



**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)



18847-S

Distr. LIMITADA

ID/WG.508/6(SPEC.)  
3 de diciembre de 1990

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión regional de un grupo de expertos para  
América Latina sobre la industria de bienes  
de capital, con especial referencia a las  
máquinas herramientas

Santiago de Chile, 8 a 11 de abril de 1991

**EVOLUCIÓN MUNDIAL DE LA INDUSTRIA DE MAQUINAS HERRAMIENTAS:  
REPERCUSIONES EN LOS USUARIOS Y LOS PRODUCTORES DE  
LOS PAISES EN DESARROLLO\***

Preparado por  
la Secretaría de la ONUDI

6/46

---

\* La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

INDICE

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| <b>I. INTRODUCCION A LA INDUSTRIA DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS</b>            |               |
| 1. Industria estratégica .....  | 6             |
| 2. Máquinas herramientas .....  | 7             |
| 2.1 Máquinas para cortar metales y para conformar metales ...                 | 7             |
| 2.2 Máquinas convencionales, automáticas y de control<br>numérico .....       | 7             |
| 3. Características de la industria de máquinas herramientas .....             | 9             |
| 3.1 Madurez .....   | 9             |
| 3.2 Estructura del mercado .....  | 9             |
| 3.3 Volumen de las empresas .....   | 12            |
| 3.4 Subcontratación .....   | 12            |
| 3.5 Gran cantidad de tecnología .....   | 12            |
| <b>II. PRODUCCION Y COMERCIO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS EN EL MUNDO</b>         |               |
| 1. Producción .....   | 14            |
| 1.1 Principales países productores .....                                      | 14            |
| 1.2 Países en desarrollo .....  | 17            |
| 1.2.1 Las industrias mecánicas y la demanda de<br>máquinas herramientas ..... | 18            |
| 1.2.2 Principales países productores .....                                    | 20            |
| 1.2.2.1 Argentina .....   | 20            |
| 1.2.2.2 Brasil .....  | 20            |
| 1.2.2.3 China .....   | 21            |
| 1.2.2.4 India .....   | 21            |
| 1.2.2.5 República de Corea .....  | 21            |
| 1.2.2.6 Taiwán, provincia de China .....                                      | 21            |
| 1.2.3 Ventaja comparativa de los países en desarrollo ..                      | 21            |
| 2. Comercio internacional de máquinas herramientas .....                      | 23            |
| 2.1 Principales países importadores y exportadores .....                      | 25            |
| 2.2 Importaciones de los países en desarrollo .....                           | 25            |
| 3. Previsiones sobre el mercado mundial de máquinas<br>herramientas .....     | 28            |
| <b>III. CAMBIOS TECNOLOGICOS</b>  |               |
| 1. De la producción en masa a la automatización flexible .....                | 30            |
| 2. Automatización en equipos independientes .....                             | 33            |
| 2.1 Difusión de MHCN por tipos de máquina .....                               | 33            |
| 2.1.1 Tornos .....  | 33            |
| 2.1.2 Mandrinado, taladro y fresado .....                                     | 35            |
| 2.1.3 Máquinas para la conformación de metales .....                          | 35            |

INDICE (cont.)

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 2.2 Difusión de las MHCN en los países industrializados .....   | 36            |
| 2.2.1 Parque de máquinas .....  | 36            |
| 2.2.2 Difusión entre las pequeñas industrias y los<br>subcontratantes .....   | 36            |
| 2.2.3 Previsiones para el decenio de 1990 .....   | 37            |
| 2.3 Las MHCN de los países en desarrollo .....  | 39            |
| 2.3.1 Producción: Testimonio de los países de reciente<br>industrialización .....   | 39            |
| 2.3.2 Difusión de las MHCN en los países en desarrollo .  | 39            |
| 2.3.2.1 En Asia .....   | 39            |
| 2.3.2.2 En América Latina .....   | 41            |
| 2.3.3 Otros países en desarrollo .....  | 42            |
| 2.3.4 Perspectivas .....  | 42            |
| 3. Integración de sistemas .....  | 43            |
| 3.1 Sistemas de fabricación flexible .....  | 43            |
| 3.2 Fabricación integrada por computadora .....   | 46            |
| IV. POSIBLES CUESTIONES PARA LA CONSULTA  |               |
| 1. Condiciones para la entrada y el progreso tecnológico en la<br>industria de máquinas herramientas .....  | 47            |
| 1.1 La entrada en la industria de máquinas herramientas .....   | 47            |
| 1.1.1 Limitaciones .....  | 47            |
| 1.1.2 Conjunto de productos .....   | 49            |
| 1.1.3 Integración .....   | 49            |
| 1.1.4 Política industrial: fomento de la competitividad<br>nacional .....   | 49            |
| 1.2 La entrada en la industria de máquinas herramientas .....   | 52            |
| 1.2.1 Dificultades .....  | 52            |
| 1.2.2 Competitividad .....  | 55            |
| 2. Consideraciones para la utilización de tecnologías avanzadas<br>de máquinas herramientas en las industrias mecánicas y de<br>transformación de los metales ..... | 55            |
| 2.1 Automatización industrial en los países en desarrollo ....  | 56            |
| 2.2 Cambios en la organización .....  | 57            |
| 2.3 Adquisición de soportes físicos .....   | 58            |
| 3. Elementos de la cooperación regional e internacional en la<br>producción y utilización de máquinas herramientas .....  | 59            |

INDICE (cont.)

CUADROS

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1. Perspectiva de la producción mundial de máquinas herramientas ..  | 6             |
| 2. Parque de máquinas herramientas en el Japón y en los Estados Unidos de América .....  | 8             |
| 3. Principales compañías de máquinas herramientas del mundo .....  | 13            |
| 4. Producción de máquinas herramientas (1977-1989) .....   | 15            |
| 5. Número de solicitudes de patentes .....   | 18            |
| 6. Los diez principales .....  | 25            |
| 7. Previsiones mundiales de máquinas herramientas (1988-1995) .....  | 29            |
| 8. Máquinas herramientas CN en porcentaje de la producción y el consumo (medidos en valor) de máquinas de corte en determinados países en 1988 ..... | 34            |
| 9. Evolución del parque de máquinas herramientas CN/MCN .....  | 37            |
| 10. Producción de máquinas herramientas de control numérico en determinados países en desarrollo .....   | 40            |
| 11. Parque de MHCN en determinados países en desarrollo .....  | 40            |
| 12. Distribución de los sistemas de fabricación flexible totalmente integrados .....   | 45            |
| 13. Distribución sectorial de los SFF en el Japón .....  | 45            |

INDICE (cont.)

FIGURAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Valor de la demanda mundial por tipos de máquinas .....   | 10            |
| 2. De las máquinas convencionales a las automáticas .....  | 10            |
| 3. Producción mundial de máquinas herramientas .....   | 16            |
| 4. Principales países productores: Participación en la<br>producción mundial .....   | 16            |
| 5. Mercado de máquinas herramientas y desarrollo de las<br>industrias mecánicas (1988) .....                                   | 19            |
| 6. Argentina - Producción, consumo y comercio .....  | 19            |
| 7. Brasil - Producción, consumo y comercio .....   | 19            |
| 8. China - Producción, consumo y comercio .....  | 22            |
| 9. India - Producción, consumo y comercio .....  | 22            |
| 10. Taiwán, China - Producción, importación y exportación .....  | 22            |
| 11. República de Corea - Producción, importación y exportación ....  | 22            |
| 12. Situación de ventaja comparativa de los países en desarrollo.<br>Cambios entre 1980 y 1989 .....                           | 24            |
| 13. Dirección del comercio 1987 .....  | 26            |
| 14. Importaciones de máquinas herramientas (y piezas) por los<br>países en desarrollo .....                                    | 26            |
| 15. Previsión de la parte correspondiente a equipo CN en la<br>producción e instalación de máquinas herramientas de corte .... | 38            |
| 16. La industria de máquinas herramientas .....  | 50            |

RECUADROS

|  |    |
|--|----|
| 1. Principales máquinas herramientas .....   | 8  |
| 2. Diferenciación del mercado .....  | 11 |
| 3. Justo a tiempo, Kan-Ban y Kan-Ban más efecto alfa .....   | 32 |
| 4. Principales limitaciones técnicas con que tropiezan los<br>fabricantes de máquinas herramientas de control numérico ..... | 53 |
| 5. Elección de una forma de transferencia de tecnología para<br>desarrollar la tecnología CN .....                           | 54 |

## I. INTRODUCCION A LA INDUSTRIA DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS

### 1. Industria estratégica

La industria de las máquinas herramientas es un sector manufacturero de reducidas proporciones con un volumen de ventas a escala mundial de 42.000 millones de dólares EE.UU. en 1989. Su crecimiento es relativamente lento con una cifra de negocios que representó el 15% de la industria electrónica en 1974 y el 9% en 1989.

Cuadro 1

Perspectiva de la producción mundial de máquinas herramientas  
(en miles de millones de dólares EE.UU.)

|                        | 1974 | 1980 | 1986 | 1988 | 1989 |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Máquinas herramientas  | 13   | 26   | 29   | 38   | 42   |
| Productos electrónicos | 87   | 196  | 346  | 430  | 445  |

Fuente: American Machinist  
Yearbook of world electronics data

Pese a su tamaño relativamente reducido, se considera por lo general que la industria de las máquinas herramientas es una industria estratégica. Su principal importancia radica en la función que desempeña en el proceso de aprendizaje que acompaña a la industrialización, ya que proporciona tecnologías de fabricación cada vez más perfeccionadas que representan, gracias a sistemas y métodos mecánicos, uno de los principales factores que contribuyen al aumento de la productividad general de la industria. Este aspecto estratégico ha explicado y justificado frecuentemente la participación del Estado. Sin embargo y salvo el caso de los países de planificación centralizada y de algunos países en desarrollo, es difícil encontrar en ese sector empresas estatales ya que las políticas industriales han estado centradas en el fomento de la investigación y el desarrollo, las medidas para la adquisición de equipo, la reestructuración y el plan de modernización.

Por la influencia que ejerce en las industrias de consumo, la existencia de una industria nacional competitiva de máquinas herramientas posiblemente ofrezca ciertas ventajas a las industrias mecánicas nacionales, pese a que en la mayor parte de los casos no existe una relación clara entre la competitividad de la industria de máquinas herramientas de un país y la competitividad de sus industrias manufactureras. Parece cada vez más evidente <sup>1/</sup> que la industria mundial de máquinas herramientas sirve de transmisor de tecnología a las industrias mecánicas.

<sup>1/</sup> Jacobson S.: "Technological Change in the machine tool industry, implications for industrial policy in developing countries", in New Technologies and global industrialization PPD.141, noviembre de 1989, ONUDI.

## 2. Máquinas herramientas

Al igual que las máquinas están dedicadas a la fabricación de un producto específico, las máquinas herramientas pueden definirse por su capacidad para realizar un proceso específico. A lo largo de los años ha aparecido una gran diversidad de máquinas herramientas: existen unos 3.000 tipos distintos que difieren por la finalidad para la que han sido concebidas, por su tamaño, peso, medios de control, diseño de características y precios.

### 2.1 Máquinas para cortar metales y para conformar metales

Las máquinas herramientas se utilizan para recortar el material sobrante de un trozo de metal y obtener una pieza de la forma y tamaño deseados. Las máquinas herramientas para conformar metales sirven para prensar, forjar, doblar, cizallar, etc. metales, dándoles forma sin utilizar instrumentos cortantes (recuadro 1).

Si bien, el porcentaje de máquinas para cortar metales (75% de la demanda total) y para conformar metales (25%) se ha mantenido constante en el tiempo, la distribución dentro de cada uno de los grupos ha cambiado. La figura 1 muestra la evolución en porcentaje del valor de la demanda mundial en 1980 y 1988 2/. Debido a la fabricación de máquinas polivalentes, ha disminuido ligeramente la demanda relativa de tornos mecánicos, perforadoras y mandrinadoras. Por otra parte, los aumentos se han producido en centros de maquinado y MEE en mercados especializados.

### 2.2 Máquinas convencionales, automáticas y de control numérico

Un mecánico cualificado controla las máquinas herramientas convencionales, estudia la copia cianográfica y dirige manualmente la máquina, basándose en sus conocimientos de la máquina herramienta y en su interpretación del dibujo. Aunque liberado de ciertos trabajos manuales gracias a los nuevos dispositivos, el mecánico sigue controlando el funcionamiento de la máquina. A pesar de la difusión de las máquinas de control numérico, nueve de cada diez máquinas instaladas en las industrias mecánicas de los países industrializados son máquinas herramientas convencionales.

Las máquinas herramientas automáticas empezaron a fabricarse a principios del siglo XX como consecuencia de la introducción de nuevos materiales. Suelen construirse para realizar una secuencia específica de operaciones utilizando al máximo los aparatos y el herramental. Con todo, la producción en masa representa menos del 20% del total de la producción dentro de las industrias mecánicas, fabricándose la mayoría de los productos en series reducidas 3/. El incentivo para automatizar las máquinas herramientas era que funcionaran por sí solas conservando su polivalencia.

---

2/ WS Atkins Management Consultants: Strategic study on EC machine tool sector, mayo de 1990. Informe presentado a la Comisión de las Comunidades Europeas.

3/ En los Estados Unidos un estudio mostró que aproximadamente el 75% de todas las piezas maquinadas se producían en series de menos de 50 unidades por lo que la capacidad utilizada era muy reducida.



Recuadro 1

Principales máquinas herramientas

Para cortar metales

Tornos  
Fresadoras  
Máquinas de taladrar  
Mandrinadoras  
Máquinas de rectificar  
Centros de maquinado  
Máquinas para engranajes  
Brochadoras  
Rectificadoras y bruñidoras  
De corte por procedimientos  
fisioquímicos

Para conformar metales

Prensas  
Cizallas mecánicas,  
recortadoras de chapa  
y rasuradoras  
Máquinas de doblar y modelar  
Máquinas de recalcar y estampar

En el cuadro 2 se reproducen los resultados de los inventarios realizados en los Estados Unidos de América (1988), Japón (1987). La mayor concentración de máquinas herramientas puede encontrarse en los Estados Unidos de América en donde las industrias mecánicas (que incluyen el subsector de la industria de las máquinas herramientas) se atribuyen al 50% del total de la capacidad instalada. En el Japón las industrias de material de transporte utilizan el 34,6% de las máquinas herramientas, siendo la participación de este sector un 16% en el Reino Unido y los Estados Unidos de América y un 24% en Francia.

Cuadro 2

Parque de máquinas herramientas en el Japón y en los Estados Unidos de América

|                                     | <u>Estados Unidos de América 1988</u> |                   | <u>Japón 1987</u> |                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                     | <u>Número</u>                         | <u>Porcentaje</u> | <u>Número</u>     | <u>Porcentaje</u> |
| Manufacturas metálicas              | 320 699                               | 13,8              | 61 207            | 7,7               |
| Industria mecánica                  | 1 157 009                             | 49,7              | 247 231           | 31,2              |
| Industria eléctrica,<br>electrónica | 425 208                               | 18,3              | 133 175           | 16,8              |
| Material de transporte              | 378 993                               | 16,3              | 274 060           | 34,6              |
| Equipo de precisión                 | 28 682                                | 1,2               | 42 994            | 5,4               |
| Otros aparatos                      | 16 190                                | 0,7               | 34 308            | 4,3               |
| <b>Total</b>                        | <b>2 326 781</b>                      | <b>100,0</b>      | <b>792 975</b>    | <b>100,0</b>      |

Mientras que en una máquina convencional el mecánico transmite la información directamente a la máquina y ésta a la pieza, en una máquina CN la información se traduce a un lenguaje simbólico escrito del microprocesador que elaborará los programas detallados de trabajo para obtener la pieza de acuerdo con las especificaciones del diseño. Con un simple cambio de instrucciones,

la máquina puede pasar de la producción de una pieza a la de otra. La máquina CN permite la colocación automática de componentes (selección de velocidad, control del movimiento de la herramienta). La elección del nivel de automatización está en función del volumen del trabajo medio y del grado de flexibilidad exigido, según puede verse en la figura 2. Mientras que las industrias de producción en masa, que se caracterizan por una gran producción anual por piezas y un número reducido de diferentes piezas, se inclinarán por las máquinas de finalidad específica (por ejemplo, la vía de transferencia), las industrias que producen muchas variantes de piezas en cantidades muy reducidas, encontrarán más económico optar por una CH autónoma.

### 3. Características de la industria de máquinas herramientas

#### 3.1 Madurez

La parte correspondiente a la industria de máquinas herramientas en el PIB de la mayoría de los países industrializados es inferior al 1%, y la parte que le corresponde en el valor añadido de las manufacturas fluctúa en la zona del 1 al 3%.

La industria de máquinas herramientas tiene alguna de las características de una industria madura: lento crecimiento de la producción, tasa relativamente baja de innovación de productos y creciente competencia internacional de los países en desarrollo. La industria se basa, con escasas excepciones (por ejemplo, corte por rayo láser) en tecnologías maduras de ingeniería mecánica y los adelantos tecnológicos suelen ser evolutivos en vez de revolucionarios. El nivel de inversión en investigación y desarrollo representa por término medio del 4 al 5% de la cifra de negocios anual, a diferencia de otras industrias maduras la calificación de la mano de obra es considerablemente superior.

La industria se conoce por su ciclo que es el resultado del efecto multiplicador de las órdenes y anulaciones de los clientes en respuesta a los ciclos de sus propios mercados. Esta característica disuade a muchas personas competentes de participar en la industria debido a la gran probabilidad de cierres periódicos.

La industria de máquinas herramientas se caracteriza también por su alto grado de apertura. La relación comercial  $\frac{I}{P}$  puede ser de hasta el 300% en países como el Canadá o Suecia, mientras que en la mayoría de los países industrializados esta relación oscila en la gama de 75 al 100%, siendo el Japón una excepción (50%) debido a su bajo nivel de importaciones.

#### 3.2 Estructura del mercado

El mercado de máquinas herramientas está fuertemente compartimentado, pudiendo coexistir distintas estrategias dentro de la industria. Las tecnologías mecánicas y los requisitos de diseño difieren de un tipo de producto a otro, lo que lleva a la especialización en líneas de producto limitadas para mercados específicos (recuadro 2).

---

4/ La relación comercial se establece: importaciones + exportaciones/producción.

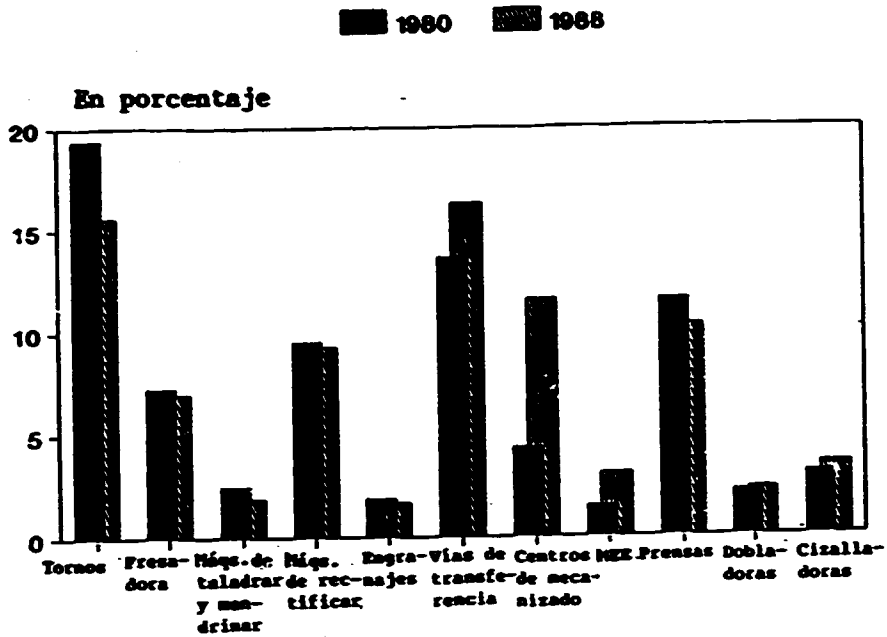


Figura 1

Valor de la demanda mundial por tipos de máquinas

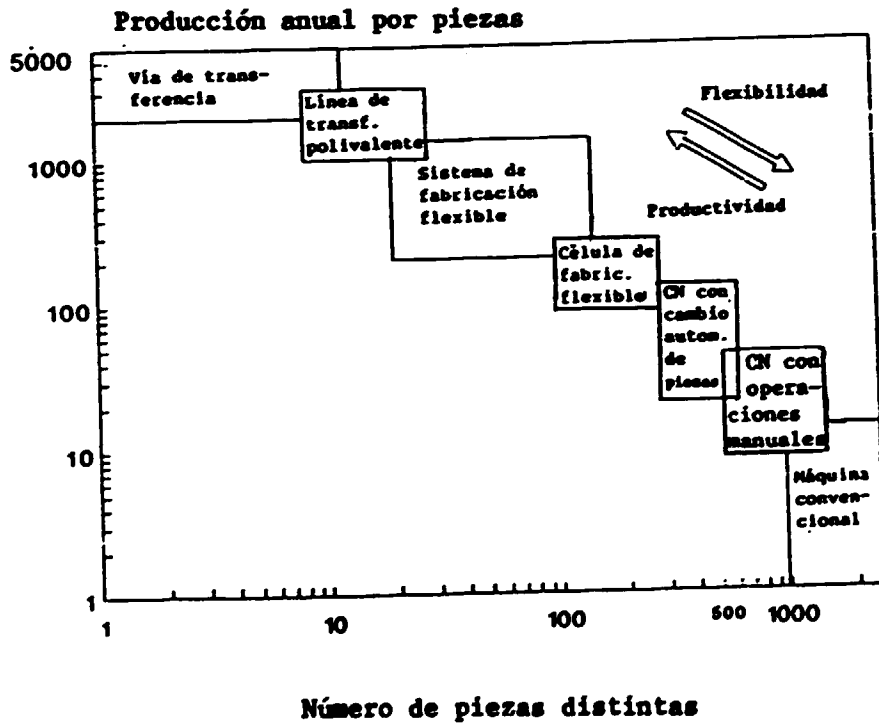


Figura 2

De las máquinas convencionales a las automáticas

**Recuadro 2**

**Diferenciación del mercado**

No existe uno sino varios mercados de máquinas herramientas, que pueden clasificarse en función de tres características:

- Grado de especialización de la máquina: un torno convencional tiene una utilización universal en tanto que algunas máquinas están hechas a medida para sólo una utilización.
- Su volumen de producción: los centros de maquinado son adecuados para la fabricación de pequeñas series de productos diferenciados; las máquinas de transferencia se utilizan para la producción de grandes cantidades.
- Su mercado potencial: los productores que puedan efectuar fuertes inversiones obtendrán ciertos beneficios compensatorios en los grandes mercados.

En el cuadro que figura a continuación se expone el principal factor de competencia de los tres principales segmentos, así como los principales proveedores y las previsiones relativas a la evolución de la demanda mundial en esos mercados.

|  | MAQUINAS<br>CONVENCIONALES                              | MAQUINAS CN<br>CENTRO DE<br>MAQUINADO<br>UNIVERSAL | MAQUINAS<br>ESPECIALIZADAS CN<br>CONVENCIONALES |
|--|---|--|---|
| PRINCIPAL FACTOR<br>DE COMPETENCIA     | PRECIO  | PRECIO/TECNOLOGIA                                  | TECNOLOGIA                                      |
| PRINCIPALES<br>PROVEEDORES             | - PAISES DE<br>ASIA DEL<br>ESTE<br>- EUROPA<br>DEL ESTE | JAPON  | RFA   |
| PARTICIPACION EN EL<br>MERCADO MUNDIAL | 16%   | 36%  | 48%   |
| CRECIMIENTO A<br>MEDIO PLAZO           | disminuye   | aumenta  | aumenta   |

Adaptado de P. Fremeaux, R. Touboul: Machine outil 90, les enjeux BIPE, París 1990.

### 3.3 Volumen de las empresas

Para niveles industriales, los grandes productores de máquinas herramientas no son grandes empresas. El cuadro 3 reproduce una lista de las grandes compañías por ventas mundiales de máquinas herramientas y equipo estrechamente relacionado con éstas tales como controles numéricos.

La industria de máquinas herramientas ha sido una industria ideal para ingenieros emprendedores que normalmente constituían pequeñas compañías basadas en conocimientos técnicos y no en el poder financiero. Las economías de producción resultantes de la fabricación acumulativa de un solo modelo posibilitó la existencia de muchas empresas pequeñas. Determinados tipos de herramientas adquirieron gran reputación siendo muy elevados los costos de pasar de un modelo a otro entre productos de distintos fabricantes. La dispersión de la industria es especialmente pronunciada en Italia 5/.

Debido a la difusión de las máquinas herramientas CN y de los SFF en la industria de máquinas herramientas, se observa en la actualidad un aumento de la escala de producción: las empresas japonesas han alcanzado volúmenes de producción considerablemente superiores a la mayor parte de las empresas europeas y estadounidenses.

### 3.4 Subcontratación

En los países industrializados las empresas de máquinas herramientas adquieren algunos componentes, dependiendo en gran medida de subcontratantes; el valor porcentual de la adquisición de materiales y la subcontratación oscila entre el 40% (Europa) y el 60% (Japón). La tendencia es aumentar la subcontratación utilizando en mayor medida especialistas de componentes: se subcontratan partes como tornillos de bolas, portaherramientas y marcos de base.

La industria japonesa muestra mayor tendencia a subcontratar y adquirir componentes que los fabricantes de la CEE y de los Estados Unidos. Consecuencia de ello es que las innovaciones técnicas iniciadas en las grandes empresas rápidamente se propagan a las empresas pequeñas y medias.

En los países en desarrollo son corrientes los complejos de máquinas herramientas plenamente integrados y la diversificación de productos suele ser bastante elevada. Desde el momento de su creación, las empresas tuvieron que hacer frente a la falta de fuentes locales de confianza para la obtención de insumos tales como forja y fundición, por lo que optaron por integrarlas. Si la capacidad (al igual que la utilización de la capacidad) es suficientemente elevada, el costo que supone una planta integrada no será demasiado alto, pero si la capacidad es reducida la fundición realizada en la planta no se beneficiará de las economías de escala y el costo de aparatos tales como el equipo de prueba no podrá distribuirse entre una producción suficientemente grande.

### 3.5 Gran cantidad de tecnología

Las empresas de máquinas herramientas disponen de oficinas de diseño cuya principal función es resolver los problemas específicos de los clientes

---

5/ C.F. Pratten: "Economies of scale for machine tool production" en The journal of industrial economics, vol. 19, 1970-1971, págs. 148 a 165.

conforme se presentan día a día. Las relaciones con las universidades han sido reducidas en el pasado 6/. Con la aparición de las máquinas herramientas MCN y la utilización de computadoras en la fabricación de los principales componentes de las máquinas herramientas se ha suprimido incluso la inspección y comprobación de muchas operaciones para las que antes se requerían conocimientos prácticos. Por ejemplo la persona que maneja la máquina herramienta suele ser una persona con conocimientos de matemáticas y programación y las tareas de cambiar las herramientas, cargar y descargar los materiales se encomiendan a personas semicualificadas.

Cuadro 3

Principales compañías de máquinas herramientas del mundo  
(en millones de dólares EE.UU.)

|                          |                | Ventas de<br>máquinas<br>herramientas |      | Ventass<br>totales | Empleo |
|--------------------------|----------------|---------------------------------------|------|--------------------|--------|
|                          |                | 1989                                  | 1988 | 1988               |        |
| YAMAZAKI MAZAK CORP      | Japón          | 1 183                                 | 796  | 796                | 3 000  |
| FANUC LTD                | Japón          | 1 079                                 | 928  | 1 055              | 1 770  |
| LITTON IND INC           | Estados Unidos | 730                                   | 600  | 4 863              | 55 000 |
| AMADA CO                 | Japón          | 1 153                                 | 891  | 1 019              | 1 509  |
| CROSS AND TRECKER        | Estados Unidos | 456                                   | 428  |                    | 4 100* |
| COMAU SPA                | Italia         |                                       | 380  |                    | 3 500  |
| OKUMA MACHINERY WORKS    | Japón          | 665                                   | 551  | 592                | 1 753  |
| CINCINATI MILACRON       | Estados Unidos | 424                                   | 361  | 860                | 8 400* |
| MORI SEIKO CP            | Japón          | 635                                   | 488  |                    | 1 570  |
| TOYODA MACHINE WORK      | Japón          | 466                                   | 418  | 1 045              | 4 367  |
| DECKEL GROUP             | RFA            |                                       | 350  |                    |        |
| INGERSOLL MINING         | Estados Unidos | 366                                   | 345  | 400                | 4 500  |
| GILDMEISTER              | RFA            |                                       | 313  |                    |        |
| KOMATSU MTD              | Japón          | 474                                   | 398  | 5 580              | 15 801 |
| MAKINO MILLING MACHINERY | Japón          | 318                                   | 270  |                    | 951    |
| AIDA ENGINEERING         | Japón          |                                       | 247  |                    | 684    |
| AMADA SONOIKE MFG        | Japón          | 390                                   | 307  |                    | 537    |
| TRUMPF GMBH              | RFA            | 340                                   | 302  |                    | 2 122  |
| HITACHI SEIKI            | Japón          | 346                                   | 275  |                    | 1 237  |
| FUJI MACHINE CO          | Japón          | 392                                   | 241  |                    | 717    |

\* Con la inclusión de las ventas mediante operaciones con el exterior.

Fuente: American Machinist, agosto de 1990, agosto de 1989.

6/ Con excepción de la República Federal de Alemania en donde unas 20 universidades e institutos y muchos de los institutos de Fraunhofer realizan trabajos relacionados con máquinas herramientas. Se considera generalmente que el instituto de Aachen es el mejor laboratorio de máquinas herramientas del mundo y gozan de gran estima otros institutos de Berlín, Stuttgart y Hannover.

## II. PRODUCCION Y COMERCIO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS EN EL MUNDO

### 1. Producción

Durante los dos primeros decenios, la producción mundial de máquinas herramientas Z/ medida en dólares corrientes EE.UU. aumentó de 8.000 millones de dólares en 1968 a 19.000 millones de dólares en 1978 y 42.000 millones de dólares en 1989 (figura 3).

#### 1.1 Principales países productores

En el cuadro 4 figura la producción, entre 1977 y 1989, de máquinas herramientas en los 35 principales países productores. La producción está fuertemente concentrada en unos pocos países industrializados. El Japón ha pasado a ser el país con mayor producción, sustituyendo a la República Federal de Alemania en 1982, en tanto que la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sigue siendo el tercer productor; le siguen los Estados Unidos de América e Italia.

Los cambios (figura 4) entre los principales países se explica en líneas generales por la actitud que adoptaron respecto a la tecnología CN. Esta innovación nacida en los Estados Unidos en el decenio de 1950 no tuvo amplia aceptación en las industrias mecánicas americanas, mientras que el Japón ha sido el precursor de su utilización. La Comisión MIT constituida para determinar las principales causas de los pobres resultados obtenidos por la industria estadounidense, puso de relieve g/ un esquema de factores interrelacionados, de los cuales dos eran específicos de la industria de máquinas herramientas: i) falta de orientación a la exportación, ya que las empresas pequeñas que tenían una visión regional de los negocios eran reacias a exportar y no estaban atentas a la evolución en los demás países, ii) incapacidad para capitalizar la innovación CN. Durante el decenio de 1960 la difusión de máquinas herramientas CN fue lenta y los Estados Unidos de América perdieron progresivamente su primer puesto.

En cambio, diversas características institucionales han hecho que las industrias del Japón estén especialmente adecuadas para el tipo de flexibilidad que requiere la utilización de las nuevas tecnologías de producción con el máximo provecho.

---

Z/ La producción mundial de máquinas herramientas se mide tradicionalmente sumando la producción de los 35 países que figuran en la revista American Machinist. Se afirma que ese total representa el 95% de la producción mundial. La producción y los datos relativos a los intercambios se refieren en la mayor parte de los países a máquinas herramientas completas con exclusión de las piezas y los accesorios.

g/ M. Dertouzos, R.K. Lester, R.M. Solow y la MIT Commission on Industrial Productivity: Made in America. Regaining the productive edge, 1989. The MIT Press Cambridge, Massachusetts.

Cuadro 4

Producción de máquinas herramientas (1977-1989)  
(en millones de dólares EE.UU.)

|                               | 1977          | 1978          | 1979          | 1980          | 1981          | 1982          | 1983          | 1984          | 1985          | 1986          | 1987          | 1988          | 1989          | En porcentaje<br>1989 |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Japón                         | 1 602         | 2 350         | 2 982         | 3 826         | 4 798         | 3 796         | 3 541         | 4 473         | 5 316         | 6 872         | 6 419         | 8 722         | 9 817         | 23,3                  |
| RFA                           | 2 635         | 3 396         | 4 007         | 4 707         | 3 953         | 3 505         | 3 193         | 2 803         | 3 168         | 5 185         | 6 403         | 6 572         | 6 859         | 16,3                  |
| Unión Soviética               | 2 202         | 2 652         | 2 902         | 3 065         | 2 932         | 2 952         | 3 077         | 2 776         | 3 035         | 3 672         | 3 976         | 4 263         | 5 000         | 11,9                  |
| Estados Unidos                | 2 441         | 3 004         | 4 059         | 4 812         | 5 111         | 3 748         | 2 106         | 2 423         | 2 717         | 2 748         | 2 235         | 2 519         | 3 270         | 7,8                   |
| Italia                        | 878           | 1 060         | 1 354         | 1 728         | 1 513         | 1 138         | 1 037         | 996           | 1 115         | 1 677         | 2 585         | 2 639         | 3 067         | 7,3                   |
| Suiza                         | 580           | 768           | 930           | 994           | 846           | 816           | 766           | 759           | 955           | 1 424         | 1 652         | 1 865         | 1 797         | 4,3                   |
| Reino Unido                   | 588           | 821           | 1 001         | 1 395         | 933           | 781           | 573           | 675           | 783           | 916           | 1 058         | 1 501         | 1 597         | 3,8                   |
| RDA                           | 641           | 699           | 806           | 891           | 828           | 821           | 829           | 789           | 730           | 1 001         | 1 312         | 1 457         | 1 445         | 3,4                   |
| Francia                       | 591           | 723           | 877           | 954           | 809           | 621           | 561           | 465           | 499           | 657           | 766           | 876           | 1 081         | 2,6                   |
| China (Taiwán)                | 58            | 126           | 198           | 245           | 294           | 186           | 205           | 244           | 278           | 367           | 578           | 782           | 1 016         | 2,4                   |
| República Popular<br>de China | 355           | 405           | 420           | 420           | 440           | 470           | 475           | 482           | 341           | 364           | 632           | 750           | 832           | 2,0                   |
| España                        | 191           | 232           | 316           | 353           | 319           | 259           | 193           | 211           | 253           | 396           | 575           | 702           | 795           | 1,9                   |
| República de Corea            | 57            | 95            | 163           | 130           | 178           | 158           | 119           | 143           | 175           | 333           | 531           | 632           | 760           | 1,8                   |
| Rumania                       | 120           | 294           | 459           | 590           | 625           | 615           | 439           | 353           | 324           | 306           | 618           | 663           | 708           | 1,7                   |
| Yugoslavia                    | 141           | 173           | 189           | 232           | 277           | 284           | 231           | 226           | 239           | 390           | 515           | 550           | 602           | 1,4                   |
| Brasil                        | 283           | 255           | 387           | 315           | 305           | 172           | 98            | 105           | 265           | 370           | 575           | 536           | 458           | 1,1                   |
| Checoslovaquia                | 309           | 363           | 358           | 331           | 358           | 308           | 375           | 325           | 338           | 382           | 405           | 450           | 450           | 1,1                   |
| Suecia                        | 146           | 166           | 221           | 232           | 205           | 180           | 157           | 158           | 215           | 214           | 258           | 359           | 403           | 1,0                   |
| Canadá                        | 71            | 85            | 159           | 194           | 269           | 264           | 290           | 199           | 199           | 209           | 244           | 344           | 383           | 0,9                   |
| Polonia                       | 583           | 679           | 420           | 405           | 310           | 151           | 105           | 121           | 148           | 154           | 323           | 320           | 320           | 0,8                   |
| Austria                       | 96            | 112           | 101           | 166           | 108           | 160           | 128           | 121           | 120           | 156           | 155           | 247           | 302           | 0,7                   |
| India                         | 89            | 112           | 127           | 165           | 209           | 187           | 217           | 264           | 245           | 270           | 278           | 290           | 262           | 0,6                   |
| Bélgica                       | 106           | 114           | 129           | 137           | 103           | 101           | 85            | 77            | 89            | 150           | 179           | 207           | 194           | 0,5                   |
| Bulgaria                      | 30            | 30            | 41            | 43            | 201           | 221           | 182           | 192           | 132           | 143           | 140           | 195           | 175           | 0,4                   |
| Hungría                       | 105           | 109           | 112           | 121           | 128           | 128           | 135           | 148           | 175           | 180           | 210           | 134           | 124           | 0,3                   |
| Dinamarca                     | 43            | 45            | 50            | 52            | 42            | 50            | 46            | 48            | 58            | 72            | 77            | 78            | 73            | 0,2                   |
| Países Bajos                  | 69            | 66            | 83            | 65            | 60            | 48            | 120           | 120           | 43            | 65            | 47            | 78            | 72            | 0,2                   |
| Singapur                      | 6             | 12            | 26            | 37            | 43            | 40            | 15            | 21            | 34            | 34            | 35            | 42            | 48            | 0,1                   |
| Finlandia                     |               |               |               |               |               |               | 15            | 24            | 20            | 51            | 35            | 42            | 41            | 0,1                   |
| Argentina                     | 60            | 60            | 62            | 50            | 35            | 35            | 28            | 23            | 0             |               | 35            | 48            | 38            | 0,1                   |
| México                        | 6             | 14            | 15            | 22            | 24            | 19            | 13            | 25            | 18            | 17            | 21            | 21            | 21            | 0,0                   |
| Portugal                      | 10            | 10            | 14            | 16            | 16            | 16            | 13            | 15            | 11            | 13            | 19            | 19            | 17            | 0,0                   |
| Australia                     | 18            | 19            | 18            | 18            | 69            | 44            | 66            | 66            | 36            | 40            | 45            | 12            | 16            | 0,0                   |
| Hong Kong                     |               | 0             | 0             | 0             | 12            | 8             | 5             | 4             | 1             | 1             | 1             | 12            | 12            | 0,0                   |
| <b>TOTAL MUNDIAL</b>          | <b>15 124</b> | <b>19 063</b> | <b>23 001</b> | <b>26 741</b> | <b>26 460</b> | <b>22 367</b> | <b>19 526</b> | <b>19 976</b> | <b>22 199</b> | <b>28 917</b> | <b>33 079</b> | <b>38 073</b> | <b>42 064</b> |                       |

Fuente: Compilación basada en el American Machinist (diferentes números).



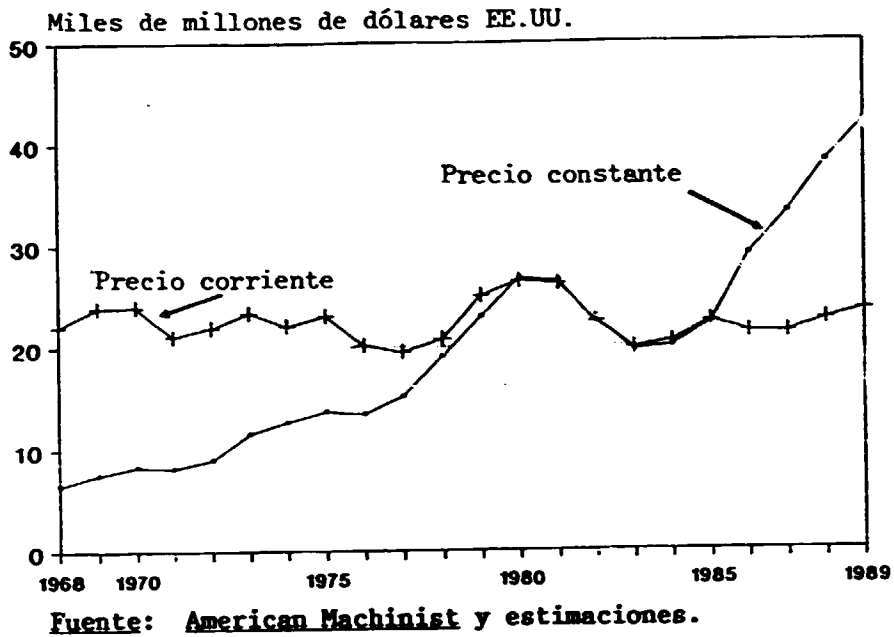


Figura 3

Producción mundial de máquinas herramientas

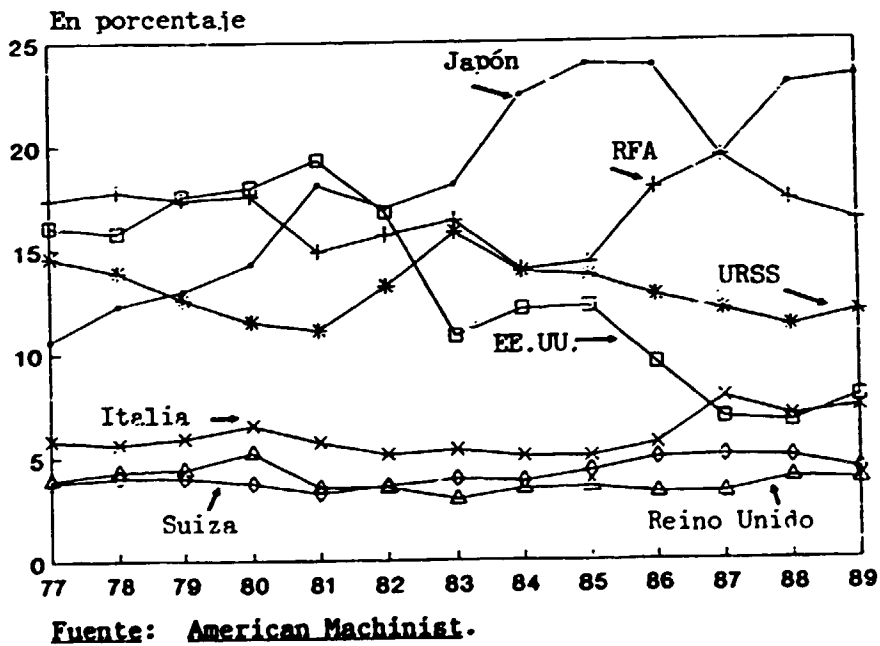


Figura 4

Principales países productores: Participación en la producción mundial (1977-1989)

- i) Organización de los trabajos. Desde los últimos años del decenio de 1950, los productores japoneses, ante la fragmentación y la reducción de su mercado de automóviles, se esforzaron por adoptar una actitud más flexible respecto a la producción. La reorganización de los trabajadores creó un entorno más favorable para la fabricación y difusión de máquinas herramientas de control numérico.
- ii) Política industrial. MITI formuló en 1956 la primera ley para el fomento de industrias mecánicas específicas y desde entonces la industria ha adoptado los objetivos de reducir costos, mejorar la calidad y aumentar la productividad mediante la centralización de la fabricación. Se alentó a los constructores de máquinas herramientas a elaborar productos estándar modulares adecuados a una amplia diversidad de usuarios y a centrarse en las necesidades de los pequeños usuarios y vender en mercados de gran volumen. Estos planes fueron respaldados por una panoplia de medidas de protección del mercado acompañada de diversos incentivos financieros 2/.

Europa sigue siendo la principal fuente de tecnología en máquinas herramientas e incluso el número de patentes europeas sobre tecnología de control y de robótica es ligeramente superior al del Japón (cuadro 5).

Dentro de Europa, Alemania occidental se ha puesto a la cabeza. Las partes del mercado dominadas por los constructores alemanes suelen corresponder a equipo muy especializado y cada empresa produce una serie limitada de máquinas herramientas ultramodernas. El crecimiento de la industria italiana de máquinas herramientas ha sido también rápido. Al igual que en el Japón, la creciente demanda de equipo flexible por parte de empresas medianas y pequeñas ha llevado a un auge de la producción de equipo CN e Italia es el segundo productor de este equipo en Europa.

## 1.2 Países en desarrollo

La participación de los países en desarrollo en la producción mundial de máquinas herramientas es del 9% en 1988, considerablemente inferior a la participación que les corresponde en la producción de material electrónico (14%). Unos 20 países en desarrollo se han incorporado a la industria 10/ y la producción de los países en desarrollo está fuertemente concentrada en diez países 11/.

---

2/ Como por ejemplo, las lucrativas licencias para la importación de azúcar y posteriores subvenciones ocultas con cargo a los ingresos estatales procedentes de las apuestas en carreras de bicicletas y motocicletas. Véase Clide V. Prestowitz, Jr.: Trading places, how we allowed Japan to take the lead Basic Books Inc, 1988, págs. 222 y 223.

10/ En varios países en desarrollo los productores de máquinas herramientas algunas veces no figuran en las estadísticas industriales, por ser demasiado pequeños o por estar integrados en diversas empresas de transformación de metales.

11/ A saber: Brasil, China (República Popular), China (Taiwán), Yugoslavia, República de Corea, Argentina, India, México, Singapur y Hong Kong.

Quadro 5

Número de solicitudes de patentes  
1982-1988

| Tecnología                  | CFE   | AELC  | Japón | EE.UU. |
|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Mecánica                    | 9 253 | 2 169 | 4 371 | 5 082  |
| Control                     | 3 852 | 552   | 3 093 | 2 746  |
| Robótica                    | 656   | 152   | 582   | 393    |
| Fabricación por rayos láser | 339   | 57    | 193   | 241    |
| Fuentes de rayos láser      | 672   | 28    | 844   | 684    |
| MEE                         | 112   | 92    | 241   | 50     |
| Cerámica                    | 1 511 | 159   | 1 631 | 1 237  |
| Revestimientos              | 1 453 | 179   | 1 504 | 1 537  |
| Pulvimetalurgia             | 443   | 106   | 459   | 495    |

Fuente: Strategic study on EC machine industry. Bruselas 1990.

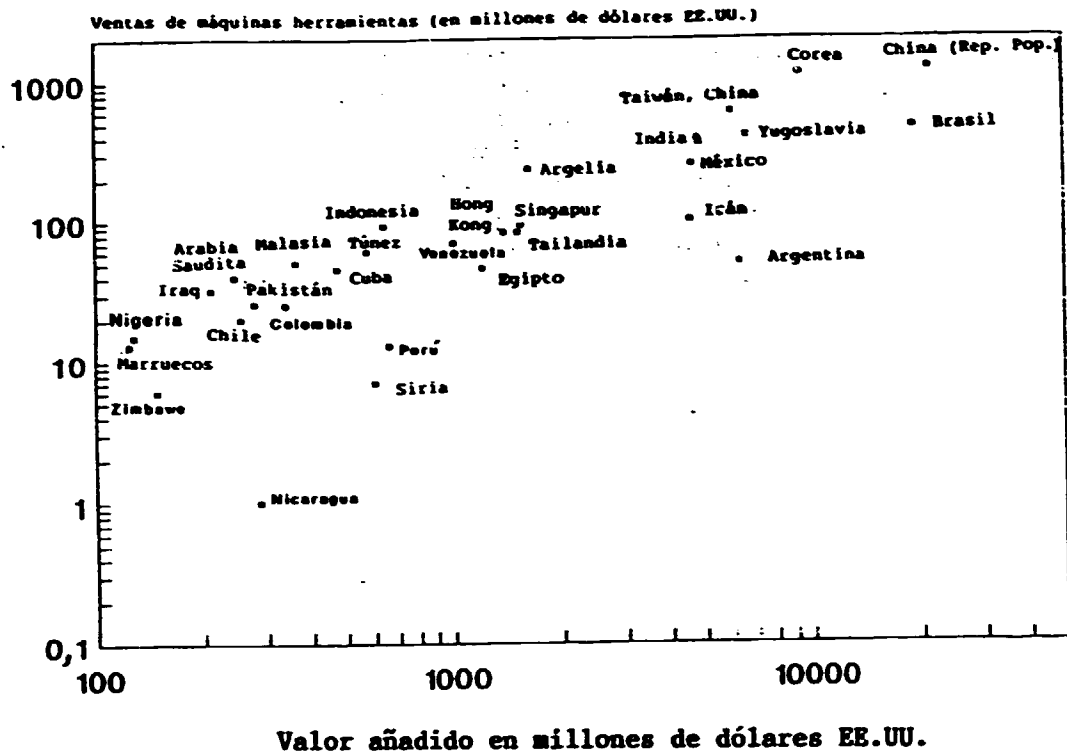
1.2.1 Las industrias mecánicas y la demanda de máquinas herramientas

La existencia de una base de productos mecánicos es el primer requisito previo para entrar en la industria de las máquinas herramientas y ello por dos razones. Desde el punto de vista de la demanda, las industrias mecánicas son en general el principal mercado del sector de máquinas herramientas, y desde el de la oferta es necesaria la existencia de industrias de apoyo (por ejemplo fundición, forja, aceros de buena calidad, motores eléctricos, tuercas y clavijas de gran resistencia a la tensión, herramientas, útiles y montajes, controles electrónicos) para crear una industria de máquinas herramientas. Parece existir una clara relación entre el consumo aparente de máquinas herramientas en un determinado país y el nivel de desarrollo de sus industrias mecánicas (medido por su valor añadido <sup>12/</sup>). La figura 5 muestra esta correlación en el caso de 20 países en desarrollo que tienen un valor añadido de la industria mecánica que se sitúa entre 200 y 22.000 millones de dólares EE.UU.

La viabilidad de la industria de máquinas herramientas en un país en desarrollo depende no sólo del volumen de producción de las industrias mecánicas sino también de su composición.

---

<sup>12/</sup> Con exclusión del valor añadido de la maquinaria industrial debido a la deformación introducida por la industria electrónica que está fuertemente desarrollada en Asia del sudeste y no representa un gran mercado para las máquinas herramientas como expuso la ONUDI en Industry and Development Global Report 1989/90.



Valor añadido de las industrias  
mecánicas (menos maquinaria  
eléctrica (CIU) 383)  
De la base de datos de la ONUDI

Figura 5

Mercado de máquinas herramientas y desarrollo  
de las industrias mecánicas (1988)

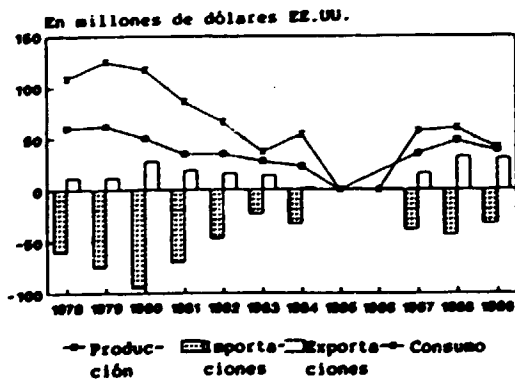


Figura 6: ARGENTINA

Producción, consumo y comercio

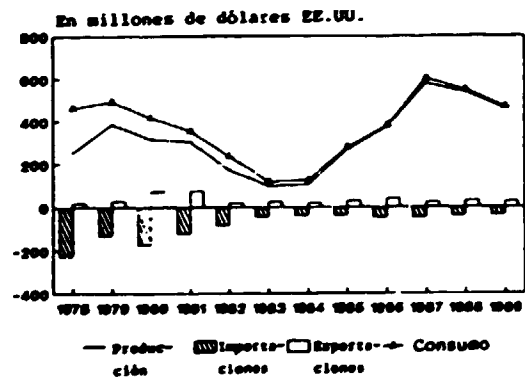


Figura 7: BRASIL

Producción, consumo y comercio

En los países en desarrollo de baja renta, las industrias metálicas se encuentran en estado embrionario y consisten principalmente en fabricantes de productos metálicos (producción de contenedores metálicos, aparatos domésticos, mobiliario añadido a la división 381 de la CIIU). La fabricación de estos artículos apenas requiere maquinado y normalmente puede efectuarse utilizando herramientas para la conformación de metales. Las máquinas herramientas de corte se utilizan principalmente para fines de mantenimiento y docencia.

En los países en que la producción de las industrias mecánicas es más importante, la parte correspondiente a la fabricación de productos metálicos sencillos (CIIU 381) representa del 30% al 50% del valor añadido total de las industrias mecánicas. Las empresas dedicadas a la producción y mantenimiento de maquinaria no eléctrica (CIIU 382) y material de equipo (CIIU 384) son los principales usuarios de máquinas herramientas. Las crecientes necesidades de estos dos sectores ofrecen un mercado a las máquinas herramientas que pueden justificar el establecimiento de una industria nacional.

Los países que han empezado a producir máquinas herramientas en cantidades considerables se caracterizan por tener sus industrias mecánicas un valor añadido superior a un "punto de referencia" de 1.000 millones de dólares EE.UU. (en 1987); puede observarse una cierta producción en países en los que el valor añadido de las industrias mecánicas se encuentra entre 100 y 1.000 millones de dólares EE.UU.

### 1.2.2 Principales países productores

#### 1.2.2.1 Argentina

La producción a gran escala empezó en el decenio de 1960, considerándose los "años dorados" de la industria de máquinas herramientas los primeros del decenio de 1970. En la industria influyeron profundamente la crisis económica y la súbita y espectacular reducción de la protección. La inversión y la producción nacional disminuyeron vertiginosamente y muchas empresas de máquinas herramientas quebraron. En 1985 la producción disminuyó hasta representar un décimo del volumen de 1973. Después de tres años de profunda crisis la producción aumentó a 10.000 unidades y 35 millones de dólares EE.UU. en 1987 y 38 millones en 1988 al tiempo que disminuía el consumo a 50 millones de dólares EE.UU. (figura 6).

#### 1.2.2.2 Brasil

La industria brasileña de máquinas herramientas (figura 7) es la mayor de América Latina. En 1970 Brasil produjo la mitad de sus necesidades y realizó exportaciones en el marco del Acuerdo de Asociación Latinoamericana de Libre Comercio. La crisis económica que llevó a una brusca reducción del mercado interno y, consecuentemente del principal mercado de exportación (México), produjo un radical descenso de la producción, y la industria sufrió cinco años de profunda recesión (1981-1986). Debido a la fuerte escasez de divisas y a la centralización de los pagos de las importaciones, los constructores de máquinas herramientas no pudieron muchas veces adquirir piezas y materiales a los proveedores extranjeros.

### 1.2.2.3 China

En la República Popular de China (figura 8) la producción de máquinas herramientas solía satisfacer la casi totalidad de sus necesidades, pero paralelamente al lanzamiento del programa de modernización en 1978, las importaciones aumentaron vertiginosamente hasta representar el 50% aproximadamente del consumo aparente en 1988, frente al 14% en 1978. La parte correspondiente a las exportaciones en la producción aumentó también, pasando del 5% en 1978 al 15% en 1988.

### 1.2.2.4 India

En los últimos años del decenio de 1970, la industria de máquinas herramientas de la India (figura 9) estuvo en condiciones de fabricar la mayor parte de las máquinas de utilización general demandadas por los usuarios. Se mostró sin embargo remisa a introducir máquinas herramientas MCN. Con la publicación por el Gobierno de medidas de liberalización a principios del decenio de 1980, se produjeron importaciones a gran escala de máquinas de finalidad específica y de máquinas herramientas MCN, lo que explica el aumento de la parte correspondiente a las importaciones en el consumo interno (el 40% del consumo interno en 1988).

### 1.2.2.5 República de Corea (figura 10)

Desde mediados del decenio de 1970, la industria de máquinas herramientas creció rápidamente, respaldada por un plan estatal de desarrollo a largo plazo. De 1986 a 1989, la industria coreana creció vertiginosamente y el aumento de inversiones por parte de las industrias mecánicas produjo un auge del consumo de máquinas herramientas al tiempo que el aumento de los salarios llevó a una mayor demanda de automatización de las fábricas. La producción interna fue insuficiente para hacer frente a la riada de demandas, representando las importaciones el 50% del consumo aparente en 1988 (el 30% a fines del decenio).

### 1.2.2.6 Taiwán, provincia de China

Taiwán, provincia de China (figura 11), es el octavo exportador mundial. Tras cinco años de estancamiento, la apreciación del yen dio nuevo impulso a las exportaciones de Taiwán que se duplicaron entre 1986 y 1988 al tiempo que el aumento de la inversión interna producía un auge del consumo interno de máquinas herramientas. Taiwán, provincia de China, es el único país en desarrollo que tiene un excedente comercial de máquinas herramientas.

### 1.2.3 Ventaja comparativa de los países en desarrollo 13/

La ventaja comparativa de las industrias de máquinas herramientas en los países en desarrollo puede evaluarse utilizando tres criterios:

- i) la balanza comercial de la industria nacional: países exportadores netos y países importadores netos;

---

13/ La metodología está adaptada a la elaborada por WS Atkins en Strategic study of the EC machine tool industry.

En millones de dólares EE.UU.

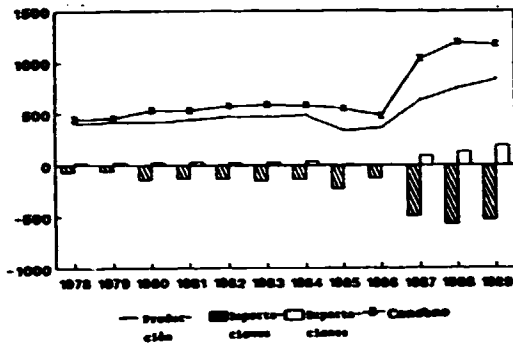


Figura 8: CHINA

Producción, consumo y comercio

En millones de dólares EE.UU.

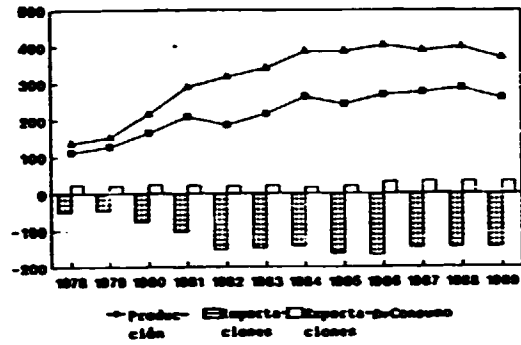


Figura 9: INDIA

Producción, consumo y comercio

En millones de dólares EE.UU.

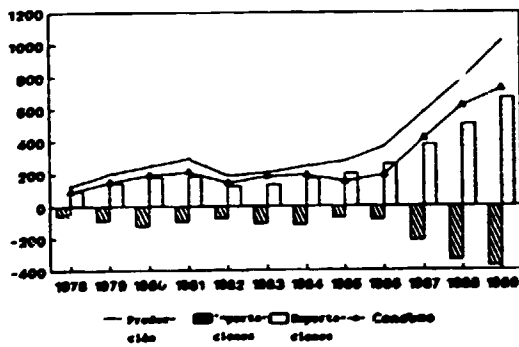


Figura 10: TAIWAN, CHINA

Producción, importación y exportación

En millones de dólares EE.UU.

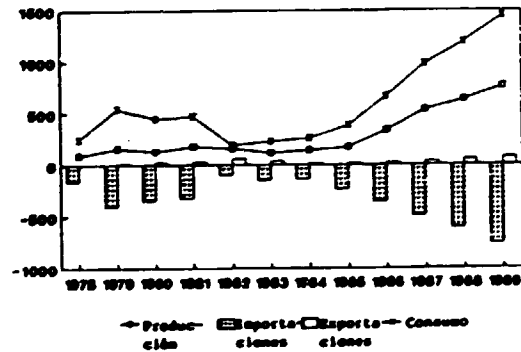


Figura 11: REPUBLICA DE COREA

Producción, importación y exportación

- ii) el porcentaje de la producción exportada (X/P) que muestra la competitividad internacional pese a que la industria puede ser un importador neto;
- iii) la parte correspondiente a la industria nacional en el mercado interno (P/P+M-X) que muestra el grado de autosuficiencia, combinado con el primer criterio, muestra si esa autosuficiencia se traduce en competitividad internacional.

En la figura 12 se sitúan de acuerdo con estos tres criterios los principales países en desarrollo en 1980 y 1989. Estos pueden clasificarse en cinco categorías.

- 1) Yugoslavia es un exportador neto y su producción ha conseguido penetrar profundamente en el mercado interno. En 1989 es el único país que tiene una competitividad completa.
- 2) Taiwán, provincia de China, es también un exportador neto, aunque caracterizado por una penetración interna inferior (aunque creciente de 1980 a 1989). Pese a que el crecimiento de la demanda interna ha alentado las importaciones, la industria local se ha centrado en la exportación de productos de grandes dimensiones o de difícil comercialización en el país y Taiwán es un fuerte competidor en máquinas de rectificar, centros de maquinado, tornos y máquinas de taladrar, convencionales y de tamaño medio y pequeño.
- 3) El Brasil, la India y la República Popular de China son importadores netos y tienen una gran penetración interna: parecen tener fuerte ventajas locales que posiblemente se expliquen a veces por los elevados derechos arancelarios o las barreras artificiales.

Argentina, Corea y México son importadores netos y tienen una escasa penetración interna. Puede establecerse entre ellos una nueva clasificación en razón de su relación de exportación:

- 4) La relación de exportación de Argentina ha crecido considerablemente lo que podría sugerir que esta industria que tiene un mercado reducido, es competitiva internacionalmente en unos pocos productos especializados.
- 5) México y la República de Corea se caracterizan por su baja relación de exportación (decreciente en Corea) por lo que pueden considerarse industrias nacionales débiles. Sin embargo Corea ha podido satisfacer la mitad de la demanda local, que ha crecido muy rápidamente, y parece desplazarse hacia la categoría de países con fuertes ventajas locales.

## 2. Comercio internacional de máquinas herramientas

En 1968 se exportó la tercera parte de la producción mundial de máquinas herramientas, porcentaje que en 1988 aumentó a un 48%. La exportación ha hecho de esta industria una industria mundial y para tener éxito en esta actividad es necesario en la actualidad realizar fuertes exportaciones.



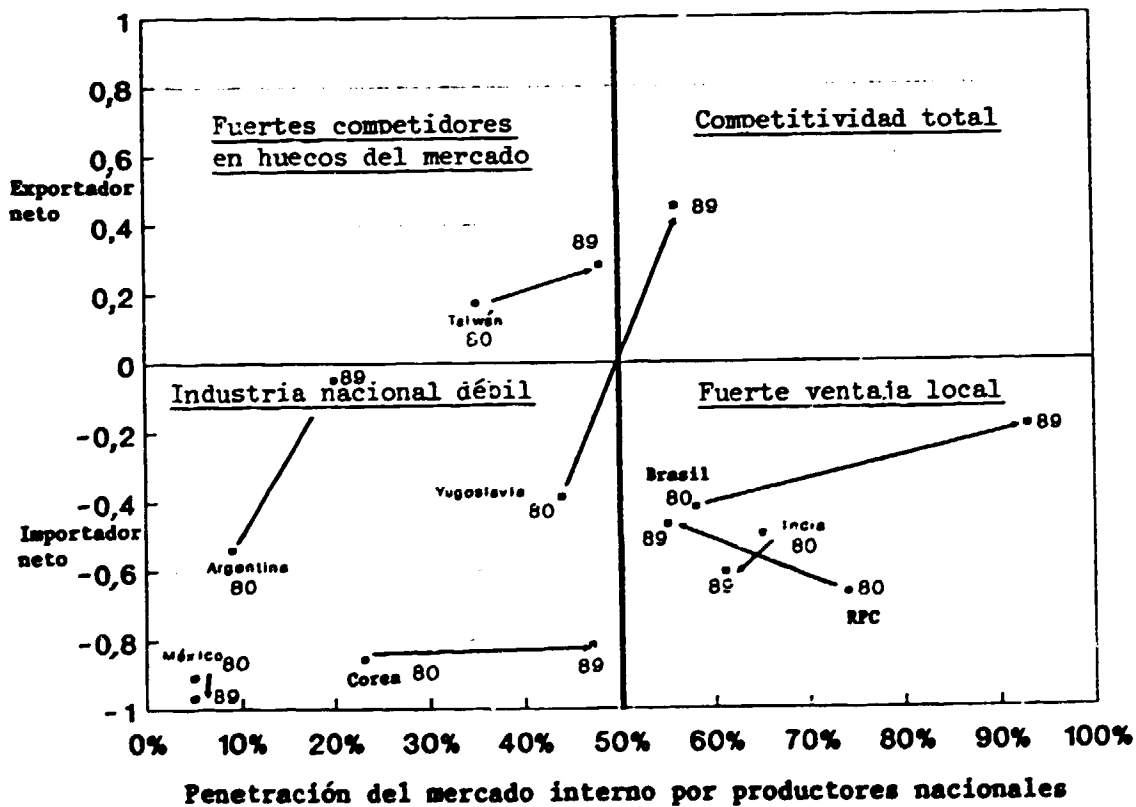
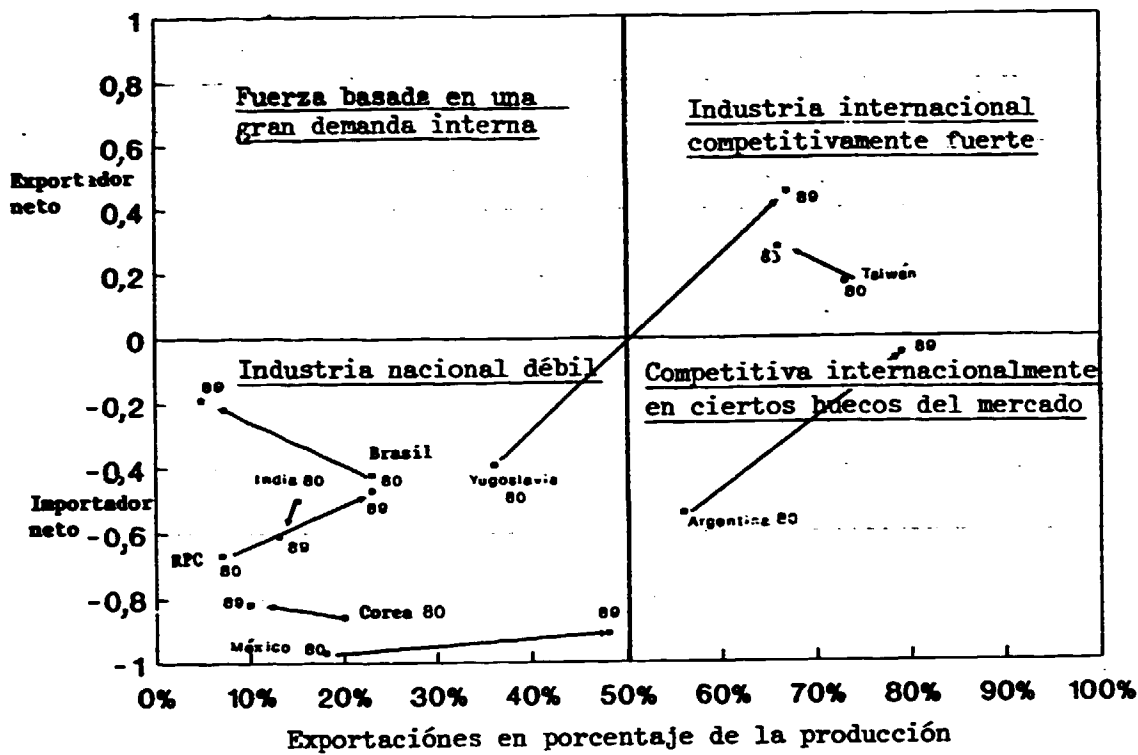


Figura 12

Situación de ventaja comparativa de los países en desarrollo.  
Cambios entre 1980 y 1989

## 2.1 Principales países importadores y exportadores

La lista de los 10 principales países importadores y exportadores (cuadro 6) se ha confeccionado en función de las exportaciones e importaciones medias que realizaron durante los tres últimos años (1987, 1988, 1989):

- La República Federal de Alemania es el principal exportador, figurando el Japón en segundo lugar desde 1978. La participación de los Estados Unidos en las exportaciones totales disminuyeron, descenso que fue más acusado en el caso de los productores europeos.
- El principal mercado de importación es los Estados Unidos seguido por la URSS y la República Federal de Alemania. A diferencia de otros países productores, las importaciones japonesas se mantuvieron bajas. La República de Corea y la República Popular de China ocupan los lugares octavo y noveno entre los principales países importadores.

### Cuadro 6

#### Los diez principales

---

| Países exportadores                                 | Países importadores        |
|---|----------------------------|
| En millones de dólares EE.UU., promedio (1987-1989) |                            |
| RFA   | Estados Unidos             |
| Japón   | Unión Soviética            |
| Suiza   | RFA                        |
| Italia  | Francia                    |
| RDA   | Italia                     |
| Estados Unidos                                      | Reino Unido                |
| Reino Unido   | Canadá                     |
| Taiwán (China)                                      | República de Corea         |
| Francia   | República Popular de China |
| Yugoslavia  | Bélgica                    |

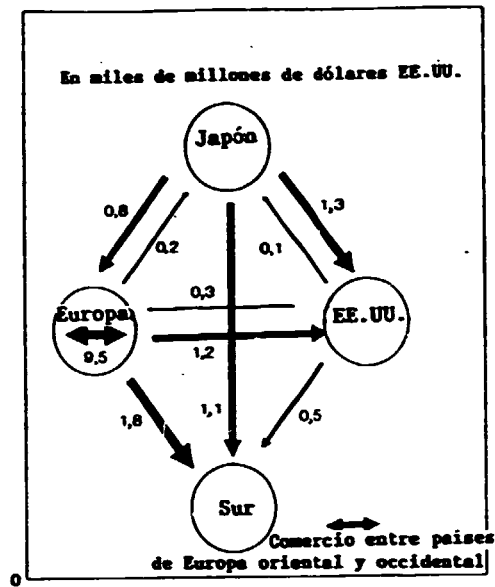
---

## 2.2 Importaciones de los países en desarrollo

Los países en desarrollo constituyen en líneas generales el mayor mercado de importación de máquinas herramientas; en 1980 y 1987, el 80% de sus exportaciones estuvieron dirigidas a otros países industrializados (con inclusión de los países del Este) y el 10% a países en desarrollo <sup>14/</sup> (figura 13).

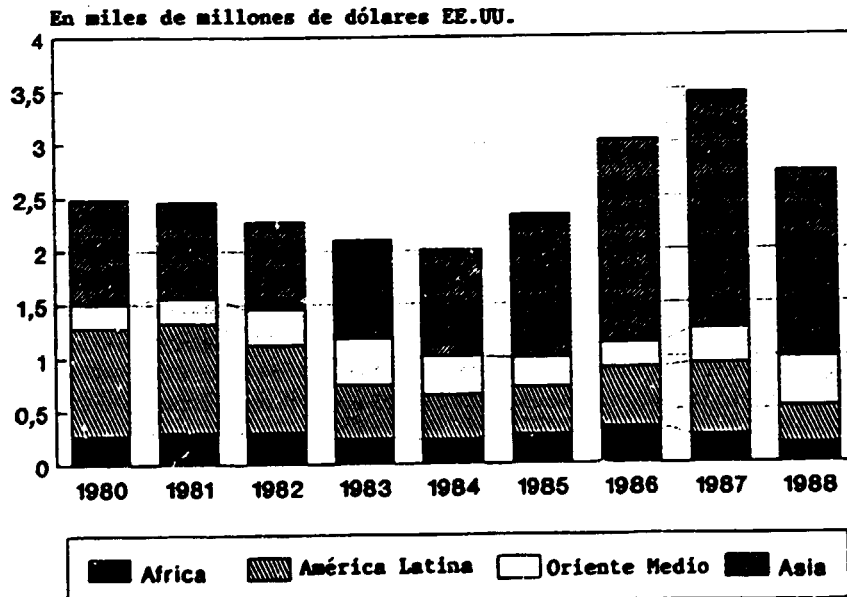
---

<sup>14/</sup> Los datos sobre exportaciones están tomados de la Comisión Económica para Europa y, a diferencia de las cifras dadas sobre exportación en el American Machines, tienen en cuenta las exportaciones de piezas de máquinas herramientas (CIU 736).



**Figura 13**

Dirección del comercio, 1987



Fuente: Recopilado de estadísticas de la CEPE.

**Figura 14**

Importaciones de máquinas herramientas (y piezas) por los países en desarrollo

Las exportaciones a países en desarrollo desempeñan un importantísimo papel en el caso de América del Norte (34% en 1980, 39% en 1987) y cada vez mayor en el caso del Japón (del 29% al 34,5%). La proporción de exportaciones de máquinas herramientas de Europa occidental a los países en desarrollo disminuyó del 18% al 16%, tendencia que también han seguido las realizadas por Europa del Este (del 7,4% al 7,0%).

Las estadísticas relativas a las importaciones de máquinas herramientas de 73 países en desarrollo entre 1980 y 1987 <sup>15/</sup> muestran que el valor medio de las importaciones de máquinas herramientas durante el periodo de 1980-1987:

- fue inferior a un millón de dólares EE.UU. en el caso de otros países en desarrollo;
- estuvo comprendido entre un millón y 10 millones de dólares EE.UU. en el caso de 32 países en desarrollo;
- estuvo comprendido entre 10 millones y 100 millones de dólares EE.UU. en el caso de 24 países en desarrollo;
- sólo siete países en desarrollo <sup>16/</sup> realizaron importaciones (y tuvieron un consumo) superiores a 100 millones de dólares EE.UU.

En la mayoría de los países en desarrollo, las importaciones de máquinas herramientas representan menos de un 1% de las importaciones totales de productos mecánicos, por lo que difícilmente pueden considerarse una limitación.

Mientras que la participación global de los países en desarrollo en las exportaciones de los países industrializados permaneció constante en 1980 y 1987, se ha producido un cambio importante entre regiones (figura 14). La participación de Africa ha descendido del 2,4% al 1,5% y las importaciones de los países de América Latina se han visto profundamente afectadas, ya que representaron el 8% de las exportaciones de los países industrializados en 1980 y el 3,7% en 1987. En cambio la participación de los países asiáticos en desarrollo aumentó del 7,6% al 12,3%, representando el 60% de las importaciones de los países en desarrollo en 1987. Europa occidental siguió siendo el principal proveedor de máquinas herramientas de los países en desarrollo <sup>17/</sup> y el Japón fue segundo en 1987. Si bien las importaciones de los países asiáticos en desarrollo están relativamente diversificadas, no

---

<sup>15/</sup> Los datos difieren de los facilitados por American Machinist:  
i) las estadísticas de Naciones Unidas toman en cuenta las importaciones de piezas de recambio, ii) no toman en cuenta las importaciones realizadas por los países en desarrollo de máquinas herramientas procedentes de otros países en desarrollo.

<sup>16/</sup> Entre ellos Taiwán, provincia de China, que no figura en las estadísticas de las Naciones Unidas.

<sup>17/</sup> Las estadísticas de la CE no tienen en cuenta las exportaciones de los países en desarrollo a otros países en desarrollo, comercio que, por lo demás, sigue teniendo cifras sumamente reducidas.

suele ser este el caso de los países africanos y de Oriente Medio que importan principalmente de Europa, o de los países de América Latina que importan de los Estados Unidos y de Europa.

### 3. Previsiones sobre el mercado mundial de máquinas herramientas

Según las últimas previsiones 18/, la industria mundial de máquinas herramientas se encuentra en un período continuado de expansión a una tasa de crecimiento anual del 4% en términos reales, que desde 1988 durará hasta 1995. Para fines de este período se espera que las tasas de crecimiento disminuyan sin que se produzca una recesión.

El mayor crecimiento de la demanda (cuadro 8) posiblemente tenga lugar en el Japón y en los países en desarrollo (cuadro 7), siendo menos brillantes las perspectivas de los Estados Unidos y de los países del CAEM. Se producirán grandes aumentos de las importaciones en el Japón, los países de la CEE y los países en desarrollo (5,2%).

Las previsiones relativas a la producción en las principales regiones del mundo ofrece brillantes perspectivas para la industria de máquinas herramientas. Los países de reciente industrialización, el Japón y la CEE se encuentran a la cabeza de la expansión.

---

18/ Estudio estratégico de la industria de la CE. Las previsiones se realizaron antes de la crisis del Golfo y no tuvieron en cuenta la posibilidad de una recesión en los principales países industrializados.

Cuadro 7

Previsiones mundiales de máquinas herramientas, 1988-1995

**Demanda interna en el mundo**

|                      | <u>Miles de millones<br/>de ecus*</u> | <u>Tasa de crecimiento<br/>anual en porcentaje</u> |           |
|----------------------|---------------------------------------|--|-----------|
|                      | 1988                                  | 1980-1988  | 1988-1995 |
| CEE                  | 7,70                                  | 2,10   | 5,20      |
| AELC                 | 1,57                                  | 5,10   | 4,90      |
| CAEM                 | 7,17                                  | 1,30   | 1,90      |
| Estados Unidos       | 2,79                                  | -2,40  | 4,40      |
| Japón                | 4,22                                  | 7,90   | 5,80      |
| Países en desarrollo | 2,09                                  | 9,20   | 5,30      |

**Importaciones mundiales**

|                      | <u>Miles de millones<br/>de ecus*</u> | <u>Tasa de crecimiento<br/>anual en porcentaje</u> |           |
|----------------------|---------------------------------------|--|-----------|
|                      | 1988                                  | 1980-1988  | 1988-1995 |
| CEE                  | 1,82                                  | 6  | 6,70      |
| AELC                 | 1,05                                  | 6,80   | 4,10      |
| CAEM                 | 1,39                                  | -1,90  | 3,70      |
| Estados Unidos       | 1,46                                  | 6,80   | 6,10      |
| Japón                | 0,32                                  | 6,10   | 11,40     |
| Países en desarrollo | 1,17                                  | 4,70   | 5,20      |

**Exportaciones mundiales**

|   | <u>Miles de millones<br/>de ecus*</u> | <u>Tasa de crecimiento<br/>anual en porcentaje</u> |           |
|---|---------------------------------------|--|-----------|
|   | 1988                                  | 1980-1988  | 1988-1995 |
| CEE                                     | 3,51                                  | -0,60  | 4,30      |
| AELC                                    | 1,49                                  | 7,20   | 5,50      |
| CAEM                                    | 0,17                                  | -3,40  | 6,10      |
| Estados Unidos                          | 0,63                                  | -2,60  | 2,70      |
| Japón                                   | 2,59                                  | 10,60  | 6,80      |
| Países de reciente<br>industrialización | 0,26                                  | 2,50   | 6,10      |
| Todo el mundo                           | 8,65                                  | 3,50   | 4,90      |

**Producción mundial**

|   | <u>Miles de millones<br/>de ecus*</u> | <u>Tasa de crecimiento<br/>anual en porcentaje</u> |           |
|---|---------------------------------------|--|-----------|
|   | 1988                                  | 1980-1988  | 1988-1995 |
| CEE                                     | 9,39                                  | 0,50   | 4,50      |
| AELC                                    | 2,01                                  | 4  | 5,10      |
| CAEM                                    | 5,95                                  | 1,80   | 1,60      |
| Estados Unidos                          | 1,96                                  | -6,40  | 2,50      |
| Japón                                   | 6,49                                  | 9  | 5,30      |
| Países de reciente<br>industrialización | 1,18                                  | 2,50   | 5,50      |
| Todo el mundo                           | 26,98                                 | 2,50   | 4         |

\* Precios de 1985.

Fuente: Strategic study on EC machine tool sector. Bruselas, junio de 1990.

### III. CAMBIOS TECNOLOGICOS

#### 1. De la producción en masa a la automatización flexible

De las nuevas tecnologías, la microelectrónica reviste capital importancia para la industria de máquinas herramientas, mientras que las repercusiones de los nuevos materiales sólo ahora empiezan a sentirse.

La introducción a mediados del decenio de 1970 de los microprocesadores, circuito integrado completo programable, en los talleres de las fábricas ha sido el mayor progreso tecnológico en la industria de bienes de capital. Ello se produjo tras un largo período de relativa estabilidad en materia de tecnología de la producción 19/. Se ha considerado que las posibilidades que ha abierto la tecnología de la automatización basada en la electrónica constituyen un hito en la historia de la mecanización 20/. Comparadas con la automatización clásica (electromecánica), las máquinas herramientas de control numérico, los sistemas y las máquinas automáticas de fabricación flexible permiten una flexibilidad mucho mayor en términos de i) varianzas aceptada de resultados finales (definidos por el número de unidades homogéneas efectivamente producidas por unidad de tiempo), ii) varianzas aceptables para una diversidad de productos y iii) escala mínima de producción 21/. Con el advenimiento de la automatización flexible, el tamaño de las fábricas tiende a ser más independiente del tamaño del mercado.

Ha de considerarse también la tendencia a una mayor flexibilidad en el contexto de las modificaciones que afectan en la actualidad a la demanda en los países industrializados. La era de la producción en masa de productos indiferenciados ha tocado a su fin; la principal dificultad con que tropezarán los productores será combinar la producción en masa con la especificidad. Esta presión de la demanda que primero se dejó sentir en el mercado de consumo de productos electrónicos, se ha desarrollado en la industria automovilística 22/. Se imponen nuevas tecnologías de producción (como métodos de fabricación modular) tomados de las industrias electrónica y aeroespacial 23/. Las sociedades que producen bienes según los planos del cliente con el fin de abrirse huecos en el mercado, han de ser lo suficientemente flexibles para aumentar rápidamente su producción en aquellos segmentos en que la demanda resulte mayor: necesitan equipo que pueda producir económicamente series reducidas para acortar los trabajos en curso, reducir al mínimo el número de máquinas y poder servir los pedidos en días en lugar de en meses.

---

19/ UNCTAD: The diffusion of electronics technology in the capital goods sector in the industrialized countries, Ginebra, 1985.

20/ Piore y Sabel: The second industrial divide: possibilities for prosperity, Basic Books, 1984.

21/ Debe tenerse presente que la flexibilidad depende de la organización: máquinas idénticas pueden utilizarse de forma rígida o flexible.

22/ Ted Kump, Piet T. Bolwijn: Manufacturing the new case for vertical integration Harvard Business Review, marzo-abril de 1988.

23/ The Economist: "The arrival of haute carture", 29 de julio de 1989.

Las consecuencias de esas modificaciones van mas allá de la reinstrumentalización de las instalaciones manufactureras ya que como puede verse en el ejemplo japonés puede conseguirse flexibilidad innovando la organización. Al objeto de hacer frente a todas estas nuevas dificultades las empresas manufactureras están reorganizando sus procesos de producción en virtud de los principios de "justo a tiempo" mediante técnicas tales como los procedimientos de "reducción del tiempo de preparación" o de "Kan-Ban" 24/. (Recuadro 3) En el procedimiento Kan-Ban el objetivo es producir bienes que ya han sido vendidos, tendencia que ilustra la prioridad de los imperativos de comercialización sobre la producción. Los elementos esenciales que configuran la idea de "justo a tiempo" son que los bienes deben comprarse o producirse en exactamente las cantidades que se necesitan y entregarse cuando se necesitan 25/.

También es importante subrayar que la difusión del equipo de automatización flexible tiene lugar en un contexto de integración creciente dentro de la empresa que está unificando lo que antes eran actividades separadas 26/.

Esta evolución se inició dentro de cada una de las "distintas esferas" de producción mediante la automatización conjunta con carácter independiente de varias actividades, es decir, mediante la difusión de las MHCM en la esfera de la producción. Una tendencia similar a la integración ha tenido lugar en la esfera del diseño en donde las diversas etapas de preparación de dibujos, es decir la plasmación de las ideas y las modificaciones en una serie completa de dibujos industriales, están ahora contenidas en un sistema de diseño con ayuda de computadoras (CAD).

La segunda etapa de la automatización es la integración de actividades separadas en la automatización que abarca distintas esferas. En la esfera de la producción, el sistema de fabricación flexible agrupa a varios sistemas de herramientas y manipulación, sometiéndolos a un control numérico directo supervisado por una computadora principal.

Debido a que la electrónica puede utilizarse en todas las actividades basadas en la información, puede introducirse tecnología que abarque desde la gestión de la producción, la administración, la especificación de diseños y procesos y la elaboración de materias primas hasta el empaquetado, la prueba y la inspección de productos finales y los procesos de fabricación 27/.

---

24/ Llamado así por la ficha de rutina que lleva cada pieza en tránsito.

25/ U. Arnold, K. Bernard: Just in time: some marketing issues raised by a popular concept in production and distribution, Technovation, 9 (1989), págs. 401 a 431.

26/ Véase Kaplinsky, Automation the technology and society, Longman, London 1984 and Bessant Integrated automation in batch manufacturing, OECD Directorate for Science, Technology and Industry, 1986, and John Bessant Integrated Manufacturing Technology trend series, número 8, ONUDI 1988.

27/ K. Hoffman: Technological advance and organizational innovation in the engineering industries, Industry and Energy Department working paper, número 4, marzo de 1989.



### Recuadro 3

#### Justo a tiempo, Kan-Ban y Kan-Ban más efecto alfa

La industria manufacturera tiene dos objetivos contrapuestos: mantener bajo el tiempo de preparación de las máquinas aumentando las cantidades y mantener bajos los costos de inactividad aumentando la frecuencia de las pasadas. La cantidad de transacción se conoce como cantidad de orden económico. Los fabricantes japoneses se han esforzado por acortar el tiempo de preparación reduciendo al mismo tiempo los costos de los pedidos y la mencionada cantidad de transacción.

La idea básica de "justo a tiempo" (JAT) es sencilla: tener a punto y entregar las mercancías justo a tiempo para su venta, los subconjuntos justo a tiempo para ser ensamblados y formar bienes acabados, las piezas justo a tiempo para formar subconjuntos y los materiales adquiridos justo a tiempo para ser transformados en piezas. Sin embargo, en la práctica, el JAT es mucho más que un control de existencias: en los grandes inventarios de pedidos de gran volumen los problemas se diluyen y hay que parcelarlos para que salgan a la luz las causas de error.

Kan-Ban es el nombre de un sistema específico japonés de actualización de existencias elaborado por Toyota. Traducido literalmente, Kan-Ban significa "registro visible" o "ficha visible" y se toma en el sentido de "ficha". La mayoría de las empresas utilizan un sistema en el que la tarjeta de pedido acompaña a los trabajos que se realizan; no es un sistema Kan-Ban porque en él se toman de las existencias las piezas y se lleva el control de éstas. El sistema Kan-Ban de Toyota proporciona las piezas cuando se necesitan y por tanto sin crear excedentes. En general el sistema Kan-Ban sólo funcionará debidamente en el marco de un sistema de justo a tiempo.

El sistema fue concebido en un momento en que todo el sistema de fabricación Toyota se realizaba dentro de un radio de 50 km. En los últimos años la empresa ha abierto fábricas en los Estados Unidos pese a lo cual ha mantenido y adaptado este JAT: cuando se cometen errores en los pedidos, las piezas han de traerse en avión del Japón; mientras que los proveedores de los Estados Unidos hacen entregas para constituir depósitos, Toyota hace recogidas diarias. Para ello ha sido necesario poner en práctica el sistema Kan-Ban más efecto alfa: se han instalado enlaces de comunicaciones de datos de gran volumen para que la oficina central supervise toda la producción. El objetivo es que el JAT se realice en tiempo real, con lo que las existencias de mañana se basarán en las ventas de mañana.

Extraído de Schonberger: Japanese manufacturing techniques, nine hidden lessons on simplicity London Free Press 1982 and "Toyota Motor: Delivering tomorrow orders made today", Financial Times, 10 de septiembre de 1990.

Al principio de integración dentro de cada esfera de actividad, sigue ahora una tendencia a la integración entre esferas, en la que los sistemas CAD/CAM agrupan el diseño con la producción y los sistemas SFF la coordinación con la producción.

## 2. Automatización en equipos independientes

Las tecnologías de automatización se introdujeron por primera vez en equipos independientes. Debido al efecto dilatorio de la recesión de los primeros años del decenio de 1980, la difusión de la automatización fue más lenta y desigual de lo previsto. Desde 1982, los gastos de capital real han crecido a un ritmo más de dos veces superior al PIB de los países de la OCDE, aumento que llevó a un resurgimiento de las ventas de máquinas herramientas al que ha acompañado un aumento mayor de las ventas de máquinas herramientas CN. Uno de los factores que ha contribuido a la difusión del CN ha sido la disminución de los precios relativos en comparación con las máquinas herramientas convencionales.

Las cifras de la producción conjunta de los Estados Unidos de América, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Italia y el Japón muestran que la parte correspondiente a las máquinas herramientas CN en el total de las ventas de máquinas herramientas ha aumentado del 21% en 1976, al 41% en 1982 y el 57% en 1988.

### 2.1 Difusión de MHCN por tipos de máquina

#### 2.1.1 Tornos

Los tornos de control numérico son las máquinas herramientas CN más utilizadas.

**Producción.** Según el cuadro 8, el 89,5% de los tornos fabricados en el Japón eran CN (el 74% de las unidades). En la República Federal de Alemania los tornos CN representaron el 74,6% de la producción de tornos. La producción CN está fuertemente concentrada en el Japón (aproximadamente la mitad de la producción mundial). Otros grandes productores son la República Federal de Alemania e Italia.

**Parque de máquinas.** En el Reino Unido, mientras el número de tornos no CN disminuyó a 147.329 unidades, es decir un 25%, entre 1982 y 1987, el número de máquinas CN aumentó en un 99% hasta alcanzar las 15.273 unidades; las máquinas CN representaban el 10% de las máquinas no CN frente al 4% en 1982. En los Estados Unidos se ha seguido una evolución similar.

La actual tendencia en tecnología es fabricar los tornos con una sola combinación de portaherramientas a la que pueden ajustarse instrumentos para el torneado tanto de diámetro interno como externo. Se están introduciendo nuevos adelantos para maquinar las piezas en una sola pasada. Los tornos sencillos de dos ejes han dado paso a los tornos de cuatro ejes. Con ello la fabricación de piezas acabadas depende de la posibilidad de ajustar una diversidad de herramientas para maquinar las piezas en una sola pasada; los centros de torneado pueden fresar, taladrar, roscar y mandrinar además de torneear; también pueden realizar simultáneamente varias operaciones similares.

Cuadro 8

Máquinas herramientas CN en porcentaje de la producción y el consumo (medidos en valor) de máquinas de corte en determinados países en 1968

| <u>Producción</u>                             | Francia | RFA   | EE.UU. | Reino Unido | Italia | España | Japón  | Con-<br>junta |
|---|---------|-------|--------|-------------|--------|--------|--------|---------------|
| Máquinas de taladrar                          | 0,0%    | 32,2% | 0,0%   | 0,0%        | 0,0%   | 5,6%   | 69,0%  | 37,8%         |
| Fresadoras                                    | 89,2%   | 80,8% | 47,2%  | 0,0%        | 87,6%  | 60,5%  | 62,0%  | 71,4%         |
| Conformadoras, ranuradoras, sierras mecánicas | 0,0%    | 57,3% | 0,0%   | 0,0%        | 0,0%   | 0,0%   | 21,3%  | 25,3%         |
| Tornos  | 91,8%   | 74,6% | 84,0%  | 36,7%       | 70,4%  | 52,9%  | 89,5%  | 80,3%         |
| Máquinas de rectificar y máquinas de pulir    | 6,7%    | 45,5% | 0,0%   | 0,0%        | 0,0%   | 29,5%  | 26,0%  | 26,0%         |
| Mandrinadoras                                 |         | 65,2% | 0,0%   | 89,3%       | 0,0%   | 72,7%  | 50,0%  | 43,6%         |
| MEE y MCE                                     | 33,3%   | 58,5% | 0,0%   | 0,0%        |        |        | 95,3%  | 82,6%         |
| Máquinas para engranajes                      | 0,0%    | 63,5% | 0,0%   | 0,0%        | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%   | 33,3%         |
| Centros de maquinado y transferencia          | 92,7%   | 79,4% | 54,9%  | 74,3%       | 49,8%  | 59,8%  | 100,0% | 79,5%         |
| Total máquinas de corte                       | 77,8%   | 63,0% | 35,5%  | 62,6%       | 38,0%  | 48,6%  | 70,7%  | 60,5%         |
| Total CN, en millones de dólares EE.UU.       | 470     | 2 972 | 584    | 478         | 757    | 253    | 4 752  | 10 266        |
| <u>Consumo</u>                                |         |       |        |             |        |        |        |               |
| Máquinas de taladrar                          | 42,0%   | 27,0% | 17,0%  | 100,0%      | 0,0%   | 25,0%  | 67,0%  | 39,0%         |
| Fresadoras                                    | 80,0%   | 78,0% | 43,0%  | 26,0%       | 97,0%  | 61,0%  | 61,0%  | 68,0%         |
| Conformadoras, ranuradoras, sierras mecánicas | 0,0%    |       | 0,0%   | 0,0%        | 0,0%   | 0,0%   |        | 40,0%         |
| Tornos  | 84,0%   | 68,0% | 91,0%  | 57,0%       | 77,0%  | 62,0%  | 85,0%  | 80,0%         |
| Máquinas de rectificar y máquinas de pulir    | 52,0%   | 53,0% | 1,0%   | 0,0%        | 7,0%   | 15,0%  | 21,0%  | 24,0%         |
| Mandrinadoras                                 | 94,0%   | 54,0% |        | 100,0%      | 0,0%   | 100,0% | 40,0%  |               |
| MEE y MCE                                     | 88,0%   | 57,0% | 46,0%  | 0,0%        | 0,0%   | 0,0%   | 87,0%  | 72,0%         |
| Máquinas para engranajes                      | 7,0%    | 73,0% | 0,0%   | 69,0%       | 9,9%   | 50,0%  | 0,0%   | 21,0%         |
| Centros de maquinado y transferencia          | 92,0%   | 92,0% | 67,0%  | 76,0%       | 59,0%  | 65,0%  | 100,0% | 81,0%         |
| Total máquinas de corte                       | 74,0%   | 64,0% | 47,0%  | 68,0%       | 46,0%  | 49,0%  | 64,0%  | 59,0%         |
| Total CN, en millones de dólares EE.UU.       | 825     | 1 950 | 1 284  | 503         | 790    | 248    | 2 918  | 8 518         |

### 2.1.2 Mandrinado, taladro y fresado

Para mandrinar o taladrar pueden utilizarse tornos o bien taladradora, con mandrinadora y ocasionalmente fresadoras.

**Producción.** Como puede verse en el cuadro 8 las máquinas CN para taladrar representaron por término medio el 37,8% del total de máquinas herramientas para taladrar en 1988 (69% en el Japón); en las fresadoras la relación media fue del 71,4% y en las mandrinadoras el 43,6%. El principal productor es la República Federal de Alemania seguida del Japón.

**Parque de máquinas.** En el Reino Unido los taladros CN representaron el 21% de la compra de nuevas fresadoras efectuadas entre 1981 y 1986, frente al 8% entre 1977 y 1981, en las mandrinadoras CN la progresión fue del 15% al 21% y en los taladros CN del 2% al 6%.

Las mismas fresadoras, taladros y mandrinadoras CN están siendo sustituidas por centros de maquinado que realizan una serie de operaciones distintas. Mientras que en 1976 los centros de maquinado sólo representaron el 38% de la producción de máquinas para realizar taladros, la proporción aumentó al 65% en 1986 en los principales países productores de máquinas herramientas de la OCDE. En el Reino Unido, la adquisición de centros de maquinado aumentó muy rápidamente, habiéndose adquirido entre 1982 y 1986 las tres cuartas partes de los centros de maquinado. Los centros de maquinado están en segundo lugar después de las máquinas de torneado en el número de máquinas CN existentes.

Por lo que respecta a otras máquinas herramientas de corte, aumenta rápidamente la difusión del CN en el caso de las máquinas electrofísicas y del mecanizado por electroerosión (MKE). Este equipo se presta a la automatización, dada la posibilidad de controlar continuamente todos sus parámetros.

### 2.1.3 Máquinas para la conformación de metales

Las máquinas herramientas para la conformación de metales, las prensas mecánicas e hidráulicas, las máquinas punzonadoras, conformadoras y modeladoras y las máquinas dobladoras y modeladoras tradicionalmente representan el 25% de la producción mundial. Diversas indicaciones permiten suponer que estas máquinas representarán un porcentaje cada vez mayor de la demanda mundial y que competirán en algunas esferas de actividad con las máquinas herramientas de corte. Su utilización permite reducir las secuencias de maquinado que de otra forma serían inevitables en el corte de metales. Su éxito descansa en tres factores: la facilidad con que puede reducirse al mínimo la parte manual, el grado con que se presta a la producción de series reducidas; y la disminución de los costos de las herramientas (troqueles y moldes) como consecuencia de la mayor utilización del CAD/CAM y de la MCN.

La progresión del CN en las máquinas para conformar metales ha sido algo más lenta que en las de cortar metales.

**Producción.** En la República Federal de Alemania, las máquinas CN representaban el 19% de las herramientas para modelar metales en 1988, el 70% en el caso de las cizañadoras y punzonadoras y el 30% en el caso de las prensas.

Parque de máquinas. En el Reino Unido la proporción de CN con respecto al total de máquinas modeladoras aumentó del 1,2% de la capacidad instalada (en unidades) en 1981 al 2,4% en 1986.

## 2.2 Difusión de las MHCN en los países industrializados

Las estadísticas de existencias miden el número de máquinas existentes en las fábricas y proporcionan una indicación de la vida útil de los bienes de explotación así como de la relativa modernidad de las industrias mecánicas. Dada la longevidad de las máquinas herramientas, la mayoría de las máquinas instaladas en los países industrializados son convencionales.

### 2.2.1 Parque de máquinas

En el Japón, el número de máquinas CN aumentó muy considerablemente a partir de 1975 y su participación en el parque total de máquinas herramientas creció del 3,6% en 1981 al 10,7% en 1987. En el último estudio, las cifras relativas a herramientas de corte CN de menos de tres años aumentó al 33% (frente al 12% en el estudio anterior). En el Reino Unido el número de máquinas herramientas CN en uso era de 25.800 unidades en 1982 y de 52.400 (con exclusión de las máquinas automáticas) en 1987, de un total de 768.000 máquinas instaladas; el porcentaje de CN en el parque total de máquinas herramientas aumentó del 0,2% en 1970 al 7% en 1986; las compras de CN efectuadas durante el pasado decenio representan en la actualidad la mitad del parque de máquinas CN. En los Estados Unidos de América, el número total de máquinas herramientas CN se había multiplicado en 1988 por más de dos veces desde el inventario realizado en 1983.

El análisis de la difusión de las máquinas CN en sectores industriales del Japón, el Reino Unido y Francia lleva a conclusiones semejantes. Al parecer las industrias mecánicas menos afectadas por la automatización son las de herramientas manuales, aparatos eléctricos, productos de metal para construcciones, que figuran entre los sectores mecánicos más corrientes de los países en desarrollo.

### 2.2.2 Difusión entre las pequeñas industrias y los subcontratantes

Una de las conclusiones de los últimos inventarios es que el ritmo de adquisición de máquinas CN por las empresas pequeñas y medianas se ha acelerado. Pese a haber sido las grandes instituciones las primeras en probar las máquinas CN, el advenimiento del CN con introducción manual de datos "muy amigo del usuario" y de los sistemas de programación autónomos ha hecho que el CN resulte mucho más atractivo para las pequeñas empresas. La tendencia es clara en el caso de los subcontratantes. "Los subcontratantes se han dado rápidamente cuenta de que el centro de maquinado es una herramienta de gran flexibilidad. Además de los trabajos a destajo los subcontratistas pueden presentar ofertas para realizar trabajos de series continuas que sólo requieren inversiones adicionales en accesorios y programación." 28/.

---

28/ Metalworking production, The sixth survey of Machine tool and production equipment in Britain.

Este no ha sido hasta ahora el caso de Italia 29/. Según un estudio realizado entre 4.000 empresas, para tener éxito en la adopción de la automatización flexible es necesario un largo proceso de aprendizaje, agotadores procedimientos de reorganización y procesos de reasignación de estrategias que pueden realizar más fácilmente las grandes empresas o las pequeñas empresas que trabajan en sectores de alta tecnología y que están acostumbradas a una tecnología electrónica adelantada. Las mayores dificultades parecen ser de organización, derivadas del carácter integrado e integrante de las nuevas tecnologías, que requieren un sistema integrado de planificación y diseño de la producción.

### 2.2.3 Previsiones para el decenio de 1990

El cuadro 9 proporciona una estimación del parque de MHCN en 1990. Las tasas de crecimiento de las máquinas CN en Europa han variado entre un 10 y un 20% al año.

La difusión del CN como la de cualquier otra innovación tecnológica puede representarse por una curva en forma de S dividida en tres partes distintas que son: expansión inicial (curva ascendente), zona de transición (punto de inflexión) y saturación (curva descendente). Este esquema puede utilizarse para prever el rendimiento máximo de la tecnología y el punto de saturación medido en porcentaje del número total de máquinas herramientas instaladas.

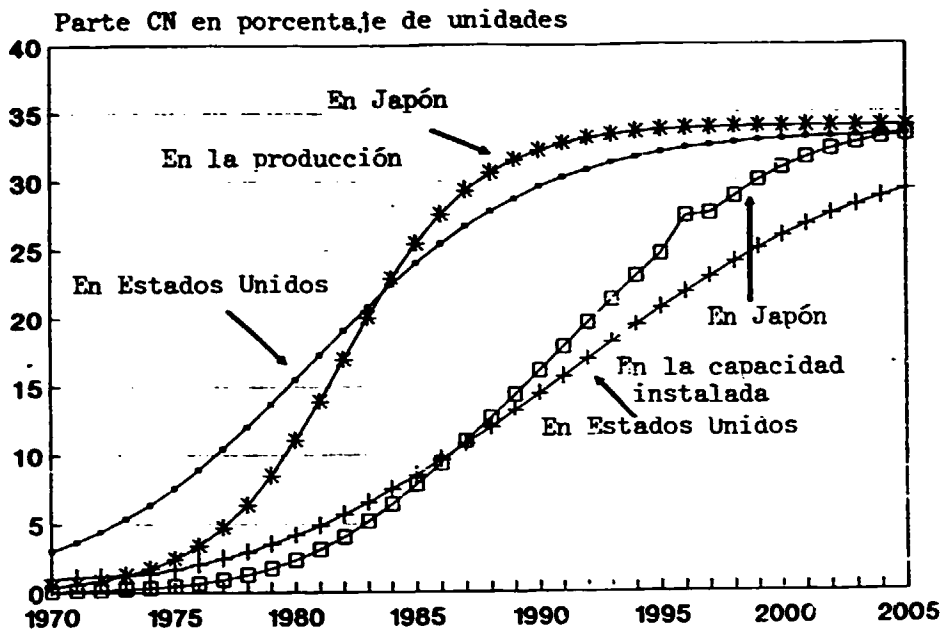
Cuadro 9

Evolución del parque de máquinas herramientas CN/MCN  
(miles de unidades)

|                   | EE.UU. | URSS | Japón | Italia | RFA | Reino Unido | Francia |
|-------------------|--------|------|-------|--------|-----|-------------|---------|
| Hacia 1970        | 20     | 11   | 5     | 1      | 2   | 3           |         |
| Hacia 1975        | 40     |      | 14    | 3      |     |             | 4       |
| 1980              |        | 21   |       | 11     | 25  |             | 10      |
| 1981              |        |      | 23    |        |     |             |         |
| 1982              |        |      |       |        |     | 26          | 20      |
| 1983              | 103    |      |       |        |     |             |         |
| 1985              |        | 65   |       | 55     | 65  | 45          | 35      |
| 1986              |        |      |       |        |     |             |         |
| 1987              |        |      | 85    |        |     | 69          |         |
| 1988              | 222    |      |       |        |     |             |         |
| Estimaciones 1990 | 240    | 110  | 100   | 100    | 100 | 80          | 60      |

Utilizando las previsiones basadas en los datos relativos al consumo en el Japón de 1970 a 1988, se considera que el nivel de saturación será el 34% para las máquinas de corte y la participación CN en la instalación se aproximará al nivel de saturación después del año 2000 (figura 15), fecha en

29/ Documento presentado por el Profesor Camagni, Meeting of International Experts for a Programme of Industrial Automation of the Capital Goods Industry of Latin America, ONUDI, Viena, diciembre de 1989.



Para el Japón: IIAAS; para Estados Unidos, calculada.

Figura 15

Previsión de la parte correspondiente a equipo CN en la producción e instalación de máquinas herramientas de corte

que el 34% de las máquinas instaladas será CN. En el caso de los Estados Unidos de América las máquinas CN instaladas podrían alcanzar el 30% en el año 2005.

Según estas previsiones, la mayor difusión de máquinas herramientas CN se producirá durante el próximo decenio y deberá tener importantes repercusiones durante los próximos años en la competitividad de la industria mecánica.

### 2.3 Las MHCN de los países en desarrollo

Los países en desarrollo en los que se ha producido una considerable difusión de las MHCN son los países de reciente industrialización de Asia y América Latina en los que se ha iniciado la producción de estas máquinas. También han empezado a difundirse en otros países en desarrollo.

#### 2.3.1 Producción: Testimonio de los países de reciente industrialización

Como se expone en el cuadro 10, se está realizando en los países de reciente industrialización la transacción a la fabricación de máquinas herramientas CN. Las MHCN representan el 25% del valor de la producción (el 30% en el caso de las máquinas herramientas de corte). En estos porcentajes influye a veces poderosamente el elevado precio de las MHCN, como es el caso especialmente en el Brasil en donde las MHCN representaban el 3% del volumen de la producción (frente al 30% en los países industrializados).

La producción de MHCN se ha concentrado en tornos y centros de maquinado que constituyen el 74% y el 78% del número total de máquinas herramientas y CN producidas en el Brasil y la Argentina. En Taiwán, provincia de China, existe tendencia a la diversificación, fabricándose taladros CN y mandrinadoras CN, unidades de mecanizado por electroerosión y células de fabricación flexible <sup>30/</sup>.

#### 2.3.2 Difusión de las MHCN en los países en desarrollo

En el cuadro 11 se exponen la información de que se dispone sobre la difusión de las MHCN en los países en desarrollo.

##### 2.3.2.1 En Asia

El número de MHCN ha aumentado a un ritmo rapidísimo en los países de reciente industrialización de Asia en los que las empresas han invertido para mantener su competitividad exportadora. La rigidez del mercado laboral, el aumento de los salarios (100%, estimado en dólares, de 1986 a 1989) y la revalorización de las monedas, impulsaron la automatización.

- En 1985 la República de Corea tenía instaladas 2.860 unidades; este número se multiplicó por más de dos en los tres años siguientes hasta alcanzar 6.500 unidades en 1988.
- En Taiwán, provincia de China, se estimó en 1988 que había 6.200 unidades.

---

<sup>30/</sup> En 1984 una empresa de Taiwán exportó los primeros SFF, American Machinist, febrero de 1984.



Cuadro 10

Producción de máquinas herramientas de control numérico en determinados países en desarrollo\*

|                            | 1985                    |          | 1987                    |          | 1988                    |          | 1989                    |          | Participación CN en el valor de la producción de máquinas herramientas |
|----------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|--|
|                            | Millones dólares EE.UU. | Unidades | Millones dólares EE.UU. | Unidades | Millones dólares EE.UU. | Unidades | Millones dólares EE.UU. | Unidades |  |
| Argentina                  | 1,20                    | 16       | 10                      | 100      | 12                      | 96       |                         |          | 20%  |
| Brasil                     |                         | 413      | 223                     | 1 018    | 226                     | 742      |                         | 1 052    | 43%  |
| India                      |                         | 93       |                         | 330      | 71                      | 312      |                         |          | 26%  |
| República Popular de China |                         |          |                         |          |                         | 1 000*   |                         |          |  |
| República de Corea         | 38                      |          | 134                     | 2 039    | 155                     | 2 119    | 250                     |          | 27%  |
| Taiwán, provincia de China | 42                      | 1 118    | 114                     |          | 166                     | 3 600    |                         | 4 900    | 24%  |

Fuentes: CECIMO  
 Brazil Bolletim Sobracon 1989  
 Electronics Koreq February 1990

\* Producción de partes mecánicas de las máquinas herramientas MCN.

Cuadro 11

Parque de MNCN en determinados países en desarrollo

| En unidades                | 1981 | 1985  | 1987  | 1989  |
|----------------------------|------|-------|-------|-------|
| República de Corea         |      | 2 680 | 5 000 | 7 500 |
| Taiwán, provincia de China |      | 1 220 | 2 800 | 6 250 |
| Brasil                     | 986  | 1 995 | 4 176 | 5 800 |
| Singapur                   | 60   | 700   |       | 1 800 |
| México                     |      |       |       | 1 300 |
| Argentina                  | 350  | 500   |       | 800   |
| Colombia                   |      |       | 61    |       |
| India                      |      |       | 1 182 |       |

Argentina, Brasil: estudio monográfico por F. Erber.  
 México, estudio monográfico.  
 República de Corea, Taiwán: estimaciones de producción y comercio.  
 Singapur: EDB, estudio económico 1989

- En Singapur, la automatización es una prioridad 31/ y se ha iniciado un plan básico nacional; en 1989 había 1.800 máquinas CN en uso y 380 máquinas automáticas 32/.
- En la India había, según el censo de máquinas herramientas de 1982, 1.182 MHCN instaladas; tres sectores representaban más del 70% de las máquinas instaladas: maquinaria y piezas, material de transporte y maquinaria eléctrica. No se dispone de datos comprobados de 1986 en adelante, si bien una encuesta por muestras entre 25 grandes empresas muestra que el porcentaje que corresponde a automatización flexible en el total de las inversiones en máquinas herramientas ha aumentado muy considerablemente pasando del 25% en 1985 al 41,7% en 1989 33/.

El número de máquinas por 1.000 empleados es de aproximadamente 6,5% en la República de Corea, 15% en Taiwán, China y 27% en Singapur, frente a 20 por cada mil empleados en las industrias mecánicas de los Estados Unidos.

#### 2.3.2.2 En América Latina

La recesión económica ha disminuido el ritmo de la modernización industrial en América Latina. En el Brasil la capacidad instalada de máquinas CN aumentó de 986 en 1981 a 1.995 en 1985 y a 5.970 en 1989; están concentradas en un número bastante reducido de empresas: 420 en 1987, que son grandes sociedades (más de 500 empleados) o sucursales de empresas extranjeras. Según un estudio del Instituto de Investigación y Tecnología de la Universidad de San Pablo, pese a que unos pocos fabricantes conocidos de máquinas herramientas producen equipo avanzado, la vida media de la maquinaria es de 15 años 34/.

- En Argentina el parque de MHCN aumentó de 350 (1981) a 800 unidades (1989). Las MHCN se difundieron también desde el principio entre empresas pequeñas y medias, debido probablemente a que tanto los modelos fabricados en el país como los importados eran más sencillos y menos costosos 35/.
- En México había 409 máquinas herramientas CN en 1986 y más de la mitad de las máquinas herramientas importadas son máquinas CN, estimándose en torno a 1.200-1.400 unidades la capacidad instalada en 1989; las plantas de automóviles de las maquiladoras tienen instaladas unas 50 máquinas CN.

---

31/ Ministry of Trade and Industry: Economic Survey of Singapur, 1989, pág. 25.

32/ La mayoría de ellas se utiliza en operaciones de montaje y el 57% en las industrias electrónica y eléctrica.

33/ H.C. Gandhi: Regional study on machine tool industry in Asia, the case of India, ONUDI, 1990.

34/ "Market reserve policies provoke growing conflicts as Brazil's technology lags", Business Latin America, 3 de abril de 1989.

35/ F. Erber: The electronics complex and industrial automation: a comparison between Argentina and Brazil, ONUDI, 1989.

Aunque la utilización de la automatización flexible corre a veces paralela con la realización de esfuerzos sistemáticos para penetrar en mercados extranjeros, como es el caso de la Argentina 36/ y el Brasil 37/, en el caso de Colombia las empresas con mayor volumen de exportaciones no son las que emplean MHCN 38/.

Las industrias de máquinas herramientas, de automóviles y aeronáutica concentran el mayor número de MHCN del Brasil: las consideraciones relativas a la calidad y la complejidad de las piezas producidas así como el reducido margen de tolerancia son, al parecer, las principales razones de la introducción de MHCN en la Argentina y el Brasil 39/.

### 2.3.3 Otros países en desarrollo

Con las estadísticas de que se dispone no se pueden sacar conclusiones sobre la difusión de las MHCN en otros países en desarrollo.

Las estadísticas sobre comercio de los países industrializados muestran que 13 países en desarrollo, que no puedan considerarse países de reciente industrialización, han importado tornos CN en 1985, y 15 en 1987; sin embargo estos datos no bastan para marcar una tendencia respecto a la difusión, dado que pocos países adquirieron tornos CN en 1985 a 1987. Las exportaciones de centros de maquinado del Japón y la CEE estuvieron dirigidas a 20 países en desarrollo en 1987, de los cuales 14 importaron por un valor superior a un millón de dólares EE.UU.

### 2.3.4 Perspectivas

Los estudios de que se dispone llegan a la conclusión de que se producirá un rápido crecimiento del mercado de máquinas herramientas CN en los países en desarrollo de renta media:

---

36/ D. Chudnovski: The diffusion and Production of Numerically controlled machine tools with special reference to Argentina, World Development, vol. 16, N° 6, págs. 723 a 732, 1988.

37/ Un estudio de los fabricantes de piezas de automóviles realizado en 1984 mostró que los fabricantes que utilizaban MHCN eran los que dedicaban un mayor porcentaje a la exportación. R. Tauile: Automação e competitividade, uma avaliação das tendências no Brasil Instituto de Economias Industrial, Rio de Janeiro 1987.

38/ Fedemetal: Las nuevas tecnologías de base microelectrónica: análisis global e impactos de su incorporación al sector metalmeccánico de Colombia, Bogotá 1988.

39/ R. Tauile, Erber: Las máquinas herramientas en América Latina, ONUDI, 1990.

- En la República de Corea, se espera que la demanda interna de MHCN pase de 3.700 unidades en 1990 a 7.000 en 1995 y 14.000 en el año 2000 40/; el mayor mercado será el de la industria de automóviles, que representará el 55% de la demanda, seguido por la industria de máquinas herramientas.
- Un estudio de la AIDO sobre la industria de máquinas herramientas en los países árabes estima que la demanda de máquinas herramientas CN crecerá a una media del 10% entre 1990 y el año 2000 41/, en tanto que la demanda de máquinas convencionales aumentará un 4% al año. Se ha estimado en el caso de los países árabes que la demanda de máquinas herramientas CN aumentará a una tasa media del 10% al año entre 1990 y el año 2000, más de dos veces la tasa esperada (el 4%) de máquinas herramientas convencionales: sin embargo, para el año 2000 se ha estimado que las máquinas herramientas CN representarán el 7,5% de la capacidad instalada 42/.
- En la República Popular de China se ha estimado que la demanda de sistemas MCN aumentará de 2.000 unidades en 1989 a 5.000 (1995) y 7.000 (1987) 43/.
- Se ha estimado que en el Perú la demanda de máquinas herramientas CN podría representar en un futuro próximo cerca del 40% del total de la demanda de máquinas herramientas.

### 3. Integración de sistemas

Mientras que la máquina herramienta CN es una innovación substitutiva, el sistema de fabricación flexible se presenta como una innovación radical, una forma de hacer cosas nuevas. Las ventajas que pueden obtenerse con la integración sistemática de máquinas CN son considerablemente superiores a las conseguidas mediante la suma de equipos autónomos, habiéndose descrito los SFF como una fábrica en miniatura 44/.

#### 3.1 Sistemas de fabricación flexible

El número total de sistemas instalados ha aumentado de 80 (1980) a 1.200 en 1989 y según las proyecciones del IIAAS 45/ podría llegar a 3.000 en el

---

40/ Korea Institute for Economics and Technology: Mecatronica 1989 in Judet: L'industrie de la machine outil en Coree, ONUDI, 1990.

41/ AIDO: The development of machine tool industry in Arab countries 1987.

42/ Organización Arabe para el Desarrollo Industrial: The development of machine tool industry in Arab countries 1987 en: Le secteur de la machine outil en Algerie et Tunisie por A. Chelbi, ONUDI, 1990.

43/ Datos tomados del proyecto DP/CPR/89/017/A/01/37 de la ONUDI.

44/ Bessant en la reunión de expertos internacionales sobre un programa de automatización industrial del sector de bienes capitales en América Latina.

45/ Seminar on CIM de la CEPE, Sofía, septiembre de 1989.

año 2000. (Cuadro 12) Dado que la mayoría de los sistemas instalados tiene por lo menos dos máquinas MCN, es posible estimar que el parque total representa menos del 1% de las instalaciones MCN en el mundo. Los dos principales usuarios son el Japón (167) y los Estados Unidos de América (137); les siguen la República Federal de Alemania, el Reino Unido y Francia.

La difusión de los SFF ha solido estar limitada a determinadas industrias (cuadro 13) en los que se utilizan en una serie limitada de operaciones para la producción de determinados componentes (por ejemplo, fabricación y transmisión de motores en el caso de los automóviles). Aproximadamente la mitad de los sistemas instalados se utilizan en el material de transporte (material para vehículos, tractores y aeroespacial), el segundo usuario es la maquinaria no eléctrica (principalmente la fabricación de máquinas) y el tercero la maquinaria eléctrica. En la URSS, la propia industria de máquinas herramientas utiliza la mitad de los SFF soviéticos, el 25% la automovilista y el 10% la maquinaria eléctrica <sup>46/</sup>. La industria de automóviles domina las ventas previstas sobre la base de los proyectos actuales. Las familias de piezas fabricadas son culatas de cilindro, coronas de freno y piezas de motores.

Cuando se utilizan debidamente, los SFF pueden reducir radicalmente los costos de producción como consecuencia del aumento de la utilización de las máquinas, la reducción del tiempo de preparación y el tiempo de entrega (tiempo de maquinado necesario para completar una operación de corte), ahorro de existencias, trabajos realizados, capital empleado y costos de trabajo. Un estudio sobre 95 sistemas de fabricación flexible instalados en los Estados Unidos y el Japón <sup>47/</sup>, antes y después de la introducción de la automatización flexible total mostró que el tiempo medio de elaboración por pieza se dividía por 3, el espacio dedicado a las máquinas por 2,5 y las necesidades de personal en tres equipos disminuían dos tercios.

Sin embargo la inversión en SFF puede ser difícil y las anteriores previsiones relativas a su difusión han resultado excesivamente optimistas por haber subestimado los siguientes aspectos:

- los problemas técnicos relativos a la conexión entre el soporte lógico y la organización de la red;
- problemas de organización: no puede considerarse que los SFF sean un accesorio tecnológico en una fábrica no rentable. Las grandes compañías que habían efectuado fuertes inversiones en la automatización de las fábricas han tenido dificultad para que dichos sistemas sean rentables en función de los costos y técnicamente seguros. Debido a todas esas dificultades, se ha producido un cambio de actitud de las empresas en favor de un enfoque gradual, empezando con células de fabricación flexible, que son islas de automatización que progresivamente se irán uniendo con el transporte y el mantenimiento de las herramientas para formar los SFF como parte de un FIC general.

---

<sup>46/</sup> S. Sipos and H. Sitarska: "Technological and organizational change: a challenge to Eastern Europe", IDS Bulletin 1989, vol.20, número 4.

<sup>47/</sup> R. Jaikumar: Post-industrial manufacturing Harvard Business Review, noviembre-diciembre 1986.

Cuadro 12

Distribución de los sistemas de fabricación flexible totalmente integrados

| Estimaciones (unidades)       | 1980 | 1983  | 1985 | 1987 | 1988 | 1989  | Proyección para |
|-------------------------------|------|-------|------|------|------|-------|-----------------|
|                               |      |       |      |      |      |       | el año 2000     |
| Japón                         | 28   | 135   |      | 254  |      | 167   |                 |
| Estados Unidos de América     | 6-14 | 15-31 |      |      |      | 137   |                 |
| Reino Unido                   | 3    | 4     |      |      |      | 93    |                 |
| República Federal de Alemania | 10   | 13    |      |      |      | 74    |                 |
| Francia                       | 2    | 13    |      |      |      | 67    |                 |
| URSS                          |      |       |      |      |      | 56    |                 |
| Italia                        |      | 12    |      |      | 25   | 37    |                 |
| Suecia                        |      |       |      |      |      | 36    |                 |
| República Democrática Alemana |      |       | 11   |      |      | 28    |                 |
| Checoslovaquia                |      |       |      |      |      | 23    |                 |
| Estimaciones a escala mundial | 80   | >100  |      |      |      | 1 200 | 3 000           |

**Fuentes:** 1980-1983: Bessant  
 Cifras correspondientes al Japón: séptimo inventario (1987).  
 Italia: *Technovation*, 9 (1989), pág. 497.  
 Banco Mundial de Datos, SFF, IIAAS (1989).

Cuadro 13

Distribución sectorial de los SFF en el Japón

|                        |     |     |
|------------------------|-----|-----|
| Maquinaria general     | 169 | 67% |
| Maquinaria eléctrica   | 42  | 17% |
| Material de transporte | 39  | 16% |
| Otros                  | 1   | 0%  |
|                        | 251 |     |

| En Europa                         | Reino Unido | Suecia | Rep. Dem. Alemana |
|-----------------------------------|-------------|--------|-------------------|
| Construcción de maquinaria        | 26%         | 38%    | 69%               |
| Vehículos y motores               | 30%         | 16%    | 4%                |
| Industria aeroespacial            | 12%         |        | 4%                |
| Industria eléctrica y electrónica | 8%          | 8%     |                   |
| Subcontratación                   | 24%         | 38%    | 6%                |
|                                   | 100%        | 100%   | 83%               |

**Fuente:** Haywood y Bessant 1987  
 MITI 1987

### 3.2 Fabricación integrada por computadora

Las tendencias tecnológicas como las MHCN y los SFF estaban confinadas a la esfera de la fabricación, etapa de automatización a la que podría seguir otra en que se desarrollase la integración entre diseño, producción y gestión. En las FIC, las redes enlazan cada uno de los microprocesadores, las máquinas automáticas y los controladores programables de una fábrica, introduciendo en una computadora información de todas las etapas de la producción 48/. En el departamento de diseño, la difusión del sistema de diseño con computadora utilizado en principio para preparar planos, permite la conversión de las ideas y las modificaciones en una serie completa de planos industriales. Esos sistemas pueden generar los datos necesarios para el equipo de producción controlado por computadora a través de diversos poscompiladores de diseño con computadora/fabricación con computadora (CAD/CAM). De igual forma puede disponerse en la actualidad de diversas actividades de la gestión de producción en forma de módulos de series integrada o de soporte lógico para la gestión, que están conectados a la misma base de datos central.

La fábrica automática descrita por primera vez en el decenio de 1950 se esperaba para los primeros años del decenio de 1970. Cuarenta años más tarde, la fábrica sin trabajadores sigue perteneciendo al mundo de la imaginación 49/. Los directores que soñaban con reemplazar a los trabajadores humanos por robots o máquinas MCN comprueban que cuando las máquinas son más perfeccionadas, no desaparecen los problemas de encontrar buenos trabajadores. La idea de que el taller de máquinas se está muriendo por la automatización parece un mito: "la automatización es perfecta cuando se tiene a alguien que la haga funcionar y piense cómo ha de hacerlo" 50/. Cabría pensar que la visión tecnocéntrica de la máquina del futuro es un callejón sin salida 51/, ya que la automatización flexible sólo puede funcionar cuando está dirigida por técnicos muy cualificados y la mezcla adecuada de personas y máquinas puede aumentar el valor añadido.

---

48/ Nissan elaboró su propia versión de FIC para su nuevo automóvil de lujo, el Infiniti. Denominado IBAS, siglas en inglés de intelligent body assembly system, o sistema inteligente para el ensamblaje de carrocerías, puede detectar dificultades y dar instrucciones de reparación. La compañía proyecta construir sistemas semejantes en las fábricas que tiene en el extranjero (Fortune: Japan capital's spending spree, 9 de abril de 1990.)

49/ K.H. Ebel: L'usine automatise a besoin de la main de l'homme. Revue Internationale du Travail 5/1989, Ginebra.

50/ Special Report on training American Machinist June 1989.

51/ Cohen, Zysman: "US competitiveness suffers: the emergence of a manufacturing gap, in Transatlantic perspectives, Washington, otoño 1988.

#### IV. POSIBLES CUESTIONES PARA LA CONSULTA

La evolución de la máquina herramienta, de la ruidosa máquina conducida por hombres de monos azules a la "automatización por islas" manejada por un técnico y programador tiene consecuencias para los países en desarrollo que van más allá de la cuestión de la entrada en la industria de máquinas herramientas y del mantenimiento al día con los cambios tecnológicos. Debe analizarse con la perspectiva al menos de las modificaciones que influyen en las normas de la competencia en las industrias mecánicas e incluso con una perspectiva más amplia.

Por esa razón la reunión preparatoria de la Cuarta Consulta sobre la industria de bienes de capital, con especial referencia a las máquinas herramientas, debe abordar no sólo los problemas a los que se enfrentan los productores de máquinas herramientas sino también los que afectan a las industrias mecánicas y de transformación de metales que son los principales usuarios de máquinas herramientas.

Además las reuniones deberían explorar las posibilidades de cooperación regional e interregional y definir los principales elementos de un esquema de este tipo. Por ello, las cuestiones que se proponen para la Consulta son:

- i) Condiciones para entrar y progresar tecnológicamente en la industria de máquinas herramientas;
- ii) Consideraciones relativas a la organización de tecnologías avanzadas para máquinas herramientas en las industrias mecánicas y de transformación de metales; y,
- iii) Elementos de la cooperación regional e internacional en la producción y utilización de máquinas herramientas.

Las tres cuestiones se desarrollan detalladamente a continuación.

#### 1. Condiciones para la entrada y el progreso tecnológico en la industria de máquinas herramientas

##### 1.1 La entrada en la industria de máquinas herramientas

Una de las decisiones más importantes que han de adoptar los países en desarrollo en el sector de bienes de capital es la "decisión de hacer o de comprar" 52/, referida a un conjunto de productos y a la adquisición de tecnología.

##### 1.1.1 Limitaciones

Las principales limitaciones con que se enfrentan los países en desarrollo que desean entrar en la industria de máquinas herramientas son tanto tecnológicas como económicas.

---

52/ M. Fransman: Machinery and Economic Development, Mac Millan 1986.



### Limitaciones técnicas

El análisis de la complejidad de los productos de una máquina herramienta convencional mediante el método ACT elaborado por la ONUDI <sup>54/</sup> muestra, que por lo que se refiere a requisitos tecnológicos para su producción, las máquinas herramientas convencionales son de una complejidad tecnológica equivalente a la de las radios, teléfonos o bicicletas. Si bien la complejidad de los productos no parece un obstáculo insalvable, existen otras limitaciones técnicas importantes a la entrada como son:

- Escasez de personal cualificado. La industria de máquinas herramientas requiere ingenieros mecánicos y trabajadores especializados con cierta experiencia en industrias de transformación de metales. Estos trabajadores altamente cualificados no se encuentran fácilmente y por el carácter cíclico de la industria es difícil mantener al personal cualificado. El advenimiento de las herramientas MCN y del diseño con computadoras contribuyen a paliar esta limitación. Con todo, el conocimiento profundo de la tecnología del corte de metales constituye un requisito previo para obtener la máxima productividad de la utilización de maquinaria MCN.
- Inadecuación de las industrias de apoyo en lo que se refiere a fundición, forja, engranajes, tratamiento térmico de las materias primas, componentes y servicios técnicos. La constitución de una unidad integrada es una forma costosa de salvar esta limitación (1.1.3).

### Limitación del mercado

En los países industrializados al igual que en los países en desarrollo, los principales productores de máquinas herramientas cuentan con una fuerte base mecánica. Es éste un requisito para entrar en la industria y la decisión de invertir no debe basarse en argumentos tales como el carácter "estratégico" de la industria de máquinas herramientas.

La dimensión del mercado está directamente relacionada con el grado de desarrollo de las industrias mecánicas (véase figura 5). En la mayor parte de los países en desarrollo de renta media las ventas de máquinas herramientas son inferiores a 100 millones de dólares EE.UU. al año y en los países menos adelantados frecuentemente son inferiores a un millón de dólares. Esta limitación puede reducir la entrada a los países caracterizados por un valor añadido mínimo de las industrias mecánicas que cabe estimar <sup>53/</sup> en 100 millones de dólares EE.UU. (1986).

El mercado está también muy compartimentado, lo que habría que analizar detalladamente: mientras que las grandes empresas mecánicas frecuentemente preferirán equiparse con máquinas avanzadas por razones de tolerancia, las pequeñas empresas y los talleres de reparaciones que no tienen las mismas

---

<sup>54/</sup> Véase ONUDI: Industry and Development, Global Report, 1989/1990, págs. 122 a 131.

<sup>53/</sup> Este límite debe entenderse como una aproximación a grandes líneas, deducido únicamente de las estadísticas.

limitaciones de tolerancia, se mostrarán más inclinados a adquirir máquinas sencillas, por lo que pueden representar el primer mercado de un productor local.

Sin embargo, cuando se insiste demasiado en las limitaciones del mercado interno, se dejan de tener en cuenta las oportunidades que ofrecen los mercados regionales e internacionales: fabricantes de los países industrializados (en donde nueve de cada diez máquinas son todavía convencionales) están pasando a fabricar máquinas herramientas CN y esta evolución ofrece algunas oportunidades de mercado a los países en desarrollo.

#### 1.1.2 Conjunto de productos

En la mayor parte de los países en desarrollo, las máquinas herramientas convencionales seguirán siendo las máquinas herramientas más solicitadas en un futuro previsible. Pasar de un salto a la producción de MHCN es ilusorio y el único camino tecnológico es un enfoque escalonado que partiendo del montaje proceda a una integración progresiva de la fabricación de máquinas herramientas convencionales. Este enfoque es también el único camino tecnológico factible para la fabricación de equipo más avanzado.

Podrían aconsejarse la mecanización inversa y la cooperación Sur-Sur como canales para la transferencia de tecnología.

#### 1.1.3 Integración

Ante la imposibilidad de confiar en los servicios de subcontratación, los países en desarrollo han optado muchas veces por un nivel elevado de integración. Esta experiencia raras veces ha sido decisiva desde un punto de vista económico, ya que frecuentemente se ha traducido en un bajo nivel de utilización de las fábricas, ni desde un punto de vista tecnológico (no se produjeron efectos de desbordamiento a otras empresas).

La dificultad de conseguir un equilibrio adecuado entre integración y subcontratación deriva de la exigüedad de la demanda que de fundición, forja, fabricación de engranajes, realiza la industria de máquinas herramientas en comparación con la demanda procedente de otras actividades mecánicas como la industria automovilista; por ello no resulta viable fomentar una industria de subcontratación centrada únicamente en las necesidades del sector de máquinas herramientas.

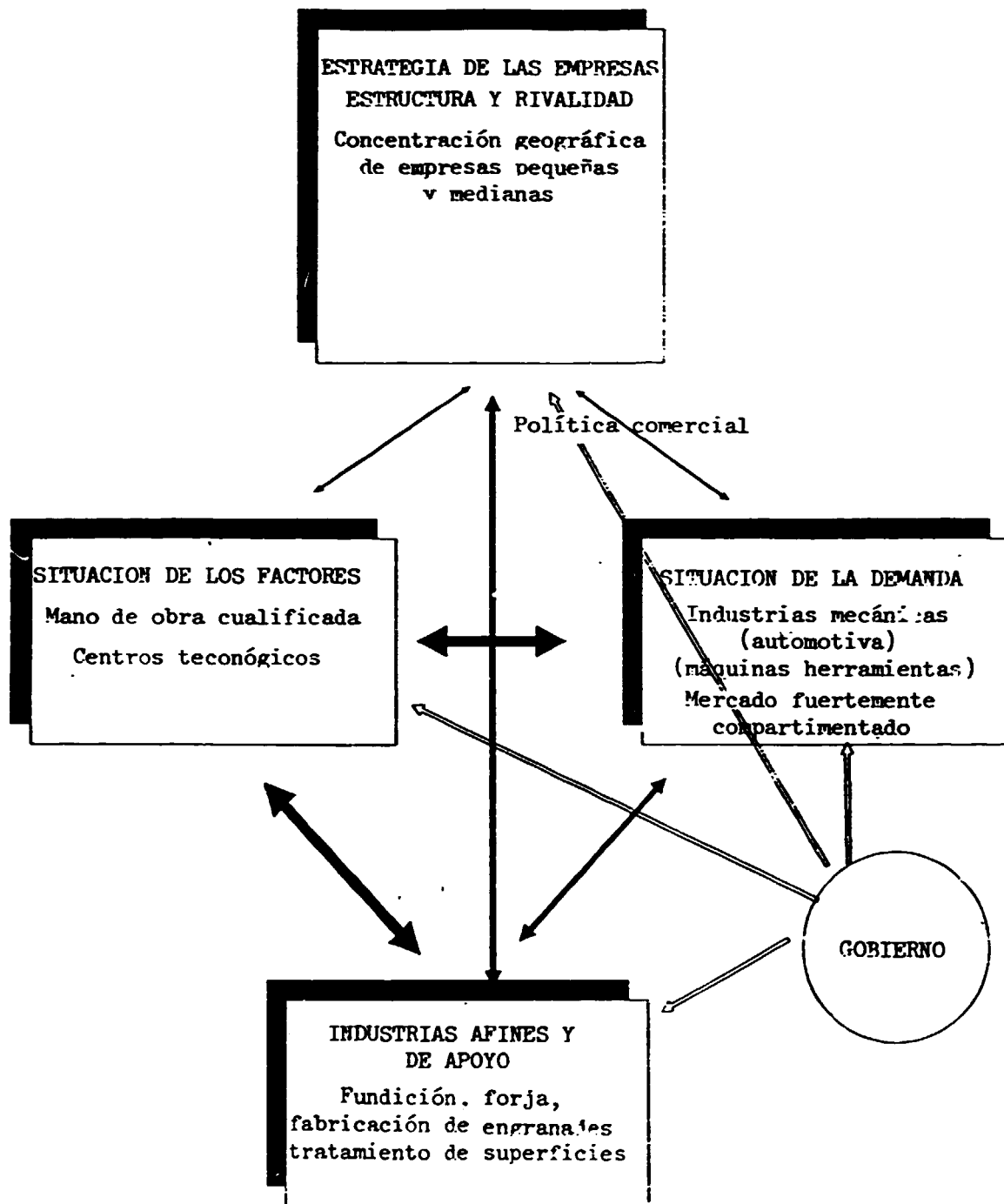
#### 1.1.4 Política industrial: fomento de la competitividad nacional

Los resultados de las empresas estatales de máquinas herramientas han sido frecuentemente decepcionantes. Las políticas industriales de los gobiernos deben estar dirigidas a influir en cada uno de los determinantes de la ventaja competitiva en esa industria al objeto de fomentar la competitividad nacional.

En una industria como la de máquinas herramientas se combinan diversas ventajas competitivas que se refuerzan entre sí, como pueden verse en la figura 16 54/.

---

54/ Adaptación sobre la base de M. Porter: The competitive advantage of nations, New York, Free Press 1990.



Adaptación sobre la base de M. Porter: The competitive advantage of nations.

Figura 16

La industria de máquinas herramientas

- i) Situación de los factores: técnicos muy cualificados (en mecánica y cada vez más en electrónica y mecatrónica) son los factores más importantes de la competitividad. En los países industrializados los centros tecnológicos y las asociaciones industriales han sido fuente importantes de conocimientos teóricos. En los países en desarrollo el gobierno debería facilitar servicios adecuados de capacitación como ayuda a las empresas.
- ii) Situación de la demanda: la demanda interna no debe evaluarse únicamente en función del volumen de ventas, sino que debe prestarse atención a los aspectos cualitativos de esa demanda ya que lo más importante para la industria es que la competitividad de la industria de máquinas herramientas esté en gran parte determinada por su capacidad para satisfacer la compleja demanda de las industrias mecánicas del país. El gobierno puede intervenir para dar forma a la demanda local a través de su política de compras y estableciendo normas y reglamentos. Desempeña también un importante papel en la señalización de nueva tecnología y el anuncio de nuevos mercados.
- iii) Industrias afines y de apoyo: la forja, la fundición, la fabricación de engranajes, las instalaciones para el tratamiento de superficies son las industrias de apoyo que la industria de máquinas herramientas necesita y el establecimiento de una estrecha relación entre proveedores y empresas de máquinas herramientas contribuirá a aumentar el desarrollo tecnológico de la industria. En lugar de crear fábricas integradas, el gobierno debe esforzarse por fomentar industrias de apoyo a pequeña y mediana escala. Deben fomentarse estas industrias como parte del programa de desarrollo de la industria mecánica con el fin de obtener una elevada utilización de la capacidad y mitigar las consecuencias de los déficit que periódicamente experimenta la industria de máquinas herramientas.
- iv) Estrategia de las empresas, estructura y rivalidad: la industria de máquinas herramientas suele estar compuesta de empresas de tamaño medio que se especializan en productos dirigidos a huecos del mercado. Los esfuerzos encaminados a la reestructuración del sector para fomentar un puñado de grandes grupos no han tenido éxito en los países industrializados <sup>55/</sup>, pese a lo cual y dado que la producción mancomunada resultaba un desastre, los empresarios han considerado conveniente colaborar en la investigación y el desarrollo y en los servicios posventa. Los países en desarrollo pueden esbozar un esquema parecido.

Como en cualquier otra industria naciente, la industria recientemente establecida de máquinas herramientas es vulnerable y requiere alguna forma de protección durante el período de

---

<sup>55/</sup> Financial Times: "Life yet in French machine tools", 8 de noviembre de 1990. Nunca funcionaron las grandes agrupaciones constituidas en Francia (como MACHINES FRANCAISES LOURDES) o en el Reino Unido (ALFRED HERBERT).

aprendizaje. El monopolio de las importaciones junto con el establecimiento de aranceles aduaneros y de obstáculos no arancelarios a las importaciones han sobrevivido con demasiada frecuencia a su finalidad e influido negativamente en la competitividad de la industria. Ha de tenerse en cuenta que no debe fomentarse la industria de máquinas herramientas (que es un pequeño sector manufacturero) a costa de otros sectores mecánicos. Debe facilitarse protección durante un corto período de tiempo y ha de convencerse a los usuarios de que, a la larga, pueden beneficiarse de la existencia de una industria de máquinas herramientas en el país.

Es importante que la industria sea pronto viable y competitiva desde un punto de vista económico porque una protección prolongada que puede llevar a la ineficiencia de la industria, será una carga para el éxito del desarrollo de las industrias mecánicas del país en su totalidad.

## 1.2 La entrada en la industria de máquinas herramientas CN

### 1.2.1 Dificultades

Las máquinas herramientas convencionales seguirán siendo durante muchos años las máquinas más utilizadas, pese a que el crecimiento de la demanda de esas máquinas disminuirá al tiempo que aumentará el mercado para las CN en los países industrializados y también en algunos países en desarrollo. La experiencia de esos países en desarrollo que han empezado a fabricar máquinas herramientas CN (MHCN) muestra la extrema dificultad de esa empresa que sólo un limitado número de países puede conseguir.

- Las dificultades tecnológicas para la producción de máquinas herramientas CN son tanto de carácter electrónico como mecánico. La dificultad estriba en desarrollar la capacidad de integración del sistema al objeto de integrar la electrónica en el equipo mecánico: es decir, los conocimientos prácticos en la mecatécnica.
- Los países en desarrollo se encuentran limitados por la profunda debilidad de sus capacidades de ingeniería mecánica básica y de diseño y fabricación de maquinaria. Un estudio realizado en la República de Corea (recuadro 4) puso de relieve que las principales dificultades de ese país estriban más en las piezas mecánicas (servomotor, instrumentos de medida, herramientas de corte, vástagos y componentes hidráulicos) que en la ausencia de electrónica o de programas de computadora. En el ejemplo se pone de manifiesto que: "las aspiraciones de los países en desarrollo de exportar en los sectores mecánicos se ven limitadas desde un punto de vista técnico no por la falta de información tecnológica o de técnicos especializados sino por la profunda debilidad de su ingeniería mecánica y de su capacidad para diseñar y construir maquinaria 56/.

---

56/ K. Hoffman: "Technological advance and organizational innovation in the engineering industry", Industry and Energy Department working paper. Industry series paper No. 4. Banco Mundial, marzo de 1989.

**Recuadro 4**

**Principales limitaciones técnicas con que tropiezan los fabricantes de máquinas herramientas de control numérico**

|  | Retraso respecto a los países industrializados (en años) | Adquisición de tecnología |
|--|--|---------------------------|
| <b>Soporte físico</b>                              |  |                           |
| <u>Equipo electrónico</u>                          |  |                           |
| Unidad central de procesamiento                    | 3 a 5  | desarrollo en el país     |
| Monitor y teclado                                  | 3 a 5  | importación               |
| Controlador programable                            | 1 a 3  | local                     |
| <u>Equipo eléctrico y mecánico</u>                 |  |                           |
| Transformador                                      | 5 a 10   | desarrollo en el país     |
| Servomotor   | más de 10  | importación               |
| Instrumentos de medición                           | más de 10  | importación               |
| <b>Soporte lógico</b>                              |  |                           |
| <u>Para las herramientas</u>                       |  |                           |
| Motor  | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Controlador de ejes múltiples                      | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| <u>Para los equipos periféricos</u>                |  |                           |
| Control de secuencias                              | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Interfaz   | 3 a 5  | desarrollo en el país     |
| Soportes lógicos específicos                       |  |                           |
| Gráficos   | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Control numérico                                   | 3 a 5  | desarrollo en el país     |
| <b>Concepción técnica</b>                          |  |                           |
| <u>Principales tipos de máquinas</u>               |  |                           |
| Centros de maquinado                               | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Tornos   | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Fresadoras   | 3 a 5  | desarrollo en el país     |
| MEE  | 5 a 10   | importación               |
| <u>Componentes mecánicos</u>                       |  |                           |
| Herramientas de corte                              | más de 10  | desarrollo en el país     |
| Vástagos   | más de 10  | importación               |
| Sistema de transferencia                           | 3 a 5  | desarrollo en el país     |
| Componentes hidráulicos                            | más de 10  | importación               |
| <b>Tecnología para la fabricación y el montaje</b> |  |                           |
| <u>Principales operaciones</u>                     |  |                           |
| Fundición de matrices                              | 5 a 10   | importación               |
| Tratamiento térmico                                | 5 a 10   | importación               |
| Acabado  | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| Control de calidad                                 | 1 a 3  | desarrollo en el país     |
| <u>Automatización</u>                              |  |                           |
| Concepción y diseño                                | 5 a 10   | importación               |
| Producción   | 1 a 3  | desarrollo en el país     |

**Fuente:** Instituto de Economía y Tecnología de Corea, 1988.  
En Judet P.: L'industrie de la Machine Outil en Corée, ONUDI, 1990.

Recuadro 5

Elección de una forma de transferencia de tecnología para desarrollar la tecnología CN

Pueden seguirse tres distintos procedimientos para transferir y/o desarrollar las tecnologías MCN:

- i) compra a un proveedor internacionalmente conocido de toda la tecnología mediante una operación llave en mano;
- ii) desglose del paquete de tecnología y desarrollo en el país de cada tecnología a partir de cero;
- iii) adopción de una mezcla de i) y ii), es decir, subcontratar algunas piezas del paquete de tecnología a empresas extranjeras con experiencia en la esfera respectiva y elaboración de las restantes piezas en el país.

La selección del procedimiento adecuado depende entre otras cosas de: disponibilidad de tecnología, costos que representa, tiempo necesario para asimilar la tecnología, necesidades de mano de obra, riesgos para alcanzar los objetivos establecidos y profundidad de la asimilación de tecnologías.

Mientras que los sistemas actuales MCN basados en microprocesadores se orientan hacia los 32 bits, se dispone de tecnología de sistemas MCN 16 bits que siguen fabricando y comercializando todas las grandes empresas. La operación llave en mano es el método más rápido mientras que el desarrollo en el país, que requiere un mayor número de personal técnico, es el que mayor tiempo dura. Sin embargo, cuando se comparan estos dos procedimientos en función de la profundidad de la asimilación de la tecnología parece preferible el desarrollo en el país.

Procedimiento de transferencia de tecnología

Parámetros

|  | Llave en mano | En el país | Mixto |
|--|---------------|------------|-------|
| Dificultad de obtener la tecnología                      | *             | ****       | ***   |
| Costos   | ****          | *          | **    |
| Mano de obra necesaria                                   | *             | ****       | ***   |
| Posibilidades de no conseguir los objetivos establecidos | *             | ***        | **    |
| Tiempo necesario para asimilar la tecnología             | **            | ****       | ***   |
| Posibilidades de no poder asimilar la tecnología         | ****          | *          | **    |

- 
- \*\*\*\* muy elevados
  - \*\*\* elevados
  - \*\* medios
  - \* escasos

Adoptados sobre la base del proyecto de desarrollo de sistemas MCN, documento DP/CPR/89/017/A/01/37.

La producción local de unidades de control electrónico se inició en el Brasil y en la República de Corea, países con mercados internos de 20 millones y 55 millones de dólares EE.UU., respectivamente 57/. En el Brasil la producción se halla dividida entre tres proveedores que consumen su propia producción (productores de máquinas herramientas) y cuatro "proveedores de comerciantes" que abastecen a los distintos mercados (el 80% del mercado). Aunque la competencia es mínima el monopolio se ha visto amenazado por una empresa electrónica que fabrica un modelo sencillo de CN. Al parecer los precios de la MHCM son aproximadamente cuatro veces superiores al precio de las CN japonesas similares. En el recuadro 5 se examina la posibilidad de un camino tecnológico que partiendo de la fabricación de máquinas herramientas convencionales desemboque en la de maquinaria de control numérico, con lo que se concede especial importancia a los soportes lógicos.

### 1.2.2 Competitividad

Si bien la comparación de los precios unitarios de máquinas similares (y precios medios) entre el Japón, Corea y Taiwán, provincia de China muestra ligeras diferencias, existen grandes diferencias de precios entre los países de Asia del este y la India y el Brasil en donde los precios internos medios de las máquinas herramientas CN son cinco veces superiores a los coreanos. Los centros de maquinados de Corea del Sur tienen precios que oscilan entre la mitad y un tercio de los argentinos 58/.

El elevado precio de estos equipos constituye un obstáculo para la modernización de la industria en América Latina. Las personas que adoptan las decisiones no se muestran inclinadas a correr grandes riesgos en un período de inestabilidad económica, y esto se aplica también a la inversión en modernización; así por ejemplo, las empresas de componentes de automóviles del Brasil establecen al adquirir nuevo equipo un período de reembolso de dos años 59/ lo que descarta la posibilidad de adquirir máquinas CN.

## 2. Consideraciones para la utilización de tecnologías avanzadas de máquinas herramientas en las industrias mecánicas y de transformación de los metales

Las modificaciones que están transformando las máquinas herramientas han de considerarse desde la perspectiva más amplia de las modificaciones del principal condicionante de la competencia industrial en el mundo 60/. En el pasado la competitividad venía principalmente determinada por la diferencia de los factores de producción (capital, trabajo, materias primas). Sin embargo,

---

57/ Electronics Korea, septiembre de 1989.

58/ Chudnowski and Groisman, 1987.

59/ R.R. Lima: "Implementing the Just in Time production system in the Brazilian car component industry" IDS Bulletin 1989, vol. 20, nx4 1989, págs. 14 a 18.

60/ ONUDI: New technologies and global industrialization, prospects for developing countries, Subdivisión de Estudios Regionales y de Países, División de Políticas y Perspectivas Industriales. PPD.141. Noviembre de 1989.



con el creciente proceso de globalización han disminuido las diferencias relacionadas con los factores de producción y el principal origen de la competitividad se desplaza a la capacidad tecnológica de elaborar nuevos productos y procesos para satisfacer las necesidades en rápida evolución de los mercados.

La competitividad se ha convertido en la palabra clave y mientras que los salarios bajos ya no constituyen un factor decisivo, la flexibilidad de la producción, la diversificación de la calidad según los clientes, y el plazo total de entrega se han convertido en los factores de competitividad más importantes en industrias tales como la electrónica, los vehículos de motor, los componentes de automóviles y cada vez más en otras industrias mecánicas en las que las tasas de renovación de los productos suelen ser más elevadas.

Estas modificaciones de la situación comercial han llevado a las empresas industriales de los países industrializados a:

- dotarse de equipo flexible (MHCM, CFF y SFF): como se ha expuesto, la mayor difusión de este tipo tendrá lugar durante el próximo decenio;
- adoptar nuevas prácticas de fabricación, tales como la ingeniería paralela (para una mayor colaboración entre el diseño y la producción), "justo a tiempo" para evitar la acumulación de existencias inactivas.

Estas modificaciones tendrán importantes consecuencias en las industrias mecánicas de los países en desarrollo, especialmente en sectores tales como la aeronáutica, la industria de máquinas herramientas, material de transporte y de algunos componentes de automóviles y equipo general tales como bombas. Esta nueva presión de la competitividad que se experimenta en los mercados de exportación se dejará sentir cada vez con mayor intensidad en los mercados internos, debido a las medidas de liberalización de las importaciones <sup>61/</sup>.

Los países en desarrollo tendrán que adaptarse a esta evolución, lo cual suscita diversas cuestiones. La cuestión de la influencia en el empleo no deja de ser ficticia ya que no han sido importantes las pérdidas ocasionadas por el CN mientras que sí lo serán las que experimenten los países que no consigan reajustarse.

En algunas esferas en que la principal preocupación es la calidad del producto (herramientas de precisión, instrumentos profesionales), la maquinaria MCN se ha convertido de hecho en una norma industrial y en otras el verdadero problema de los países en desarrollo es conseguir competitividad mundial mediante la mejora de las prácticas de fabricación.

## 2.1 Automatización industrial en los países en desarrollo

Pese a que la difusión de las técnicas de automatización flexible constituye una amenaza para los países en desarrollo, no debe considerarse que

---

<sup>61/</sup> Debido a las medidas de liberalización de las importaciones adoptadas en un número cada vez mayor de países, las empresas industriales locales se encuentran expuestas a la competencia extranjera.

la solución automática es invertir en soportes físicos. En un gran número de estudios monográficos organizados en países industrializados se llega a la conclusión de que no es probable que la decisión de invertir en equipo de automatización flexible produzca todos los resultados esperados si no va precedida o acompañada de una modificación paralela de la organización: "todo lo que se consigue cuando se introduce una computadora en una organización caótica es un caos informatizado" 62/.

El primer paso para la automatización industrial ha de ser la reorganización de la fábrica y la empresa.

## 2.2 Cambios en la organización

El equipo avanzado es una solución sólo y cuando se cumplan algunos de los requisitos previos como son la mejora de la gestión y la organización de la producción: "no adquirimos un sistema de fabricación flexible, nos convertimos en un sistema de fabricación flexible" 63/. Gran parte de los beneficios de la inversión en automatización flexible deriva de los cambios estructurales, como han subrayado claramente diversos autores 64/, lo que sugiere que esas innovaciones estructurales son en realidad un programa separable de los cambios técnicos y puede eliminar la necesidad de adquirir soportes físicos.

La estrategia encaminada a la automatización industrial debe seguir un enfoque escalonado 65/, empezando con una reorganización dirigida a aumentar la productividad y la flexibilidad; se introducirían cambios en el trazado de la fábrica, el desarrollo de los conocimientos prácticos, la adopción de nuevas disposiciones laborales, la planificación y la fijación de tiempos de fabricación y el control de la producción. Para pasar progresivamente del sistema de fabricación tradicional a la fabricación avanzada a nivel de fábrica puede establecerse una isla de fabricación autónoma 66/ para un grupo determinado de piezas. En este grupo pueden combinarse las máquinas convencionales y las máquinas CN para realizar distintas operaciones de maquinado, mientras que con ayuda de computadoras se consigue mejorar al máximo la planificación en el control de la producción, el movimiento de

---

62/ In John Bessant and Howard Rush: Integrated manufacturing Technology Trends, Series N° 8 IPCT.70, ONUDI, octubre de 1988.

63/ Bessant Integrated Manufacturing, ONUDI, 1987.

64/ Informe final de la Reunión de Expertos Internacionales sobre un Programa Regional de Automatización Industrial del Sector de Bienes de Capital de América Latina, Viena, 27 y 28 de noviembre de 1989, ONUDI y también K. Hoffman: Technological advance and organizational innovation in the engineering industry, Industry and Energy Department Working Paper, Industries Series Paper No. 4, Banco Mundial.

65/ Cómo propugnaron los participantes en la Reunión del Grupo de expertos sobre automatización industrial (ONUDI, noviembre de 1989).

66/ Concepto propuesto por UNIDO/DIO/ENG en un gran proyecto en curso sobre máquinas herramientas en China.

materiales y las secuencias de las operaciones. El concepto incluye asimismo la gestión de herramientas y el mantenimiento de maquinaria y accesorios. El establecimiento de una de estas islas requiere una primera inversión relativamente reducida y el procedimiento puede reproducirse fácilmente para otros grupos de piezas dentro de la misma o de otras fábricas. Al mismo tiempo puede pasarse de las máquinas herramientas convencionales a las máquinas herramientas MCN conforme se vaya disponiendo de fondos para invertir, mano de obra y expertos cualificados.

La reorganización debe traspasar los límites de la empresa adoptando una política adecuada de subcontratación que permita aumentar la flexibilidad como se expuso en los ejemplos de Italia y el Japón 67/.

### 2.3 Adquisición de soportes físicos

Entre las opciones de automatización industrial que se ofrecen figuran las máquinas CN, las células de fabricación flexible y los sistemas de fabricación flexible. Debe tenerse en cuenta que la inversión por pieza de trabajo en máquinas complejas como los SFF o los CFF puede fácilmente situarse en torno a los 500.000 dólares EE.UU. 68/. Para la mayor parte de los expertos, las MHCN son las más interesantes para los países en desarrollo, ya que pueden considerarse que son tecnologías maduras. La menor necesidad de personal especializado 69/ es un fuerte argumento en su favor. Las pruebas de que se dispone sugieren que si los países en desarrollo emplean ya eficientemente las máquinas herramientas convencionales, pocos serán los problemas insuperables en materia de personal especializado a que tengan que hacer frente al utilizar máquinas herramientas CN, pese a que los costos de capital, la disponibilidad de expertos, los mercados protegidos y la disponibilidad de proveedores puede presentar limitaciones.

La inversión en CN debe analizarse cuidadosamente: la adquisición de una CN es cara, tres veces el precio de una máquina herramienta convencional, y las consecuencias de una avería pueden ser desastrosas 70/. Al seleccionar una máquina CN deben tenerse en cuenta factores económicos como son el costo fijo de preparación de la máquina, los costos variables (costos de trabajo y de capital) y la reparación y el mantenimiento, pero además la diversidad de los productos, el tamaño de la serie, y la tasa de utilización.

---

67/ En estos dos países la existencia de una red amplia y flexible de empresas de subcontratación parece guardar estrecha relación con el alto nivel de difusión de las MHCN (véase II).

68/ K.H. Ebel: Computer integrated manufacturing. the social dimension, OIT, 1990.

69/ Qué debe evaluarse al tener en cuenta la mayor especialización del personal de reparación y mantenimiento.

70/ En el caso de un taller de herramientas equipado con máquinas convencionales existe la posibilidad de sustitución entre máquinas, mientras que frecuentemente la nueva instalación solamente estará equipada con una sola máquina CN.

Una de las principales ventajas de las máquinas herramientas CN es la flexibilidad. Sin embargo, la flexibilidad no se obtiene automáticamente 71/. Pese a que las máquinas CN permiten economías de cobertura, la experiencia de las empresas medias de los países industrializados muestra que en muchos casos se utiliza equipo flexible para fabricar un grupo de componentes similares. Se organiza una fábrica para producir componentes específicos, pero para aprovechar las ventajas de la flexibilidad de las máquinas herramientas CN ha de efectuarse una evaluación tecnológica de la fábrica e introducir cambios estructurales que pueden resultar costosos.

La falta de preparación de la empresa, la publicación de resultados teóricos que no han sido comprobados, la falta de capacitación y la falta de dominio de la tecnología ha llevado en muchos casos a amargas experiencias en los países industrializados. En muchos casos la introducción de equipo de automatización flexible no ha va a tener compensaciones financieras.

La inversión en máquinas herramientas CN debe analizarse muy cuidadosamente de acuerdo con directrices comprobadas en la práctica y para asesorar a las empresas industriales de los países en desarrollo deben fomentarse los servicios de consultoría mediante asociaciones comerciales o centros técnicos.

3. Elementos de la cooperación regional e internacional en la producción y utilización de máquinas herramientas

Para evitar la limitación que suponen los mercados nacionales podrían fomentarse esquemas de cooperación regional como en el caso de la cooperación comercial entre la Argentina y el Brasil. También deben explorarse las oportunidades que ofrecen los esquemas de cooperación Norte-Sur-Sur. Su finalidad ha de ser la producción de piezas de máquinas herramientas en distintos países que posteriormente serían montadas en cada uno de los países y en parte vueltas a exportar a los países industrializados. Se tiene ya experiencia en este tipo de cooperación Norte-Sur-Sur en el caso de máquinas herramientas convencionales 72/ y se procede en la actualidad a la evaluación previa de un esquema semejante en la industria de vehículos de motor 73/.

---

71/ P. Padilla: "Amelioration de la productivite d'exploitation des centres d'usinage et de tournage", CETIM informations Nx108, diciembre de 1988.

72/ Cooperación entre Marruecos, Túnez y un fabricante francés, C3M, para producir máquinas herramientas convencionales (de transformación de metales y de transformación de la madera).

73/ TOYOTA en el caso de algunos países de la ASEAN (Malasia, Filipinas y Tailandia).

La cooperación internacional debe centrarse en la capacitación <sup>74/</sup> y la comunicación de experiencias sobre los problemas que plantea la difusión de la automatización industrial. Otra esfera de cooperación internacional es la falta de normas, lo que constituye uno de los principales obstáculos para que los países en desarrollo compren máquinas herramientas CN. Deben proseguirse los esfuerzos para conseguir normas internacionales (y abiertas) para las máquinas herramientas CN.

---

<sup>74/</sup> En el contexto de la reestructuración de los institutos de capacitación que subrayará la importancia de la utilización de máquinas herramientas de control numérico, el Ministerio de Educación, junto con el Ministerio de Cooperación, ha elaborado un plan para enviar máquinas herramientas convencionales a las escuelas de capacitación africana (Le Monde, 27 de febrero de 1990).