

80-48

(696)



# OLADE

ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

SECRETARIA PERMANENTE

GT/T/139  
17-VII-79

IX JUNTA DE EXPERTOS

26-27 Noviembre, 1979

Panamá, Panamá

Castellano

Original: Castellano

2da. Edición Corregida- Septiembre 1980

---

EL DESARROLLO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS  
EN LATINOAMERICA Y EL CARIBE

100 H 11 AMEDIC MARTINEZ EL CARIBE /  
DESARROLLO

OLADE  
306

Acceso:  
0347

## I N D I C E

I	ANTECEDENTES INTRODUCTORIOS	Pág. 1
II	PANORAMA ACTUAL, VENTAJAS Y LIMITACIONES CON RESPECTO A AMERICA LATINA	Pág. 3
III	DEFINICION Y CLASIFICACION	Pág. 11
IV	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	Pág. 14
V	EL PROGRAMA REGIONAL DE OLADE	Pág. 46

## I. ANTECEDENTES INTRODUCTORIOS

El presupuesto energético del modelo de desarrollo predominante en la Región, es la abundancia y la accesibilidad a la adquisición económica del petróleo. Sin embargo, a partir de la crisis en 1973 y de la perspectiva del agotamiento de las reservas, se hizo patente que el modelo "petróleo intensivo" presentaba serias limitaciones para responder a la demanda consecuente de un crecimiento sostenido, acentuando aún más las diferencias entre sectores sociales.

Un cálculo estimativo indica que las reservas de petróleo y gas en la Región podrían ser insuficientes para cubrir la demanda hacia fines de este Siglo, aún cuando la totalidad de estos combustibles fósiles se consumieran sólo en ella. Por otra parte, la importación del déficit de otras regiones del planeta es altamente improbable debido a la situación de las reservas globales y a los problemas de orden económico.

Estas reflexiones indican que, si el objetivo buscado es el desarrollo armónico de la Región, debe establecerse un modelo de aprovechamiento energético que pongan en juego la potencialidad de todos sus recursos disponibles. Para ello, deberá necesariamente adoptarse un pluralismo tecnológico en materia energética que permita responder, de manera adecuada, a cada problemática específica.

En numerosos estudios quedó demostrado que en los sectores sociales de muy bajos niveles de consumo energético, incrementos relativamente pequeños en el mismo se traducen en mejoras más que linealmente proporcionales en algunos aspectos relacionados a la calidad de vida humana. Este hecho se vuelve particularmente relevan

te en el sector rural, donde la no resolución de sus necesidades energéticas ha contribuido al mantenimiento de situaciones de extrema precariedad y miseria.

El desarrollo e implementación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (P.C.H.) podría contribuir de manera significativa a la solución de los problemas antedichos. Si bien es cierto que los principales problemas del medio rural latinoamericano y de los sectores sociales marginados no son únicamente de carácter energético, la resolución de los mismos está vinculada a las inter-relaciones que operan en la estructura global; una de cuyas variables de alta significación es la energía.

Si bien en América Latina se han desarrollado iniciativas individuales conducentes a la evaluación y desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, se puede decir, que en general se carece de un enfoque mancomunado a largo plazo y de una visión general (tanto tecnológica como institucional, económica, social, industrial, etc.) para su implantación masiva. Esta situación es en parte resultado de la descoordinación existente no sólo entre países de la Región, sino también entre instituciones de un mismo país.

Consciente de este panorama y de la importancia que para los países de la Región adquiere esta fuente energética renovable, OLADE ha iniciado una etapa de profundización de sus actividades en el tema de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas con la ejecución de un programa regional de P.C.H. que responde a sus objetivos fundamentales de promoción, coordinación y orientación a los Estado Miembros, respecto a nuevas fuentes de energía.

## II. PANORAMA ACTUAL, VENTAJAS Y LIMITACIONES CON RESPECTO A AMERICA LATINA.

### 1. Síntesis de la situación socio-económica de la región .

América Latina está conformada por un conjunto de países aún no desarrollados y con aspiraciones y problemas socio-económicos cuyas realizaciones y resoluciones tienen un común denominador.

Un gran porcentaje de su población humana está distribuido entre grandes concentraciones urbanas, mientras que en el habitat rural la población se encuentra dispersa o localizada en pequeños núcleos humanos; alrededor del 40% y del 51%, respectivamente.

La búsqueda de fuentes de trabajo y de mejores condiciones de vida ha motivado la emigración desde el medio rural hacia las ciudades, generando graves problemas socio-económicos e institucionales.

El ritmo de crecimiento de la población humana localizada en el medio rural, a nivel de la Región, es del 1.14%, y en muchos países tiende a disminuir por la emigración de población hacia los centros urbanos.

Debido al grado de dispersión de un alto porcentaje de la población rural (75.9%), no es factible en términos económicos incorporar a todos sus integrantes a los sistemas de electrificación nacionales.

El modelo de producción predominante, en términos de la magnitud de la población humana involucrada en él, puede definirse como de autoconsumo o subsistencia simple e incluye, además de

de las pequeñas unidades agrícolas, intercambios comerciales similares al trueque, artesanías del género agroindustrial e industria rural elemental o doméstica, y micro intercambio de bienes de consumo con núcleos humanos de mayor magnitud y nivel de ingresos.

## 2. Síntesis del Sector Energético.

Las reservas energéticas totales de América Latina constituyen aproximadamente el 5% de las reservas mundiales. Considerando la producción energética total, incluyendo los combustibles vegetales, ésta alcanza al 6% mientras que el consumo total de energía sólo representa el 4.5% del total mundial.<sup>1/</sup>

En relación con el comercio internacional de energía América Latina participa en el 11.5% de las exportaciones y en el 8.8% de las importaciones.

Los niveles de consumo de energía primaria de origen comercial por habitante son, en general, reducidos ya que representan sólo un 22% de los valores medios europeos. El consumo en las áreas rurales y sectores sociales marginados es aún menor.

Para el total de América Latina los hidrocarburos aportan el 77.3% de la producción y el 64.7% del consumo, lo cual contrasta con el 21.3% que dichas fuentes aportan al total de las reservas de energía.

Los recursos hidroeléctricos están sub-utilizados contribuyendo con sólo un 15% del consumo energético y un 10% de la producción total de energía, mientras representan el 66.6% de los recursos energéticos de la región.

---

<sup>1/</sup>: Estudio sobre requerimientos futuros de FNCE en América Latina  
Fundación Bariloche, Rep. Argentina- Enero 1979.

Otras fuentes convencionales y no convencionales de energía como el carbón mineral, la energía nuclear y la geotermia, han tenido escasa utilización.

En relación con el origen del abastecimiento energético, es importante destacar que América Latina es básicamente una región importadora de energía.

La posición importadora de la mayoría de los países se debe casi exclusivamente al petróleo y sus derivados y en menor medida al carbón, ya que las otras fuentes son totalmente locales.

### 3. El Sub-sector Eléctrico

El sub-sector eléctrico en América Latina es de escasa significación si se compara con el mismo de los países europeos, ya que los niveles de consumo medio por habitante no superan al 20% de los niveles alcanzados en Europa.

La difusión del servicio eléctrico es reducida ya que en conjunto de América Latina alcanza sólo al 50% de la población. En el sector rural de la Región, la prestación del servicio eléctrico es de escasa significación, estimándose en promedio, que no más del 15% de su población está relativamente abastecida. En este sector el servicio eléctrico es deficiente, discontinuo y en muchos casos se suministra parcialmente durante las horas de mayor demanda.

### 4. Recurso Hídrico

América Latina, por sus favorables condiciones climaticogeográficas, posee un potencial altamente significativo de recursos hídricos, inexplorado y no cuantificado.

En general, los recursos hídricos utilizados se aplicaron a la satisfacción de algunas necesidades básicas de sectores minoritarios de la población: en irrigación, navegación y generación de electricidad, principalmente.

El aprovechamiento de la hidroelectricidad en la región se encuentra aún en una primera etapa de desarrollo y está orientado, en la mayoría de los países, a la ejecución de grandes proyectos tendientes a satisfacer necesidades de energía de las grandes concentraciones humanas, y concurrentes en los sistemas de interconexión eléctrica nacionales.

La cuatificación y utilización de los recursos hídricos disponibles para desarrollar las pequeñas centrales hidroeléctricas, como una respuesta a las necesidades de dotación de energía a los habitantes y actividades de las comunidades rurales y a la población humana dispersa, no han sido generalmente consideradas en los diseños de políticas de desarrollo de los países de la Región.

La inadecuada información hidrológica y climatológica existente dificulta la correcta evaluación de los recursos, haciéndose imperativo reforzar las entidades encargadas de la recopilación y procesamiento de datos relativos a gastos, así como el desarrollo de técnicas y metodologías no convencionales de evaluación aplicables a cuencas menores de 250 Km<sup>2</sup>.

##### 5. Fuentes Energéticas Alternativas

El desarrollo de las pequeñas centrales hidroeléctricas ha de jugar un papel muy importante en el abaratamiento de los costos y accesibilidad a las fuentes de energía, así como en la sustitución de los combustibles fósiles que en la mayoría de los países son importados. En consecuencia, contribuirá a la disminución de la dependencia.

Las reservas conocidas de combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón), van en disminución a la par que se incrementan sus precios bajo un comportamiento inestable e impredecible en el corto plazo (las reservas de la Región, estimadas en el año 1978, totalizaron  $4.911 \times 10^9$  TM en equivalente de petróleo).

Aunque el desarrollo de una central hidroeléctrica requiere costos de inversión inicial relativamente elevados, comparados con plantas térmicas de igual capacidad, se ha demostrado que a largo plazo las plantas hidro son económicamente rentables, con una mayor vida útil, (esto con un adecuado manejo del ecosistema involucrado) sin estar sujetas a los incrementos en los precios de combustibles durante su operación.

Los efectos ambientales negativos de una pequeña central hidroeléctrica son mínimos y de más fácil control comparados con centrales que operan a base de combustible. Salvo pequeños conflictos emergentes de las alternativas de uso de agua y tierra, los efectos en la calidad, cantidad y disponibilidad del agua son nulos.

Con relación a otras fuentes no convencionales de energía, las pequeñas centrales hidroeléctricas cuentan con tecnologías más desarrolladas y al alcance de muchos países de la Región. En otras fuentes de energía, como la solar, biogas, etc., las tecnologías están en etapas de desarrollo y perfeccionamiento. Desde el punto de vista económico las otras fuentes no convencionales de energía, al grado de desarrollo de la tecnología actual, no compiten con las centrales hidroeléctricas en igualdad de condiciones.

6. Impacto previsible de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

La construcción de las pequeñas centrales hidroeléctricas, especialmente en áreas rurales no electrificadas, puede incidir en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores, permitir la instalación de pequeñas industrias, y agregar elementos positivos para el funcionamiento de escuelas, centros de salud, comunicaciones, pequeño comercio, etc. La irrigación mediante sistemas accionados hidráulica o eléctricamente puede mejorar la producción y motivar al productor para la reconversión económica de la misma.

7. Tecnología y Producción Industrial de Equipos

La expansión, en términos de difusión masiva de la construcción y puesta en funcionamiento de P.C.H., debe ser precedida primero, y luego marchar a la par del desarrollo de la tecnología básica para su ejecución y de la industrialización del equipamiento requerido para atender las particularidades de cada área de localización de aquellas.

Los avances registrados en cuanto a tecnología y producción de equipos para pequeñas centrales son aún insuficientes en términos de la atención a los problemas particulares de cada uno de los países de la Región. No obstante muchos de ellos producen equipos adecuados para potencias reducidas, cuya expansión podría iniciarse de inmediato.

Algunos de los países que están adelantando programas de explotación de sus recursos hidroenergéticos en pequeña escala parecerían no estar preocupados o no disponer de los recursos necesarios para el desarrollo de tecnologías propias. Sin embargo, cabe destacar los esfuerzos que se están realizando en algunos países.

### 3. Posibilidad de Uso de Recursos Locales en la Construcción de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

De acuerdo con la experiencia acumulada en la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas, tanto en la etapa de obra civil como en la de fabricación de los equipos, es posible y recomendable la utilización de tecnología, materiales y mano de obra de cada país ejecutor. Materiales tales como piedra, grava, arena, madera, cemento y barras de acero liviano, se encuentran disponibles en prácticamente todos los países de la Región. Queda por estudiar la posibilidad de utilización de materiales livianos no convencionales como PVC., polietileno, asbesto cemento o concreto reforzado, para tuberías de presión.

### 9. Elaboración de Estudios

El planeamiento y ejecución de una pequeña central hidroeléctrica requiere la elaboración de algunos estudios previos: reconocimiento, factibilidad, diseño, para los cuales es necesario contar con equipos de topógrafos, geólogos, ingenieros civiles, ecólogos, mecánicos, eléctricos, etc., así como disponer de los instrumentos necesarios para llevar a cabo los estudios; agrimensura, sondeo, aforo de ríos, laboratorio de suelos materiales, especificación de equipos, etc.

En la mayoría de los países existe una cierta disponibilidad básica de personal humano y equipos para la ejecución de los estudios. Para ello, la ejecución de un programa intensivo de desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas deberá ir acompañado de un plan acelerado de entrenamiento de personal local hasta la obtención del número mínimo necesario.

10. Operación, Mantenimiento y Reparación

Una de las ventajas más significativas de las plantas hidroeléctricas, sobre las plantas a base de combustible, son los bajos costos de operación, mantenimiento y reparación, así como la facilidad de manejo de la planta, lo cual posibilita que su manejo sea realizado por personal local con conocimientos básicos de mecánica y electricidad, luego de un corto período de entrenamiento.

### III. DEFINICION Y CLASIFICACION

Se considera necesario clasificar las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas según diversos criterios, tanto con respecto a parámetros técnicos como en relación a su aplicación.

Cabe destacar que las magnitudes límites de potencia y salto o caída tienen un carácter sólo aproximado y referencial, debiendo evitarse interpretaciones excesivamente rígidas.

#### a) Definición General

Una pequeña central hidroeléctrica es una instalación donde se utiliza la energía hidráulica para generar reducidas cantidades de electricidad hasta 5000 kW. aproximadamente, por medio de uno o más conjuntos o grupos turbina/generador.

#### b) Clasificación según Potencia y salto

Es necesario adoptar una terminología que permita una adecuada diferenciación desde un punto de vista tecnológico y constructivo. A tal fin se adoptó el criterio siguiente:

	RANGO DE POTENCIA		Salto m		
	kW	Bajo	Medio	Elevado	
Microcentrales	hasta 50	menos de 15	15-50	más de 50	
Minicentrales	50-500	menos de 20	20-100	más de 100	
Pequeñas Centrales	500-5000	menos de 25	25-130	más de 130	

- Los rangos de potencia y salto son indicativos solamente.
- Los saltos bajos, medios y elevados corresponden aproximadamente al empleo típico de turbinas Axiales, Francis o Michell Banki y Pelton respectivamente.
- La denominación "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas " es empleada tanto para el conjunto como para la agrupación correspondiente al rango mayor.

c) Clasificación según la forma de utilización

- La captación puede ser a filo de agua (toma desde un río) o con embalse.
- La operación diaria puede ser continua o discontinua.
- Por su regulación puede ser regulable (manual o automática) o de carga constante (el exceso puede disiparse o utilizarse en aplicaciones complementarias.)

d) Clasificación según su vinculación con el sistema eléctrico:

- Centrales aisladas
- Centrales integradas a pequeñas redes comunales
- Centrales integradas a una red nacional
- Centrales para centros productivos aislados (autoprodutores tales como la pequeña minería, industria, agroindustria, etc.)

e) Clasificación según su Concepción Tecnológica

Es bastante difícil realizar una clasificación general según

los aspectos tecnológicos involucrados, ya que son significativos principalmente para cada uno de los elementos que constituyen una central. Sin embargo, en forma cualitativa, se puede considerar la siguiente:

- Centrales con Tecnologías Convencionales. Se consideran obras civiles de calidad en la toma, canal y cámara de carga; desarenador en toma, tuberías de acero, equipo electromecánico diseñado y construido según normas de países desarrollados, tableros ampliamente instrumentales, etc.
  
- Centrales con Tecnología no Convencionales. Se consideran frecuentemente la utilización y mejora de tomas y canales de riego existentes, la cámara de carga instalada en línea sobre el canal, e incluye el desarenador, tuberías de presión en materiales no metálicos, equipo electromecánico diseñado y construido con tecnologías apropiadas a las condiciones específicas del país, tableros modulares simples con un mínimo de instrumentación, etc.

## IV. ESTRATEGIA DE DESARROLLO

Si bien existen características comunes a todos los países latinoamericanos, las que permiten perfilar lineamientos de acción general para el desarrollo de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en la Región, los elementos diferenciales existentes en cuanto a potencial hídrico, nivel de desarrollo económico-social, población, etc., exigen que cada país diseñe una estrategia propia de aprovechamiento de esta alternativa tecnológica.

1. Planeamiento y Programación de Desarrollo

Se propone lo siguiente:

a) Es recomendable que cada país cuente con una unidad de planeamiento encargada del desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

b) Es recomendable que cada país formule un "Plan de Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", íntimamente relacionado con un plan de Ordenamiento Territorial, referido al uso del agua, principalmente en lo que respecta al aprovechamiento hidráulico con fines agrícolas, agua potable, etc. El plan de desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, debería proyectar acciones a corto, mediano y largo plazo, considerando entre otros aspectos los siguientes:

- Evaluación global de la demanda eléctrica del universo de las poblaciones rurales aisladas, sobre la base de estadísticas existentes, y evaluación detallada basada en muestrassignificativas en las cuencas considerada .

- Evaluación de cuencas y análisis estadístico del potencial hidroenergético en pequeña escala.
- Estudios de sustitución y complementación de fuentes energéticas alternativas renovables.
- En los programas de desarrollo de riego y canales deberá considerarse el aprovechamiento hidroenergético en pequeña escala.
- Estrategia de Desarrollo de la Tecnología del equipamiento y materiales, en coordinación con las entidades responsables de la investigación tecnológica.
- Políticas de adquisición de tecnología.
- Políticas de adquisición de equipamiento.
- Política institucional y esquemas empresariales para pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Políticas de captación de recursos para la inversión.
- Políticas financieras.
- Criterios de evaluación de proyectos.
- Requisitos para la elaboración de estudios.
- Políticas tarifarias.

c) Es recomendable la preparación de programas bienales de desarrollo de proyectos específicos cada año, incluyendo la evaluación

de la ejecución del programa correspondiente al año anterior. Estos programas deberán ser elaborados por las entidades responsables de la coordinación o ejecución de los proyectos.

## 2. Aspectos Jurídicos e Institucionales

En América Latina existen esquemas estatales, mixtos y privados en las empresas de electrificación, con predominio de las empresas estatales.

En muchos países el monopolio estatal de la electricidad, bajo diferentes modalidades de centralización y descentralización, ha dado resultados positivos en el desarrollo de electrificación. Sin embargo, es frecuente la visualización de problemas organizativos y de elevados costos de inversión y operación cuando el esquema centralizado se aplica en forma muy rígida para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas.

Si bien las formas jurídicas e institucionales dependen de las políticas gubernamentales de cada país, es posible sugerir formas organizativas mixtas que combinen la participación de las empresas de electrificación estatales, con organizaciones cooperativas comunales y municipales, en el caso de capacidades intermedias, como sería por ejemplo de 500-5000kW. Para las potencias menores, hasta 500 kW, se podría considerar la formación de empresas municipales, cooperativas y comunales autónomas, con contratos de servicios con las entidades de electrificación (proyectos, mantenimiento, entrenamiento de operadores, etc.)

Cabe destacar la importancia de la participación de la población rural en la ejecución de proyectos de pequeñas centrales

hidroeléctricas, en el marco de esquemas organizativos flexibles que permitan que el Estado provea dirección y asistencia técnica, fondos y equipamiento, mientras que la población rural asuma la iniciativa de proveer la mano de obra necesaria, algunos materiales tales como los agregados del concreto y el acarreo de materiales y equipo.

Las principales ventajas de establecer formas institucionales que permitan la participación de las organizaciones comunales y municipales son:

- Reducción de las inversiones aparentes, al maximizar la participación local en el proyecto.
- Mejores condiciones para superar conflictos en el uso del agua (riego vs. generación).
- Posibilidad de establecer descuentos en la tarifa como reconocimiento de los aportes individuales en la ejecución de la obra (mano de obra, semovientes, materiales, herramientas, etc.), como instrumento para incentivar la participación de la mayor parte de los miembros de la comunidad.
- Mayor facilidad para inspecciones y control de capacidad instalada de consumo, considerando que en muchos casos no se emplearán medidores eléctricos.
- Menores costos de operación, al emplear mano de obra local.

Sin embargo, también deben señalarse algunas restricciones que deben ser obviadas, tales como:

- Posibilidad de escasa calificación de la mano de obra local que participaría en el proyecto.
- Motivación desigual entre los miembros de la comunidad, en términos de participación en el proyecto.
- Dificultad de cumplir plazos de ejecución de obras. El planeamiento de la ejecución debe ser cuidadoso a fin de obviar las limitaciones en la disponibilidad de mano de obra local durante los períodos de siembra y cosecha.
- Posibilidad de escasa experiencia administrativa y empresarial para el manejo de la central.
- Necesidad de un programa intensivo de calificación de operadores locales.
- Relativo desconocimiento, en la población rural, de los beneficios que se pueden derivar del desarrollo energético.

Por otra parte, también se ha observado que en la mayor parte de los países latinoamericanos, la legislación sobre el uso de agua para fines energéticos no tiene un carácter promocional y los criterios de autorización no difieren mayormente según las diversas magnitudes de los proyectos. Igualmente, los trámites administrativos son muy lentos, pudiendo constituirse en uno de los principales obstáculos para



la ejecución de proyectos. Es recomendable adecuar la legislación a los diferentes casos que se presenten, otorgando facilidades especiales cuando se trata de pequeñas potencias y cuando los usuarios de la energía son los mismos usuarios del agua para fines agrícolas.

### 3. Evaluación de Recursos Hidroenergéticos en Pequeña Escala y Demanda de Poblaciones Rurales.

La mayor parte de los países latinoamericanos están desarrollando programas de evaluación de sus recursos hidroenergéticos, pero casi siempre con un énfasis en la evaluación del potencial aprovechable en gran escala.

Es conveniente impulsar programas de evaluación de recursos hidroenergéticos aprovechables en pequeña escala, en los cuales corresponde considerar lo siguiente:

- La necesidad de establecer prioridades de evaluación por cuencas, considerando tanto la importancia del recurso hídrico, como las características demográficas, económicas y sociales de las poblaciones localizadas en la zona, en el marco de que normalmente se utilizará la energía eléctrica en la misma zona, sin integrarse con sistemas interconectados.
- Que en una primera etapa la evaluación de recursos hidroenergéticos no siempre podrá ser puntual, identificando proyectos específicos, sino que en alguna medida deberá tener un carácter estadístico.
- Que la evaluación del recurso deberá estar asociada con la evaluación de la demanda localizada en

las poblaciones de una zona, estableciendo parámetros de proyección de demanda verificados por medio de muestras significativas e identificando conjuntos de poblaciones que podrían ser eventualmente atendidas con un pequeño sistema de generación de media tensión del orden de 10 kV., y poblaciones aisladas que pueden ser atendidas con una pequeña central y en algunos casos a baja tensión.

- Que a partir del punto anterior, será necesario proceder a la identificación y evaluación aproximada de proyectos específicos, ubicando posibles saltos y mediciones aproximadas de caudal.
- Que en la evaluación preliminar de proyectos podrán usarse métodos aproximados de medición, tales como alfileres, o sistemas de nivelación por medio de cuerdas y nivel de carpintero para la determinación del salto. En la medición aproximada de caudales podrán usarse desde sistemas simples de flotador hasta molinetes y vertederos.
- Que en la mayor parte de los casos no se contará con información histórica de aforos, deslizamientos, etc. y en consecuencia deberán realizarse encuestas locales e inspecciones visuales para la selección preliminar de emplazamientos.
- Que los programas de inversión a corto plazo deberán ser independientes de los proyectos de evaluación global de recurso y demanda, a fin de no retrasar la ejecución de proyectos prioritarios.

- Que las evaluaciones globales del recurso deberán incluir estudios geológicos y geomorfológicos que constituyan referencias útiles para la identificación de proyectos específicos, pero sin embargo, en la evaluación preliminar de dichos proyectos no convendría exagerar el énfasis sobre los estudios geológicos detallados, sino más bien restringirse a evaluaciones cualitativas.
- Que en la evaluación del recurso hídrico deberán considerarse los otros usos del agua, principalmente el riego, a fin de establecer criterios de complementación con el desarrollo energético.
- Que también deberán evaluarse las características de canales de regadío existentes, sus posibilidades de mejoramiento y ampliación, así como sus posibilidades y limitaciones para su utilización combinada para fines de generación.

#### 4. Tecnología y Abastecimiento de Equipamiento

La situación de los países de Latino América, respecto a tecnología y suministro de equipos, es muy variada dependiendo tanto del nivel relativo de desarrollo industrial de cada país, sus políticas tecnológicas, los esfuerzos realizados en investigación y desarrollo, así como de la experiencia industrial adquirida en la fabricación de equipos.

Dependiendo de las políticas propias de cada país, se considera que en primer lugar debe darse énfasis a los programas de investigación tecnológica a fin de desarrollar la tecnología de diseño y fabricación de equipamiento de acuerdo con las condiciones y posibilidades de cada uno de aquellos.

En segundo lugar, cuando no resulte viable el desarrollo tecnológico en determinados tipos o tamaños de equipamiento, se debería considerar la adquisición de tecnología que permita la implementación industrial de equipamiento.

En tercer lugar, en los casos donde no resulte viable la producción de equipamiento debería considerarse la importación de equipos.

En los tres casos antedichos es necesario establecer mecanismos de coordinación y cooperación entre los países Latinoamericanos a fin de asegurar un abastecimiento regular de equipos de origen regional.

a) Investigación y Desarrollo Tecnológico

En la medida de las posibilidades y políticas tecnológicas de cada país, se considera altamente prioritario el desarrollo de un programa de investigación tecnológica sobre pequeñas centrales hidroeléctricas por las razones siguientes:

- Permitiría maximizar las posibilidades de desarrollo de tecnología de diseño y fabricación de equipos adecuados a las condiciones específicas del país.
- Posibilitaría la producción de equipos de bajo costo, lo que permitiría reducir la magnitud de las inversiones iniciales.
- Adecuaría el diseño de equipo a los materiales disponibles localmente y a la estructura productiva industrial del país.

- Permitiría el desarrollo de tecnologías no convencionales.
- Posibilitaría el desarrollo sistemático del conocimiento técnico y la recopilación de información relevante.
- Facilitaría la preparación intensiva y sistemática de especialistas.
- Incrementaría la generación de infraestructura experimental y la capacidad de evaluación de plantas en operación.
- Mejoraría la capacidad para evaluar alternativas de adquisición de equipamiento.
- Disminuiría los requerimientos en términos de magnitud de recursos financieros para iniciar la investigación.

No es posible establecer un patrón único para el diseño de Programas de Investigación Tecnológica sobre Pequeñas Centrales Hidroeléctricas a nivel de cada país. Sin embargo, se pueden destacar algunos puntos generales cuya aplicabilidad deberá considerarse en cada caso. Tales puntos son:

- Es necesario que cada país cuente con políticas de desarrollo tecnológico definidas, que establezcan un marco de prioridades para la investigación tecnológica del equipamiento.

- Es necesario definir qué tipo de institución debe asumir la ejecución del desarrollo tecnológico del equipamiento. Puede ser un Instituto de Investigación Tecnológica Industrial del Estado, las universidades, organismos de investigación de las entidades encargadas de la ejecución de proyectos de inversión en pequeñas centrales hidroeléctricas, o empresas industriales dedicadas a la fabricación de equipos.
  
- Un esquema viable en muchos casos, consiste en que la responsabilidad de ejecución sea asumida por un Instituto de Investigación Estatal, el cual ejecuta directamente algunos aspectos de la investigación y subcontrata, o encarga aspectos específicos de la investigación a desarrollarse, a universidades que cuenten con investigadores calificados e infraestructura experimental, y a empresas que fabriquen equipos para pequeñas centrales o producciones afines y que estén capacitadas para asumir tareas de investigación orientadas a su implementación industrial.
  
- La captación de recursos financieros para la investigación depende en gran medida de la estructura institucional que se adopte a fin de garantizar la correcta aplicación de los fondos, los cuales pueden tener su origen en recursos públicos, tributos a las empresas industriales (que pueden ser retenidas por las mismas empresas si ejecutan actividades de investigación o prestar asistencia técnica), o recursos de proyectos de inversión (orientados a financiar plantas piloto en aplicaciones prácticas de electrificación).

- La asistencia técnica internacional que se pueda captar y su utilización efectiva, también están condicionadas a la estructura institucional de investigación tecnológica que se adopte, a fin de asegurar contrapartidas económicas efectivas y contrapartes técnicas calificadas, capaces de aprovechar los aportes externos.

Quando se trata de cooperación técnica bilateral, debe prestarse particular atención y cuidado en la definición de los objetivos y alcances de un programa, a fin de evitar formas encubiertas de venta de tecnología condicionada a objetivos comerciales, lo cual, de ser necesario, debe corresponder a acciones explícitas de negociación de compra de tecnología, en condiciones favorables y no a un otorgamiento de exclusividad encubierto en un programa de asistencia. Igualmente, en todos los casos de asistencia técnica internacional deben establecerse claramente los mecanismos de asimilación efectiva del conocimiento.

En la gestión de programas de asistencia técnica deben considerarse los siguientes aspectos:

- Envío de información técnica
- Contratación de especialistas extranjeros
- Suministro de instrumentos y equipos de laboratorio.
- Financiamiento para la fabricación local de prototipos.
- Otorgamiento de becas de especialización.

Es necesaria una estrecha coordinación entre la institución responsable de la investigación tecnológica y las entidades encargadas del planeamiento y desarrollo de programas de inversión, a fin de:

1. Asegurar el mantenimiento de objetivos prácticos y realizables en la investigación.
2. Evitar que el proceso de investigación se constituya en un obstáculo al desarrollo de proyectos de inversión que deba avanzar con las tecnologías disponibles.
3. Superar la etapa intermedia entre la culminación de la investigación tecnológica y su aplicación experimental controlada, en determinados proyectos de inversión.
4. Asegurar canales efectivos y rápidos para la aplicación práctica de las tecnologías que se desarrollen satisfactoriamente.
5. Asistencia técnica del equipo de investigación para resolver problemas tecnológicos específicos en proyectos de inversión.
6. Suministrar información técnica referencial sobre equipos y tecnologías existentes a la institución que ejecuta la investigación tecnológica.

7. Asegurar la colaboración técnica de la institución que desarrolla el programa de investigación, en la evaluación de los casos en que se requiera adquirir tecnología y en la evaluación de la adquisición de equipos importados.
8. Desarrollar tecnologías que se adapten al potencial productivo industrial del país, asegurando que su implementación resulte viable.

La investigación tecnológica de los equipos, debe considerar la siguiente secuencia de acción para cada proyecto:

1. Recopilación de información
2. Formulación del proyecto de investigación
3. Financiamiento del proyecto.
4. Constitución del equipo de investigadores y la distribución o encargo de aspectos de la investigación a otras entidades.
5. Análisis básico, principios teóricos y metodologías de diseño.
6. Definición de los alcances experimentales (laboratorio y/o planta piloto).
7. Diseño y construcción de modelos y/o prototipos.
8. Prueba y experimentación de modelos y/o prototipos, correcciones.

9. Retroalimentación y corrección de metodologías de diseño.
10. Elaboración de diseños de detalle de series industriales de los equipos, incluyendo listas de materiales y métodos de fabricación, considerando también criterios de estandarización e intercambiabilidad de componentes.
11. Aplicación práctica controlada de la tecnología desarrollada en proyectos de inversión.
12. Implementación de la producción industrial del equipo.

La tecnología desarrollada debe orientarse a la simplificación de la instalación, puesta en marcha y operación de los equipos, en forma tal que se adapte a la participación de las comunidades locales en los proyectos.

Se deben desarrollar equipos adecuados para funcionar en condiciones desfavorables, tanto en lo que respecta a mantenimiento como a operación.

La eficiencia de los equipos cuya tecnología se desarrolle deberá ser la más alta posible a fin de asegurar una adecuada economía del recurso hídrico, tamaños y costos razonables del equipo y funcionamiento confiable. Lo atendicho, siempre y cuando la mayor eficiencia dependa de un buen diseño y permita maximizar el uso de materiales locales.

Conviene iniciar el desarrollo de la investigación tecnológica para aplicaciones de baja potencia en un rango aproximado de 5 - 50 Kw , a fin

de asegurar un proceso de adquisición de experiencia y conocimientos minimizando riesgos financieros y técnicos. Según el avance y la experiencia alcanzada, se podrán orientar los trabajos de investigación a las potencias mayores, 50-500kW., y luego pasar al rango de 500-5000 kW.

En cuanto a los tipos de saltos por considerar en el desarrollo de las tecnologías específicas de los equipos y materiales, deberán decidirse en función de las características de los recursos aprovechables y de la magnitud de energía por generar. Así, por ejemplo, en un país montañoso con limitados caudales de agua debería preferirse el desarrollo de turbinas de baja velocidad específica, mientras que en países con llanuras y abundantes recursos hidráulicos con pequeñas caídas debería darse prioridad al desarrollo de turbinas de alta velocidad específica.

De acuerdo con las políticas de desarrollo industrial de cada país, y de la amplitud de sus programas de inversión en pequeñas centrales hidroeléctricas, se deberán seleccionar los equipos que ameriten destacarse para el desarrollo de tecnología. A continuación se mencionan algunas líneas de investigación específicas que merecen ser consideradas:

- Compuertas, rejillas, válvulas.
- Tuberías de presión, alternativas no metálicas, tales como PVC, Polietileno, asbesto -cemento, madera, etc.

- Turbinas hidráulicas
- Sistemas de transmisión, turbina/generador (para bajas potencias).
- Reguladores de velocidad para turbinas (óleo-mecánicos, eléctrico-electrónicos).
- Alternadores síncronos, sistemas de excitación, reguladores de voltaje.
- Generadores asíncronos, condensadores, reguladores de voltaje.
- Dispositivos de seguridad contra embalamiento.
- Tableros de mando e instrumentación de tipo modular y estandarizado.
- Pararayos
- Líneas de baja y media tensión; postes de madera de obtención local y otros tipos.

También deben considerarse en la investigación tecnológica aspectos referidos a las obras civiles e hidráulicas tales como:

- . Diseños típicos de tomas y sistemas de captación.
- . Diseño y cálculo de canales, estudio de utilización múltiple para fines de riego.
- . Diseños típicos de cámaras de carga.

- . Diseño de desarenadores en toma y/o en la cámara de carga.
- . Diseño y cálculo de anclajes y soportes de tubería.
- . Metodología de instalación de tubería y equipos.
- . Diseños típicos de casas de fuerza.

Complementariamente, deben formar parte de los trabajos de investigación tecnológica los siguientes:

- Elaboración de manuales de evaluación preliminar de proyectos, al alcance de personas sin formación especializada.
- Elaboración de manuales de proyecto y diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Modelos de reglamentos de servicio eléctrico, para administraciones comunales.
- Manuales de operación y mantenimiento, para operadores.

b) Transferencia de Tecnología

Aquí se destacan principalmente los esquemas de venta de tecnología para la fabricación de equipos, bajo la forma de otorgamiento de licencias.

Cuando un país no considere prioritario el desarrollo tecnológico de algunos equipos o tamaños de equipos, o cuando los trabajos de investigación no presenten posibilidades de implementación en plazos inferiores a los requeridos para el desarrollo de la producción industrial de equipos, una opción adecuada es la adquisición de tecnología; la cual debería realizarse a través de un proceso cuidadoso de evaluación y selección de alternativas y considerando, entre otros, los criterios siguientes:

- Asegurar la disponibilidad de varias propuestas alternativas de venta de tecnología, obtenidas bajo los mismos términos de referencia y evaluándolas con criterios ponderados preestablecidos.
- Los contratos de venta de tecnología deberán tener plazos fijos de duración, a partir de los cuales cesen las obligaciones de pago de regalías.
- Las regalías deberán establecerse sobre un porcentaje de las ventas, evitando la inclusión de cláusulas restrictivas en cuanto a garantizar pagos mínimos.
- No aceptar restricciones en cuanto al ámbito del mercado de colocación de los productos.
- Considerar favorablemente las tecnologías adecuadas a la estructura productiva del país y al empleo de materiales de obtención local, así como a las condiciones locales de utilización.

- No aceptar cláusulas restrictivas en cuanto a la integración de componentes de fabricación local y, en consecuencia, obligaciones de importar partes y piezas.
- La asistencia técnica debe ser parte del proceso de transferencia de tecnología y debe orientarse principalmente al entrenamiento de personal del país que la adquiere.
- Que los gobiernos definan políticas claras de adquisición que fortalezcan la capacidad de negociación de las empresas locales para la transferencia de tecnología.
- Considerar que la adquisición de tecnología resulta justificada, principalmente para la adquisición de equipos de mayor tamaño o complejidad, cuando por sus características rebasen el potencial de desarrollo de tecnología propia.
- El paquete tecnológico que se adquiriera debe ser desagregado y restringido a aquellos elementos que sean necesarios, evitando la inclusión de elementos que pueden ser diseñados y fabricados localmente sin apoyo externo.

### c) Adquisición de Equipos

En determinadas condiciones es necesaria la importación de equipos; cuando sus tamaños o características rebasen la capacidad productiva del país. Para este caso se señalan algunas consideraciones que deberían ser tenidas en cuenta, además de los criterios convencionales en cuanto a com-

plimiento de especificaciones técnicas, precio y tiempo de entrega:

- En la evaluación técnica de propuestas deberían considerarse factores tales como la capacidad de fabricación y reparación local de componentes y repuestos, las características de mantenimiento y operación adecuadas a las condiciones de aplicación, capacidad de soportar situaciones derivadas de errores de operación, facilidad de montaje, etc.
- Los equipos adquiridos deberían incluir planos detallados y listas de materiales, a fin de facilitar el montaje, desmontaje y reparación.
- Es necesario contar con cuadros técnicos y equipos adecuados para la realización de pruebas de aceptación. Las instituciones dedicadas a la investigación tecnológica pueden prestar apoyo para este fin.
- La asistencia técnica debe orientarse principalmente al entrenamiento de personal local.

### 5. Elaboración de Proyectos

Los estudios requeridos para un proyecto de inversión específico constituyen uno de los aspectos que caracterizan la diferencia entre las pequeñas centrales hidráulicas y las de tamaños mayores.

Frecuentemente, en Latinoamérica se adoptan ciertos

critérios en cuánto a la elaboración de estudios que redundan en:

- Un elevado costo de estudios; a veces alcanzan y superan el 50% de la inversión total del proyecto.
- Un excesivo procesamiento de datos a partir de información de base insuficiente, tanto en los aspectos hídricos, como geológicos, topográficos, diseño de detalle de obras, demanda eléctrica, etc.
- Términos de referencia no siempre adecuados a las necesidades de una mayor eficiencia.
- Generalmente tienen un valor simplemente orientativo para la ejecución de proyectos.
- Inadecuación de los cronogramas de ejecución de proyectos.
- No se supera la falta de manuales técnicos para hacer más accesible la elaboración de estudios.
- Difícil selección de consultores idóneos.

Los requerimientos para los estudios deberían ser diferentes, si se trata de casos de pequeñas potencias, inferiores a 50 kW, que en los casos de potencias mayores, de más de 500kW. Asimismo, las condiciones varían de país a país, dependiendo de la información de base disponible y de los márgenes de riesgo que asuman. Sin embargo, a continuación se presentan algunas recomendaciones cuya aplicabilidad se deberá evaluar de acuerdo con las condiciones propias de cada país:

- Las evaluaciones preliminares para pequeños proyectos deberán realizarse con base en la recopilación de la información existente; en sistemas elementales de medición de caudales y saltos disponibles, en el reconocimiento visual del terreno y encuestas a la población local para la evaluación histórica del recurso, en antecedentes de avenidas y derrumbes, posibilidades de desarrollo agroindustrial, servicios y requerimientos de iluminación.
- Una vez evaluado un proyecto, establecida su prioridad y programada su ejecución, se deben establecer contactos y acuerdos con la población local para asegurar su participación en la ejecución del mismo.
- Los estudios de prefactibilidad merecen considerarse solo para los casos donde la magnitud de las inversiones los justifiquen y cuando existan opciones alternativas que convenga analizar, alternativamente se pueden realizar estudios de reconocimiento y evaluación como base para decidir la realización del proyecto, principalmente para el caso de minicentrales.
- La profundidad en el análisis, en los estudios de factibilidad, debe estar relacionada con la magnitud y características del proyecto.
- En muchos casos conviene proceder a la elaboración de estudios de ingeniería de detalle del proyecto cuando exista ya una decisión de ejecución del proyecto y se cuente con información previa suficiente a partir de estudios de prefactibilidad o de reconocimiento, incorporándose los elementos de factibilidad técnico-económica como aspectos complementarios. En este caso debería tenerse en cuenta lo siguiente:

1. Los estudios hidrológicos deberán tener un carácter integral en una cuenca dada.
2. Los estudios de mecánica de suelos se justifican para las obras mayores como: presas para crear embalses y sus obras civiles accesorias, casas de máquinas, etc., y cuando existan incertidumbres y riesgos de importancia. En caso contrario deben realizarse sólo excavaciones y evaluación visual del terreno.
3. Debe fomentarse la utilización de diseños modulares básicos, adaptados a condiciones específicas.
4. El levantamiento topográfico y la nivelación deben restringirse a las áreas de mayor interés, y en el caso de las centrales más pequeñas pueden omitirse completamente, salvo en áreas puntuales, toma, cámara de carga etc. y pueden usarse métodos artesanales y trazado de perfiles.
5. Se debe considerar la posibilidad de utilizar y adaptar obras existentes, tales como tomas artesanales y canales, diseñando y especificando las mejoras por introducirse en forma comprensible para un capataz con experiencia.
6. Considerar en el diseño las modalidades de acarreo de materiales y nivel de mecanización de las obras.
7. Considerar prioritariamente el empleo de tuberías de materiales no convencionales (PVC, polietileno, asbesto-cemento, etc.) a fin

de reducir las inversiones. En algunos casos, como en el empleo de tubos de polietileno, el levantamiento detallado del perfil de caída y ubicación de anclajes no es significativo.

8. Considerar formas modulares semiestandarizadas para el diseño de la casa de fuerza.
9. Considerar facilidades mínimas para el mantenimiento mecánico y eléctrico local, y la residencia del operador.

- Se requiere una evaluación cuidadosa de consultores. Así, para las potencias menores de 50 kW, se debe fomentar la elaboración de proyectos por profesionales no necesariamente especializados, para lo cual es necesario editar manuales apropiados.
- Las entidades responsables de los proyectos de electrificación deberían tener una capacidad propia de elaboración de estudios. Esto permite tener también una mejor capacidad para evaluar los estudios contratados.

#### 6. Construcción, Instalación y Puesta en Marcha.

Las características del proceso de ejecución de obras y puesta en funcionamiento varían enormemente, dependiendo tanto de la magnitud del proyecto, características del terreno, disponibilidad de materiales en la localidad, acceso y distancia de transporte a la zona, capacidad y experiencia de los cuadros técnicos, disponibilidad de mano de obra local, formas

y compromisos institucionales para la ejecución del proyecto con las organizaciones comunales, disponibilidad de equipamiento mecánico y política ocupacional.

No obstante lo antedicho, se proponen algunos puntos generales que deberían ser considerados:

- Dependiendo de la estructura de costos, se deberá propiciar el empleo intensivo de mano de obra local en la ejecución de las obras.
- Se debe dar énfasis al empleo de materiales que puedan obtenerse en la zona, tales como arena, piedra, madera, etc.
- Se debe estudiar cuidadosamente el cronograma de ejecución de las obras, tomando en cuenta los requerimientos periódicos de mano de obra originados por la agricultura.
- El acarreo de materiales debe ser planeado cuidadosamente, el empleo de semovientes de carga requiere un buen conocimiento de los ritmos de trabajo que pueden aplicarse. La preparación de senderos y la circulación de la carga sin interferencias es muy importante, principalmente en zonas de montaña.
- Para la seguridad del personal deben considerarse sus condiciones concretas de calificación y experiencia. No debe escatimarse el empleo de materiales y equipos adecuados que la garanticen.

- Para la participación de las comunidades locales en las obras deberá considerarse la formación de grupos o brigadas de trabajo, fijando metas y estimulando su cumplimiento.
- El entrenamiento de mano de obra local para trabajos de albañilería y carpintería contribuye a una mejor ejecución de la obra y a la elevación de las calificaciones ocupacionales de la población.
- Los diseños de ingeniería deberán ser complementados o corregidos durante la ejecución de la obra. En consecuencia, la experiencia del capataz o maestro de obras es esencial. En modificaciones que dependan principalmente del terreno, o de las obras existentes, la opinión de los pobladores locales es muy útil.
- Es importante tomar en cuenta que la presencia de técnicos y trabajadores no calificados en la localidad durante la ejecución de la obra plantea situaciones socio-económicas particulares, que pueden tener aspectos positivos en cuanto a intercambio cultural y social, pero también pueden generar situaciones negativas cuando el personal foráneo no se adapta a los hábitos locales o se generan problemas de comportamiento.
- La decisión final de adaptación o mejora de obras existentes, tales como tomas y canales, debe darse a través del reconocimiento visual del terreno y recogiendo información local.

- La instalación de los equipos normalmente requiere personal calificado. Sin embargo, conviene involucrar en los trabajos a aquellos habitantes de la localidad que potencialmente pudieran ser entrenados como operadores, a fin de familiarizarlos con los equipos e instalaciones.
- Los operadores designados, de origen local, deben participar desde el inicio de la operación de la central.
- Las pruebas de aceptación de la central deben ser estandarizadas bajo protocolos establecidos según los tipos y tamaños de las plantas.

## 7. Operación y Mantenimiento

Dependiendo del tipo de equipamiento, tamaño de la central y estructura empresarial del servicio eléctrico, se recomienda considerar lo siguiente:

- Se debe dar preferencia al empleo de operadores provenientes de la localidad o zona donde está instalada la central, ya que la incorporación de operadores de origen externo a la localidad incrementa considerablemente los costos operativos, además de la posibilidad de generación de problemas por dificultades de adaptación social.
- El empleo de operadores locales sin una adecuada capacitación no es recomendable, ya que involucra altos riesgos en seguridad personal, conservación del equipo y continuidad del servicio.

Se recomienda el desarrollo de cursos de capacitación de operadores locales, que incluyan materias referentes a operación, acciones de emergencia, seguridad, elementos de mantenimiento electromecánico preventivo, reparaciones menores, instalaciones eléctricas, prácticas de mecánica de banco, inspecciones, lectura de instrumentos, tarifas, etc.

- Conviene que en las pequeñas centrales hidroeléctricas se considere la vivienda del operador y un taller básico de mecánica de banco e instalaciones eléctricas, con lo que se consigue una mayor estabilidad ocupacional y un mejor mantenimiento.
- Si se han adoptado tecnologías adecuadas en el equipamiento que permitan su estandarización e intercambiabilidad de componentes, es posible asegurar un adecuado suministro de repuestos con un mínimo de stocks.
- Es indispensable contar con manuales de operación y mantenimiento que puedan ser claramente comprendidos por el operador.
- Mientras no existan actividades productivas establecidas, es frecuente que el empleo de la central tenga un carácter esencialmente nocturno. En consecuencia, es urgente promover dichas actividades para elevar la rentabilidad de la planta y ampliar su impacto económico-social.

### 3. Inversiones y Costos Operativos

La inversión inicial por kilowatt instalado en pequeñas centrales hidroeléctricas es en general elevada y tiende a crecer mientras más pequeña sea la central. Las elevadas inversiones determinan que el principal costo operativo sea su amortización y pago de intereses. Por esta razón, la viabilidad de desarrollar programas de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas está vinculada a la reducción de las inversiones requeridas.

En consecuencia, es conveniente tomar en cuenta que:

- El desarrollo tecnológico debe orientarse al diseño de equipos de bajo costo, principalmente para bajas potencias, aún sacrificando expectativas de vida útil de algunos componentes, cuya reposición debe ser también a bajo costo.
- Las deficiencias en la calidad del equipamiento pueden incrementar los costos operativos.
- La simplificación y estandarización relativa de las obras civiles permiten economías importantes en la inversión.
- La adaptación de obras existentes (toma y canal) permite reducir la magnitud de las obras.
- El empleo de materiales no convencionales en las tuberías también reduce las inversiones.
- El costo unitario de una pequeña central hidroeléctrica

- puede variar entre US.\$800 y US.3.000 por kW. intalado, con base en costos referidos al año 1978, dependiendo de la capacidad de la planta, de la tecnología empleada, de las características del terrenos y su accesibilidad, de la magnitud de la obra y del aporte de mano obra suministrado localmente y no contabilizado en las inversiones.

#### 9. Financiación y Recuperación de las Inversiones

Se recomienda considerar los siguientes aspectos:

- Es importante diferenciar la naturaleza y objeto de los proyectos de inversión específicos, ya que no se deben emplear los mismos criterios para financiar proyectos de caracter promocional relacionados con la electrificación rural, que los adoptados para proyectos que tienen una orientación inicial hacia actividades productivas (agroindustria, pequeña minería, etc.) en consecuencia, el Estado debe asumir una parte considerable de la inversión sin perspectivas de recuperación. El segundo caso se justifica solo en el marco de la rentabilidad interna del proyecto. Sin embargo en el primer caso también es importante considerar las posibilidades de desarrollar actividades productivas, ya que es necesario asegurar que la planta pueda por lo menos cubrir sus costos de operación.
- Los créditos "atados", frecuentemente incluyen condicionamientos tecnológicos y de origen del equipamiento. En proyectos de pequeña magnitud frecuentemente determinan un incremento excesivo en las inversiones.
- Las entidades financieras de desarrollo, usualmente



tratan los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas en forma similar a los proyectos mayores, es por tanto necesario desarrollar esquemas más ágiles. Existen algunas experiencias positivas a nivel regional en las que la factibilidad se sustentó con una muestra significativa de proyectos que forman parte de un conjunto más amplio.

Convendría que paralelamente al financiamiento de programas amplios de construcción de pequeñas centrales, se consideren fondos de asistencia técnica no reembolsable para proyectos de investigación orientados a apoyar el programa de inversiones.

Conviene considerar prioritariamente las localidades que tienen un potencial productivo que pueda ser promovido fácilmente para incrementar la demanda eléctrica. Cabe señalar que en el medio rural el consumo doméstico y público tienen un carácter fundamentalmente vespertino. En consecuencia, el desarrollo de actividades productivas mejora el nivel de utilización de la capacidad instalada. Lo contrario también es válido, o sea que donde se considere instalar una pequeña central conviene promover el desarrollo de actividades productivas que aprovechen la disponibilidad de energía.

## V. EL PROGRAMA REGIONAL DE OLADE

Olade considera que en Latinoamérica existen condiciones óptimas para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas, en razón de:

- Abundante recurso hídrico aprovechable.
- Gran cantidad de poblaciones rurales aisladas con reducido número de habitantes, grandes distancias entre las poblaciones y geografía accidentada.
- Existe adecuada capacidad y experiencia en planeamiento y programación, aplicables a programas intensivos de desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Existe infraestructura y capacidad para la investigación y desarrollo tecnológico de equipos adecuados a condiciones concretas.
- Existe capacidad de producción de equipamientos y algunas líneas de producción desarrolladas desde hace varios años atrás.
- Existen organismos regionales y subregionales que pueden contribuir a una más amplia cooperación entre los países latinoamericanos.
- El mercado potencial es suficientemente amplio para sostener el auto-abastecimiento de equipamiento de origen latinoamericano.

En este contexto a partir de enero de 1980 OLADE ha implementado el Programa Regional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, partiendo de la base fundamental que el programa deberá sustentarse en la cooperación entre los países latinoamericanos en sus diversos aspectos, tales como planeamiento y programación, tecnología, abastecimiento de equipos, elaboración de proyectos, etc.

El objetivo principal del programa consiste en promover la implementación masiva de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en la región, como una respuesta parcial al reto del desarrollo del medio rural y de las zonas apartadas aprovechando uno de los recursos energéticos más abundantes de la región.

El cumplimiento del objetivo exige atacar el problema en todas sus múltiples facetas, para lo cual se han determinado cuarenta y seis actividades específicas principales, las cuales se describen en forma sistémica en el Anexo 1. Dichas actividades se han agrupado en tres áreas, la primera relativa a aspectos generales del programa y las dos últimas que constituyen los frentes de acción del programa: Tecnología y Equipamiento por una parte y Desarrollo de P.C.H. por la otra, tal como se describen a continuación:

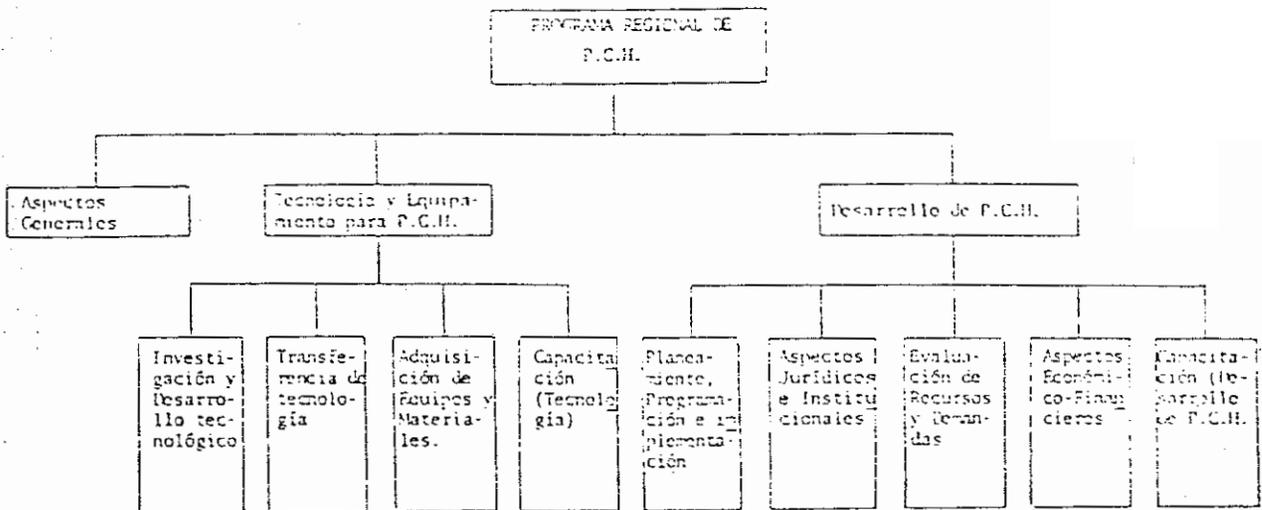
a) Tecnología y Equipamiento para P.C.H.

Comprende acciones de investigación y desarrollo de tecnología, transferencia de tecnología, adquisición de equipamiento, disponibilidad de materiales y capacidad de producción de equipos, materiales y componentes, desarrollo de capacidad experimental y capacitación con respecto a cuestiones tecnológicas.

b) Desarrollo de P.C.H.

Comprende acciones de planeamiento general, evaluación de recursos y demanda, programas de desarrollo a corto plazo, fuentes y condiciones financieras, elaboración de manuales, elaboración de estudios para proyectos específicos. Construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Capacitación para el desarrollo de P.C.H., aspectos institucionales, organizativos y empresariales relacionados con el servicio.

A su vez las áreas principales consideradas, han sido divididas en "Actividades Genéricas" que agrupan actividades específicas tal como se muestra en el cuadro siguiente:



Se ha previsto que las acciones comprendidas en el programa se desarrollarán en un período de cinco años, y su realización dependerá tanto del esfuerzo de OLADE como de la disponibilidad de recursos financieros que se obtengan, así como de la participación y apoyo activo de los países de la región y sus instituciones.

El Programa Regional de OLADE pretende constituirse en un instrumento de apoyo técnico y de coordinación entre los países. El desarrollo masivo de las P.C.H. necesariamente responderá a las decisiones políticas e impulso orgánico de cada país para desarrollar esta fuente energética.

Durante el año 1980 se están desarrollando diversas actividades específicas del Programa, tal como se señala a continuación:

A) Aspectos Generales

- Está en proceso de elaboración un Directorio de Instituciones y personas vinculadas al desarrollo de P.C.H. en la región.
- Se realizó la II Reunión del Grupo de Trabajo sobre P.C.H. (Tecnología y Equipamiento) del 21 al 30 de abril de 1980 en la ciudad de Quito, Ecuador, en la cual participaron un grupo de expertos latinoamericanos; en esta ocasión se elaboró el documento "Situación y Perspectivas de la Tecnología y Equipamiento para P.C.H. en Latinoamérica".
- Se realizó la III Reunión del Grupo de Trabajo sobre P.C.H. (Desarrollo) del 17 al 26 de Junio de 1980 en la ciudad de Quito-Ecuador, en la cual participó otro grupo de expertos de la región y se elaboró el documento "Requerimientos y Metodología para la Implementación Masiva de P.C.H. en Latinoamérica".
- La empresa estatal ELECTROPERU ha sido designada como institución patrocinadora del Grupo Asesor de P.C.H.
- Se realizará el I Seminario Latinoamericano sobre P.C.H. del 3 al 7 de noviembre en Bogotá, Colombia, el cual es co-patrocinado por OLADE e ICEL.
- Se han sentado las bases de un sistema de intercambio de información sobre P.C.H., y se elaboró la primera lista bibliográfica
- Se ha preparado el primer boletín anual de difusión sobre P.C.H. en el contexto de las publicaciones de OLADE.

B) Tecnología y Equipamiento

- Está en proceso de perfeccionamiento el desarrollo de metodologías de diseño y estandarización de turbina Michell-Banki y Pelton con la cooperación de expertos de ITINTEC (Perú).

- Se ha realizado una identificación preliminar de fabricantes de equipos para P.C.H. en latinoamérica y se ha preparado un formulario para una encuesta que será realizada en 1981, con miras a preparar un Directorio Regional de Fabricantes.

C) Desarrollo de P.C.H.

- Se están desarrollando actividades de cooperación para la implementación de plantas piloto, tendientes a aplicar criterios de simplificación de los estudios de pre-inversión, aplicación de tecnologías no convencionales y empleo intensivo de equipamiento de origen nacional y regional, en los siguientes países:

Cuba

Ecuador

- Se ha preparado formularios para la identificación de P.C.H. existentes en latinoamérica y la correspondiente hoja resumen para los inventarios nacionales.
- Se ha preparado un formato de datos para la identificación de centros aislados y microregiones.
- Se han preparado los términos de referencia para una Guía de Orientación para la Elaboración y Evaluación de Proyectos de P.C.H.
- Se han preparado los términos de referencia para un Manual de Elaboración de proyectos de Ingeniería de P.C.H. en Latinoamérica.
- Por encargo de ONUDI, se ha preparado un Manual sobre Mini Centrales Hidroeléctricas orientado a servir de herramien-

ta a planificadores y personas que toman decisiones de política. Este manual elaborado por OLADE se orienta al ámbito mundial.

- Se han preparado los términos de referencia para un Manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y de demanda energética rural en latinoamérica.
- Se han preparado los términos de referencia de los currícula de cursos regionales de especialización en P.C.H. que se implementarán en 1981.
- Se han preparado lineamientos de cursos de capacitación de operadores.

A N E X O I

## SINTESIS DEL PROGRAMA REGIONAL DE P.C.H.

PERIODO 1980 - 1984

AREA: ASPECTOS GENERALES

- |                      |    |  |
|----------------------|----|--|
| Actividad Específica | 1. | Red de Contactos Institucionales e individuales (Resultado: Directorio)  |
| " "                  | 2. | Grupos de Trabajo<br>(Resultado: Constitución de dos grupos de Trabajo, uno para tecnología y equipamiento de P.C.H. y el otro para Desarrollo de P.C.H.). |
| " "                  | 3. | Patrocinador del Grupo Asesor<br>(Institución de apoyo a actividades del Grupo Asesor)   |
| " "                  | 4. | Grupo Asesor<br>(Resultado: Nombramiento y reuniones de expertos asesores del Programa de OLADE).  |
| " "                  | 5. | Seminarios Latinoamericanos sobre P.C.H.<br>(Resultado: Seminarios Anuales)  |
| " "                  | 6. | Sistemas de intercambio de información técnica (Identificación e intercambio de información)   |
| " "                  | 7. | Boletín Anual de difusión sobre P.C.H. en Latinoamérica.   |
| " "                  | 8. | Audiovisual sobre P.C.H. en Latinoamérica  |
| " "                  | 9. | Participación en eventos extraregionales sobre P.C.H.  |

B. AREA: TECNOLOGIA Y EQUIPAMIENTO PARA P.C.H.B.I. ACTIVIDAD GENERICA: INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO  
(I. & D. T.)

- |                      |     |  |
|----------------------|-----|--|
| Actividad Específica | 10. | Catálogo de Proyectos de Investigación y Desarrollo tecnológico sobre P.C.H. en curso en Latinoamérica.  |
| " "                  | 11. | Planes Piloto de Complementación Tecnológica Regional en P.C.H. (Apoyo entre países para impulsar programas de Investigación y Desarrollo tecnológico).  |
| " "                  | 12. | Ejecución de Trabajos de I. & D. Tecnológico de interés regional (OLADE apoyaría las actividades de investigación y desarrollo a ser ejecutadas por instituciones regionales para uso de los países o las realizaría directamente. |
| " "                  | 13. | Catálogo de Perfiles de Proyectos de I. & D. Tecnológico relativos a P.C.H.  |
| " "                  | 14. | Catálogo de Perfiles de Proyectos de Inversión y/o I. & D. Tecnológico relativos a utilización productiva de energía eléctrica en el medio rural.  |

## B.II. ACTIVIDAD GENERICA: TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA (T.T.)

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 15. | Catálogo de Tecnologías disponibles en la región, a nivel de producción industrial de equipamiento y materiales para P.C.H. |
| " "                  | 16. | Folletos de recomendaciones sobre contratos de T.T.   |
| " "                  | 17. | Promoción de contratos de T.T. entre países de la región.   |

B.III. ACTIVIDAD GENERICA: ADQUISICION DE EQUIPOS Y MATERIALES

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 18. | Catálogo de fabricantes de equipos y materiales para P.C.H. en Latinoamérica.   |
| "                    | "   | 19. Promoción de contactos entre organismos ejecutores de Proyectos de Inversión en P.C.H. y fabricante de equipos y materiales Latinoamericanos. |

B.IV. ACTIVIDAD GENERICA: CAPACITACION

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 20. | Promoción de cursos de post-grado de ingeniería en especialidades afines a P.C.H.   |
| "                    | "   | 21. Conferencias sobre P.C.H. en Latinoamérica  |
| "                    | "   | 22. Coordinación con Universidades de Ingeniería y Escuelas Técnicas de la región para revisión de programas relativos a materias afines a P.C.H. |
|                      | 23. | Estudio del rol de la Universidad Latinoamericana en la I.&D. aplicada a P.C.H.   |
|                      | 24. | Obtención de becas de especialización, investigación y post-grado en materias afines a P.C.H., para profesionales de la región.                   |

C. AREA: DESARROLLO DE P.C.H.

C.I. ACTIVIDAD GENERICA: PLANEAMIENTO, PROGRAMACION E IMPLEMENTACION

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 25. | Metodologías de Planificación y Programación del desarrollo de P.C.H. |
|----------------------|-----|---|

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 26. | Esquema del Plan Global Latinoamericano para el desarrollo de P.C.H.  |
| " "                  | 27. | Proyección a largo Plazo del desarrollo de P.C.H. en latinoamérica (año 2000)   |
| " "                  | 28. | Evaluación del estado actual del desarrollo de P.C.H. en latinoamérica,   |
| " "                  | 29. | Proyectos Piloto de Implementación de P.C.H. en latinoamérica, con criterios para promover la implementación masiva, simplificar estudios, aplicar tecnologías no convencionales y empleo intensivo de equipamiento de origen regional. |

#### C.II. ACTIVIDAD GENERAL: ASPECTOS JURIDICOS E INSTITUCIONALES

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Actividad Específica | 30. | Situación Jurídica en latinoamérica con respecto al uso del agua y terrenos para P.C.H.                             |
| " "                  | 31. | Análisis de formas empresariales y organizativas para el desarrollo de proyectos de inversión y operación de P.C.H. |

#### C.III. ACTIVIDAD GENERAL: EVALUACION DE RECURSOS Y DEMANDA

- |                      |     |  |
|----------------------|-----|--|
| Actividad Específica | 32. | Manual de evaluación de recursos hidroenergéticos en pequeña escala y demanda energética rural             |
| " "                  | 33. | Plan Piloto de evaluación integral recurso/demanda en 4 cuencas.   |
| " "                  | 34. | Asistencia Técnica a países interesados para iniciar actividades de evaluación Recurso/Demanda para P.C.H. |
| " "                  | 35. | Recopilación de información sobre programas nacionales de evaluación Recurso/                              |

Demanda para P.C.H. (Sistema de Intercambio de Información)

Actividad Específica 36. Estimación Global aproximada del potencial hidroenergético aprovechable en pequeña escala y demanda eléctrica en la región.

C.IV. ACTIVIDAD GENERICA: ASPECTOS ECONMICO-FINANCIEROS

Actividad Específica 37. Guía de orientación para la Elaboración y Evaluación de Estudios para proyectos de P.C.H. (Alcances y requerimientos para gestionar financiación).

" " 38. Manual de Elaboración de Proyectos de P.C.H. (Manual de Consulta tecnico-económico)

" " 39. Elaboración de un Manual Básico para orientar a planificadores y personas que toman decisiones de política que no poseen formación especializada en ingeniería (cooperación con ONUDI)

" " 40. Gestión de créditos internacionales a favor de países de la región para financiación de Proyectos de P.C.H.

" " 41. Estudios especiales (Tarifas, análisis de costos de generación, experiencias participación comunal, etc.)

C.V. ACTIVIDAD GENERICA: CAPACITACION

Actividad Específica 42. Programa de estudios de escuela de operadores de origen rural.

" " 43. Asistencia Técnica para organización y funcionamiento de escuelas de operadores

- |                      |     |  |
|----------------------|-----|--|
| Actividad Especifica | 44. | Manual del Operador de P.C.H.<br>(Referencial, para adaptarse a manua <u>les</u><br>nacionales).   |
| "                    | "   | 45. Estudio de las posibilidades de contri <u>bu</u><br>ción de las P.C.H. en actividades<br>culturales y educacionales en el me-<br>dio rural (Impacto, limitaciones, tec-<br>nología local, etc.). |
| "                    | "   | 46. Becas de especialización (Para Ingenie <u>r</u><br>os y Técnicos, a nivel regional y extra<br>regional).   |