



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

10457 - S

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Distr.
LIMITADA
UNIDO/IS.225
27 abril 1981
ESPAÑOL
Original: INGLÉS

MINICENTRALES HIDROELECTRICAS

(Manual para responsables de las decisiones)*

PREPARADO CONJUNTAMENTE POR

EL PROGRAMA DE TECNOLOGIA DE LA ONUDI

Y

LA ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA (OLADE)

6 201

* Edición provisional de un documento de la ONUDI que se publicará en la serie Desarrollo y transferencia de tecnología.
El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

Prefacio

El desarrollo de fuentes de energía nuevas y renovables ha pasado a ser una cuestión prioritaria en muchos países de todo el mundo. En particular, se está prestando mayor atención a la creación de microcentrales hidroeléctricas, minicentrales y otras centrales de pequeño tamaño que, en determinadas circunstancias, pueden contribuir al desarrollo industrial y económico de zonas rurales y remotas.

En lugares en que se dispone de escasa energía hidroeléctrica las minicentrales hidroeléctricas (MCH) constituyen una fuente fácilmente accesible de energía renovable. Se sirven de tecnologías probadas que en muchos casos sólo requieren una adaptación y reducidas inversiones y evitan unos costos de transmisión excesivos.

Como parte de su programa de acción para la búsqueda de la tecnología industrial apropiada, la ONUDI ha participado activamente en la promoción de la construcción y utilización de MCH en los países en desarrollo. Ha organizado tres proyectos relativos a este tema:

1. Un viaje de estudios de un grupo a la República Popular de China en la esfera de las centrales hidroeléctricas pequeñas y medianas del 14 de mayo al 2 de junio de 1979;
2. Un seminario-curso práctico sobre el intercambio de experiencias y la transferencia de tecnología relativas a minicentrales hidroeléctricas, en Kathmandú, Nepal, del 10 al 14 de septiembre de 1979, y
3. Un segundo seminario-curso práctico/guía de estudios sobre desarrollo y aplicación de la tecnología para pequeños generadores hidroeléctricos, del 17 de octubre al 2 de noviembre en Hangzhou, República Popular de China, y del 3 al 7 de noviembre de 1980 en Manila, República de Filipinas.

El seminario-curso práctico del Nepal recomendó que la ONUDI alentara la preparación de manuales de orientación para la construcción de minicentrales hidroeléctricas en los países en desarrollo.

Como primera medida se ha creído útil preparar un manual sobre las MCH para orientación de cuantas personas adoptan decisiones en esta esfera, tanto a nivel estatal central y regional como en la planificación y aplicación de los proyectos. El manual pretende servir de instrumento de trabajo para facilitar la toma de decisiones sobre el establecimiento de minicentrales hidroeléctricas y la formulación de unos principios globales y coherentes y del programa correspondiente.

El presente manual se ha podido preparar gracias al sostén financiero del Organismo Sueco de Desarrollo Internacional (SIDA).

El manual ha sido preparado por cuenta de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), bajo la dirección general de su Secretario Ejecutivo el Sr. G. Rodríguez Elizarraras, por el siguiente grupo de expertos suyos: Sr. C.A. Hernández, Sr. L.E. Machado y Sr. L.A. Suárez, actuando de coordinador técnico el Sr. Enrique Indacochea, jefe del Programa Regional sobre las Minicentrales Hidroeléctricas. También han contribuido al manual el Sr. Guo Ruizhang, ingeniero jefe de la Dirección de Conservación del Agua, Shanghai, y el Sr. Thovild Persson, VAST, Suecia.

Es de esperar que el presente manual resulte un libro de consulta práctico y útil para quienes participan en la construcción y utilización de pequeños generadores hidroeléctricos. No obstante, debe ser considerado como un primer volumen que se actualizará y ampliará en el futuro para incrementar su utilidad. Se acogerá con agrado toda idea o propuesta constructiva a este respecto.

INDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION	3
3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS MCH	17
4. COMPARACION CON OTROS SISTEMAS	19
4.1 Extensión de redes existentes	19
4.2 Grupos térmicos	22
4.3 Otras fuentes renovables de energía	24
a) Energía solar directa	24
b) Energía eólica	25
c) Biogás	25
d) Energía geotérmica	25
5. DESARROLLO DE LAS MCH	26
5.1 Perspectivas de aplicación	26
5.2 Organización del planeamiento y de la programación	31
5.3 Evaluación global de los recursos y la demanda	38
a) Inventario de las MCH existentes	42
b) Identificación y clasificación de cuencas y subcuencas	44
c) Identificación de microrregiones y localidades aisladas	45
d) Zonas o microrregiones a las que se ha de dar prioridad para efectuar una evaluación global	46
e) Evaluación global de los recursos de cada zona	50
1) Hidrología	50
2) Ecología	52
3) Geología	52
4) Geomorfología	53
5) Geotecnia	53
6) Disponibilidad de agregados	54
f) Evaluación global de las necesidades y la demanda económica de energía de cada zona	54
g) Identificación de proyectos específicos	56
h) Establecimiento preliminar de prioridades de los proyectos	57

INDICE (cont.)

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
5.4 Estudios de preinversión	61
a) Estudio de prefactibilidad/reconocimiento	63
b) Factibilidad	67
c) Ingeniería de detalle	68
5.5 Financiamiento	72
a) Líneas de crédito internacionales	75
b) Líneas de crédito nacionales	76
c) Aportes de los presupuestos del Estado o de empresas de desarrollo eléctrico	76
d) Aportes de la comunidad	76
e) "Fondo perdido" integral	77
f) "Fondo perdido" parcial	77
g) Recuperación integral de la inversión	77
5.6 Construcción y puesta en marcha	79
a) Revisión de estudios e inspección	81
b) Adquisición del equipamiento principal	81
c) Coordinación con la sección de financiamiento	81
d) Coordinación del apoyo comunal	81
e) Programa de construcción	82
f) Contratación de personal y organización del apoyo comunal	83
g) Excavación	85
h) Construcción	85
i) Instalación de equipos y sistemas eléctricos	86
j) Puesta en marcha y pruebas de aceptación	86
5.7 Explotación y mantenimiento	86
a) Dependencia directa de una empresa estatal o regional de servicio eléctrico	88
b) Empresa comunal de energía, que puede tomar la forma de empresa municipal, cooperativa u otro tipo de asociación	88
c) Empresa privada de energía	89
5.8 Necesidades de recursos humanos y capacitación	92
5.9 Síntesis del proceso de construcción de una MCH (Desde su planificación hasta su terminación)	99

INDICE (cont.)

<u>Capítul.</u>	<u>Página</u>
6. DESARROLLO DE CAPACIDADES TECNOLOGICAS	102
6.1 Evaluación de las capacidades tecnológicas	102
6.2 Equipos	104
a) Capacidad de fabricación	104
b) Desarrollo y adaptación de tecnología	106
c) Adquisición de tecnología	112
d) Importación de equipos	114
6.3 Desarrollo y adaptación tecnológicos para construcción	115
6.4 Lista de alternativas tecnológicas	116
a) Construcción	117
b) Equipos	120
7. COMO ABORDAR PROYECTOS ESPECIFICOS	126
7.1 Evaluación específica de la demanda y los recursos	126
a) Demanda	126
b) Recursos	128
7.2 Selección de tecnología para el proceso de desarrollo y diseño de MCH	128
a) Obras de toma	128
b) Canal de conducción	129
c) Desarenador - Cámara de carga	129
d) Tubería de presión	130
e) Casa de máquinas	131
7.3 Métodos de construcción	131
7.4 Selección de equipos	133
7.5 Explotación, mantenimiento y reparación	137
7.6 Costos	140
a) Costos unitarios de la inversión total en la MCH	140
b) Costos unitarios de los estudios de preinversión	143
c) Costos unitarios de equipamiento electromecánico	144
d) Costos unitarios de las obras civiles	147
8. COOPERACION INTERNACIONAL	150
8.1 Organizaciones internacionales a nivel mundial	150
8.2 Cooperación regional y subregional	152
8.3 Cooperación bilateral	154
8.4 Organizaciones no gubernamentales	155

INDICE (cont.)

	<u>Página</u>
ANEXOS	
A. BIBLIOGRAFIA	156
I. Referencias utilizadas en el Manual	156
II. Otras referencias	157
B. CALCULOS BASICOS	159
Estudio de la demanda	161
Estudio de los recursos	161
Selección del emplazamiento y diseño de las estructuras civiles	163
Selección del equipo	163
a) Selección del generador	163
b) Selección de turbinas	163
C. LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	166
FIGURAS	
1. Diagramas esquemáticos de minicentrales hidroeléctricas (MCH)	10
2. Presas	11
3. Plano general de bocatoma	12
4. Plano general de una cámara de carga típica	13
5. Turbinas de acción (impulso)	14
6. Turbinas de reacción	15
7. Casa de máquinas típica	16
8. Problemas y soluciones para el desarrollo de las MCH	18
9. Diagrama básico de relaciones entre los diversos órganos o secciones que intervienen en la construcción y explotación de una MCH	30
10. Órgano de planificación del desarrollo de las MCH	37
11. Modelo de una hoja de datos sobre MCH existentes	43
12. Formulario sobre datos relativos a la identificación de localidades aisladas y microrregionales	46
13. Sección de evaluación de los recursos y la demanda	60
14. Sección de realización de estudios y obras	71
15. Sección de financiamiento	78
16. Sección de explotación	91
17. Sección de capacitación	98
18. Diagrama de las operaciones necesarias para la construcción de MCH en gran escala	101
19. Sección de producción de equipos	105
20. Sección de desarrollo tecnológico	108

INDICE (cont.)

	<u>Página</u>
21. Secuencia típica de la ejecución de un proyecto concreto de investigación tecnológica relativa a equipo para MCH	109
22. Etapas en la formulación de un proyecto de investigación tecnológica sobre MCH	110
23. Indicadores de referencia de costos unitarios de inversión	142
24. Índice aproximado de variación de los costos de inversión en MCH a lo largo del tiempo	143
25. Costo del estudio como porcentaje máximo recomendado del costo total de proyecto, en función de la producción de la MCH	144
26. Costo por kW instalado equipo electromecánico importado	146
27. Costo por kW instalado del equipo electromecánico fabricado en el país con tecnología nacional	146
28. Costo por kW instalado de las obras civiles para MCH	149

1. INTRODUCCION

El objetivo principal del presente manual es servir como herramienta de trabajo de las personas que toman decisiones a diferentes niveles. Como sus principales usuarios potenciales no necesariamente poseerán una formación especializada de ingeniería, los elementos técnicos contenidos en él se han restringido a aspectos descriptivos y conceptos elementales, profundizando más bien en cuestiones de política, planeamiento y programación del desarrollo de las MCH, definición de las exigencias y potencialidades de ingeniería y tecnología, organización institucional y capacitación.

Conviene también señalar que en este manual, para cada aspecto del desarrollo de MCH, se proponen enfoques concretos y en algunos casos soluciones alternativas. Sin embargo, las soluciones óptimas pueden variar enormemente de país a país en función de las particularidades de su sistema socio-económico, organización política, nivel de desarrollo, e historia y cultura. Por lo tanto, las recomendaciones contenidas en el manual deben aplicarse tomando en consideración las condiciones específicas de cada país o región.

El manual comprende ocho capítulos. Los cuatro primeros contienen información general que incluye definiciones y clasificación de las minicentrales hidroeléctricas, sus ventajas y limitaciones para resolver a nivel nacional los problemas de energía y desarrollo industrial en zonas rurales y remotas, y una comparación de las MCH con otros sistemas energéticos.

En lo que respecta a la clasificación de las MCH, debe señalarse que en el momento de redactar el informe no existe ninguna clasificación unificada general reconocida de las MCH. Las diferentes organizaciones y los países aplican métodos distintos. Por este motivo, en el Capítulo 2 se presentan algunos sistemas de clasificación de las MCH, incluido el sistema propuesto en el seminario-curso práctico sobre el intercambio de experiencias y transferencia de tecnología relativas a minicentrales hidroeléctricas, celebrado del 10 al 14 de septiembre de 1979 en Kathmandú, Nepal.

En el Capítulo 5 se analiza e indica una metodología para el desarrollo de las MCH, comenzando por la evaluación de las posibles aplicaciones en una zona determinada, así como de los recursos y la demanda, con el fin de proporcionar a los que toman las decisiones una información útil sobre la explotación y el mantenimiento de las MCH.

Los Capítulos 5 y 6 constituyen el núcleo del manual y proponen una metodología para examinar las posibilidades de construir y utilizar las MCH en una zona dada y señalan varios aspectos que se deben tomar en consideración antes de adoptar una decisión definitiva.

El Capítulo 7 está destinado a los responsables de organizar y supervisar los proyectos y en él se examina el desarrollo de proyectos específicos de MCH.

El Anexo A contiene referencias bibliográficas que serán de utilidad para el lector que tenga interés en profundizar sus conocimientos sobre el tema, principalmente los aspectos técnicos.

En el Anexo B se presenta una aproximación simplificada al cálculo de una MCH, que podrá ser de interés para los lectores con una formación básica de ingeniería.

Aunque se considera que el enfoque del problema y las recomendaciones contenidos en el manual resultan particularmente aplicables a MCH con potencias inferiores a 1.000 kW, también pueden tomarse en consideración para los rangos de potencias mayores siempre que se tenga una idea clara de los límites de aplicación de algunos conceptos, principalmente en lo que respecta a las cuestiones de tecnología.

No está de más señalar que se habrá logrado cumplir uno de los objetivos del manual si con su lectura se llegara a transmitir claramente la idea de que una mini-central hidroeléctrica es algo más que una gran central hidroeléctrica a escala reducida.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

Una minicentral hidroeléctrica (M.C.H.) es una instalación donde se utiliza la energía hidráulica para generar reducidas cantidades de electricidad, por medio de uno o más conjuntos o grupos turbina-generador.

PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA M.C.H.	
LISTA DE CONTROL	DESCRIPCION
PRESA	Obra sobre el cauce principal del agua para el almacenamiento y/o elevación de su nivel. En una M.C.H. generalmente se emplea para la elevación de nivel una construcción sencilla. MATERIALES: hormigón, tierra, roca, madera, plásticos (o combinaciones).
OBRAS DE TOMA	Estructura para facilitar la entrada de agua al sistema de conducción. Puede ser sumergida o no. Para las M.C.H. puede ser de construcción permanente o artesanal. MATERIALES: hormigón, mampostería, piedra lanzada (construcción artesanal).
SISTEMA DE CONDUCCION	El transporte de agua desde la toma hasta la cámara de carga puede hacerse por medio de canal o túnel. En las M.C.H. es posible utilizar canales de regadío. CONSTRUCCION: con o sin revestimiento.
CAMARA DE CARGA	Estructura que facilita el ingreso del agua a la tubería de presión. MATERIALES: hormigón armado, hormigón pobre, asbesto-cemento, ferrocemento.
DESARENADOR	Sistema para evitar el ingreso de partículas sólidas en la tubería de presión (protección de la turbina). Puede instalarse como parte de la obra de toma o la cámara de carga (según caudal, terreno, materiales del canal).
REGULADOR DE VELOCIDAD	Servomecanismo que mantiene constante la velocidad de giro de la turbina y consecuentemente constante la frecuencia de la energía eléctrica generada. TIPOS: MECANICO: casi no se emplea. OLEO MECANICO: tipo convencional.

	<p>Eléctrico-electrónico con regulación de caudal. Eléctrico-electrónico con disipación de energía. Alternativa: Regulación manual.</p>
GENERADOR	<p>Máquina eléctrica que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. TIPOS: ALTERNADOR: generador sincrónico; el más frecuentemente empleado en las M.C.H. GENERADOR ASINCRONO: motor eléctrico invertido.</p>
TRANSFORMADOR	<p>Máquina eléctrica para variar la tensión (voltaje) que permite el transporte de energía a distancia y su aprovechamiento a los voltajes requeridos.</p>
ACCESORIOS ELECTROMECAVICOS	<p>Válvula principal (compuerta o esférica). Transmisión turbina-generador, por acoplamiento directo o por sistemas de transmisión (cajas en 'V', cadenas, engranajes). Instrumentación hidráulica (manómetro). Pararrayos.</p>
LINEA DE TRANSMISION	<p>En las M.C.H. se emplean bajas y medias tensiones (voltajes) para transmitir la energía eléctrica desde la planta al punto de consumo.</p>
ACCESORIOS DE OBRAS CIVILES	<p>Rejillas (control de sólidos), compuertas, vertederos, etc.</p>
CHIMENEA DE EQUILIBRIO	<p>Estructura para compensar sobre presiones. En las M.C.H. no es muy frecuente su utilización, dependiendo del salto, longitud de tubería, velocidad del agua en el tubo, material de la tubería y tiempo de cierre de la válvula principal. Puede formar parte de la cámara de carga.</p>
TUBERIA DE PRESION	<p>Tubería que transporta el agua desde la cámara de carga hasta la turbina.</p>
CASA DE MAQUINAS	<p>Estructura que aloja los grupos generadores así como los demás equipos electromecánicos.</p>
CANAL DE FUGA	<p>Estructura de conducción que restituye el agua de la casa de máquinas a la fuente de donde fue tomada o a otra vecina.</p>

TURBINA

Motor hidráulico que convierte la energía del agua (salto o caída y caudal) y la convierte en energía mecánica. TIPOS:

PELTON: máquina de impulso con chorro libre empleada para caídas elevadas; bajo costo.

MICHEL BANKI: máquina de impulso y flujo transversal, empleada para caídas medianas; bajo costo, poca eficiencia.

FRANCIS: máquina de reacción (opera llena de agua), empleada para caídas medianas; costo elevado, alta eficiencia.

AXIALES: máquinas de reacción (variante: hélice, Kaplan (hélice regulable), tubo, bulbo, etc.), empleadas para bajas caídas.

Alternativa:

RUEDA DE AGUA: no es una turbina; bajo costo, baja eficiencia, posible construcción artesanal, lenta, aprovecha pequeñas caídas.

La potencia que se puede generar (medida en kilowatios) es igual a la disponible en el agua luego de descontar las pérdidas de eficiencia que ocurren en cada elemento que integra el sistema de una MCH y es proporcional al producto del salto neto y el caudal.

SALTO BRUTO: Diferencia de nivel desde la superficie libre del agua en el punto más alto aprovechable hasta el nivel inferior de su utilización por la turbina MEDIDA: METROS (m).

SALTO NETO: Equivale al salto bruto menos las pérdidas hidráulicas en los diferentes elementos de conducción hasta la turbina MEDIDA: METROS (m).

CAUDAL: Cantidad de agua (volumen) aprovechado por unidad de tiempo MEDIDA: METROS CUBICOS POR SEGUNDO (m³/s).

Las MCH pueden clasificarse según diversos criterios; no es conveniente proponer esquemas únicos de clasificación, no sólo por la presencia de elementos arbitrarios propios de toda clasificación, sino porque las clasificaciones pueden responder a las características propias y grado de desarrollo de cada país.

Los sistemas que se presentan a continuación tienen un carácter orientativo que se podrá tomar en cuenta para definir criterios aplicables para cada país o región.

a) Según potencia y salto.

Presentamos dos esquemas:

País u organización		Micro central hidroeléctrica (kW)	Mini-central hidroeléctrica (kW)	Pequeña central hidroeléctrica (kW)
ONUUDI	Kathmandú Seminario	hasta 100	100-1000	
	Hangzhou-Manila Seminario	hasta 100	101-2000	2001-10000
China	por la central por la capacidad instalada			hasta 6000 hasta 12000
Filipinas				hasta 5000
Perú		5-50	51-500	500-5000
Rumania				5-5000
Tailandia*			hasta 1000	
Turquía*		0-100	101-1000	1001-5000
Estados Unidos				hasta 20000
Suecia				100-1500
Comité Preparatorio de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables (Grupo sobre energía hidroeléctrica)		hasta 1000		1001-10000

* Clasificación no tan clara.

SISTEMA PROPUESTO POR OLADE PARA LA REGION LATINOAMERICANA Y EL CARIBE				
	RANGO DE POTENCIA (kW)	SALTO (m)		
		BAJO	MEDIO	ELEVADO
Microcentrales hidro-eléctricas	hasta 50	menos de 15	15-50	más de 50
Minicentrales hidro-eléctricas	50-500	menos de 20	20-100	más de 100
Pequeñas centrales hidroeléctricas	500-5000	menos de 25		más de 130

NOTAS:

- Los saltos bajo, medio y elevado corresponden aproximadamente al empleo típico de turbinas axiales, Francis o Michell-Banki y Pelton, respectivamente.
- La denominación "pequeñas centrales hidroeléctricas" también corresponde al conjunto de centrales con potencias inferiores a 5000 kW.

Los valores límite de potencias y saltos que se adopten en cualquier clasificación son indicativos solamente, debiendo evitarse aplicaciones rigurosas de estos valores.

También merece mencionarse que para muy reducidas potencias, generalmente inferior a 5kW, y donde el recurso hidráulico y las características del país lo justifiquen es posible el empleo de ruedas hidráulicas, principalmente en aplicaciones de energía mecánica directa.

b) Según la captación

- A filo de agua (toma lateral desde un cauce principal);
- Con embalse o represa.

c) Según su regulación

- Regulable (control del caudal al ingreso de la turbina); a su vez puede ser manual o automática
- De carga constante, sea por la naturaleza propia de la carga o por la disipación del exceso de energía.

d) Según su vinculación con el sistema eléctrico

- Centrales aisladas

- Centrales integradas a pequeños sistemas eléctricos
- Centrales integradas a grandes redes zonales o nacionales.

e) Según su concepción tecnológica

Es una clasificación indicativa referida a la naturaleza de los principales elementos tecnológicos de una central.

- Centrales con tecnologías convencionales. Esto implica obras civiles de calidad en la toma, canal y cámara de carga; desarenado en toma, tubería de acero, equipo electromecánico de alto costo y construido con los más exigentes criterios de materiales y procesos de fabricación, tableros ampliamente instrumentados.
- Centrales con tecnologías no convencionales. Frecuentemente emplean tomas de canales de riego existentes que son mejoradas; la cámara de carga instalada en línea sobre el canal incluye el desarenador; equipos electromecánicos diseñados y construidos con tecnologías adecuadas al nivel de desarrollo industrial del país y a la disponibilidad de materiales nacionales, equipos estandarizados, tableros modulares y con un mínimo de instrumentación.

FIGURA 1. DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE MINICENTRALES HIDROELECTRICAS (MCH)

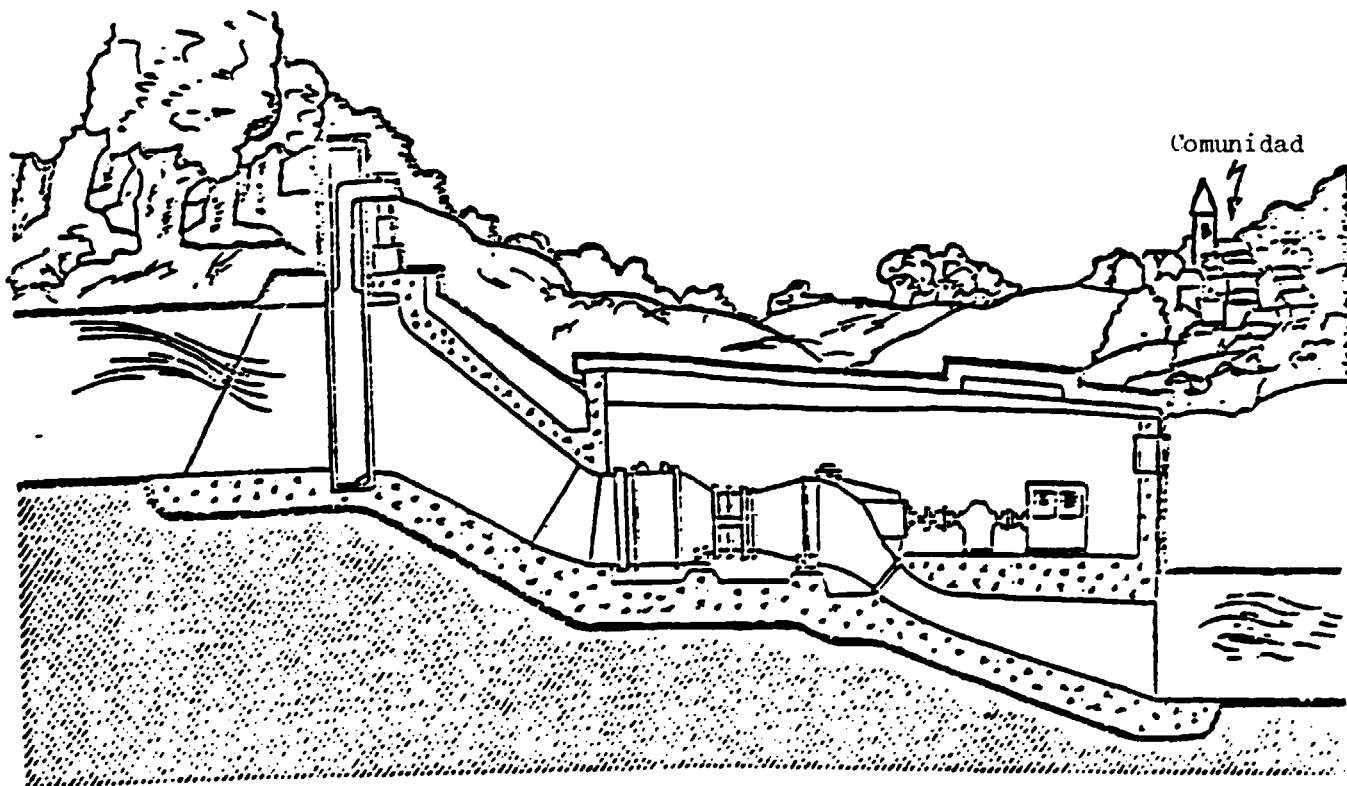
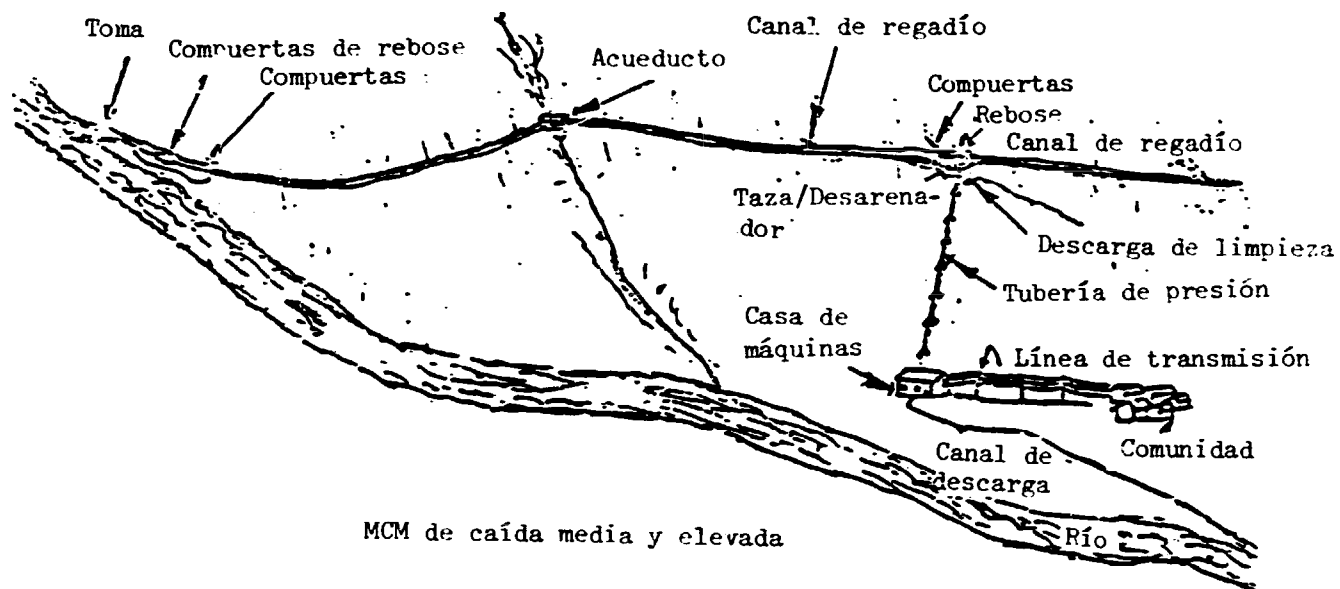


FIGURA 2. PRESAS

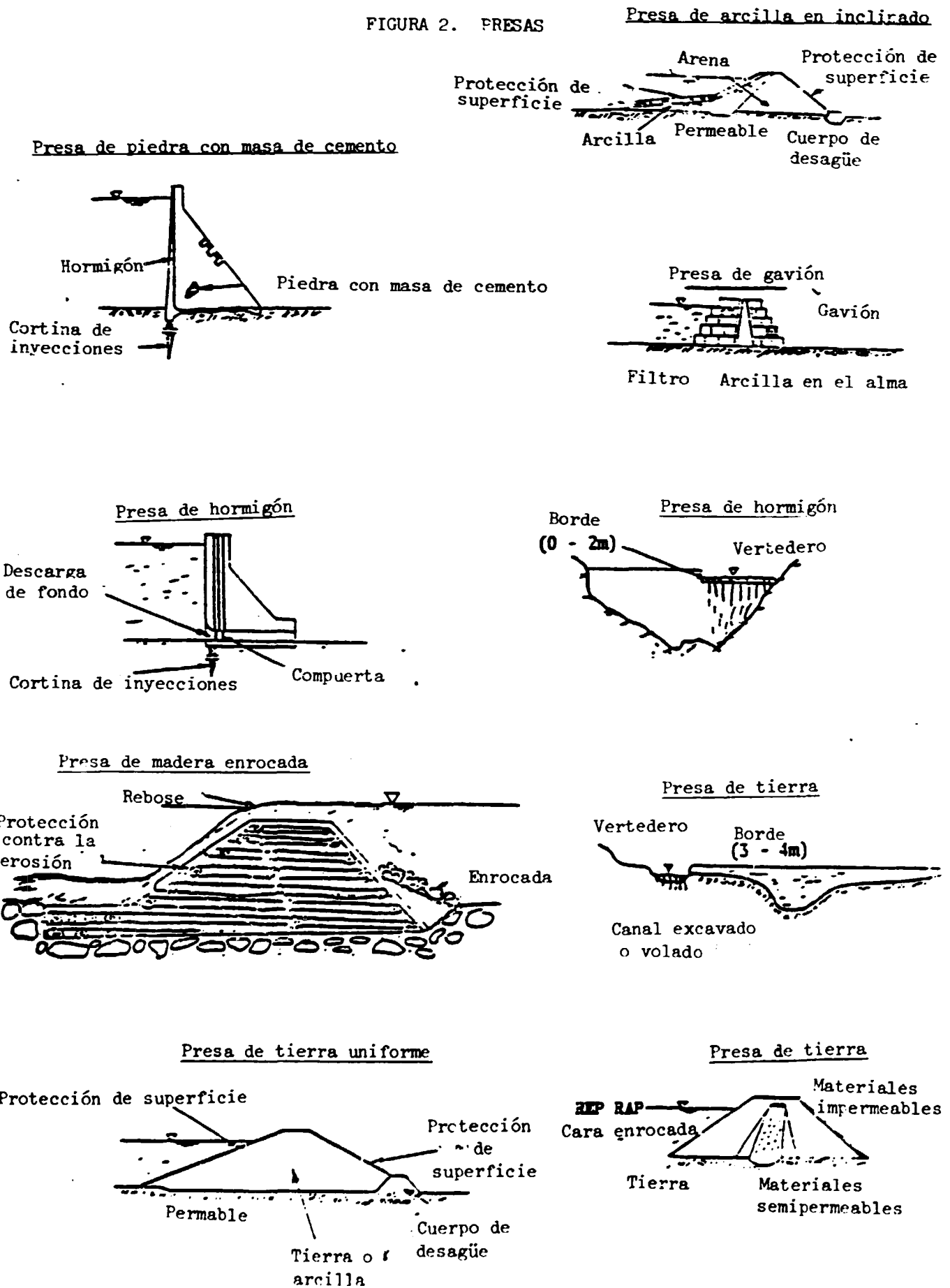
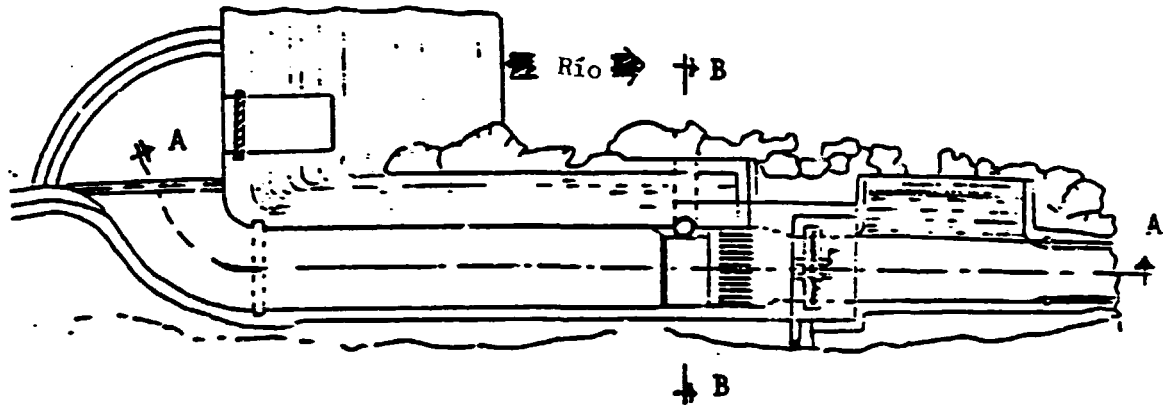
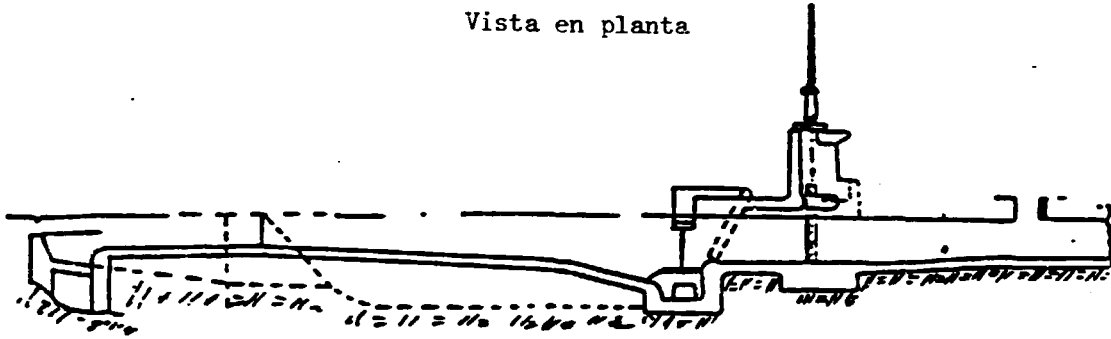


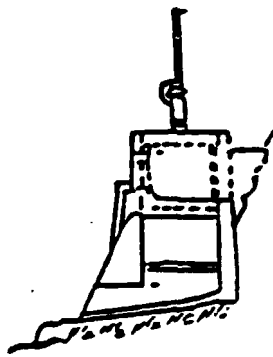
FIGURA 3. PLANO GENERAL DE BOCATOMA



Vista en planta

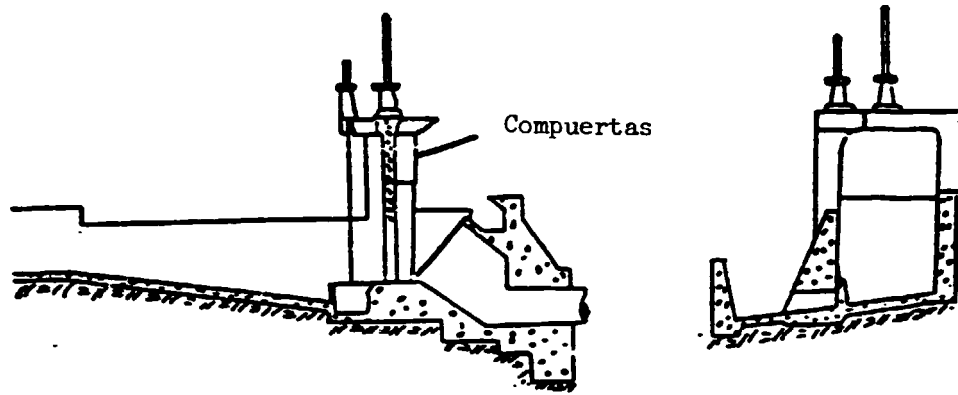


Corte (A-A)



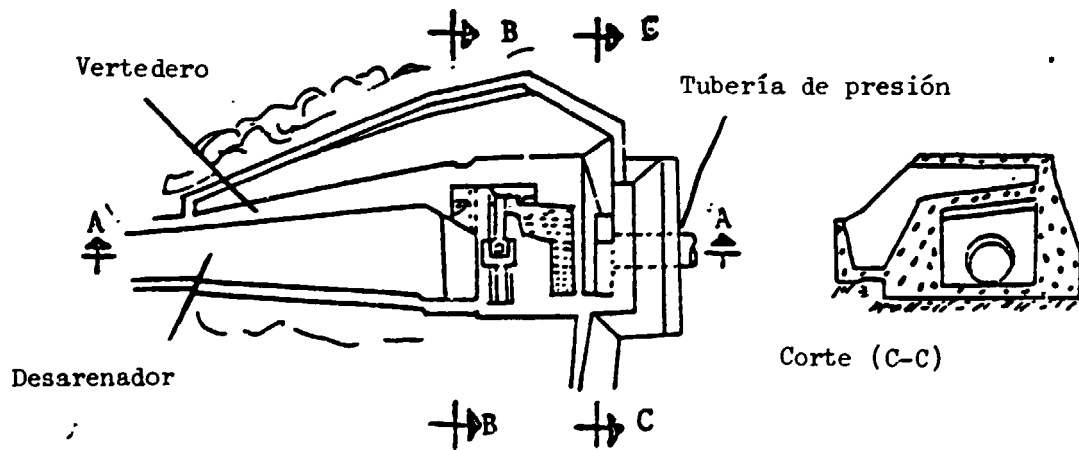
Corte (B-B)

FIGURA 4. PLANO GENERAL DE UNA CAMARA DE CARGA TIPICA



Corte (A-A)

Corte (B-B)



Desarenador

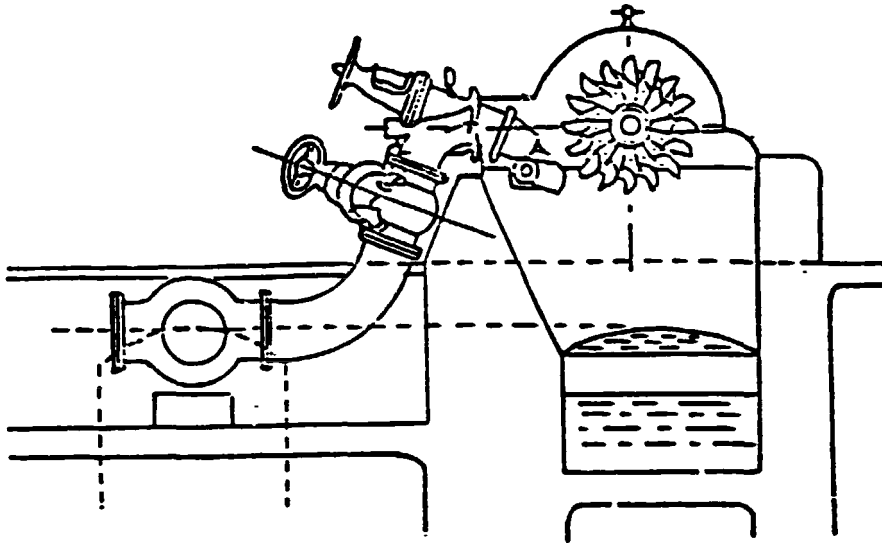
Vertedero

Tubería de presión

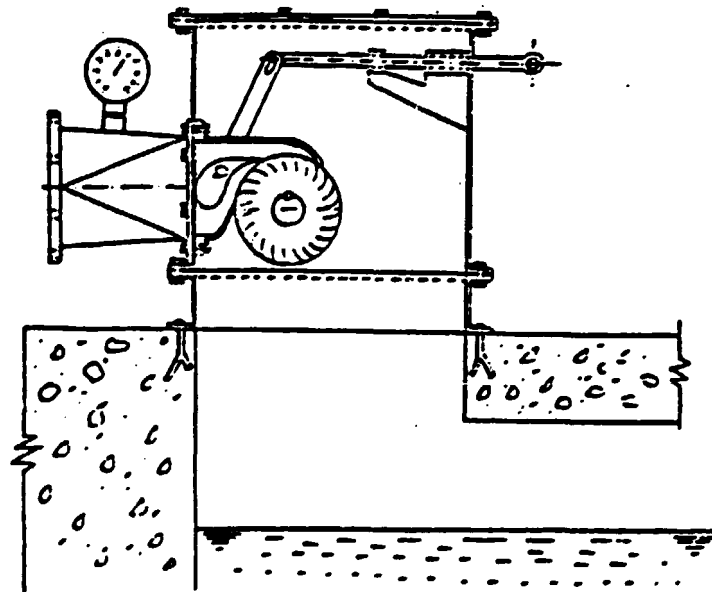
Vista en planta

Corte (C-C)

FIGURA 5. TURBINAS DE ACCION (impulso)

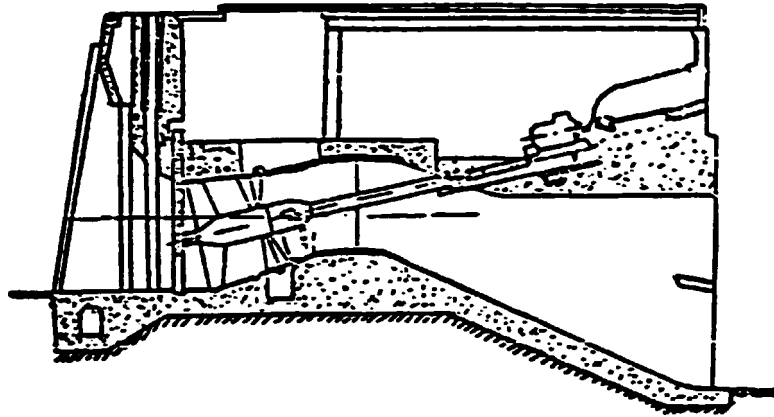


TURBINA PELTON

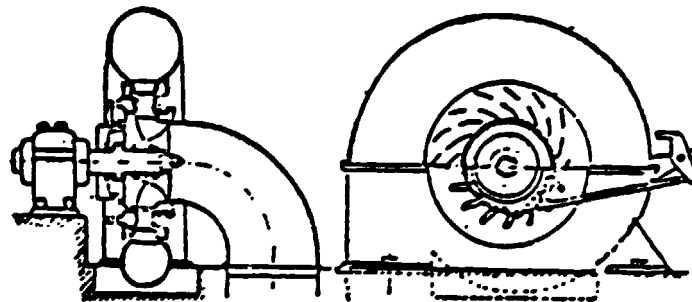


TURBINAS MICHELL BANKI

FIGURA 6. TURBINAS DE REACCION

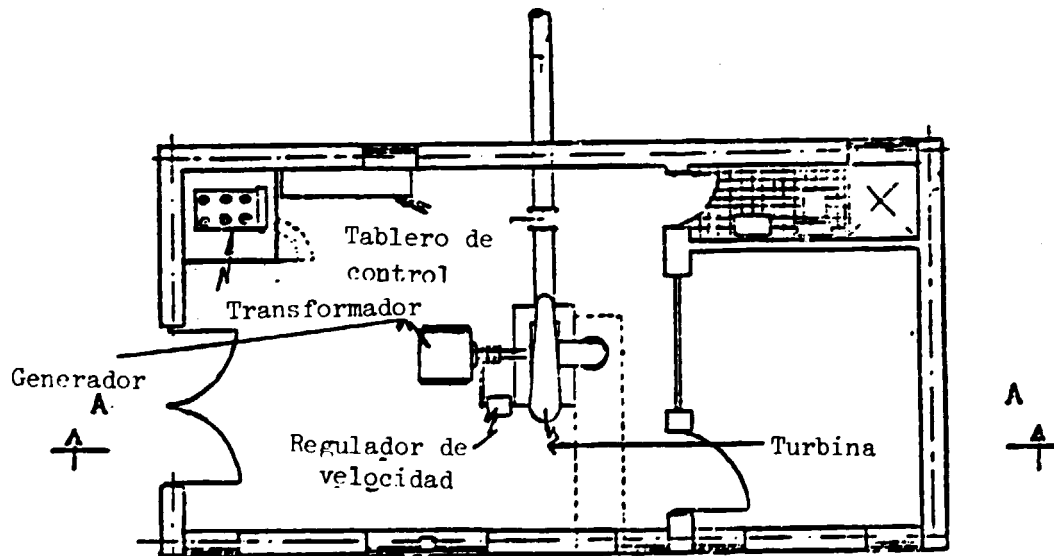
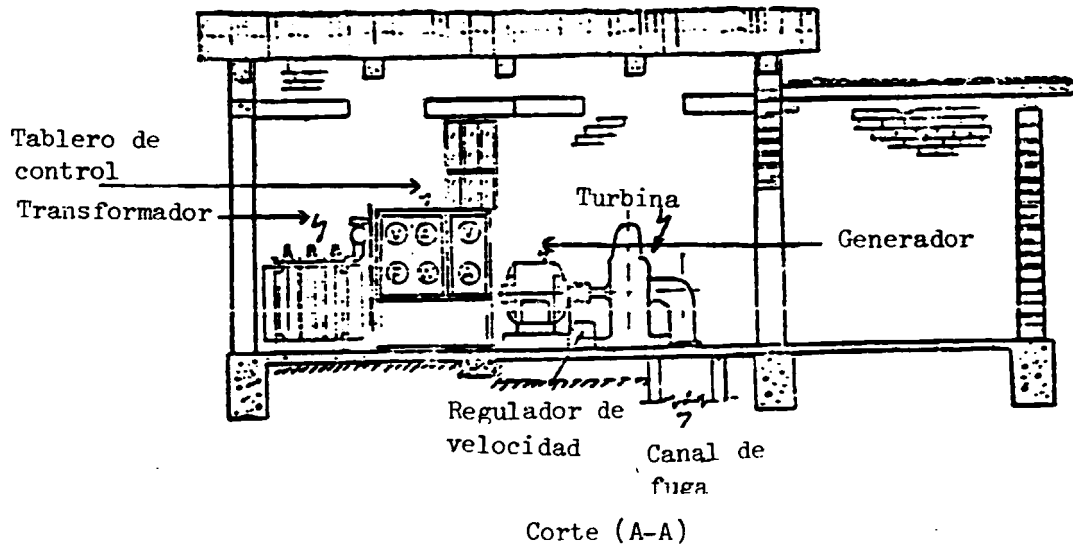


TURBINA KAPLAN



TURBINA FRANCIS

FIGURA 7. CASA DE MAQUINAS TIPICA



3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS MCH

El máximo aprovechamiento de las ventajas propias de las MCH y la superación de sus limitaciones constituye en sí uno de los principales elementos de una política de desarrollo de esta fuente energética. A continuación señalamos algunos de los aspectos más destacados, los cuales no deben tomarse con un criterio absoluto.

VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none">- Solución de problemas de costos crecientes y dificultades en el abastecimiento de combustible, principalmente en zonas rurales y aisladas.- Elemento de impulso al desarrollo económico y social y cultural en el medio rural.- Tecnologías disponibles que sólo requieren adaptación a condiciones concretas y para reducir costos.- Reducido costo de explotación.- Reducido costo y simplicidad en el mantenimiento.- Larga vida útil.- Impacto ambiental reducido o nulo; mejor control del sistema hidráulico.- Puede compatibilizarse con el uso de agua para otros fines (riego, agua potable, etc.) mejorando el esquema de inversiones.	<ul style="list-style-type: none">- Requieren elevadas inversiones unitarias por kW instalado.- Estudios costosos, aun estableciendo requerimientos mínimos.- Aplicación condicionada a la disponibilidad de recursos hidroenergéticos en la proximidad de los puntos de demanda.- Es necesario resolver eventuales contradicciones en las prioridades del uso del agua, principalmente con respecto al riego.- La producción de energía puede verse afectada por condiciones meteorológicas y estacionales.- Su continuidad operativa depende de las características tecnológicas de las instalaciones, de una adecuada base económico-productiva para el aprovechamiento de la energía generada y de adecuados esquemas institucionales para la administración, explotación y mantenimiento.

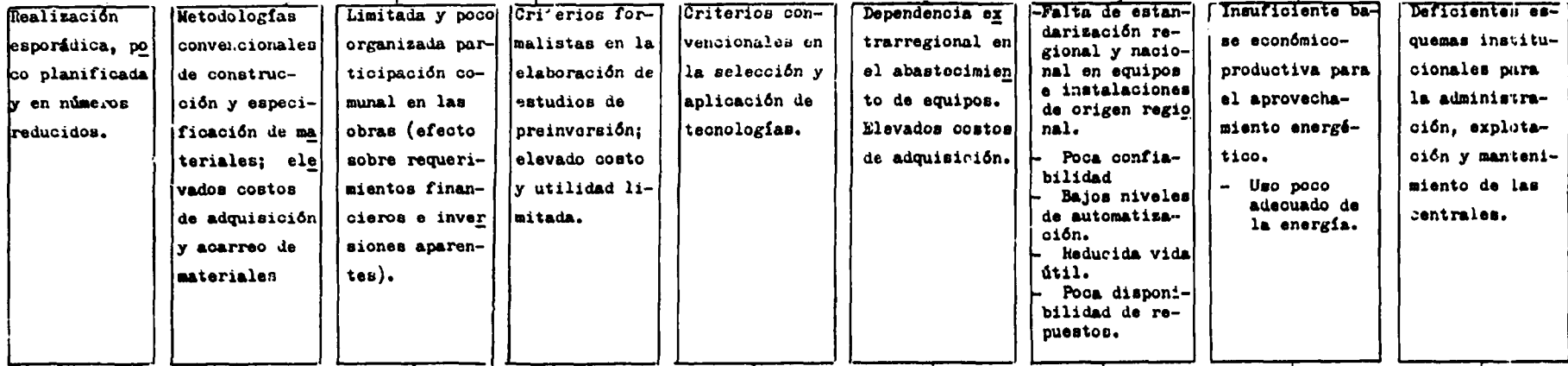
Las ventajas propias de las MCH determinan enormes perspectivas de aplicación; sus desventajas se pueden sintetizar en dos problemas fundamentales: la inversión requerida por kW instalado y las perspectivas de continuidad operativa de las plantas instaladas. En la figura 8 se presentan en forma esquemática las causas que están en la base de los problemas mencionados y se esbozan algunas de las soluciones posibles que deberán contemplarse al definir las políticas de desarrollo.

PROBLEMAS

ELEVADA INVERSIÓN
POR KW INSTALADO

DEFICIENTES PERSPECTIVAS
DE CONTINUIDAD OPERATIVA

CAUSAS



SOLUCIONES

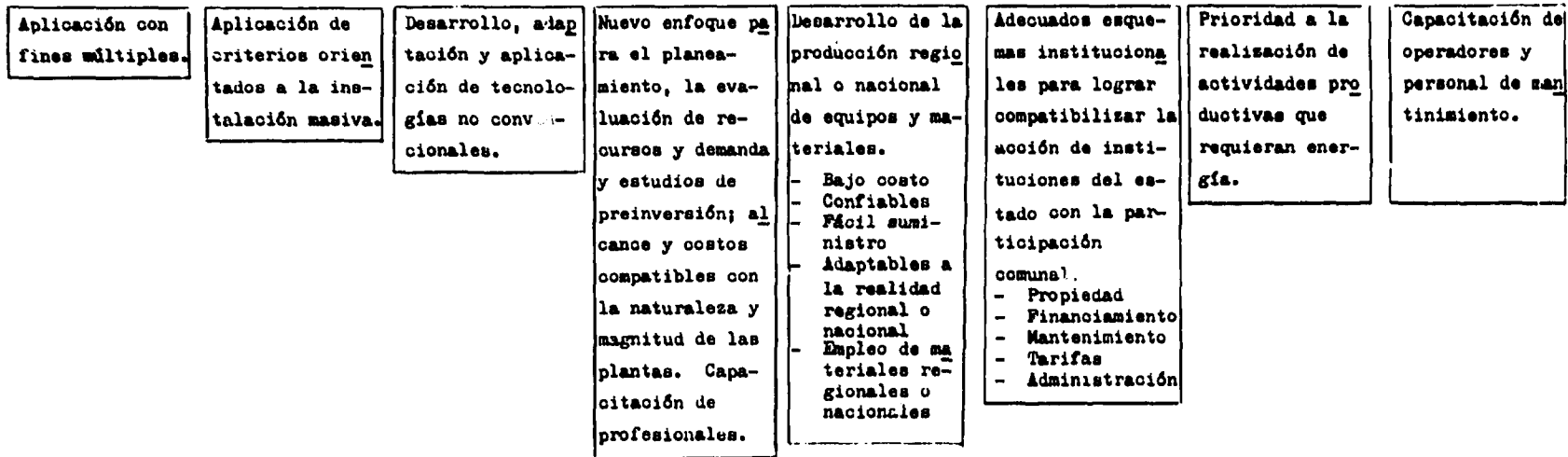


Figura 8. Problemas y soluciones para el desarrollo de las M.C.H.

4. COMPARACION CON OTROS SISTEMAS

En este capítulo no se pretende definir las ventajas absolutas de uno u otro sistema energético, sino más bien establecer en forma cualitativa los principales elementos y criterios de comparación de las alternativas, sin llegar a proponer metodologías de análisis cuantitativo.

Frecuentemente en el análisis comparativo de las M.C.H. con respecto a otros sistemas, se asumen a priori determinadas desventajas reales o supuestas de las M.C.H. y los cálculos económicos de evaluación de alternativas están frecuentemente distorsionados por índices excesivamente conservadores.

No se pretende demostrar que las M.C.H. sean "la mejor" solución, ya que sólo hay soluciones adecuadas para cada caso, que se determinan mediante el análisis comparativo de las diversas alternativas.

4.1. EXTENSION DE REDES EXISTENTES (E.R.E.)

La alternativa de instalar una M.C.H. o extender una línea de transmisión (E.R.E.) se analiza principalmente en términos de comparación económica, especialmente en cuanto a necesidades de inversión. A continuación se señalan algunos de los elementos que deben considerarse en el análisis comparativo.

MCH	ERE
<p>OBRAS CIVILES (toma, conducción, cámara de carga, tubería, casa de fuerza, accesorios, etc.)</p> <p>EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO (Turbina, regulador, generador, tablero, etc.)</p> <p>TRANSFORMACION A media tensión; no siempre necesaria (transformador)</p> <p>LINEA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION De la casa de máquinas al punto de consumo; distancia reducida (baja o media tensión, reducción de tensión para distribución y consumo)</p>	<p>OBRAS CIVILES (subestación, patio de llaves.)</p> <p>TRANSFORMACION De alta a media tensión (transformadores, tablero, etc.)</p> <p>LINEA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION A media tensión desde subestación hasta punto de consumo, reducción de tensión para distribución y consumo.</p>

Las ventajas de una u otra alternativa están dadas por las características de la aplicación, o sea, la mayor o menor importancia o magnitud de un parámetro dado determina las ventajas comparativas de una MCH o la extensión de una red existente (ERE).

PARAMETRO	VENTAJA COMPARATIVA	
	MAYOR IMPORTANCIA O MAGNITUD DEL PARAMETRO	MENOR IMPORTANCIA O MAGNITUD DEL PARAMETRO
- Distancia del punto de consumo a la red existente	MCH	ERE
- Distancia del punto de consumo a la localización del aprovechamiento hidráulico (factor relacionado con la potencia)	ERE	MCH
- Cantidad de energía que se ha de suministrar	ERE	MCH
- Factor de carga	MCH	ERE
- Exigencias de fiabilidad en el suministro	ERE	MCH
- Terreno accidentado	MCH	ERE
- Disponibilidad de recursos hidroenergéticos en pequeña escala económicamente aprovechables	MCH	ERE
- Disponibilidad de energía	ERE	MCH
- Perspectivas de participación comunal	MCH	ERE

PERSPECTIVAS DE COMPLEMENTACION DE MCH Y ERE

Es posible combinar una MCH con la ERE cuando se da alguna de las situaciones siguientes:

- Países con abundantes recursos hídricos en pequeña escala, densamente poblados y altamente electrificados.
- Aprovechamiento energético de presas para control hídrico y riego, en lugares próximos al sistema interconectado y con reducida demanda eléctrica localizada en proximidad de la presa.
- Países excesivamente dependientes de combustibles fósiles importados para generar electricidad y con abundante disponibilidad de recursos hídricos en pequeña escala.
- Desarrollo sucesivo en la electrificación de algunas localidades rurales, iniciado por la instalación de una MCH y complementado posteriormente por una ERE cuando el crecimiento de la demanda lo justifique.

4.2 GRUPOS TERMICOS

Para generación eléctrica normalmente se emplean grupos diesel y para más pequeñas potencias grupos con motor a gasolina (ciclo otto).

Tradicionalmente constituyeron la principal alternativa a las MCH y su uso muy difundido se debió a:

- Bajo precio de combustibles y lubricantes.
- Bajo precio de adquisición
- Fácil instalación.
- Funcionamiento sencillo.

Al romperse el esquema energético basado en el bajo precio de los hidrocarburos, objetivamente dejan de ser en muchos casos una opción válida para abastecer energía al medio rural. También se pueden utilizar para generar electricidad pequeñas centrales movidas por vapor que utilizan el sistema de ciclo de Rankine y usan frecuentemente materiales combustibles de desecho e incluso carbón cuando es barato y fácil de obtener, como en las minas de carbón.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS GRUPOS TERMICOS CON RESPECTO A LAS MCH

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">- Menores inversiones- Fácil instalación- Funcionamiento sencillo- Menor necesidad de estudios para su instalación.	<ul style="list-style-type: none">- Elevados gastos en combustibles y lubricantes con tendencia a incrementarse- Costoso mantenimiento y reparación- Requiere mayores calificaciones para el personal de mantenimiento y reparación- Requiere repuestos importados de difícil obtención- Pocas perspectivas de desarrollo de la producción local de motores- Reducida vida útil (5-8 años)- Producen contaminación ambiental- Contribuyen a incrementar la demanda de petróleo.

En el análisis económico de las alternativas de empleo de grupos térmicos o de MCH es frecuente la presencia de factores distorsionantes debido a que los precios del petróleo y sus derivados en algunos países están subvencionados. En estos casos se debe corregir el análisis microeconómico con factores macroeconómicos derivados de los costos reales de los combustibles.

En la actualidad los principales casos donde resulta conveniente el empleo de pequeños grupos térmicos son:

- Como unidades de emergencia o reserva.
- En localidades aisladas donde no existen recursos hídricos fácilmente aprovechables y donde no se justifique la extensión de líneas de transmisión.

4.3 OTRAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA

Las diversas fuentes renovables constituyen válidas alternativas energéticas para el desarrollo rural. Sin embargo, en la mayoría de los casos no son sustitutos de las MCH a causa de las formas terminales del aprovechamiento energético (aprovechamiento de energía mecánica directa o fuentes de calor) o de que incluso si resultan adecuadas para producir energía eléctrica, su aplicación suele estar justificada económicamente sólo para potencias muy reducidas.

Las ventajas de las MCH con respecto a las otras fuentes renovables pueden resumirse así:

- Fácil adaptación para producir energía eléctrica.
- Menores costos unitarios de inversión por unidad de energía útil.
- Tecnología madura y probada.

En lo que respecta a las características específicas de las principales fuentes alternas de energía se puede decir lo siguiente:

a) Energía solar directa

Su principal campo de aplicación en los países del Tercer Mundo está dado por necesidades de calentamiento y secado.

En lo referente a su uso pasivo es particularmente importante su papel en el calentamiento de ambientes por medio de adecuados diseños arquitectónicos.

La producción de energía eléctrica aprovechando la energía solar directa puede realizarse por medio de unidades térmicas que utilizan el ciclo Rankine de vapor, que entrañan muy elevados costos de inversión inicial y eficiencias muy reducidas. También se emplean células fotovoltaicas para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica, pero en el Tercer Mundo su utilización sólo se justifica para producción de energía requerida en pequeñas cantidades y en aplicaciones muy especializadas, ya que no constituyen aún una fuente de energía barata.

b) Energía eólica

Su mayor campo de aplicación está dado por el bombeo de agua del subsuelo, mas existen también numerosas aplicaciones, inclusive a nivel comercial de aerogeneradores para producir energía eléctrica.

En general constituyen una alternativa a las MCH en los rangos de potencias inferiores a 10 kW.

c) Biogás

Tiene grandes ventajas, no sólo como fuente energética, sino también en relación a sus capacidad de producción de fertilizantes e impacto positivo sobre la salud y el medio ambiente.

Sus principales usos como fuente de energía se orientan a aplicaciones térmicas para iluminación, cocina y afines. También puede servir de combustible para motores de explosión adaptados al empleo de biogás, aplicación para la que resulta competitivo con las MCH en el rango de las potencias menores.

También los procesos de pirólisis y el alcohol pueden ser fuentes interesantes de bioenergía para utilizar pequeñas centrales térmicas.

d) Energía geotérmica

Cuando se dispone del recurso, la energía geotérmica puede emplearse asimismo para generar electricidad. Sin embargo, la energía geotérmica se utiliza más frecuentemente en centrales medianas o grandes, aunque también es posible utilizarla en pequeñas centrales.

5. DESARROLLO DE LAS M.C.H.

5.1 PERSPECTIVAS DE APLICACION

Antes de realizar acciones específicas para promover el desarrollo de las M.C.H. en un país dado es necesario determinar, al menos en forma cualitativa o con algunos elementos cuantitativos, la naturaleza y magnitud de los problemas que se pretenden resolver con la aplicación de las M.C.H., comprobar en forma preliminar la existencia de recursos hidráulicos en pequeña escala y contar con una evaluación global de las capacidades nacionales para impulsar su desarrollo.

PROBLEMAS QUE SE HAN DE RESOLVER MEDIANTE LAS M.C.H.

PROBLEMA O NECESIDAD	ELEMENTOS DE ANALISIS
<p>PROMOVER ENERGIA PARA EL MEDIO RURAL, INCLUIDO EL DESARROLLO DE LA PEQUEÑA INDUSTRIA</p>	<p>Situación: órdenes de magnitud del problema</p> <p>Alternativas</p> <p>¿Para qué?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar condiciones de vida - Desarrollo de la agro-industria - Desarrollo de pequeñas industrias (fertilizantes, aserraderos, etc.) - Desarrollo minero - Desarrollo de artesanías - Riego y drenaje por bombeo - Educación y cultura - Salud
<p>SUSTITUCION DE HIDROCARBUROS</p>	<p>Situación en cuanto al empleo de grupos térmicos para generación, empleo de derivados del petróleo para cocina, iluminación o calefacción.</p> <p>Situación del país con respecto a la producción e importación de hidrocarburos; órdenes de magnitud, perspectivas y limitaciones de su sustitución.</p> <p>Transporte de hidrocarburos al medio rural.</p> <p>Consecuencias del empleo de equipos térmicos (costo, vida útil, suministro de combustible, mantenimiento y reparación, etc.).</p> <p>Erosión</p>

PROBLEMA O NECESIDAD	ELEMENTOS DE ANALISIS
	Control hídrico Deforestación Contaminación

DETERMINACION DE LA EXISTENCIA DE POTENCIAL HIDROENERGETICO EN PEQUEÑA ESCALA APROVECHABLE PARA M.C.H.

POTENCIAL	ELEMENTOS DE ANALISIS
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HIDROENERGETICOS	Evaluación cualitativa de: a) Precipitaciones e hidrologías (caudal) b) Terreno (saltos) c) Características geológicas y geomorfológicas cualitativas del territorio. Estimación (si fuera posible) del orden de magnitud del potencial. Análisis por zonas o regiones.
UBICACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS CON RESPECTO A LA DEMANDA	Tener en cuenta que para M.C.H. aisladas o que conforman pequeños sistemas el aprovechamiento hídrico debe ser próximo al punto de demanda. Evaluar el potencial en zonas próximas a la demanda, salvo M.C.H. que se interconecten con sistemas mayores.
ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS DISPONIBLES	- Vías de comunicación - Accidentes geográficos - Clima - Salubridad
PERSPECTIVAS DE USO MULTIPLE	- Riego, aprovechamiento de canales existentes. - Aprovechamiento de presas existentes. - Proyectos múltiples (riego y energía).

ANALISIS DE LAS CAPACIDADES PARA IMPULSAR EL DESARROLLO DE M.C.H.

CAPACIDADES	ELEMENTOS DE ANALISIS
PLANIFICACION	Organización, experiencia.
EVALUACION GLOBAL DE RECURSOS Y DEMANDA	Existencia de instituciones, estudios realizados, organización.
ELABORACION DE ESTUDIOS	Instituciones, consultores con capacidad de elaboración de proyectos y desarrollo de ingeniería; experiencia.
FINANCIAMIENTO	Disponibilidad, instituciones financieras, fuentes externas.
ORGANIZACION INSTITUCIONAL	Empresas eléctricas y sus actividades en el medio rural. Empresas municipales, cooperativas. Autoproductores privados, participación comunal; tradiciones y experiencias.
CONSTRUCCION	Experiencia, pequeños constructores.
EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO	Organización de la explotación y el mantenimiento.
RECURSOS HUMANOS	Disponibilidad en todos los niveles.
TECNOLOGIA	Disponibilidad, capacidades de desarrollo y adaptación, información. Experiencias de adquisición de tecnologías.
SUMINISTRO DE EQUIPOS	Producción existente o potencial, importación, información.

Luego de analizar las necesidades energéticas, la disponibilidad de recursos hidroenergéticos y las capacidades nacionales, se debe tomar la decisión política de promover o no la construcción de M.C.H., tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Debe fundarse en la información disponible y no esperar a la elaboración de estudios para tal fin; en consecuencia, estará basada en elementos fundamentalmente cualitativos y en elementos cuantitativos muy aproximados. Conjuntamente con el proceso de planeamiento del desarrollo de M.C.H., se deberán realizar los estudios que definan los alcances de un programa de desarrollo y eventuales correctivos a la política adoptada.
- Puede haber diferenciaciones territoriales dentro de un país en cuanto al desarrollo de las M.C.H., según la disponibilidad de recursos hídricos y las necesidades energéticas por satisfacer.
- La decisión política debe ubicarse en el tiempo y en el contexto de las prioridades de desarrollo con respecto a otras fuentes energéticas.
- La disponibilidad de recursos hídricos y las necesidades energéticas son factores condicionantes absolutos de una política de desarrollo de M.C.H. Las capacidades nacionales son factores que pueden facilitar o dificultar el desarrollo de M.C.H. en un país, pero no constituyen factores absolutos, ya que son modificables.
- El desarrollo de las M.C.H. requiere acciones integradas en diversos frentes, tal como se señala en el cuadro de capacidades nacionales y se resume en la figura 9.
- De la decisión política de desarrollar las M.C.H. se deberá derivar la formulación de una estrategia de desarrollo y políticas específicas, cuyos elementos se analizan en la sección siguiente de este capítulo.

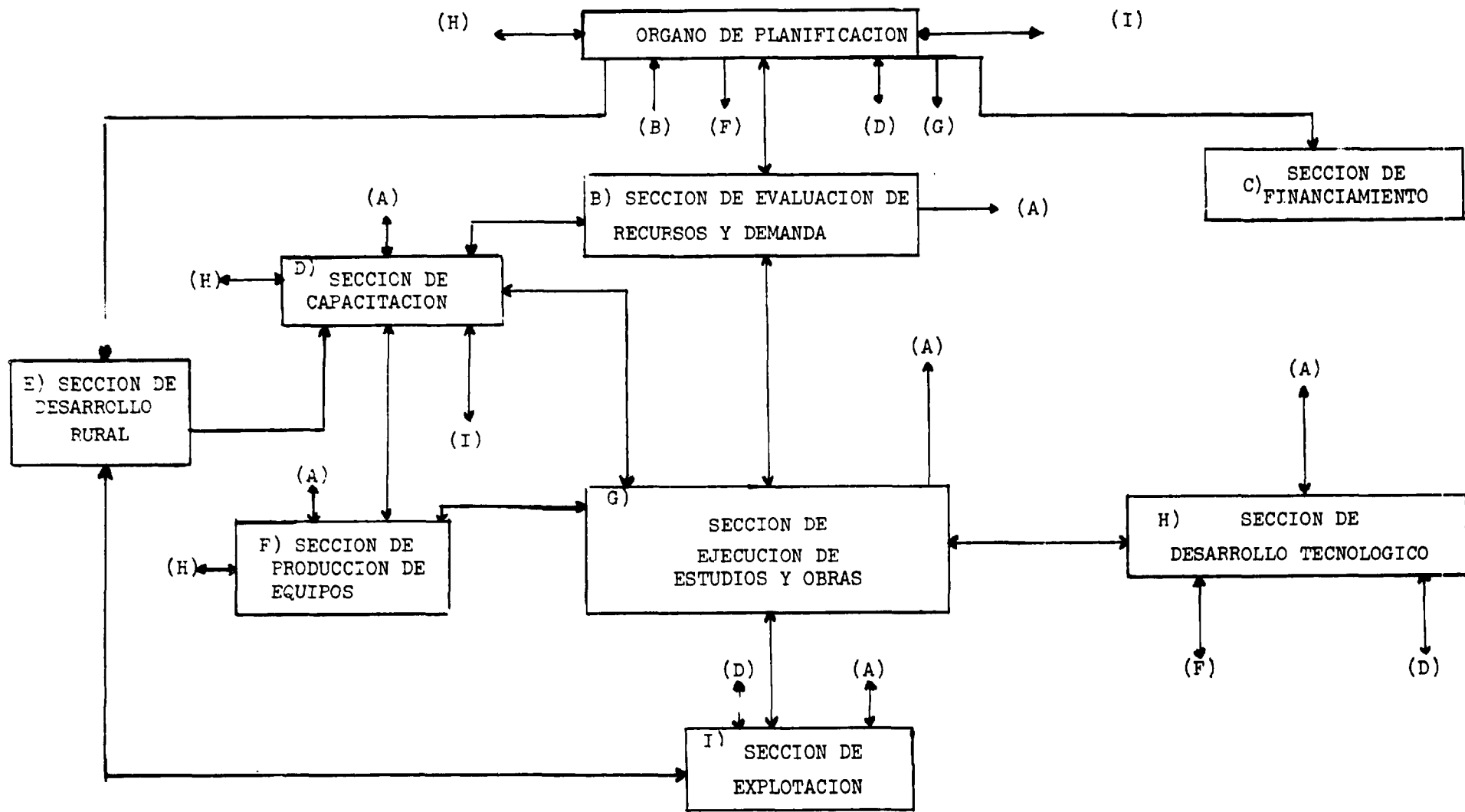


FIGURA 9 DIAGRAMA BASICO DE RELACIONES ENTRE LOS DIVERSOS ORGANOS O SECCIONES QUE INTERVIENEN EN LA CONSTRUCCION Y EXPLOTACION DE UNA M.C.H.

5.2 ORGANIZACION DEL PLANEAMIENTO Y DE LA PROGRAMACION

Una vez que se ha decidido desarrollar las M.C.H. en el país es necesario definir:

- a) El sector gubernamental responsable (ministerio, secretaría de estado, institución estatal, etc.). En general se ubica en el ámbito del ministerio o secretaría de estado responsable de asuntos energéticos.
- b) La entidad responsable de la planificación, dirección y/o coordinación del desarrollo de las M.C.H. puede ser:
 - El organismo central de planificación.
 - La oficina de planificación del ministerio o secretaría de estado responsable.
 - El departamento de planificación de una empresa o instituto responsable del desarrollo energético.

En el marco de la entidad responsable de la planificación se debe crear una dependencia o sección específicamente encargada del desarrollo de las M.C.H. distinta de la dependencia o sección encargada de las grandes centrales hidroeléctricas, cuyas funciones pueden ser:

- Proponer políticas y estrategias de desarrollo.
- Formular planes de desarrollo.
- Formular los programas periódicos de ejecución (estudios sobre obras y financiamiento).
- Coordinar y supervisar las dependencias responsables de los programas de evaluación de los recursos y la demanda, la ejecución de obras y el funcionamiento de las plantas.
- Actuar como organismo consultivo con respecto al desarrollo de las M.C.H.
- Establecer una coordinación con las instituciones y empresas responsables del financiamiento, el desarrollo tecnológico, la producción de equipos y la capacitación.
- Definir las tarifas o los criterios para su establecimiento.

El carácter obligatorio ó indicativo del plan dependerá del sistema socioeconómico del país, su organización política y la mayor o menor participación del sector público o privado en los diversos aspectos de la ejecución del plan.

En la figura 10 se muestra un esquema de las relaciones en el proceso de planificación del desarrollo de las M.C.H., que forma parte del esquema global de la figura 9.

Como actividades complementarias, el órgano encargado del planeamiento podrá asumir las siguientes funciones:

- Llevar registros de localidades sin electrificar y un catálogo de recursos hídricos compatibles, preparados por la entidad responsable de la evaluación de los recursos y la demanda.
- Orientar las solicitudes de financiamiento e iniciativas de la población local y decidir su incorporación a los programas de ejecución.
- Celebrar negociaciones globales relativas a la adquisición masiva de equipos.
- Establecer la coordinación con las instituciones y organizaciones comunales que promuevan el desarrollo de las M.C.H. en sus localidades.
- Proponer necesidades de desarrollo tecnológico a las instituciones competentes y evaluar la aplicación de tecnologías no convencionales.
- Proponer esquemas institucionales para la construcción y utilización de M.C.H.
- Coordinar la cooperación técnica internacional.

En un país donde se inicien acciones sistemáticas para desarrollar las M.C.H. se debe preparar en primer lugar un "plan a corto plazo" con la finalidad de realizar actividades concretas mientras se elabora un "plan de desarrollo", el cual requerirá que se efectúen estudios para evaluar las necesidades de energía, la disponibilidad de recursos y el establecimiento de prioridades, y deberá también promover acciones en diversos campos relacionados con la tecnología, la producción de equipos, la capacitación y el financiamiento.

A partir del plan a corto plazo, se preparará un programa de ejecución para uno o dos años, en el cual se deberán considerar los siguientes aspectos:

- Terminación de obras inconclusas.
- Obras abandonadas (centrales con obras civiles avanzadas, con equipos adquiridos sin instalar, etc.).
- Relocalización de equipos existentes en plantas abandonadas.
- Necesidades identificadas (obras nuevas, o con estudios).
- Existencia de obras que pueden disminuir el costo (canales de riego, presas, etc.) e implican reducidos tiempos de realización.
- Instalación de plantas piloto para evaluar alternativas tecnológicas y capacidades de ejecución.

El desarrollo del plan a corto plazo y de sus respectivos programas de ejecución tiene las siguientes ventajas:

- Permite iniciar proyectos de desarrollo de M.C.H. sin que la necesidad de elaborar un plan integral coherente constituya un factor de retraso; recíprocamente, permite disponer de tiempo suficiente para la elaboración del plan de desarrollo.
- Permite adquirir una experiencia que podrá ser aprovechada por el plan de desarrollo.
- Permite desarrollar proyectos maduros.
- Constituye un elemento demostrativo de las M.C.H.
- Estimula el desarrollo de iniciativas comunales.

Simultáneamente con la elaboración y ejecución del plan a corto plazo y sus programas de ejecución, el órgano de planeamiento deberá iniciar la preparación del "plan de desarrollo de las M.C.H." para el que se requieren un conjunto de estudios y evaluaciones previas que constituirán la base objetiva del plan.

ESTUDIOS Y EVALUACIONES REQUERIDOS PARA LA FORMULACION DEL PLAN

Identificación de centros poblados y aislados y de microrregiones que requieren desarrollo energético.

(Estudio encargado a la dependencia de evaluación de los recursos y la demanda, o contratado).

Evaluación de recursos por cuencas y hoyas hidrográficas (primera aproximación) y evaluación aproximada de recursos potencialmente aprovechables en las zonas próximas a centros poblados aislados y microrregiones (segunda aproximación); estudios encargados a la sección de evaluación de los recursos y la demanda, o contratados.

Inventario de las M.C.H. existentes, evaluación de su estado y situación de explotación.

Estimación de potencialidades y fuentes financieras.

Evaluación de tecnología disponible y perspectivas de desarrollo, adaptación o adquisición.

Evaluación de las potencialidades de suministro de equipos y materiales de origen nacional e importado. Capacidad industrial potencial para la fabricación de equipo.

Evaluación de las capacidades disponibles de estudios e ingeniería.

Recopilación de índices de costos de inversión y de explotación.

Evaluación de la situación institucional y capacidades de construcción y utilización de las M.C.H.; perspectivas de participación comunal.

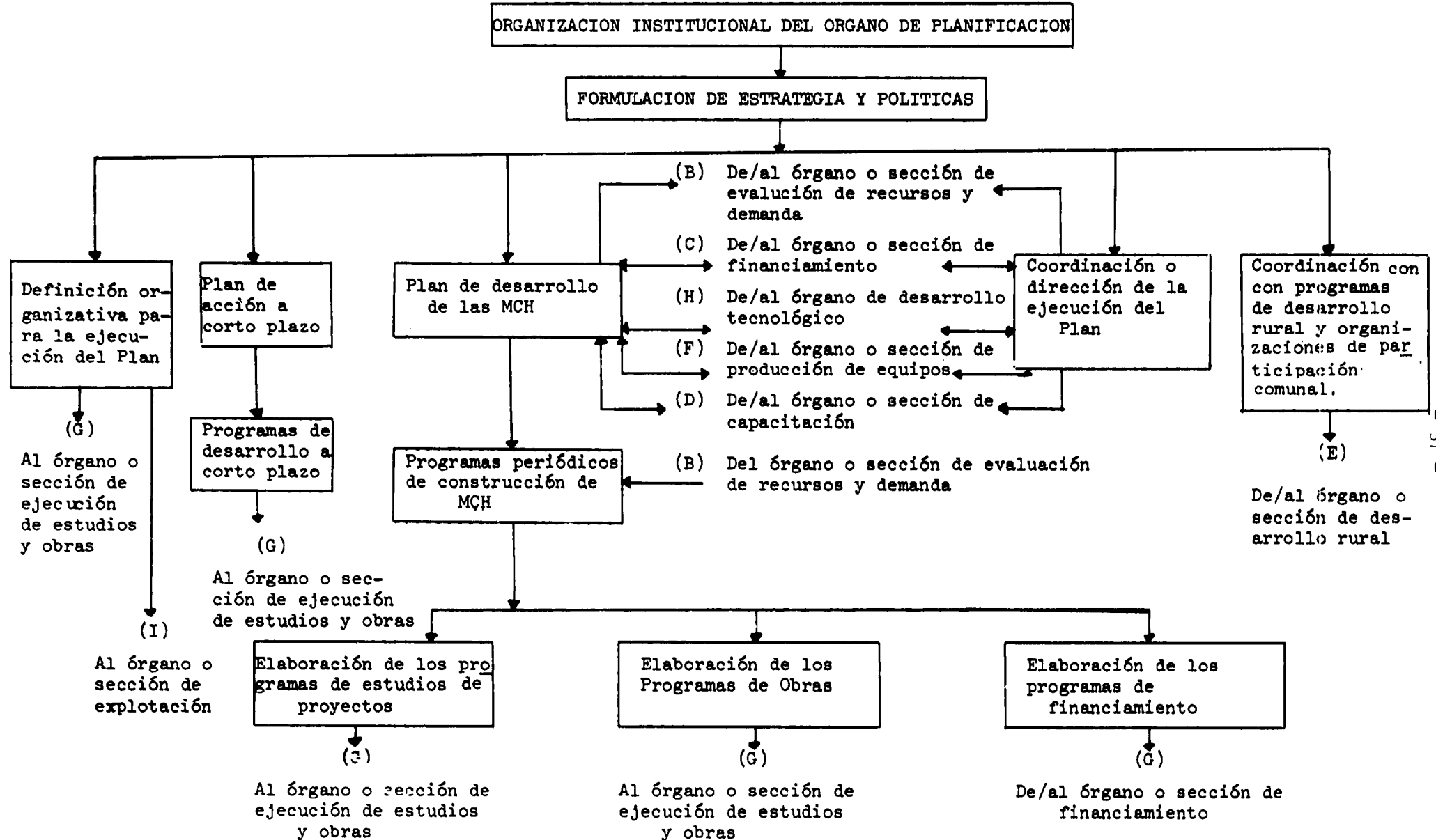
Asimismo, el plan deberá tomar debidamente en cuenta las políticas concretas que puedan configurar una estrategia de desarrollo. A continuación se sugieren algunas políticas y sus posibles características, las cuales deberán adecuarse a las condiciones de cada país.

- | | | |
|---|--|---|
| <p>POLITICA DE DESARROLLO ENERGETICO RURAL</p> | <ul style="list-style-type: none">- Incremento de valor agregado de la producción mediante el impulso de agroindustrias.- Desarrollo de actividades productivas de energía.- Mejora de las condiciones de vida.- Salud, cultura, recreación.- Bombeo de agua.- Aprovechamiento complementario de presas.- Desarrollo de pequeños sistemas eléctricos rurales.- Interconexión de las M.C.H. con redes nacionales o desarrollo de localidades aisladas. | <ul style="list-style-type: none">- Condicionamiento de la ingeniería de los proyectos en función de las disponibilidades nacionales de equipos y materiales.- Calidad y criterios de aceptación. Posibilidades de normalización.- Definición de equipos que se obtendrán de la producción industrial local y de los que serán importados. |
| <p>POLITICA INSTITUCIONAL</p> | <ul style="list-style-type: none">- Ubicación en el contexto del desarrollo rural.- Participación de entidades o empresas de electrificación y participación comunal; formas organizativas y empresariales; (empresas municipales mixtas, cooperativas privadas).- Distribución de responsabilidades institucionales en los varios aspectos de desarrollo de las M.C.H. | <p>POLITICA TECNOLOGICA</p> <ul style="list-style-type: none">- Promoción del desarrollo y de la adaptación de tecnologías de equipamiento y materiales.- Determinación de canales de transferencia de tecnología desarrollada hacia la industria.- Promoción del desarrollo de tecnologías no convencionales para la construcción.- Determinación de canales de difusión de tecnologías de construcción hacia la dependencia de proyectos y las comunidades.- Definición de los equipos que serán desarrollados con tecnologías propias y los que requerirán la adquisición de tecnología extranjera. |
| <p>POLITICA DE CONSTRUCCION</p> | <ul style="list-style-type: none">- Ejecución gradual tendiente a la construcción masiva futura de M.C.H.- Empleo intensivo de materiales y mano de obra locales.- Empleo de técnicas y materiales de construcción no convencionales. | <p>POLITICA TARIFARIA</p> <ul style="list-style-type: none">- Definición de condiciones no aceptables para contratos de adquisición de tecnología.- Hacer accesible la energía a los pobladores de zonas apartadas con escasos recursos económicos.- Asegurar la continuidad de explotación de las M.C.H. mediante fondos provenientes de tarifas. |
| <p>POLITICA DE FINANCIAMIENTO</p> | <ul style="list-style-type: none">- Proporciones básicas en las asignaciones de recursos para M.C.H.- Criterios de financiamiento; inversiones a fondo perdido y operación financiada con tarifas.- Evaluación de aportes comunales en trabajo y materiales.- Modalidades de captación de financiamiento externo. | <ul style="list-style-type: none">- Fijar las proporciones básicas de los sistemas tarifarios nacionales; subvenciones.- Promocionar el uso nacional de la energía eléctrica.- Promover el empleo de la energía eléctrica para fines productivos. |
| <p>POLITICA DE EQUIPAMIENTO</p> | <ul style="list-style-type: none">- Origen de suministros; prioridad a los suministros nacionales.- Promoción del desarrollo de producciones nacionales. | <p>POLITICA DE CAPACITACION</p> <ul style="list-style-type: none">- Formación de cuadros profesionales y técnicos para la investigación, estudios e ingeniería de proyectos, construcción y explotación de las M.C.H. |

POLITICA DE
EXPLOTACION Y
MANTENIMIENTO

- La tecnología que se ha de aplicar con respecto al equipo debe tener en cuenta la vida útil, el mantenimiento preventivo simplificado; minimizar las necesidades de mantenimiento y facilitar el mantenimiento y las reparaciones, la fabricación nacional de los componentes, el almacenamiento de las piezas de recambio, etc.
- Organizar equipos regionales de mantenimiento.
- Capacitar técnicos de origen rural en el mantenimiento preventivo.
- Establecer talleres para la reparación y reconstrucción del equipo
- Promover la participación de la población local en el mantenimiento de la estructura de ingeniería civil.

FIGURA 10 ORGANISMO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO DE LAS MCH



5.3 EVALUACION GLOBAL DE LOS RECURSOS Y LA DEMANDA

Es uno de los principales elementos que se han de considerar al promover la construcción de MCH en un país, porque constituye el marco de referencia principal para la elaboración de planes de desarrollo y programas de ejecución.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA EVALUACION GLOBAL DE LOS RECURSOS Y LA DEMANDA CON RELACION A LAS MCH

- las evaluaciones globales se orientan al estudio de la demanda y los recursos por microrregiones y cuencas y no profundizan los estudios de proyectos específicos
- al considerar el desarrollo de las MCH en microrregiones o localidades aisladas, no debe olvidarse que la evaluación global de la demanda y los recursos de energía están vinculados estrechamente en términos geográficos, debido a las limitaciones de distancia de transmisión a baja y media tensión
- cuando se pretende interconectar una MCH con las redes existentes, la vinculación de proximidad geográfica debe darse entre la zona donde se ubican los recursos hidráulicos y las líneas de transmisión con las que se prevé la interconexión

Es muy importante diferenciar la evaluación global de los recursos y la demanda de las evaluaciones que se realizan para el estudio de proyectos específicos.

DIFERENCIAS ENTRE LA EVALUACION GLOBAL Y LAS EVALUACIONES PARA PROYECTOS ESPECIFICOS.

GLOBAL	ESPECIFICA
- Se requiere para la formulación de planes y programas de desarrollo de M.C.H.	- Se requiere para los estudios de proyectos individuales.
- Estudio de las necesidades energéticas globales de una microrregión o conjuntos de poblaciones en un área determinada.	- Estudio de las necesidades energéticas de una localidad o un conjunto de poblaciones que se espera atender con proyectos específicos.
- Estudio de los recursos aprovechables en una cuenca u hoyo con identificación preliminar de proyectos específicos.	- Estudio de los recursos para un proyecto específico.
- Estudios generales, extensivos y multidisciplinarios para evaluar los recursos, entre ellos: Hidrología Ecología Geología Geomorfología Geotecnia Disponibilidad de agregados	- Estudios de detalle de un proyecto, reducidos al mínimo necesario para no incrementar los costos de preinversión. - Aforos - Geotecnia (puntual y aproximada) - Topografía
- La evaluación de la demanda global de un área deberá tener un carácter integral y estadístico.	- La evaluación de la demanda debe realizarse mediante la investigación detallada de las localidades vinculadas al proyecto.

En la sección 7.1 se hace referencia a las necesidades de evaluación de proyectos específicos.

Según las condiciones propias de cada país la evaluación global de los recursos y la demanda debe ser realizada por una dependencia técnica ad-hoc, que convendría dependiera del órgano responsable del planeamiento de las MCH; alternatively, estas funciones podrán encomendarse a alguna institución especializada en evaluación de recursos naturales o en hidrología. También podría considerarse que estas funciones sean desarrolladas por una sección especializada de una empresa de desarrollo eléctrico.

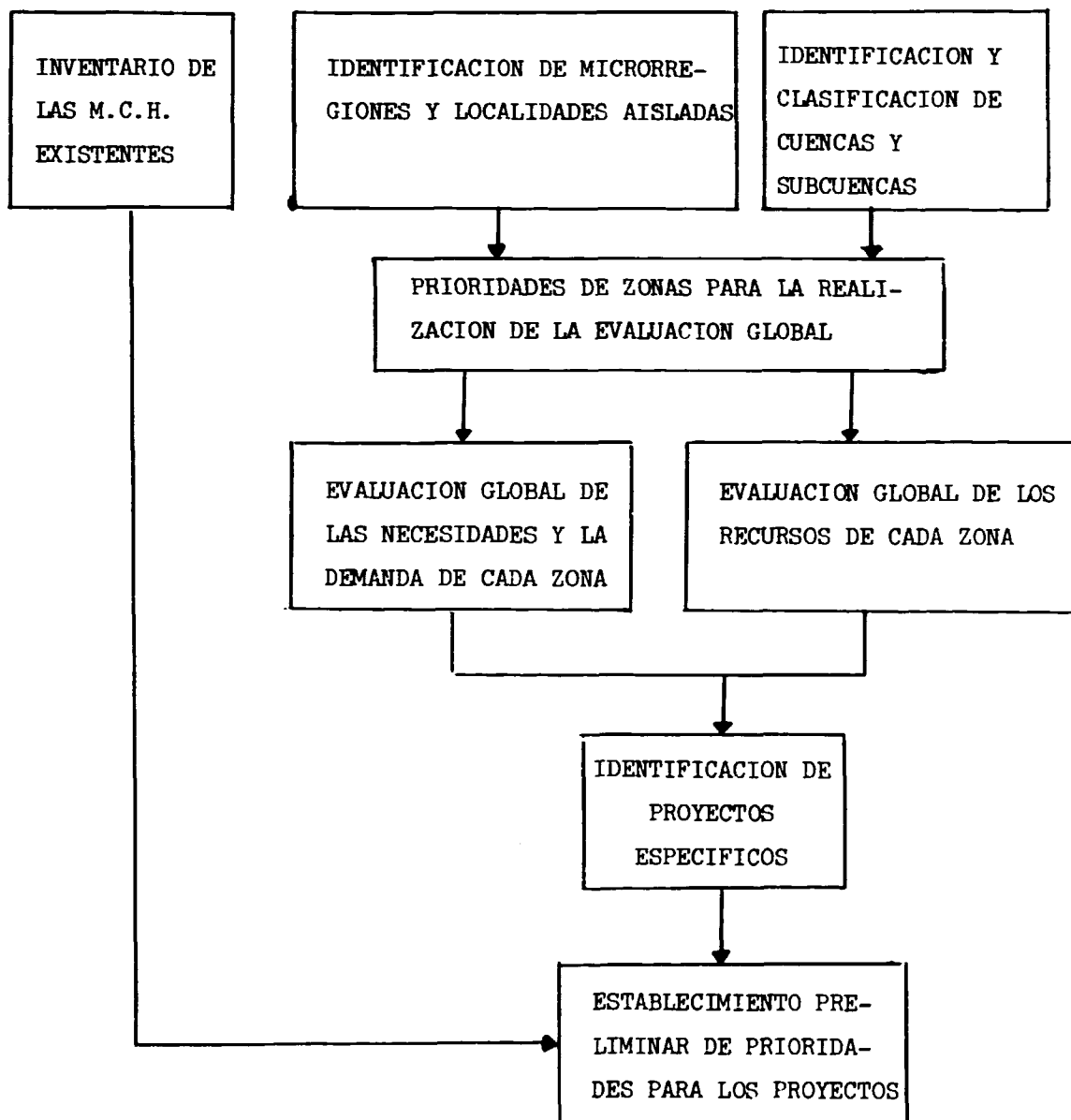
Cuando existan limitaciones en cuanto a la organización institucional para la evaluación global, se puede considerar la posibilidad de contratar consultores especializados, bajo la supervisión del órgano de planificación.

La dependencia encargada de las evaluaciones globales tendrá las siguientes funciones principales:

FUNCIONES DE LA DEPENDENCIA DE EVALUACION GLOBAL
DE LOS RECURSOS Y LA DEMANDA

- identificar y evaluar las MCH existentes
- asignar prioridades a las áreas que se han de evaluar en coordinación con el órgano de planificación
- realizar estudios de evaluación de cuencas, subcuencas y hoyas por métodos directos o modelos matemáticos
- evaluar las necesidades y el potencial de desarrollo energético en las zonas rurales
- identificar proyectos específicos de MCH y proponer prioridades para su desarrollo

A continuación se presenta un flujograma típico de las actividades de evaluación global:



Las líneas generales propuestas para la evaluación de los recursos y la demanda no deben aplicarse mecánicamente en cualquier país, ya que en cada caso existen condiciones particulares que obligan a un enfoque singularizado en función de:

- Características y distribución del recurso hídrico en pequeña escala.
- Importancia relativa de las M.C.H. en el desarrollo rural.
- Existencia de instituciones, estadísticas, estudios y técnicos para las labores de evaluación.

Seguidamente se describen algunas características que deben tener las actividades de evaluación global mencionadas.

a) Inventario de las M.C.H. existentes

Consiste en la identificación de las plantas existentes y en proyecto.

Se recomienda la preparación de formularios especiales de evaluación que permitan registrar los siguientes datos:

- Datos de localización.
- Datos hidrológicos y aforos de la cuenca.
- Especificaciones básicas de la central y equipos principales (potencias, salto, caudal, tipo de turbinas, tuberías, generadores, etc.).
- Estado de conservación (para plantas existentes).
- Datos sobre el servicio y la población atendidas, incluyendo características de la demanda y tipos de consumo.

El inventario constituye una herramienta útil para orientar los planes y programas, tanto en la evaluación del estado de desarrollo de las M.C.H., como en la determinación de actividades a corto plazo para reacondicionamientos, reubicaciones y continuación de proyectos, así como en la determinación de índices de referencia propios del país.

Este inventario puede utilizarse en el estudio de otros suministros energéticos existentes, principalmente en cuanto a extensión de las redes eléctricas existentes y a grupos electrógenos térmicos instalados.

En la figura 11 se da un ejemplo de un posible formulario de evaluación para registrar datos relativos a las M.C.H.

Figura 11. Modelo de una hoja de datos sobre M.C.H. existentes

Nombre de la M.C.H.:

Ubicación:

1)	1)	1)	Ubicación

1) Definida según la división político-administrativa del país.

CUENCA	SUBCUENCA		HOYA	
	Superficie (km ²)	Caudal mínimo diario (m ³ /seg)	Caudal máximo (m ³ /seg)	Caudal medio de varios años (m ³ /seg)
Capacidad				

2) Alternativa que indica datos sobre cuencas o subcuencas.

Situación de la M.C.H.:	Existente	En construcción	Proyectada
Estado de la M.C.H.:	Bueno	Malo	Inutilizable
Situación de la red:	Existente	En construcción	Proyectada
Estado de la red:	Bueno	Malo	Inutilizable
Potencia instalada o por instalar (kW) (3):			
Demanda máxima prevista (kW):			
Energía media anual (kWh):			
Tipo de turbina:			
Caudal estimado (m ³ /seg):			
Salto bruto (m) (4):			

3) En las terminales del generador.

4) Diferencia entre el nivel superior del agua en la cámara de carga y el nivel inferior de utilización del salto en la turbina.

Población atendida:						
Número de consumidores:						
Uso de energía eléctrica (%)						
Iluminación pública	Viviendas	Comercios	Industrias	Riego	Minas	Otros
Otros (explicar):						

Actividades productivas que utilizan energía eléctrica (por ejemplo: carpintería, panadería, fabricación de ladrillos, etc.)

OBSERVACIONES:

b) Identificación y clasificación de cuencas y subcuencas

Es una primera aproximación basada en trabajos de gabinete sobre cartas geográficas, mapas topográficos, y evaluaciones hidrográficas existentes.

Incluye la determinación aproximada de los parámetros hidrográficos y físicos de las cuencas y subcuencas del país, sea basándose en mediciones y estudios realizados o en inferencia por medio de modelos matemáticos.

Este estudio puede ampliarse al conjunto de hoyas pertenecientes a una subcuenca, estableciéndose parámetros de correlación en la determinación de escurrimientos.

De este estudio se derivará la necesidad de elaboración de estudios hidrológicos para determinadas cuencas y subcuencas donde los datos hidrológicos requieran mayor fiabilidad.

Es necesario establecer criterios de correlación geográfica con respecto a las microrregiones y localidades aisladas que se identifiquen.

c) Identificación de microrregiones y localidades aisladas

Es una primera aproximación a la determinación de necesidades energéticas, basada principalmente en datos estadísticos existentes que se puedan obtener de censos y estudios regionales.

Es necesario preparar ficheros diseñados adecuadamente donde se puedan registrar los datos principales de las microrregiones y localidades rurales en cuanto a población, actividades productivas y producción, vías de comunicación, disponibilidades, necesidades aproximadas de energía, etc. Los datos de esta evaluación preliminar deben restringirse al mínimo indispensable.

En el proceso de agrupación de localidades en microrregiones se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Proximidad física
- Comunicaciones
- División político-administrativa del país
- Ubicación con respecto a subcuencas y hoyas hidrográficas
- Vinculación económica y social.

Dado que la información estadística disponible frecuentemente no estará actualizada y no contendrá determinados elementos de información, es necesario establecer modelos matemáticos de crecimiento (o decrecimiento) de población e índices de correlación para la determinación de parámetros cuantitativos, que deben verificarse por medio de muestreos de campo.

Los ficheros que se elaboren deben actualizarse permanentemente, no sólo en función del tiempo sino en cuanto a la exactitud de la información. (En la figura 12 se da un ejemplo de posibles formularios para el acopio de datos sobre microrregiones y localidades rurales).

d) Zonas o microrregiones a las que se ha de dar prioridad para efectuar una evaluación global

Con la información obtenida de las tres etapas anteriores se tienen los elementos básicos para asignar prioridad a las zonas donde se realizarán los estudios de evaluación global, puesto que difícilmente será posible o justificable evaluar simultáneamente la totalidad del territorio de un país debido a:

- El costo y las limitaciones de los recursos financieros disponibles.
- La poca significación de determinadas zonas para el desarrollo de M.C.H., en cuanto a potencial hidroenergético o densidad de población.
- Las limitaciones de recursos humanos y capacidad institucional para la evaluación global.

Esta actividad consiste en el establecimiento de un orden de prioridades entre las zonas para la elaboración de estudios de evaluación de recursos hídricos en pequeña escala de las subcuencas y hoyas hidrográficas de la zona y la evaluación global de las necesidades y la demanda energética de las localidades ubicadas en ella; en otras palabras, se asignarán prioridades para establecer las áreas que requieren estudios de evaluación más detallados en vista de sus mejores perspectivas para el desarrollo de M.C.H. puestas de manifiesto por los estudios preliminares de identificación de cuencas y poblaciones.

Figura 12. Formulario sobre datos relativos a la identificación de localidades aisladas y microrregiones

Nombre de la localidad: _____		
Datos sobre su ubicación:		
1)	1)	1)

1) Según la división político-administrativa del país.

DEMANDA

Población		Densidad de población (habitantes/km ²)	
Demanda potencial no atendida			
Doméstica	Sector comercial	Sector industrial	Otros sectores

HOYA A QUE PERTENECE

Superficie (km ²)	CAUDAL MINIMO DIARIO (m ³ /seg.)	CAUDAL MAXIMO (m ³ /seg.)	CAUDAL MEDIO ANUAL O MULTIANUAL (m ³ /seg.)

DATOS SOBRE LAS ALTERNATIVAS

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
CAIDA DE AGUA UTILIZABLE PARA LA M.C.H. (m) (2)				
CAUDAL UTILIZABLE PARA LA M.C.H. (m ³ /seg.)				
POTENCIA INSTALABLE PARA LAS M.C.H. (kW)				

(2) Medida desde el nivel de la toma hasta el nivel mínimo utilizable en la descarga.

ESTADO DE SERVICIO

Se dispone de servicio eléctrico:	Sí	No	
Tipo:	Hidráulico	Térmico	Transmisión de sistemas establecidos mayores
Calidad del servicio:	Buena	Mala	Regular
Año de instalación o interconexión:			
Nivel de tensión de subtransmisión (kW):			
Condiciones de las redes:	Buenas	Malas	Regulares

Generación hidráulica:	Existente	En construcción	Proyectada
Estado de la M.C.H.	Bueno	Malo	Inutilizable
Potencia instalada (kW):	Demanda máxima:		Energía (kW):
Salto disponible (m):			
Caudal utilizable (m ³ /seg.):			
Distancia de la M.C.H. a la localidad (km):			

Nota: De existir varias centrales, indíquense las características de cada una.

Generación térmica:	Existente	En construcción	Proyectada
Estado:	Bueno	Malo	Inutilizable
Potencia instalada (kW):	Demanda máxima (kW):		Energía (kW):
N ^o de grupos:	Potencial de cada uno:	Tipo de equipo:	
Combustible utilizado:	Eficiencia (kWh/gal.):		

<u>Generación a partir de otro sistema eléctrico:</u>			
	Existente	En construcción	Proyectado
Capacidad de la línea (kW):	Longitud (km);		
Potencia del sistema eléctrico más importante (kW):	Energía anual total (kWh);		
Demanda máxima (kW);			
Tipo: Hidráulico:			
	Térmico	Combustible utilizado	
	Mixto		

RED DE CARRETERAS

Carretera:	Asfaltada	Pavimentada	No pavimentada
Transitabilidad (meses/año);			
Distancia de otras localidades:	Localidad	Distancia (km)	

RIEGO

N ^o de canales:	Existentes (E):		Proyectados (P):
	Situación (E o P)	Superficie irrigada (km ²)	Caudal (m ³ /seg.)
Canales de riego			

ACTIVIDADES ECONOMICAS

Ganadería (cabezas): Ganado.(Porcino) (Ovino) (Vacuno) (Otros) (Especificar)

Agricultura (superficie cultivada): (especificar por tipos de cultivo) _____

Minería: (tipo de minerales, reservas, cantidades aprovechadas): _____

Agroindustria (tipos y capacidades de producción): _____

Otras industrias y artesanías (especificar): _____

Para determinar estas prioridades, es necesario establecer criterios de evaluación ponderados que deben coordinarse con el órgano de planificación. Se pueden tomar en consideración los parámetros que se indican a continuación. Sin embargo, sus ponderaciones y valores deben establecerse en conexión con las prioridades definidas en los planes nacionales de desarrollo y políticas estatales.

CRITERIOS PARA ESTABLECER ZONAS PRIORITARIAS RESPECTO DE LA EVALUACION DE LOS RECURSOS Y LAS NECESIDADES

- Por población susceptible de ser atendida
- Por existencia de recursos hídricos
- Por la existencia de condiciones favorables para la construcción de MCH en la medida en que se hayan podido determinar a partir de los estudios preliminares
- Por las posibilidades de desarrollo económico de la zona y empleo de energía para fines productivos
- Interconexión física entre localidades de la zona y con otras regiones (red vial)
- Perspectivas de interconexión con sistemas mayores
- Otras alternativas energéticas
- Perspectivas de aprovechamiento múltiple

Algunos de los criterios mencionados difícilmente serían materia de consideración en la definición de prioridades debido a limitaciones de la información generada en los estudios preliminares de identificación e inventarios.

Esta etapa aún no constituye una base adecuada para el "plan de desarrollo" y los "programas de ejecución de MCH" derivados de él, pero sí es de utilidad para la formulación del "plan a corto plazo", principalmente cuando se hayan identificado concretamente posibilidades de proyectos con ventajas particulares.

e) Evaluación global de los recursos de cada zona

La evaluación global se centrará en las subcuencas y hoyas que presenten mejores perspectivas y en estrecha vinculación con las localidades que potencialmente se requiera atender; en consecuencia, deberá desarrollarse en forma paralela e integrada con el estudio de evaluación de la demanda y las necesidades a que se hace referencia a continuación.

Tal como se mencionó anteriormente, los estudios de evaluación global de los recursos de cada zona y subcuenca que se requiera analizar podrán comprender estudios de hidrología, ecología, geología, geomorfología, geotecnia y disponibilidad de agregados, cuyos posibles alcances se describen en los párrafos siguientes. Sin embargo, no está de más reiterar que estas evaluaciones permitirán identificar proyectos específicos, pero no constituyen acciones que se deban realizar para cada proyecto, a fin de evitar gastos de preinversión excesivos para los proyectos individuales. Asimismo, la profundidad y grado de detalle de la evaluación dependerán del potencial hidroenergético y de las necesidades de energía, pudiendo en muchos casos restringirse a evaluaciones cualitativas o aproximadas.

1) Hidrología

Objeto - Estimar los caudales aprovechables para microcentrales, generalmente determinando los caudales mínimos, caudales con una probabilidad de excedencia del orden del 85 al 95%, mensualmente.

Aspectos metodológicos - La determinación del caudal mínimo generalmente se obtiene a partir de las curvas de caudal/duración aunque frecuentemente se tienen dificultades para determinarlas por métodos directos, dado que muchas veces no se cuenta con registros hidrométricos, debiendo recurrirse a métodos indirectos mediante la determinación y aplicación de valores índices.

También es posible establecer criterios de similitud constante entre las subcuencas y las cuencas principales que permitan la generalización de la información de que es más probable se disponga para las cuencas mayores, principalmente para las curvas de precipitación/duración y caudal/duración.

La información pluviométrica disponible (medición de las precipitaciones) debe ser completada estableciendo ecuaciones de regresión de los datos existentes; de igual modo se debe proceder con la información hidrométrica generalmente disponible, aplicando criterios de interpolación para completar los registros de caudales. También es posible la utilización de modelos hidrológicos cuando no se poseen series hidrológicas representativas en las subcuencas, simulando series de escurrimiento para el área de drenaje considerada. Un modelo interesante que requeriría alguna adaptación para ser aplicado es el sistema SNSF noruego en el que la transferencia a través de cada subcuenca es simulada por un sistema de tanques.

En última instancia, el caudal mínimo mensual o el que exceda del 95% del tiempo, considerando el empleo predominante de microcentrales a "filo de agua", puede definirse como un porcentaje del caudal promedio multianual. Se pueden establecer ecuaciones que relacionen el caudal medio anual o el rendimiento hídrico medio anual ($m^3/S/Km^2$) (conocido también como "módulo de descarga") y la correspondiente área de drenaje de la cuenca, lo que conjuntamente con las curvas de duración determinadas directamente, permite llegar a determinar expresiones lineales para el cálculo de los caudales mínimos mensuales.

Los caudales diarios pueden variar considerablemente, siendo los valores mínimos diarios generalmente inferiores a los mínimos mensuales; sin embargo, su predicción es muy incierta, lo cual crearía un problema aparentemente insoluble, teniendo en cuenta que en el caso de las microcentrales "a filo de agua" la acumulación es prácticamente despreciable. A pesar de esta dificultad, el problema puede ser poco relevante puesto que la ocurrencia de caudales mínimos diarios inferiores a los mensuales sólo afectaría transitoriamente al funcionamiento de las plantas.

Idealmente sería conveniente contar con aforos sobre el cauce de donde se derivarían las aguas por un período mínimo de tres años, pero esto sólo resulta práctico para conjuntos de proyectos en una cuenca dada y no para una microcentral específica.

También la información pertinente suministrada por la población local, debidamente interpretada, puede contribuir a estimar caudales históricos, principalmente para las crecidas. Los caudales máximos constituyen una útil referencia para el diseño de las obras civiles, sobre todo en cuanto a su protección.

2) Ecología

Objeto - Describir el medio en el que se desarrollarán las plantas y animales a fin de ver su influencia en las características de los proyectos, formas constructivas, materiales y equipos que se han de emplear; su efecto sobre las expectativas de conservación y recíprocamente el efecto de la instalación de microcentrales en la ecología de la cuenca o subcuenca.

Aspectos metodológicos - Este tipo de estudio es apropiado sólo para la evaluación de cuencas y no de proyectos específicos, por las razones señaladas anteriormente; en este último caso, sólo se requieren comentarios generales sobre los aspectos ecológicos.

Comprende los siguientes aspectos:

- Clima
- Zonas biológicas
- Suelos (desde el punto de vista de su utilización por el hombre)
- Vegetación
- Fauna
- Aguas y biología acuática.

3) Geología

Objeto - Determinar las características básicas y composición del suelo y subsuelo de la cuenca con la finalidad de establecer bases de orientación general para la construcción, principalmente en los aspectos estructurales y sísmicos.

Aspectos metodológicos - Conviene realizar estudios aplicables a cuencas y subcuencas más que a proyectos específicos. Los aspectos de estudio más relevantes son:

- Litología (formaciones geológicas, aplicando métodos de estratigrafía)

- Geología estructural (fallas, orientación de la actividad volcánica)
- Sismología (registros, probabilidad de sismos y su magnitud)

4) Geomorfología

Objeto - Estudiar la conformación de la superficie del terreno y su evaluación para determinar principalmente la acumulación y el depósito de sedimentos en los cursos de agua, y considerar sus efectos en la erosión del equipo y en la consecuente necesidad de un adecuado diseño de los sistemas de desarenado y selección de materiales para las turbinas, (principalmente rodets y sistemas de inyección). También permite orientar la selección final de la ubicación de las obras para evitar posibles deslizamientos y aluviones.

Aspectos metodológicos - Identificación de estructuras a partir de mapas geomorfológicos, principalmente en cuanto a escarpes, vertientes y fondo del valle (cauce del río); aplicables al estudio global de cuencas y subcuencas.

5) Geotecnia

Objeto - Estudio de los suelos en cuanto a sus características, propiedades mecánicas, estabilidad y niveles freáticos, principalmente para orientar la construcción de las obras hidráulicas.

Aspectos metodológicos - La aplicación de estudios geotécnicos a nivel de cuencas y subcuencas es limitada dada la enorme diversidad de variaciones; en consecuencia, en este caso está restringida a aspectos descriptivos derivados de los estudios geológicos.

El estudio geotécnico es particularmente relevante para el estudio de suelos en posibles ubicaciones específicas de las obras civiles, a fin de orientar la selección de las ubicaciones definitivas y definir los requerimientos de diseño.

La amplitud de su empleo está ligada a la magnitud del proyecto específico, tanto en cuanto a los costos de estudio como a los riesgos de la obra en sí. En el caso de microcentrales hidroeléctricas los estudios geotécnicos generalmente deben reducirse a un mínimo dado por apreciaciones

cualitativas, principalmente mediante excavaciones y sondeos, determinación aproximada de la capacidad portante del suelo y estimación de factores de seguridad para el diseño de la toma, cámara de carga, algunos anclajes de tubería y cimentación del equipo principal.

6) Disponibilidad de agregados

Objeto - Estudiar la existencia de materiales adecuados para agregados (piedra, grava, arena, etc.), factor importante para reducir los costos de obras y métodos constructivos.

Aspectos metodológicos - Estudio diferenciado de la existencia y características de los principales tipos de materiales requeridos (material granular, materiales de enrocado, material de cantera, arena, grava, etc.)

f) Evaluación global de las necesidades y la demanda económica de energía de cada zona

Tal como se señaló en la sección anterior, este estudio debe desarrollarse en forma integrada con la evaluación de los recursos hidroenergéticos de la zona considerada, a fin de asegurar su relevancia y permitir la formulación posterior de proyectos específicos de MCH.

Esta etapa requiere profundizar y detallar los datos obtenidos mediante la identificación preliminar de microrregiones y zonas aisladas, por medio de trabajos de evaluación de campo, los cuales, sin embargo, deben mantener su carácter general y estadístico en cuanto a la descripción de las características de cada localidad.

Es necesario contar con una ficha de datos ampliada para cada localidad y preparar fichas a nivel de microrregiones o conjuntos de localidades con la posibilidad de integrarse en un pequeño sistema.

El análisis socioeconómico de cada localidad puede tener los alcances que se señalan a continuación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este análisis puede ser más restringido, dejando algunos elementos para ser considerados en los estudios de proyectos específicos o simplemente obviados.

ALCANCES DEL ANALISIS SOCIOECONOMICO DE LOCALIDADES

PROBLACION	Número, tamaño de familias, distribución por actividades, niveles de ingreso, nivel cultural, etc. Tipificación de posibles niveles de satisfacción
------------	--

	de necesidades energéticas. Información histórica sobre crecimiento (o estancamiento); migraciones. Previsiones de crecimiento (tasas), previsión de elevación de los índices de necesidades energéticas (tasas).
ACTIVIDADES ECONOMICAS	Descripción de actividades productivas y de apoyo existentes; impacto económico. Potencial de la zona. Identificación de proyectos en actividades consumidoras de energía. Requerimientos para el desarrollo de proyectos: plazos.
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	Sistemas de transporte (personal y carga); carreteras, correo, telecomunicaciones, etc.
SERVICIOS	Agua potable, desagüe, disponibilidades de energía; comercio.
EDUCACION	Escuelas y actividades culturales; necesidades educativas y sus necesidades específicas de energía.
DESCRIPCION FISICA DE LA LOCALIDAD	Ubicación geográfica, distancia, descripción física (calles, distancias, tipos de construcción, etc.).

Del análisis socioeconómico se deberán obtener los datos básicos de cada localidad, a fin de que mediante la aplicación de indicadores se puedan determinar las necesidades y el potencial de consumo eléctrico y la capacidad instalada requerida.

En esta etapa de evaluación global se pueden determinar solamente las necesidades aproximadas de capacidad instalada en función de índices, los cuales serán necesarios para la formulación de proyectos específicos.

Adicionalmente se pueden realizar evaluaciones preliminares del consumo energético por agrupaciones de sectores de consumo:

- Doméstico
- Alumbrado público
- Actividades económicas productivas
- Varios (salud, educación, cultura, actividades sociales, políticas, religiosas, etc.).

También se pueden calcular aproximadamente los períodos diarios de utilización para cada sector y sus variaciones estacionales. El análisis adicional propuesto permite contar con los elementos necesarios de estudio sobre la capacidad instalada requerida y la demanda a nivel de prefactibilidad para los estudios de proyectos específicos.

g) Identificación de proyectos específicos

La interacción entre las alternativas de proyectos de MCH que se puedan identificar de la evaluación global de recursos, con la evaluación de las necesidades y la demanda del conjunto de localidades de una zona, permite determinar y especificar en términos aproximados los conjuntos de proyectos que pueden satisfacer las necesidades energéticas básicas de la población con un costo mínimo. Para esto es necesario considerar los siguientes factores:

CONSIDERACIONES PARA LA DEFINICION DE PROYECTOS DE MCH

- Hasta donde sea económicamente justificable agrupar conjuntos de localidades para formar pequeños sistemas interconectados a media tensión, en función de sus radios de alcance y las características topográficas de la zona.
- Seleccionar los proyectos de mayor potencia relativa que puedan sustituir económicamente a varios de menor importancia.
- De acuerdo con la topografía y las características del recurso, seleccionar el tipo de central en cuanto a salto, considerando que los saltos elevados son más ventajosos porque entrañan menores inversiones y una mayor economía de agua; sin embargo, están sujetos a mayor desgaste y ocasionan mayores pérdidas de nivel en el recurso hidráulico que reducen la disponibilidad de agua para otros fines a niveles superiores.
- Tomar en cuenta el incremento de las necesidades de capacidad instalada, sea sobredimensionando las instalaciones o previendo ampliaciones.
- Prever problemas constructivos en la definición de proyectos.
- Identificar soluciones y proyectos alternativos.
- Esta definición debe apoyarse en verificaciones de campo.

No está de más precisar que el objetivo de esta etapa es tratar de definir el universo de los proyectos que podrían cubrir las necesidades energéticas básicas de la zona bajo estudio, procurando optimizar las combinaciones,

pero no establecer prioridades de ejecución, tarea que forma parte de la etapa siguiente.

h) Establecimiento preliminar de prioridades de los proyectos

Constituye la base fundamental para la definición del "plan de desarrollo" y sus "programas de ejecución", a cargo del órgano de planificación.

Es necesario establecer criterios ponderados de evaluación para determinar las prioridades, tomando en consideración factores económicos, técnicos y sociales entre los cuales en líneas generales se proponen los siguientes:

FACTORES PARA ESTABLECER LAS PRIORIDADES EN LA EJECUCION DE PROYECTOS

- Tamaño y costo, incluyendo el costo de las líneas de transmisión
- Población que se ha de atender; factores de carga
- Utilización de la energía en las actividades productivas, incluida la producción industrial, con relación a la energía producida
- Disponibilidad y permanencia del recurso hídrico
- Perspectivas de complementación mutua en el marco de proyectos múltiples o posibilidades de interferencia con el empleo del agua para otros fines
- Perspectivas de empleo de mano de obra y materiales locales en la construcción
- Perspectivas de participación organizada de la comunidad con aportes de mano de obra y materiales
- Disponibilidad de vías de acceso y conexión vial
- Perspectivas de generación de empleo local
- Perspectivas de continuidad del servicio, autofinanciamiento de la explotación y apoyo de la comunidad
- Perspectivas de abastecimiento de equipos, preferentemente de origen nacional
- Exigencias y problemas de ingeniería involucrados con el proyecto.

En el Cuadro 1 se enumeran algunas actividades que se pueden efectuar en localidades aisladas y se indican también las necesidades aproximadas de capacidades instaladas.

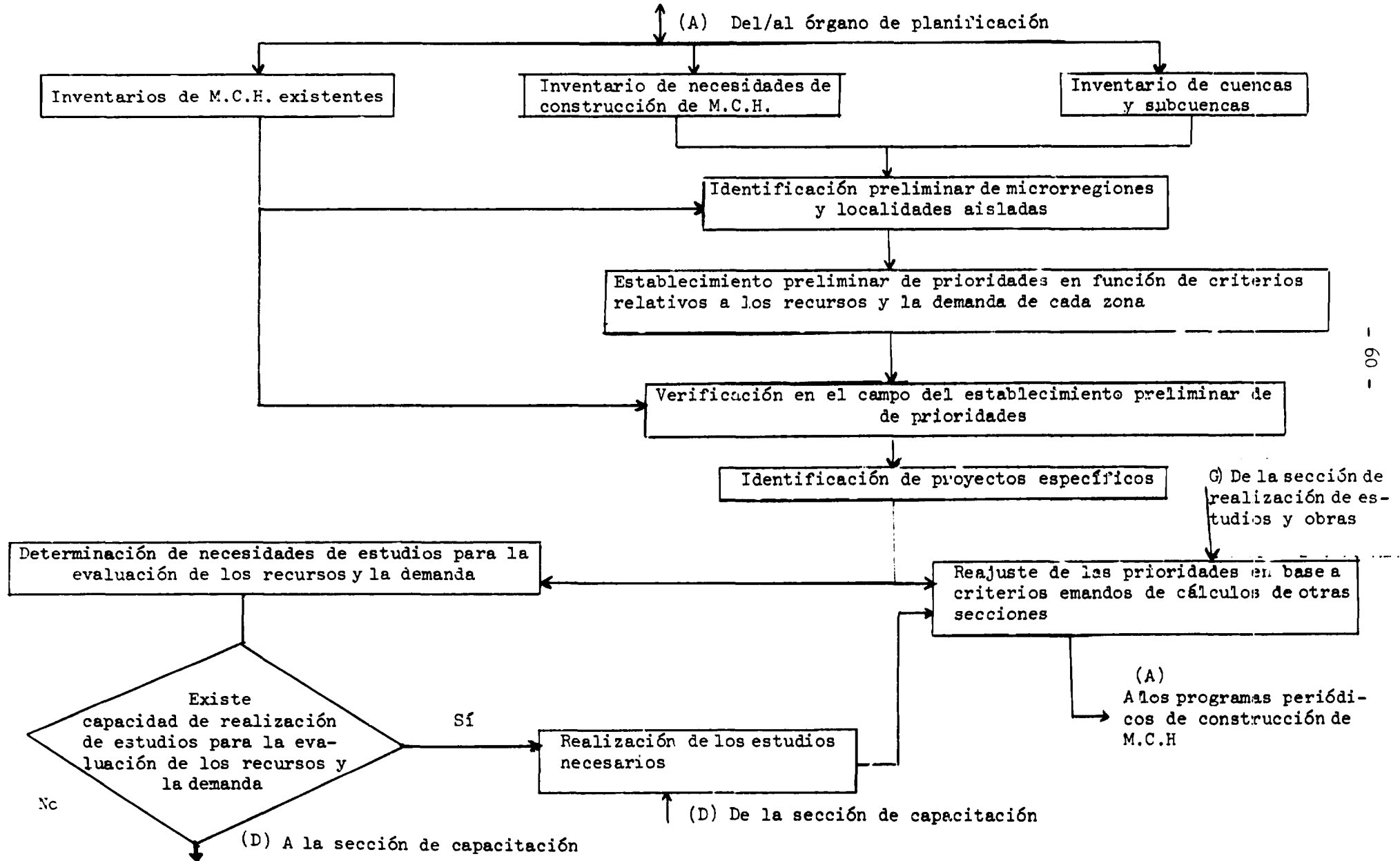
Cuadro 1

Actividades productivas en localidades aisladas y zonas rurales que podrían utilizar la energía generada por una pequeña central hidroeléctrica.

ACTIVIDADES	POTENCIA INSTALADA PARA CONSUMO (kW)
Talleres de carpintería	5 - 15
Panaderías	2 - 5
Actividades artesanales	1 - 2
Pequeños aserraderos	15 - 30
Molinos de caña de azúcar	10 - 20
Molinos de cereales	3 - 20
Tejeduría	0,5 - 6
Elaboradores de café	5 - 30
Canteras	6 - 30
Fabricación de hielo	6 - 60
Bombas de regadío	2 - 100
Fabricación de ladrillos	1 - 5
Hospedería (20 huéspedes)	2 - 5
Restaurantes	1 - 2
Conservas de legumbres	5 - 20
Productos lácteos (mantequilla, queso)	2 - 10
Elaboradores de leche (refrigeración y preevaporación)	5 - 20
Silos	3 - 5
Talleres eléctricos y mecánicos (reparaciones)	5 - 15
Gasolineras	0,5 - 5

Esta evaluación permitirá la preparación de listas de proyectos por orden de prioridad que servirán para las actividades de planeamiento y programación, pero no determinan su inclusión automática en los programas, ya que el órgano de planeamiento tendrá que establecer otras series de prioridades en cuanto a cuestiones de desarrollo regional, desarrollo industrial rural y políticas sectoriales.

FIGURA 13. SECCION DE EVALUACION DE LOS RECURSOS Y LA DEMANDA



5.4 ESTUDIOS DE PREINVERSION

En la presente sección nos referiremos principalmente a los estudios de preinversión de proyectos específicos, considerando que los referentes al análisis global de los recursos y la demanda han sido tratados en la sección 5.3, aunque no siempre es fácil trazar una línea divisoria precisa, ya que los estudios de proyectos específicos pueden estar relacionados con el proceso de identificación y establecimiento de prioridades de los proyectos.

Los estudios para un proyecto específico cumplen dos finalidades fundamentales:

- Justificación técnico-económica
- Orientación para la ejecución del proyecto.

Se puede afirmar que los estudios de preinversión constituyen uno de los aspectos que más caracterizan la diferencia entre las MCH y las plantas mayores y por esta razón la elaboración de estudios relativos a las MCH frecuentemente presentan los siguientes problemas:

DEFECTOS MAS FRECUENTES DE LOS ESTUDIOS SOBRE MCH

- Elevados costos que frecuentemente alcanzan valores que varían entre el 30% y el 50% de las inversiones.
- Términos de referencia formales y no siempre orientados a las necesidades del proyecto.
- Exceso de información y procesamiento de datos poco significativos y ausencia de elementos relevantes; divorcio entre el estudio y la realidad del proyecto.
- Limitado valor práctico para determinar las inversiones requeridas y orientar la construcción de la planta.

Los defectos señalados pueden atribuirse a las siguientes causas:

ASPECTOS QUE DETERMINAN LAS DEFICIENCIAS EN LA ELABORACION DE ESTUDIOS

- Traslado mecánico de términos de referencia normalmente empleados para grandes proyectos hidroeléctricos.
- Adopción formal de etapas sucesivas de los estudios (prefactibilidad, factibilidad e ingeniería de detalle) sin tomar en consideración el objeto del estudio.

- Exigencias formalistas y requerimientos excesivos de datos originados por las instituciones financieras.
- Falta de definición de metas que establezcan proporciones entre los costos de los estudios y la inversión total de un proyecto.
- Ausencia de estudios globales de los recursos y la demanda por cuencas y microrregiones, respectivamente.
- Limitada información directa y excesivo procesamiento de datos inferiores o estimados.
- Falta de manuales técnico-económicos para la elaboración de proyectos.
- Deficiencias en los sistemas de consultoría y limitaciones en las capacidades de elaboración de estudios por parte de las instituciones públicas.
- Poca consideración de alternativas tecnológicas.
- Poca consideración de las perspectivas de participación de la población local en el proyecto.

Es importante que a nivel del órgano de planificación se definan metas en cuanto al costo máximo de los estudios como porcentaje de las inversiones totales y en función del tamaño de la central. Obviamente estas metas deben definirse para cada país como parte de un análisis aproximado del costo de los elementos de los estudios y la definición de su alcance, no debiendo olvidarse que los estudios son una guía aproximada para la acción futura y una forma de proteger las inversiones totales del proyecto. En consecuencia, deben guardar las debidas proporciones, a fin de evitar que se transformen en una inversión de alto riesgo en sí, que pueda también incrementar considerablemente las inversiones totales o llegar incluso al extremo absurdo de que el costo de los estudios afecte sinceramente a la factibilidad de un proyecto.

Para cada país se deben establecer metas definidas de costo máximo de los estudios de preinversión con respecto a las inversiones totales en una MCH, que a su vez darán los límites al alcance de dichos estudios. En la sección 7.6 relativa a los costos, se presenta una curva referencial basada en el siguiente cuadro, que refleja que el porcentaje del costo de los estudios para las potencias menores deberá incrementar dentro de límites razonables.

POTENCIA EN kW %	PORCENTAJE MAXIMO DEL COSTO TOTAL CORRESPONDIENTE A ESTUDIOS
10	15
100	11
1000	8

El alcance de los estudios está íntimamente ligado con las proporciones que se requiera alcanzar entre sus costos y las inversiones totales, así como con la posición del proyecto en el contexto de la planificación del desarrollo de las MCH; en otras palabras, si se cuenta o no con información global de cuencas y zonas para conjuntos de proyectos y según la profundidad de los estudios que han determinado las especificaciones de los proyectos identificados en las evaluaciones globales a que se refiere la sección 5.3.

Con estas consideraciones en mente, en los párrafos siguientes proponemos algunas pautas generales para la elaboración de estudios de preinversión en los tres niveles convencionales de prefactibilidad, factibilidad e ingeniería de detalle.

a) Estudio de prefactibilidad/reconocimiento

En el caso de las MCH es conveniente plantear un mínimo de exigencias a este nivel pudiendo sustituirse el concepto de "estudio de prefactibilidad" por el de "estudio de reconocimiento" que implica un alcance más restringido.

En sentido opuesto, es conveniente que en este nivel de estudio se tengan los elementos suficientes para decidir la inversión a fin de obviar, de ser posible, la elaboración de un estudio de factibilidad.

La aproximación al estudio de prefactibilidad variará según que el proyecto en cuestión sea o no independiente del proceso de planificación y de evaluación global, tal como se muestra en el cuadro resumen siguiente:

CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD SEGUN SU RELACION CON LA PLANIFICACION Y EVALUACION GLOBAL

PROYECTOS UBICADOS EN EL CONTEXTO DEL PLAN Y EVALUACION GLOBALES DE LOS RECURSOS Y LA DEMANDA	PROYECTOS INDEPENDIENTES DEL CONTEXTO DE LOS PLANES Y EVALUACION GLOBALES
<ul style="list-style-type: none">- La decisión de ejecución de estudios se ha tomado en la fase de programación y está basada en las evaluaciones globales; el estudio de prefactibilidad debe analizar alternativas, definir especificaciones de la planta, definir los alcances de la ingeniería del proyecto y evaluar sus perspectivas de factibilidad.	<ul style="list-style-type: none">- Si el proyecto muestra características favorables en un reconocimiento preliminar, el estudio de prefactibilidad podrá tener los alcances de los proyectos programados; en caso contrario, se deberán definir alternativas, aproximar sus especificaciones y necesidades de inversión y evaluar la conveniencia de continuar con los estudios.
<ul style="list-style-type: none">- La evaluación global podrá contener datos suficientes en cuanto a hidrología y evaluación del recurso, así como con respecto a la demanda de energía y capacidad instalada requerida, de modo que sólo quede por evaluar estos datos en un reconocimiento de campo, realizar algunos aforos y complementar o detallar información.	<ul style="list-style-type: none">- La evaluación del recurso y el análisis de la demanda forman parte de los trabajos que han de realizarse en el contexto del estudio.

Otro factor importante será el tamaño del proyecto que determinará el alcance del estudio de prefactibilidad en proporción a las necesidades estimadas de inversión, así como a otros factores propios de la magnitud del proyecto, tal como se indica en el cuadro siguiente, en el que en forma provisional se han separado las centrales en dos rangos de potencias:

CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD SEGUN EL TAMAÑO DE LAS MCH

POTENCIAS MENORES (INFERIORES A 100 kW)	POTENCIAS MAYORES (SUPERIORES A 100 kW)
<ul style="list-style-type: none">- Verificación de caudales por medio de métodos indirectos durante períodos breves y su generalización mediante apreciaciones cualitativas.	<ul style="list-style-type: none">- Verificación de caudales mediante aforos durante períodos amplios o aplicación de modelos de semejanza.
<ul style="list-style-type: none">- Levantamientos topográficos muy restringidos o eliminados, empleo de procedimientos artesanales en la nivelación.	<ul style="list-style-type: none">- Levantamientos topográficos detallados de las zonas de mayor interés (toma, canal, cámara de carga, caída, casa de máquinas, descarga); determinación cuidadosa de la caída y replanteo en los trazos de tubería.
<ul style="list-style-type: none">- Apreciaciones visuales de la estructura del terreno para las construcciones.	<ul style="list-style-type: none">- Aplicación de método geotécnico para verificar las características del terreno en las zonas de construcción de las obras principales.
<ul style="list-style-type: none">- Sobredimensionamiento y factores de seguridad más amplios en función de mayores márgenes de incertidumbre.	<ul style="list-style-type: none">- Menor incidencia sobre el dimensionamiento y factores de seguridad más reducidos en función de la mayor profundidad de los estudios y mayores inversiones involucradas.
<ul style="list-style-type: none">- Consideración mayor al empleo de tecnologías no convencionales tendientes a la reducción de costo, aun sacrificando determinados márgenes de confiabilidad y vida útil.	<ul style="list-style-type: none">- Menor consideración relativa al empleo de tecnologías no convencionales, si bien en muchos casos también tendrán relevancia en el rango de potencias considerado.

Obviamente estas indicaciones deben considerarse como tendencias, ya que el alcance de cada proyecto debe dedicarse en función de sus características objetivas.

Lista de verificación del estudio de prefactibilidad de las MCH

1. Resumen - Sinopsis de todas las conclusiones esenciales de cada párrafo.
2. Antecedentes e historial del proyecto
 - a) Patrocinador (es) del proyecto
 - b) Historial del proyecto
 - c) Costo de los estudios y/o investigaciones ya efectuados
3. Mercado y capacidad de la planta
 - a) Demanda de carga y mercado
Su aumento en el pasado, las previsiones de aumento, la conexión con la red
 - b) Previsiones de ventas y comercialización
 - i) Competencia con otros recursos energéticos
 - ii) Previsiones de ingresos anuales por suministro de energía
 - c) Cálculo de la potencia
 - i) Estudio hidrológico
 - ii) Potencia constante
 - iii) Potencia secundaria
 - iv) Agua desperdiciada
 - d) Determinación de la capacidad instalada
4. Ubicación y lugar (incluido, si procede, el estudio geológico y el cálculo del costo del terreno y del costo del reembolso del embalse).
5. Ingeniería del proyecto
 - a) Determinación preliminar del alcance de un proyecto de MCH
 - b) Tecnología y equipo
 - i) Cálculo aproximado de los costos de la tecnología nacional y extranjera
 - ii) Disposición aproximada del equipo propuesto y la casa de máquinas
Turbina, generador, compuerta y válvula, equipo auxiliar, etc.
 - iii) Cálculo aproximado de la inversión en equipo
 - c) Obras de ingeniería civil
 - i) Disposición aproximada de la estructura de toma y conducción y casa de máquinas
 - ii) Cálculo aproximado del costo de inversión de las obras de ingeniería civil (nacional/extranjera).
6. Organización de la planta y costos generales.

7. Personal
 - a) Cálculo de las necesidades de personal clasificado según las principales categorías de especialización
 - b) Costos previstos anuales de personal
8. Programación de la ejecución
 - a) Método principal de ejecución y calendario de ejecución
 - b) Costos previstos de la ejecución
9. Evaluación financiera y económica
 - a) Costos totales de inversión
 - b) Financiación del proyecto
 - i) Estructura del capital y financiación propuestas (nacional/ extranjera)
 - ii) Intereses
 - c) Costo de producción
 - d) Evaluación financiera basada en los cálculos precedentes
 - i) Período de recuperación del capital invertido
 - ii) Tasa simple de rendimiento
 - iii) Punto de equilibrio
 - iv) Tasa interna de rendimiento
 - e) Evaluación económica nacional
 - i) Pruebas preliminares
 - ii) Análisis aproximado costo-beneficios, sirviéndose de ponderaciones y costos de oportunidad previstos (tipos de cambio, mano de obra, capital)
 - iii) Diversificación industrial económica
 - iv) Cálculo del efecto de creación del empleo
 - v) Cálculo del ahorro de divisas.

b) Factibilidad

Es deseable lograr que los estudios de prefactibilidad o reconocimiento de una MCH tengan los elementos suficientes para decidir las inversiones, a fin de obviar la etapa de estudios de factibilidad pasando directamente a los estudios de ingeniería de proyecto.

Sin embargo, conviene realizar estudios de factibilidad para los proyectos que presenten situaciones dudosas en cuanto a sus características técnicas y económicas y cuando haya que comparar alternativas y siempre que su magnitud e importancia lo justifiquen.

c) Ingeniería de detalle

En líneas generales debe comprender los siguientes aspectos:

ALCANCE DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE DETALLE

- Complementos topográficos de detalle
- Complementos geotécnicos (cuando resulten necesarios en función del tamaño del proyecto)
- Especificaciones definitivas del proyecto
- Diseño de detalle de cada elemento de las obras civiles y especificación de materiales
- Especificaciones definitivas de los equipos electromecánicos y auxiliares; cotizaciones, evaluación de alternativas y propuesta de adquisición
- Diseño eléctrico de instalaciones y líneas de transmisión
- Recomendaciones para la construcción, instalación y puesta en marcha
- Cronogramas de ejecución y programa de trabajo

En la medida en que no se realicen estudios de factibilidad propiamente dichos, el estudio de ingeniería deberá incluir un análisis económico financiero complementario con los siguientes aspectos:

COMPLEMENTO ECONOMICO Y FINANCIERO DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERIA

- Inversiones y financiamiento
- Cronogramas de desembolsos
- Necesidades de personal
- Costos de explotación y amortización
- Revisión de esquemas tarifarios
- Análisis de sensibilidad de las inversiones
- Aspectos organizativos de la construcción y explotación

alcance y la profundidad de los estudios de ingeniería también estarán condicionados por la magnitud de las inversiones previstas cuyas tendencias cualitativas se pueden presentar en la siguiente forma:

CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERIA SEGUN EL TAMAÑO DE LAS MCH

POTENCIAS MENORES (Inferiores a 100 kW)	POTENCIAS MAYORES (Superiores a 100 kW)
<ul style="list-style-type: none">- Menor grado de detalle en los diseños que habrán de ser complementados durante la ejecución de la obra- Mayores factores de seguridad para el diseño- Proporcionalmente mayor empleo de materiales locales- Planos adaptados al nivel de calificación de un maestro de obras- En la selección definitiva de los equipos tendrán una ponderación elevada los factores relativos a precio y simplicidad- Mayor utilización de tecnologías no convencionales- Mayor empleo de diseños modulares semiestandarizados	<ul style="list-style-type: none">- Mayor detalle en los diseños- Menores factores de seguridad para el diseño- Proporcionalmente menor empleo de materiales locales- Planos adaptados al nivel de calificación de un ingeniero civil- En la selección definitiva de los equipos tendrán una ponderación elevada los factores relativos a la confiabilidad y vida útil- Mayor utilización de tecnologías convencionales- Mayor empleo de diseños "a medida"

Para todo el rango de MCH es conveniente especificar y seleccionar equipo estándar, incluyendo las turbinas.

Los estudios de preinversión de proyectos pueden ser realizados a través de distintas modalidades institucionales.

- Sección de proyectos e ingeniería de una empresa eléctrica encargada de la construcción de MCH
- Instituto especializado de proyectos hidroenergéticos
- Empresas consultoras y profesionales independientes.

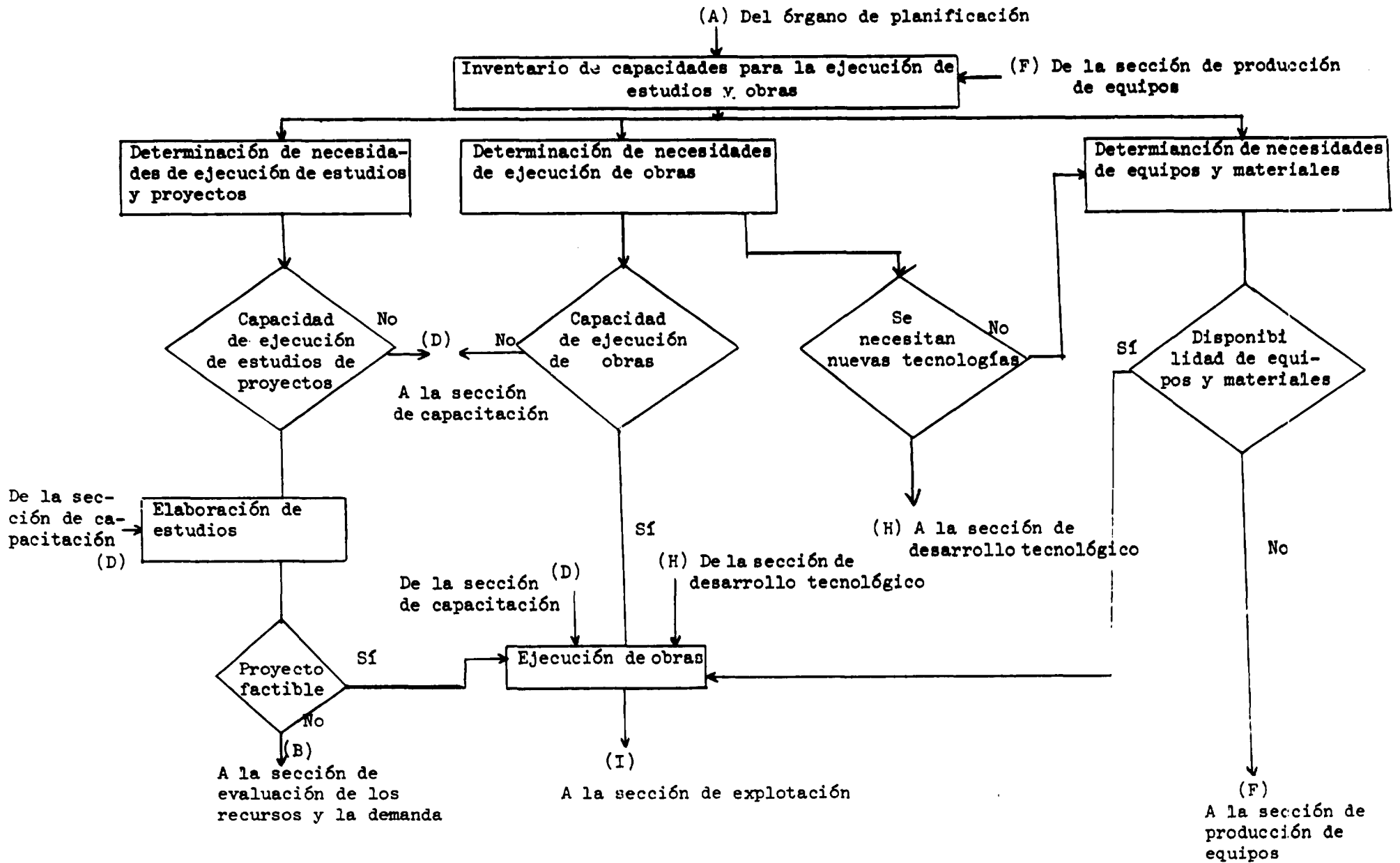
La elección dependerá de las políticas de cada país, su régimen socioeconómico y sus capacidades técnicas.

En general es conveniente que exista una sección de proyectos e ingeniería en la empresa eléctrica que actúe como ejecutora del programa de MCH, con capacidad para efectuar los estudios de preinversión necesarios y para subcontratar y supervisar la ejecución de los estudios que rebasen sus capacidades de elaboración simultánea de proyectos.

La contratación de consultores idóneos es en general difícil y requiere una buena capacidad técnica por parte de la entidad supervisora, a fin de definir claramente el alcance de los estudios, evaluar los costos y supervisar la calidad de los contenidos. En general se debe evitar el vicio frecuente de estudios con limitados contenidos sustanciales y gran volumen de información irrelevante.

También es frecuente que algunas instituciones financieras planteen requisitos de calificación de consultores y alcance de los estudios, que tiendan a elevar excesivamente los costos de preinversión y a hacer de los estudios elementos formalistas en gran parte inútiles para la evaluación y ejecución de los proyectos.

FIGURA 14. SECCION DE REALIZACION DE ESTUDIOS Y OBRAS



5.5 FINANCIAMIENTO

En esta sección se tratarán los problemas generales del financiamiento de las inversiones para la construcción de una M.C.H., haciéndose hincapié en las perspectivas de reducir las inversiones o sus componentes monetarios y necesidades de divisas.

PROBLEMAS FRECUENTES DEL FINANCIAMIENTO DE LAS M.C.H.

- Elevadas necesidades de inversiones por kW instalado.
- Elevadas necesidades de moneda extranjera.
- Elevados costos de los estudios y poca relevancia de los mismos para el funcionamiento y ejecución del proyecto.
- Los proyectos individuales son de pequeña envergadura, presentan poco interés para su financiamiento y representan un alto costo de trámite y evaluación financiera.
- Poca experiencia en sistemas de financiamiento de conjuntos de proyectos.
- Dificultades para incorporar la ingeniería nacional a los estudios de preinversión.
- Deficientes esquemas para la financiación de suministros nacionales.
- Subestimación de los potenciales aportes de la comunidad en mano de obra y materiales.
- Ausencia de políticas de financiamiento de las M.C.H.
- Deficiente capacidad económica de las comunidades.
- Deficientes concepciones de la "electrificación rural" basadas en la generación espontánea de actividades productivas que requieren energía.

Para abordar los problemas típicos que se presentan en el cuadro siguiente se resumen algunas recomendaciones que merecen tomarse en cuenta para el planteamiento de esquemas, muchas de las cuales se comentan en mayor detalle en la presente sección.

ORIENTACIONES GENERALES PARA MEJORAR LAS PERSPECTIVAS DE FINANCIAMIENTO DE LAS M.C.H.

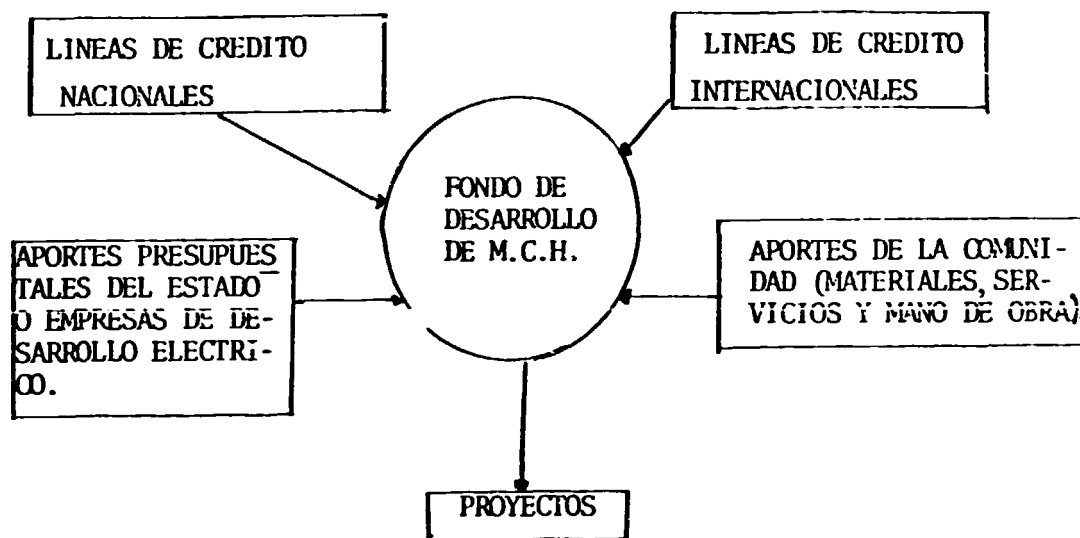
- Reducir las necesidades de inversiones y divisas mediante la aplicación de tecnologías no convencionales, la estandarización, el empleo de equipos de fabricación nacional y materiales de obtención local y la participación comunal en los trabajos de construcción.
- Lograr que los estudios de preinversión tengan una mayor relevancia y menor costo mediante evaluaciones globales de los recursos y la demanda por zonas y cuencas, preparación de guías para la formulación de proyectos y manuales de diseño, etc.
- Financiar conjuntos de proyectos homogéneos.
- Ampliar la participación comunal en la construcción y el funcionamiento de las plantas.
- Ampliar la incorporación de la ingeniería nacional en los proyectos, fortaleciendo las capacidades de ingeniería de los institutos responsables de la ejecución de proyectos de M.C.H. y otorgando preferencia al empleo de consultores nacionales idóneos con respecto a la contratación de consultores extranjeros.
- Desarrollar sistemas de financiamiento de suministros nacionales.
- Incentivar la participación comunal en la ejecución de proyectos mediante una elevada ponderación en el análisis de prioridades, desarrollando sistemas adecuados de evaluación financiera de los aportes comunales y dirección técnica.
- Definir una política nacional de financiamiento de las M.C.H.
- Promover el desarrollo paralelo de actividades productivas consumidoras de energía.
- Elaboración de guías de orientación para el uso nacional de la energía.

Se debería prestar particular atención a la reducción del monto de las inversiones requeridas, incluidos los estudios de preinversión, y de las necesidades de divisas.

PAUTAS GENERALES PARA REDUCIR LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y
LAS NECESIDADES DE DIVISAS

- Evaluación global de la demanda y los recursos por zonas y cuencas, reduciendo así los costos de los estudios individuales y logrando mejores economías de escala en el estudio multidisciplinario de áreas que puedan involucrar varios proyectos.
- Siempre que sea posible, pasar del análisis de prefactibilidad directamente al estudio de ingeniería de detalle.
- Simplificación de los términos de referencia de los estudios; preparación de guías para su formulación.
- Preparar manuales de diseño.
- Considerar la aplicación de tecnologías no convencionales y el empleo intensivo de materiales locales desde las etapas de estudio de preinversión.
Empleo de equipos y materiales de fabricación nacional, de ser posible con tecnologías desarrolladas o adaptadas en el país, no sujetas al pago de regalías o al suministro de excesivas proporciones de componentes importados.
- Empleo de equipos estandarizados; para las potencias menores considerar alternativas de menor costo y menores expectativas de vida útil.
- Semiestandarización y tipificación de obras civiles.
- La incorporación de ingeniería nacional en los proyectos permite economías en divisas, menores costos relativos y mejores posibilidades de adaptarse a las condiciones concretas del país.
- La participación comunal permite reducir las inversiones aparentes y, por lo tanto, las necesidades de recursos financieros en moneda nacional.

Para promover el desarrollo de proyectos de M.C.H. es necesario definir políticas adecuadas, mediante la creación de un "fondo de desarrollo de M.C.H." que puede ser administrado por una institución financiera del estado o por la empresa eléctrica responsable.



La captación de recursos financieros para las M.C.H. deberá ser promovida en la siguiente forma:

a) Líneas de crédito internacionales

Es necesario hacer una clara diferenciación entre las líneas de crédito sustancialmente no atadas a determinados suministros, provenientes de algunas instituciones financieras internacionales, y las provenientes de entidades financieras de países interesados en impulsar sus ventas de equipos e ingeniería mediante la promoción financiera.

Los créditos atados a suministros resultan adecuados siempre que se refirieran a elementos que no se producen en el país y siempre y cuando un análisis de sus características técnicas, precios y condiciones financieras, indique que resulta la alternativa más conveniente. Es frecuente el error de adquirir equipos excesivamente costosos o poco adecuados bajo la seducción de condiciones "blandas" de financiamiento.

Conviene negociar la apertura de líneas de crédito específicas, definiendo algunas condiciones de financiamiento, para luego negociar la financiación de conjuntos de proyectos.

Es importante acordar criterios y términos de referencia para la elaboración de estudios sobre bases realistas, preferiblemente mediante la publicación de guías para la elaboración y evaluación de proyectos.

b) Líneas de crédito nacionales

Se deben utilizar principalmente para financiar suministros de equipos y materiales de fabricación nacional.

Se pueden gestionar con instituciones financieras de fomento industrial.

Las líneas de crédito para la preparación del terreno y las obras se pueden negociar con instituciones financieras de fomento rural.

c) Aportes de los presupuestos del Estado o de empresas de desarrollo eléctrico

En función de los planes de desarrollo y sus programas anuales de realización, se pueden asignar recursos que guarden cierta proporción con el financiamiento que se pueda conseguir.

Una parte de los recursos se puede aportar a "fondo perdido".

Pueden establecerse como un porcentaje de las utilidades de las empresas de electricidad.

d) Aportes de la comunidad

Deben definirse en la etapa de realización de estudios.

Es conveniente considerar el aporte de la comunidad como parte de las inversiones totales, para lo cual se requiere una adecuada valorización.

Los aportes de la comunidad normalmente consisten en mano de obra no calificada para la construcción, materiales (principalmente agregados para las obras civiles) y servicios (acarreo local, transporte local, almacenamiento, vigilancia, etc.)

En la medida que se adopten criterios de recuperación parcial de las inversiones, el fondo de financiamiento tendría el carácter de un fondo rotatorio.

Independientemente del esquema de recuperación de inversiones y aun para el caso de "fondo perdido integral", es necesario considerar que los proyectos deben generar fondos mínimos suficientes para cubrir sus propios gastos de funcionamiento y mantenimiento ya que, si no se asegura esto, es muy probable que la planta quede paralizada ante el primer problema operativo que se presente o quede amenazada la integridad de las instalaciones. Por otro lado, sería difícil concebir un esquema de aportes no recuperables en forma permanente paralelamente a un crecimiento sostenido de la construcción de M.C.N.

Las proporciones del financiamiento, aportes presupuestales y aportes comunales deben ser definidas en sus líneas generales. Algunos países han adoptado un criterio "tripartito" que consiste en dividir la inversión en tres partes aproximadamente iguales, financiadas con créditos, aportes de presupuestos y aportes comunales, respectivamente.

Los criterios para la recuperación de inversiones también deben formar parte de la política de financiamiento, dependiendo de las posibilidades tarifarias y los objetivos de desarrollo energético rural. A continuación señalamos tres casos típicos, pudiendo adoptarse soluciones intermedias.

e) "Fondo perdido" integral

No se contempla ninguna recuperación de inversiones; en este caso los aportes presupuestarios y el financiamiento son asumidos por el Estado o la empresa de desarrollo eléctrico, adoptándose sistemas tarifarios para cubrir sólo gastos de funcionamiento y mantenimiento.

Si bien este esquema permite construir M.C.H. en zonas donde la población tiene muy bajos ingresos, dada la limitada capacidad de financiación, el número de M.C.H. será relativamente más reducido.

f) "Fondo perdido" parcial

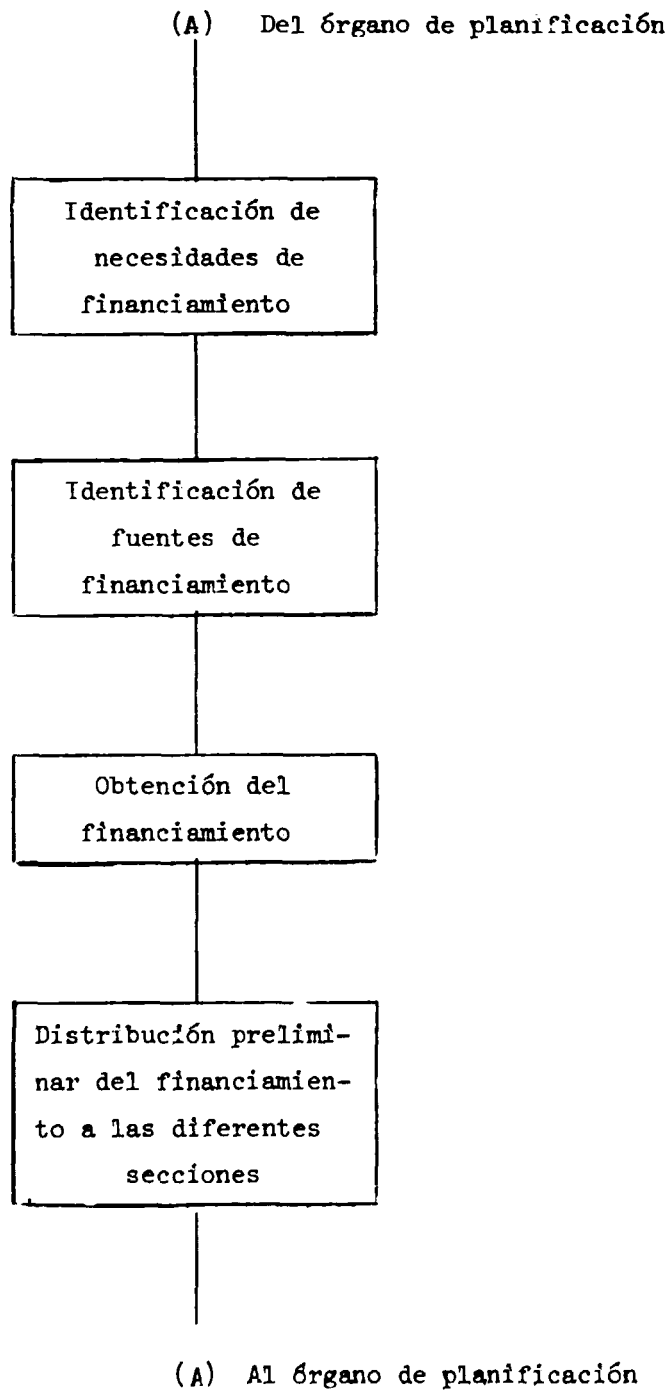
En este caso es frecuente considerar los aportes de los presupuestos comunales como parte del fondo perdido, debiendo recuperarse mediante el sistema tarifario los aportes obtenidos con créditos.

g) Recuperación integral de la inversión

Si bien sería ideal desde el punto de vista financiero, en general no resulta aplicable para el desarrollo energético rural porque restringe considerablemente las posibilidades de realización a los casos en que los ingresos que se puedan obtener del servicio eléctrico cubran la amortización e intereses del capital en un período dado.

Esquemas de este tipo son aplicables a M.C.H. que se instalen para dedicarlas principalmente a actividades productivas rentables (minería, empresas agroindustriales, etc.)

FIGURA 15. SECCION DE FINANCIAMIENTO



5.6 CONSTRUCCION Y PUESTA EN MARCHA

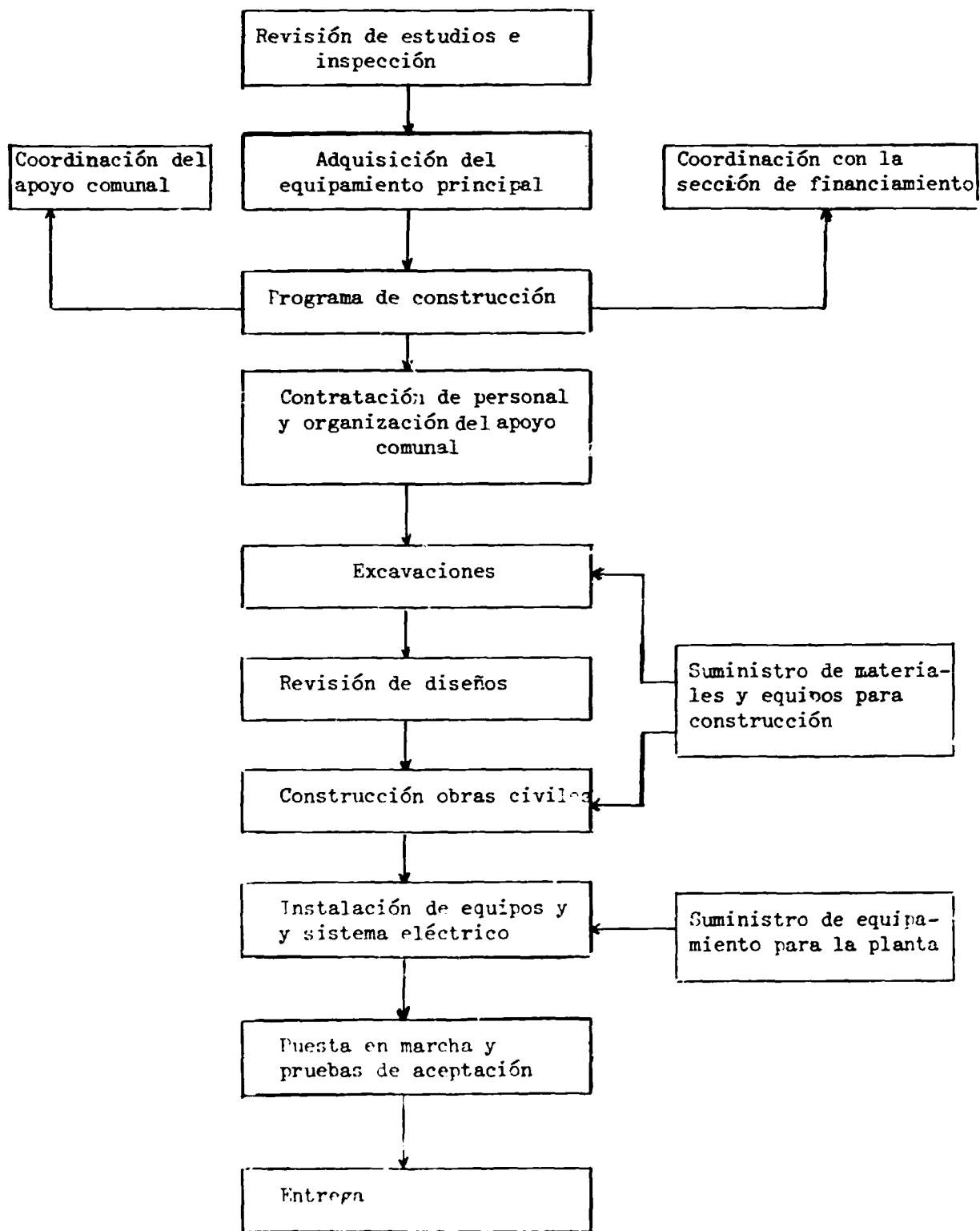
Trataremos principalmente de los problemas y métodos de construcción con respecto a aspectos como las excavaciones, las obras civiles e instalaciones electromecánicas, así como la puesta en explotación de la planta.

Entre todas las fuentes posibles de energía, las M.C.H. son las que presentan las mayores exigencias en cuanto a construcción, debido a la relativa amplitud de las obras e instalaciones.

Los procesos de construcción variarán de acuerdo con:

- Potencia por instalar;
- Característica del terreno;
- Ubicación de la obra;
- Utilización aislada o interconectada de la planta;
- Disponibilidad y nivel de calificación de la mano de obra;
- Tecnología de construcción;
- Facilidad de acceso y transporte;
- Nivel tecnológico de los equipos;
- Condiciones climáticas;
- Factores particulares en proyectos de uso múltiple.

En términos simplificados, el proceso de construcción puede representarse por el diagrama de flujo que se presenta a continuación, cuyos elementos se analizan seguidamente.



a) Revisión de estudios e inspección

La oficina ejecutora del proyecto, que puede formar parte de la empresa de desarrollo eléctrico, en primera instancia debe definir las responsabilidades de dirección y supervisión del proyecto.

Se procederá luego a la revisión de los estudios y a una verificación de campo en cuanto a sus características, especificaciones y orientaciones para la construcción.

La revisión puede encargarse a profesionales independientes o consultores, si no se cuenta con el personal adecuado o cuando se trate de proyectos de ejecución directa promovidos por municipios o empresas independientes.

b) Adquisición del equipamiento principal

Dados los problemas de tiempo de entrega, es necesario proceder a la adquisición de los equipos tan pronto como se hayan revisado los estudios. En algunos casos pueden iniciarse los trámites de adquisición desde la etapa de preparación de los estudios de ingeniería.

El equipo principal generalmente estará constituido por las turbinas, los reguladores de velocidad, los generadores, las válvulas principales, los tableros eléctricos y los transformadores. Adicionalmente pueden incluirse materiales eléctricos y la tubería de presión con los accesorios necesarios.

c) Coordinación con la sección de financiamiento

Esta coordinación es necesaria para definir las modalidades y los cronogramas de desembolsos para las diversas etapas que se establecen en el programa de construcción del proyecto. También debe vincularse esta coordinación con la que se realice a nivel comunal, a fin de armonizar los aportes financieros con los soportes comunales. Igualmente, la adquisición de equipos debe coordinarse con la sección de financiamiento.

d) Coordinación del apoyo comunal

Desde la etapa de estudios y de decisión de ejecución deberán haberse definido perspectivas concretas de cooperación. Antes de iniciar la construcción, es necesario establecer una coordinación para formalizar un convenio o acuerdo con la comunidad, que abarque, entre otros, los siguientes aspectos:

- Mano de obra: tipos y cantidades de horas/hombre para cada fase; responsabilidades de dirección.
- Materiales: generalmente agregados tales como piedra y arena; madera para encofrados, etc. cantidades, ubicación, etc.
- Servicios: acarreo de materiales, almacenamiento, transporte de personal, vigilancia, etc., definir responsabilidades.

Según el tipo de organización social y las tradiciones del país, los acuerdos serán suscritos con la entidad más representativa capaz de movilizar el apoyo requerido, pudiendo acordarse con los dirigentes de la comunidad, con los directivos de cooperativas o con las autoridades municipales. También es importante asegurarse de que estos acuerdos sean conocidos y apoyados por los pobladores.

e) Programa de construcción

Este debe ser formulado en armonía con las acciones que se mencionan en las secciones anteriores.

Las características del programa de construcción están determinadas por la naturaleza del proyecto y en el caso de una MCH debe considerarse que existen amplios márgenes de incertidumbre en las diversas fases de ejecución, derivados principalmente del carácter aproximado de los estudios, de problemas logísticos propios de proyectos con un mínimo de aparato administrativo y de los problemas que se presentan frecuentemente en las actividades con participación comunal relativamente voluntaria, en cuanto a organización y plazos de ejecución.

CUESTIONES QUE SE HAN DE CONSIDERAR EN LOS PROGRAMAS DE CONSTRUCCION DE PROYECTOS

- Evitar programas excesivamente detallados; restringirse a los elementos principales.
- Contemplar márgenes amplios para imprevistos, principalmente en lo referente a modificaciones de diseño, suministros y trabajos a cargo de la comunidad.
- De preferencia emplear sistemas lógicos para los cronogramas de ejecución para determinar con claridad las rutas críticas, pero considerando solamente los eventos principales.
- En la programación del trabajo aportado por la comunidad local, considerar posibles interferencias con otras actividades de la población, principalmente en cuanto a períodos de siembra y cosecha.
- Asegurar apoyo técnico para requerimientos imprevistos de modificaciones de diseño, principalmente en las obras civiles.
- Programar el transporte de materiales y equipos de fuera de la localidad teniendo en cuenta los problemas de acceso, principalmente en los períodos de lluvias.
- Programar las formas de acarreo de materiales, principalmente cuando se requiere el empleo de semovientes.
- Las responsabilidades de trabajo deben estar definidas en el programa.

f) Contratación de personal y organización del apoyo comunal

El equipo básico para la construcción puede organizarse de la siguiente forma:

- Un supervisor (generalmente un ingeniero que puede tener a su cargo varios proyectos);
- Un maestro de obras;
- Personal calificado: albañiles, carpinteros, etc.
- Personal no calificado.

El ingeniero supervisor generalmente depende de la sección de ejecución responsable del proyecto.

Es frecuente que el maestro de obras actúe como contratista responsable de su equipo de personal calificado. El personal no calificado sería aportado por la comunidad local. En este caso hay que prever conflictos de responsabilidad entre el contratista y la comunidad.

En la organización del apoyo comunal hay que lograr asignaciones de personal definidas al maestro de obras.

Para la fase de instalaciones se podrá contar con un ingeniero mecánico-electricista supervisor cuyo equipo de tarea podrá estar integrado por:

- Un técnico mecánico-montador;
- Un técnico electricista-instalador;
- Ayudantes.

El equipo técnico de instalaciones frecuentemente pertenecerá a la sección de ejecución del proyecto. Los ayudantes pueden ser los potenciales operadores locales de la planta.

Obviamente las recomendaciones que se dan para la composición del equipo son orientaciones y están sujetas a amplias variaciones en función de la magnitud y características propias del proyecto. En general se debe procurar reducir el equipo técnico al mínimo indispensable, debido a su fuerte incidencia en los costos, principalmente en plantas pequeñas con potencias inferiores a 50 kW.

Es muy importante tomar en cuenta que la presencia de técnicos y trabajadores calificados en la localidad, durante la ejecución de la obra, plantea situaciones socioeconómicas particulares, que pueden tener aspectos positivos en cuanto a intercambio cultural y social, pero que también puede tener efectos negativos cuando el personal foráneo no se adapta a los hábitos locales o se generan problemas de comportamiento.

Para facilitar la participación de las comunidades locales en las obras, se deberá proceder a la formación de grupos o brigadas de trabajo, fijando metas y estimulando su cumplimiento.

g) Excavación

De acuerdo con la estructura y el desarrollo socioeconómico del país y la magnitud y características del proyecto, se emplearán mayores o menores niveles de mecanización. En las MCH se suele preferir el empleo intensivo de mano de obra local con bajos niveles de mecanización. Por otra parte, se debe evitar la subestimación del valor del esfuerzo aportado por la comunidad porque no está incluido en la financiación en moneda, ya que es frecuente el error de no considerar un mínimo de mecanización que podría economizar una gran cantidad de horas/hombre.

La excavación del canal constituye el principal elemento de esta etapa, seguido de la toma y la cámara de carga con el desarenador y finalmente la casa de fuerza y el apoyo de la tubería de presión.

h) Construcción

Las obras civiles requieren más mano de obra calificada, que puede ser complementada con el apoyo comunal a nivel de ayudantes y personal para el acarreo de materiales. Para ampliar el aporte comunal es importante considerar las posibilidades de capacitación de personal local, principalmente en albañilería.

El transporte y acarreo oportuno de materiales es uno de los factores más importantes para evitar el incremento de los costos y los retrasos en la ejecución.

Según el país y las características del terreno, el empleo de semovientes disponibles localmente puede ser muy importante. En este caso es necesario asegurar la preparación de senderos y programar la circulación de la carga en forma cuidadosa para evitar interferencias.

Para la seguridad del personal deben tenerse en cuenta sus condiciones concretas de calificación y experiencia; no debe escatimarse el empleo de materiales y equipos adecuados que la garanticen.

Dado que los diseños de ingeniería deberán ser complementados o corregidos durante la ejecución de la obra, la experiencia del capataz o maestro de obras es esencial. En modificaciones que dependan principalmente del terreno o de las obras existentes, la opinión de los pobladores locales es muy útil.

i) Instalación de equipos y sistemas eléctricos

La instalación de los equipos normalmente requiere personal calificado. Sin embargo, conviene involucrar en los trabajos a los habitantes de la localidad que potencialmente puedan ser entrenados como operadores, a fin de familiarizarlos con los equipos y las instalaciones.

La seguridad y protección de las instalaciones eléctricas reviste capital importancia para la continuidad operativa de la planta y la protección del personal de explotación. Deberá asumirse que no estará sometida a revisiones y reparaciones muy frecuentes.

j) Puesta en marcha y pruebas de aceptación

Esta constituye la etapa de transición al funcionamiento continuado de la planta, debiendo tomarse en cuenta lo siguiente:

- Las pruebas de aceptación de la central deben ser estandarizadas en protocolos establecidos según los tipos y tamaños de las plantas.
- La puesta en marcha debe ser planeada cuidadosamente, asignando responsabilidades definidas y cuidando los aspectos de seguridad. Los procedimientos de emergencia deben ser claros y conocidos por los participantes en las pruebas.
- La puesta en marcha también deberá estar asociada a la comprobación y aceptación de la capacidad de los operadores de origen local designados para hacerse cargo del funcionamiento de la planta.
- De preferencia los proveedores del equipo principal deben presentar la puesta en marcha de la central.

5.7 EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO

En las cuatro secciones anteriores hemos analizado principalmente cuestiones relativas a la construcción de una MCH en cuanto a la evaluación global de los recursos y la demanda, los estudios de preinversión, el financiamiento, la construcción propiamente dicha y la puesta en marcha, mencionando en forma indirecta sus efectos sobre la explotación y el mantenimiento.

En esta sección se presentan algunas consideraciones sobre la fase siguiente de realización de una MCH, o sea sobre su utilización y continuidad operativa, cuya importancia es decisiva, ya que proyectos bien conducidos en sus fases de ejecución, pueden fracasar cuando no se establezcan esquemas organizativos y modalidades de funcionamiento que garanticen el mejor aprovechamiento de las inversiones.

PROBLEMAS FRECUENTES EN LA EXPLOTACION Y EL MANTENIMIENTO DE LAS MCH

- Esquemas empresariales, organizativos y financieros pocos adecuados.
- Insuficiente vinculación de la comunidad local y sus organizaciones con la gestión de la planta.
- Limitaciones en la capacidad de gestión y explotación de las plantas en las comunidades rurales.
- Costos de funcionamiento y mantenimiento excesivamente elevados en relación con la energía producida.
- Excesiva burocratización en la gestión centralizada de plantas pequeñas.
- Los operadores no nativos de la comunidad constituyen un importante elemento de costo y plantean problemas de ajuste social.
- Los operadores de la misma localidad frecuentemente tienen insuficiente nivel de capacitación.
- Tarifas excesivamente elevadas que impiden el desarrollo en el medio rural.
- Tarifas muy reducidas e insuficientes para cubrir los costos de funcionamiento y mantenimiento.
- Falta de apoyo técnico para el mantenimiento y la reparación.
- Poca estandarización de componentes y falta de repuestos.

La explotación y el mantenimiento de una MCH son en sí sencillos, tal como se describe con mayor detalle en el capítulo 7. Las mayores dificultades están relacionadas con aspectos institucionales y sus elementos derivados de organización empresarial y gestión, así como con los problemas del origen y de la calificación de los operadores y el personal de mantenimiento.

Entre los diversos esquemas empresariales que se pueden adoptar para la gestión de una MCH presentamos tres típicos:

a) Dependencia directa de una empresa estatal o regional de servicio eléctrico

Ventajas

- Posibilidad de centralizar acciones de mayor complejidad técnica y aprovechar las economías de escala derivadas del manejo de conjuntos de plantas.
- Elevados niveles de calificación del personal.
- Buen respaldo financiero y técnico.

Desventajas

- Cada planta es una unidad excesivamente pequeña en el contexto de una gran organización, pudiendo quedar relegada al existir largas líneas de jerarquía para tomar decisiones.
- Costos de funcionamiento elevados, derivados de altos gastos generales, elevados costos de los operadores y costoso mantenimiento.
- Desvinculación de la empresa y consecuentemente de la planta de los problemas de la comunidad local.
- Problemas para compatibilizar necesidades de agua para fines de riego y generación.
- Dificultades para movilizar el apoyo de la comunidad para trabajos de mantenimiento de las obras civiles.

b) Empresa comunal de energía, que puede tomar la forma de empresa municipal, cooperativa u otro tipo de asociación:

Ventajas

- Acciones centralizadas a un nivel que facilita las decisiones relativas al servicio.

- Mayores perspectivas de movilizar el apoyo de la comunidad en tareas de mantenimiento.
- La solución de las contradicciones con respecto al empleo del agua se resuelven en el interior de la comunidad.
- Reducidos costos operativos.

Desventajas

- Poca experiencia y conocimientos de gestión empresarial.
- Deficiencias en la cobranza de tarifas y el uso de reservas de reposición y mantenimiento, que en ocasiones pueden ser indebidamente empleadas para otros fines.
- Deficiente mantenimiento.
- Escasas posibilidades de economías de escala.

c) Empresa privada de energía

Este esquema, aun en países de economía de mercado, tiene dificultades en su aplicación a las MCH de servicio público en el medio rural puesto que, en general, esas plantas no representan opciones de inversión con márgenes adecuados de utilidad, sino que más bien constituyen herramientas para impulsar el desarrollo.

Sus mejores perspectivas de aplicación generalmente están dadas en el contexto de productores independientes que requieren energía para sus actividades (agroindustrias, aserraderos, minería, etc) y que pueden vender excedentes de energía para el servicio público de las localidades vecinas.

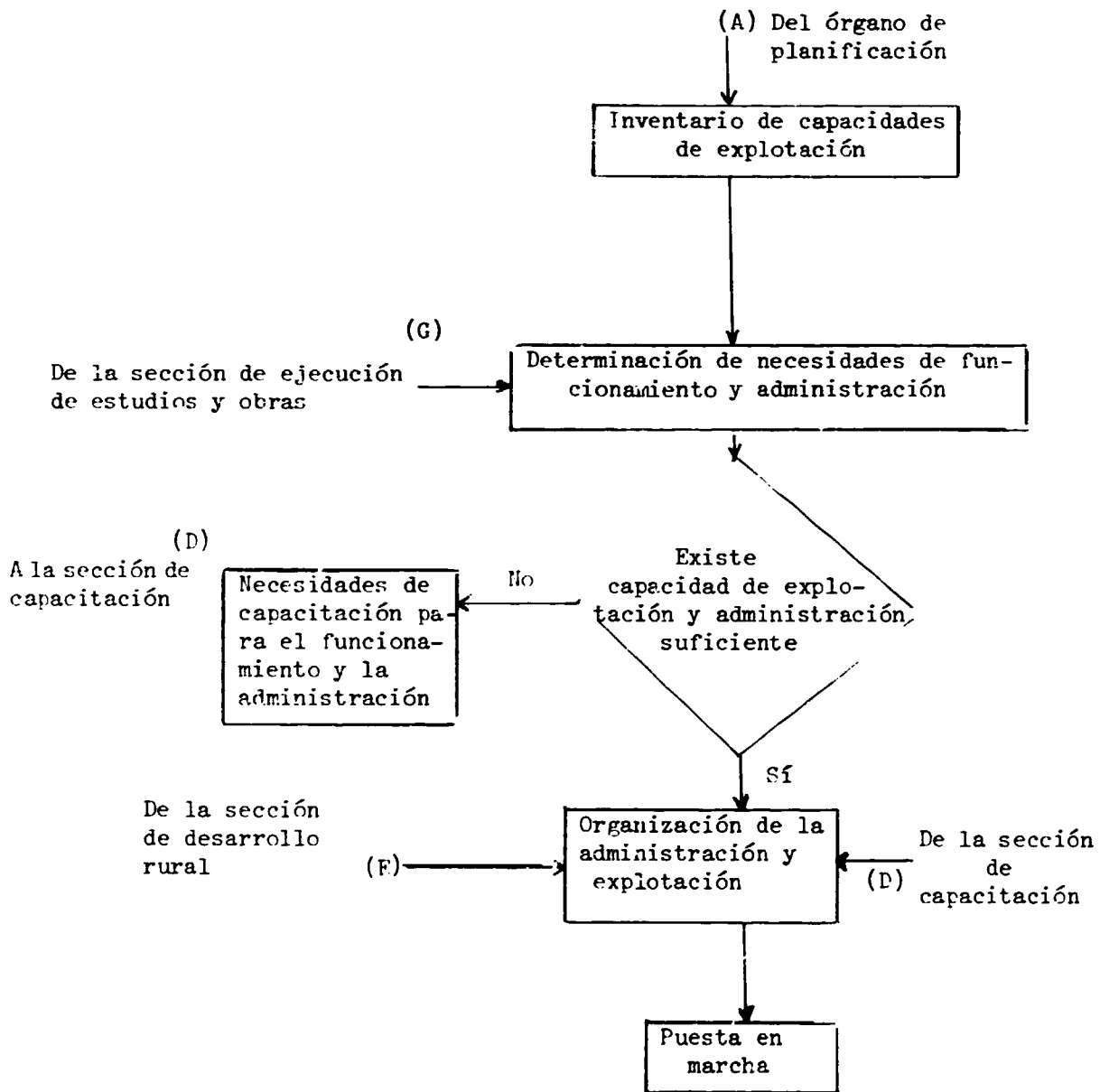
La elección del esquema empresarial depende del sistema socioeconómico del país, la magnitud del desarrollo de las MCH, la capacidad y naturaleza de las empresas de desarrollo eléctrico, el tamaño y grado de aislamiento de las plantas, las tradiciones, experiencias de trabajo y capacidades de gestión de la comunidad.

Sin pretender proponer un esquema único, en muchos casos es posible adoptar un modelo combinado de empresa comunal, municipal o cooperativa asociada con la empresa estatal de desarrollo eléctrico.

LÍNEAS GENERALES DE UN ESQUEMA DE EMPRESA COMUNAL ASOCIADA A
UNA EMPRESA DE DESARROLLO ELÉCTRICO

- La empresa se constituye en función de los aportes para su establecimiento, considerándose como aporte comunal el valor de la mano de obra, materiales y servicios empelados.
- La empresa cuenta con un directorio integrado por un representante de la empresa de desarrollo eléctrico y de los órganos representativos o asociativos de la comunidad local y/o autoridades municipales locales.
- La empresa tendrá el mínimo personal necesario para su gestión, a fin de cubrir cuatro necesidades básicas: administración de fondos, cobro de tarifas, funcionamiento de la planta y mantenimiento preventivo, variando el número de personas según el tamaño de la planta y el nivel de automatización de las instalaciones. En plantas pequeñas menores de 100 KW, el personal puede estar integrado por uno o dos operadores que se hacen cargo de las actividades administrativas y cobranzas además de sus labores de operación y mantenimiento preventivo. En plantas de mayor tamaño que atienden un pequeño sistema, se podrán tener además un administrador y un cobrador.
- Todo el personal de la empresa deberá ser preferentemente de origen local, entrenado por la empresa de servicio eléctrico estatal regional.
- La empresa de servicio eléctrico entrenará a los operadrcres para el mantenimiento preventivo y dará apoyo técnico para reparaciones mediante "brigadas volantes de mantenimiento", para atender conjuntos de plantas a nivel regional.
- La empresa comunal cobrará y administrará los fondos recaudados de las tarifas, manteniendo una reserva para financiar reparaciones y reposiciones y de ser posible ampliaciones, además de cubrir sus costos de funcionamiento normal y pago del personal.
- La empresa comunal será responsable de que los fondos se empleen sólo para los fines establecidos con relación al desarrollo energético local. La empresa de servicio eléctrico estatal o regional será responsable de la supervisión y el control contable con respecto al manejo de fondos.
- La empresa comunal y la empresa de servicio eléctrico estatal o regional definirán su cooperación mediante convenio o contrato.
- Los aportes directos en las inversiones por parte de la empresa de desarrollo eléctrico y por la comunidad no serán devueltos ni percibirán utilidades. El financiamiento recibido podrá ser alternativamente asumido por la empresa de desarrollo eléctrico o devuelto parcial o totalmente por la empresa comunal con la explotación de la planta.

FIGURA 16. SECCION DE EXPLOTACION



5.8 NECESIDADES DE RECURSOS HUMANOS Y CAPACITACION

Para llevar a efecto los planes, programas y proyectos de MCH es indispensable promover cursos de capacitación sobre las tecnologías no convencionales, aplicadas a los estudios de preinversión, la construcción civil, los equipos electromecánicos y las reparaciones y el mantenimiento.

PASOS POR SEGUIR EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS CURSOS

- Determinación de la infraestructura en cuanto a facilidades para la docencia.
- Creación de fondos financieros para los cursos.
- Establecimiento de un programa piloto para capacitación en el desarrollo de los recursos hídricos, en general, para el medio rural.
- Establecimiento de los programas de especialización en MCH.

Es conveniente realizar un censo sobre las capacidades del país en cuanto a centros de enseñanza superior, institutos de investigación e instituciones de formación de técnicos de nivel medio.

Al comienzo es conveniente establecer un programa piloto sobre enseñanza de tecnología para el desarrollo de los recursos hídricos en el medio rural; de esta experiencia se podrá deducir la posibilidad de establecer un curso especializado en MCH.

Es conveniente que los países en desarrollo traten en primer lugar de organizar intercambios de experiencias entre sí, antes de complementarlos fuera de su entorno.

A continuación se enumeran los diferentes tipos de cursos de formación para ingenieros.

TIPOS DE CURSOS SOBRE MCH PARA INGENIEROS

- Cursos de adiestramiento.
- Cursos normales con énfasis en la tecnología no convencional.
- Cursos de especialización para posgraduados.

Los cursos de adiestramiento, de corta duración, tienen por objeto proporcionar información actualizada sobre el diseño y la instalación de las MCH a los ingenieros que tienen contacto permanente con la práctica de la realización de una MCH, en sus diferentes etapas.

Es muy importante promover el mejoramiento de los programas de estudios normales de las facultades y escuelas de ingenieros con el fin de incluir en ellos temas relacionados con las MCH y con las tecnologías no convencionales aplicables.

Los cursos de posgrado propiamente dichos, tendrán un nivel teórico más avanzado y podrán en principio durar un año académico.

Es conveniente que los cursos para ingenieros reúnan las siguientes características:

CARACTERISTICAS DE LOS CURSOS PARA INGENIEROS

- Deberán reforzar los adelantos ya obtenidos en el país.
- Se desarrollarán conjuntamente para todas las especialidades; las evaluaciones serán diferenciadas según las especialidades; se insistirá en la preparación de trabajos monográficos por equipos interdisciplinarios.
- Comprenderán materias de ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica e industrial, administración económica e investigación operativa.

A continuación se indican las características de los cursos para técnicos de nivel medio:

CARACTERISTICAS DE LOS CURSOS PARA TECNICOS DE NIVEL MEDIO

- Los aspectos teóricos se considerarán dentro del mismo programa para ingenieros y como capacitación en el servicio.
- Es conveniente instalar una "planta escuela" para el entrenamiento de los técnicos y obreros especializados. En estas plantas también se experimentará la aplicación de tecnologías no convencionales.
- Abarcarán la tecnología para obras civiles, equipos electro-mecánicos y administración, primordialmente desde el punto de vista técnico.
- Es muy importante emprender la capacitación de mecánicos y electricistas de mantenimiento mediante el montaje de unidades de entrenamiento en los talleres principales de reparación.

El objetivo fundamental de estos cursos consiste en contribuir a reducir el vacío existente entre un relativo avance en recursos humanos de educación superior y una deficiencia en técnicos de nivel medio, que se observa por lo general en los países en desarrollo.

En cuanto a la capacitación de operadores es necesario dar preferencia a esquemas institucionalizados orientados a la capacitación de operadores de origen rural para las MCH. A partir de algunas experiencias, se ha llegado a la conclusión de que estos cursos deben basarse, en una primera etapa, en una "planta escuela", y llevarse a cabo en una segunda etapa en las plantas en servicio.

La primera etapa tendrá un carácter teórico-práctico compatible con los niveles educativos de los operadores; los operadores rurales deberían tener por lo menos la educación primaria completa. El curso duraría tres meses y comprendería las siguientes materias:

MATERIAS PARA LOS CURSOS DE OPERADORES DE MCH

- Ciencias básicas (elementos de matemáticas, física y química).
- Principios elementales de funcionamiento de una MCH y sus equipos.
- Funcionamiento de una MCH e interpretación de manuales de funcionamiento.
- Principios y métodos de mantenimiento preventivo de MCH.
- Mantenimiento y reparación de obras civiles e instalaciones.
- Mantenimiento y reparaciones menores de equipos mecánicos.
- Mantenimiento y reparaciones menores de equipos eléctricos.
- Identificación de fallas mecánicas y eléctricas.
- Elementos de interpretación de planos y diagramas.
- Elementos de instalaciones eléctricas.
- Lectura de instrumentos.
- Mecánica de banco.
- Seguridad en la operación.
- Elementos de administración y de contabilidad.

La segunda etapa será de carácter esencialmente práctico, consistente en el entrenamiento de los operadores, en una planta en servicio durante un período de dos meses y bajo las órdenes de un operador calificado.

DETERMINACION DE LOS RECURSOS HUMANOS NECESARIOS PARA
CADA ETAPA DE UN PROYECTO DE MCH

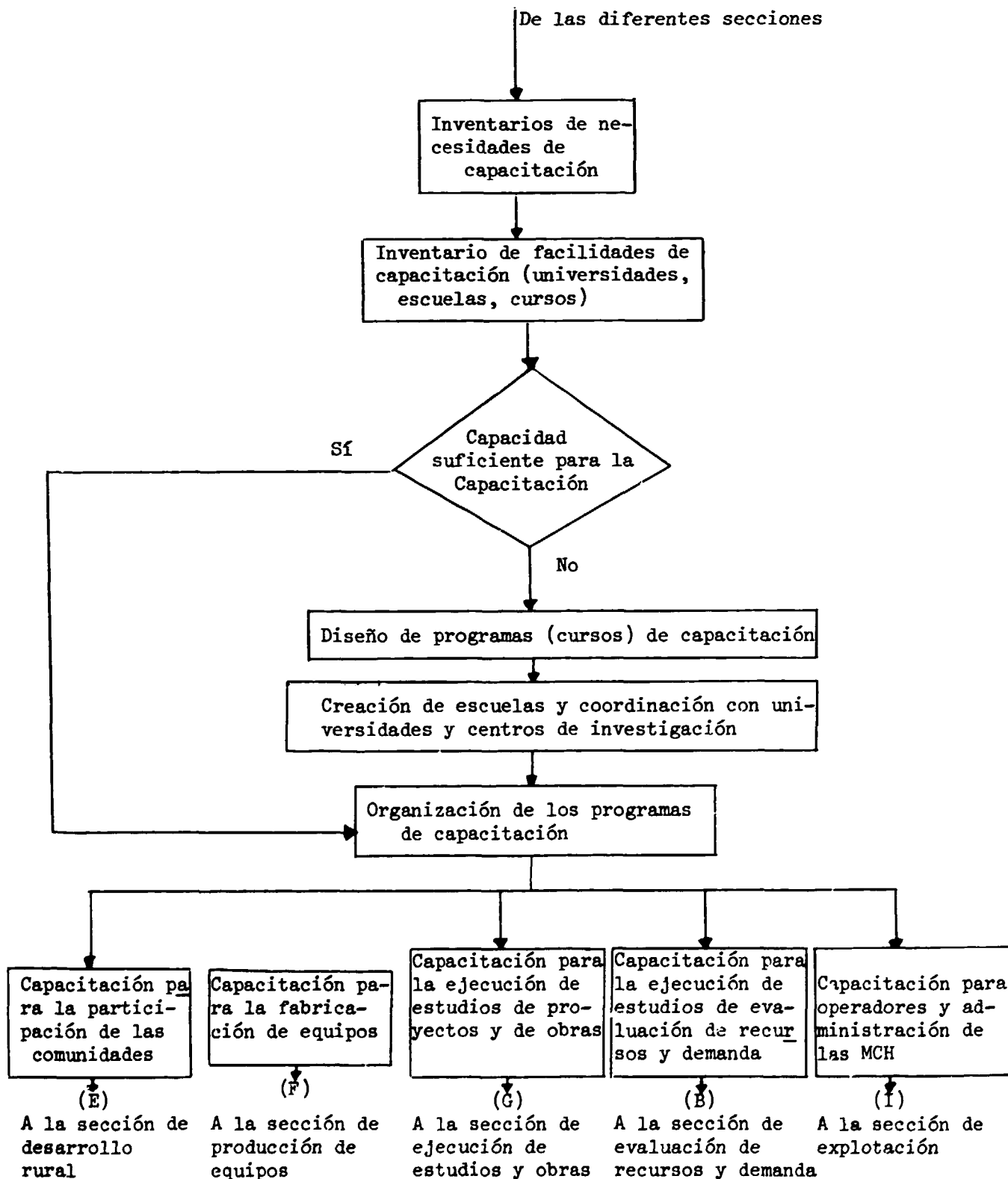
- A. Planeamiento y programación
 - Ingenieros
 - Economistas y especialistas en ciencias sociales
- B. Evaluaciones globales de los recursos y la demanda
 - Ingenieros civiles
 - Hidrólogos
 - Ingenieros geólogos
 - Geomorfólogos
 - Ecólogos
 - Ingenieros electricistas
 - Ingenieros mecánicos
 - Economistas energéticos
 - Especialistas en ciencias sociales
 - Topógrafos
 - Hidromensores
 - Dibujantes
 - Auxiliares de ingeniería
- C. Estudios de proyectos específicos
 - Ingenieros Civiles: Principalmente estructurales y apoyados por especialistas en hidrotecnia e hidrología
 - Ingenieros mecánicos
 - Ingenieros electricistas
 - Topógrafos
 - Dibujantes técnicos
 - Auxiliares de ingeniería
 - Inspectores de ensayos.
- D. Construcción
 - Ingenieros civiles
 - Ingenieros electricistas
 - Ingenieros mecánicos
 - Topógrafos
 - Dibujantes
 - Inspectores de construcción
 - Técnicos electricistas

- E. Funcionamiento y mantenimiento
 - Ingenieros electromecánicos.
 - Técnicos mecánicos y electricistas
- F. Las necesidades de recursos humanos para el desarrollo tecnológico y la fabricación de equipos y materiales se definen de acuerdo con lo que cada país decida realizar.

Lo anteriormente dicho sobre recursos humanos se aplica en condiciones óptimas y, por consiguiente, los países pueden comenzar sus programas con menores recursos pues sobre la marcha irán encontrando la solución a sus deficiencias temporales.

En la figura 17 se presenta el diagrama de flujo correspondiente a la sección de capacitación.

FIGURA 17 SECCION DE CAPACITACION



5.9 SINTESIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCION DE UNA MCH (DESDE SU PLANIFICACION HASTA SU TERMINACION)

Como se ha indicado en las secciones precedentes, el proceso de adopción de decisiones con respecto a la construcción de una MCH debe ser de carácter global, dado que es preciso tomar en consideración a cierto número de diferentes factores.

Como puede verse en la figura 18, ese proceso se inicia con la evaluación preliminar de las perspectivas de esas centrales. Esta etapa debe incluir un estudio que abarque los problemas que se han de resolver, la disponibilidad de recursos hídricos y la capacidad del país para emprender uno o varios proyectos en esta esfera en el marco de su planificación nacional para el desarrollo, y específicamente en la esfera del desarrollo de la energía. Una vez terminado ese estudio preliminar, se puede adoptar la decisión política de hacer o no el esfuerzo necesario para construir este tipo de instalaciones.

Si se adopta una decisión positiva como parte de la política nacional de desarrollo, el paso siguiente consiste en establecer una organización que se encargue del planeamiento y la programación, así como procedimientos para efectuar una evaluación de los recursos y la demanda a nivel de cuenca y subcuenca que sirva de base para la formulación de un plan de desarrollo a corto plazo que haga posible la realización inmediata de proyectos coherentes y de un plan a más largo plazo que prevea la construcción de MCH en gran escala. Paralelamente a este proceso se deben definir las líneas generales y se deben adoptar disposiciones con relación a la financiación, el desarrollo de los recursos humanos (capacitación), la participación de la comunidad y el desarrollo tecnológico. Este último aspecto es esencial para determinar las pautas relativas a la transferencia de tecnología y la promoción de la producción nacional de equipo.

La realización de proyectos específicos se debe abordar teniendo en cuenta estos planes y políticas. A este respecto, la primera etapa consiste en un estudio de prefactibilidad, cuando sea necesario. Ese estudio se debe llevar a cabo únicamente en situaciones dudosas que requieran ese tipo de análisis preliminar. De hecho, en muchos casos se podrá eliminar totalmente para pasar de inmediato al estudio de ingeniería detallado, que incluirá simplemente un análisis económico y financiero suplementario.

La etapa siguiente del proyecto está constituida por la construcción propiamente dicha de la planta y la instalación de su equipo, y seguidamente de su puesta en marcha (para más detalles, véanse las secciones 5.6 y 7.4).

Por último, se han de establecer los procedimientos de funcionamiento de la planta, con inclusión de las funciones de mantenimiento y administración. Las tareas principales de esta etapa se describen en las secciones 5.7 y 7.5.

Diagrama de las operaciones necesarias para la construcción de MCH en gran escala

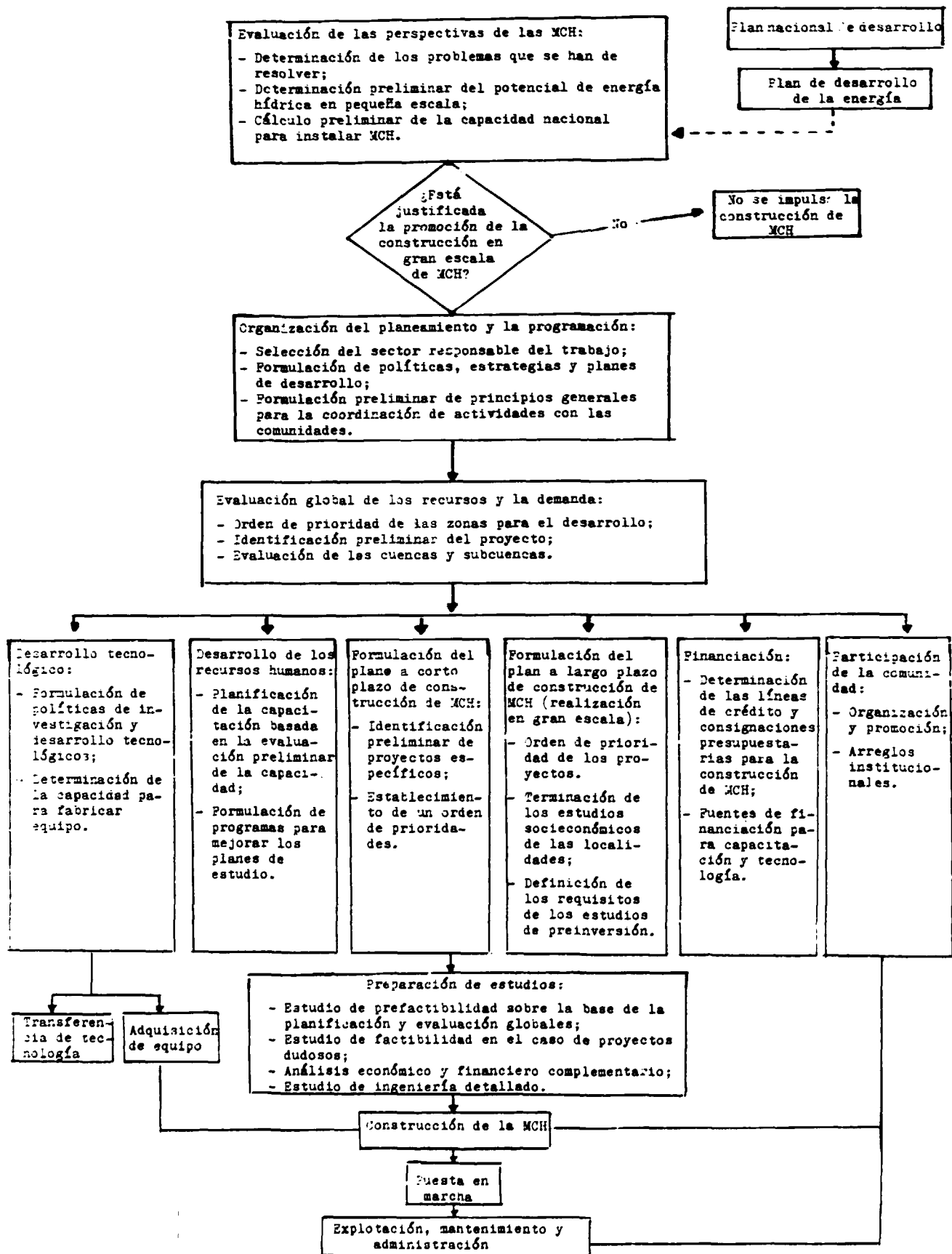


FIGURA 18

6. DESARROLLO DE CAPACIDADES TECNOLOGICAS

6.1. EVALUACION DE LAS CAPACIDADES TECNOLOGICAS

El desarrollo tecnológico de un país debería iniciarse con un inventario de sus recursos humanos y potencial industrial. En el caso del desarrollo tecnológico para la construcción y equipamiento de M.C.H. el inventario debe tener como referencia la identificación de recursos humanos de la producción de equipos y materiales tal como se muestra en los dos cuadros siguientes.

Para los materiales o equipos que no produce el país, se debe analizar la posibilidad de desarrollar tecnología para la producción de dichos equipos o de adquirir tecnología extranjera cuando el mercado nacional o regional lo justifique; en caso contrario, quedará como alternativa la importación de los mismos.

IDENTIFICACION DE PRODUCCION DE MATERIALES Y
EQUIPOS UTILIZADOS EN LAS M.C.H.

- A. Materiales para obras civiles
 - Materiales granulares: arcilla y limo
 - Cemento
 - Varillas de acero de construcción
 - Tuberías de presión (acero, PVC, polietileno, asbesto-cemento)
 - Válvulas de compuerta y mariposa
 - Rejillas y compuertas
 - Madera
 - Cables de acero
 - Ladrillos
 - Tejas
 - Clavos
 - Explosivos
 - Malla de alambre galvanizado
 - Pernos, tuercas, arandelas y tornillos de diversos tipos
- B. Producción de equipos y herramientas para obras civiles
 - Picos
 - Palas
 - Carretillas
 - Motobombas
 - Mezcladores de hormigón
- C. Producción de materiales electromecánicos
 - Cobre y aleaciones
 - Acero estructural
 - Acero inoxidable
 - Ejes
 - Rodamientos
 - Conductores eléctricos
 - Postes y accesorios
 - Materiales eléctricos
- D. Producción de equipos electromecánicos
 - Turbinas hidráulicas
 - Reguladores de velocidad
 - Generadores eléctricos
 - Instrumentos de medición (voltímetro, amperímetro, cosfímetro, frecuencímetro, kilovatímetro y medidores de energía, manómetros).
 - Sistemas de transmisión mecánica (engranajes, fajas y acoplamientos)
 - Transformadores de medición y de potencia
- E. Industrias de :
 - Fundición
 - Metalmecánica
 - Mecánica fina
 - Electromecánica y afines

6.2 EQUIPOS

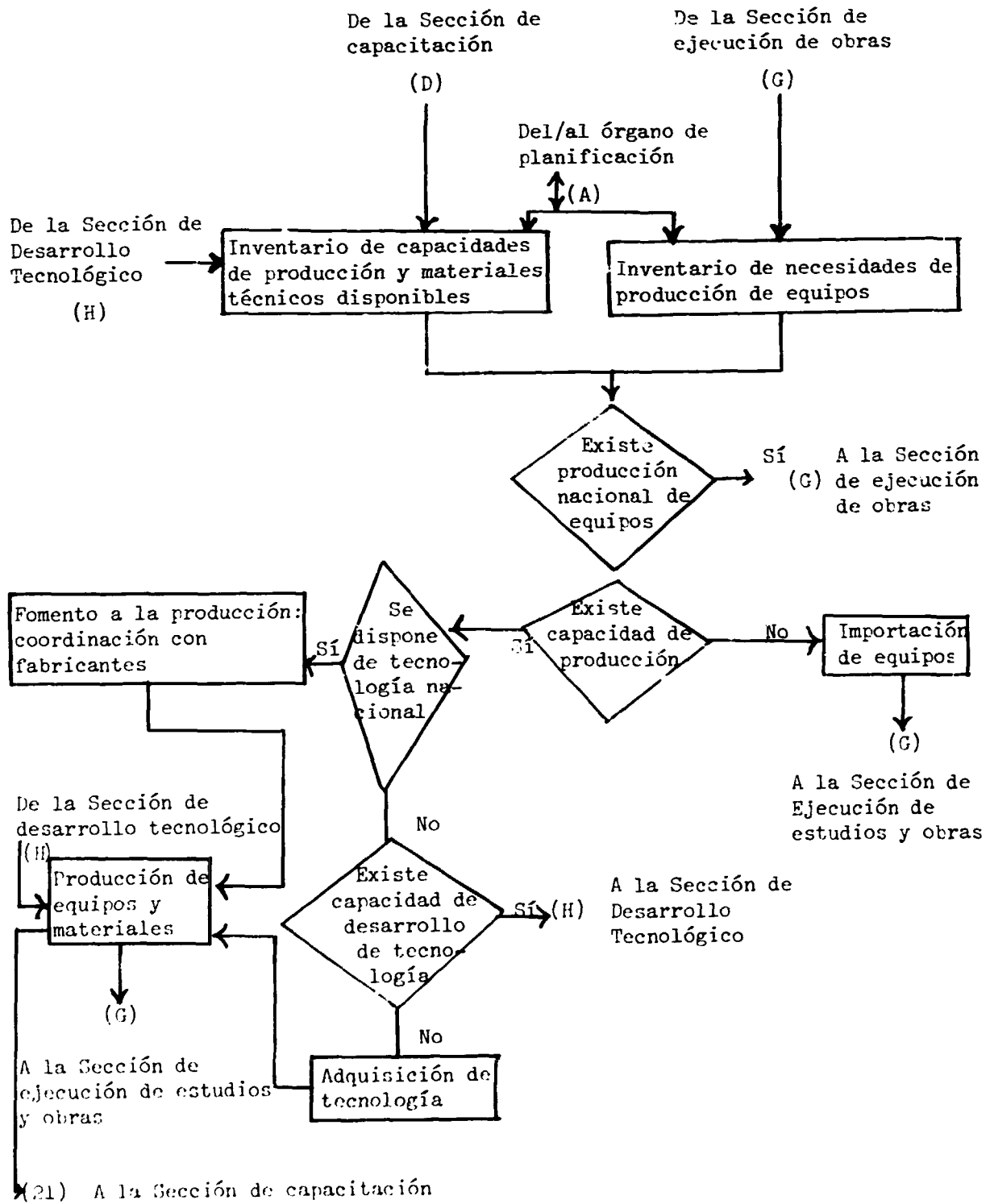
a) Capacidad de fabricación

Una vez identificados los materiales y equipos para las M.C.H. producidos en el país, se debe realizar un análisis para determinar la conveniencia de producir los equipos que no se fabrican. A continuación se presentan algunas condiciones que se deben tomar en cuenta para la producción de equipos de M.C.H.

CONDICIONES PARA LA PRODUCCION DE EQUIPOS DE M.C.H.

- Es necesario contar con la información técnica adecuada para la producción. Las fuentes de información posibles son las siguientes:
 - Investigación propia del fabricante
 - Investigación realizada por centros e institutos del país
 - Compra de tecnología a fabricantes y centros de investigación extranjeros.
 - Para complementar las necesidades de producción de equipos se debe dar preferencia a los elementos cuyos tamaños o tipos se adecúen a la infraestructura productiva de cada país.
 - Se debe maximizar la utilización y adaptación de materiales de origen nacional o regional.
 - Los equipos que se produzcan deben ser estandarizados.
 - Deben constituir líneas de producción asociadas con las de equipos afines, por no justificarse la producción exclusiva de equipos para M.C.H. debido a lo limitado de su mercado.
 - Se debe contemplar la posibilidad de producir repuestos, principalmente los sujetos a desgaste, manteniendo un stock permanente de los mismos.

FIGURA 19 SECCION DE PRODUCCION DE EQUIPOS



INDUSTRIAS AFINES PARA LA PRODUCCION DE ALGUNOS EQUIPOS Y MATERIALES DE M.C.H.

EQUIPO O MATERIAL	INDUSTRIA AFIN
TUBERIAS DE PRESION	FABRICAS DE TUBERIAS CUYO MERCADO LO DETERMINA LA INDUSTRIA NACIONAL Y NO LAS M.C.H.
TURBINAS HIDRAULICAS Y REGULADORES DE VELOCIDAD	EMPRESAS METALMECANICAS, FABRICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS, VALVULAS, EQUIPOS DE VACIO, VENTILADORES, MEZCLADORES, EMPRESAS DE FUNDICION
GENERADORES ELECTRICOS	FABRICAS DE ALTERNADORES PARA GRUPOS ELECTROGENOS TERMICOS. FABRICAS DE MOTORES ELECTRICOS
TRANSFORMADORES, MATERIALES Y ACCESORIOS ELECTRICOS	INDUSTRIAS DE MAQUINAS ELECTROMECHANICAS

b) Desarrollo y adaptación de tecnología

La investigación y el desarrollo tecnológicos pueden constituir una de las herramientas fundamentales para promover y sustentar los programas de construcción de M.C.H. en cada país, dado que se trata de tecnologías maduras que sólo requieren un proceso de adaptación e innovación de características no convencionales, que permita su adecuación a las condiciones propias de cada país.

Como no es posible establecer un esquema organizativo único para el desarrollo y la adaptación de tecnologías, aplicable en todos los países del tercer mundo, debido a la gran diversidad de situaciones existentes en las actividades de investigación, programas de construcción de M.C.H. y desarrollo industrial en el próximo cuadro se presentan solamente algunas recomendaciones generales y esquemas organizativos posibles, como orientación de los países que tengan interés en impulsar sus programas de desarrollo y adaptación tecnológicos para M.C.H.

En los planes nacionales de desarrollo de M.C.H. de cada país el desarrollo y la adaptación de tecnologías para el equipamiento se deberán considerar como parte del planteamiento, siendo para ello necesario definir políticas específicas, objetivos generales y los recursos que se han de asignar.

RECOMENDACIONES PARA ORGANIZAR PROGRAMAS DE DESARROLLO Y
ADAPTACION TECNOLOGICAS PARA M.C.R.

- Desde la etapa de definición del programa es necesario tener una perspectiva de financiamiento bien definida para evitar la frustración de proyectos por falta de fondos.
- Para lograr una correcta administración del programa debe existir un seguimiento operativo en cuanto a resultados alcanzados, tiempo de ejecución y utilización de fondos.
- Desde la etapa inicial del programa es necesario definir claramente la forma y características de los resultados que pueden entrañar la difusión y/o transferencia de tecnología (Ver figura 20).
- Se pueden adoptar diversos criterios institucionales para la realización del programa, el cual puede ejecutarse a través de universidades, institutos de investigación, empresas industriales y/o entidades de electrificación.
- Normalmente el programa se ejecuta a través de líneas de investigación o conjuntos de proyectos relacionados entre sí. Cada uno de ellos requiere una breve pero clara formulación específica previa a su inicio.
- El programa se puede dividir en dos tipos de actividades:
 - Aspectos de obras civiles e instalaciones;
 - Aspectos de diseño y producción de equipos y materiales.
- Cada proyecto debe tener bien definida su secuencia de ejecución; en la figura 21 se muestra una metodología típica.
- El equipo de ejecutores del programa no necesariamente debe estar integrado por "expertos". Sólo se requiere uno o dos profesionales con experiencia; los demás pueden ser profesionales jóvenes con un buen nivel académico.
- Se deben establecer pautas para la elaboración de documentos e informes en cada etapa del proyecto, en donde se deben incluir los aspectos positivos, negativos y fracasos sufridos, a fin de asegurar la continuidad y acumulación de conocimientos útiles para el programa; se evita así que dependa de la presencia de cada ejecutor.
- Es necesario durante la ejecución del programa que la entidad ejecutora mantenga una estrecha relación entre la industria y la empresa encargada de la electrificación con el fin de obtener resultados de aplicación práctica.
- La difusión de los resultados puede hacerse a través de manuales y/o folletos en el caso de instalación y construcción de obras civiles.
- En el caso del equipo los resultados se pueden transferir a la industria para la producción industrial de los mismos, dándole a la empresa toda la información técnica que se requiera.
- El desarrollo y la adaptación de tecnología en lo que respecta al equipamiento debe orientarse al desarrollo de tecnologías no convencionales, teniendo como referencia la capacidad industrial de cada país.

FIGURA 20. SECCION DE DESARROLLO TECNOLOGICO

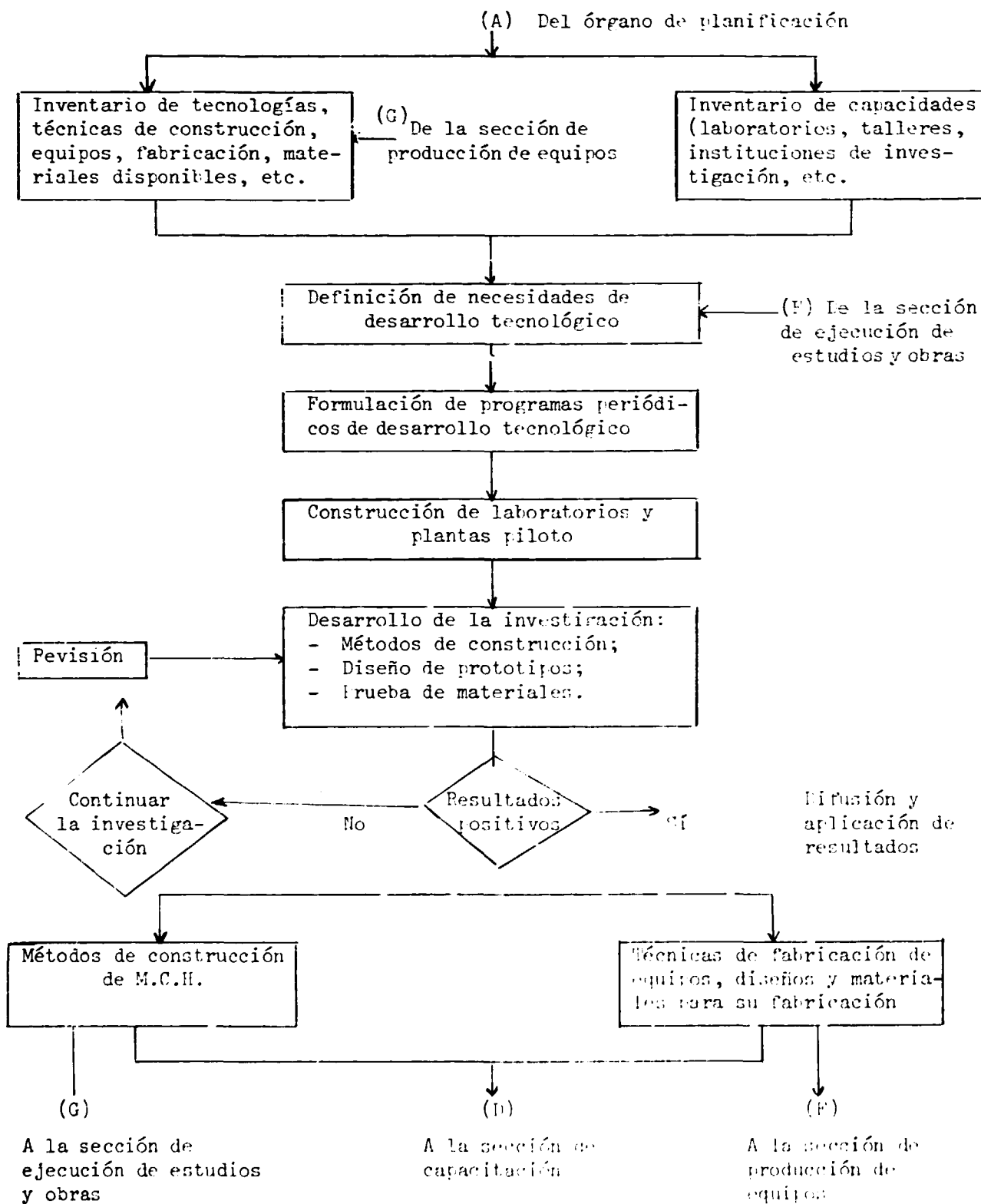


FIGURA 21. SECUENCIA TIPICA DE LA EJECUCION DE UN PROYECTO CONCRETO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA RELATIVA A EQUIPO PARA mCH

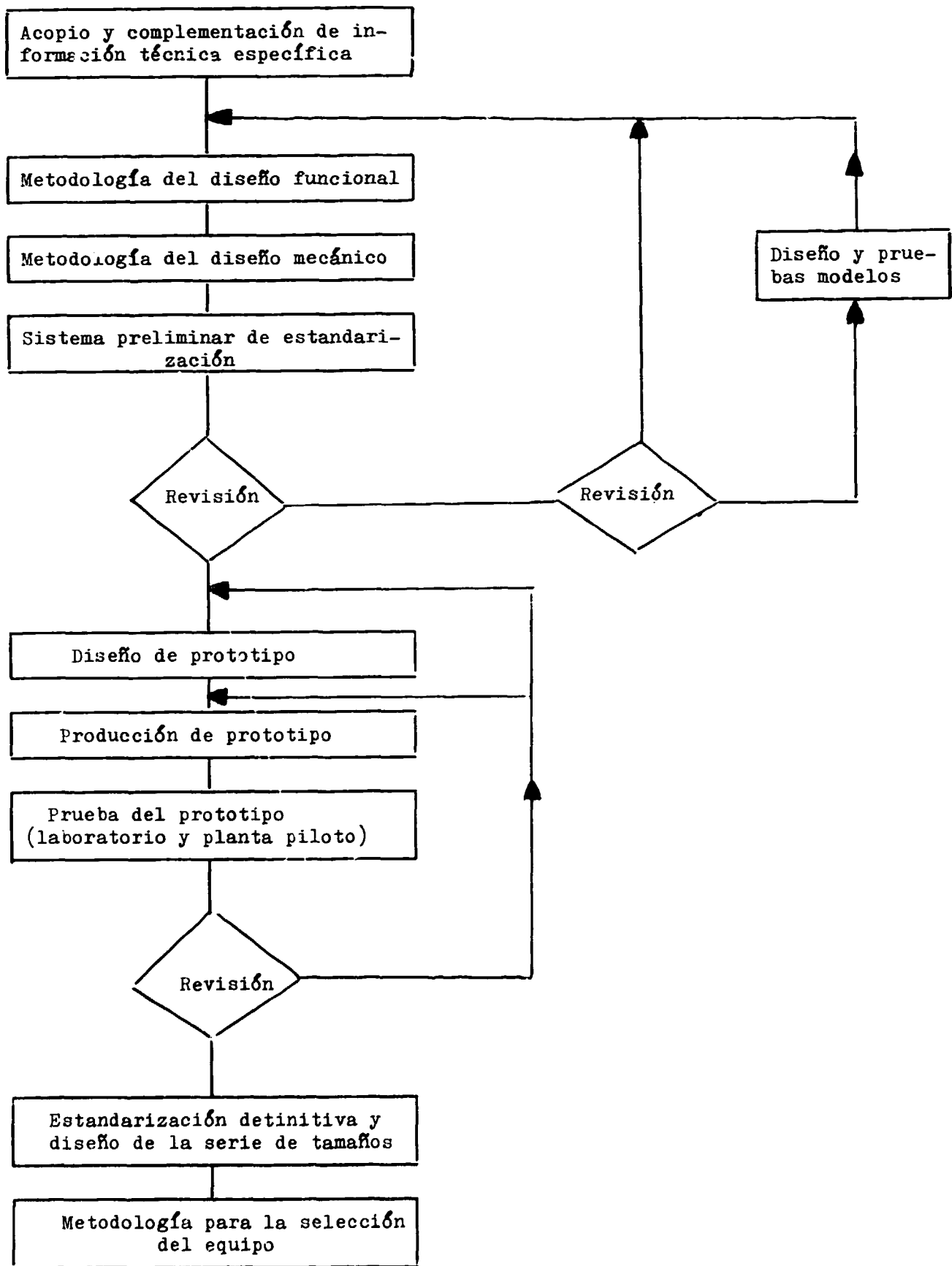
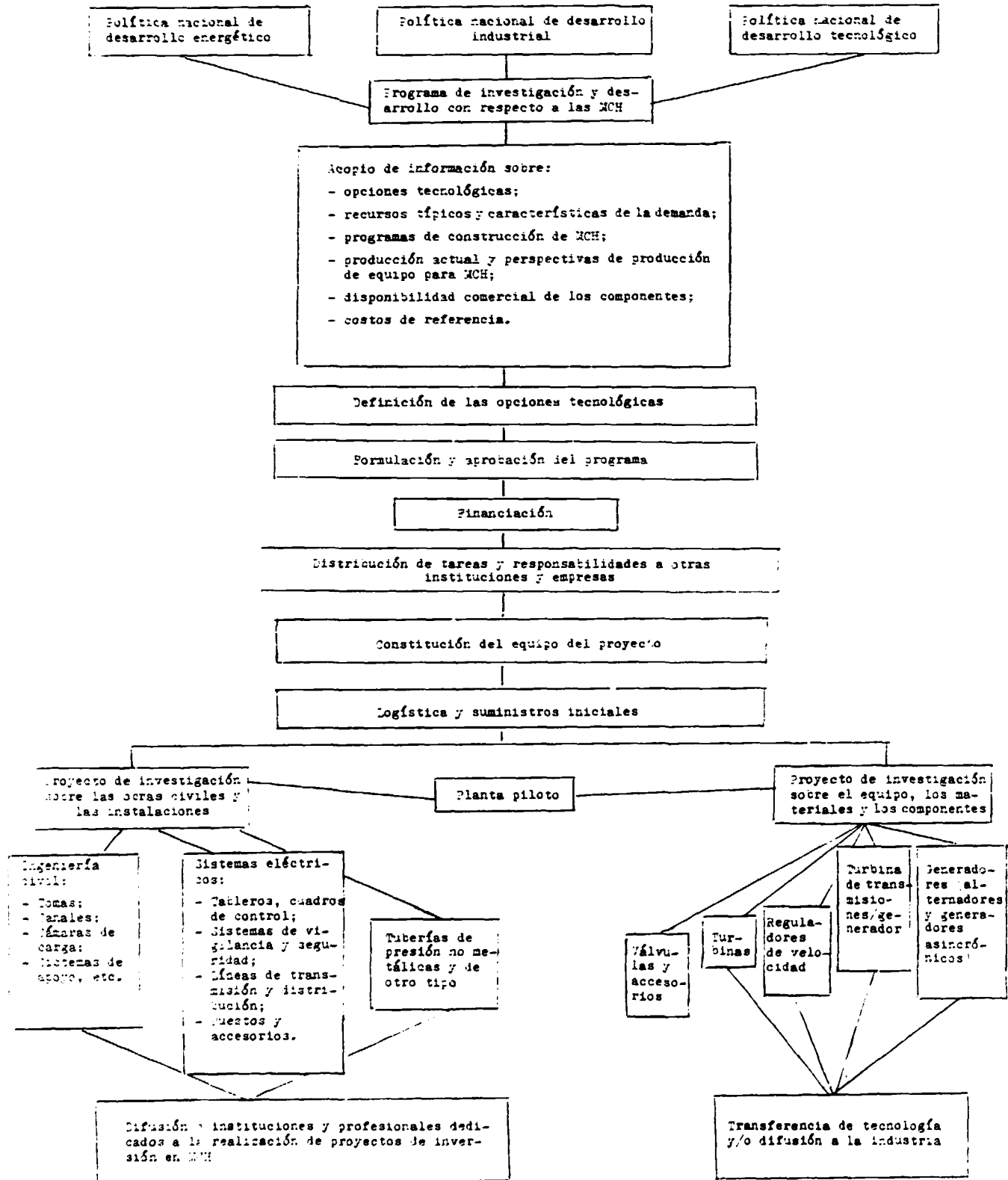


FIGURA 22. ETAPAS EN LA FORMULACION DE UN PROYECTO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA SOBRE MCH



ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA EQUIPOS UTILIZADOS EN M.C.H.

EQUIPO	TIPO	RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO
<u>Turbina hidráulica</u>	PELTON, MICHELL-BANKI, FRANCIS, KAPLAN o FLUJO AXIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar dos o tres tipos de turbinas de acuerdo con las características de los recursos y la demanda del país. - Desarrollo de diseños hidráulicos y mecánicos. - Estudio de aspectos de construcción y materiales para cada pieza de acuerdo con las características de producción industrial del país. - Establecer metodologías de selección de turbinas. - Establecer metodologías de montaje y desmontaje del equipo. - Establecer recomendaciones para el funcionamiento y el mantenimiento.
<u>Regulador de velocidad</u>	OLEO-MECANICO, ELECTRICO-ELECTRONICO, POR DISIPACION DE ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> - Selección del tipo de regulador más adecuado de acuerdo con las características de explotación, capacidad industrial del país y experiencia tecnológica. - Diseño funcional y mecánico. - Estandarización de acuerdo con las turbinas estandarizadas. - Elaboración de manuales de fabricación. - Estudios de aspectos de la construcción y los materiales. - Establecer metodologías de selección. - Establecer recomendaciones para el funcionamiento y el mantenimiento.
<u>Generadores eléctricos</u>	ALTERNADORES PARA M.C.H., MOTORES DE INDUCCION COMO GENERADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio para adaptar alternadores de grupos electrógenos térmicos para que operen con turbinas hidráulicas, principalmente en lo referente a protección por embalamiento. - Adaptar motores eléctricos para que operen como generadores autónomos. - Establecer recomendaciones de funcionamiento y mantenimiento. - Diseño general de generadores y proceso de fabricación más adecuado.
<u>Transformadores eléctricos</u>	POTENCIA, MEDICION	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios de sus diseños y formas de construcción de acuerdo con la capacidad industrial del país. - Estandarización. - Establecer recomendaciones de funcionamiento y mantenimiento.
<u>Diversos equipos y materiales eléctricos</u>	TABLEROS DE CONTROL, CONDUCTORES, AISLADORES, PARARRAYOS	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio para producir estos equipos previa estandarización. - Establecer metodologías de selección. - Establecer recomendaciones para su instalación y mantenimiento.

c) Adquisición de tecnología

Según el nivel de desarrollo de cada país con respecto a su capacidad de generar tecnologías utilizables, a sus posibilidades de ejecución de proyectos y a sus perspectivas de producir equipo será necesario en mayor o menor grado la adquisición de tecnología de otros países.

Se pueden considerar como compra de tecnología las diversas modalidades de adquirir conocimientos utilizables en la producción, que van desde la asistencia técnica y el suministro de información hasta la compra de conjuntos tecnológicos para establecer líneas de producción que incluyen planos detallados, instrucciones de fabricación, montaje y servicios técnicos.

La mayor parte de los países disponen de su propia legislación sobre adquisición de tecnología y, en consecuencia, no resulta posible establecer pautas específicas sobre el particular, pero sí proponer recomendaciones generales con respecto a la adquisición de tecnología para la fabricación de equipos destinados a las MCH.

La tecnología adquirida para las MCH se relaciona principalmente con el equipamiento electromecánico y los accesorios.

A continuación se presentan algunas consideraciones y recomendaciones que se deben tomar en cuenta para la adquisición de tecnología:

- Con el fin de lograr un desarrollo tecnológico acorde con las características y capacidad industrial de un país es conveniente limitar la adquisición de tecnología a los casos en que no se considera de interés el desarrollo de tecnología o cuando los trabajos de investigación no presentan perspectivas de aplicación de resultados en plazos inferiores a los requeridos para su correspondiente aplicación industrial.

- La adquisición de tecnologías deberá realizarse a través de un proceso de selección de alternativas y debe limitarse a las partes en que el desarrollo tecnológico alcanzado permita aplicarlas totalmente y de acuerdo con las prioridades que se hayan establecido para el desarrollo tecnológico nacional; debe organizarse de tal forma que constituya un aporte real a ese desarrollo, al permitir la asimilación de conocimientos por parte de los técnicos nacionales. También es necesario evitar la

adquisición de tecnología y asistencia técnica con fines comerciales encubiertos que sólo busquen el otorgamiento de licencias de exclusividad bajo la apariencia de programas de asistencia bilateral.

- La adquisición de tecnología resultará justificada cuando la complejidad de los equipos o de algunos de sus partes sobrepasen la capacidad de desarrollo del país. Debe limitarse a los elementos que sean necesarios y que no puedan diseñarse y/o fabricarse en el país sin apoyo externo. Deben evitarse restricciones que obliguen a importar piezas o partes que puedan producirse localmente; por el contrario, deberá fomentarse la fabricación local de componentes y el empleo de materiales disponibles en el país.

- El análisis de alternativas previo a cualquier proceso de transferencia de tecnología debe ser lo más completo y cuidadoso posible. Debe asegurarse la inclusión del mayor número de alternativas bajo los mismos términos de referencia y se han de establecer previamente al análisis los criterios de evaluación. Deben considerarse favorablemente las tecnologías adecuadas al nivel de desarrollo industrial y tecnológico del país que utilicen predominantemente materia prima y mano de obra nacional.

- Los contratos de venta de tecnología deberán hacerse con plazos fijos de duración, al término de los cuales cesen las obligaciones de pagos de regalías, las cuales deben establecerse sólo como un porcentaje de las ventas, evitando incluir obligaciones de pagos mínimos. Deben evitarse también las restricciones en cuanto al ámbito del mercado de colocación de productos y no deben aceptarse obligaciones de comprar materia prima a determinado proveedor, reservándose la libertad de recurrir al mercado si pueden obtenerse condiciones más favorables.

- Para mejorar la capacidad de negociación de las empresas nacionales para la adquisición de tecnología, es importante que se definan políticas claras en materia de adquisición de tecnología y que la legislación tienda a limitar la imposición de cláusulas restrictivas de los proveedores de tecnología.

d) Importación de equipos

Si las características particulares de un país en cuanto a sus políticas industriales o capacidad de producción determinan que no se justifique la fabricación local de algunos tipos o tamaños de equipos, se debe recurrir a su importación. Para estos casos, es necesario contar con personal capacitado en el análisis y la selección de alternativas, así como el equipo técnico necesario para la realización de pruebas de aceptación. Es importante el apoyo que puedan brindar en este campo las instituciones dedicadas a la investigación tecnológica.

Para abordar la compra de equipos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

- La capacidad de fabricación y reparación de componentes y repuestos en el país;
- Las características de mantenimiento y funcionamiento adecuadas a las condiciones de aplicación;
- Capacidad de soportar situaciones derivadas de fallas de funcionamiento;
- Facilidad de montaje y desmontaje de piezas y accesorios.

A los proveedores, adicionalmente a las exigencias de cumplimiento de especificaciones técnicas, garantías, costos y plazo de entrega de los equipos, se les debe solicitar:

- Planos generales del equipo;
- Indicaciones sobre los materiales de los principales componentes del equipo, sujetos a reparaciones;
- Listas de repuestos;
- Instrucciones de montaje, desmontaje y reparación;
- Asistencia técnica para la capacitación del personal nacional encargado del mantenimiento y de la reparación del equipo.

Para realizar un concurso de precios o una licitación para la adquisición de equipos electromecánicos para proyectos de MCH, es importante proporcionar los siguientes datos técnicos:

- Salto aprovechable;
- Potencia de generación máxima en los contactos del generador;
- Frecuencia de generación;
- Tensión de generación;
- Condiciones ambientales en donde operan los equipos.

Asimismo se debe solicitar a los proveedores del equipamiento principal los siguientes datos técnicos:

- Tipo de turbina y especificación de la misma;
- Curvas de eficiencia de la turbina, utilizada en diferentes condiciones de carga;
- Tipo de regulador de velocidad y especificación del mismo;
- Curvas características de funcionamiento del regulador;
- Tipo de transmisión mecánica o acoplamiento directo entre la turbina y el generador;
- Especificaciones del tablero incluyendo los rangos y aproximación de los instrumentos que posee.

Cuando se realizan concursos de precios o licitaciones se recomienda que se establezca previamente una lista de posibles proveedores, de los cuales se deben tener antecedentes respecto de:

- Confiabilidad y eficiencia de sus equipos;
- Índice de costos;
- Facilidades de crédito;
- Durabilidad de los equipos;
- Cumplimientos de plazo de entrega;
- Facilidad de adaptación de sus equipos a la industria nacional para la fabricación de repuestos.

6.3 DESARROLLO Y ADAPTACION TECNOLOGICOS PARA CONSTRUCCION

En estos aspectos es indispensable recalcar la necesidad de investigar tanto sobre metodologías de construcción en sí como sobre la aplicación de materiales no convencionales. La investigación deberá estar ligada con proyectos de inversión en plantas piloto.

Si bien las obras civiles en cuanto a su diseño y construcción dependen en gran parte del terreno, es necesario investigar la elaboración de manuales que consideren la posibilidad de estandarización o semiestandarización de obras civiles.

Por otra parte, es muy importante organizar investigaciones para la producción de elementos prefabricados para las obras civiles.

Las instituciones que realizan investigaciones sobre materiales y otros elementos deben coordinar sus acciones con los grupos que realizan actividades de ingeniería en el terreno y que pueden estar investigando dentro de programas de inversión durante la construcción y después de la misma.

La investigación relativa a materiales debe orientarse hacia el establecimiento de sus propiedades hidráulicas y mecánicas.

En general existen dos alternativas tecnológicas en cuanto a las obras civiles: una convencional, basada en la utilización de hormigón, acero de refuerzo y acero estructural y en la separación de elementos, y otra que entraña un mínimo de utilización de dichos materiales y procura concentrar las obras (por ejemplo, construyendo el desarenador y la cámara de carga en una única estructura) y utilizar la infraestructura existente (como los canales de riego). Desde el punto de vista de los tipos de construcción se puede hablar de la que se basa principalmente en el empleo intensivo de mano de obra (con participación de la comunidad en el caso óptimo), la que utiliza mucha maquinaria y la mixta.

Sería muy conveniente promover o apoyar encuestas para ampliar el conocimiento de las capacidades productivas existentes para poder fomentar el abastecimiento de materiales.

Las tecnologías de construcción deben difundirse mediante manuales de diseño y ejecución de obras.

6.4 LISTA DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

No es posible definir de manera categórica las alternativas tecnológicas más adecuadas para cada país debido a que variarán las condiciones que motivan el establecimiento de programas de desarrollo y adaptación de tecnología para MCH, así como las condiciones geográficas, hidráulicas, de mano de obra, de disponibilidad de recursos humanos calificados, de financiamiento apropiado, etc., factores que influyen en la definición de las alternativas tecnológicas.

Tomando como base lo anterior, a continuación se presenta una selección de posibles esferas de interés para el desarrollo tecnológico.

a) Construcción

A continuación se analizan los diferentes materiales que pueden emplearse en la construcción civil de las MCH. Es importante insistir en que en el marco de las tecnologías no convencionales se considera lo siguiente: utilización y mejora de tomas y canales de riego existentes; cámara de carga instalada en línea sobre el canal y que incluye el desarenador; tuberías de presión de materiales no metálicos, presas de tipo artesanal, reducción al mínimo de la utilización de materiales costosos como el hormigón y empleo de materiales no convencionales como el ferro-cemento, el suelo-cemento y otros.

Conviene especificar que los materiales deben ajustarse a las normas nacionales aplicables y que, de no existir éstas, se utilicen normas extranjeras adecuadas. Es importante promover la elaboración de normas nacionales respecto de los principales materiales empleados en las MCH, con el fin de preparar unas especificaciones apropiadas y de lograr establecer un buen control de calidad.

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS DE MATERIALES

MATERIAL	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Arcilla y limas	Presas o cortinas	Grado alto de impermeabilidad	Posibilidad de fracturación
Granulares	Presas o cortinas	Mejor comportamiento ante presiones exteriores	Bajo grado de impermeabilidad
Madera	Presas, tuberías, casa de máquinas, compuertas	Precio reducido	Corta duración
Gaviones	Presas, canales, protección de taludes	Bajo costo. Se acomodan fácilmente al terreno	Permeables durante el período inicial
Hormigón	Presas, canales y anclajes, cortinas, cámara de carga, casa de máquinas	Durabilidad. Resistencia a la compresión alta	Costo elevado. Mal comportamiento en obras torrenciales
Ferrocemento	Revestimientos, desarenado, cámara de carga	Bajo costo. Alta resistencia en general	Reducida resistencia a las cargas de punta, construcción cuidadosa
Suelo-cemento	Revestimientos, presas	Bajo costo	Poca durabilidad, baja resistencia
P.V.C.	Tubería de presión	Bajo costo, reducido peso, rápida instalación, fácil adaptación al perfil, reducidas pérdidas de carga	Relativa fragilidad, deben ser enterrados. Poca resistencia a la radiación solar

MATERIAL	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Polietileno	Tubería de presión	Tramos continuos, soportan considerables deformaciones, fácil transporte e instalación. Buena resistencia al impacto y a la radiación solar.	Las uniones requieren juntas especiales de acero de instalación cuidadosa, elevadas pérdidas de carga.
Asbesto-cemento	Tubería de presión	Menor costo que las de PVC, buena adecuación al perfil del salto, no requieren juntas de expansión, reducidas pérdidas de carga.	Relativo mayor peso y fragilidad que exigen que sean enterradas.

b) Equipos

A continuación se presenta una lista de los principales equipos utilizados en las MCH y algunas recomendaciones relativas a la realización de proyectos de investigación tecnológica.

TURBINAS HIDRAULICAS

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES
PELTON	<ul style="list-style-type: none">- Es una turbina de acción, de flujo tangencial, formada por una o más toberas y un rodete provisto de un determinado número de cucharas.- El rango de aplicación de las turbinas Pelton está delimitado a velocidades específicas bajas. Cabe decir que, aprovecha grandes saltos y caudales reducidos, pudiéndose obtener eficiencias del orden del 85%.- Para su fabricación se requiere una planta industrial que cuente con fundición, equipos de soldadura y corte, máquinas herramientas básicas (torno, cepillo y taladro). Generalmente se fabrica el rodete y las toberas por fundición.
MICHELL-BANKI	<ul style="list-style-type: none">- Es una turbina de acción de flujo transversal, entrada radial y admisión parcial, formada por un inyector y un rodete provistos de un número determinado de álabes curvos.- El rango de aplicación de esta turbina está comprendido entre las Pelton de doble inyector y la turbina Francis lenta, trabajando principalmente con saltos medios y grandes caudales y pudiendo obtener eficiencias del orden del 80% y generando potencias hasta de 1.000 KW.- Posee una geometría que facilita su fabricación y que la caracteriza como la turbina de más bajo costo.- Para su fabricación se requiere una planta industrial que cuente con equipo de soldadura y corte y máquinas herramientas básicas (torno, cepillo y taladro); se puede fabricar a base de partes soldadas.

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES
FRANCIS	<ul style="list-style-type: none">- Su aplicación está delimitada a velocidades específicas medias operando, al igual que la turbina Michell-Banki, con saltos medios y grandes caudales; su eficiencia está comprendida entre el 83 y el 90%.- Para su fabricación se requiere una planta industrial que cuente con fundición, equipos de soldadura y corte y máquinas herramientas.
AXIAL	<ul style="list-style-type: none">- Es una turbina de reacción de flujo axial cuyo sistema de regulación de velocidad está incorporado al rodete en el caso particular de las turbinas Kaplan.- Su rango de aplicación está delimitado a velocidades específicas bastante altas. Opera con saltos muy pequeños y grandes caudales, pudiendo alcanzar eficiencias de hasta el 90%.- Para su fabricación se requiere una planta industrial que cuente con fundición, equipos de soldadura y corte, y máquinas herramientas básicas.

REGULADORES DE VELOCIDAD PARA TURBINAS HIDRAULICAS

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES
ELECTRICO-ELECTRONICO (con control de flujo)	<ul style="list-style-type: none">- Está formado por un dispositivo electrónico, encargado de captar la variación de velocidad de la turbina en base a la variación de frecuencia de generación que ocurre al presentarse una variación de carga, y un motor eléctrico que acciona un mecanismo para abrir o cerrar la válvula reguladora de flujo de la turbina al girar en un sentido u otro.- Su fabricación es de bajo costo por ser el dispositivo electrónico único e independiente de la potencia, siendo el costo variable el derivado del motor eléctrico.- Para su fabricación se requiere una planta industrial electromecánica con taller de electrónica.
POR DISIPACION DE ENERGIA (eléctrico-electrónico)	<ul style="list-style-type: none">- Este regulador consiste en un dispositivo electrónico concebido para detectar las variaciones de velocidad de generación que ocurren al producirse una variación de carga y en un sistema de resistencias eléctricas que aumenta o reduce las cargas ficticias para mantener constante la carga de la turbina.- El dispositivo electrónico es similar al requerido para el regulador eléctrico-electrónico con un control positivo del agua.- Para su fabricación se requiere una planta industrial con un taller de electrónica.

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES
OLEO-MECANICO	<ul style="list-style-type: none">- Está formado por un órgano sensible a la variación de velocidad que generalmente es un péndulo centrífugo, un órgano de distribución de fuerza provisto de una válvula distribuidora de aceite a presión y un servomotor, un sistema de compensación y retroceso cuyo objeto es dar estabilidad a la velocidad del grupo; una bomba de engranaje o paletas deslizantes y dispositivos de maniobra para accionar la válvula reguladora del caudal de la turbina.- Su fabricación es comparativamente más cara que la del regulador eléctrico-electrónico y requiere una planta industrial que cuente con equipos de soldadura y corte y máquinas herramientas básicas.

GENERADORES ELECTRICOS

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES
ALTERNADORES	<ul style="list-style-type: none">- Son generadores diseñados con regulador de tensión y refuerzos en las bobinas para que estén en condiciones de soportar velocidades de embalamiento de la turbina.- Por razones económicas en las M.C.H. se recomienda la utilización de alternadores de 2 ó 4 polos.- Para su fabricación se requiere una planta industrial electromecánica que cuente con equipos para embobinar, soldadura y corte y máquinas herramientas básicas.
GENERADORES DE INDUCCION	<ul style="list-style-type: none">- Son motores de inducción que operan como generadores en forma autónoma o en paralelo con un alternador.- Para su fabricación sólo se requiere una adaptación de motores eléctricos existentes que la puede hacer la misma planta fabricante.

7. COMO ABORDAR PROYECTOS ESPECIFICOS

7.1. EVALUACION ESPECIFICA DE LA DEMANDA Y LOS RECURSOS

a) Demanda

Es importante señalar que la demanda estimada en la etapa de planeamiento servirá para la etapa de proyectos específicos.

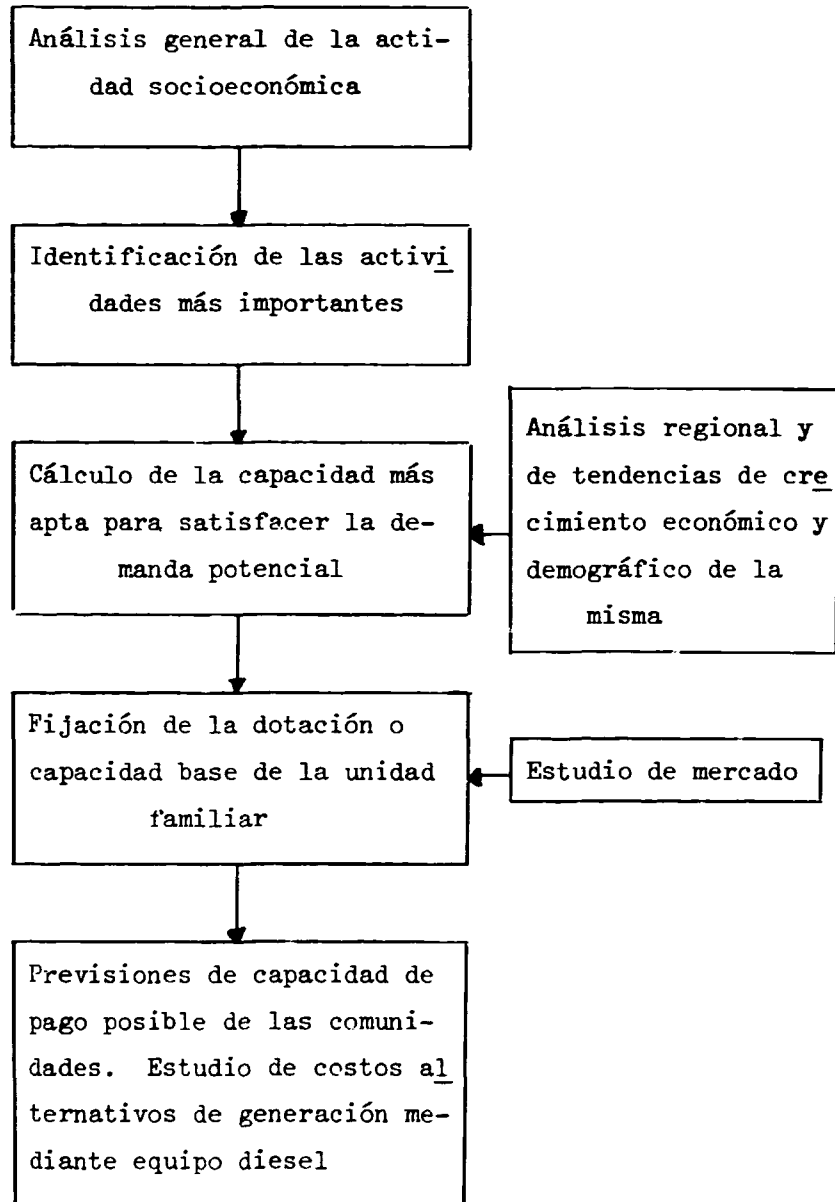
Se estima mediante una evaluación de las condiciones locales y regionales. Se calcula la demanda potencial actual de energía eléctrica y se efectúa una estimación global del crecimiento futuro de dicha demanda para lo cual se establece un horizonte de planeamiento con un período equivalente al previsto de posibilidad de abastecimiento por línea de interconexión.

Para estos análisis se realizan investigaciones de campo y se procesa la información recopilada

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR PARA UNA EVALUACION ESPECIFICA DE LA DEMANDA

- Identificación del polo de desarrollo más importante de la zona.
- Identificación y reconocimiento del área de influencia de dicho polo.
- Inventario de actividades socioeconómicas.
- Identificación de los posibles factores de crecimiento futuro en la zona.
- Análisis de la información obtenida mediante el trabajo de campo y de otras fuentes.

Se sugiere el siguiente diagrama de bloques para establecer la secuencia en la estimación de la demanda:



b) Recursos

Esta evaluación se funda en la recopilación y el análisis de las informaciones cartográficas, geológica, geomorfológica, hidrológica y ecológica existentes, complementadas mediante reconocimientos de campo, aforos de las fuentes y levantamientos topográficos.

A partir de la información facilitada por los habitantes de la región se identifican las posibles fuentes. Se realiza una investigación de las fuentes de las cercanías de las poblaciones situadas en las cuencas objeto del estudio (aproximadamente a 15 km) y se aforan con el fin de obtener información sobre el orden de magnitud de sus caudales.

Mediante métodos topográficos simples se determina la caída disponible. Para los saltos importantes basta un altímetro de bolsillo. Para los saltos bajos es conveniente utilizar un altímetro de precisión. En ambos casos también es posible utilizar un nivel de albañil o de carpintero.

7.2. SELECCION DE TECNOLOGIA PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y DISEÑO DE M.C.H.

CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO

- Características de la región tales como facilidades de acceso en relación con posibilidad de emplear equipo para la construcción.
- Disponibilidad de materiales de construcción en la zona del proyecto

a) Obras de toma

CRITERIOS PARA LA LOCALIZACION DE LA OBRA DE TOMA

- Búsqueda del máximo estrechamiento del cauce de la corriente de agua con el fin de minimizar la longitud de la presa vertedero y, consecuentemente, las excavaciones y los volúmenes estructurales.
- Búsqueda de ubicación según las condiciones de los sedimentos.
- Búsqueda de la mejor fundación para la estructura, preferentemente sobre afloramientos de roca con el fin de asegurar su estabilidad.
- Selección de la mínima longitud de canal en contacto con las aguas máximas con el fin de reducir los volúmenes de hormigón reforzado.

b) Canal de conducción

CRITERIOS PARA PROYECTAR EL CANAL DE CONDUCCION

- Diseño geométrico en plano adecuado para minimizar excavaciones.
- Velocidad mínima del agua cercana a 1,0 m/s para evitar sedimentación.
- Búsqueda de una sección transversal próxima de la óptima hidráulica.
- Es necesario verificar la infiltración con el fin de decidir sobre el revestimiento de las paredes y el fondo del canal. En general la relación de costos de canal revestido o no revestido es de 1 a 2.

c) Desarenador - Cámara de carga

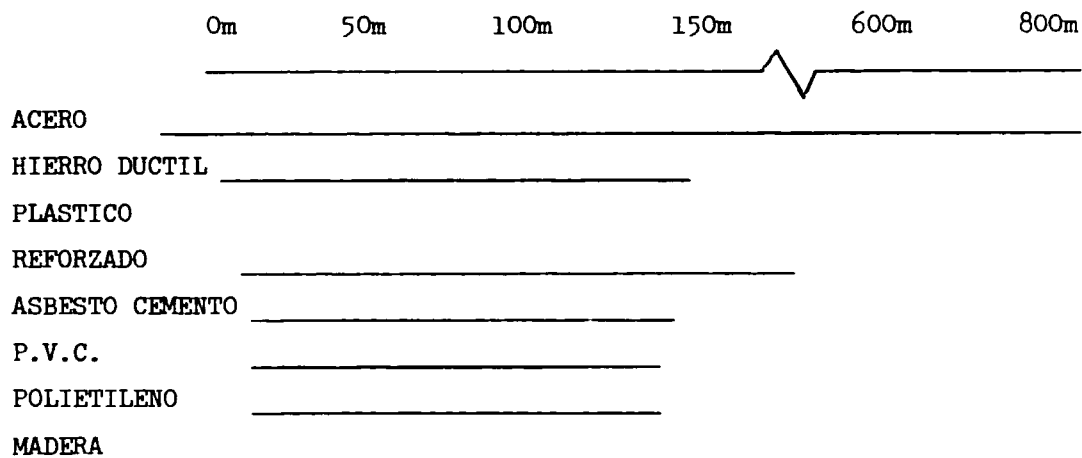
CRITERIOS PARA PROYECTAR EL DESARENADOR Y LA CAMARA DE CARGA

- Verificación de su capacidad para que asegure de manera conveniente la alimentación de la tubería de carga, la absorción y la amortiguación de las oscilaciones de apertura y cierre de válvulas de admisión debidas a las variaciones de carga en las turbinas, y la regulación del nivel de agua al comienzo de la tubería de carga.
- Sobre la base de un estudio de granulometría de los sedimentos y de las recomendaciones acerca del diámetro de las partículas por sedimentar se adopta un tamaño de partícula para el diseño del desarenador.
- Se adopta una profundidad tal en el desarenador que se eviten las perturbaciones producidas por corrientes ascendentes o descendentes producidas por los cambios de temperatura.

d) Tubería de presión

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA TUBERIA DE PRESION

- Pueden usarse diferentes materiales.
 - Pueden usarse diferentes tipos y tamaños combinados con el fin de obtener soluciones óptimas.
- A continuación se muestra el rango de aplicación de los diferentes materiales en relación con el salto en m:



Con el fin de soportar el golpe de ariete máximo permitido en las centrales, las tuberías deben poseer una presión nominal del orden de un 30% más del salto bruto. Esta sobrepresión debida al golpe de ariete se puede controlar fijando un tiempo de cierre apropiado en el regulador.

- Los costos de construcción, que no sólo aumentan con las condiciones del terreno, sino también con el diámetro, se comparan con la pérdida de energía en la tubería, que disminuye la producción de energía. Mediante esta comparación se encuentra el diámetro óptimo.
- Para el diseño de los anclajes se tienen en cuenta factores de seguridad con respecto al volcamiento, deslizamiento y capacidad portante. También se debe analizar la tubería para tres hipótesis de carga: tubería de presión caso dinámico, tubería de presión caso estático y tubería vacía. Se considera necesario además el diseño de un filtro a lo largo de toda la tubería de carga con el fin de drenar las posibles infiltraciones.

e) Casa de máquinas

CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CASA DE MAQUINAS

- El área de construcción se determina en función de las necesidades de la planta, según el salto, el caudal y el número de unidades. Es conveniente asignar un área residencial para el operador, si el nivel de las inversiones lo permite. Es conveniente considerar un servicio de acueducto y un sistema de desagüe, mediante tanque séptico y campo de infiltración.
- En el perímetro de la casa de máquinas es conveniente diseñar drenes y/u otro sistema con el fin de interceptar las aguas superficiales y mantener bajo el nivel freático.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA LINEA DE TRANSMISION

VARIABLES DE DISEÑO:

- Tensión de la línea.
- Potencia.
- Factor de potencia.
- Longitud.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Temperaturas promedio, máxima y mínima del medio ambiente.
- Velocidad del viento.

7.3. METODOS DE CONSTRUCCION

A continuación se hacen algunas consideraciones sobre las diferentes alternativas de construcción para los distintos elementos que componen una M.C.H.

Presa

- Los gaviones se instalan fácilmente y su costo es reducido. Los problemas de infiltración que se puedan presentar al comienzo se resuelven mediante pantallas de hormigón o de madera. El problema se puede tornar crítico en el caso de caudales mínimos cuando no se puede permitir la pérdida de caudales significativos.
- Siempre que se encuentren materiales adecuados en la región merece considerarse la alternativa de hormigón ciclópeo o ladrillo. El hormigón ciclópeo tiene la ventaja de la utilización de la roca proveniente de las excavaciones. Esta solución es la más adecuada para niveles elevados de agua; pero cuando la altura de agua es menor de 2-0 m los problemas de cimentación son bastante menores. La mayor desventaja consiste en que por tratarse de una estructura rígida se pueden presentar fisuraciones por asentamientos diferenciales. Cuando existan facilidades de transporte para materiales y equipo, puede ser conveniente analizar alternativas de estructuras conjuntas para presa y bocatoma en hormigón reforzado siempre que las dimensiones de la estructura sean reducidas.

Bocatoma

- Para el manejo del agua se consideran varias alternativas así:
- Cuando existan lechos antiguos es posible mediante excavación ampliarlos, lo que permite desviar las aguas y trabajar casi completamente en seco durante la construcción de la captación.
- Una segunda alternativa consistiría en la utilización de tablestacas, construyendo inicialmente la bocatoma, la esclusa y el canal; posteriormente se construiría el vertedero, dejando pasar el agua por la esclusa y la bocatoma. Esta alternativa requiere una longitud apreciable de tablestacado además de reducir el espacio disponible para las labores durante la construcción. El caudal máximo que permite la esclusa aumenta el riesgo por daños debidos a las crecientes.
- La primera alternativa puede ser más favorable si el costo de excavación puede justificar la disminución de riesgos y molestias implícitas en la segunda alternativa.

Desarenador

- Puede ser localizado inmediatamente después de la obra de toma y entonces se aprovecha de manera económica la cercanía de la corriente en cuanto a la limpieza de los sedimentos. El agua también estaría libre de sedimentos a lo largo del canal de construcción. Sin embargo, éstos pueden presentarse en el recorrido de la construcción a cielo abierto.
- Otra alternativa contempla el desarenador integrado con el tanque de carga. Es evidente la economía en este segundo caso, a pesar de que se requiere mayor velocidad de circulación en el canal de conducción con el fin de evitar la sedimentación en el mismo. Este caso generalmente está asociado con el empleo de canales de tierra y resulta aplicable en los casos de M.C.H. de menor tamaño.

Tubería de carga

- La tubería de acero representa costos elevados no sólo por el material sino también por la instalación.
- La tubería de cemento asbesto es más económica y fácil de obtener a pesar de que en algunos sitios hay limitaciones en cuanto a los diámetros máximos comerciales.

Casas de máquinas

- En esta estructura más que en ninguna otra obra civil es posible considerar la utilización de elementos prefabricados con el fin de abaratar los costos. Es muy importante tener en cuenta los materiales de la región no sólo desde el punto de vista económico sino también en cuanto a estética y comportamiento ante los sismos se refiere.

7.4 SELECCION DE EQUIPOS

La selección de equipos para MCH debe realizarse sobre la base de catálogos comerciales proporcionados por los fabricantes nacionales o internacionales de equipos estandarizados. Asimismo los criterios de selección deben estar orientados principalmente a utilizar equipos confiables y de bajo costo.

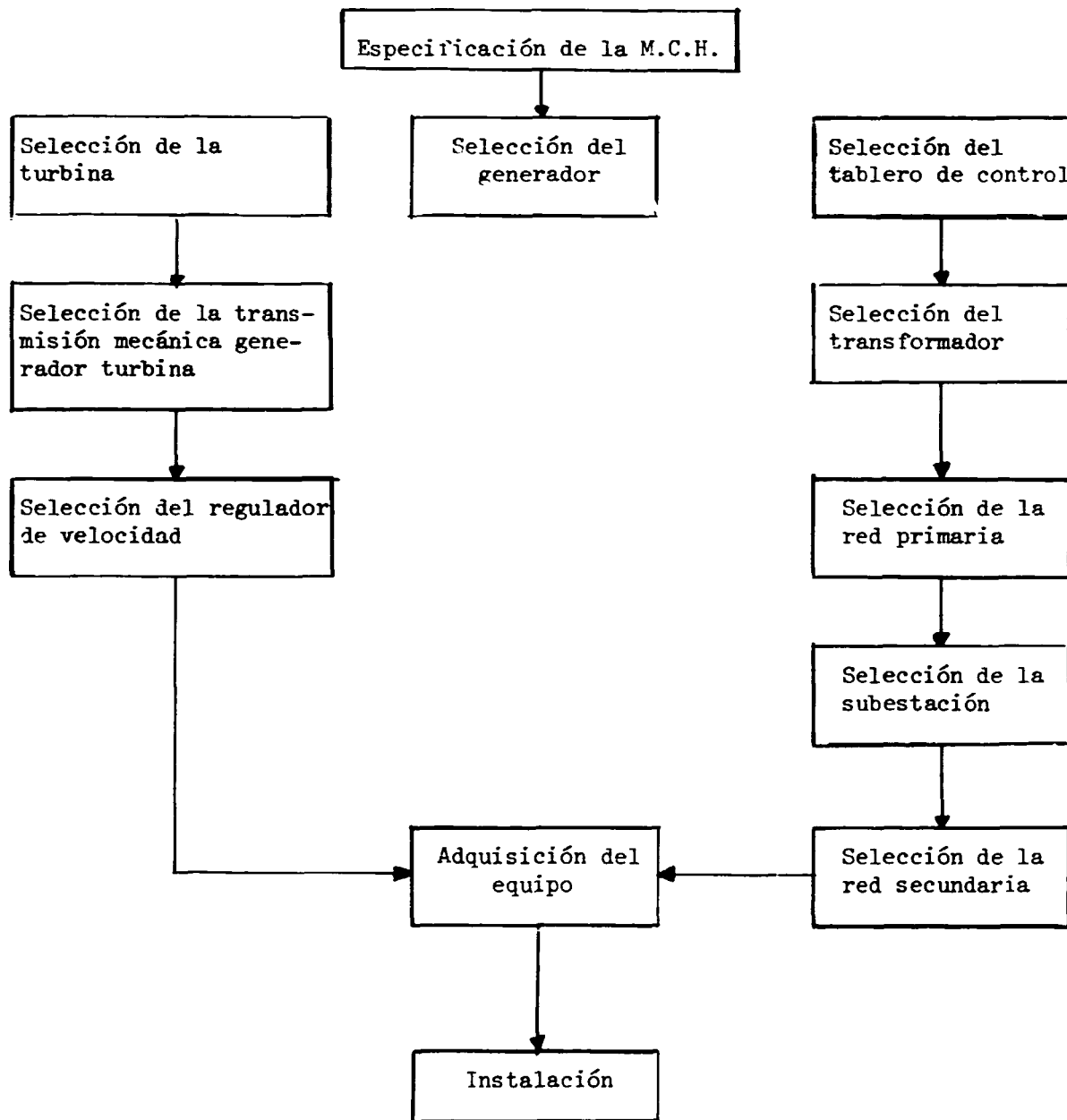
A continuación se detalla un procedimiento para seleccionar los diversos equipos utilizados en MCH.

EQUIPO	DATOS PARA LA SELECCION	PROCEDIMIENTO DE SELECCION
Rejilla de las tuberías	Tamaño admisible de la partícula	- Según la especificación de los materiales de la turbina, la selección del caudal mínimo y el salto. Su limpieza puede ser manual o mecánica.
Válvula	Tamaño de la tubería, presión	- Se utilizan principalmente válvulas de compuerta, de mariposa y esféricas, según el tamaño de las tuberías, la forma de la tubería, el salto de agua y el tiempo de cierre.
Turbina	Salto Caudal Potencia	- Conociendo las características de las turbinas explicadas en el Capítulo 6 del presente manual y el número de revoluciones de giro del generador, se asume un número de revoluciones de la turbina y se determina el tipo de turbina más adecuada con ayuda de la metodología explicada en el anexo B del manual, teniendo presente que cuanto mayor es el número de revoluciones de la turbina, menor es su costo.

EQUIPO	DATOS PARA LA SELECCION	PROCEDIMIENTO DE SELECCION
		<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionado el tipo de turbina, se ubica en los catálogos comerciales de turbinas estandarizadas que satisfaga las condiciones de salto, caudal y potencia, determinando el número de revoluciones a las que girará, cuyo valor no se diferenciará mucho del proyectado.
Regulador de velocidad	Potencia Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> - Con el tipo de turbina seleccionada, se determina automáticamente su regulador de velocidad, el cual puede ser oleomecánico o eléctrico-electrónico.
Transmisión turbina/ generador	RPM Carga	<ul style="list-style-type: none"> - La transmisión mecánica entre la turbina y el generador debe elegirse en función de sus velocidades respectivas y teniendo en cuenta que la transmisión por correa se utiliza para altas velocidades y el sistema de engranaje para velocidades bajas. Si la turbina y el generador funcionan a la misma velocidad, se utiliza un acoplamiento directo.
Generador	Potencia	<ul style="list-style-type: none"> - Teniendo como referencia las normas eléctricas para generadores de cada país se determinan la tensión y frecuencia de generación. - Con estos datos se selecciona el tipo de generador más adecuado, tomando como referencia lo indicado en el capítulo 6 del presente manual. - En los catálogos comerciales se identifica el generador adecuado para la potencia, frecuencia y tensión de generación. Se selecciona el número de revoluciones del generador, teniendo en cuenta que a mayores revoluciones mayor es el costo.

EQUIPO	DATOS PARA LA SELECCION	PROCEDIMIENTO DE SELECCION
Tablero de control para la casa de máquinas	Potencia Tensión Frecuencia	- El tablero se selecciona de acuerdo con las especificaciones de potencia máxima del generador, tensión y frecuencia, debiéndose tratar de utilizar un mínimo de instrumentación que permita un eficaz control.
Transformadores de potencia	Potencia Tensión	- De acuerdo con las normas eléctricas de los transformadores de cada país se selecciona la tensión de transmisión, y con el dato de potencia se determina en los catálogos comerciales el transformador que se ha de utilizar. Debe tenerse en cuenta que las corrientes de corto circuito son de 5 a 6 veces la nominal.
Red de transmisión o red primaria	Potencia de transmisión	- De acuerdo con las normas eléctricas para conductores de cada país se selecciona la sección óptima teniendo en cuenta una mínima caída de tensión y una mínima pérdida de potencia.
Subestación	Potencia	- De acuerdo con las normas de cada país se determina la tensión de distribución y con ella se obtiene la relación de transformación de voltaje, para luego seleccionar en catálogos los componentes de la subestación.
Red de distribución o red secundaria (acometidas)	Tensión de distribución	- La selección de la red secundaria está basada en los mismos criterios y normas indicadas para la red primaria.

PROCESO DE SELECCION DE EQUIPOS PARA M.C.H.



* El proceso de selección se puede iniciar también a partir de la turbina.

7.5 EXPLOTACION, MANTENIMIENTO Y REPARACION

Las características de la explotación dependen principalmente de:

- Tamaño de la central;
- Tipo de servicio;
- Nivel de automatización en la regulación;
- Confiabilidad de los equipos;
- Estructura institucional del servicio eléctrico.

Si se trata de una M.C.H. con un bajo nivel de automatización limitada al regulador de velocidad, al regulador de voltaje y a los dispositivos de seguridad, combinado con un servicio durante determinado número de horas del día, es posible que se requiera un solo operador; en el caso de servicio continuado, se debería contar con un mínimo de dos operadores que supervisen la planta por turnos.

Es necesario que los operadores sean competentes en el ejercicio de sus funciones y que puedan asumir responsabilidades de mantenimiento preventivo y reparaciones menores de emergencia.

A continuación se enumeran los conocimientos básicos que debe tener un operador de M.C.H.:

- Fundamentos de electricidad industrial;
- Mecánica de banco;
- Soldadura;
- Administración;
- Secuencia de funcionamiento.

Las actividades de mantenimiento y reparación pueden distribuirse en la siguiente forma:

ACTIVIDAD	EJECUCION
- Mantenimiento preventivo de equipos	Operador
- Mantenimiento preventivo y reparaciones generales de las obras civiles	Operador con apoyo comunal
- Reparaciones generales del equipamiento	"Brigadas volantes de Mantenimiento" de la empresa de servicio eléctrico y/o el operador
- Reparaciones mayores del equipamiento	Talleres especializados o fabricantes

RECOMENDACIONES RELATIVAS A LAS OBRAS CIVILES

- Las inspecciones regulares de canales, presas de derivación, aliviaderos, compuertas reguladoras, tuberías y conductos son extremadamente importantes. La frecuencia de las inspecciones varía con los períodos climáticos.
- Durante los períodos de avenidas, deben verificarse inspecciones diarias con el fin de detectar amenazas debidas a las crecidas o a deslizamientos. Tales amenazas pueden incluir: erosión en pilares de soporte, fuerzas no usuales sobre los conductos cercanos al cauce y a lo largo de él, basuras depositadas en las rejillas y en las compuertas de regulación de las presas derivadoras, erosión no aceptable por debajo de las presas derivadoras o niveles de aguas abajo anormales.
- En las instalaciones de baja caída las avenidas pueden representar mayores problemas que en las altas ya que pueden afectar a la presa y a las unidades generadoras.
- Los deslizamientos pueden afectar a los canales o conductos y pueden llenar los canales de desechos causando desbordamientos y cargas de sedimentos, anormalmente altos, sobre las turbinas.
- Las inspecciones durante los períodos de emergencia deben correr a cargo de personas con experiencia y familiarizadas con el funcionamiento de la instalación.
- La presa debe inspeccionarse todos los años con el fin de asegurar su integridad y la de sus estribos.
- Es importante observar y anotar frecuentemente las fisuras estructurales y las infiltraciones a través de la presa y de los estribos a fin de registrar los cambios.
- Deben establecerse referencias permanentes en la presa durante la construcción y hacerse mediciones para registrar cualquier tendencia al movimiento.
- Deben instalarse piezómetros en la fundación de la presa y deben supervisarse las variaciones, al menos mensualmente, para detectar cambios repentinos en la presión debajo de la presa.

RECOMENDACIONES RELATIVAS AL EQUIPO ELECTROMECHANICO

- El mantenimiento de la maquinaria y de las válvulas debe realizarse a intervalos regulares con el fin de asegurar un funcionamiento confiable en el momento necesario.
- Todas las compuertas y válvulas deben accionarse a través de su rango completo de variación por lo menos una vez al mes.
- Para pequeñas instalaciones, las válvulas y compuertas que no funcionen pueden sustituirse con repuestos y las partes sustituidas se pueden llevar a un taller central para su reparación. Esto puede hacerse también para las turbinas, los reguladores, los generadores y los transformadores muy pequeños.
- Tanto en los proyectos de alta caída como en los de baja caída deben accionarse las válvulas y compuertas por lo menos una vez al mes con el fin de asegurar la facilidad de funcionamiento en el momento que se requiera. Si se trata de varias compuertas, es conveniente que sean idénticas desde el punto de vista del diseño y la adquisición de una de repuesto debe preverse para los casos de daño producido por basuras flotantes o por deterioro.
- Los generadores deben inspeccionarse cada seis meses y aislarse anualmente para asegurar su mantenimiento preventivo.
- Las turbinas deben aislarse e inspeccionarse anualmente para detectar daños.
- Los tableros de control deben ser inspeccionados cada cuatro meses y aislados anualmente con el fin de detectar daños.
- Las barras colectoras, y especialmente sus juntas, deben inspeccionarse cada seis meses.
- Los transformadores deben inspeccionarse cada seis meses y aislarse anualmente para asegurar su mantenimiento preventivo.
- Las redes deben inspeccionarse cada seis meses y en las épocas de mantenimiento anual debe comprobarse si tienen daños.
- Las subestaciones deben ser inspeccionadas periódicamente para detectar fallas por corto circuito (cada tres meses).

7.6 COSTOS

En esta sección se presentan algunas indicaciones cuantitativas para calcular los costos de una M.C.H. con fines de planeamiento y determinación de órdenes de magnitud de los indicadores solamente, ya que es imposible determinar previsiones confiables de costos para proyectos específicos a partir de indicadores globales, requiriéndose en cada caso un análisis particularizado de la estructura de los costos, en función de las características específicas del proyecto.

En los gráficos que se muestran más adelante se dan indicadores de costos unitarios para las inversiones totales en M.C.H., así como para sus tres principales componentes: estudios de preinversión, equipos y obras civiles. Las curvas han sido preparadas a partir de la información disponible en varios países de América Latina; en consecuencia, sería recomendable que el órgano de planificación de las M.C.H. de cada país prepare las curvas correspondientes a su propia realidad. Ello es factible, al menos de manera aproximada, determinando experimentalmente ciertos factores de corrección de los gráficos que se presentan en este manual.

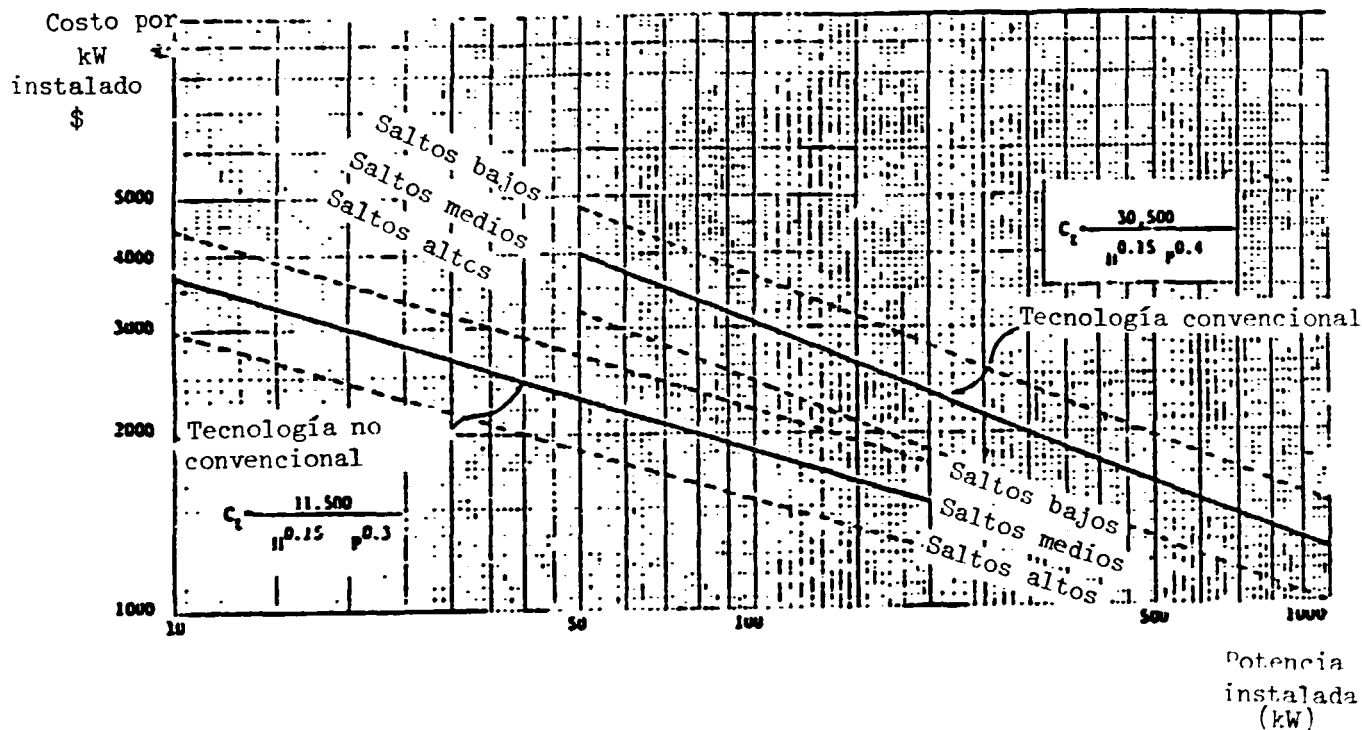
a) Costos unitarios de la inversión total en la M.C.H.

En la figura 23 se muestran los costos unitarios totales de una M.C.H. en dólares por kW instalado de la planta para diversas potencias y saltos. En el cuadro siguiente se presentan los elementos e hipótesis tenidos en cuenta en la preparación del cuadro.

ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA PREPARACION DE LA FIGURA 23

- Se han procesado datos de 35 proyectos en tres países de Latinoamérica, con índices de correlación con respecto al gráfico del orden del 70%.
- Las curvas inferiores con respecto a la alternativa de tecnologías no convencionales se han preparado sumando a los costos de los estudios los de equipo y las obras civiles (dando por supuesto que los equipos son de fabricación nacional).
- Los costos se refieren al año 1980, habiéndose ajustado los valores de la información empleada a los índices que se muestran en la figura 24, que es sólo un indicador muy aproximado de las variaciones en el tiempo empleadas en el presente manual.
- Las curvas presentadas tienen sólo valor estadístico relativo, en la medida que se pueden esperar variaciones considerables de país a país con respecto a proyectos específicos.
- Las variaciones con respecto a cada país se pueden deber a:
 - Disponibilidad y costo de mano de obra
 - Disponibilidad y costo de materiales
 - Costos y fletes del equipo
 - Costos de ingeniería
 - Condiciones geográficas y problemas de acceso
 - Tipo de cambio con respecto al dólar
 - Características y controles del mercado de divisas
 - Variaciones de índices de costos en el tiempo.
- Las variaciones con respecto a cada proyecto específico se deben a:
 - Distancias y condiciones de acceso
 - Características físicas (geología, hidrología, geomorfología, mecánica de suelos, ecología, etc.)
 - Amplias variaciones en las magnitudes de la obra civil.
- El gráfico se refiere a centrales con un solo grupo electromecánico.
- Los saltos altos, medios y bajos se definen según el clasificador de potencia y salto de la OLADE que aparece en la pág. 8.

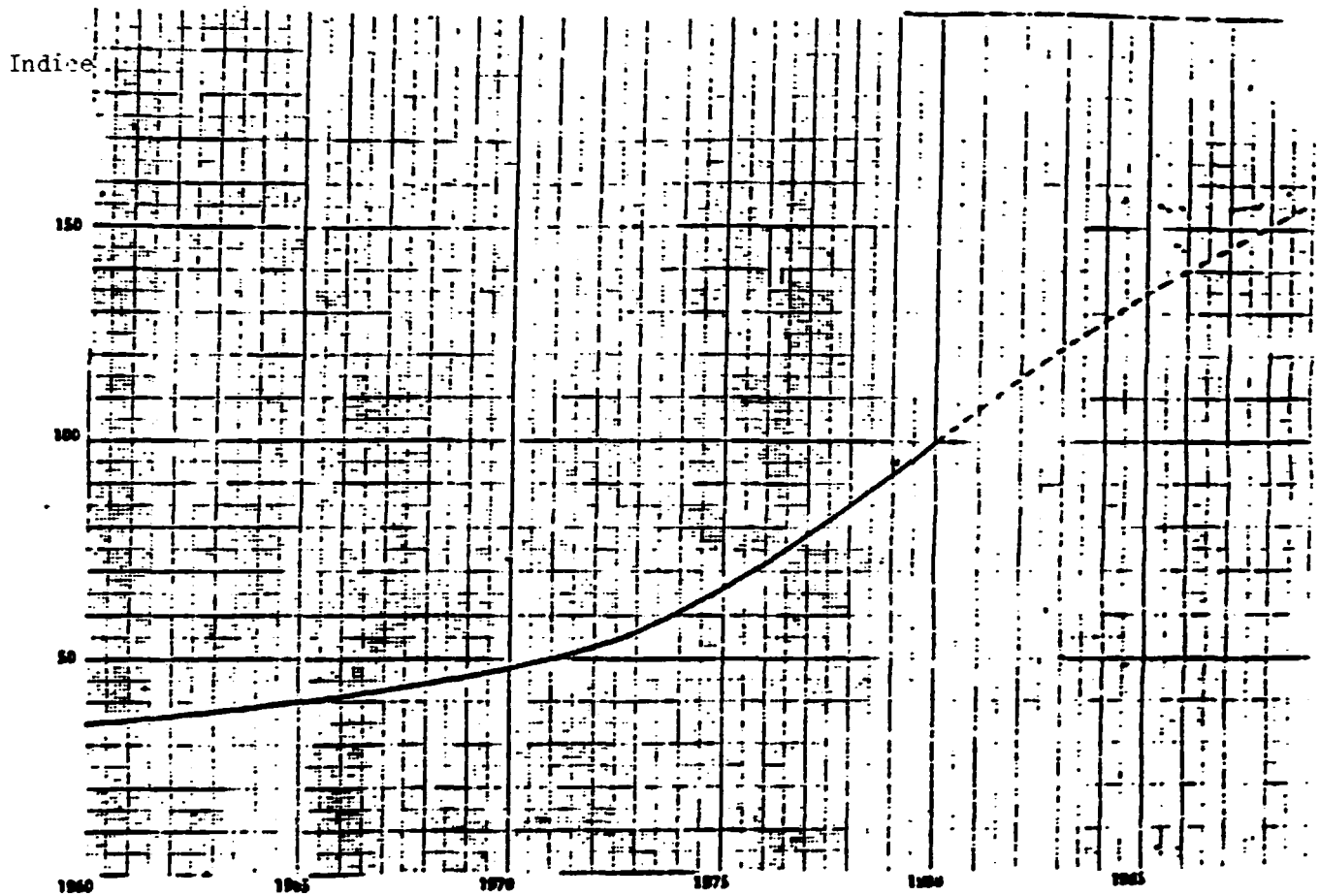
FIGURA 23 INDICADORES DE REFERENCIA DE COSTOS UNITARIOS DE INVERSION



CONCLUSIONES DE LAS CURVAS DE COSTOS TOTALES UNITARIOS

- Los costos de M.C.H. pueden variar entre 1.000 y 5.000 dólares de los EE.UU. por kW instalado.
- Los costos unitarios aumentan rápidamente para las potencias menores.
- Las centrales con saltos reducidos son más costosas que las de saltos mayores.
- El empleo de tecnologías no convencionales para obras civiles y equipos de fabricación y tecnología nacionales determinan costos unitarios menores que los correspondientes a tecnologías convencionales y equipos importados. Esta ventaja tiende a disminuir para potencias mayores.

FIGURA 24. INDICE APROXIMADO DE VARIACION DE LOS COSTOS DE INVERSION EN MCH A LO LARGO DEL TIEMPO

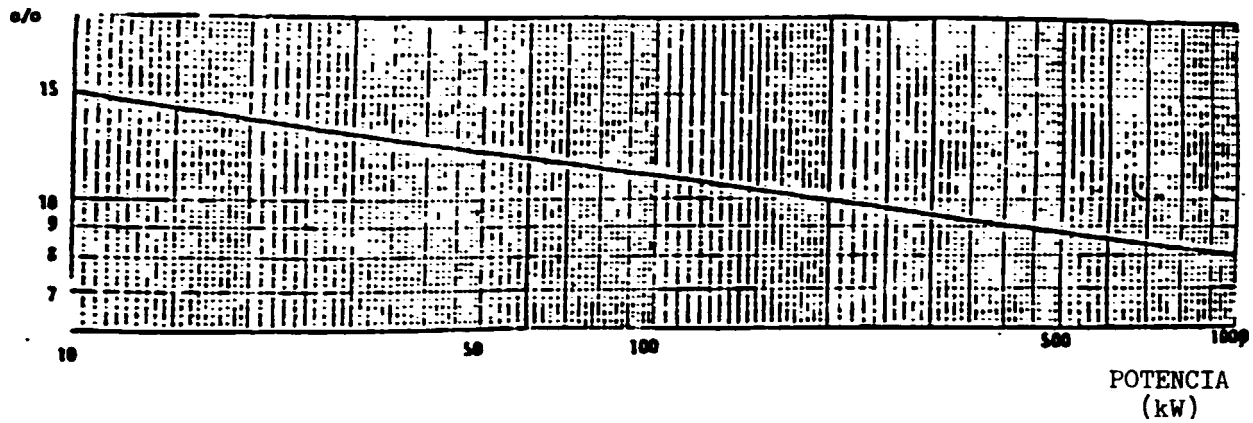


b) Costos unitarios de los estudios de preinversión

Tal como se señala en la sección 5.4, los costos de los estudios son frecuentemente desproporcionados con relación a la inversión total. Por este motivo, es conveniente establecer límites de los costos de los estudios como un porcentaje del costo total del proyecto.

A título de orientación, en la figura 25 se propone un gráfico del costo máximo deseable de los estudios en función de la producción de la planta. En la práctica, se recomienda que éstos sean definidos para cada país como parte de su política relativa al desarrollo de las MCH y relacionándolos con el alcance y la profundidad mínimos requeridos para los estudios.

FIGURA 25. COSTO DEL ESTUDIO COMO PORCENTAJE MAXIMO RECOMENDADO DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO, EN FUNCION DE LA PRODUCCION DE LA MCH



c) Costos unitarios de equipamiento electromecánico

En las figuras 26 y 27 se muestran los costos unitarios del equipamiento electromecánico para equipos importados de fabricantes de países desarrollados y equipos de fabricación nacional con tecnologías desarrolladas o adaptadas en el país y no sujetas al pago de regalías.

ELEMENTOS INCLUIDOS EN EL EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO

- Turbina
- Regulador de velocidad
- Generador
- Tablero eléctrico e instrumentación
- Instalación (sin incluir anclajes)

ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA PREPARACION DE LAS FIGURAS 26 y 27

- Para la figura 26 se han procesado datos de 25 casos y las curvas tienen un coeficiente de correlación del 97%.
- Para la figura 27 se han procesado datos de 10 casos con equipos de fabricación de un solo país latinoamericano.
Las curvas se trazaron a partir de las de la figura 26 y el coeficiente de correlación es más reducido que en esta última.
- Los costos están dados en dólares de 1980, habiéndose ajustado los valores procesados a los de la curva de la figura 24.
- Las desviaciones para cada país se pueden deber a:
 - Fletes y seguros
 - Aranceles de importación
 - Impuestos
 - Transporte local
 - Leyes para promover el desarrollo industrial
 - Tipo de cambio de moneda
 - Características y controles del mercado de divisas
 - Variaciones de los índices de precios en el tiempo
- Las desviaciones con respecto a cada proyecto específico se pueden deber a:
 - Condiciones de acceso y fletes locales
 - Costos de instalación
- En los costos del equipamiento está implícita la selección del tipo óptimo de turbina para cada caso según el salto y la potencia.

FIGURA 26. COSTO POR KW INSTALADO DEL EQUIPO ELECTROMECANICO IMPORTADO

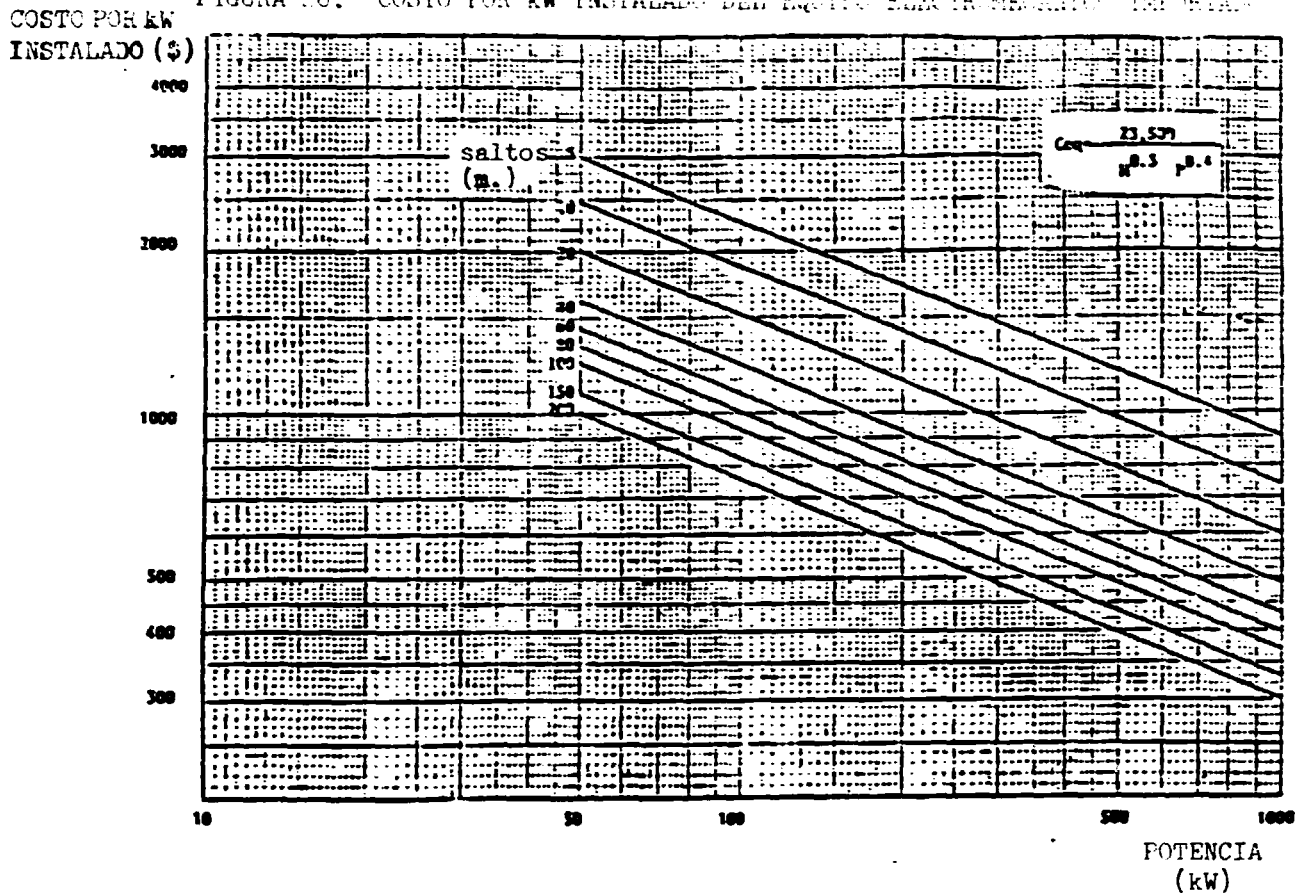
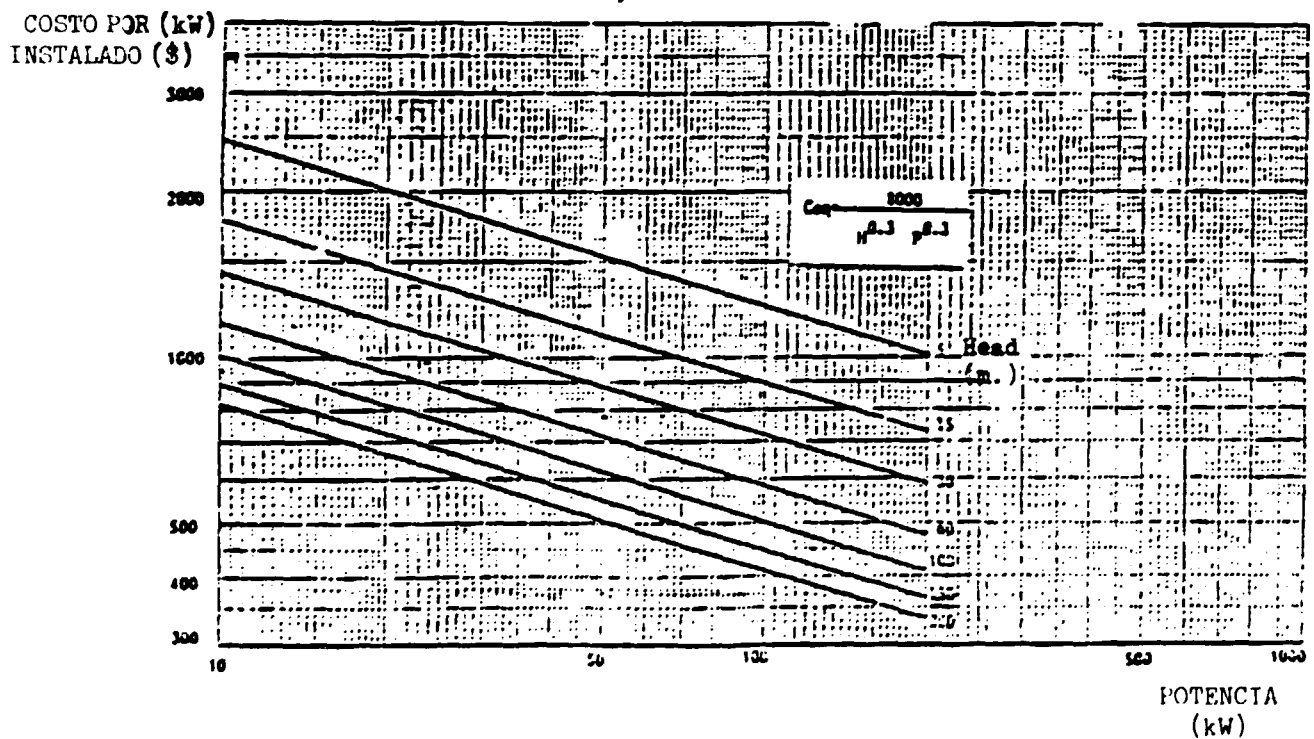


FIGURA 27. COSTO POR KW INSTALADO DEL EQUIPO ELECTROMECANICO FABRICADO EN EL PAIS CON TECNOLOGIA NACIONAL



De las figuras 26 y 27 se pueden extraer algunas conclusiones generales de orientación para la selección del equipo.

CONCLUSIONES DE LAS CURVAS DE COSTOS UNITARIOS DEL EQUIPO ELECTROMECHANICO

- Los costos unitarios del equipo electromecánico para MCH pueden variar entre 300 y 3000 dólares de los EE.UU. por kW instalado.
- Los costos unitarios aumentan rápidamente para las potencias menores.
- Los costos unitarios aumentan rápidamente para los saltos menores (en proporción de tres a uno para saltos de 5m y 200m, respectivamente).
- En general, los equipos de fabricación y tecnologías nacionales pueden costar la mitad de sus equivalentes importados.

d) Costos unitarios de las obras civiles

En la figura 28 se muestran indicadores de costos unitarios de las obras civiles relacionadas con una MCH. Como se verá más adelante, el diagrama tiene únicamente un valor de referencia.

ELEMENTOS CONSIDERADOS EN LAS OBRAS CIVILES

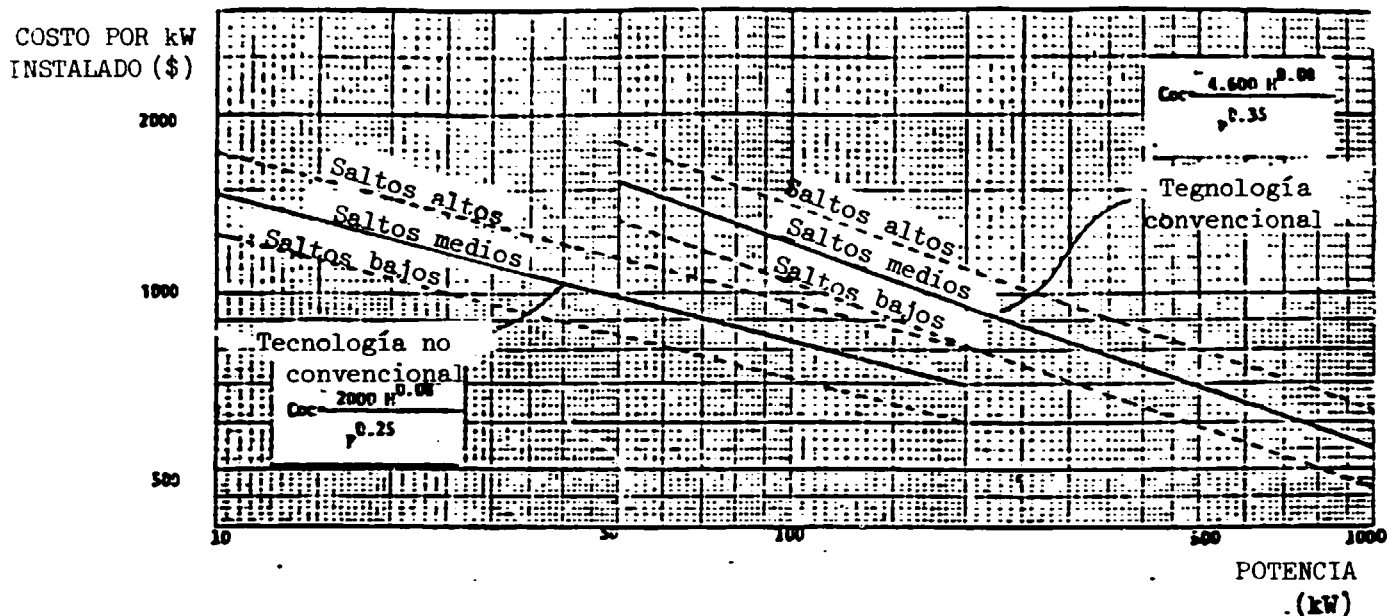
- Presas y toma
- Canal
- Cámara de carga
- Desarenador
- Tubería y anclajes
- Accesorios (compuertas, rejillas, etc.)
- Casa de máquinas y anclajes del equipo
- Canal de fuga

Cabe precisar que estos elementos de costo no incluyen los sistemas de transmisión y distribución eléctrica. En el cuadro siguiente se hacen algunos comentarios sobre la preparación de las curvas de costos de obras civiles.

ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA PREPARACION DE LA FIGURA 28

- Las curvas son una correlación aproximada de la diferencia entre los costos unitarios totales menos los costos de estudios y los de equipo y se basan en los datos relativos a 25 proyectos simulados que arrojaron correlaciones del orden del 60%.
- Las variaciones de un caso específico son muy amplias.
- Para las correlaciones con tecnologías convencionales se asumen las condiciones tecnológicas del proyecto señaladas en el capítulo dos (apartado e) página 9).
- Para las correlaciones con tecnologías no convencionales se asumen las condiciones tecnológicas del proyecto señaladas en el párrafo anterior.
- Los costos están dados en dólares de 1980.
- Las desviaciones con respecto a cada país se pueden deber a:
 - Costos y disponibilidad de materiales para la construcción;
 - Costos de mano de obra;
 - Condiciones geográficas y problemas de acceso.
- Las desviaciones con respecto a cada proyecto se pueden deber a:
 - Características físicas del proyecto (geología, geomorfología, hidrología, mecánica de suelos, longitudes de canal, topografía, agregados, etc.);
 - Métodos de construcción;
 - Profundidad de los estudios de ingeniería;
 - Experiencia de ingeniería de diseño.

FIGURA 28. COSTO POR kW INSTALADO DE LAS OBRAS CIVILES PARA MCH



De la figura 28 se pueden extraer algunas conclusiones generales que orientan sus límites de aplicación y las tendencias que revela.

CONCLUSIONES DE LAS CURVAS DE COSTOS UNITARIOS DE LAS OBRAS CIVILES

- Las curvas son válidas solamente para fines de estimación aproximada a nivel de planeamiento; los metrados físicos de las obras constituyen los elementos adecuados de aproximación a nivel de proyectos específicos.
- Los costos unitarios de las obras civiles pueden variar entre 450 y 1800 dólares de los EE.UU. por kW instalado.
- Los costos unitarios aumentan para las potencias menores, pero no tan rápidamente como para el equipo electromecánico.
- Los costos unitarios aumentan para los saltos más elevados, pero en forma más atenuada e inversa que para el caso del equipo.
- En igualdad de condiciones, el empleo de tecnologías no convencionales tiene un costo menor que el correspondiente al empleo de tecnologías convencionales, siendo más significativa la ventaja de las tecnologías no convencionales en las potencias menores.

8. COOPERACION INTERNACIONAL*

La cooperación internacional en el campo de las MCH puede desarrollarse principalmente en las esferas de la tecnología, la capacitación, los estudios y la construcción. Puede darse a nivel mundial, regional, subregional o simplemente bilateral.

La expresión "cooperación internacional" comprende todo tipo de relaciones internacionales cuya finalidad sea promover las ventajas mutuas de los participantes y que son objeto de acuerdos internacionales.

La cooperación internacional se fundamenta en los principios siguientes:

- Respeto de la soberanía de los copartícipes
- Igualdad de los derechos de todos los copartícipes
- Participación voluntaria de todos los copartícipes
- Ayuda mutua
- Beneficios recíprocos

8.1 ORGANIZACIONES INTERNACIONALES A NIVEL MUNDIAL

A continuación se hace referencia a algunas de las organizaciones que pueden prestar apoyo para la construcción y utilización de MCH.

* Se tiene la intención de actualizar y ampliar el presente capítulo del manual, siempre que se reúna una información más detallada sobre las organizaciones que en él se mencionan.

ORGANIZACION	CAMPO DE ACCION
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	Financiamiento de planes, programas y proyectos de desarrollo.
Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)	Cooperación en programas de desarrollo científico y educativo.
Organización Meteorológica Mundial (OMM)	Cooperación en programas de meteorología e hidrología para los proyectos de desarrollo.
Organización Internacional del Trabajo (OIT)	Cooperación en programas de formación de técnicos de nivel medio y de obreros especializados.
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI)	Cooperación en programas de desarrollo industrial. Actualmente promueve la construcción de M.C.H. y lleva a cabo varios proyectos en diversos países en desarrollo.
Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF); Banco Mundial	Financiamiento de proyectos de desarrollo. Concede a los gobiernos de los Estados Miembros, así como a instituciones públicas o privadas, préstamos con interés, a corto y mediano plazo, a condición de que estén respaldados por el gobierno del país correspondiente.
Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP); Fondo de la OPEP para el Desarrollo Internacional	Ayuda financiera para proyectos de desarrollo, especialmente en fuentes alternativas de energía y a los países más afectados por la estructura de precios del petróleo. Actualmente financia un programa de M.C.H.

Problemas que se presentan en las relaciones con los organismos internacionales y manera de superarlos.

PROBLEMAS	MANERA DE SUPERARLOS
Elección inadecuada de expertos	Solitud, por parte de las instituciones nacionales, de una lista más amplia de expertos; suministro de información adecuada y con suficiente detalle al organismo internacional.
No aprovechamiento de las calidades del experto	Establecimiento de un plan detallado de las actividades que quiere realizar la institución con suficiente anterioridad a la llegada del experto. Asignación de un personal de contraparte con la calificación adecuada para trabajar con el experto.

Para promover la construcción y utilización de MCH, los organismos internacionales deben prestar apoyo para el establecimiento de una infraestructura local en lo relacionado con el planeamiento, los estudios, los diseños, el funcionamiento y mantenimiento, la administración, el financiamiento y el desarrollo tecnológico.

Los contactos con estos organismos deben hacerse, en principio, a través de sus representantes residentes en cada país.

Entre las instituciones bancarias internacionales a nivel mundial pueden mencionarse además del BIRF, el Banco de Exportación e Importación (EXIMBANK) y la Corporación Financiera Internacional.

8.2 COOPERACION REGIONAL Y SUBREGIONAL

Esta modalidad de cooperación puede desarrollarse en los campos de los estudios y la construcción y puede darse entre más de tres países. El término "regional", en principio, se refiere a organismos de tipo continental o subcontinental, en tanto que el término "subregional" se refiere a conjuntos de países de una zona geográfica más restringida.

ORGANIZACION	CAMPO DE ACCION
Organización de los Estados Americanos (OEA)	Asesoría, consultoría y apoyo a proyectos de desarrollo económico.
Organización Común Africana y Mauriciana (OCAM)	
Organización Afroasiática para la Reconstrucción Rural	
Organización de Africa Oriental para Servicios Comunes	Comercio, finanzas y estudios de problemas sociales.
Organización de Estados Centroamericanos (ODECA)	Busca solución conjunta a sus problemas comunes y promueve su desarrollo económico, social y cultural, mediante la acción cooperativa y solidaria.
Organización de la Unidad Africana (OUA)	Tiene una Comisión de investigaciones científicas y técnicas.
Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)	Realiza un programa de M.C.H. a nivel regional.

Cabe destacar la labor de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), que coordina y promueve proyectos y actividades en el campo de las M.C.H., así como en otros campos energéticos, y asesora al respecto.

Es muy importante que todos los organismos de apoyo realicen sus labores dentro del esquema de coordinación, promoción y asesoría, con el fin de que fortalezcan las infraestructuras existentes de los países o contribuyan a su creación.

Entre los bancos regionales cabe destacar a los siguientes:

BANCO	OBJETIVO
Banco Africano de Desarrollo	Su propósito es contribuir al desarrollo económico y al progreso social de sus miembros. Creó un Fondo Africano de Desarrollo
Banco Asiático de Desarrollo (BAD)	A diferencia del Banco Africano de Desarrollo, además de suscriptores regionales los hay también extrarregionales. Suministra créditos para inversiones en infraestructura
Banco Centroamericano de Integración Económica	Principal instrumento financiero del Programa para la Integración Centroamericana y principal institución crediticia del desarrollo económico regional
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Tiene como objetivo estimular individual y colectivamente el desarrollo de los países miembros, a través de la financiación de proyectos de desarrollo y asistencia técnica. Actualmente estudia el financiamiento de proyectos de M.C.H. en varios países.

8.3 COOPERACION BILATERAL

En la cooperación técnica bilateral debe prestarse particular atención y cuidado a la definición de los objetivos y el alcance de un programa, a fin de evitar formas encubiertas de venta de tecnología condicionada a objetivos comerciales, lo cual, de ser necesario, debe corresponder a acciones explícitas de negociación de compra de tecnología, en condiciones favorables y no con otorgamiento de exclusividad, encubierto en un programa de asistencia. Igualmente, en todos los casos de asistencia técnica internacional deben establecerse claramente los mecanismos de asimilación efectiva del conocimiento por el país receptor. Es de capital importancia que la contraparte que recibe la asistencia tenga muy claros los objetivos y haya definido previamente un programa de trabajo. Su calificación debe permitir la asimilación efectiva del conocimiento.

Los países en desarrollo pueden solicitar la asistencia bilateral a través de las representaciones diplomáticas o de sus agregados comerciales.

En general se recomienda que los países, tanto para el caso de las M.C.H. como para otros asuntos de tecnología y otros campos de la cooperación, cuenten

con una oficina estatal de asistencia técnica extranjera que coordine la cooperación internacional en el país y asesore a las instituciones para que aprovechen mejor la asistencia.

8.4 ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES

Según la definición de las Naciones Unidas son los organismos internacionales no creados por un acuerdo entre gobiernos.

El Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas elaboró procedimientos de cooperación de carácter consultivo para varias organizaciones no gubernamentales de interés para el mismo.

En 1975 existían 2.500 organizaciones no gubernamentales, varias de ellas dedicadas a asuntos científicos y tecnológicos. La sección de Organizaciones no gubernamentales del Departamento de Información Pública de la Secretaría de las Naciones Unidas está encargada de colaborar con esas organizaciones. También convoca la Conferencia de Organizaciones no Gubernamentales, la cual tiene su sede en Ginebra y actúa como órgano permanente de las organizaciones consultivas no gubernamentales.

Es posible también tomar contacto con estas organizaciones a través de servicios de información de los países en las representaciones diplomáticas o consulares respectivas, así como en los centros de información de los Estados en el extranjero, con el fin de conocer cuáles de ellas promueven programas en el campo de las M.C.H.

Las limitaciones de estas organizaciones pueden residir en los siguientes aspectos: financieros, delimitación de actuación por su constitución o por políticas de funcionamiento, falta de aceptación por parte de algunos gobiernos, etc.

ANEXO A

I. REFERENCIAS UTILIZADAS EN EL MANUAL

1. "El Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica". OLADE, Quito, agosto de 1979.
2. "Situación y Perspectivas de la Tecnología y Equipamiento para P.C.H. en Latinoamérica". (E. Indacochea, R. Trejos, F. Cuenca y C. Hernández). OLADE, Quito, abril de 1980.
3. "Requerimientos y metodología para la implementación masiva de P.C.H. en Latinoamérica". (E. Indacochea, O. Chaquea, L. Machado, R. Vargas, M. Fleites, E. Enríquez, F. Ferrán, L. Haro, S. Mancilla). OLADE, Quito, junio de 1980.
4. "Metodología sintética para el cálculo y especificación preliminar de microcentrales hidroeléctricas". (Enrique Indacochea). OLADE, Quito, julio de 1980.
5. "Manual de microgeneración hidráulica". (Sergio Valverde y A. M. Martínez). Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), México, 1978.
6. "Viabilidad de las Microcentrales Hidroeléctricas en Colombia". (O. Chaquea, J. Lobo Guerrero, J. D. Burton y C. Casasbuenas). Fundación Mariano Ospina Pérez, Colombia, 1979.
7. "Problemática del Desarrollo de la Tecnología de Microcentrales Hidroeléctricas y su contribución a la Electrificación Rural". (E. Indacochea). Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Perú, junio de 1979.
8. "Desarrollo Tecnológico para el Equipamiento de P.C.H.". Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Perú, abril de 1980.
9. "Estudio del caso de la Microcentral Hidroeléctrica Piloto de Obrajillo". (Enrique Indacochea). Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Perú, septiembre 1979.
10. "Seminar-Workshop on the Exchange of Experiences and Technology Transfer on Mini Hydro Electric Generation Units"; draft Report UNIDO, Nepal, septiembre 1979.
11. "Seminar-Workshop on Mini Hydroelectric Power Generation at Kathmandu, Nepal". Norwegian Water Resources and Electricity Board (NVE), Oslo, agosto 1979.
12. "Swedish Development of Mini Hydro Electric Generation Units". Englesson Swedish Capabilities for Assistance 1979.

13. "Guía para la elaboración de proyectos de P.C.H. destinada a la electrificación Rural del Perú" (Nozaki). Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Perú, julio de 1968.
14. "La Electrificación en Colombia". Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL). 1977-1978.
15. "Plan Nacional de Electrificación con Pequeñas Hidroeléctricas". Consorcio Hidroeléctrico S.A. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Ministerio de Energía y Minas. Perú 1979.
16. "Programa de Desarrollo de P.C.H. en Panamá". Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación en Panamá. Noviembre 1979.
17. "Reconocimiento de Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos en la región este de la República Dominicana". Corporación de Presas del Este (CPE). República Dominicana. Febrero 1977.
18. "Development of equipment for harnessing Hydropower on a Small Scale". (V.Meier). Balaju Yantra Shala Put Ltd. and Swiss Association for Technical Assistance. Nepal, septiembre 1979.

I. OTRAS REFERENCIAS

1. "Metodología de Cálculo del valor económico de una planta Hidroeléctrica". Comisión Federal de Electricidad. México, 1975.
2. "Plan de Microcentrales. Reconocimiento Preliminar. Resumen de costos y características de los Desarrollos", por Tecno-Consulta Ltda. Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL). Colombia, 1979.
3. "Plan de microcentrales en Colombia" por Mercy Blanco de Monton. Grupo de Trabajo para el Programa Perspectivas del Desarrollo de P.C.H. en América Latina 1979.
4. "Fuentes de Energía no Convencionales". Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Costa Rica 1979.
5. "Una experiencia en Programación de Electrificación Rural" por el Comité Técnico de Electrificación Rural. Ministerio de Industria y Energía. España 1979.
6. "Microcentrales Hidroeléctricas Autónomas" por Dr. Roger J. L. Soulier. BRIAU S.A., Francia 1979.
7. "Metodología para el Desarrollo de Minicentrales Hidroeléctricas" por Grupo de Trabajo para definir el Programa Regional de P.C.H. de OLADE. Ecuador 1979.
8. "Plan Nacional de Electrificación Rural 1979-1982" por Comisión Federal de Electricidad, México 1979.

9. "El Desarrollo de P.C.H. en Latinoamérica y El Caribe", IX Junta de Expertos, OLADE. Panamá. Noviembre 1979.
10. "La energía y sus perspectivas" por Ing. Hernán Bustamante. Ministerio de Energía y Minas. Perú, 1979.
11. "Fuentes de Energía para la Electrificación Rural en el Perú". ELECTROPERU. Sector Energía y Minas. Perú 1979.
12. "El Programa de Pequeñas y Medias Centrales Hidroeléctricas en el Perú". ELECTROPERU. Hidrandina, Perú 1979.
13. "Material sobre algunas de las investigaciones y Desarrollo Experimentales en Micro centrales Hidroeléctricas de 5 a 100 kw" por Ings. R. Trejos, Glen Dewey y E. Doryan. Universidad de Costa Rica. Costa Rica, 1980.
14. "Plan de Implementación de Microcentrales Hidroeléctricas" por Ing. L. Galarza. Instituto Ecuatoriano de Electricidad. INECEL. Ecuador 1980.
15. "Feasibility Studies for Small Hydropower additions. A Guide Manual". The Hydrologic Engineering Center and Institute for Water Resources, US. Army Corps of Engineers. EE.UU. Julio 1979.
16. "Seminar-Workshop on the Exchange of Experiences and Technology Transfer on Mini Hydro Electric Generation Units. Prospect of Mini Hydro Power Development in Bangladesh" by W. Choudhuri. Power Development Board, Nepal, septiembre 1979.
17. "Seminar-Workshop on the Exchange of Experiences and Technology Transfer on Mini Hydro Electric Generation Units. Mini Hydro Power Development Program in Burma". Nepal, septiembre 1979.
18. "Seminar-Workshop on Mini Hydroelectric Power Generation in Kathmandu, Nepal 1979. A typical example of the development and construction of a modern mini hydro power plant in Norway". Norconsult as. Oslo, julio 1979.
19. "Estado Atual de desenvolvimiento de tecnología sobre aproveitamentos como a utilizacao de máquinas túbulares no Brasil. ELETROBRAS. Brasil, 1979.
20. "Mini power stations - Small Hydro Power 100-150 kW" by VAST, Estocolmo, diciembre 1980.

ANEXO B

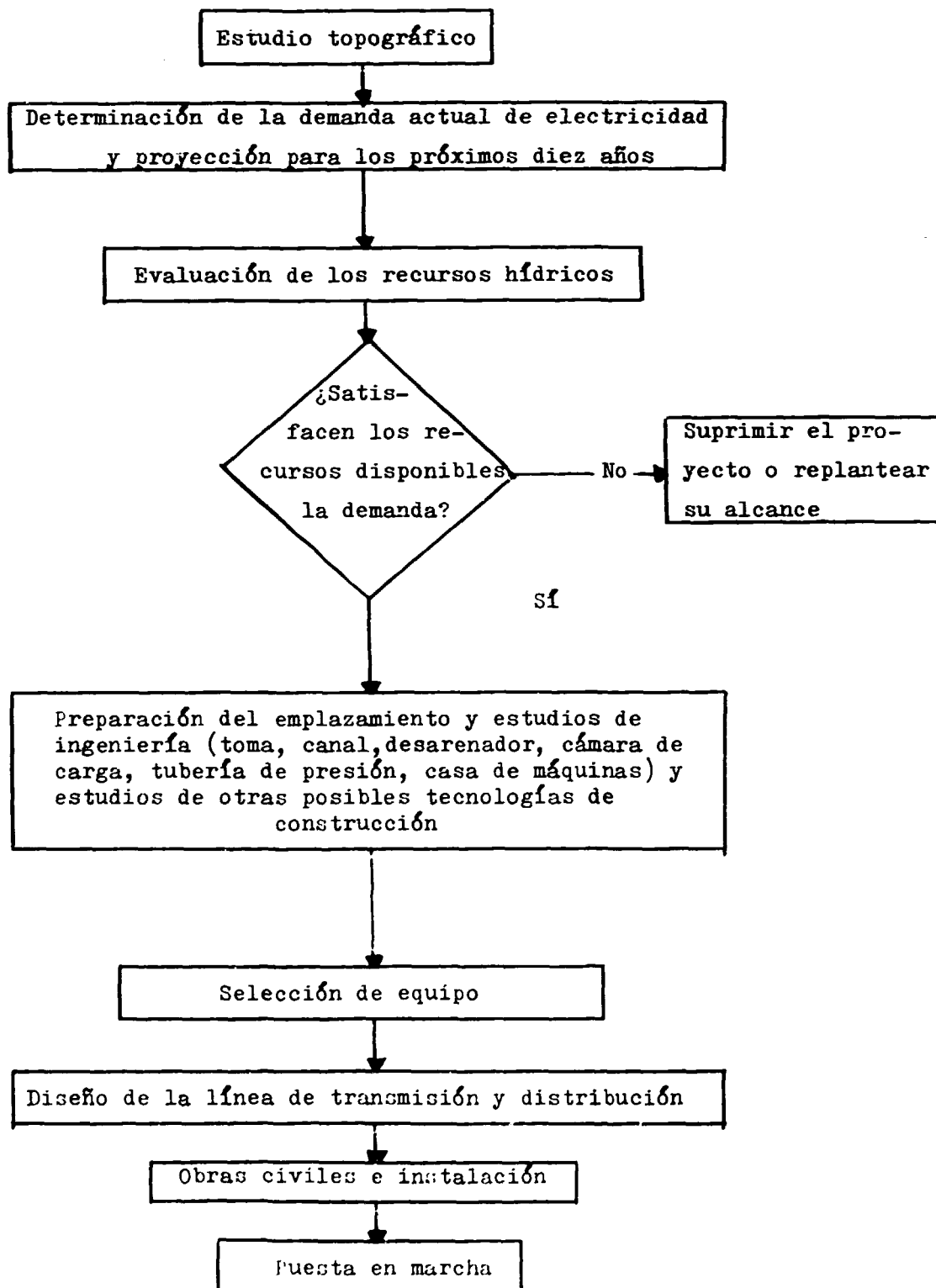
CALCULOS BASICOS

El presente anexo ilustra las fases que entraña la preparación de un proyecto de minicentral hidroeléctrica, a partir del ejemplo de la planta piloto de 16 kW de potencia de Obrajillo, Perú.

Conviene señalar que este proyecto se realizó con fines de investigación y que en el diseño de la planta se utilizó el canal de riego existente.

En la página siguiente figura un diagrama que indica las fases más o menos típicas por las que cabe esperar pase un proyecto.

DIAGRAMA DE SECUENCIA DE UN PROYECTO ESPECIFICO



En el diseño del proyecto se siguió el procedimiento que se indica a continuación.

Estudio de la demanda

La comunidad a la que se había de suministrar electricidad tenía una población de 595 habitantes y una tasa de crecimiento considerada cero, puesto que, según las estadísticas, no había habido aumento de población en los últimos años debido a la migración a la ciudad.

El pueblo contaba con una panadería que obtenía la electricidad que necesitaba de un generador accionado por un motor de salto de agua. También tenía una pequeña fábrica de productos lácteos que se autoabastecía en energía por el mismo procedimiento. Conviene señalar que el pueblo no disponía de iluminación ni en las calles ni en las casas.

Para determinar la potencia que se requería de la futura central hidroeléctrica, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- La panadería consumía la energía que necesitaba de las 3 a las 7 de la mañana;
- La fábrica de productos lácteos consumía energía únicamente de las 8 de la mañana a las 6 de la tarde;
- Había que suministrar iluminación a las casas solamente de 6 a 10 de la tarde;
- La iluminación de las calles se suministraría igualmente de 6 a 10 de la tarde.

A partir de estos factores se determinó que la carga máxima de la central dependería de la iluminación de las calles y las casas. Sobre la base de un consumo supuesto de 25 vatios por habitante, la energía total aproximada requerida sería de 16 kW (se previó la posibilidad de una expansión futura para permitir una capacidad instalada superior por habitante).

Estudio de los recursos

Para este proyecto ya se disponía de un canal, que seguía el curso de un río cercano al pueblo y se utilizaba para el riego. Este canal recibía sus aguas del río Chillón, cuya descarga mínima anual es de $1,2 \text{ m}^3/\text{seg}$.

El agua del canal se obtenía por una toma cuya limpieza y mantenimiento efectúan todos los años, después de la crecida, los residentes del pueblo como una actividad comunal.

El primer paso consistió en hallar una caída que posteriormente se aplanó mediante técnicas topográficas. Previa determinación del salto (56,6 m) y de la potencia del generador requerida (16 kW), se estableció el caudal y simultáneamente se seleccionó el diámetro óptimo de la tubería de presión. Con la tubería FVC de 8 pulgadas elegida, el resultado fue un salto neto de 55,3 m y una descarga máxima de 0,048 m³/seg., derivado de la fórmula siguiente:

$$= \frac{P}{9,807 \eta H_n}$$

en la que

P es la potencia instalada (16 kW);

H_n es el salto neto (55,3 m);

η es la eficiencia total de la planta (62 por ciento), calculada a partir del cuadro que figura a continuación.

Una vez determinada la descarga, se efectuó un análisis hidráulico para averiguar si la capacidad del canal bastaría para alimentar a la planta y suministrar al mismo tiempo agua de riego. Ese estudio hizo posible identificar ciertas zonas críticas donde era necesario ensanchar el canal.

EFICIENCIA TOTAL DE LAS MINICENTRALES (EN %)

Potencia (kW)	Tipo de turbina			
	Pelton	Michell-Banki	Francis	Axial
Hasta 50	58-65	54-62	59-65	58-66
50-500	65-69	62-65	66-70	66-70
500-5000	69-73	65*	70-74	70-74

* La turbina Michell-Banki funciona con una potencia máxima de 1.000 kW.

En las cifras anteriores se ha tenido en cuenta la eficiencia del generador, que es baja para los de menor potencia.

Selección del emplazamiento y diseño de las estructuras civiles

Hubo que mejorar la toma existente para poder regular la admisión de agua en el canal de riego.

Las zonas críticas del canal se reforzaron y ensacharon con el fin de proporcionar la capacidad requerida.

Se construyó una cámara de carga, que funcionó simultáneamente como desarenador y facilitó una salida para devolver el caudal excesivo al canal de riego.

Se diseñó una tubería de presión PVC con los soportes adecuados. Aunque se recomienda que una línea de este tipo debe ir enterrada, la tubería se instaló al abierto para poder probar su rendimiento y su resistencia a las condiciones climáticas, así como varios materiales de revestimiento.

Selección del equipo

a) Selección del generador

La hipótesis de partida era que haría falta engendrar 16 kW de potencia. Sobre esta base, en las especificaciones se exigía un alternador de 20 kVA con un factor de potencia de 0,8, un voltaje de 220 y una frecuencia de generación de 60 Hz. Este generador satisfacía las necesidades máximas de potencia. La velocidad de rotación del alternador era de 1.800 rpm. Con el fin de estudiar otra posibilidad, se instaló un generador asincrónico, con un banco de condensadores para que se pudiera utilizar independientemente.

b) Selección de turbinas

Como estaba concebida para funcionar como una planta piloto, uno de los objetivos del proyecto Obrajillo era estudiar y experimentar una tecnología para turbinas de baja velocidad. En el cuadro siguiente se indican las velocidades específicas de diversos tipos de turbinas.

SELECCION DE TURBINAS SEGUN SUS VELOCIDADES ESPECIFICAS

Tipo de turbina	N_s	N_q	$H_{\text{max. admisible}}$
Pelton de una sola tobera	10 a 29	3 a 9	1.800 a 400
Pelton de dos o más toberas	29 a 59	9 a 18	400 a 350
Michell-Banki	29 a 220	9 a 68	200 a 80
Francis lenta	59 a 124	18 a 38	350 a 150
Francis normal	124 a 220	38 a 68	150 a 80
Francis rápida	220 a 440	68 a 135	80 a 20
Hélice y Kaplan	342 a 980	105 a 300	35 a 5

Hay dos fórmulas para el cálculo de la velocidad específica. La primera, que depende de la eficiencia de la turbina, es la siguiente:

$$N_s = N \frac{P^{1/2}}{H_n^{5/4}}$$

donde

P es la potencia neta en hp;

H_n es el salto neto en metros; y

N es la velocidad en rpm.

La segunda fórmula para calcular la velocidad específica que permite llegar a unos criterios de similitud-eficiencia-independencia, es la siguiente:

$$N_q = N \frac{Q^{1/2}}{H_n^{3/4}}$$

donde

Q es el caudal, en m^3/seg .

Con el afán de reducir la velocidad específica, se decidió utilizar en este proyecto turbinas Pelton y Michell-Banki, que funcionan en las mismas condiciones de salto y caudal.

Para lograr que, en esas condiciones, las turbinas funcionaran dentro del rango de sus rpm específicas habituales, era necesario determinar los diámetros adecuados del rodete para lograr la velocidad óptima de rotación de la turbina.

En el caso de la turbina Michell-Banki:

$$N = \frac{39,85 \sqrt{H_n}}{D_{ext}}$$

donde

N es la velocidad de giro de la turbina;

H_n es el salto neto efectivo, en metros, y

D_{ext} es el diámetro exterior del rodete, en metros.

Para la turbina Pelton:

$$N = \frac{41,46 \sqrt{H_n}}{D_p}$$

donde

D_p es el diámetro del rodete Pelton, en metros.

Se adoptaron los diámetros de rodete de 200 mm para la Michell-Banki y de 600 mm para la turbina Pelton, lo que obligó a utilizar un sistema de transmisión de correa mecánica entre la turbina y el alternador.

Diseño de la casa de máquinas

Para este proyecto se utilizó un molino existente como casa de máquinas para alojar al equipo y efectuar los estudios.

ANEXO C

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

W	vatio
kW	kilovatio
MW	megavatio
kWh	kilovatio por hora
kWh/gal	kilovatio hora por galón
$m^3/s/km^2$	metro cúbico por segundo por kilómetro cuadrado
m^3/seg	metro cúbico por segundo
m/a	meses por año
hab/km ²	habitantes por kilómetro cuadrado
gal	galón
h	hora
m	metro
km	kilómetro
MCH	minicentral eléctrica
ESE	extensión sistema eléctrico
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía