

(E/CEPAL/Conf. 73/S/S No. 22)

VERSION SEPTIEMBRE 1980

PROGRAMA REGIONAL DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS DE OLADE

**BIBLIOTECA NACIONES UNIDAS MEXICO**

REQUERIMIENTOS Y METODOLOGIAS PARA LA IMPLEMENTACION MASIVA DE PE-  
QUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EN  
LATINOAMERICA

Este documento se preparó en el marco de las actividades del III GRUPO DE TRABAJO SOBRE PCH (Desarrollo de P.C.H.), organizado por OLADE, en cuya elaboración participaron:

- ING. ENRIQUE INDACOCHEA R. DE S. - Coordinador de Transferencia de Tecnología y Jefe del Programa Regional de P.C.H.- Organización Latinoamericana de Energía- OLADE  
(Coordinador del Grupo)
- ING. OSCAR CHAQUEA B. Asesor de la Fundación Mariano Ospina Pérez y Proyectista de PCH- Bogotá COLOMBIA
- ING. LUIS EDUARDO MACHADO H. Profesor de la Universidad Nacional en Recursos Hidráulicos, Consultor y Proyectista de PCH- Bogotá-COLOMBIA
- ING. ROBERTO ENRIQUE VARGAS D.- Encargado del Sector Energía Departamento de Infraestructura Oficina de Planificación Nacional y Política Económica- OFIPLAN- San José- COSTA RICA
- ING. MARIO FLEITES D. - Secretario del Grupo Técnico Asesor en Energía -Comité Ejecutivo.- La Habana- CUBA
- ING. EFRAIN ENRIQUEZ CH.- Funcionario del Departamento de Sistemas Menores Unidad Ejecutora del Plan Nacional de Electrificación Rural- Instituto Ecuatoriano de Electrificación -INECEL, QUITO-ECUADOR

- ING. FLAVIO FERRAN R. - Investigador de la División de Estudios de Ingeniería - Instituto de Investigaciones Eléctricas- Cuernavaca-Morelos, MEXICO
- ING. LUIS A HARO Z. - Miembro de la Comisión del Programa de P.C.H., Oficina Sectorial de Planificación - Ministerio de Energía y Minas- MEM-Lima PERU
- ING. SERGIO MANCILLA A. - Especialista en Energía- Representación en Bogotá- Banco Interamericano de Desarrollo - BID.

REQUERIMIENTOS Y METODOLOGIAS PARA LA IMPLEMENTACION MASIVA DE  
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EN LATINOAMERICA.

1. INTRODUCCION
2. RESUMEN
3. PANORAMA REGIONAL
  - 3.1. SITUACION ACTUAL
  - 3.2. PERSPECTIVAS Y PROBLEMAS
4. PLANEAMIENTO
  - 4.1. POLITICAS DE DESARROLLO
  - 4.2. EVALUACION DE RECURSOS Y DEMANDA; ALCANCES Y METODOLOGIA
  - 4.3. PLANES Y PROGRAMAS; ENFOQUES Y METODOLOGIA
  - 4.4. ASPECTOS INSTITUCIONALES.
5. ESTUDIOS Y FINANCIAMIENTO
  - 5.1. REQUERIMIENTOS Y ALCANCES DE LOS ESTUDIOS PARA PROYECTOS ES  
PECIFICOS.
  - 5.2. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y TECNICOS PARA LA ELABORACION DE  
PROYECTOS
  - 5.3. REQUERIMIENTOS DE INVERSION Y SU FINANCIAMIENTO
  - 5.4. CONSIDERACIONES TECNOLOGICAS
6. CONSTRUCCION
  - 6.1. METODOS, EQUIPOS E INSTALACION
  - 6.2. CAPACIDAD DE EJECUCION Y PARTICIPACION COMUNAL
  - 6.3. COSTOS
  - 6.4. PUESTA EN MARCHA
7. OPERACION Y MANTENIMIENTO
  - 7.1. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y TARIFAS
  - 7.2. METODOS DE OPERACION Y OPERADORES
  - 7.3. UTILIZACION DE LA ENERGIA GENERADA
  - 7.4. MANTENIMIENTO Y REPARACION
  - 7.5. USO DEL AGUA
  - 7.6. COSTOS DE OPERACION

## E R R A T A

Pág. 4

### 5. ESTUDIOS Y FINANCIAMIENTO

- 5.1. REQUERIMIENTOS Y ALACANCES DE LOS ESTUDIOS PARA PROYECTOS  
ESPECIFICOS
- 5.2. REQUERIMIENTOS DE INVERSION Y SU FINANCIAMIENTO
- 5.3. CONSIDERACIONES TECNOLOGICAS



### 3. CAPACITACION

3.1. INGENIEROS Y TECNICOS

3.2. PERSONAL PARA LA CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO

#### ANEXOS:

- I Formato de Hoja de Datos de P.C.H. (consolidado de cada País)
- II Formato de hoja de resumen para los inventarios nacionales de P.C.H.
- III Formato de datos para la identificación de Centros Aislados y Microregiones.
- IV Requisitos para un formulario de inventario de capacidades de ingeniería y ejecución de proyectos.
- V Términos de referencia para una guía de orientación para la elaboración y evaluación de proyectos de P.C.H.
- VI Términos de referencia para un manual de la elaboración de proyectos de ingeniería en Latinoamérica.
- VII Términos de referencia para un Manual de Evaluación de Recursos Hidroenergéticos en Pequeña Escala y Demanda Energética Rural en Latinoamérica.
- VIII Identificación de actividades productivas en el medio rural que puedan aprovechar energía generada por P.C.H.
- IX Cursos regionales de especialización en P.C.H.
- X Lineamientos para cursos de capacitación de operadores.

## 1. INTRODUCCION

Las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) son una de las principales alternativas para el desarrollo energético del medio rural latinoamericano, dada la abundancia de recursos hídricos en pequeña escala de que dispone la región.

Si bien hay una experiencia acumulada en Latinoamérica que data de las últimas décadas del siglo XIX, el desarrollo de P.C.H. se ha caracterizado por acciones esporádicas y poco sistemáticas. Hace algunos años sufrió un proceso regresivo en favor de las opciones de interconexión así como de generación por medio de grupos eléctricos térmicos, alternativas que ahora comienzan a encontrar nuevos límites de aplicación; en el primer caso en cuanto a los elevados costos de líneas de transmisión y de subestaciones para zonas aisladas y en el segundo en cuanto a los costos de combustibles, mantenimiento y dificultades logísticas que cuestionan seriamente las perspectivas de instalación de grupos eléctricos en muchas poblaciones aisladas.

El desarrollo de las PCH., tendrá un impacto significativo en la medida en que se promueva con criterios de implementación masiva que permitan cada vez mayores economías de escala y justifiquen un conjunto de acciones diversas para atacar el problema simultáneamente en sus varios frentes relacionados con el planeamiento, evaluación de recursos y demanda, elaboración financiación y ejecución de proyectos específicos, uso del agua, operación y mantenimiento de PCH y sus aspectos institucionales conexos, así como cuestiones de desarrollo y transferencia de tecnología e igualmente de fabricación y suministro de equipamiento y materiales.

En Agosto de 1979 OLADE organizó la I Reunión de Grupo de Trabajo sobre PCH, la cual preparó un documento que posteriormente se denominó "El Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica"; en este se propusieron los lineamientos de una estrategia regional de desarrollo, se definieron acciones para el programa regional

de PCH y se adoptó un sistema de clasificación, que también se emplea en el presente documento, consistente en denominar como "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" al conjunto de centrales con potencias instaladas hasta del orden de 5000 kW y como subdivisiones se denominaron "Microcentrales Hidroeléctricas" a aquellas inferiores a 50kW. ; "Minicentrales Hidroeléctricas" a las comprendidas entre 50kW . y 500kW y finalmente se adoptó el nombre genérico de "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" también como denominación particular del conjunto comprendido entre 500 kW. y 5000 kW .

En el mismo documento se agruparon las acciones por realizarse en dos áreas principales, la primera denominada "Tecnología y Equipamiento" y la segunda "Desarrollo de PCH."

En el mes de Abril de 1980, se reunió el II Grupo de Trabajo sobre PCH, el cual preparó el documento "Situación y perspectivas de la Tecnología y Equipamiento para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica", en el que se analizan y recomiendan acciones orientadas a promover el desarrollo tecnológico, la transferencia de tecnología y la producción de equipamiento y materiales para PCH en la región.

El presente documento pretende establecer algunos lineamientos relativos al desarrollo de PCH en cuanto a proyectos de inversión, en lo referente al planeamiento, evaluación de recursos y demanda, estudios y financiamiento, aplicación de tecnologías no convencionales, construcción, operación, mantenimiento y capacitación.

En cada uno de los capítulos se intenta definir lineamientos de metodologías y acciones concretas que pudieran adoptar los países de la región para promover el desarrollo de PCH. Si bien existen muchos elementos comunes a los países de la región, también existen diferencias muy marcadas en cuanto a estructura económica, grado de desarrollo económico-social, disponibilidad de recursos hidroenergéticos y necesidades de energía en el medio rural, perspectivas de desarrollo

de fuentes energéticas alternativas, disponibilidad y capacidad potencial de suministro de equipos y materiales, así como políticas de desarrollo y grados de avance y prioridad, asignados al desarrollo de PCH en el contexto de los planes nacionales.

A pesar de las diferencias señaladas en el párrafo anterior se presentan recomendaciones de carácter general que requieren una adaptación particular a las condiciones de cada país.

Por otra parte, en cada capítulo se identifican y proponen acciones regionales que pudiera desarrollar la Organización Latinoamericana de Energía OLADE y que serían de utilidad para el conjunto de los países de la región; muchas de estas acciones requerirán trabajos más amplios, dado que este documento pretende definir solamente los alcances y términos de referencia para su elaboración.

Si bien el desarrollo de PCH, en cada país debe tener un carácter progresivo, que comprenda acciones de alcance modesto en las etapas iniciales, su proyección futura debe tener un carácter tendiente a la Implementación Masiva si se pretende que las PCH se constituyan en una de las principales respuestas a las necesidades de desarrollo en el medio rural.

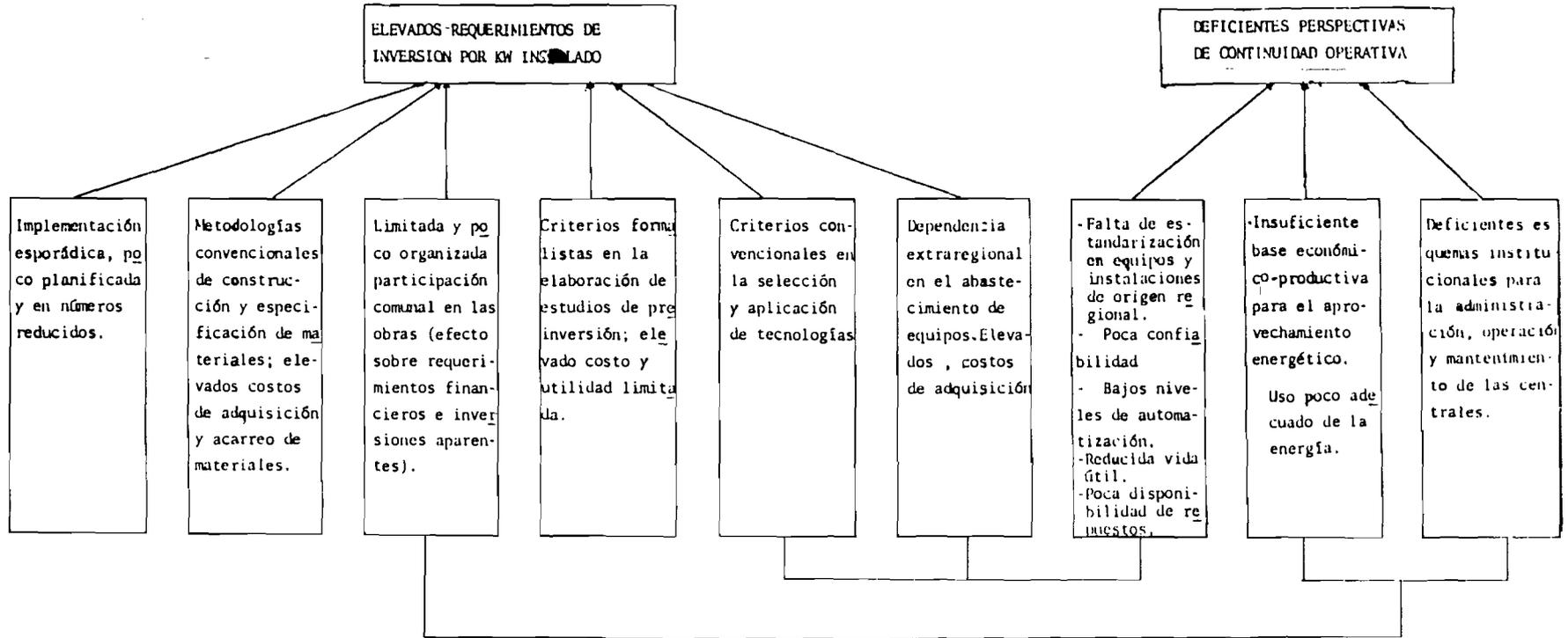
Sin embargo, para proponer un desarrollo intensivo de las PCH, es preciso superar los dos principales obstáculos que se presentan por causa de sus elevados requerimientos de inversión unitarios y por algunas experiencias negativas en la continuidad operativa de pequeños sistemas energéticos aislados, derivados de problemas de mantenimiento. En la figura No. 1 se presenta un diagrama de bloques donde se ilustra la situación antes descrita, sus principales causas y una síntesis de las soluciones que pueden adoptarse, las cuales en sus aspectos de tecnología y equipamiento han sido analizadas en el documento "Situación

/...

y Perspectivas de la Tecnología y Equipamiento para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica", preparado por el II Grupo de Trabajo sobre PCH, y en el presente documento en lo que respecta a su implementación, principalmente con referencia al planeamiento, elaboración de proyectos, aplicación de tecnologías no convencionales y sobre todo cuestiones institucionales y organizativas que permitan aplicar esquemas que aseguren la continuidad operativa de las plantas.

PROBLEMAS

CAUSAS



SOLUCIONES

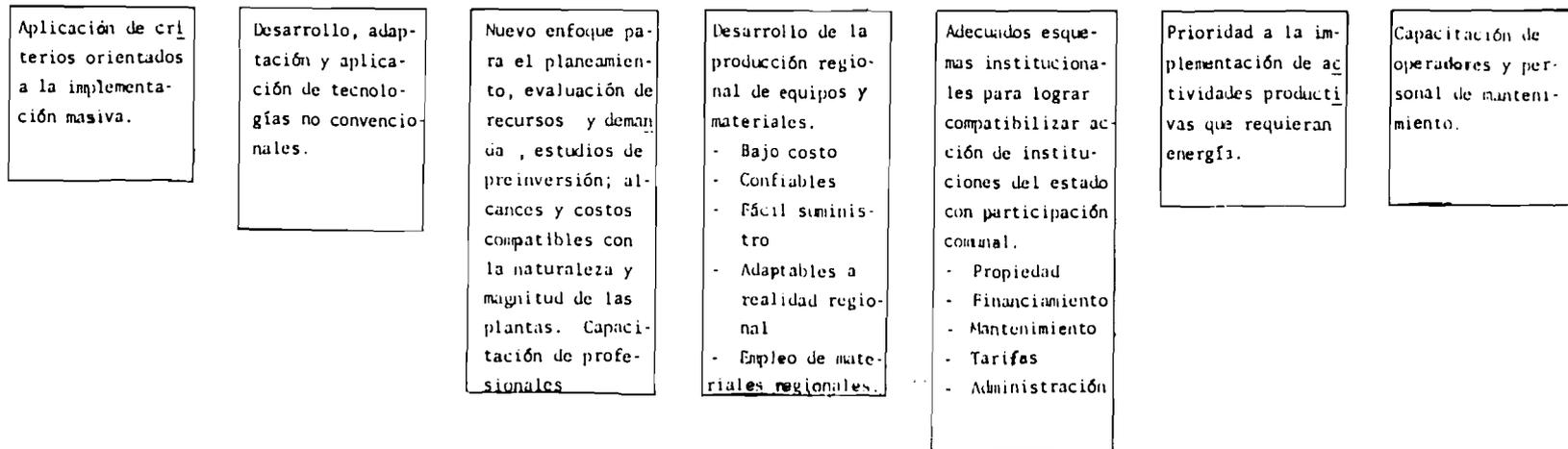


FIG. No. 34: Problemas y soluciones para el desarrollo de M.C.H.

## 2. RESUMEN

El panorama regional respecto al Desarrollo de las P.C.H. muestra que pese a que los países de la región cuentan con abundantes recursos hidroenergéticos y a que el desarrollo de este tipo de centrales presenta numerosas ventajas como una de las soluciones a los problemas socio-económicos de las comunidades rurales, se ha detectado la existencia de sólo tres países latinoamericanos que han planificado la instalación masiva de P.C.H. Así mismo las numerosas centrales comprendidas dentro del rango de clasificación de las P.C.H., instaladas en los países de la región, en la mayoría de los casos han sido construídas sin participación comunal, con tecnologías convencionales y equipamiento proveído por países extra-regionales.

Esto indica la carencia de políticas y la necesidad de una organización institucional que promueva el desarrollo de las P.C.H. en forma planificada y coherente y que esté de acuerdo con la realidad de los recursos económicos y técnicos disponibles. En este sentido se plantea una estrategia de desarrollo masivo de P.C.H. que comprende la ejecución de actividades tendientes a eliminar las limitaciones existentes y la ejecución de los programas de construcción de P.C.H. en la región, incorporando gradualmente los resultados que se obtenga sin comprometer el cumplimiento de las metas finales.

La ejecución de un cronograma de desarrollo masivo de P.C.H. en la región debe considerar el desarrollo de actividades de investigación tecnológica y la incorporación de la mano de obra local aprovechando al máximo los materiales de la región. Con ello se conseguirá reducir la dependencia tecnológica y los costos de instalación, conjuntamente con una mayor capacitación profesional.

Considerando lo expuesto, se plantean las siguientes políticas de desarrollo masivo de PCH: Política institucional de desarrollo energético rural, de construcción, de financiamiento, tecnológica, de equipos y materiales, de capacitación y tarifaria.

Así mismo es necesario el conocimiento de los recursos hídricos disponibles, para lo cual se propone un esquema de evaluación de recursos y demanda que consiste en identificar las P.C.H. existentes y en proyecto, evaluar los recursos por cuencas y hoyas hidrográficas, identificar preliminarmente centros aislados y microregiones, establecer prioridades de una forma preliminar para las localidades aisladas y microregiones susceptibles de ser electrificadas con P.C.H., verificar la base para el establecimiento preliminar de prioridades y reajustar este con base en la información anterior.

Se considera conveniente que los países cuenten con una entidad gubernamental dedicada exclusivamente a promover y coordinar el desarrollo e implementación de P.C.H. y que disponga de personal calificado con conocimiento claro de la concepción original del proyecto. Entre las labores de esta entidad estarían la de recopilar la mayor cantidad de información, desarrollar tecnología, planificar y construir P.C.H., coordinar la acción comunal, capacitar personal, organizar la operación y mantenimiento de P.C.H., gestionar distintas formas de financiamiento, negociar la adquisición de equipos y tecnologías disponibles de la región, gestionar cooperación y asistencia técnica y finalmente darle continuidad a la construcción de centrales, a la capacitación y la motivación de las comunidades.

Cuando se formulen los planes y programas de desarrollo e instalación de las P.C.H. y capacitación, se deben tener en cuenta los recursos financieros y técnicos disponibles, así como los resultados de los diferentes programas por desarrollarse. Así mismo se deberán definir las necesidades de equipos, mano de obra, personal profesional y personal técnico.

Las metodologías de planeamiento y programación deberán ser uniformes y los criterios de establecimiento de prioridades que se adopten deberán estar de acuerdo con las políticas que se propugnen.

En los proyectos específicos de P.C.H., los estudios estarían referidos a un análisis de cuencas y subcuencas, con estudios hidrológicos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos cuyo grado de profundidad esté en relación con la magnitud de la inversión. Así mismo el grado de detalle en algunos casos comprendería una prefactibilidad económica a través de un análisis indirecto de las posibilidades tarifarias. Los proyectos que presenten situaciones dudosas en cuanto a las decisiones de proseguimiento de los estudios deberían ser sometidos a una instancia de factibilidad.

Los esquemas o prediseños deberán permitir, en la instancia de factibilidad, un análisis cuantitativo o comparativo en términos económicos, en relación con otras alternativas de otras fuentes para satisfacer la demanda.

El objeto de los estudios debe consistir en determinar la demanda y su variación en el tiempo, los saltos disponibles, la variación de caudales y su relación con la demanda.

Para el desarrollo de proyectos de P.C.H. se requiere un apoyo considerable del presupuesto nacional de cada país, teniendo en cuenta que estos atenderán generalmente a comunidades con capacidades económicas reducidas. Esto hace necesario maximizar el uso de la energía generada especialmente en el campo productivo.

Se ha considerado como objetivo en cuanto al costo por kilovatio instalado de P.C.H. el comprendido entre US.\$1.000 y US.\$2.000 a costos de 1980. Para conseguirlo se establece la necesidad de iniciar actividades regionales de investigación que conduzcan a reducir los costos de ingeniería y de equipos, se debe fomentar la mayor participación de la ingeniería nacional en los estudios y construcción de P.C.H. y coordinar la efectiva participación de las comunidades rurales en la etapa de construcción a través de comités de electrificación. Así mismo sería de capital importancia la creación de fondos financieros para el desarrollo de electrificación rural que consideren el desarrollo de P.C.H.

La operación y mantenimiento de PCH, podrá tener distintas modalidades dependiendo de la localización, tipo de control de la planta y del sistema institucional de cada país. Se recomienda la creación de una entidad estatal que se responsabilice de los aspectos de operación y mantenimiento de PCH., incluyendo la capacitación continua de personal o el refuerzo en caso de que exista. Esta entidad podrá delegar las funciones administrativas de la operación de las plantas y recaudo de ingresos por la venta de servicios destinados para el pago del operador y costos de mantenimiento de la planta, a los órganos comunitarios o municipales. La entidad también organizará regionalmente la operación de unidades móviles encargadas de solucionar los problemas de mantenimiento que no puedan solucionar los operadores de las P.C.H.

Los costos de operación de las P.C.H., estarán determinados por el costo del operador en caso de tener la central regulación manual o el costo del supervisor en caso de tener una operación automática y por los costos requeridos para el mantenimiento preventivo. Para reducir estos costos se propone que los operadores o supervisores sean habitantes del lugar y que se utilicen en el equipamiento de P.C.H. equipos estandarizados que permitan una rápida reparación de cualquier avería al contar con repuestos en todo momento.

Para la realización del Programa de Desarrollo de P.C.H. es de vital importancia la capacitación de profesionales y Técnicos en cada país de la región, para lo cual se propone organizar cursos de especialización y seminarios destinados a formar profesionales y técnicos especialistas para cada etapa del desarrollo, cabe decir desde los estudios de recursos y demanda hasta la operación y mantenimiento de P.C.H.

OLADE puede cumplir un papel como agente dinamizador y orientador para el Desarrollo de Programas de implementación e investigación de PCH., en los países de la región. Se requiere el aporte de OLADE principalmente en lo referente a elaboración de guías y manuales para llevar a efecto los estudios en sus diferentes etapas, así como de

una guía de orientación para la elaboración y evaluación de proyectos; un manual de elaboración de proyectos de ingeniería y un manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y de demanda energética rural. Así mismo OLADE desempeñaría un papel fundamental en la preparación y revisión permanente de los manuales y las guías mencionados así como en los aspectos de desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología en servicios y en equipamiento.

Así mismo se sugiere que OLADE promueva cursos de especialización en PCH., para profesionales y técnicos, que contemple currícula sobre tecnologías no convencionales, tanto para los aspectos de construcción civil como para los equipos electromecánicos.

OLADE también debe promover y organizar cursos, conferencias o seminarios de temas relativos a Desarrollo tecnológico, estudios, instalación, operación y mantenimiento de PCH. Para ellos podrá recurrir a profesionales y técnicos propios o de otras organizaciones o instituciones de la región.

### 3. PANORAMA REGIONAL

En el mundo moderno, la dependencia del petróleo sumada a fenómenos de carácter político; el incremento permanente de la demanda y las mayores inversiones para descubrir reservas, originaron que en los últimos años, el precio del petróleo se quintuplicase, lo que obligó a que los países efectuaran una revisión de sus planes energéticos, debiendo desarrollar tecnologías apropiadas para utilizar nuevas fuentes de energía y aprovechar de preferencia sus recursos renovables y en especial sus recursos hídricos.

El lento desarrollo en muchos de los países de la región se debe, entre otras cosas a los grandes desniveles socio-económicos entre las masas de población y en especial al desequilibrio existente entre las grandes ciudades, de creciente desarrollo económico y las pequeñas localidades aisladas y áreas rurales caracterizadas por una situación de atraso económico-social. Esta situación ha dado origen a un fenómeno migratorio hacia centros poblados de mayor actividad económica que crea serios problemas socio-económicos.

La variedad geográfica del territorio de los diferentes países latinoamericanos, caracterizados por su abrupta orografía, ha propiciado una distribución espacial de poblaciones aisladas, a la vez que un gran potencial de recursos naturales dispersos, especialmente de recursos hídricos.

La energía y en especial la energía eléctrica, es un elemento fundamental para impulsar el desarrollo de los pueblos; sin embargo los problemas de abastecimiento y alto costo de producción de energía eléctrica a partir de fuentes convencionales no renovables de energía hacen imperiosa la necesidad de recurrir al empleo de los recursos hídricos abundantes en la región.

De acuerdo con lo manifestado, una de las alternativas más ventajosas para cubrir la demanda de energía eléctrica de la mayoría de los pequeños centros poblados y microregiones, que no tienen posibilidad de interconexión con los sistemas eléctricos existentes, resulta ser la generación de electricidad con base en los recursos hidráulicos adyacentes.

En este contexto el desarrollo masivo de las P.C.H. es de gran importancia para propiciar el desarrollo socio-económico de las localidades aisladas y áreas rurales de los países de la región, ya que permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores dotándolos de energía eléctrica para su utilización en actividades productivas y domésticas.

### 5.1. SITUACION ACTUAL

Con base en el conocimiento general de las características geográficas y orográficas de los países de América Latina y el Caribe se puede afirmar que el potencial de recurso hidroenergético para pequeños aprovechamientos es abundante, sin embargo no se cuenta en la mayoría de ellos con una estimación global de las demandas ni de los recursos a esta escala.

En términos generales no se ha planteado el desarrollo de las P.C.H. en forma sistemática con la excepción de países como Colombia, Panamá y Perú que han iniciado ya la planificación para la construcción masiva de este tipo de centrales y llegado ya a la etapa de obras de algunos proyectos. Otros países han estado desarrollando pequeños proyectos aislados, en general tratando de relocalizar algunas P.C.H. que a causa de la interconexión quedaron abandonadas y otros aún no han iniciado ninguna acción relacionada con la construcción de P.C.H. en el contexto de sus planes de electrificación rural.

Si bien existen en la región numerosas plantas que caen dentro de las categorías de P.C.H., la mayoría de estas se han ejecutado con tecnologías convencionales y equipos importados de fuera del área. Tampoco puede decirse que esas plantas fueran concebidas como agentes del desarrollo rural, todo lo cual manifiesta la carencia de políticas definidas al respecto.

Por otra parte, se puede observar la carencia de una organización institucional que promueva el desarrollo de las P.C.H. en forma planificada y coherente.

Así mismo, en muchas de las P.C.H. existentes se ha dejado por fuera la participación de las comunidades con las consecuentes limitaciones en su desarrollo.

./...

### 3.2. PERSPECTIVAS Y PROBLEMAS

El desarrollo de las P.C.H. **presenta** ventajas tanto desde el punto de vista local como desde el punto de vista nacional y regional; así se tiene:

En el ámbito local:

- Mejora del nivel de vida (educación, salud, etc.).
- Impulso a las actividades productivas
- Creación de fuentes de trabajo
- Mejora en la calidad de los productos (irrigaciones, etc.).
- Empleo de recursos y mano de obra local.
- Freno a las migraciones .

En el ámbito nacional:

- Impulso al desarrollo rural .
- Empleo de recursos renovables .
- Sustitución y ahorro del consumo de petróleo .
- Ahorro de divisas .
- Disminución del desequilibrio regional con el consiguiente crecimiento económico .
- Disminución de los problemas de migración .
- Desarrollo de tecnología nacional .
- Desarrollo de capacidad tecnológica y formación de cuadros profesionales y técnicos .
- Empleo de recursos nativos del país .
- Contribución al autoabastecimiento y a la independencia energética .
- Creación de fuentes de trabajo y desarrollo de actividades económicas relacionadas con las P.C.H.

En el ámbito regional:

- Desarrollo de capacidad tecnológica de la región
- Contribución al desarrollo energético y tecnológico de la región.

Por estos motivos se recomienda elaborar un programa de desarrollo de P.C.H. en gran escala. Sin embargo el desarrollo de programas masivos de construcción de P.C.H. en los países de la región encuentra una serie de dificultades, que en mayor o menor medida pueden ser consideradas como comunes; estas son:

1. Carencia de una política definida respecto a la electrificación rural y a las P.C.H. en particular, principalmente en lo que respecta a la utilización productiva de la energía.
2. Falta de una Institución nacional encargada de llevar adelante el desarrollo de las P.C.H. de una manera continua y sostenida y definición de responsabilidades en cuanto a operación, mantenimiento, administración y reparación de las instalaciones en servicio.
3. Alto costo de las P.C.H. en relación con la capacidad económica de las áreas a servir.
4. Desconocimiento de la magnitud de los recursos y la demanda para P.C.H.
5. Limitación de recursos económicos disponibles para la inversión.
6. Limitaciones en los métodos y capacidades para realizar los estudios, proyectos y construcción de las P.C.H.
7. Limitada disponibilidad de tecnologías que permitan el desarrollo masivo de las P.C.H. con recursos materiales y técnicos propios de la región.

8. Dependencia en la importación de equipos.

Para desarrollar un programa masivo de P.C.H. se hace necesario contar con objetivos claros y definidos, una organización institucional adecuada así como una tecnología adecuada y el conocimiento cabal de los equipos y materiales que se producen a nivel nacional y regional, para que las obras y los proyectos en general no resulten excesivamente costosos.

Sería necesario también impulsar el desarrollo de tecnologías nacionales y regionales para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables; debe considerarse además el empleo de mecanismos de transferencia de tecnología, la capacitación de recursos humanos y el apoyo a la industria nacional.

#### 4. PLANEAMIENTO

Las limitaciones al desarrollo de P.C.H. aunadas al reconocimiento de la urgencia de atender las necesidades de energía eléctrica de las localidades aisladas y áreas rurales, hacen necesario adoptar una estrategia de planificación que permita promover la construcción de P.C.H. y eliminar las limitaciones mencionadas anteriormente, permitiendo crear las condiciones para un desarrollo masivo de esta fuente energética, el cual deberá estar encuadrado dentro de un plan integral coherente que considere la realidad de los recursos económicos y técnicos disponibles.

En este sentido se plantea un modelo de estrategia de desarrollo masivo de P.C.H. que se muestra en la Fig. No.2 el cual da un marco de referencia esquemático a las cuestiones que se tratan en el presente documento. En figuras sucesivas se muestran los diagramas del flujo para los diferentes bloques de la Fig. No . 2

La estrategia propuesta comprende la ejecución de una serie de actividades dirigidas a eliminar en la mayor medida posible las limitaciones para un desarrollo masivo de las PCH. en los diferentes países de la región, a la vez que se procede a la ejecución de los programas de construcción de las mismas. Los resultados que se vayan obteniendo se deben incorporar gradualmente sin comprometer el cumplimiento de las metas finales que se propongan.

La Fig. No. 3 muestra el diagrama de flujo correspondiente al bloque de planificación de la Fig. No. 2.

##### 4.1 POLITICA DE DESARROLLO

Un programa de desarrollo masivo de PCH en la región ofrece la posibilidad de desarrollar las capacidades tecnológicas a través de actividades tendientes a incorporar el uso de materiales y mano de obra locales, con la consiguiente reducción del costo y de la dependencia,for-



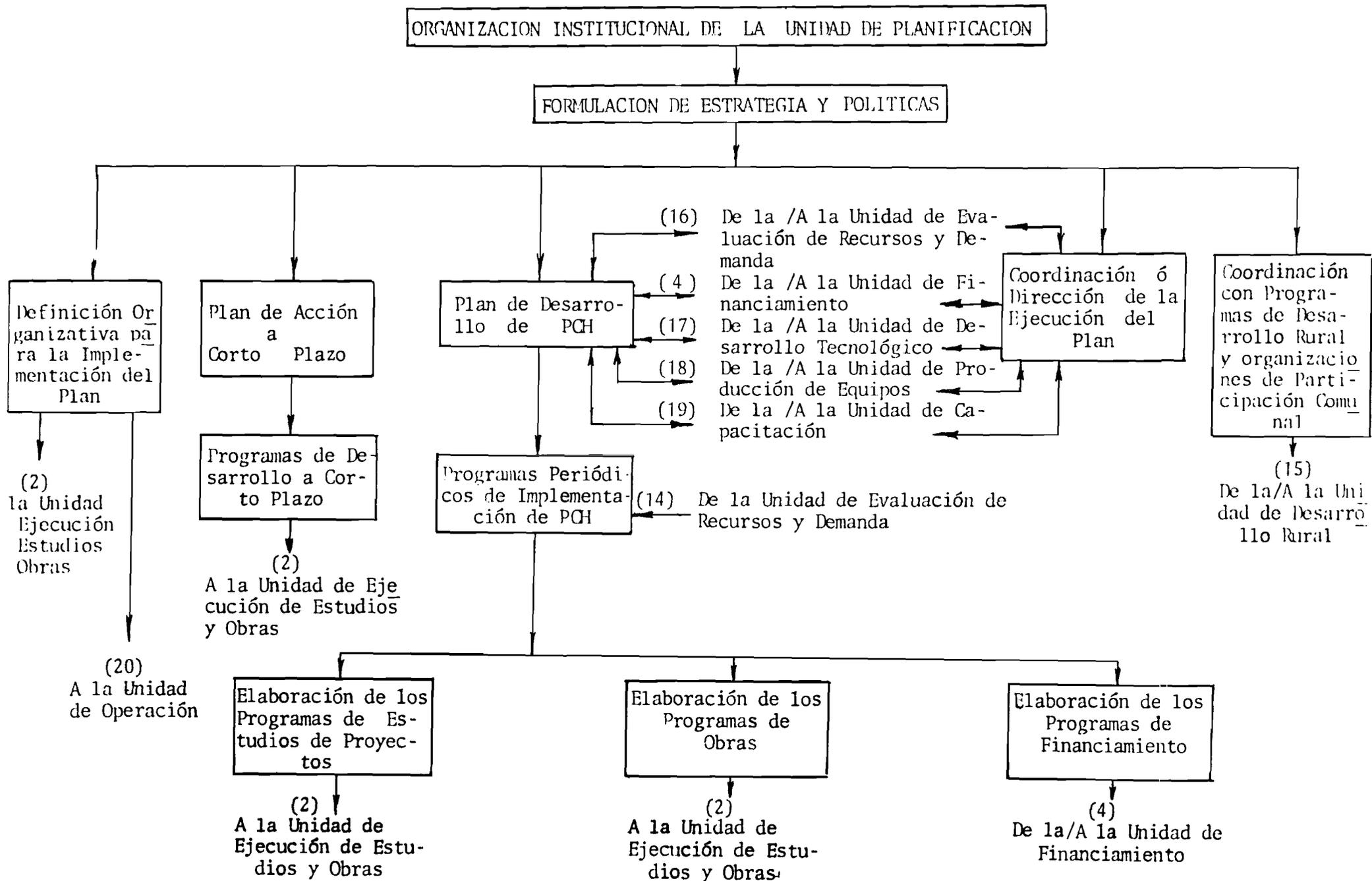


FIG. 3

mación del personal y otros. Por esta razón es muy importante considerar dentro de un programa de desarrollo masivo de P.C.H. el desarrollo de actividades de investigación tecnológica.

Por otro lado en las diversas comunidades rurales de los países de la región, existe una amplia tradición comunitaria, la cual puede canalizarse a través de una organización adecuada a las características de cada país, para facilitar el desarrollo de las P.C.H., a la vez que reduce el costo y las necesidades de financiamiento.

Teniendo en consideración lo anterior se plantean las siguientes políticas de desarrollo masivo de P.C.H.

#### Política Institucional

Debe estar encuadrada dentro de un programa de desarrollo rural y específicamente dentro de un programa coherente de electrificación, que permita la participación de las comunidades, complementando la acción de los organismos encargados del desarrollo eléctrico, en forma tal que garantice el desarrollo del programa, así como la coordinación con otros programas de desarrollo rural.

#### - Política de Desarrollo Energético Rural

Debe orientarse al desarrollo de actividades productivas que tiendan al incremento del valor agregado de la producción rural, mediante el empleo de las P.C.H., además de atender las necesidades domésticas de la población.

También debe considerarse la formación de pequeños sistemas eléctricos con base en PCH. que abastezcan a microregiones y grupos de localidades.

- Políticas de construcción.

Es necesario que estén orientadas la construcción masiva de P.C.H. al empleo de materiales y mano de obra locales, al uso de capacidades tecnológicas nativas de la región y al empleo de técnicas de construcción no convencionales.

- Política de financiamiento.

Debe tender a la ejecución de programas sostenidos de P.C.H., en este sentido es necesaria la asignación de recursos definidos tanto por parte del Estado como por las demás entidades reponsables de la electrificación; debe fomentarse la participación de las comunidades beneficiadas con el financiamiento, así como la de instituciones financieras nacionales e internacionales. Es conveniente que esté orientada a considerar paquetes de proyectos con el fin de reducir los costos en las diferentes etapas de desarrollo.

- Política tecnológica

Debe promover la investigación tecnológica para el desarrollo de equipos, materiales y técnicas no convencionales, que posibiliten una mayor participación de materiales y capacidades locales. Debe tenderse a la estandarización de equipos y tipificación de obras civiles. También debe ubicarse en el contexto del desarrollo tecnológico regional latinoamericano.

- Política de Equipos y Materiales

Debe orientarse al desarrollo de la capacidad de producción de equipos y materiales, empleando preferentemente tecnologías e insumos de origen nacional y regional, así como a generar condiciones que faciliten el empleo de equipos de origen nacional y regional en proyectos de inversión en P.C.H.

- Política de capacitación

Deberá estar orientada a la formación de cuadros profesionales y técnicos para la ejecución de estudios, diseño, construcción y operación de P.C.H. a fin de satisfacer las necesidades de un programa masivo de implementación; además deberá estar orientada a la capacitación de los pobladores de las localidades para que puedan participar en la operación y administración de las P.C.H. Merece destacarse la importancia de la calificación de operadores locales. También debe considerarse la formación de técnicos en la instalación de redes de distribución.

- Política Tarifaria

Su marco de referencia estará determinado por la necesidad de hacer accesible la energía eléctrica a los pobladores con escasos recursos económicos que usualmente habitan las localidades aisladas y áreas rurales.

No puede esperarse que la recuperación de las inversiones sea total, sin embargo debe procurarse que las tarifas generen recursos suficientes para el financiamiento de los costos de operación y mantenimiento y de ser posible la amortización parcial de inversiones y la expansión futura.

La estructura tarifaria debe igualmente propiciar el uso racional del servicio eléctrico y la utilización de la energía en actividades productivas.

#### 4.2. EVALUACION DE RECURSOS Y DEMANDA

Para el desarrollo masivo de P.C.H. es necesario el conocimiento de los recursos hídricos disponibles a fin de poder formular los programas de construcción y establecer un orden de prioridades.

La evaluación de los recursos de P.C.H. está íntimamente ligada con la existencia de una demanda cercana, ya que la posibilidad del desarrollo hidroeléctrico dependerá en gran medida de la factibilidad económica de la producción y transmisión de pequeñas potencias a niveles de tensión por debajo de los 15kV, dependiendo de los niveles de tensión normalizados en cada país.

Teniendo esto en consideración, en el cuadro general de planeamiento del desarrollo de PCH (Fig. 2), se propone un esquema de evaluación de recursos y demanda, el cual permite la ejecución de los programas de PCH a medida que se procede con la evaluación de recursos y demanda para un posterior establecimiento de prioridades por ejecutarse y que comprende:

Inventario de P.C.H.- Consiste en la identificación de las PCH existentes y en proyectó. A partir de este inventario se pueden elaborar los programas iniciales anuales de estudio y obras, así como estimar las necesidades de equipos, de desarrollo tecnológico e industrial y programas de capacitación y financiamiento. En el anexo I se muestra el formulario propuesto para efectuar el inventario de P.C.H. y en el Anexo II, se propone un formato de la hoja resumen del inventario nacional, que servirá para elaborar el inventario regional.

Evaluación de Recursos por cuencas y hoyas hidrográficas.- **A fin** de tener una primera aproximación de los recursos disponibles para PCH. Debe estimarse la magnitud de los mismos según los datos disponibles para cada cuenca u hoya hidrográfica.

Identificación Preliminar de centros aislados y microregiones.-

La evaluación de los recursos para P.C.H. está íntimamente ligada con la necesidad de desarrollo de dichos recursos para satisfacer demandas de energía eléctrica de pequeñas localidades. Así mismo la formulación de un plan de desarrollo masivo de P.C.H. deberá hacerse con base en el establecimiento de prioridades de las localidades y microregiones susceptibles de ser electrificadas con P.C.H. La identificación preliminar de los centros aislados y microregiones se plantea como un conjunto de actividades previas, en gabinete, que permita contar con una estimación inicial de la magnitud del problema. Para la ejecución de esta tarea se propone el formulario del Anexo III, el cual debe ser llenado con la información y estimaciones disponibles. Se proponen además los siguientes criterios:

- Contemplar las localidades aisladas y áreas rurales que se puedan electrificar con P.C.H. de hasta 5.000 kW, considerando proyecciones de coeficientes de cubrimiento de servicio eléctrico y consumos específicos realistas de acuerdo con las características de dichas localidades.
- Configurar microregiones, agrupando poblaciones aisladas y áreas rurales, que se encuentran dentro del radio de alcance de líneas de transmisión del orden de 15 kV, considerando las características topográficas de la región.

Establecimiento preliminar de prioridades de las localidades aisladas y microregiones que se pueden electrificar con P.C.H. Consiste en el establecimiento de prioridades de las localidades aisladas y microregiones identificadas en la actividad anterior, con base en criterios preliminares respecto de los datos recopilados. Esta actividad permite también formular programas anuales preliminares de estudios, obras, financiamiento, capacitación, etc. Para esta etapa se proponen los siguientes criterios:

- Por población y existencia del recurso hídrico( de mayor a menor)
- Por existencia de condiciones favorables para las P.C.H. (topografía, geomorfología, participación de la comunidad y disponibilidad de recursos materiales locales.)
- Por las posibilidades de desarrollo económico de la región, (utilización de la energía eléctrica para aumentar el valor agregado de la producción económica local y fomento de otras actividades productivas.)
- Interconexión física con otros centros poblados (red vial).
- Posibilidad de interconexión con sistemas mayores.
- Comparación y/o combinación con otras alternativas energéticas.

#### Verificación en Campo:

Consiste en verificar en campo los datos que sirvieron de base para el establecimiento preliminar de prioridades; enseguida se procederá a verificar la factibilidad de construcción de obras, para lo cual deberán realizarse los siguientes estudios:

- Verificación de las localidades aisladas y conformación de las microregiones: se deberán comprobar las estimaciones de población, la posibilidad de interconexión eléctrica de las localidades para formar un pequeño sistema eléctrico, así como una eventual interconexión con sistemas mayores.
- Verificación de la existencia y persistencia del recurso hídrico y definición de las necesidades de mediciones más detalladas.
- Hidrología, Geología, y Geomorfología, a nivel global, que permitan determinar la necesidad de profundizar los estudios.
- Reconocimiento topográfico que permita decidir la posibilidad y localización del emplazamiento.

- Estimación preliminar del mercado doméstico y de alumbrado público, y de las posibilidades de incremento del consumo por la pequeña industria, irrigaciones y otras actividades productivas y de servicio social. Esta actividad deberá coordinarse estrechamente con los Programas de Desarrollo Rural.

#### Reajuste de prioridades :

Con base en la información anterior se deberá realizar al reajuste de las prioridades tomando en consideración los siguientes criterios:

- Tamaño y costo (que incluya el costo de redes).
- Potencial de impulso al desarrollo rural (porcentaje de la generación destinada a otras actividades productivas).
- Participación de la comunidad.
- Uso de mano de obra y materiales locales.
- Capacidad de abastecimiento de equipos (de preferencia de origen nacional o de la región ) y capacidad disponible de técnicos e ingenieros.

Con base en prioridades se deberán definir los programas anuales de estudios de proyectos, programas de obras, programas de financiamiento, necesidades de insumos y equipos, así como necesidades de investigación tecnológica y desarrollo industrial entre otras. Este proceso deberá entenderse como un proceso continuo e iterativo que integre los logros obtenidos en el desarrollo de los diferentes programas (capacitación, desarrollo tecnológico, etc.) como criterios para las subsiguientes definiciones de prioridades.

En la Fig. No. 4 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al bloque de evaluación de recursos y de demanda de la Fig. No.2

UNIDAD DE EVALUACION DE RECURSOS Y DEMANDA

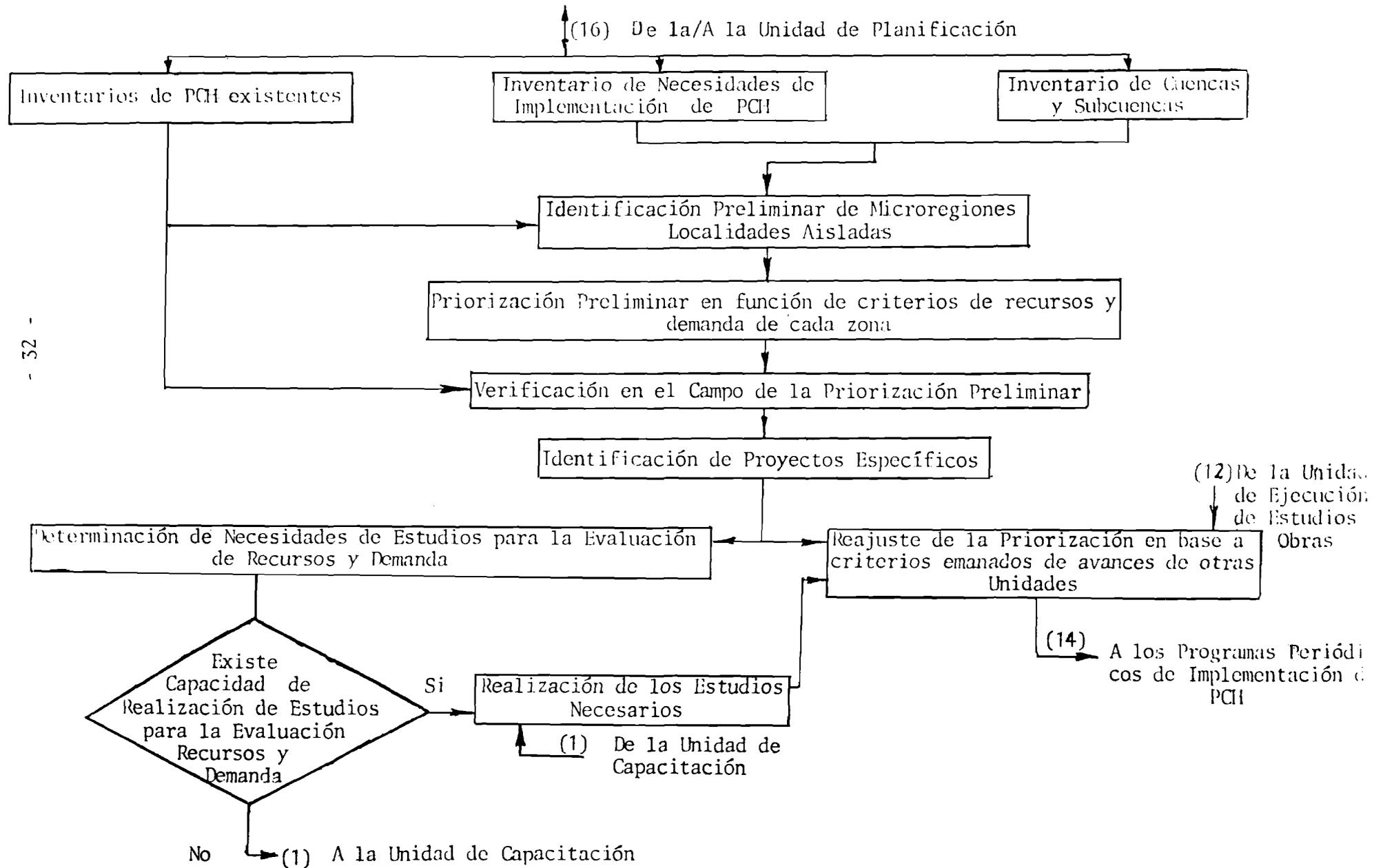


FIG. 4

En el Anexo VII se dan los términos de referencia para un manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y de la terminación de la demanda energética rural en Latinoamérica.

#### 4.3. PLANES Y PROGRAMAS ENFOQUES Y METODOLOGIA

Los planes y programas de desarrollo de las P.C.H., deberán ser formulados teniendo en consideración los recursos financieros y técnicos disponibles (inversión, capacidad de ejecución, disponibilidad de equipos locales, etc.), así como los resultados de los diferentes programas por desarrollarse.

Las metodologías de planeamiento y programación deberán ser uniformes y los criterios de prioridades que se adopten deberán ser coherentes con las políticas que se propugnen.

Teniendo en consideración que la construcción masiva de las P.C.H. deberá ser implementada gradualmente, a medida que se obtengan los resultados de los diferentes programas, los criterios de prioridades que se plantean se dan para las diferentes etapas del desarrollo de los mismos.

##### Etapa inicial:

- Terminación de obras inconclusas
- Obras abandonadas (centrales con obras civiles avanzadas, con equipos adquiridos sin instalar, etc.)
- Relocalización de equipamiento de P.C.H. existentes.
- Necesidades identificadas (obras nuevas, con estudios).
- Existencia de obras afines que pueden disminuir el costo (irrigaciones, etc.)

En etapas posteriores, se plantea la aplicación de los siguientes criterios, en función de la disponibilidad de datos de acuerdo con el avance en otros programas.

- Disponibilidad del recurso hídrico.
- Población por servir.
- Tamaño y costo de las obras.
- Participación de la comunidad en el financiamiento; se debe contemplar dentro de este aspecto la valorización del empleo de mano de obra local, y el aporte de insumos por la comunidad.
- Creación de puestos de trabajo en la localidad .
- Disponibilidad de vías de acceso y conexión vial con otros centros urbanos.
- Empleo de la energía eléctrica generada en actividades productivas; incremento del valor agregado de la producción

A partir de las prioridades. deberán definirse los siguientes programas anuales, teniendo en consideración la disponibilidad de recursos económicos, recursos profesionales y técnicos, así como de materiales y equipos:

- Estudios: Se indicarán los estudios que deben ejecutarse cada año, su contenido y nivel; de acuerdo con el conocimiento preliminar que tenga .
- Obras: Se especificarán los programas anuales de construcción, las necesidades de materiales, equipos, profesionales, mano de obra etc.
- Financiamiento.

Así mismo, deberán definirse las necesidades de equipos, mano de obra, personal profesional, personal técnico y financiamiento; a partir de lo cual se formularán los planes y programas de desarrollo tecnológico, construcción de equipos y capacitación.

#### 4.4. ASPECTOS DE LA ORGANIZACION INSTITUCIONAL

Se considera conveniente que los países cuenten con una entidad gubernamental encargada de promover y coordinar la implementación de P.C.H. Esta entidad podría depender de una empresa eléctrica u otra institución estatal, pero se debe hacer énfasis en la necesidad de que tenga dedicación exclusiva para el desarrollo de esta fuente energética y que el personal que la conforma tenga calificaciones tales que garanticen que no se pierda la concepción original del proyecto.

Entre las labores que esa entidad deberá curbir están:

- Registro de información .
- Catálogo de localidades sin electrificar.
- Catálogo de recursos hidráulicos .
- Orientación a las solicitudes particulares .
- Folletos de información .
- Coordinación de la capacidad del personal.
- Coordinación de la acción comunal,
- Orientación y solicitudes de financiamiento .
- Negociaciones para adquisición de equipos .
- Definición de tarifas para cada centro .
- Constitución de los comités de electrificación .
- Identificación de necesidades de desarrollo tecnológico, proposición de acciones a institutos de investigación y evaluación de la aplicación de tecnologías

Para las actividades desde planeamiento hasta construcción de las P.C.H., la entidad encargada deberá tomar las siguientes acciones:

- 1.- Determinar cuales centros aislados o microregiones pueden servirse mediante P.C.H.
- 2.- Establecer un orden de prioridad de los centros y microregiones y sus necesidades globales.
- 3.- Preparar o encargar la elaboración de estudios y diseño de ingeniería para las plantas por instalar en dichos centros y microregiones.
- 4.- Definir las fuentes de financiamiento.

- 5.- Definir la forma como se va a llevar efecto la construcción y organizarla; si es del caso, adjudicar contratos o bien ejecutar la obra por administración constituyendo un "comité de electrificación" de la comunidad que se encargue de facilitar la mano de obra, materiales para agregados y en general coordine el apoyo de la comunidad.
- 6.- Servir de contraparte para la adquisición de equipos.
- 7.- Organizar la operación y el mantenimiento posterior.

La entidad se encargaría también de coordinar la cooperación técnica internacional que a este respecto pueda facilitar tecnologías y metodologías ya desarrolladas en otros países de la región, complementando los esfuerzos nacionales, finalmente, y para cumplir el cometido original del programa, deberá procurar darle continuidad a la construcción de centrales, a la capacitación y a la motivación de las comunidades para adoptar este tipo de solución energética.

El programa de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, podrá cumplir a cabalidad su objetivo principal de impulsar el desarrollo económico y social de las poblaciones deprimidas, si cuenta con el apoyo amplio y sostenido de los habitantes de las localidades beneficiadas, por lo que es necesario organizar las poblaciones de manera que a través de un Comité pro-electrificación, formado por las autoridades y personas representativas y responsables del lugar, se canalice la participación de las poblaciones.

## 5. ESTUDIOS Y FINANCIAMIENTO

### 5.1. REQUERIMIENTOS Y ALCANCES DE LOS ESTUDIOS PARA PROYECTOS ESPECÍFICOS.-

Desde el punto de vista de la organización de los estudios se ve la necesidad de una etapa de identificación de los proyectos que esté relacionada con las actividades previas de planificación y programación. Esta etapa tiene aplicación en los 3 tipos de P.C.H. considerados.

El objetivo de la etapa estribaría en una segunda selección de sitios con posibilidades técnicas y económicas; la primera selección se habría efectuado en las últimas etapas del plan. El grado de detalle en algunos casos comprendería una prefactibilidad económica a través de un análisis indirecto de las posibilidades tarifarias. En cuanto se refiere a las ciencias de la tierra, a la cartografía y a la topografía se deben considerar inspecciones rápidas que al mismo tiempo permitan seleccionar, desde el comienzo, los mejores proyectos. Esto implicaría un análisis a nivel de cuencas y subcuencas.

Los proyectos que presenten situaciones dudosas en cuanto a las decisiones de proseguimiento de los estudios deberían ser sometidos a una instancia de factibilidad. En la mayoría de los proyectos de P.C.H. no parecen ser necesarios estudios detallados de geotécnica bastaría un programa planificado de exploración subsuperficial. De igual manera para los estudios hidrotécnicos se deberá considerar un grado de profundidad, que esté en relación con la magnitud de las inversiones. Esta consideración se revela válida para los estudios geológicos, geomorfológicos y geotécnicos. Puesto que las obras civiles en las PCH son de tamaño reducido, el impacto ecológico que producen en la hoya hidrográfica es mínimo; en el caso de la ecología bastaría con inspecciones antes y después de la definición del proyecto y con un plan de manejo de la cuenca.

Los esquemas o prediseños deberán permitir, en la instancia de factibilidad, un análisis cuantitativo y comparativo en términos económicos, en relación con otras alternativas de otras fuentes para satisfacer la demanda.

Para los planos de construcción o etapa de diseño es necesario que estos permitan disponer de una orientación, suficiente para las actividades de implantación de la obra. Esto implica el perfeccionamiento de los esquemas o prediseños hidráulicos, los complementos técnicos necesarios, los cálculos estructurales, la determinación de cantidades de obra o metrados y la elaboración de un presupuesto y cronograma de ejecución de la obra que permitan iniciar el proceso de construcción.

En la etapa de identificación, en lo que respecta a selección de los equipos electromecánicos, bastaría con una mención de los tipos más indicados. Para la etapa de factibilidad es necesario verificar una primera optimización de los equipos. Es conveniente examinar los costos, sobre cotizaciones de fabricantes, de varias alternativas de equipos. En general para el diseño es conveniente tener en cuenta que en la mayoría de los casos los proyectistas no diseñan estos equipos. esta actividad la realizaría el fabricante

El objetivo de los estudios finalmente consistiría en la determinación de la demanda y su variación en el tiempo, de saltos de caída disponible y de la variación de caudales y su relación con la demanda.

Es conveniente considerar la realización de programas, por paquetes, en vista del reducido costo de los proyectos individuales de P.C.H. Esto facilitaría la gestión del financiamiento, el control de la ejecución, la obtención de mejores condiciones en cuanto a la adquisición de equipos, materiales y facilidades de contratación de estudios y construcción. En la Figura N° 5 se muestra el diagrama de flujo correspondiendo al bloque de financiamiento de la Fig. N° 2.

UNIDAD DE FINANCIAMIENTO

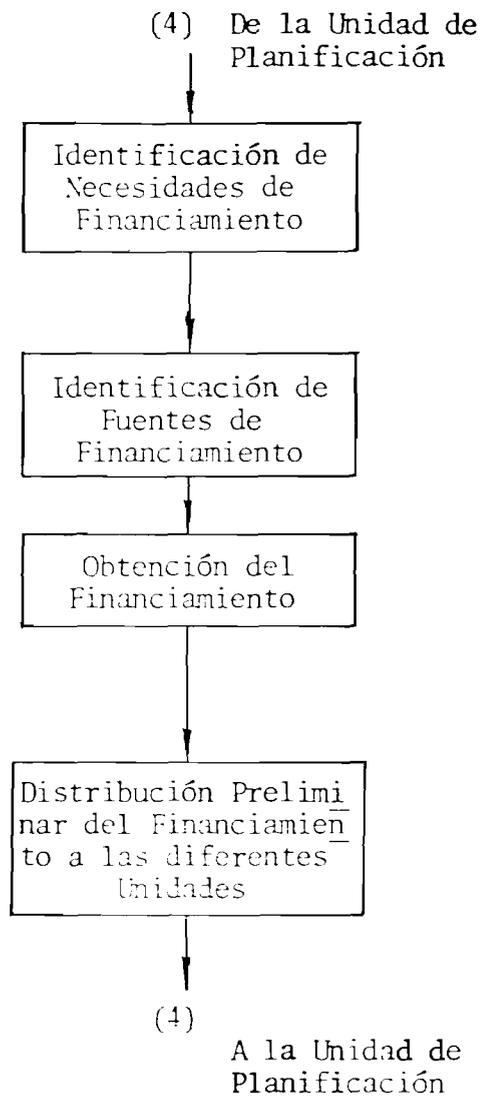


FIG. 5

### 3.1. REQUERIMIENTOS DE INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO

Las necesidades en materia de electrificación en zonas rurales y aisladas son de gran magnitud en Latinoamérica (cubrimiento de apenas 15%) y excede con creces la disponibilidad de recursos económicos y financieros la región puede dedicar a este objeto. De lo anterior se desprende la necesidad de establecer criterios de selección que permitan atender las necesidades de la mayor cantidad de usuarios en estas zonas en cada etapa de ejecución de programas.

En el numeral 4 se consideraron con mayor detalle los criterios de selección con el fin de establecer prioridades, de las cuales parece conveniente destacar el costo menor por usuario, y las perspectivas de promover la utilización productiva de la energía eléctrica.

Dado que en relación con los criterios de selección también se considera importante contemplar los proyectos con referencia al proceso productivo total, es conveniente realizar un estudio que permitan disponer de un instrumento de análisis económico y financiero que no considere exclusivamente las rentabilidades económicas y financieras esquemas.

Considerar el proceso productivo total implica un enfoque de los proyectos a la luz de planes de desarrollo rural e integral que comprenda tanto el sector productivo como el sector social. En resumen los proyectos deberían estar ligados al contexto total socio-económico.

Con excepción de los autoprodutores, los proyectos de P.C.H. atenderán en su gran mayoría a comunidades que tienen capacidad económica reducida y por consiguiente no están en condiciones de financiar la totalidad de las inversiones. En estas circunstancias se requiere un apoyo considerable del presupuesto nacional. Con el fin de asegurar la extensión del beneficio de las P.C.H., es decir su difusión masiva se considera necesario contemplar dentro de los programas, guías para el

uso óptimo de la energía con especial énfasis en el uso productivo de la misma. La participación de la comunidad reviste especial importancia para reducir el aporte en efectivo de los usuarios. La valorización de dicha participación debería estimarse sobre la base de costos reales de la mano de obra con el fin de evitar enfoques distorsionados en la evaluación de los proyectos.

Con el fin de reducir la componente en divisas de los programas se debería fomentar la participación masiva de la ingeniería nacional tanto en estudios como en construcción; de la misma manera se considera importante desarrollar las capacidades de suministros en equipamiento y materiales, a nivel de los países y de la región.

Se considera que la meta deseable en cuanto a costos por Kilovatio instalado debe oscilar entre US.\$1000 y US.\$2.000 a costos de 1980.

En cuanto a acciones y métodos para reducir las inversiones en P.C.H. se considera conveniente iniciar actividades regionales de investigación y organizar la elaboración de manuales de diseño y factibilidad y de guías de términos de referencia, que permitan adecuar los costos de estudios y de la construcción a las capacidades por instalar de los proyectos. Es decir que las investigaciones previas permitan un grado suficiente de normalización que conduzca a reducir los costos de ingeniería y de equipos.

OLADE jugaría un papel fundamental en la promoción, la coordinación y el asesoramiento tanto en la preparación y revisión permanente de los manuales y de las guías antes mencionados como en los aspectos de transferencia de tecnología en servicios y en equipamiento.

Sería de capital importancia la creación de fondos financieros para el desarrollo de electrificación de zonas rurales y aisladas que tuvieran en cuenta desarrollo de P.C.H., tanto con respeto a estudios como a la construcción de obras.

Es conveniente que OLADE prepare guías y manuales para la elaboración de estudios en sus diferentes etapas. En el Anexo V se presentan los términos de referencia para una Guía de Orientación para la elaboración y Evaluación de Proyectos de P.C.H. Es material del Anexo VI la propuesta de unos términos de referencia de un Manual para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería de P.C.H. en Latinoamérica. Anexo VI considera los términos de referencia para un Manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y demanda energética rural en Latinoamérica.

### 5.5. CONSIDERACIONES TECNOLOGICAS

Un aspecto de relieve para este punto consistiría en discutir la posible aplicación de tecnologías adecuadas a las características propias de los países de la región y no convencionales, en el proyecto, que puedan ser apropiadas para los objetivos de desarrollo del país y para las condiciones socio-económicas regionales o locales; la discusión debe poner énfasis en una mayor utilización de estas tecnologías y de la manera en que podrían facilitar la creación de trabajos productivos y mayores ingresos, tanto en las áreas rurales como en las zonas aisladas. Se deben estudiar las tecnologías de construcción y diseño actualmente en uso en la región del proyecto, el impacto de varias mezclas de tecnologías sobre el empleo y las metas de producción, el alcance de las variaciones y sustituciones y sus efectos sobre la política gubernamental.

En vista de que existe producción de equipamiento y materiales para P.C.H. en la región es muy importante difundir periódicamente los resultados de las encuestas de información sobre la investigación tecnológica y equipamiento tal como se indica en el documento "Situación y perspectivas de la tecnología y equipamiento para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica". Esto contribuirá a disminuir los costos de inversión en los proyectos de P.C.H. La tarea que OLADE puede desempeñar en estos aspectos es de capital importancia en relación con su papel de entidad promotora y coordinadora de este y otros asuntos energéticos. En las Fig. N° 6 y N° 7 se muestran los diagramas de flujo correspondientes a los bloques de desarrollo tecnológico y de producción de equipos de la Fig. N° 2

UNIDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

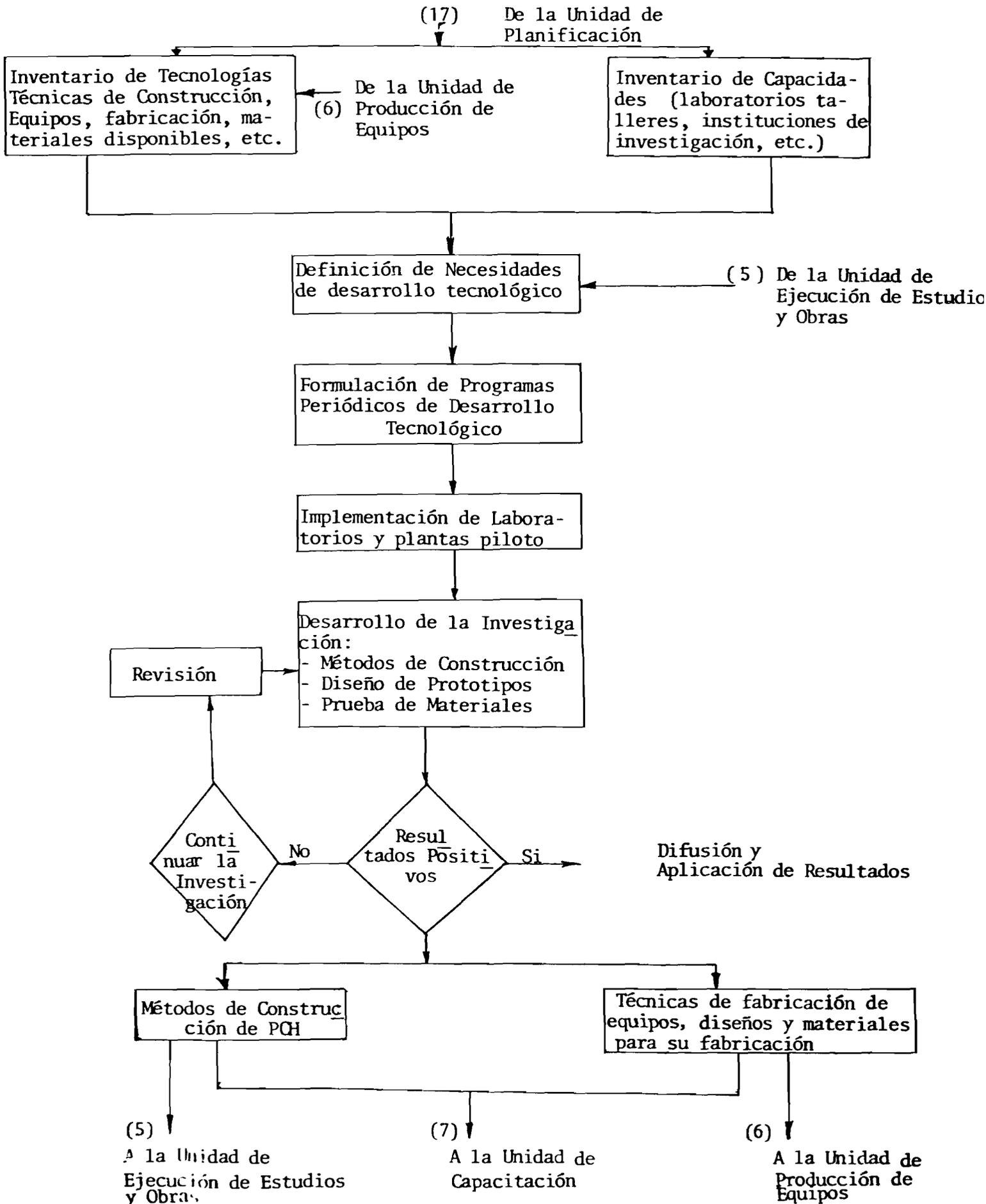


FIG. 6

UNIDAD DE PRODUCCION DE EQUIPOS

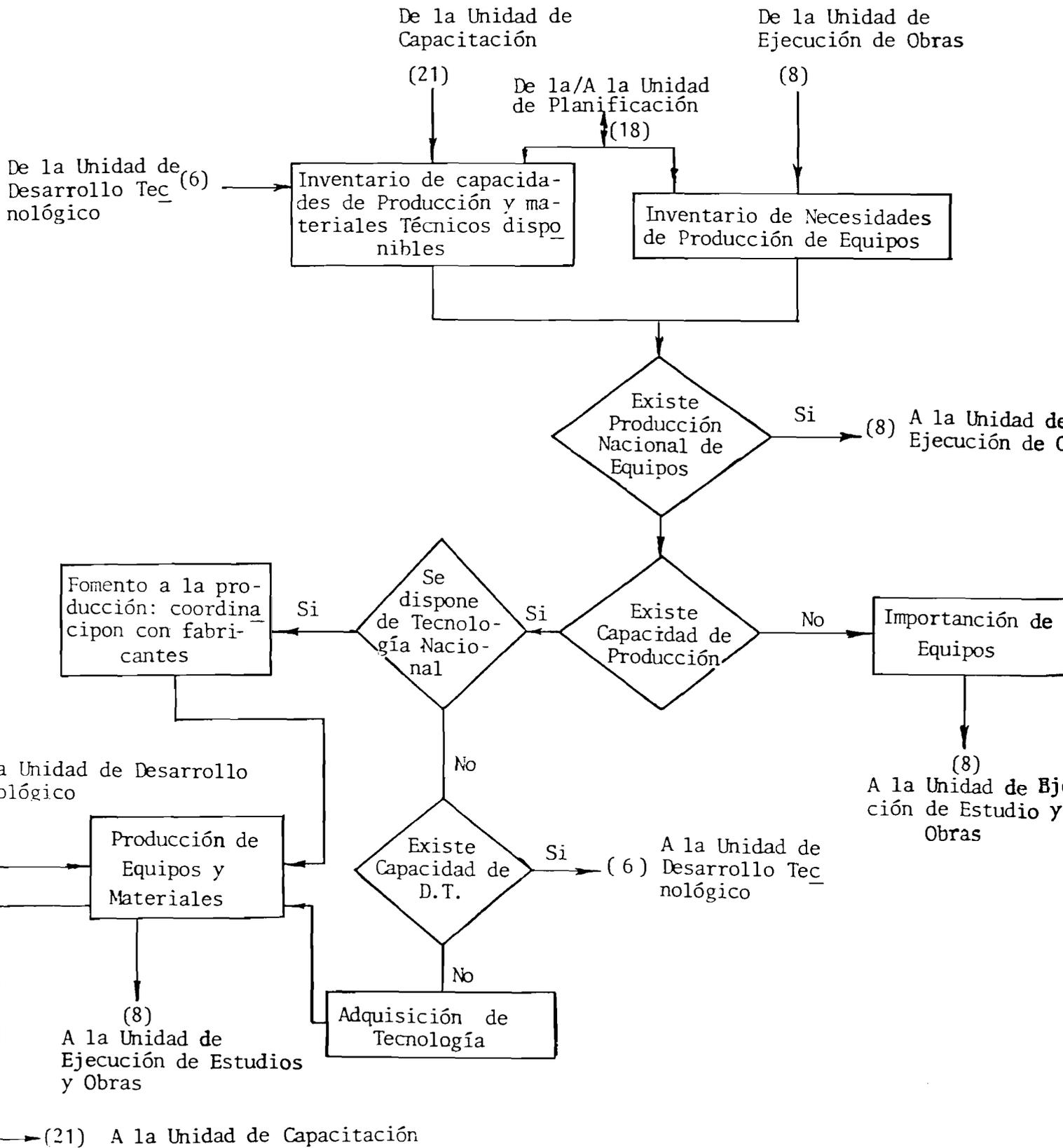


FIG. 7

## CONSTRUCCION

Los procesos constructivos variarán de acuerdo con:

- Potencia por instalar.
- Características del terreno.
- Ubicación de la obra.
- Utilización 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.
- Efectos en proyectos de uso múltiple.

Todos los factores anteriores tienen una influencia en la obra, que se analiza a continuación.

### 6.1. METODOS, EQUIPOS E INSTALACION

Las P.C.H. requieren características orientadas a minimizar los costos y a utilizar los recursos humanos y materiales locales, por lo cual los métodos de construcción, equipos y instalaciones tienen forma diferente al de obras mayores. Considerando lo anterior se sugieren las siguientes modalidades de construcción y equipamiento:

- Construcción comunitaria con asistencia técnica mínima.
- Construcción estatal total o parcial de acuerdo con la participación comunitaria.
- Construcción privada total o parcial, de acuerdo con el apoyo del estado en lo referente a maquinaria y equipo, en zonas apartadas.

En microcentrales se recomienda el uso casi exclusivo de mano de obra y materiales locales para la construcción de pequeñas presas en terreno llano o tomas<sup>s</sup> de filo de agua en terreno montañoso. En mini y

pequeñas centrales se hace necesaria la utilización de un mínimo de maquinaria y equipo de construcción y transporte además de un mayor empleo de materiales de construcción de tipo industrial.

Para las pequeñas centrales puede ser necesario la construcción de una subestación eléctrica que alimente la distribución local dependiendo de la distancia al sitio de consumo de la energía.

En micro y mini centrales el sistema eléctrico-mecánico debe ser compacto y confiable dentro de lo económica y eficientemente factible, de tal manera que el montaje y mantenimiento sea lo más simple posible.

#### 6.2. CAPACIDAD DE EJECUCION Y PARTICIPACION COMUNAL

La construcción de la obra podrá estar a cargo de organismos estatales con o sin asesoría privada, de entidades privadas o por acción comunitaria con asesoramiento. En el caso estatal se debería analizar la capacidad de recursos humanos y materiales que dependiendo de la magnitud de la obra garantice la ejecución; para el caso privado se debe contar con un directorio de empresas y su calificación para la ejecución, dependiendo de experiencia, capital, equipo y nivel técnico.

En el caso de construcción por el sector estatal la participación constituye un factor importante por el aporte de la mano de obra. Las experiencias de la participación comunal en cada país son un factor importante para determinar su peso dentro de la construcción de P.C.H. En este caso la constitución de "Comités de electrificación" de las comunidades contribuye a la mejor organización del apoyo local. En las Figuras N° 8 y N° 9 se muestran los diagramas de flujo correspondientes a los bloques de ejecución de estudios y obras de Desarrollo Rural (Promoción del Desarrollo Rural y participación de las comunidades).

UNIDAD DE EJECUCION DE ESTUDIOS Y OBRAS

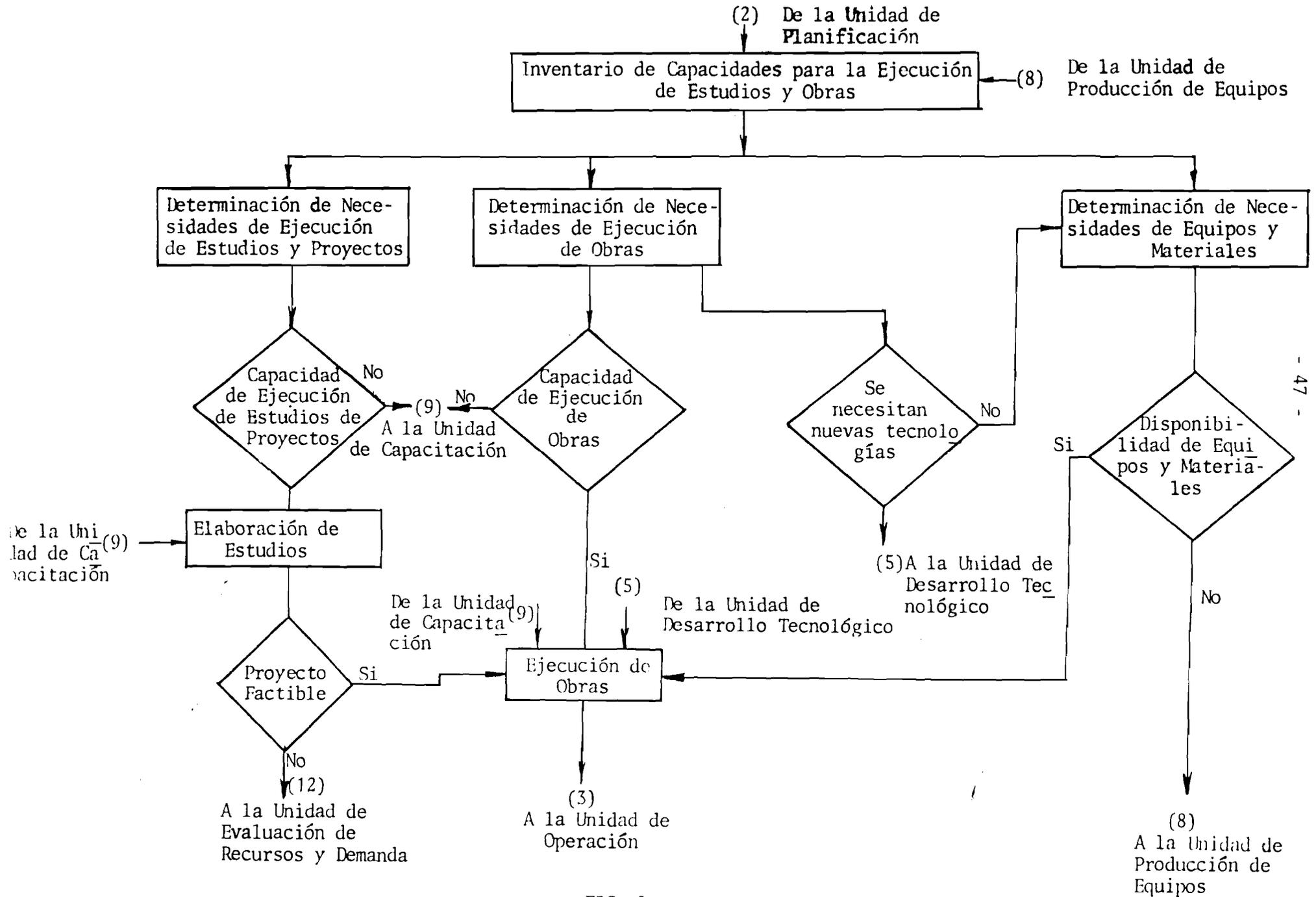


FIG. 8

UNIDAD DE DESARROLLO RURAL

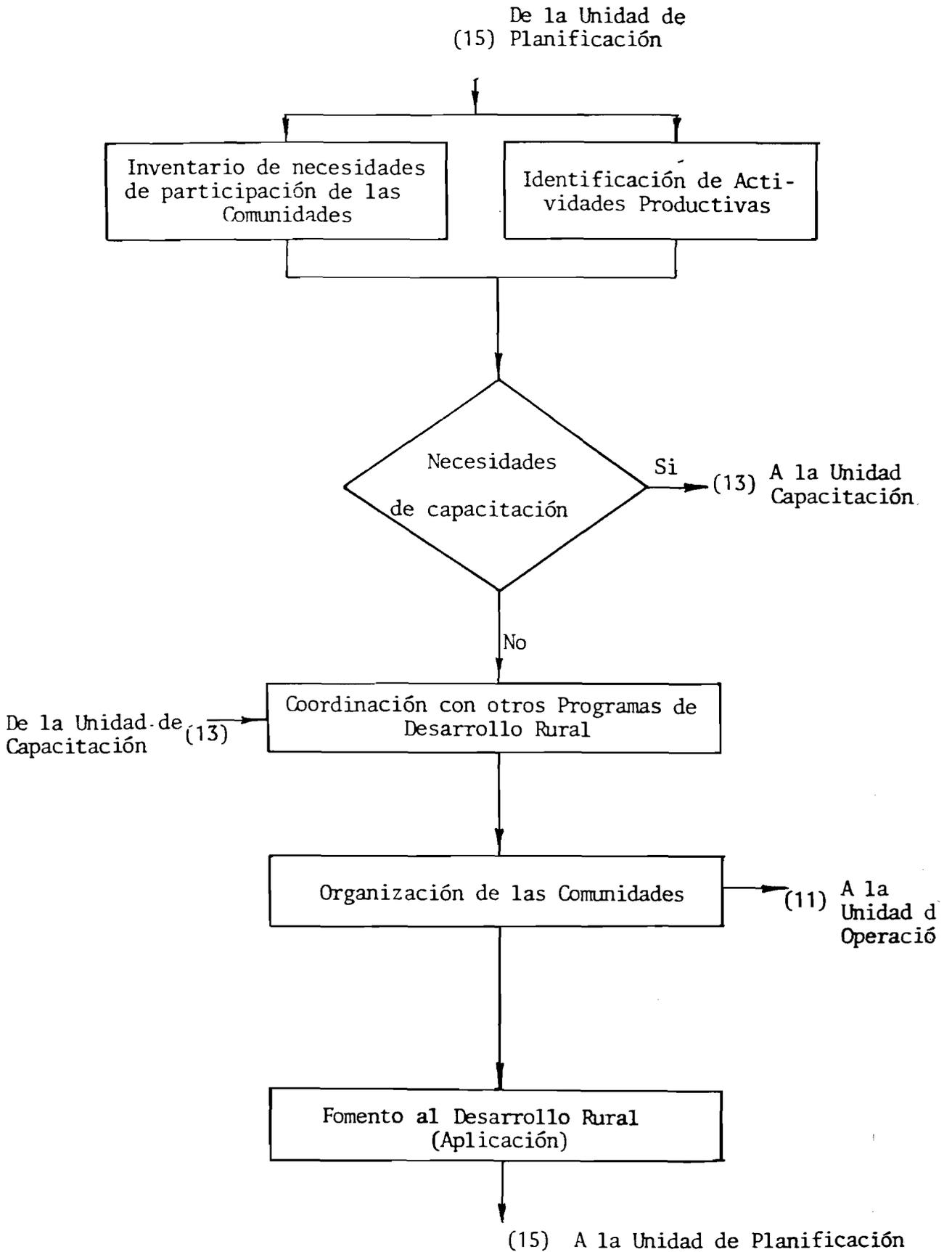


FIG. 9

## 7. OPERACION Y MANTENIMIENTO

La operación y mantenimiento de P.C.H. podrá tener distintas modalidades dependiendo de la localización, tipo de control de la planta y sistema institucional de cada país.

### 7.1. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y TARIFAS

El comienzo de un plan de desarrollo de PCH en gran escala en los países de la región, hace necesario dedicar gran atención a la forma institucional que se debe adoptar para asegurar una operación confiable y continua de las plantas y especifica claramente, según el caso, las obligaciones que le corresponden a las comunidades o municipios.

Se recomienda al efecto, crear o reforzar si ya existe, una Entidad dentro de la estructura estatal que se responsabilice de los aspectos operativos de las PCH en funcionamiento, incluyendo la capacitación del personal.

Los órganos comunitarios o municipales podrían llevar a cabo las funciones administrativas relacionadas con la operación de las plantas, actuando como recaudadores de los ingresos, producto de la venta de los servicios, costeadando las remuneraciones del operador local y manteniendo fondos de reserva para mantenimiento. Los aspectos técnicos que no puedan ser resueltos en la planta, serían resueltos por unidades móviles organizadas regionalmente por la Entidad estatal.

La Entidad estatal debe contar con medios financieros adecuados que le permitan actuar en la solución de los problemas de emergencia, fallas y averías de la planta.

Conviene que los abastecimientos externos para el mantenimiento sean planificados y que su adquisición sea centralizada por la Entidad Estatal responsable de las PCH; de aquí la ventaja de la estandarización. En ciertos casos se justifican pequeños talleres nacionales o zonales para efectuar reparaciones que no se puedan efectuar en las plantas, por carecer de condiciones adecuadas.

## 7.2. METODOS DE OPERACION Y OPERADORES

La Entidad estatal especializada será responsable de la operación de la planta pero podrá utilizar las autoridades locales y los sistemas comunales o cooperativos para ese aspecto.

La operación puede ser de tipo manual con el fin de evitar la utilización de reguladores de velocidad de alto costo que en unidades muy pequeñas pueden igualar el valor de la turbina; este esquema puede ser conveniente cuando la operación de la central no presente grandes variaciones de carga. Alternativamente, contar con un regulador de velocidad confiable tiene como ventajas principales los menores requerimientos de calificación del operador, mayor seguridad para los equipos y mejor calidad del servicio.

El operador de la central debe ser habitante de la misma comunidad, debidamente capacitado y preferiblemente debe participar desde la construcción y montaje de la P.C.H.

## 7.3. UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA

El uso de la energía para las diferentes actividades estará limitado por el volumen generado y la eficiencia de los aparatos utilizados por los usuarios. A continuación se habla de la estructura de consumo de energía.

- Según el tamaño de la planta podrá cubrirse uno o varios de los sectores. Dentro del sector residencial la energía se utilizará primordialmente en iluminación y en forma adicional para equipos electrodomésticos buscando siempre los de más alta eficiencia.

Una buena organización local para el uso de la energía permitirá mantener la planta operando a plena carga permitiendo satisfacer mayores necesidades tales como, salud, bombeo de agua, talleres industriales, refrigeración comercial y otros. Se puede lograr una mejor utili-

cación de la capacidad instalada promoviendo actividades productivas que demanden energía eléctrica principalmente en horas del día lo que exige una coordinación efectiva para su utilización.

La Entidad debe tener una estructura sencilla, pero de gran efectividad, contando con los cuadros técnicos y administrativos indispensables.

El servicio eléctrico deberá valorarse de acuerdo con un sistema de tarifas que será establecido dependiendo de la capacidad generada por la planta. Entre las distintas modalidades de tarifas aplicables predominan las llamadas de consumo y precio fijo, esta última más aconsejable en el caso de las microcentrales, controlando este consumo mediante limitadores adecuados. En las mini y pequeñas centrales aunque es aplicable la tarifa anterior podrá adoptarse una tarifa diferencial para consumidores de tipo comercial e industrial controlando el consumo mediante medidores.

El total de los ingresos que se obtienen por medio de la aplicación de las tarifas deben cubrir como mínimo los gastos de operación y mantenimiento con el fin de evitar el deterioro del sistema.

#### 7.4. MANTENIMIENTO Y REPARACION

Para el mantenimiento es recomendable organizar una unidad móvil dedicada a esta actividad y que incluya en su función reparación de averías ya que no se justifica por razones de costo y limitaciones de personal calificado, contar con un equipo técnico en cada una de las P.C.H. Es conveniente que el operador reciba entrenamiento para realizar trabajos de mantenimiento preventivo.

Se hace necesario que cada planta cuente con un pequeño taller con un mínimo de herramientas y equipos que permita al operador hacer reparaciones menores y que sirva de apoyo a la unidad móvil que estaría compuesta por dos técnicos de nivel medio, especializados en la rama de electroenergía.

En cada planta debe existir copia de los planos tanto de las obras civiles como del sistema electromecánico para facilitar el mantenimiento de equipos e instalaciones.

Es importante buscar la permanencia del operador y facilitar su atención continuada a la planta para lo cual se recomienda que cuente con vivienda anexa a la planta y concebida como parte del proyecto.

Además de sus funciones en la Central, el operador podría realizar actividades técnicas al servicio de la comunidad.

#### 7.5. USO DEL AGUA

El uso del agua está sujeto a la legislación de cada país y al uso prioritario que se le deba dar en los casos de abastecimiento de agua, riego o generación de energía.

Se hace necesario un acuerdo entre las instituciones que de una o de otra forma participan en la utilización del agua para determinar las prioridades y establecer las reglas de explotación de este recurso. La legislación sobre el uso del agua debe contemplar mejores condiciones para superar conflictos en su utilización y diferenciar los criterios para autorizar su uso, dependiendo de la magnitud del proyecto con el fin de no obstaculizar su estudio o ejecución en trámites administrativos que generalmente son lentos.

#### 7.6. COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación se verán afectados según el modo de operación que tenga la planta; si la operación es automática los costos se limitarán a supervisión programada y si es manual el elemento principal del costo será la mano de obra representada por operadores cuyo número vendrá dado por el tiempo diario de generación y el tamaño de la planta.

Existen costos comunes a cualquier tipo de P.C.H. como son los originados por los lubricantes, materiales eléctricos y repuestos mecánicos, todos estos necesarios en la operación y para los que debe haber una reserva apropiada en cada planta y a nivel centralizado. Es necesario señalar que la dependencia en repuestos de equipos importados ocasiona mayores costos o interrupciones de servicio que se reflejan en los costos unitarios de generación.

La procedencia del operador influye mucho en su permanencia y el costo de éste, por lo cual no se recomienda operadores de origen externo al sitio de funcionamiento de la planta sino una correcta capacitación del personal de la localidad.

Los costos de operación se pueden rebajar sensiblemente con la standarización de equipos ya que permite una eficiente y rápida reparación de cualquier avería por contar con repuestos en todo momento y con menores stocks.

En la Fig. N° 6 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al bloque de operación de la Fig. N° 2.

UNIDAD DE OPERACION

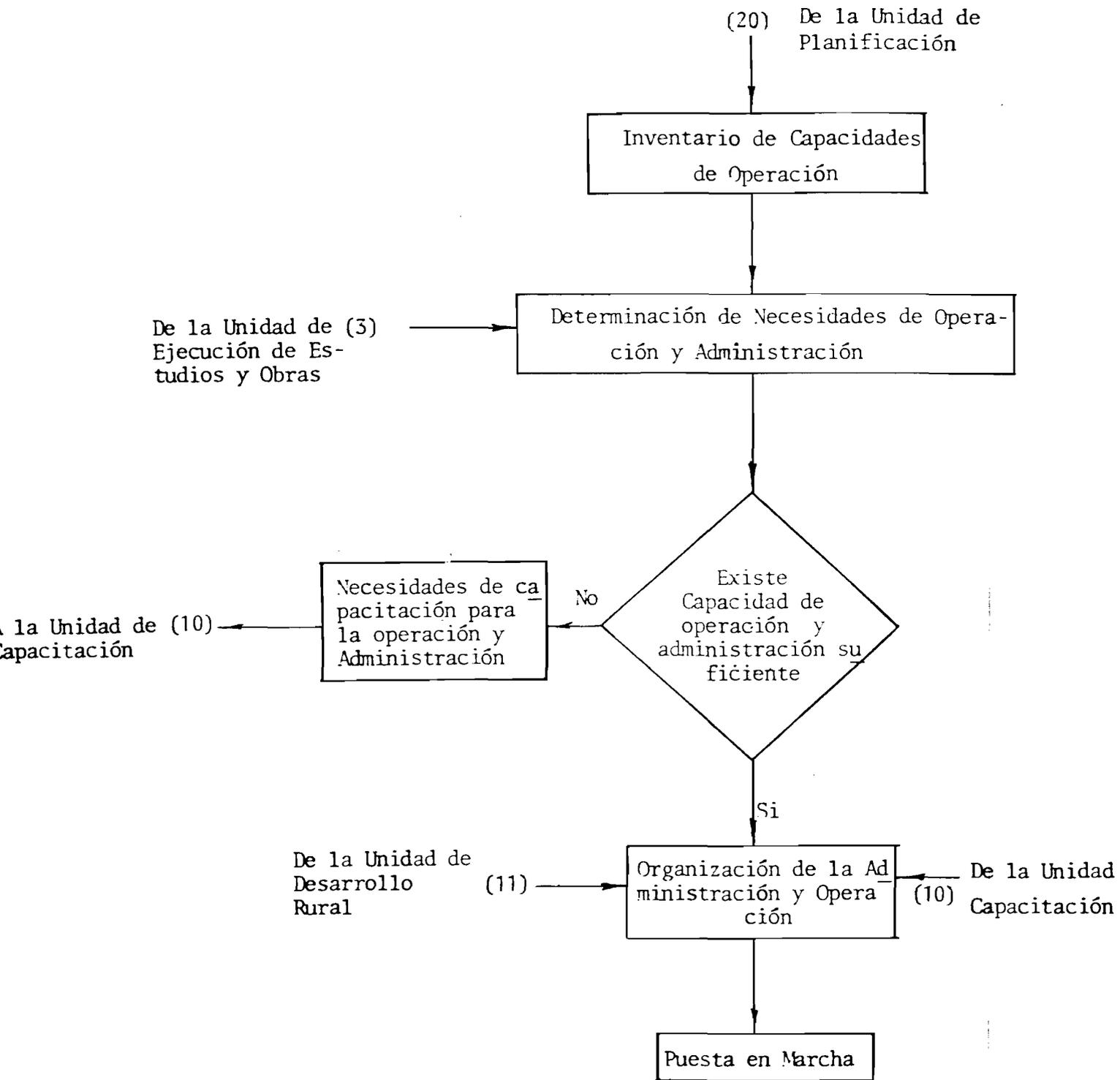


FIG. 10

3. CAPACITACION

3.1. INGENIEROS Y TECNICOS

Se sugiere que OLADE promueva cursos de especialización en P.C.H. que contemplen currícula sobre tecnologías no convencionales, tanto para los aspectos de construcción civil como para los equipos electromecánicos. Esta sugerencia abarca el campo de formación de los ingenieros y de los técnicos de nivel medio.

Al mismo tiempo OLADE podría coordinar el estudio de inclusión de asignaturas que consideren las alternativas no convencionales dentro de los currícula normales en las diferentes escuelas de ingeniería y de formación de técnicos de nivel medio. Para evitar duplicación de esfuerzos sería necesario determinar las características de infraestructura en la región y realizar acciones de refuerzo a los centros más avanzados en esta materia.

En un comienzo podría ensayarse un programa de especialización que considere aspectos generales de los recursos hídricos en el medio rural o de zonas aisladas para luego ir detectando la conveniencia de ofrecer una especialización aún mayor para el desarrollo masivo de P.C.H.

Sería de capital importancia la creación de fondos financieros para el desarrollo de los cursos de especialización antes mencionados.

En el Anexo IX se proponen bases para Cursos de Especialización en P.C.H. para Ingenieros y Técnicos de nivel medio. Se propone su implementación a nivel regional.

## PERSONAL PARA CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO

El grado de calificación para el personal de construcción será función de la dimensión de la obra, sin embargo, se hace notoria la falta de personal con conocimientos básicos de construcción de P.C.H., esto implica una necesidad de crear centros o dictar cursos aislados por regiones que permitan capacitar personal.

La organización adecuada de los Comités locales de Electrificación para asegurar un apoyo efectivo de las poblaciones al programa de pequeñas hidro, requiere la capacitación de sus miembros de manera que sea posible obtener oportunamente datos básicos y realistas que faciliten la elaboración de los estudios y proyectos.

Los requerimientos de personal no calificado en general no son un problema de la región, ya que la mano de obra es abundante en la mayoría de los lugares donde se prevea la construcción de P.C.H. Son de tener en cuenta las épocas de las cosechas o similares que originan gran demanda de mano de obra y pueden ocasionar problemas de costos o disponibilidad de personal para la ejecución de las obras.

Se deberá capacitar personal, preferentemente del lugar, para:

- a) Colaborar en los trabajos de estudios y proyectos
- b) Colaborar en la ejecución de obras e instalaciones, mecánicas y eléctricas.
- c) Operación y mantenimiento de las Centrales y Redes Eléctricas.
- d) Administración de los Servicios Eléctricos.

Cada país debe crear, bajo la organización estatal, escuelas de capacitación de operadores, así como del personal técnico que tendrá a su cargo el mantenimiento de las P.C.H.

En este contexto se requiere la creación de escuelas de capacitación en lo siguiente:

- Comité Pro-Electrificación
- Capacitación de personal para la instalación de redes de transmisión y distribución, así como las acometidas industriales y domiciliarias
- Capacitación de personal para la operación y mantenimiento de las centrales y redes eléctricas.
- Capacitación de personal para la administración de pequeños sistemas eléctricos.
- Capacitación de personal para la instrucción y enseñanza a las poblaciones sobre aplicaciones y uso de la energía eléctrica.

La canalización de información, experiencia, técnicos e ingenieros por parte de OLADE será de gran apoyo para los países miembros ya que es factible crear grupos asesores que permitan extender el conocimiento sobre operación y mantenimiento de las PCH y compartir experiencias particulares mediante cursos, conferencias o seminarios.

Conviene considerar la creación de una "Planta Escuela" en los países, para el entrenamiento teórico-práctico del personal de mantenimiento y operación. Así mismo las plantas piloto donde se experimenta la aplicación de tecnologías no convencionales, deberán servir también de instrumentos para la capacitación en dichas tecnologías.

La capacitación de Ingenieros y Técnicos para el mantenimiento, reparación y reconstrucción de equipos puede realizarse en unidades de capacitación anexas a los talleres principales.

Estos aspectos de capacitación en el trabajo para PCH, han sido ya implementados en algunos países de la región y se requiere que OLADE promueva el intercambio de experiencias, información y organización de cursos a nivel regional orientados a la formación de instructores.

En el anexo X se proponen lineamientos para cursos de capacitación de operadores. En la figura N° 11 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al bloque de capacitación de la Figura N° 11.

UNIDAD DE CAPACITACION

De las diferentes Unidades

Inventarios de Necesidades de Capacitación

Inventario de Facilidades de Capacitación (Universidades, escuelas, cursos)

Capacidad suficiente para la Capacitación

Si

No

Diseño de Programas (cursos) Capacitación

Creación de Escuelas y Coordinación con Universidades y Centros de Investigación

Organización de los Programas de Capacitación

Capacitación para la participación de las comunidades

(13)

A la Unidad de Desarrollo Rural

Capacitación para la fabricación de equipos

(21)

A la Unidad de Producción de Equipos

Capacitación para la ejecución de estudios de proyectos y de Obras

(9)

A la Unidad de Ejecución de Estudios y Obras

Capacitación de la ejecución de estudios de Evaluación de recursos y Demanda

(1)

A la Unidad de Evaluación de Recursos y Demanda

Capacitación para operadores y Administración de las PCH

(10)

A la Unidad de Operación

FIG. 11

FORMULARIO

FORMULARIO DE HOJA DE DATOS DE P.C.H.

Nombre de la P.C.H.:

Localización:

(1)	(1)	(1)	Localidad

(1) Definir según división político-administrativa del país.

CUENCA	SUB- CUENCA		HOYA HIDROGRAFICA	
Capacidad	Area (Km <sup>2</sup> )	Caudal Mínimo diario (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Máximo de Avenida (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Promedio multianual (m <sup>3</sup> /seg)

(2) Alternativamente señalar datos de sub-cuenca o cuenca

Situación de la PCH: Existente: <input type="checkbox"/> En construcción <input type="checkbox"/> En Proyecto <input type="checkbox"/>
Estado de la P.C.H.: Bueno <input type="checkbox"/> Malo: <input type="checkbox"/> No. Operativo <input type="checkbox"/>
Situación de las Redes: Existente <input type="checkbox"/> En construcción <input type="checkbox"/> En proyecto <input type="checkbox"/>
Estado de las redes: Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> No Operativo <input type="checkbox"/>
Pot. instalada o por Instalar (kW) (3):
Demanda Máxima Prevista (kW):
Energía media anual (kWh):
Tipo de Turbina
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)
Salto bruto (4) (m)

(3) En bornes de generador

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

Población servida:						
Número de abonados:						
Uso de la energía eléctrica (3)						
Alumbrado Público	Doméstico	Comercial	Industrial	Irrigación	Minería	Otros
Otros (explicar):						

Actividades productivas que usan la energía eléctrica (Detallar)  
(carpintería, panadería, ladrilleras, etc.)

---

---

---

---

---

---

OBSERVACIONES:

ANEXO II

FORMATO DE HOJA RESUMEN PARA LOS INVENTARIOS NACIONALES DE P.C.H.

País:

Potencial Hidroeléctrico (1)	Potencia (kW)	Energía (kWh)
Total:      Estudiado Estimado		
Para P.C.H.:      Estudiado Estimado		

(1) Técnica y económicamente aprovechable

P.C.H. instaladas:

Número:	Potencia (kW):		Energía (kWh)
Situación:	Bueno	Malo	No operativo
Rangos y tipo de turbina	Baja caída (Axial)	Media caída (Francis o Michell)	Alta caída (Pelton)
Hasta 50 kW 51 - 500 kW 501 - 5.000 kW			

P.C.H. en Proyecto o en construcción

Número	Potencia (kW)		Energía (kWh)
Rangos y tipo de turbina	Baja caída (Axial)	Media caída (Francis o Michell)	Alta caída (Pelton)
Hasta 50 kW 51 - 500 kW 501 - 5.000 kW			

P.C.H. que se estima se pueden instalar

Número	Potencia (kW)		Energía (kWh)
Rangos y Tipo de Turbina	Baja caída (Axial)	Media caída (Francis o Michell)	Alta caída (Pelton)
Hasta 50 kW			
51 - 500 kW			
501 - 5.000 kW			

ANEXO III. -

FORMATO DE DATOS PARA LA IDENTIFICACION DE CENTROS AISLADOS Y MICRORE-  
GIONES. -

Nombre del Centro Poblado: \_\_\_\_\_

Datos de la ubicación:

(1)	(1)	(1)

(1) Según la división política administrativa del país

DEMANDA

Población		Densidad de Población (hab/km <sup>2</sup> )	
Número de abonados potenciales			
Doméstico	Comercial	Industrial	Otros

HOYA HIDROLOGICA A LA QUE PERTENECE

AREA(km <sup>2</sup> )	CAUDAL MINIMO (m <sup>3</sup> /seg) DIARIO	CAUDAL MAXIMO DE AVENIDA (m <sup>3</sup> /seg.)	CAUDAL PROMEDIO ANUAL O MULTIANUAL (m <sup>3</sup> /seg)

ALTERNATIVAS DE ESPECIFICACION

	1 Alternativa	2 Alternativa	3 Alternativa	4 Alternativa
SALTO APROVECHABLE PARA LA P.C.H. (m) (2)				
CAUDAL APROVECHABLE PARA LA P.C.H. (m <sup>3</sup> /seg)				
POTENCIA INSTALABLE PARA LA P.C.H. (kw.)				

(2) Medido desde el nivel de captación hasta el nivel mínimo aprovechable en la descarga.

SITUACION DEL SERVICIO

Cuenta con servicio eléctrico : Si  No

Tipo: Hidráulico  Térmico  Transmisión desde un S.E. mayor

Situación del servicio : Bueno  Malo  Regular

Año de instalación o interconexión:

Nivel de tensión de sub-transmisión (kV):

Situación de las Redes: Bueno  Malo  Regular

Generación Hidráulica: Existente  En construcción  En proyecto

Estado de la P.C.H.: Bueno  Malo  No operativo

Pot. Instalada (kW): Max Demanda (kW): Energía(kW):

Salto disponible (m):

Caudal aprovechable ( $m^3/s$ )

Distancia de la P.C.H. al centro Poblado (Km.)

Nota: En caso de existir varias unidades señalar las características de cada una de ellas.

Generación Térmica:	Existente <input type="checkbox"/>	En construcción <input type="checkbox"/>	En Proyecto <input type="checkbox"/>
Estado:	Bueno <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	No operativo <input type="checkbox"/>
Pot. Inst. (KW)	Máxima Demanda(KW.)	Energía (KWh)	
No. de grupos:	Potencia de c/grupo:	Tipo del equipo:	
Combustible usado:	Eficiencia(KWh/Gal):		

Generación desde otro Sis. Eléctrico:	Existente <input type="checkbox"/>	En instalación <input type="checkbox"/>	En Proyecto <input type="checkbox"/>
Capacidad de la línea (KW):	longitud (Km):		
Potencia del Sist. Elect. Mayor (KW):	Energía anual total (KWh):		
Máxima demanda (kW):			
Tipo: Hidráulico <input type="checkbox"/>			
Térmico <input type="checkbox"/>	Combustible Usado:		
Míxto <input type="checkbox"/>			

Red Vial

Carretera:	Asfaltada <input type="checkbox"/>	Afrimada <input type="checkbox"/>	Sin afirmar <input type="checkbox"/>
Transitabilidad (meses al año):			
Distancia a otros centros poblados:	Poblado	Distancia(km)	

Irrigaciones

Número:	Existentes (E):	En Proyecto (P):	
Irrigación	Situación (E ó P)	Area Irrigada (Km <sup>2</sup> )	Caudal m <sup>3</sup> /s

Actividades Económicas:

Ganadería (# de cabezas): (Porcino)- (Ovino)- (Vacuno)- (Otros)- (Detallar) \_\_\_\_\_

Agricultura (Área cultivada): (por tipos de cultivo-detallar): \_\_\_\_\_

Minería: (tipo de minerales, reservas y cantidades explotadas) \_\_\_\_\_

Agroindustria (Tipos y capacidades de producción): \_\_\_\_\_

Otras industrias y artesanías (detallar): \_\_\_\_\_

REQUISITOS PARA UN FORMULARIO DE INVENTARIO DE CAPACIDADES DE  
INGENIERIA Y EJECUCION DE PROYECTOS.

En realidad serían necesarios dos formularios uno para construcción y otro para estudios.

Los formularios deberán ser tramitados por la institución oficial encargada del sector de energía en cada país. Los formularios contendrían básicamente preguntas para obtener información en los siguientes aspectos:

- Experiencia en desarrollo de P.C.H. y campos afines.
- Número de profesionales y técnicos de nivel medio y su calificación por especialidades que tengan relación con P.C.H.
- Magnitud y número de proyectos ejecutados y en ejecución
- Capacidades de ingeniería de las entidades de electricidad
- Capacidades de ingeniería de otras entidades estatales
- Capacidades de ingeniería de consultores independientes.

En el formulario sobre construcción es necesario interrogar sobre la capacidad de las instituciones en cuanto a equipo.

ANEXO V

TERMINOS DE REFERENCIA PARA UNA GUIA DE ORIENTACION  
PARA LA ELABORACION Y EVALUACION DE PROYECTOS  
DE P.C.H.

La guía debe considerar, el alcance de las etapas de estudios y la metodología correspondiente para su realización.

Sería conveniente considerar las siguientes etapas dentro de los estudios:

1.- Identificación de los recursos y de la demanda. Este asunto es materia del ANEXO VII

2.- Reconocimiento preliminar

Para esta etapa deben definirse el objeto y el enfoque debe definirse igualmente el alcance de esta etapa. Además deberán estudiarse las metodologías para los siguientes aspectos:

- Demanda
- Aforo de las Fuentes.
- Selección de los posibles sitios para bocatoma y casa de máquinas.
- Selección de posibles rutas de conducción y de líneas de transmisión.
- Determinación de la caída posible
- Prefactibilidad

Los estudios que deben realizarse deberán cubrir:

- Las condiciones generales de la zona de estudio
- La recopilación y evaluación de la información disponible.
- La estimación de demanda de energía eléctrica.
- El estudio del medio físico
- El planteamiento y el análisis de las diferentes alternativas.
- La determinación de costos indicativos de los desarrollos y proyectos.

### 3.- Factibilidad

Esta etapa debe cubrir:

- Resumen de los estudios anteriores.
- Descripción y análisis de la información disponible y de las investigaciones realizadas en esta etapa.
- Descripción de las alternativas consideradas en cuanto a la disposición de esquemas de conjunto.
- Descripción de las alternativas consideradas para diseños a nivel de factibilidad para los elementos de una P.C.H., estructura por estructura.
- Comparación del proyecto de la P.C.H. con otras fuentes alternativas de suministro de energía eléctrica.

### 4.- Elaboración de paquetes o programas de P.C.H. mediante criterios de establecimiento de prioridades y estandarización.

La utilidad de esta etapa consiste en el establecimiento de una segunda instancia de factibilidad en cuanto a reducción de costos de inversión debido a los siguientes aspectos: agrupación por zonas geográficas, estandarización de equipos, facilidad de negociación para el financiamiento, posibilidad de obtener mejores condiciones en adquisición de equipos, materiales y condiciones de ejecución de las obras.

### 5.- Diseño hasta planos de construcción

Los estudios en esta etapa deberán cubrir:

- Descripción detallada de los elementos componentes del proyecto y de los procesos de diseño.
- Descripción detallada de los estudios del medio físico y de sus implicaciones sobre el diseño de los diferentes elementos.
- Descripción detallada de los criterios de selección de los equipos electromecánicos.

- Estimación de costos a partir de cantidades de obra (metrados)
- Cronogramas de construcción.

Deberían considerarse dos metodologías a saber: una general que contemplaría una descripción de las características fundamentales de cada etapa, de su enfoque así como de la manera de realizarla y una metodología detallada que indicara los pasos a seguir en cuanto a los diferentes aspectos que deben considerarse en los estudios. El alcance de cada una de las subdivisiones deberá establecerse según los diferentes rangos de potencia por instalarse. Para las potencias menores sería posible fusionar etapas o suprimirlas, esto deberá tomarse en cuenta en la preparación del documento.

## ANEXO VI

### TERMINOS DE REFERENCIA PARA UN MANUAL DE ELABORACION DE PROYECTOS DE INGENIERIA DE P.C.H. EN LATINOAMERICA

#### OBJETIVO

Proveer a los ingenieros de la región de un instrumento que les permita dimensionar las diferentes estructuras que componen una P.C.H.; calcular sus metrados o cantidades de obra; determinar el costo de proyectos sobre la base de análisis de precios unitarios, hasta un nivel que permita iniciar la ejecución de la obra; elaborar los planos a partir de los cuales se pueda acometer la construcción de la obra y realizar las comparaciones correspondientes al estudio de factibilidad.

#### ALCANCE

El manual debe contener todos los elementos necesarios para poder producir planos de construcción. Además con el fin de ilustrar los criterios de cálculo sería conveniente que el manual contemplara los fundamentos de elaboración de cada uno de los gráficos o cuadros que contenga. Esto permitirá, a los usuarios del manual, hacer un uso racional del mismo.

Por otra parte el manual deberá contener una sección dedicada a los procedimientos más indicados para el análisis de factibilidad.

Los aspectos fundamentales de ingeniería que debe considerar son los siguientes:

- Estimación de la demanda de energía eléctrica.
- Selección de la ubicación de una central hidráulica.
- Tratamiento de la información cartográfica y procedimientos para obtenerla. Especificaciones mínimas.
- Dimensionamiento de las diferentes estructuras y equipos:

1. Presa, muro o cortina de derivación
2. Bocatoma y desarenador
3. Canales y túneles con superficie libre
4. Túneles y tuberías de presión
5. Cámara de carga
6. Casa de máquinas.
  - a. Dimensiones y área de la casa de máquinas en función del equipo electromecánico.
  - b) Válvulas
  - c) Selección de la turbina y regulador de velocidad
  - d) Selección del sistema de acople turbina-generador
  - f) Selección del tablero de control e instrumentación
  - g) Selección del sistema transformador y conexiones.
7. Líneas de transmisión y redes de distribución.

Dentro del mismo enfoque sería de capital importancia una sección sobre hidráulica torrencial y fluvial para poder ubicar con menores riesgos, los sitios de bocatoma y demás estructuras componentes de las P.C.H. Al mismo tiempo debería contener una sección con los aspectos más importantes acerca de la hidrología de cuencas con áreas de drenaje inferiores a  $500 \text{ Km}^2$ . También es de especial interés disponer de orientaciones en lo relacionado con las aplicaciones de la hidrología de zonas montañosas.

El manual debe considerar recomendaciones para diseños y aplicación de tecnologías no convencionales.

En lo referente al equipamiento debe incluir orientaciones sobre diseño, construcción y materiales según las características de la aplicación.

Sería conveniente dividir el manual en partes consagradas a diferentes grupos de P.C.H. en función de la potencia por instalar o bien hacer referencia a ellos en el texto.

### METODOLOGIA

A partir de los manuales ya existentes en los diferentes países de la región y utilizando como términos de referencia las características definidas del objetivo y del alcance antes mencionados, sería conveniente distribuir el trabajo por especialidades. En seguida es aconsejable prevér reuniones intermedias de los especialistas para evaluar el trabajo, previa definición de metas fijas.

## ANEXO VII

### Términos de referencia para un manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y de demanda energética rural en Latinoamérica.

#### I Evaluación de recursos de P.C.H.

##### OBJETO.-

Se trata de elaborar un manual que permita , a los ingenieros y economistas de la región, calcular los potenciales teóricos y técnica y económicamente instalables con una aproximación suficiente para las etapas de planeamiento y programación. Los resultados también servirían para la elaboración de proyectos específicos.

##### ALCANCE Y METODOLOGIA

El manual debería contemplar dos tipos diferentes de evaluaciones a saber:

En primer lugar la evaluación global, que debe ser de tipo estadístico y definir concentraciones de potencial teórico en términos de potencial específico.

Después de establecer los criterios y metodologías para la evaluación global, se elaborará la sección correspondiente a la evaluación sistemática de tipos lineal y puntual.

Debe hacerse énfasis en que los resultados de la evaluación global se utilicen para el desarrollo del inventario sistemático. Además conviene mencionar que pueden aprovecharse los inventarios efectuados para desarrollos y proyectos de capacidad superior a los límites establecidos para P.C.H.

Deben considerarse los siguientes aspectos:

- Procedimientos para tratar la información cartográfica y topográfica o para complementarla en los casos que falte dicha información.
  - Procedimientos para tratar la información hidrometeorológica.
  - Procedimientos para estimar variables hidrometeorológicas con base en relaciones de generalización y en criterios de hidrología geográfica.
  - Procedimientos para evaluar el potencial teórico (global)
  - Procedimientos para evaluar los potenciales lineal y puntual.
  - Procedimientos para realizar los estudios de geología general.
  - Procedimientos para establecer las alternativas de los diferentes proyectos.
  - Gráficos y cuadros necesarios para evaluaciones rápidas de cantidades de obra (metrados) de las siguientes estructuras:
    - 1.- Presa, muro o cortina de derivación
    - 2.- Bocatomas y desarenadores
    - 3.- Canales, túneles y tuberías
    - 4.- Cámara de carga
    - 5.- Obra civil de la casa de máquinas
    - 6.- Equipo electromecánico
- Procedimientos para realizar las comparaciones económicas entre alternativas.

A partir de los trabajos ya realizados en los diferentes países de la región y utilizando estos términos de referencia se sugiere complementar los instrumentos ya existentes y producir los faltantes, de acuerdo con la enumeración de aspectos antes descrita.

## II EVALUACION DE LA DEMANDA ENERGETICA RURAL.-

### OBJETO.-

Se trata de elaborar un manual que permita determinar la demanda energética rural a nivel de localidades, zonas o regiones.

ALCANCE. -

Deben tenerse en cuenta las agrupaciones posibles de núcleos de población por vocaciones socio-económicas y geográficas a nivel de los países y de las regiones. Es importante distinguir en el manual las demandas desagregadas por sectores primarios, secundarios y terciarios.

Por otra parte es muy importante considerar las proyecciones para desarrollo futuro en términos de una economía para el sector social.

METODOLOGIA. -

Debe referirse a un análisis demográfico escueto que considere la situación migratoria general del campo a la ciudad, en la región.

Además es importante una referencia a estudios socio-económicos con visitas a las zonas de interés que permitan captar la realidad y elaborar un enfoque no convencional en términos que permitan encuadrarlos en una economía para el desarrollo. Dentro de este marco de referencia es muy importante que la metodología tenga en cuenta la fijación de dotaciones elásticas que permitan un plan de desarrollo futuro y que cumplan con los planes y programas generales de desarrollo rural.

La metodología debe ser al inicio de tipo indirecto y considerar varias alternativas de nivel de tarifas.

ANEXO VIII

Identificación de actividades productivas en localidades aisladas y en el medio rural, que pueden aprovechar la energía generada por las P.C.H.

ACTIVIDADES	POTENCIA INSTALADA DE CONSUMO (kW)
- Carpinterías	5 - 15
- Panaderías	2 - 5
- Actividades artesanales	1 - 2
- Aserradores pequeños	15 - 30
- Trapiche	10 - 20
- Molienda de granos	3 - 20
- Telares	0.5- 6
- Beneficiaderos de café	5 - 30
- Molinos de canteras	6 - 30
- Fabricación de hielo	6 - 60
- Bomba (irrigación)	2 - 100
- Ladrilleras	1 - 5
- Albergue (20 huéspedes)	2 - 5
- Restaurant	1 - 2
- Conservas vegetales	5 - 20
- Productos lácteos (mantequilla, queso)	2 - 10
- Lecherías (enfriamiento y pre-evaporación)	5 - 20
- Silos	3 - 5
- Talleres de electricidad y mecánica (reparaciones)	5 - 15
- Bombas de gasolina	0.5 - 5

ANEXO IX .-

CURSOS REGIONALES DE ESPECIALIZACION EN P.C.H.

OBJETO. -

Dotar a la región de un sistema de estudios y formación de profesionales en materias relacionadas con el desarrollo de P.C.H.

ALCANCE Y METODOLOGIA

Los programas deben quedar encuadrados dentro de una filosofía de reforzar los adelantos ya obtenidos en algunos países de la región.

Deben considerarse las siguientes opciones: para ingenieros: cursos de adiestramiento, cursos de post-grado y mejoramiento de los currícula de los diferentes departamentos de ingeniería que tienen que ver con el desarrollo de P.C.H.; para técnicos de nivel medio: aspectos teóricos dentro del mismo programa para los ingenieros y capacitación subregional y/o en servicio.

Los cursos se desarrollarán conjuntamente para todas las especialidades y las evaluaciones serán diferenciadas según las especialidades, se dará énfasis a la preparación de trabajos monográficos por equipos interdisciplinarios.

APROXIMACION A LOS CURRICULA. -

1. Cursos de adiestramiento para ingenieros:
  - Hidráulica e hidrología.
  - Hidráulica general.
  - Hidrología geográfica e hidrometría.
  - Hidráulica torrencial y fluvial.
  - Aprovechamientos hidroeléctricos en pequeña escala.
  - Estructuras hidráulicas.
  - Fundamentos de geología, geomorfología, geotecnia y ecología.

- Desarrollo de recursos hídricos de uso múltiple
- Economía en proyectos de recursos hídricos.
- Administración y conservación de recursos a nivel de cuenca .
- Elaboración de proyectos de inversión, aplicada a P.C.H.
- Elementos de sociología y psicología.
- Metodología de la tecnología
- Redacción de informes .
- Materiales no convencionales, diseño y construcción ,
- Aprovechamientos electromecánicos
- Aplicación de sistemas de regulación y control.
- Materiales eléctricos.
- Utilización de máquinas eléctricas.
- Máquinas hidráulicas.
- Modelos físicos y semejanza.
- Instalaciones eléctricas.
- Líneas de transmisión de media y alta tensión.

## 2.-CURSOS DE POSTGRADO

- Laboratorio de máquinas e instalaciones eléctricas
- Matemáticas aplicadas
- Mecánica de fluidos
- Hidráulica general
- Diseño mecánico aplicado al equipamiento de P.C.H.
- Hidrología geográfica, física, estocástica e hidrometría.
- Hidráulica torrencial y fluvial.
- Laboratorio de hidráulica.
- Aprovechamientos hidroeléctricos en pequeña escala.
- Laboratorio de máquinas hidráulicas.
- Estructuras hidráulicas.
- Fundamentos de geología, geomorfología geotecnia y ecología.
- Desarrollo de recursos hídricos de uso múltiple.
- Administración y conservación de recursos a nivel de cuenca.
- Laboratorio de mecánica de suelos y de rocas .
- Metodología de la tecnología y aproximación al diseño.
- Redacción de informes.

- Materiales no convencionales, diseño y construcción para ingeniería civil.
- Máquinas hidráulicas.
- Máquinas eléctricas.
- Investigación y desarrollo tecnológicos.
  
- Investigación de operaciones.
- Principios de diseño y construcción de generadores y transformadores
- Elementos de sociología y psicología.
- Propiedades y selección para equipamiento electromecánico.
- Metalurgia aplicada al diseño y construcción de equipamiento electro mecánico de P.C.H.

### 3.-MEJORAMIENTO DE LOS CURRICULA.-

Deben estudiarse los diferentes programas de la región con el fin de proponer modificaciones o mejoramientos concretos en:

- Control automático.
- Electrónica aplicada a sistemas de potencia y control automático.
- Materiales eléctricos.
- Elaboración y evaluación de proyectos de inversión aplicados a P.C.H.
- Aprovechamientos hidráulicos

### 4.-CURSO DE ASPECTOS TEORICOS PARA TECNICOS DE NIVEL MEDIO

- Matemáticas fundamentales aplicadas.
- Topografía.
- Hidrometría.
- Ensayos de laboratorio.
- Hidráulica fundamental.
- Materiales de construcción no convencionales.
- Procesos de fabricación y reparación de equipos (soldadura, maquinado, ensamble etc.)
- Materiales (para construcciones civiles, eléctricas y mecánicas).
- Interpretación de planos.

- Administración y conservación.
- Métodos constructivos.
- Elementos de programación e interpretación de gráficos.
- Elementos de sociología y psicología.
- Redacción de uniformes.
- Máquinas hidráulicas (aplicación, montaje y mantenimiento).
- Instalaciones eléctricas.
- Máquinas eléctricas (aplicación montaje y mantenimiento.)

Como segunda parte del entrenamiento para técnicos de nivel medio se considerará la capacitación en servicio o en centros subregionales. Es de vital importancia la coordinación del programa de ingenieros con los centros de educación superior de la región, y de los técnicos de nivel medio con los organismos del trabajo representados en la región.

ANEXO X

LINEAMIENTOS PARA CURSOS DE CAPACITACION DE OPERADORES.-

OBJETO.-

Generar esquemas institucionalizados orientados a la capacitación de operadores de origen rural para P.C.H.

METODOLOGIA Y ALCANCES

De acuerdo con las experiencias desarrolladas en países de la región, se ha llegado a la conclusión que los cursos de capacitación deben basarse, en una primera etapa, en una planta piloto adecuada para constituirse como "planta escuela" y en una segunda etapa debe desarrollarse en plantas existentes.

La primera etapa el curso tendrá un carácter teórico-práctico adecuado a los niveles educacionales de los operadores; se esperarí que los operadores rurales tuvieran por lo menos educación primaria completa. La duración del curso será de tres meses y comprendería las siguientes materias:

- Ciencias básicas .
- Principios elementales de funcionamiento de una P.C.H. y su equipos.
- Operación de P.C.H. e interpretación de manuales de operación.
- Principios y métodos de mantenimiento preventivo de P.C.H.
- 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.

La segunda etapa será de carácter esencialmente práctico, consistente en el entrenamiento de los operadores que hayan concluido satisfactoriamente con la 1era. etapa, quienes trabajarán en una planta existente por un período de dos meses y bajo las órdenes de un operador calificado.

