en la carga o en las características del carbón que se alimenta.

El *jig* emplea aire para dilatar la cama de mineral intermitentemente a fin de producir una estratificación entre el carbón y las impurezas en base al diferencial de densidad.

En el cuadro III.234 se presenta la información sobre el número de *jigs* existentes en algunas plantas lavadoras de carbón que constituyeron la muestra. Debido a la falta de información, el número de *jigs* requerido en cada una de las cinco plantas tipo adoptadas, así como su capacidad, fue estimado en base a la muestra y a información proporcionada por técnicos de la Comisión de Fomento Minero (véase el cuadro III.235).

El número de *jigs* determinado para cada planta se multiplicó por el número de plantas lavadoras de carbón y plantas de beneficio de manganeso, estimado en el capítulo anterior, y se obtuvo el acervo para los distintos años de la proyección (véase el cuadro III.236).

Los resultados del cálculo de la demanda de *jigs* para el periodo 1980-2000 indican que ésta será de 21 unidades, de las cuales 15 serán de 500 toneladas por hora de capacidad y seis de 1 000 toneladas por hora. La demanda incluye, además de las unidades que se requerirán para la puesta en operación de nuevas plantas, la reposición de aquellas que en el periodo de proyección han quedado obsoletas. El cálculo de la reposición supone que los *jigs* existentes en 1975 se encontraban en un nivel de obsolescencia de 50%, y que su vida útil era de 30 años.

Aplicando los precios al número de unidades estimadas se obtuvo el valor de la demanda de este equipo para el lapso 1980-2000, mismo que asciende a 4.3 millones de dólares (véase el cuadro III.237).

Cuadro III.234

### NUMERO DE "JIGS" EN UNA MUESTRA DE PLANTAS LAVADORAS DE CARBON

Capacidad nominal de lavado (Miles de ton-año)	Número de "Jigs"	Dimensiones	Capacidad (Ton-hora)	Marca
1 000	—	—	—	—
1 200	1	n.d.	200	Wedag
1 875	1	n.d.	n.d.	McNally-Mogul
2 100	1	n.d.	300	McNally-Baum
3 000	—	—	—	—
4 700	—	—	—	—
5 000	—	—	—	—
8 800	3	n.d.	n.d.	—

FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI. En la muestra analizada no se dispuso de la información correspondiente al nombre y ubicación de las diferentes plantas.

Cuadro III.235

NUMERO Y PRECIO UNITARIO DE LOS "JIGS" REQUERIDOS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON<sup>1</sup>

Capacidad	Capacidad nominal de la planta (Miles de ton-año)					Precio (Miles de dólares LAB. de 1977)
	1 500	2 100	3 000	4 500	6 000	
TOTAL	1	1	1	1	2	
500 ton-hora	1	1	1	—	1	185
1 000 ton-hora	—	—	—	1	1	260

<sup>1</sup> Se estimó en base a lo observado en la muestra y a información proporcionada por la Comisión de Fomento Minero.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.236

PROYECCION DEL NUMERO DE "JIGS" REQUERIDOS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1975-2000

Capacidad	1975	1980	1985	1990	2000
TOTAL	5	6	8	10	21
500 ton-hora	5	6	7	8	15
1 000 ton-hora	—	—	1	2	6

<sup>1</sup> En base a las proyecciones del número de plantas lavadoras de carbón y de beneficio de manganeso, cuadro II.58, y al número de unidades requeridas en plantas de distintas capacidades, cuadro III.235.  
FUENTE: Nacional Financiera, S. A., Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI.

Cuadro III.237

PROYECCION DE LA DEMANDA DE "JIGS" REQUERIDOS EN PLANTAS LAVADORAS DE CARBON Y EN PLANTAS DE BENEFICIO DE MANGANESO,<sup>1</sup> 1975-2000

(Unidades y miles de dólares de 1977)

Concepto	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
Número de unidades	5	1	2	7	5	6	21
500 ton-hora	5	1	1	6	3	4	15
1 000 ton-hora	—	—	1	1	2	2	6
Valor	925	185	445	1 370	1 075	1 260	4 335
500 ton-hora	925	185	185	1 110	555	740	2 775
1 000 ton-hora	—	—	260	260	520	520	1 560

<sup>1</sup> Para la proyección de la demanda se tomó como base el acervo de "jigs" determinado para 1975, mismo que supone un nivel de obsolescencia de 50%. El cálculo de la demanda incluye las unidades nuevas y la reposición; para esta última se consideró una vida útil de 30 años.  
FUENTE: Cuadros III.235 y III.236.

## 5. Síntesis de Cuadros - Resumen

En el último apartado del estudio se ofrece un resumen de la demanda de bienes de capital que se estima será generada por la expansión del sector minero en el periodo 1980-2000. Con ese propósito fueron elaborados tres cuadros en los que se presentan, para cada uno de los grandes rubros de maquinaria y equipo, los resultados de las proyecciones en cuanto a número de unidades y su valor en miles de dólares a precios de 1977.

Los tres grandes rubros de bienes de capital incluyen a un total de 36 equipos, que se agruparon de la siguiente manera: a) para la explotación de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto; b) para la explotación de minas subterráneas polimetálicas, y de carbón, manganeso, fluorita y barita; y c) para plantas de trituración primaria y de beneficio de estos minerales.

La demanda del conjunto de los equipos en el lapso 1980-2000 asciende a 4 664 millones de dólares de 1977. De esta cifra, 1 977 millones (42%) corresponde a maquinaria y equipo para explotación de minas de cobre, hierro y carbón a tajo abierto; 2 021 millones (44%) al equipo para explotación de minas subterráneas polimetálicas, y de carbón, manganeso, fluorita y barita; y 666 millones (14%) al equipo para plantas de trituración primaria y de beneficio de dichos minerales.

Los requerimientos de maquinaria y equipo para explotaciones mineras a tajo abierto se presentan

en el Cuadro III.238. La demanda de las ocho clases de equipo que se consideraron suma 1 977 millones de dólares de 1977; 55% corresponde a camiones fuera de carretera, 21% a palas mecánicas, 10% a "draglines", 5% al equipo de perforación y el 9% restante se reparte entre cargadores frontales, tractores, motoconformadoras y motoescrepas.

La demanda de maquinaria que generará la explotación de minas subterráneas se calcula a 2 021 millones de dólares de 1977 (véase el cuadro III.239). El equipo para explotación continua, para perforación, autocargadores y malacates, que agrupa a 11 de los 17 equipos que se analizaron, representa el 83% del valor de dicha demanda, es decir, 1 680 millones de dólares de 1977. La demanda individual de los seis equipos restantes en ningún caso supera los cien millones y en conjunto asciende a 341 millones de dólares de 1977.

El cuadro III.240 resume la demanda de maquinaria para las plantas que benefician los minerales provenientes de minas a tajo abierto y subterráneas. Se incluye 11 equipos cuya demanda asciende a 666 millones de dólares de 1977. A los equipos para trituración y molienda les correspondieron 392 millones (59%) de dicha demanda. En las quebradoras se distinguieron cuatro tipos, y en el equipo de molienda dos clases de molinos. Otros equipos cuya demanda superó los cincuenta millones de dólares fueron: celdas de flotación, espesadores y filtros de tambor.

Cuadro III.238

RESUMEN DE LA PROYECCION DE DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDA EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO,<sup>1</sup> 1975-2000

Maquinaria y equipo	U n i d a d e s						
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>							
<i>Perforadoras rotarias</i> <sup>2</sup>	17	24	14	43	37	68	186
De 7 pulgadas	5	6	1	9	3	11	30
De 9 pulgadas	8	6	2	9	3	11	31
De 11 pulgadas	2	6	2	7	6	12	33
De 12 $\frac{1}{4}$ pulgadas	2	6	5	10	13	18	52
De 15 pulgadas	—	—	4	8	12	16	40
<i>Cargadores frontales</i>	23	27	27	51	70	90	265
De 4 yardas cúbicas	10	11	17	23	31	40	122
De 12 yardas cúbicas	13	15	9	25	35	43	127
De 15 yardas cúbicas	—	1	1	3	4	7	16
<i>Palas mecánicas</i>	5	21	24	39	64	76	224
De 8 yardas cúbicas	—	8	11	10	19	12	60
De 15 yardas cúbicas	4	10	6	17	26	38	97
De 20 yardas cúbicas	1	3	5	10	17	22	57
De 25 yardas cúbicas	—	—	2	2	2	4	10
<i>"Draglines"</i>	7	9	3	12	10	17	51
De 12 yardas cúbicas	7	6	—	7	—	4	17
De 22 yardas cúbicas	—	3	3	5	10	10	31
De 45 yardas cúbicas	—	—	—	—	—	3	3
<i>Camiones fuera de carretera</i>	140	214	362	512	705	884	2 677
De 40 toneladas	108	114	150	189	189	174	816
De 80 toneladas	—	30	82	107	132	158	509
De 100 toneladas	14	14	24	30	74	118	260
De 120 toneladas	18	50	64	94	142	200	540
De 160 toneladas	—	6	42	102	168	234	552
<i>Tractores</i>							
Tractores de oruga	30	49	34	85	84	137	389
De 300 HP	15	25	7	31	17	42	122
De 400 HP	15	24	27	54	67	95	267
Tractores de ruedas	12	21	14	35	56	58	184
De 170 HP	8	8	4	10	12	10	44
De 300 HP	3	10	3	12	21	16	62
De 400 HP	1	3	7	13	23	32	78
<i>Motoconformadoras</i>	16	22	16	39	38	61	176
De 180 HP	14	18	7	23	10	26	84
De 250 HP	2	4	9	16	28	35	92
<i>Motoescrapas</i>	1	3	6	3	9	12	33
De 22 yardas cúbicas	1	2	4	2	4	6	18
De 34 yardas cúbicas	—	1	2	1	5	6	15

<sup>1</sup> La demanda considera unidades nuevas y reposición de equipo. En los dos tajos de carbón no se incluye la demanda de maquinaria y equipo que generarán las explotaciones del tipo no coquizable.

<sup>2</sup> Se refiere al diámetro de las brocas.

FUENTE: Cuadros III 7, 9, 25, 26, 27, 31, 41, 43, 51, 52, 54, 61, 62 y 64.

Cuadro III.238

## RESUMEN DE LA PROYECCION DE DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDA EN MINAS DE COBRE, HIERRO Y CARBON A TAJO ABIERTO, 1975-2000

Maquinaria y equipo	Miles de dólares de 1977						
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	82 346	160 144	208 241	364 871	525 015	718 557	1 976 828
<i>Perforadoras rotarias</i> <sup>2</sup>	6 380	10 770	9 105	23 070	24 835	39 650	107 430
De 7 pulgadas	1 150	1 380	230	2 070	690	2 530	6 900
De 9 pulgadas	2 800	2 100	700	3 150	1 050	3 850	10 850
De 11 pulgadas	1 000	3 000	1 000	3 500	3 000	6 000	16 500
De 12 1/4 pulgadas	1 430	4 290	3 575	7 150	9 295	12 870	37 180
De 15 pulgadas	—	—	3 600	7 200	10 800	14 400	36 000
<i>Cargadores frontales</i>	4 550	5 550	4 830	10 350	14 260	18 540	53 530
De 4 yardas cúbicas	1 300	1 430	2 210	2 990	4 030	5 200	15 860
De 12 yardas cúbicas	3 250	3 750	2 250	6 250	8 750	10 750	31 750
De 15 yardas cúbicas	—	370	370	1 110	1 480	2 590	5 920
<i>Palas mecánicas</i>	9 860	33 980	40 920	72 280	114 760	148 600	410 540
De 8 yardas cúbicas	—	8 160	11 220	10 200	19 330	12 240	61 200
De 15 yardas cúbicas	7 520	18 800	11 280	31 960	48 880	71 440	182 360
De 20 yardas cúbicas	2 340	7 020	11 700	23 400	39 780	51 480	133 380
De 25 yardas cúbicas	—	—	5 720	6 720	6 720	13 440	33 600
<i>"Draglines"</i>	15 176	25 779	12 771	36 461	42 570	72 737	190 318
De 12 yardas cúbicas	15 176	13 008	—	15 176	—	8 672	36 856
De 22 yardas cúbicas	—	12 771	12 771	21 285	42 570	42 570	131 967
De 45 yardas cúbicas	—	—	—	—	—	21 495	21 495
<i>Camiones fuera de carretera</i>	38 000	69 740	128 380	196 520	296 090	392 820	1 083 550
De 40 toneladas	22 680	23 940	31 500	39 690	39 690	36 540	171 360
De 80 toneladas	—	9 300	25 420	33 170	40 920	48 980	157 790
De 100 toneladas	5 600	5 600	9 600	12 000	29 600	47 200	104 000
De 120 toneladas	9 720	27 000	34 560	45 360	76 680	108 000	291 600
De 160 toneladas	—	3 900	27 300	66 300	109 230	152 100	358 800
<i>Tractores</i>	6 770	11 655	9 250	21 775	26 270	37 150	106 100
Tractores de oruga	5 475	8 905	6 955	16 375	17 205	26 990	76 430
De 300 HP	2 175	3 625	1 015	4 495	2 465	6 090	17 690
De 400 HP	3 300	5 280	5 940	11 880	14 740	20 900	58 740
Tractores de ruedas	1 295	2 750	2 295	5 400	9 065	10 160	29 670
De 170 HP	640	640	320	800	960	800	3 520
De 300 HP	435	1 450	435	1 740	3 045	2 320	8 990
De 400 HP	220	660	1 540	2 860	5 060	7 040	17 160
<i>Motoconformadoras</i>	1 410	1 970	1 585	3 715	3 930	6 060	17 260
De 180 HP	1 190	1 530	595	1 955	850	2 210	7 140
De 250 HP	220	440	990	1 760	3 080	3 850	10 120
<i>Motoescrepas</i>	200	700	1 400	700	2 300	3 000	8 100
De 22 yardas cúbicas	200	400	800	400	800	1 200	3 600
De 34 yardas cúbicas	—	300	600	300	1 500	1 800	4 500

<sup>1</sup> La demanda considera unidades nuevas y reposición de equipo. En los tajos de carbón no se incluye la demanda de maquinaria y equipo que generarán las explotaciones del tipo no coquizable.

<sup>2</sup> Se refiere al diámetro de las brocas.

FUENTE: Cuadros III.7, 9, 25, 26, 27, 31, 41, 43, 51, 52, 54, 61, 62 y 64.

Cuadro III.239

RESUMEN DE LA PROYECCION DE DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDA EN MINAS SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE CARBON, MANGANESO, FLUORITA Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Maquinaria y equipo	U n i d a d e s						
	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980 2000
<b>TOTAL</b>							
Equipo para explotación continua <sup>2</sup>							
Cortadoras de doble tambor	6	7	6	15	28	36	92
Transportadores blindados	6	7	6	15	28	36	92
Transportadores repartidores	6	7	6	15	28	36	92
Ademes caminantes	540	640	720	1800	3420	4080	10860
Mineros continuos	18	21	18	45	85	107	276
Equipo de perforación							
Perforadoras tipo jumbo	132	—	262	250	426	413	1351
Con dos perforadoras	110	—	200	186	303	270	959
Con tres perforadoras	22	—	62	64	123	143	392
Perforadoras semipesadas	1780	—	3892	3693	6544	6677	20806
Perforadoras de diamante	191	—	332	108	480	258	1178
Para perforación corta	97	—	166	50	234	119	569
Para perforación larga	94	—	166	58	246	139	609
Contrapoceras	24	—	58	28	93	64	243
Autocargadores	311	311	599	837	1193	1549	4489
De 2 yardas cúbicas	161	161	213	227	245	263	1109
De 5 yardas cúbicas	136	136	341	528	812	1096	2913
De 8 yardas cúbicas	14	14	45	82	136	190	467
Camiones de bajo perfil	57	—	136	123	224	233	716
De 13 toneladas	35	—	72	55	94	79	300
De 26 toneladas	22	—	64	68	130	154	416
Locomotoras	132	—	244	108	426	293	1071
De 4 toneladas	50	—	56	—	56	1	113
De 8 toneladas	81	—	182	100	352	271	905
De 12 toneladas	1	—	6	8	18	21	53
Carros mineros	1980	—	3660	1620	6411	4374	16065
De 60 pies cúbicos	750	—	840	—	847	8	1695
De 100 pies cúbicos	1215	—	2730	1500	5287	4058	13575
De 160 pies cúbicos	15	—	90	120	277	308	795
Ventiladores	205	—	188	367	247	250	1052
De 30 000 pies cúbicos por minuto	156	—	121	258	162	163	704
De 75 000 pies cúbicos por minuto	32	—	40	61	37	37	175
De 150 000 pies cúbicos por minuto	13	—	19	32	28	29	108
De 300 000 pies cúbicos por minuto	4	—	8	16	20	21	65
Malacates	181	—	125	274	128	129	656
De 1 tambor	100	—	12	98	2	2	114
De 125 HP	50	—	6	49	1	1	57
De 250 HP	50	—	6	49	1	1	57
De 2 tambores	70	—	92	142	93	94	421
De 500 HP	57	—	79	123	88	88	378
De 1 000 HP	13	—	13	19	5	6	43
De fricción	11	—	21	34	33	33	121
De 2 000 HP	11	—	21	34	33	33	121
Compresores	119	—	111	215	134	135	595
De 1 800 pies cúbicos por minuto	50	—	6	49	1	1	57
De 2 800 pies cúbicos por minuto	37	—	47	72	44	44	207
De 3 500 pies cúbicos por minuto	32	—	58	94	89	90	331
Equipo para anclaje	23	—	58	39	122	103	322

<sup>1</sup> La demanda considera unidades nuevas y deposición de equipo. En las minas de carbón no se incluye la demanda de maquinaria y equipo que generarán las explotaciones del tipo no coquizable.

<sup>2</sup> En el caso de este equipo, el año base de la proyección es 1975.

FUENTE: Cuadros III.70, 78, 80, 86, 88, 96, 98, 103, 105, 109, 111, 116 y 118.

Cuadro III.239

RESUMEN DE LA PROYECCION DE DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDA EN MINAS  
SUSTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE CARBON, MANGANESO, FLUORITA  
Y BARITA,<sup>1</sup> 1977-2000

Maquinaria y equipo	Miles de dólares de 1977						
	1977	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>	<b>230 441</b>	<b>48 464</b>	<b>328 385</b>	<b>448 497</b>	<b>579 764</b>	<b>615 743</b>	<b>2 020 853</b>
Equipo para explotación continua <sup>2</sup>	15 030	20 475	17 550	43 875	82 990	101 690	266 580
Cortadoras de doble tambor	1 350	1 575	1 350	3 375	6 300	8 100	20 700
Transportadores blindados	1 260	1 470	1 260	3 150	5 880	7 560	19 320
Transportadores repartidores	360	420	360	900	1 680	2 160	5 520
Ademes caminantes	7 560	11 760	10 080	25 200	47 880	57 120	152 040
Mineros continuos	4 500	5 250	4 500	11 250	21 250	26 750	69 000
Equipo de perforación	49 568	—	104 506	83 338	170 293	153 181	511 318
Perforadoras tipo jumbo	17 182	—	34 562	33 100	56 751	55 613	180 026
Con dos perforadoras	13 860	—	25 200	23 436	38 178	34 020	120 834
Con tres perforadoras	3 322	—	9 362	9 664	18 573	21 593	59 192
Perforadoras semipesadas	17 800	—	38 920	36 930	65 440	66 770	208 060
Perforadoras de diamante	6 282	—	10 956	3 620	15 924	8 654	39 154
Para perforación corta	2 522	—	4 316	1 300	6 084	3 094	14 794
Para perforación larga	3 760	—	6 640	2 320	9 840	5 560	24 360
Contrapoceras	8 304	—	20 068	9 688	32 178	22 144	84 078
Autocargadores	27 989	27 989	60 462	89 463	132 975	176 487	487 376
De 2 yardas cúbicas	9 499	9 499	12 567	13 393	14 455	15 517	65 431
De 5 yardas cúbicas	16 320	10 320	40 920	63 360	97 440	131 520	349 560
De 8 yardas cúbicas	2 170	2 170	6 975	12 710	21 080	29 450	72 385
Camiones de bajo perfil	6 629	—	16 392	15 331	28 228	30 301	90 252
De 13 toneladas	3 395	—	6 984	5 335	9 118	7 663	29 100
De 26 toneladas	3 234	—	9 408	9 996	19 110	22 638	61 152
Locomotoras	6 487	—	13 242	6 720	24 562	18 195	62 719
De 4 toneladas	1 400	—	1 568	—	1 568	28	3 164
De 8 toneladas	5 022	—	11 284	6 200	21 824	16 802	56 110
De 12 toneladas	65	—	390	520	1 170	1 365	3 445
Carros mineros	5 191	—	10 425	5 250	19 300	14 134	49 109
De 60 pies cúbicos	1 350	—	1 512	—	1 525	14	3 051
De 100 pies cúbicos	3 766	—	8 463	4 650	16 390	12 580	42 083
De 160 pies cúbicos	75	—	450	600	1 385	1 540	3 975
Ventiladores	6 300	—	6 445	12 170	8 910	9 080	36 605
De 30 000 pies cúbicos por minuto	3 900	—	3 025	6 450	4 050	4 075	17 600
De 75 000 pies cúbicos por minuto	1 280	—	1 600	2 440	1 480	1 480	7 000
De 150 000 pies cúbicos por minuto	780	—	1 140	1 920	1 690	1 740	6 480
De 300 000 pies cúbicos por minuto	340	—	680	1 360	1 700	1 785	5 525
Molacates	99 067	—	80 325	161 918	85 823	86 567	414 633
De 1 tambor	46 150	—	5 538	45 227	923	923	52 611
De 125 HP	19 500	—	2 340	19 110	390	390	22 230
De 250 HP	26 650	—	3 198	26 117	533	533	30 381
De 2 tambores	43 017	—	55 887	86 091	55 200	55 944	253 122
De 500 HP	33 345	—	46 215	71 955	51 480	51 480	221 130
De 1 000 HP	9 672	—	9 672	14 136	3 720	5 464	31 992
De fricción	9 900	—	18 900	30 600	29 700	29 700	108 900
De 2 000 HP	9 900	—	18 900	30 600	29 700	29 700	108 900
Compresores	13 260	—	15 718	28 872	21 803	21 988	89 381
De 1 800 pies cúbicos por minuto	2 900	—	348	2 842	58	58	3 306
De 2 800 pies cúbicos por minuto	4 440	—	5 640	8 640	5 280	5 280	24 640
De 3 500 pies cúbicos por minuto	5 920	—	10 730	17 390	16 465	16 650	61 235
Equipo para anclaje	920	—	2 320	1 560	4 880	4 120	12 880

<sup>1</sup> La demanda considera unidades nuevas y reposición de equipo. En las minas de carbón no se incluye la demanda de maquinaria y equipo que generarán las explotaciones del tipo no coquizable.

<sup>2</sup> En el caso de este equipo, el año base de la proyección es 1975.

FUENTE: Cuadros III.70, 78, 80, 86, 88, 96, 98, 103, 105, 109, 111, 116 y 118.

Cuadro III.240

RESUMEN DE LA PROYECCION DE DEMANDA DE MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDA EN PLANTAS DE TRITURACION PRIMARIA Y DE BENEFICIO DE MINAS DE COBRE Y HIERRO A TAJO ABIERTO, SUBTERRANEAS POLIMETALICAS, Y DE MANGANESO, FLUORITA —INCLUIDAS LAS DE JALES—, BARITA Y LAVADORAS DE CARBON,<sup>1</sup> 1975-2000

Maquinaria y equipo	U n i d . d e s						
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
<b>TOTAL</b>							
<b>Quebradoras</b>	153	15	129	119	263	137	663
Giratorias	5	3	5	6	1	5	20
De 42 x 65 pulgadas	4	—	—	3	—	—	3
De 54 x 74 pulgadas	1	1	4	—	—	—	5
De 60 x 89 pulgadas	—	2	1	3	1	1	8
De 60 x 109 pulgadas	—	—	—	—	—	4	4
De quijada	64	—	44	40	110	52	246
De 24 x 36 pulgadas	38	—	4	—	34	—	38
De 38 x 46 pulgadas	26	—	40	38	69	44	191
De 43 x 60 pulgadas	—	—	—	2	7	8	17
De cono	82	12	75	68	146	73	374
Cabeza standard	71	4	45	30	103	37	219
De 5 1/2 pies de diámetro	68	—	31	13	86	19	149
De 7 pies de diámetro	3	4	14	17	17	18	70
Cabeza corta	11	8	30	38	43	36	155
De 5 1/2 pies de diámetro	8	—	12	8	19	11	50
De 7 pies de diámetro	3	8	18	30	24	25	105
Rotarias tipo brajfor	2	—	5	5	6	7	23
De 9 x 18 pies	2	—	1	1	1	2	5
De 10 x 24 pies	—	—	—	—	—	—	—
De 12 x 24 pies	—	—	2	2	2	2	8
De 14 x 24 pies	—	—	2	2	3	3	10
<b>Molinos</b>	99	30	97	85	187	112	511
De bolas	95	27	92	78	176	100	473
De 10 x 10 pies	48	—	6	—	44	1	51
De 12 x 15 pies	31	—	36	28	32	32	158
De 15 x 20 pies	12	24	13	15	30	26	108
De 16.5 x 24 pies	4	3	37	35	40	41	156
Autógenos	4	3	5	7	11	12	38
De 24 x 14.5 pies	4	3	5	7	11	12	38
Alimentadores de placa	285	13	153	115	424	152	857
De 24 x 10 pulgadas x pies	272	—	123	74	362	90	649
De 36 x 15 pulgadas x pies	—	—	—	5	15	15	35
De 60 x 20 pulgadas x pies	8	4	6	11	11	11	43
De 72 x 20 pulgadas x pies	5	9	24	3	2	2	40
De 90 x 27 pulgadas x pies	—	—	—	22	34	34	90
Cribas vibratorias	216	34	141	148	364	182	869
De 4 x 8 pies	181	—	69	32	223	42	366
De 5 x 12 pies	11	6	19	30	34	32	121
De 6 x 14 pies	13	21	17	18	15	16	87
De 8 x 20 pies	11	7	36	68	92	92	295
Celdas de flotación	1 154	274	2 431	1 176	1 391	3 887	9 159
De 50 pies cúbicos	201	—	299	59	47	347	752
De 100 pies cúbicos	700	—	1 275	458	575	1 832	4 140
De 200 pies cúbicos	36	107	12	12	78	18	227
De 300 pies cúbicos	217	167	644	447	620	971	2 849
De 500 pies cúbicos	—	—	201	200	71	273	745
De 600 pies cúbicos	—	—	—	—	—	446	446
Ciclones	425	168	788	350	628	1 250	3 184
De 10 pulgadas de diámetro	315	12	484	99	189	661	1 445
De 20 pulgadas de diámetro	96	114	261	201	360	508	1 444
De 30 pulgadas de diámetro	14	42	43	50	79	81	295
Separadores magnéticos	48	36	64	88	154	154	496
Dos de 36 x 96 pulgadas	48	36	64	88	154	154	496

Espeadores	179	9	122	90	278	113	612
De 40 pies de diámetro	144	—	72	42	207	63	384
De 75 pies de diámetro	5	2	5	8	4	5	24
De 150 pies de diámetro	29	4	37	34	58	35	168
De 300 pies de diámetro	1	3	8	6	9	10	36
Filtros	127	7	123	101	235	120	586
De disco	77	7	35	29	94	28	193
De 2 discos de 6 pies	2	1	1	—	—	—	2
De 4 discos de 6 pies	48	4	6	—	45	—	55
De 9 discos de 8 pies	3	2	3	7	2	3	17
De 4 discos de 9 pies	22	—	24	19	41	19	103
De 10 discos de 9 pies	2	—	1	3	6	6	16
De tambor	50	—	88	72	141	92	393
De 8 x 10 pies	46	—	54	45	95	50	244
De 10 x 12 pies	—	—	21	—	—	—	21
De 12 x 20 pies	4	—	13	27	46	42	128
Secadoras centrifugas	10	—	11	19	17	17	64
De 16 x 46 pulgadas	10	—	—	8	3	3	14
De 25 x 75 pulgadas	—	—	11	11	14	14	50
Jigs	5	1	2	7	5	6	21
De 500 ton-hora	5	1	1	6	3	4	15
De 1 000 ton-hora	—	—	1	1	2	2	6

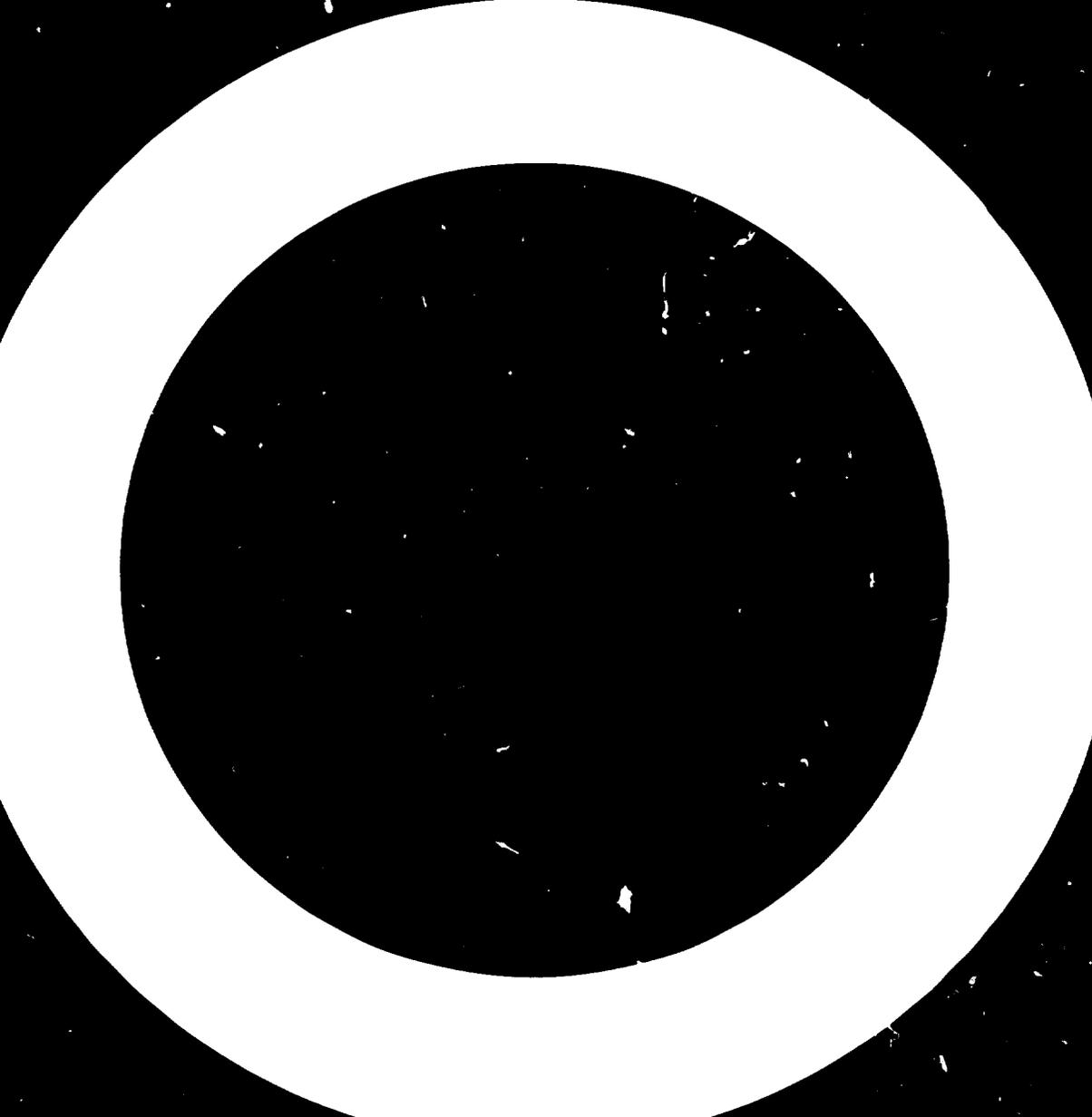
Cuadro III.240 (cont.)

Maquinaria y equipo	Miles de dólares de 1977						
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	1980-2000
TOTAL	95 326	31 780	127 675	121 162	209 665	176 063	666 345
Cuebradoras	19 291	6 489	24 716	26 820	34 499	32 523	130 047
Giratorias	2 475	3 165	4 267	4 878	1 199	7 751	21 260
De 42 x 65 pulgadas	1 708	—	—	1 281	—	—	1 281
De 54 x 74 pulgadas	767	767	3 068	—	—	—	3 835
De 60 x 89 pulgadas	—	2 398	1 199	3 597	1 199	1 199	9 592
De 60 x 109 pulgadas	—	—	—	—	—	6 552	6 552
De quijada	5 368	—	5 372	5 482	12 733	7 996	31 583
De 24 x 36 pulgadas	2 014	—	212	—	1 802	—	2 014
De 38 x 46 pulgadas	3 354	—	5 160	4 902	8 901	5 676	24 639
De 48 x 60 pulgadas	—	—	—	580	2 030	2 320	4 930
De cono	11 238	3 324	14 282	15 665	24 587	15 691	73 549
Cabeza standard	9 399	1 108	7 784	6 347	15 545	7 380	38 164
De 5 1/2 pies de diámetro	8 568	—	3 906	1 638	10 836	2 394	18 774
De 7 pies de diámetro	831	1 108	3 878	4 709	4 709	4 986	19 390
Cabeza corta	1 839	2 216	6 498	9 318	9 042	8 311	35 385
De 5 1/2 pies de diámetro	1 008	—	1 512	1 008	2 394	1 386	6 300
De 7 pies de diámetro	831	2 216	4 986	8 310	6 648	6 925	29 085
Rotarias tipo bradfor	210	—	795	795	980	1 085	3 655
De 9 x 18 pies	210	—	105	105	105	210	525
De 10 x 24 pies	—	—	—	—	—	—	—
De 12 x 21 pies	—	—	320	320	320	320	1 280
De 14 x 24 pies	—	—	370	370	555	555	1 850
Molinos	34 720	17 700	48 634	47 008	83 944	64 175	261 461
De bolas	29 520	13 800	42 134	37 908	69 644	48 575	212 061
De 10 x 10 pies	10 704	—	1 338	—	9 812	223	11 373
De 12 x 15 pies	10 416	—	12 096	9 408	20 832	10 752	53 088
De 15 x 20 pies	6 000	12 000	6 500	7 500	15 000	13 000	54 000
De 16.5 x 24 pies	2 400	1 800	22 200	21 000	24 000	24 600	93 600
Autógenos	5 200	3 900	6 500	9 100	14 300	15 600	49 400
De 24 x 14.5 pies	5 200	3 900	6 500	9 100	14 300	15 600	49 400
Alimentadores de placa	7 781	725	4 884	4 452	13 127	6 055	29 243
De 24 x 10 pulgadas x pies	7 072	—	3 198	1 924	9 412	2 340	16 874
De 36 x 15 pulgadas x pies	—	—	—	190	570	570	330
De 60 x 20 pulgadas x pies	424	212	318	583	583	583	2 279
De 72 x 20 pulgadas x pies	285	513	1 368	171	114	114	2 280
De 90 x 27 pulgadas x pies	—	—	—	1 584	2 448	2 448	6 480

Cribas vibratorias	3 051	964	3 343	4 800	8 141	6 142	23 390
De 4 x 8 pies	1 991	—	759	352	2 453	462	4 026
De 5 x 12 pies	176	96	304	480	544	512	1 936
De 6 x 14 pies	312	504	408	432	360	384	2 088
De 8 x 20 pies	572	364	1 872	3 536	4 784	4 784	15 340
Celdas de flotación	6 509	2 252	15 863	9 033	10 041	28 487	65 676
De 50 pies cúbicos	804	—	1 196	236	188	1 388	3 008
De 100 pies cúbicos	3 500	—	6 375	2 290	2 875	9 160	20 700
De 200 pies cúbicos	252	749	84	84	546	125	1 589
De 300 pies cúbicos	1 953	1 503	5 796	4 023	5 580	8 739	25 641
De 500 pies cúbicos	—	—	2 412	2 400	852	3 276	8 940
De 600 pies cúbicos	—	—	—	—	!—	5 798	5 798
Ciclones	720	471	1 496	856	1 516	2 547	6 886
De 10 pulgadas de diámetro	402	15	617	126	241	843	1 842
De 20 pulgadas de diámetro	275	326	746	575	1 030	1 453	4 130
De 30 pulgadas de diámetro	43	130	133	155	245	251	914
Separadores magnéticos	1 536	1 152	2 048	2 816	4 928	4 928	15 872
Dos de 36 x 96 pulgadas	1 536	1 152	2 048	2 816	4 928	4 928	15 872
Espesadores	10 309	1 523	10 532	8 612	18 938	10 447	50 052
De 40 pies de diámetro	5 616	—	2 808	1 638	8 073	2 457	14 976
De 75 pies de diámetro	360	144	360	576	288	360	1 728
De 150 pies de diámetro	4 060	560	5 180	4 760	8 120	4 900	23 520
De 300 pies de diámetro	273	819	2 184	1 638	2 457	2 730	9 828
Filtros	9 744	319	14 405	13 494	26 568	17 611	72 397
De disco	3 514	319	1 990	1 974	4 833	1 991	11 107
De 2 discos de 6 pies	46	23	23	—	—	—	46
De 4 discos de 6 pies	1 728	144	216	—	1 620	—	1 980
De 9 discos de 8 pies	228	152	228	532	152	228	1 292
De 4 discos de 9 pies	1 298	—	1 416	1 121	2 419	1 121	6 077
De 10 discos de 9 pies	214	—	107	321	642	642	1 712
De tambor	6 230	—	12 415	11 520	21 735	15 620	61 290
De 8 x 10 pies	5 290	—	6 210	5 175	10 925	5 750	28 060
De 10 x 12 pies	—	—	3 150	—	—	—	3 150
De 12 x 20 pies	940	—	3 055	6 345	10 810	9 870	30 080
Secadoras centrífugas	740	—	1 309	1 901	1 888	1 888	6 986
De 16 x 46 pulgadas	740	—	—	592	222	222	1 036
De 25 x 75 pulgadas	—	—	1 309	1 309	1 666	1 666	5 950
Jigs	925	185	445	1 370	1 075	1 260	4 335
De 500 ton-hora	925	185	185	1 110	555	740	2 775
De 1 000 ton-hora	—	—	260	260	520	520	1 560

<sup>1</sup> La demanda considera unidades nuevas y reposición de equipo. En las lavadoras de carbón no se incluye la demanda de maquinaria y equipo que generarán las explotaciones del tipo no coquizable.

FUENTE: Cuadros III.126, 128, 133, 135, 142, 144, 148, 161, 163, 178, 180, 191, 193, 202, 206, 215, 217, 227, 229, 233 y 237.



## BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Altos Hornos de México, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Cámara Minera de México. *Informe Anual* (varios años)
- Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica. *Proyecciones de demanda de productos siderúrgicos 1975-1985*. México, D. F., 1975; [10h] III, 182 h.
- Compañía Minera Autlán, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Compañía Minera de Cananea, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Consejo de Recursos Minerales. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* (varios años)
- . *Directorio de la Minería Mexicana. Metálicos*. México, 1977; 350 pp.
- . *Directorio de la Minería Mexicana. No Metálicos*. México, 1977; 510 pp.
- Consorcio Minero Benito Juárez-Peña Colorada, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Dirección General de Inversiones Públicas. *La Industria Siderúrgica Integrada de México*. México, D. F., Secretaría de la Presidencia, 1976, 225 pp.
- Estadística Minerometalúrgica, Producción y Exportación*. México, D. F., Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística (varios números)
- Estadística Minerometalúrgica 1972-1976*. México, D. F., Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Estadística. 1977; 64 pp.
- Frost and Sullivan. *Forecast of mining equipment industry 1975-1985*. Nueva York, N. Y., 1975; 178 pp.
- Hodge, B. L. Fluorspar in Latin America. *World Mining*. Londres, noviembre 1975; pp. 42-46
- Hualich, Abraham. Planet Earth's Metal Resources. *Metal Progress*. Ohio, American Society for Metals. vol. 112: 10, octubre 1977; pp. 1-16
- Industrial Minera México, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Industrias Peñoles, S. A. de C. V. *Informe Anual* (varios años)
- Instituto Mexicano de la Fluorita, A. C. *Informe Anual* (varios informes)
- Klinger, Frederick L. *Iron Ore; Mineral commodity profiles*. Washington, D. C., United States Department of the Interior, Bureau of Mines, MCP-13, mayo 1978; 27 pp.
- Metal Statistics*. Metallgesellschaft Aktiengesellschaft. Frankfurt am Main, Metallgesellschaft AG (varios números)
- Mexicana de Cobre, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- Minera Frisco, S. A. *Informe Anual* (varios años)
- "*Mineral Trends and Forecasts*". Washington, D. C., United States Department of the Interior. Bureau of Mines, octubre 1976; 12 pp.
- Nacional Financiera, S. A. *México: Una estrategia para desarrollar la industria de bienes de capital*. Proyecto Conjunto de Bienes de Capital NAFINSA-ONUDI, México, D. F., 1977; 490 pp.
- Ryan, J. Patrik y John M. Haque. *Lead; Mineral commodity profiles*. Washington, D. C., United States Department of the Interior Bureau of Mines, MCP-9, diciembre 1977; 23 pp.
- "*Slower growth projected for mining*". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 179: 1, enero 1978; pp. 63-68
- SME mining engineering handbook*. Nueva York, N. Y., Society of Mining Engineers, 1978; 2v.
- "*World Barytes Producers a review*". *Industrial Minerals*. Londres, Metal Bulletin, núm. 130, julio 1978; pp. 33-47
- World Metal Statistics*. Londres, World Bureau of Metal Statistics (varios números)

### MINERIA A TAJO ABIERTO

- Anderson, Eric. "Westfield open pit". *The Mining Engineer*. Londres, The Institution of Mining Engineers, vol. 137: 199, febrero 1978; pp. 337-346
- "Australian Mining Special. Section 4. A Synthesis of Technology". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 171: 11, noviembre 1970; pp. 235-263
- Burton, Alan K. "Off-highway trucks in the mining industry". *Mining Engineering*. Salt Lake City, Utah; Society of Mining Engineers, agosto 1975; pp. 28-34
- "Cat rolls out the world's largest crawler tractor". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*, Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, p. 212
- "Compair demonstrates new range of drill rigs developed by Holman Division". *The Mining Engineers*. Londres, The Institution of Mining Engineers, vol. 137: 203, junio 1978; pp. 647-651
- Cox, John A. "The effective application of front-end loaders". *The Quarry Managers' Journal*. Nottingham, Inglaterra, Institute of Quarrying Transactions, agosto 1971; 8 pp.
- Chitwood, Byron y N. E. Norman. "Blasthole drilling economics: a look at the costs behind the costs". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 178: 6, junio 1977; pp. 168-170
- Fish, Brian G. "The basic factors affecting rock drilling. Part I: Introduction and percussive drilling". *The Quarry Managers' Journal*. Nottingham, Inglaterra, Institute of Quarrying Transactions, vol. 48: 4, abril 1964; pp. 135-142. (Part II: Rotary and rotary percussive drilling. vol. 48: 6, junio 1964)
- "Panra: Profile of a company on the move". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 169: 11, noviembre 1968; pp. 75-107
- Hoppe, Richard. "Open-pit copper mining in Arizona". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 178: 6, junio 1977; pp. 95-109
- Jackson, Dan. "Open-pit mining in powder river". *Coal Age*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, junio 1977; pp. 67-71
- Laswell, Gerald W. y Betty J. Laswell. "A supermarket of rotary drills". *Mining Engineering*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, julio 1978; pp. 773-777 +
- . "Blasthole drilling doesn't have to be bad". *Mining Engineering*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, agosto 1978; pp. 1162-1166.
- "Lee Creek open-pit mine and processing plants". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 169: 1, enero 1968; pp. 59-82
- "Many improvements in shovels and draglines". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill; pp. 202-204
- Moffitt, R. B. "Open pit mining". *Mining Annual Review*. Londres, Mining Journal, 1978; pp. 169 +
- "New large hydraulic excavator-demag doubles capacity". *Mining Journal*. Londres, Mining Journal, vol. 291: 7456, julio 14, 1978; pp. 25-27
- "New shovel targeted at improving economics of overburden removal". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, pp. 211 +
- "On Site at Hamersley ... where the Pilbara finds a pacesetter". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 173: 10, octubre 1972; pp. 82-91

"Optimize your surface mining and reclamation operations". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing, vol. 14: 6 junio 1977; pp. 71-80 +

"Rotary drills dominate in open pits". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill; pp. 143-146

Sisselman, Robert. "Hibbing taconite starts up phase I with notable mining and milling features". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, p. 307 +

"Surface machines of the 80's what be different". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing vol. 15: 2, febrero 1978; pp. 84 +

"Trucks are key transport at most open-pit mines". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Surface Mining*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, pp. 216-219

Wood, Robert R. "Dragline boosts Chinook output". *Coal Age*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, diciembre 1976; pp. 90-92

#### MINERIA SUBTERRANEA

"Australians piggyback three bolters". *Coal Age*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, mayo 1977; pp. 62-65 +

Clark, J. H. "Electric LHDs: Making headway in underground mines". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 179: 7, junio 1978; pp. 67-70

"Drilling: faster penetration and larger holes". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 177: 6, junio 1976; pp. 154-157

"E/MJ International survey of major underground mines". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 179: 6, junio 1978; pp. 79-85

"Equipment is ready to meet the demands of longwalling". *Coal Age*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, enero 1977; pp. 79-82 +

"Finish mining equipment gaining in size and scope". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 178, 2, febrero 1977; pp. 69-70

Hoppe, Richard. "Tara-portent of the future for Irish mines?". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 173: 9, septiembre 1977; pp. 83-88

"Hydraulic percussive drills". *Mining Magazine*. Londres, Mining Journal, septiembre 1976; pp. 194-205

Industrial Minera México, S. A., *Planta de Nueva Rosita*. [Descripción de la operación de las Minas de Carbón No. 2 de Sabinas y Carbonífera No. 7]. Nueva Rosita, Coahuila [s.a.] p.v. [41 pp.]

Linden, Walter von der. "Summary of performance of shield type supports in the U.S.". *Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers), Transactions, Salt Lake City, Utah*, Society of Mining Engineers, vol. 262, junio 1977; pp. 156-164

Mason, Richard H. "Greenwich gets record output from its low seam longwall". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing, vol. 153, marzo 1978; pp. 48-54

—. "Amherst boosts production 50% with continuous haulage system". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing, vol. 14: 8, agosto 1977; pp. 52-57

"1976 U.S. Bureau of Mines census of operating American longwall installations". *Coal Age*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, enero 1977; pp. 99 +

Thomas, Richard A. "Underground mining equipment: Flexibility and productivity are still the watchwords". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 179: 6, junio 1978; pp. 69-78

Thorpe, R. H. "Longwall mining-tools for the job". *Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers), Transactions*. Salt

Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, vol. 260, septiembre 1976; pp. 214-220

"Timely Massey purchase gets St. Joe into coal". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 177: 11, noviembre 1976; pp. 112-119

White, B. y J. Stocks. "Underground mining". *Mining Annual Review*. Londres, Mining Journal 1978; pp. 189 +

#### BENEFICIO DE MINERALES

Adorjan, L. A. "Mineral processing". *Mining Annual Review*. Londres, Mining Journal, 1978; pp. 233-268

"A portfolio of flowsheets". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 170: 6, junio 1969; pp. 171-202

Bhappu, Roshan B. y A. L. Mular., eds. *Mineral processing plant design*. Nueva York, N. Y., Society of Mining Engineers, 1978; 983 pp.

"Cu-Mo recovery: a flowsheet study at Pinto Valley". *Engineering and Mining Journal. Operating Handbook of Mineral Processing*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, pp. 5-12

Dirección General de Minas. *Plantas de Beneficio en la República Mexicana*. México, D. F., Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, 1977

Elk, Frank A. "Common sense coal preparation". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing, vol. 15: 3, marzo 1978; pp. 58-60 +

Fuerstenau, M. C., ed. *Flotation*. A. M. Gaudin memorial volume. Por M. C. Fuerstenau y Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers). Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1976; 1341, 15 pp.

Gould, Wayne D. "Pinto Valley concentrator grinding with large diameter ball mills". *Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers) Transactions*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, vol. 260, septiembre 1976; pp. 268-274

Hagtorn, B. *Selection and application of crushers*. Eleventh short course in quarry practice. Institute of Quarrying, 1966; 9 p.

Harris, C. C. "Flotation machine design and scale-up". *Mining Magazine*. Londres, Mining Journal, septiembre 1976; pp. 207-216

Lewis, F. Milton; James L. Coburn y Roshan B. Bhappu. "Comminution: A guide to size reduction system design". *Mining Engineers*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, septiembre 1976; pp. 29-34

Lynch, A. J. *Mineral crushing and grinding circuits: their simulation, design and control*. Amsterdam, Elsevier, 1977

MacPherson, Arthur R. "A simple method to predict the autogenous grinding mill requirements for processing ore from a new deposit". *Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers) Transactions*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, vol. 262, septiembre 1977; pp. 236-240

Mason, Richard H. "Conventional mine produces 70% coarse coal for easy cleaning". *Coal Mining and Processing*. Chicago, Illinois, Maclean-Hunter Publishing, vol. 14: 12, diciembre 1977; pp. 70-72 +

McManus, J. "Crushing and grinding". *Mining Engineering*. Salt Lake City, Utah, Society of Mining Engineers, febrero 1977; pp. 76-78

McNally *coal breaking and crushing*. Pittsburg, Kansas, McNally Pittsburgh Manufacturing. [s.a.] 36 pp.

Mcquiston, Frank W. y Robert S. Shoemaker. *Primary crushing plant design*. Por Frank W. Mcquiston, Robert S. Shoemaker y Society of Mining Engineers of AIME (American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum En-

- gineers). Nueva York, N. Y., American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1978; 246 pp.
- Mular, Andrew L. *Mineral processing equipment costs and preliminary capital cost estimations*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1978; 166 p.
- Nordberg process machinery; *Reference manual*. Milwaukee, Wisconsin, Rexnord (1976) p.v. [288 pp.]
- O'Rourke, John y Harry J. Whelan. "The elements of practical plant design". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 170; 6, junio 1969; pp. 160-170
- Smith, Paul R.; Dereck W. Bailey y Robert E. Doane. "Minerals processing: where we are... where we're going". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 173; 6, junio 1972; pp. 161-183
- White, Lane. "Processing, responding to new demands". *Engineering and Mining Journal*. Nueva York, N. Y., McGraw-Hill, vol. 177; 6, junio 1976; pp. 219-248

Este libro se terminó de imprimir en  
POLICROMIA, Talleres de Imprenta y  
Offset, Dr. Olvera No. 63, México 06727,  
D. F., el mes de agosto de 1982. Se  
tiraron mil ejemplares y su edición  
estuvo al cuidado de la Gerencia de  
Investigaciones Industriales e Informa-  
ción Técnica.

