

SEMINARIO INTERAMERICANO DE HIDROELECTRICIDAD

COMISION NACIONAL ORGANIZADORA

METODOLOGIAS DE INVENTARIO HIDROELECTRICO: ALGUNAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA

AUTOR: ING. ALBERTO VILADRICH

ORGANISMO: CIDIAT

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS

MERIDA, VENEZUELA

METODOLOGIAS DE INVENTARIO HIDROELECTRICO:
ALGUNAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA

INDICE

1. INTRODUCCION.

- 1.1. Importancia de la Hidroelectricidad en América Latina
- 1.2. Porqué la necesidad de Estudios de Inventario Hidroeléctrico en América Latina.

2. DISTINTAS CLASES DE INVENTARIO HIDROELECTRICO

- 2.1. Criterios
- 2.2. Inventarios preliminares, teóricos.
- 2.3. Inventarios para identificar y seleccionar anteproyectos en una escala de prioridades.
- 2.4. Inventarios con pre-definición de potencias óptimas instaladas.

3. LAS CRIBAS DEL INVENTARIO.

- 3.1. Tasa de interés y tasa de descuento
- 3.2. Precio de los combustibles fósiles
- 3.3. Tipo y precio de la dependencia tecnológica.
- 3.4. La "hora" de la opción nuclear
- 3.5. Tipo de modelo prospectivo energético.
- 3.6. Costos de la termoelectricidad equivalente
- 3.7. La dimensión ambiental
- 3.8. Usos múltiples del agua.
- 3.9. Precisión de las metodologías
- 3.10. Los criterios de valor
- 3.11. La "hora" de utilización de las grandes cuencas compartidas.

METODOLOGIAS DE INVENTARIO HIDROELECTRICO:

ALGUNAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA

Autor: Ing. Alberto Viladrich
Organismo: CIDIAT. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Venezuela.

1. INTRODUCCION.

1.1. La importancia de la hidroelectricidad en América Latina

América Latina será casi con seguridad, la región del globo en la que la hidroelectricidad jugará el papel más trascendente para su propio desarrollo y transformación en los próximos 30 años. A través de los aprovechamientos hidráulicos múltiples, la hidroelectricidad será también el elemento dinamizante de una mejor calidad de la vida. En cambio en el contexto mundial parecería que el papel de la hidroeléctricidad para un horizonte de 50 años será cuantitativamente modesto, y se tenderá a asignarle una función de elevada calidad en cuanto a acumulación y regulación de energía, a través de la complementación con centrales nucleares, mareomotrices, magnetomotrices, térmicas convencionales, etc. Véase gráfico 1.1.

Mientras en el globo en su conjunto, hacia el año 2025 la energía hidroeléctrica representaría sólo entre el 3 al 5% de su consumo energético global, en América Latina podrá representar alrededor del 25%.

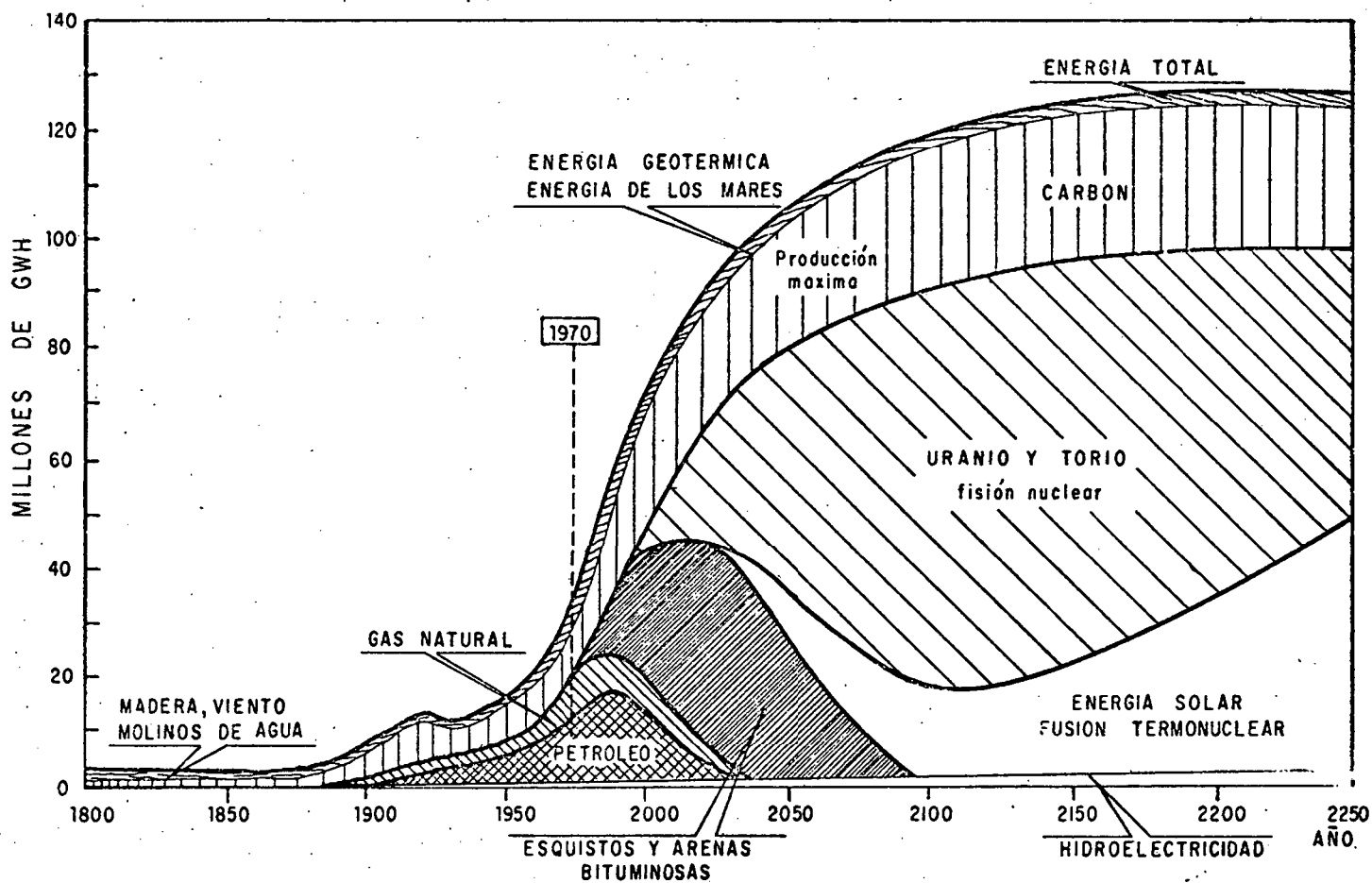
En efecto, en América Latina, con solo el 3% aprovechado de su potencial hidroeléctrico, la importancia relativa y absoluta de la hidroelectricidad en ese lapso será muy diferente. Es de esperar que a través de vastos planes de desarrollo hidráulicos integrales, América Latina pueda utilizar para su desarrollo y mejor calidad la vida, "los grandes vacíos de su espacio": Es decir la mayor parte de sus grandes cuencas compartidas (Amazonas, Orinoco y del Plata) que representan el 55% de su territorio y el 75% de su escurrimiento hidráulico superficial.

En relación con el replanteo casi "existencial" de los patrones ac-

GRAFICO 1.1

CONSUMO ANUAL DE ENERGIA · TODO EL MUNDO

MILLONES DE GIGAWATTS HORA



Fuente: Juan Legisa. CTM de Salto Grande, tomado de publicaciones inglesas.

tuales de consumo energético, y de los nuevos modelos de desarrollo introduciendo el concepto de calidad de la vida, cabe preguntar ¿cuál es el verdadero valor de la energía hidroeléctrica?; ¿Qué debe medirse en los estudios de inventario hidroeléctrico?

En una publicación de mediados de la década del 60 que intentó ser normativa en cuanto a aspectos de evaluación y desarrollo hidroeléctrico, se presentó en una sola frase, una filosofía del valor de la energía eléctrica e hidroeléctrica que sigue aún vigente en muchos estudios de inventario hidroeléctrico pese a su evidente absolescencia. Se decía:

"Un KWh es un KWh cualquiera que sea la forma en que el mismo se genere"

Por el contrario, según el autor, precisamente lo que interesa es:
¿Cómo se genera ese KWH?

¿Para qué se genera ese KWH? Es decir, qué zona del diagrama de carga ocupará ese KWH, en qué "época" del día y del año, o del futuro, se generará ese KWH, quién es el usuario de ese KWh.

Un KWh hidroeléctrico que reemplace en la base del diagrama de cargas a 3000 Kcal provenientes de hidrocarburos livianos en el año 1978, a 14 dólares el barril; será mucho menos valioso que ese mismo KWH reemplazando en la punta del diagrama del año 1998 a 4000 Kcal., provenientes de un hidrocarburo pesado que costará 28 dólares el barril. Es decir, no es el mismo KWH.

Tampoco será el mismo KWh si contamina o no el ambiente, si se disipa en un uso suntuario o contribuye a mejorar la calidad de la vida en su sentido integral.

Precisamente, un inventario hidroeléctrico deberá vincular las constantes fisiográficas con las energéticas y energético-económicas, para identificar la cantidad y la clase de KWh obtenibles.

1.2. ¿Porqué la necesidad de estudios de inventario hidroeléctrico en América Latina?

Los distintos países de América Latina y del Caribe, presentan algunos elementos comunes y otros diferenciales en cuanto al grado de aprovechamiento de su potencial hidroeléctrico.

Comunes: El potencial hidroeléctrico aprovechado no representa más del 15% del técnico económico (México) tal como define a éste la CEPAL y en promedio para toda América Latina, es del 3%.

Diferenciales: El potencial hidroeléctrico identificado (que cuenta con anteproyectos preliminares o proyectos) pero no aprovechado es una relación muy variable respecto al potencial teórico económico, según los países.

Hay países, como la Argentina, en los que ambos potenciales prácticamente coinciden, es decir el potencial teórico económico es del orden de 160.000 GWh y el identificado pero no aprovechado es muy cercano a esa cifra. Hay países en que esta relación es relativamente alta (El Salvador: 45%) mientras que en otros, como Venezuela, dicha relación es sumamente baja.

Además en todos los países, (incluso la Argentina), hay cuencas que necesitan actualizar estudios de inventario ya obsoletos; mientras que - en otras cuencas mejor conocidas, se está en la etapa de avanzado aprovechamiento: Cuencas de Córdoba en Argentina; Cuenca del Caroní, en Venezuela.

Por lo tanto, en términos generales, puede decirse que casi todos los países latinoamericanos necesitan estudios de inventario, ya sea en las zonas donde su potencial es menos conocido, ya sea para alcanzar un nivel más avanzado. (tipo II ó III). O bien para actualizar estudios obsoletos debido a cambios sustanciales en la oferta y la demanda.

2. DISTINTAS CLASES DE INVENTARIO HIDROELECTRICO.

2.1. Criterios.

No siempre están claros los distintos objetivos que puede perseguir se con un inventario hidroeléctrico, ni los resultados que pueden esperarse de acuerdo a la calidad y cantidad de información disponible.

Muy a menudo, el tipo de inventario y el grado de intensidad y esfuerzos volcados en el mismo dependen fundamentalmente del uso que el usuario final hará de dicho inventario.

Un inventario solicitado por una Oficina Central de Planificación puede tener un nivel inferior de exigencias en cuanto a la identificación de proyectos que él de un inventario solicitado por una empresa eléctrica que ya opera centrales en una parte de la cuenca que se estudia.

Los inventarios del potencial hidroeléctrico pueden perseguir los siguientes objetivos, en grado creciente de exigencias o complejidad:

1º) Cuantificar el potencial hidroeléctrico económicamente utilizable, a los fines de proporcionar elementos de información general para la planificación nacional, regional y sectorial. Estos inventarios pueden ser muy preliminares, para ratificar o rectificar diagnósticos generales (Tipo I). A este nivel los costos se presumen o son objeto de apreciaciones someras. La demanda prácticamente no se analiza.

2º) Identificar en una región hidrográfica cuyo potencial hidroeléctrico es conocido de un modo muy general, aquellos aprovechamientos que deberían ser objeto de proyectos avanzados y ejecutados prioritariamente, así como indicar tentativamente el orden secuencial de ejecución de los mismos. (Tipo II) Se realizan estimaciones de costos y se jerarquizan los proyectos, en base a simplificaciones extremas en cuanto a tecnologías alternativas, demanda, etc.

3°) Caracterizar los parámetros básicos de los proyectos, tales como energías generables, energías firmes, potencias instalables, alturas de las presas y capacidad de los embalses, etc., a fin de avanzar hacia la etapa siguiente de prefactibilidad y factibilidad. (Tipo III).

En muchos casos los estudios de inventario Tipo III alcanzan un nivel que se confunden con los de prefactibilidad. Para ello el enfoque es más sistemático, abandonándose por lo general los esquemas de centrales aisladas con un factor de planta único, similar al factor de carga que representa en forma sintética la demanda. A continuación se revisará someramente algunos casos de inventario que entran en estas tres categorías.

2.2. Inventarios preliminares, teóricos, (para diagnósticos generales; Tipo I).

Se incluyen en esta "clase" aquellos de tipo general como:

- a.- Potencial teórico de precipitación (en millones de KWH) PT_p (1)
- b.- Potencial teórico de escurrimiento. PT_E (2)
- c.- Potencial teórico económico. PT_{EC} (3)

Estos métodos se pueden apoyar solamente en buenos planos topográficos, de isoyetas, de hidrología superficial, etc. Con alguna información adicional más, estos métodos permiten arribar a cifras de potencial hidroeléctricos muy aproximadas, cuando no se cuenta con datos mejores.

Algunas veces, el Potencial Teórico Económico, en $\left(\frac{KWh}{año}\right)$, se puede presentar en (KW) , asignando a las centrales un factor de planta único (0,5 ó 1,0)

$$(1) \quad PT_p = \frac{P (Hm^3) \times H (m)}{367}$$

P = Precipitación media anual
H = Altura sobre el nivel del mar del baricentro de la cuenca.

$$(2) \quad PT_E = PT_p \times CE$$

CE = Coeficiente de esorrentía medio de la cuenca.

$$(3) \quad PT_{EC} = PT_E \times K$$

K = Coeficiente estimado en distintos estudios. En particular, CEPAL, suele adoptar valores entre 0.2 y 0.35.

Este tipo de inventario ha sido utilizado en forma generalizada por la Comisión Económica para América Latina CEPAL (O.N.U.) , en los distintos estudios generales de los recursos hidráulicos realizados desde fines de la década del 50 hasta ésta década (4).

2.3. Inventarios para identificar y seleccionar anteproyectos en una escala - de prioridades.

En estos inventarios el objetivo perseguido no es precisamente definir la potencia a instalar económicamente óptima en cada uno de los aprovechamientos estudiados ni en el conjunto, si no más bien: Ubicar en una escala de prioridad (a ese nivel elemental de estudios), cada uno de los posibles aprovechamientos analizados. Se identifican así, a través de esa escala, aquellos anteproyectos que ofrecen mayor interés y que deberían ser estudiados posteriormente. Tanto a nivel de prefactibilidad, o directamente como ante proyectos avanzados a nivel de factibilidad.

Todos los aprovechamientos sujetos a este tipo de inventario son sometidos a una metodología común de diseño, presupuesto y evaluación.

En el flujograma del gráfico N° 2.1 se presenta el proceso tipo de esta clase de inventario. Por lo general para pre-determinar la potencia a instalar, se utiliza el factor de carga de la demanda como elemento de referencia, o bien otros parámetros tales como: capacidad de regulación del embalse, longitud de transmisión, etc.

Dentro de esta clase de inventarios se pueden incluir los realizados en Brasil siguiendo el método denominado CANAMBRA,(5), o los inventarios siguiendo metodologías similares a la propuesta por el Proyecto Hidrome-

(4) Véase la serie CEPAL/ONU "América Latina, Recursos Hidráulicos de Argentina, Colombia, Venezuela, Perú, Paraguay, Uruguay, etc.", y en particular "América Latina. Los Recursos Hidráulicos de Argentina". ONU. Nueva York. 1970.

(5) Sigla abreviada de un estudio contratado por el gobierno del Brasil, y entregado en 1969, y cuya metodología se generalizó.

teorológico del Istmo Centro Americano. (6).

En general, se determina una potencia de referencia PR, que es calculada a partir de la potencia continua o primaria PC.

Por ser típico, se hará un breve resumen del método CANAMBRA. Hasta 1950 en el Brasil, los estudios del potencial hidroeléctrico fueron aislados, en áreas reducidas.

Las primeras tentativas de aprovechamiento integral de cuencas, con el uso hidroeléctrico como objetivo principal, fueron realizados a principios de la década del 50, por compañías estatales de San Pablo y de Minas Geraes (CEMIG), concentradas en la cuenca del Río Grande, afluente del Paraná.

En 1962, se firmó un convenio entre el Fondo Especial de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, para un estudio del inventario hidroeléctrico que posteriormente cubrió toda la región Centro-Sur del Brasil. Es decir la más densamente poblada, comprendiendo las ciudades de San Pablo, Río de Janeiro, Brasilia y los estados circundantes. Estos estudios fueron contratados, a través de una selección de firmas, con un consorcio de consultores de USA, Reino Unido, Canadá, Francia y Alemania; que se reunieron bajo el nombre de CANAMBRA.

Posteriormente el método se aplicó en otras regiones y también otros países (Ecuador, por ejemplo).

En el estudio realizado conjuntamente con la Argentina, en el tramo limítrofe del río Uruguay, se aplicó también en las etapas I y II la metodología de CANAMBRA.

(6) Proyecto llevado en conjunto por varios países de Centro América y organismos de la ONU. Véase "Manual para la Evaluación preliminar de los Recursos Hidroenergéticos del Istmo Centroamericano" Proyecto Hidrometeorológico. - Centroamericano. Publicación N° 130. Managua 1977.

De una publicación del autor (7) (en colaboración) se toma la siguiente descripción del método aplicado.

" En el Brasil, los estudios de los recursos hidroenergéticos se desarrollan generalmente en dos niveles secuenciales: Inventario, seguido de Estudios de Factibilidad."

"A nivel de Inventario, en el Brasil se presentan en forma concisa - las características más significativas de todas las posibilidades de aprovechamientos, evidenciadas por estudios de reconocimiento general de cuencas hidrográficas. La inclusión de cada una de esas posibilidades en el Inventario, depende de que se cumplan ciertos límites de economicidad, en función del costo de la generación termoeléctrica que prestaría un servicio equivalente."

"Se ordenan así los aprovechamientos posibles, identificándose para cada uno de ellos su índice relativo de valor económico en la medida que se lo haya considerado: aislado, o "integrado" en el sistema de aprovechamiento que significaría el desarrollo total de la cuenca"

"Aquellos aprovechamientos que aparecen como más promisorios son sometidos a estudios adicionales que permiten establecer las bases para la programación del equipamiento, de las inversiones y del financiamiento"

"A fin de comparar los distintos aprovechamientos sobre una base común se determina el denominado "factor de capacidad" (FC). Este, es uniforme para todas las centrales en estudio y equivale a un factor de utilización de la denominada "energía continua" y refleja la estructura de la demanda expresada por el factor de carga. El factor de capacidad se expresa: $FC = \frac{EC}{PR}$ "

(7) Viladrich, Alberto; Márquez de Acevedo, Jorge

"Aprovechamiento hidroeléctrico en el tramo limítrofe Argentino-Brasileño del río Uruguay" IV Seminario de Grandes Obras Hidroeléctricas. Posadas. Argentina. 1975.

"Siendo FC: Factor de Capacidad uniforme para todas las centrales en estudio, que se determina previamente en base al factor de carga anual del mercado eléctrico, utilizando a este último factor como elemento representativo de la estructura de dicho mercado.

EC: Energía Continua del aprovechamiento en estudio ("aislado" o "integrado"), la que se determina a través de un programa de operación del embalse y la central, y es el equivalente a la denominada energía en otras metodologías.

PR: Potencia de Referencia, o potencia "instalable" a nivel de inventario, que se calcula a través de la expresión (1). Su determinación, dado que el FC es una constante, depende de la EC" Veáse gráfico 2.1.

"Este criterio es coherente cuando la estructura del equipamiento de generación eléctrica es fundamentalmente hidroeléctrica y la energía no continua no haría sino reemplazar energía de otra central hidráulica del mismo tipo"

"Sin embargo en un futuro próximo es previsible un cambio relativo del parque de generación brasileño, con mayor participación de centrales termoeléctricas convencionales y nucleares"

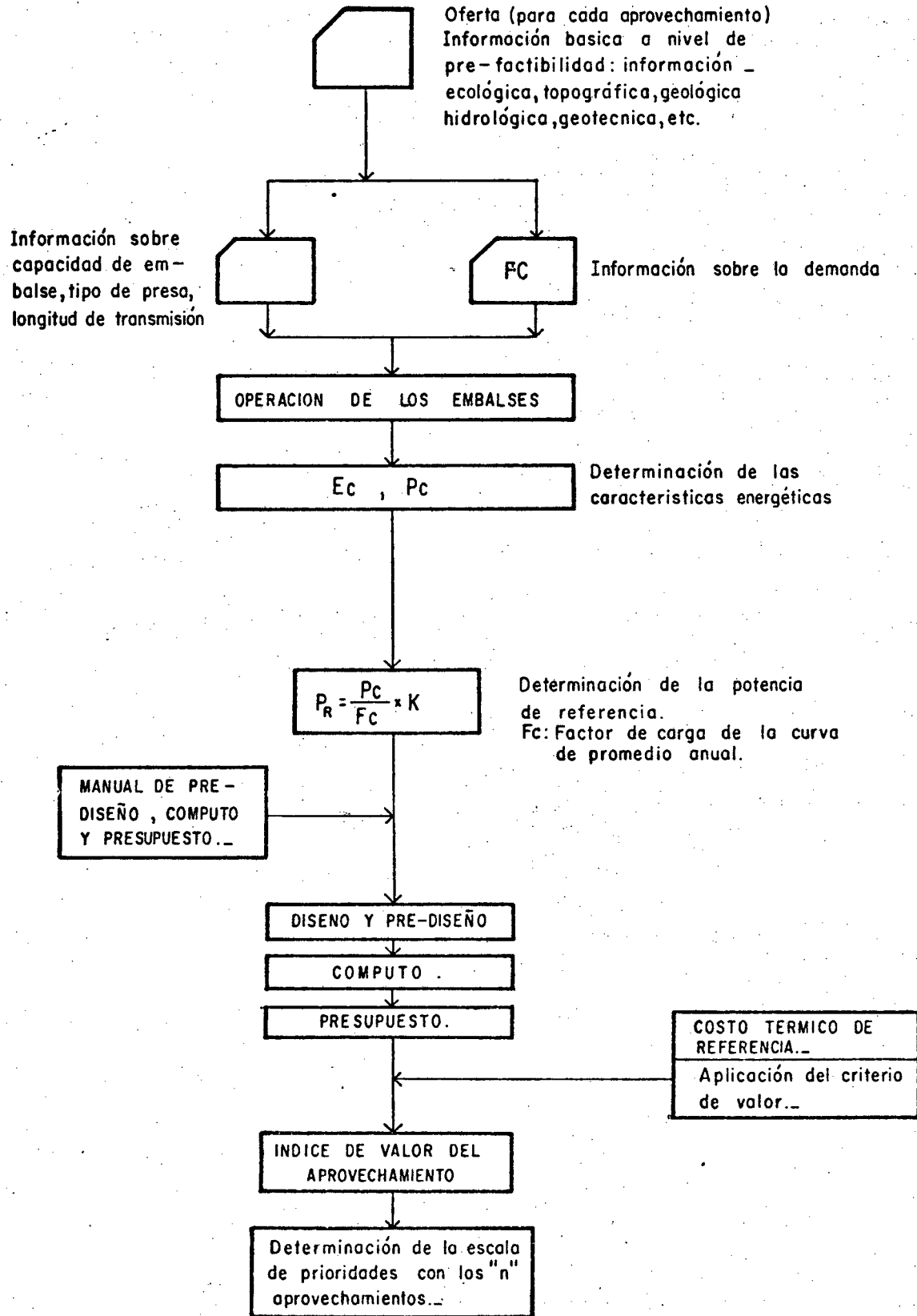
2.4. Inventarios con pre-definición de potencias óptimas instalables (tipo-III).

En este caso los inventarios hidroeléctricos persiguen no sólo identificar los aprovechamientos hidroeléctricos, de acuerdo a un rango de prioridad, sino que además intentan:

- 1º) Precisar las potencias óptimas que deberían instalarse, en un equipamiento inicial y un equipamiento final o de segunda etapa: -

GRAFICO 2.1

INVENTARIO PARA DETERMINAR RANGOS DE PRIORIDADES, A PARTIR DE LA PC ..



Tanto en el desarrollo del sistema de centrales en estudio como en cada central por separado.

- 2°) Esquematizar las características de las diversas etapas del equipamiento hidroeléctrico (potencias instalables en cada una, lapsos de tiempo que las pueden separar).
- 3°) Precisar las características generales de cada aprovechamiento, para su diseño avanzado posterior a nivel de estudio de factibilidad, o incluso a nivel de proyecto avanzado para algunas centrales.

Este tipo de inventario representa un paso más avanzado del anterior. Los estudios de mercado eléctrico, y de evaluación económico corresponden más bien al nivel de "prefactibilidad".

Algunos de los inventarios de este alcance realizados en América Latina han utilizado el concepto de "potencia garantida" calculando previamente, mediante procedimientos gráficos o de modelos simplificados de despacho de cargas en años de hidrología crítica, cual es máxima potencia que puede garantizar o sostener:

- a) Un sistema hidrotérmico, con el subsistema hidroeléctrico en análisis en varios horizontes de tiempo.
- b) Un sistema hidrotérmico equivalente, sin el subsistema hidroeléctrico en análisis, en los mismos horizontes de tiempo.

La potencia garantida de las centrales hidráulicas del sistema con embalses adecuados, se obtiene empuntando la energía generable en el período de hidraulicidad más baja o crítica. Para centrales de baja caída ese período crítico puede corresponder a un año de crecientes, pues al elevarse los niveles de aguas abajo de las centrales, se reducen las caídas y el producto ($Q \times H$) puede ser mínimo.

La energía hidráulica computable para el subsistema hidroeléctrico-

no es la energía primaria, sino la Energía Anual Media (EMA), promedio de la energía generable en una operación de los embalses y de las centrales con un registro hidrológico largo. Se debe demostrar que esa energía generable en años medios o abundantes puede desplazar la generable por centrales térmicas convencionales, que se retiran temporalmente, con la consiguiente economía de combustible. En caso contrario se computa como EMA sólo la fracción de la energía generable que es colocable.

Cada aprovechamiento, cuenta con un presupuesto y un plan de cuentas que permite asignar a cada uso del agua la inversión total correspondiente.

Para determinar la potencia garantida, se ensayan diversas potencias instalables, hasta hallar aquella que maximiza el coeficiente de valor (B-C), (Ver gráfico 2.2). Siendo C=H el costo actualizado del sistema hidrotérmico con el aprovechamiento hidroeléctrico, y B=T el costo actualizado del sistema hidrotérmico sin él o los aprovechamientos hidroeléctricos. En tal caso, éstos están reemplazados por centrales térmicas equivalentes.

La equivalencia entre Sistemas Hidrotérmicos, con o sin las centrales en análisis, se realiza, equiparando en ambos la capacidad de generar la Energía Anual Media (EAM) asegurando igual potencia garantida (PG).

También por ser representativo de la evolución de los conceptos sobre "inventario hidroeléctrico" resulta interesante realizar breves comentarios sobre los estudios realizados en la Argentina.

En este país se presenta la particularidad de que el potencial hidroeléctrico potencialmente identificado se aproxima mucho al potencial económicamente aprovechable, debido al número relativamente elevado de estudios, anteproyectos y proyectos disponibles.

Algunos grandes proyectos en ejecución en esta década como el de Salto Grande, datan de fines de siglo pasado, y han sido sometidos a sucesivas actualizaciones (8).

El país no ha contado con una metodología nacional para la evaluación de ese potencial hidroeléctrico. Son numerosos los estudios en que se ha relevado ese potencial. Frecuentemente, el potencial hidroeléctrico ha resultado más bien como suma algebraica de proyectos que como aplicación sistemática y generalizada de una metodología para todo el país.

La CEPAL, conjuntamente con el Consejo Federal de Inversiones (Argentina), produjo a lo largo de la década del 60 una serie de estudios de inventario y evaluación técnico-económica de dicho potencial.

Este relevamiento publicado en el libro de la serie, "Los Recursos Hidráulicos de América Latina", "Argentina" (año 1971) se apoyó en estimaciones expeditivas de costos, caracterización de la potencia óptima instalable en las centrales en base a sus parámetros técnico-económicos y básicos y a los requerimientos de la demanda.

Sin embargo algunas cuencas han sido objeto de estudios sistemáticos integrales para definir el sistema hidroeléctrico óptimo.

Al respecto vale la pena mencionar el estudio conjunto Argentino-Brasileño de la cuenca media del río Uruguay, en el tramo fronterizo entre ambos países.

La denominada metodología "Argentina" tal como era aplicada en 1973 se resume a continuación y corresponde a un análisis a nivel de pre factibilidad, (tipo III); en un grado de avance algo superior a los de inventario convencional (Tipo II).

(8) En el caso de Salto Grande, uno de los primeros proyectos fijó su potencia en 288 MW (1928). En 1963, otro proyecto ejecutivo la fijó en 1440 MW; y actualmente (1977) se están instalando 1890 MW. Es un aprovechamiento compartido 50% y 50% con el Uruguay.

En dicha metodología, los parámetros energéticos característicos - fueron la "potencia garantida" PG de acuerdo al concepto original de Electricité de France, y la Energía Anual Media (EMA).

"El equipamiento de generación argentino tiene características totalmente distintas al brasileño, en el presente. Las centrales hidroeléctricas existentes, están vinculadas a un parque de generación preponderantemente térmico, lo cual identifica la conveniencia de aprovechar sus " características peculiares" en cuanto a gran flexibilidad de operación, acumulación económica de energía potencial y elevada disponibilidad relativa.

"Además, y como la generación termoeléctrica se basa en el consumo de combustibles no renovables, adquiere importancia su ahorro gracias al aprovechamiento de la energía media anual generada".

"Por lo demás, la combinación óptima de las energías hidro y termoeléctrica, permiten satisfacer en forma mucho más económica la demanda, en la medida que la energía continua sea despachada, en años secos, de acuerdo a las características específicas de la demanda, con sus variaciones estacionales; y en la medida que dicha demanda crece. Se trata entonces - de introducir el concepto de potencia garantida (PG) en función de las máximas exigencias de la demanda y de las condiciones más desfavorables de la oferta hidráulica (operación del embalse con la hidrología del período más seco, y determinación de potencia garantida)".

"En el caso argentino, definidas las cotas máximas y mínimas del embalse, se trató de maximizar, para cada aprovechamiento, una función de beneficios netos actualizados, cuyas variables de decisión son fundamentalmente la potencia instalable, y la zona a satisfacer en la curva de cargas". (Grado de empuntamiento de la energía mínima disponible en el período crítico)."

"Se define así el Ahorro Neto Actualizado (T-H) como "la diferencia entre las inversiones y gastos totales actualizados (valor presente) de la central térmica equivalente y de la central hidroeléctrica calculada",

para un período igual a la vida útil de esta última (50 años)". (9) Veá-
se gráfico 2.2.

La equivalencia de la central térmica se definió en base a generar igual energía media anual (EMA) colocable en los centros de consumo, y a asegurar igual potencia garantida, (PG). Es decir, la potencia instalada-térmica debía ser igual a la potencia garantida hidráulica más la reserva térmica correspondientes.

3. LAS "CRIBAS" DEL INVENTARIO.

Se denominan "cribas" a los parámetros técnico-económicos, (o de política energética) que condicionan y dirigen el proceso de inventario hidroeléctrico-
hacia resultados predecibles a través de los valores que se le asignen a e
sos parámetros.

Es decir, son como las mallas de un criba que no dejan pasar aquellos -
proyectos incompatibles con las dimensiones de esas mallas (proyectos no via-
bles).

Se comentarán a continuación algunas de las principales "cribas" de los
inventarios hidroeléctricos.

3.1. Tasa de interés y tasa de descuento.

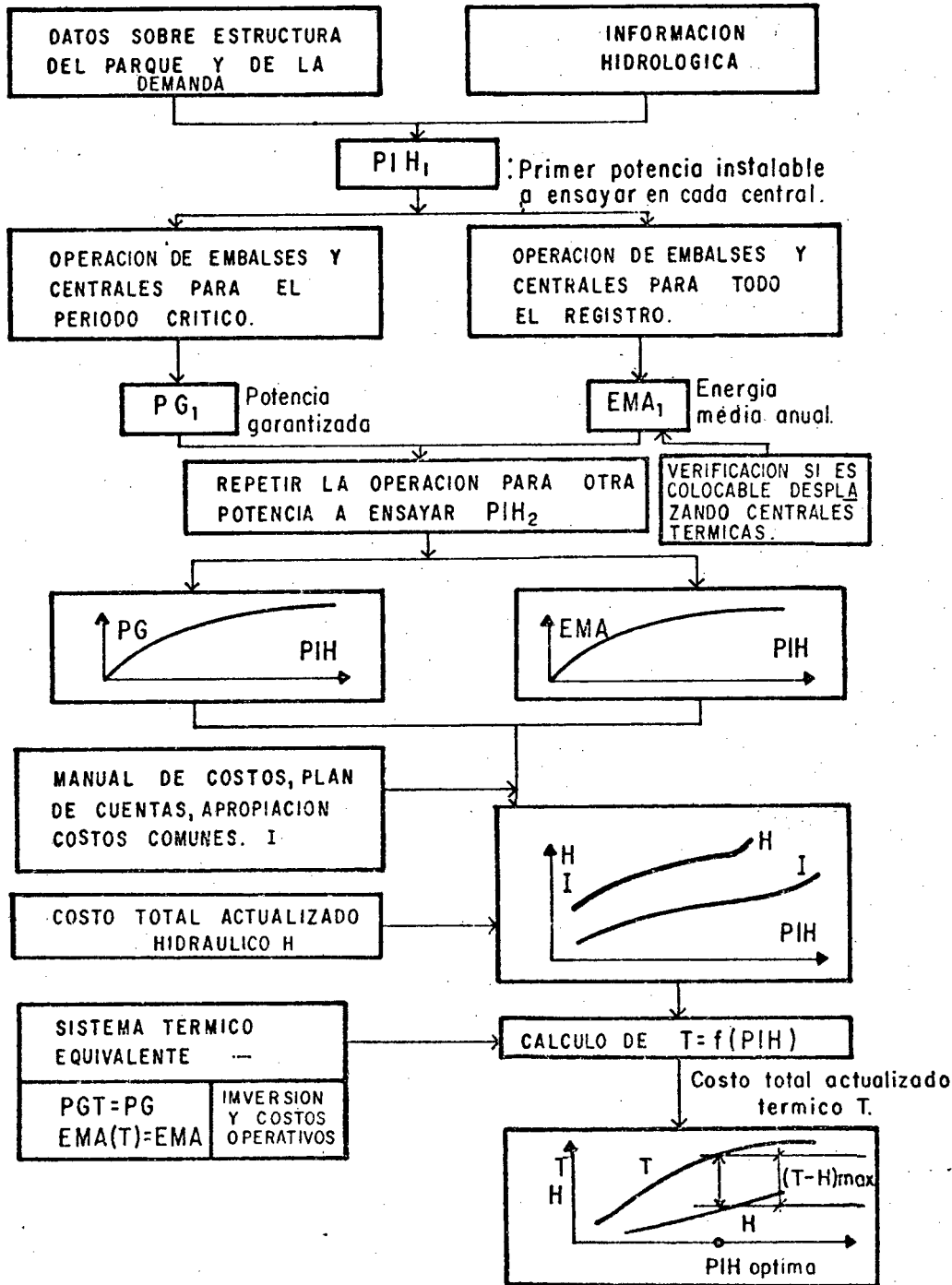
La evaluación del potencial hidroeléctrico se refiere a un bien de
utilidad pública, en un mercado monopolístico, con una demanda creciente
y raramente "no garantida". (10)

(9) Según artículo ya mencionado de A. Viladrich y G. Marquéz de Acevedo.

(10) Se ha comprobado en la mayor parte de los países de América Latina, que aún
en período de recesión económica, creciendo el producto bruto por habitan-
te a sólo el 2 ó 3%, el sector eléctrico crece 2 ó 3 puntos más.

GRAFICO 2.2

INVENTARIO CON PREDETERMINACION DE LAS POTENCIAS A INSTALAR EN LOS APROVECHAMIENTOS PRIORITARIOS .-



Todas las crisis eléctricas de las dos últimas décadas en América Latina han sido por déficit de oferta. Es decir, por estructuras deformadas de la oferta; no por ausencia de la demanda. Y nada indica que no sea así en el futuro o aún más grave desde, el punto de vista de déficit de oferta.

Ello conduce a las siguientes consideraciones:

- a) El costo de capital "i" de las inversiones en el sector hidroeléctrico no puede ser el mismo costo "i" de una inversión tipo en el mercado de capitales, global de un país, ni siquiera en el sector de capitales de sector industrial. Siendo i:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

i = Tasa de interés de mercado de capitales para el sector privado y a nivel nacional.

i_1 = Seguro contra el riesgo en la actividad empresarial privada.

i_2 = Seguro contra la inflación anual, del orden de 4 al 8% aún en las economías más estables. Esta componente de "i" debe ser eliminada si se trabaja con un modelo de evaluación a "precios constantes".

i_3 = Tasa real de retribución "normal" al capital, del orden, del 4 al 6% como máximo. Esta es la única componente que se debería tener en cuenta para descontar flujos de B y C, referidos a un Servicio Público monopolístico.

- b) Tasas de descuento altas⁽¹⁾ del 10 al 15% por ejemplo hacen totalmente no significativas las diferencias fundamentales de vida útil entre centrales térmicas (30 años) y centrales hidráulicas (100 años).

Los flujos de beneficios netos actualizados, representan valores actualizados casi nulos, para la porción de beneficios netos que se halle diferida entre el año 30 y el año 100.

En resumen la tasa de descuento es la principal criba económica en

(1) Una tasa del 20% es una criba definitivamente eliminadora de la mayoría de proyectos hidroeléctricos que con tasas razonables entre el 4 y 8% serían viables.

los estudios de inventario, y la elección de una tasa de este tipo excesivamente alta conduce a un sub-equipamiento hidroeléctrico en beneficio de un modelo ya obsoleto basado en el uso dispendioso e injustificado de combustible fósiles.

Por otra parte, no hay ninguna razón probada para adoptar una tasa de descuento "d" igual y no menor que la de interés "i". (2)

3.2. Precio de los combustibles fósiles:

Este "precio es una de las "cribas" económicas decisivas para la evaluación. La diferenciación clásica entre países productores y países importadores de combustibles fósiles para centrales térmicas, tiene mayor validéz en la actualidad en cuanto a seguridad del abastecimiento - que en cuanto al "precio", en si mismo, del combustible.

En ambos casos el valor del combustible debe ser como mínimo el valor de su precio en el mercado internacional.

Para los países en mayor o menor medida importadores, ello es obvio. Para los países exportadores, ese es el precio que dejan de cobrar si consumen internamente dichos combustibles, o sea que es el precio de oportunidad a escala mundial.

Queda por preguntarse:

Para los países importadores, ¿Cuál es el precio adicional a agregar al costo de combustible importado, en concepto de seguro por falta de garantía en el abastecimiento de su demanda?

Para países "importadores" como para exportadores y en ambos casos: ¿Cuál será el precio real, mundial, de esos combustibles dentro de 30 o 40 años?.

Aún aplicando modelos de inventario y evaluación, sin inflación, debido al carácter crítico de este insumo se justifica el empleo de expresiones

(2) El concepto de utilidad marginal decreciente del consumo no es válido - cuando se trata de consumir recursos finitos no renovables.

siones de precios del tipo;

$$P_t = P_0 (1+A)^t$$

siendo

P_t = precio del combustible al año "t"

P_0 = Precio internacional del combustible en el año "0"

A = Coeficiente positivo, variable, directamente proporcional al crecimiento de la demanda eléctrica, e inversamente proporcional al coeficiente de reservas esperadas de hidrocarburos por habitante en el año "t"

$$\left(\text{en } \frac{\text{"t.e.p."}}{\text{hab}} \right)$$

3.3. Tipo y precio de la dependencia tecnológica.

Los programas hidroeléctricos si no son encarados como parte de un proceso de desarrollo nacional integral pueden reforzar la dependencia - aunque ello parezca paradójico.

La mayor inversión por KW instalado en centrales hidroeléctricas - respecto a centrales térmicas convencionales no sería significativa, si está balanceada positivamente por su menor componente en divisas que su alternativa térmica. Pero ello será así siempre y cuando:

- a. El país no deba importar insumos básicos como el cemento, el hierro para el concreto, los equipos livianos de construcción, los insumos de industrias liviana y semi-pesada para instalaciones hidráulicas, electromecánicas, líneas de transmisión, sistemas de distribución a ampliar, etc.
- b. El país no deba importar tecnologías extranjeras en un 100%, por, falta de empresas constructoras e instaladoras nacionales, así como por carencia de empresas de ingeniería, de ensayos de campo y laboratorio. Solamente si los programas de inversión en hidroelectricidad se ensamblan con los de desarrollo industrial, científico-tecnológico, y de recursos humanos; podrá decirse que real

mente esos programas no serán una mayor atadura de dependencia.

3.4. La "hora" de la opción nuclear.

Resulta difícil imaginar una política conservativa de los combustibles fósiles y un cambio del modelo de consumo energético al margen de la opción nuclear.

Cuanto más se tarde en considerar seriamente esta alternativa, complementaria del desarrollo hidroeléctrico, mayor será la brecha y retraso tecnológico. Mayores serán las dificultades para estructurar sólidos sistemas integrales energéticos y eléctricos.

No hay duda que la energía nuclear debe ser concebida y usada exclusivamente para fines pacíficos, que hay riesgos en embarcarse en programas nucleo-eléctricos, que la abundancia de petróleo es un elemento que oscurece la necesidad de comprometerse en esos programas, a corto plazo, para los países exportadores de petróleo, etc.

Sin embargo, tarde o temprano, la opción nuclear dejará de ser una "opción" para presentarse como un desafío que no pueda eludirse. Entonces, el desarrollo de esta "opción" dependerá de la estrategia conjunta respecto a:

- a) Centrales de bombeo
- b) Mejoras sensibles en los factores de cargas de la demanda,
- c) Desarrollo de sistemas interconectados, oferta de energía hidroeléctrica

Los sistemas nacionales interconectados con grandes centrales hidráulicas permitirán estructurar racionales sistemas de generación con centrales hidroeléctricas en punta, centrales hidroeléctricas de base, y un "sostén" térmico convencional o nuclear de semibase variable. El inventario hidroeléctrico deberá tener en cuenta esta alternativa u opción nuclear, a la vez: competitiva (en base) y complementaria.

3.5. El Tipo de Modelo prospectivo energético

Un sistema hidrotérmico con una participación de la hidroeléctricidad de más de 80% en potencia, no es suficientemente seguro. Sobre todo si la hidroeléctricidad se basa en sistemas hidrológicos poco conocidos, y en sistemas de interconexión relativamente débiles. (largas distancias transporte unidireccional de cargas).

Estos sistemas interconectados serán tanto más débiles cuanto más se parezcan a sistemas con una única central hidroeléctrica alimentando a un centro de carga distante.

En tal sentido los sistemas interconectados nacionales, reforzados con interconexiones multinacionales son la solución más correcta al problema de la seguridad del servicio eléctrico (cantidad, calidad). En muchos de los países de América Latina, en esta etapa de su desarrollo, los sistemas hidrotérmicos están apareciendo como fuentes eléctricas a nivel nacional, a "saltos". Es decir las más de las veces se desarrollan sin una adecuada programación a mediano y largo plazo del sector energético y eléctrico como un todo. Es frecuente que la programación a corto plazo sea la programación del "remiendo" y de "emergencia". Y el largo plazo sea simplemente una serie sucesiva de medidas de coyuntura ensambladas debilmente entre sí.

La necesidad de contemplar la opción nuclear como una alternativa - que reemplace a la mayor parte de las centrales térmicas de base para fines de siglo; plantea la necesidad de:

- 1°) Revisar los planes a corto, mediano y largo plazo, de desarrollo e léctrico
- 2°) Revisar el modelo de consumo energético global,
- 4°) Preveer cambios sustantivos en ese modelo, sobre la base de transformaciones esenciales (a mediano y largo plazo) del sistema de transportes, de las tecnologías de las industrias básicas, de las modalidades de consumo de calor industrial y doméstico.

3.6. Costos de la termoeléctricidad equivalente.

Como el beneficio económico de un sistema hidroeléctrico se suele medir en relación a los costos del sistema térmico de referencia o equivalente, es muy importante caracterizar a éste último y definir sus costos.

En los métodos de inventario en los cuales todas las centrales hidráulicas de inventario aparecen con un factor de planta único, el sistema térmico de referencia es una central térmica con un factor de planta fijo.

En las metodologías más detalladas, el sistema térmico de referencia puede estar compuesto por una combinación de centrales con distintos factores de planta (o de utilización).

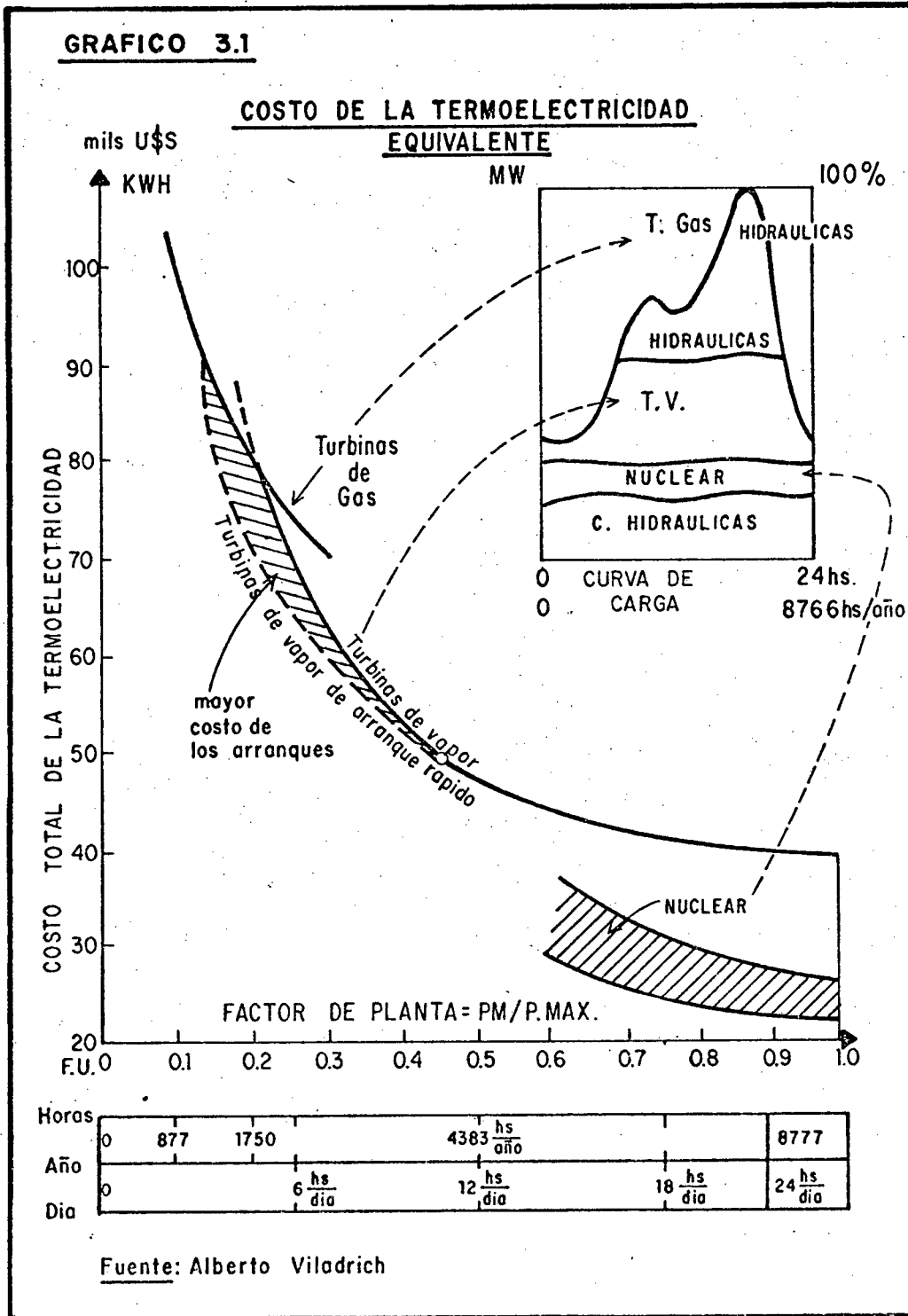
En el gráfico 3.1. se presenta un ejemplo de costos de termoeléctricidad en función del factor de planta, como elemento fundamental de referencia para determinar el valor de sustitución de: Un KWH hidroeléctricidad de base, de semibase, ó de punta.

Estos elementos de "costos" son "cribas" decisivas del inventario.

3.7. La dimensión ambiental.

Se reconoce que "hidroeléctricidad" y "energía limpia" son casi sinónimos, así como esa energía es una de las pocas (junto a la eólica, la mareomotriz, y los convertidores solares) que no consumen "materia".

Sin embargo existe un ecosistema "hidroeléctricidad-medio natural - medio socio-económico" con numerosas relaciones cruzadas. Mantener un adecuado equilibrio dinámico y controlado en ese ecosistema es esencial. Ello tiene incidencias en los costos económicos y en los resultados del inventario.



a) Efectos del sistema natural sobre el aprovechamiento.

En todo aprovechamiento hidroeléctrico debe prestarse mucha atención al problema de la protección activa de la cuenca superior, como forma de lograr: control eficiente de la erosión hídrica y de los caudales sólidos, garantía de una adecuada alimentación hidrológica, etc.

Una red hidrometeorológica de operación y de alerta debe estar asociada a todo sistema hidroeléctrico para garantizar la seguridad y eficiencia de su operación y mantenimiento. Debe preverse también el control de nutrientes que vierten al embalse, así como de biocidas y de sustancias no biodegradables. Todo ello implica "costos" a considerar en el inventario.

b) Efecto de la hidroeléctricidad, sobre el medio.

Del mismo modo, la hidroeléctricidad introduce cambios en los ecosistemas naturales y socio-productivos del entorno.

Cuando la hidroeléctricidad está asociada a un embalse, además de los cambios en los ecosistemas acuáticos y terrestres que causa el embalse, se debe considerar un factor frecuentemente omitido pero muy importante.

Si hay embalse, con toda seguridad que existirá una capacidad diaria para "turbinar en punta" es decir evacuar en las horas de mayor demanda eléctrica (2, 4 ó 6 hs), caudales que varían, crecen o decrecen bruscamente, creándose aguas abajo "ondas artificiales de crecida".

Por lo general, estas ondas crean obstáculos serios a la navegación a aguas abajo, a tomas existentes de riego o agua potable, etc., si no se toma la precaución de atenuarlas a corta distancia. Es conveniente recurrir a las denominadas presas de re-regulación, de suficiente capacidad de embalse como para "achatar" esas ondas artificiales". Ver acápite 3.8.

3.8. Usos múltiples del agua.

Plan de cuentas y apropiación de costos. En la década del 60, se instituyó la necesidad en la mayoría de los países de América Latina de contar a nivel nacional con sistemas de planeamiento

Del mismo modo se desarrolló y amplió el concepto de "servicio público" para el sector crítico de la energía y de la electricidad.

En la década del 70 se desarrolló el concepto de calidad de la vida y de relaciones entre hombre y ambiente. La hidroeléctricidad perdió definitivamente el carácter de uso parcelable, independiente y que pudiera concretarse sin verse afectado por el ambiente o afectarlo.

AHORA EN AMERICA LATINA, RESULTA YA IMPOSIBLE CONCEBIR UN APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO QUE NO SEA DE PROPOSITOS MULTIPLES.

Es decir, aunque el proyecto explícitamente no se presente así, un aprovechamiento hidroeléctrico es forzosamente de multipropósito.

El aprovechamiento hidroeléctrico estará afectado en la cuenca superior por el uso que se haga de los recursos asociados "agua-cobertura vegetal y suelos". A su vez, el aprovechamiento hidroeléctrico afectará los usos que se hagan aguas abajo, así como interrumpirá el ciclo natural de la fauna acuática, creará nuevas condiciones para el desarrollo social y económico, etc.

Por lo tanto el presupuesto que acompañe a un estudio de inventario estará incompleto si no se presenta según un plan de cuentas. El Plan de Cuentas de un aprovechamiento hidroeléctrico deberá incluir entre otros, los siguientes rubros:

- a) La preservación activa de la cuenca superior, incluyendo la instalación y operación de una red hidrometeorológica, para control de crecientes y operación óptima del sistema hidráulico múltiple.

- b) La presa de re-regulación que atenuará la onda de crecida artificial que provocará el turbinado en punta durante algunas horas, etc.
- c) Los costos económicos y sociales de reubicación de poblaciones junto con los costos de relocación de infraestructuras y servicios.

Por otro lado, la hidroeléctricidad cargará injustificadamente con costos que no le corresponden sino se cuenta con un plan de cuentas con centros de costos adecuados (ver gráfico 3.2) y una metodología que permita apropiar a cada uno de los distintos usos del agua involucrados, una parte de los costos comunes. Siendo estos costos comunes: Los Campamentos transitorios, las expropiaciones, las reubicaciones, etc.

Al no explicitarse en una metodología de inventario ningún método para apropiar costos comunes a cada uno de los usos múltiples asociados al uso hidroeléctrico, se está adoptando implícitamente el método más simple pero más incorrecto de apropiación:

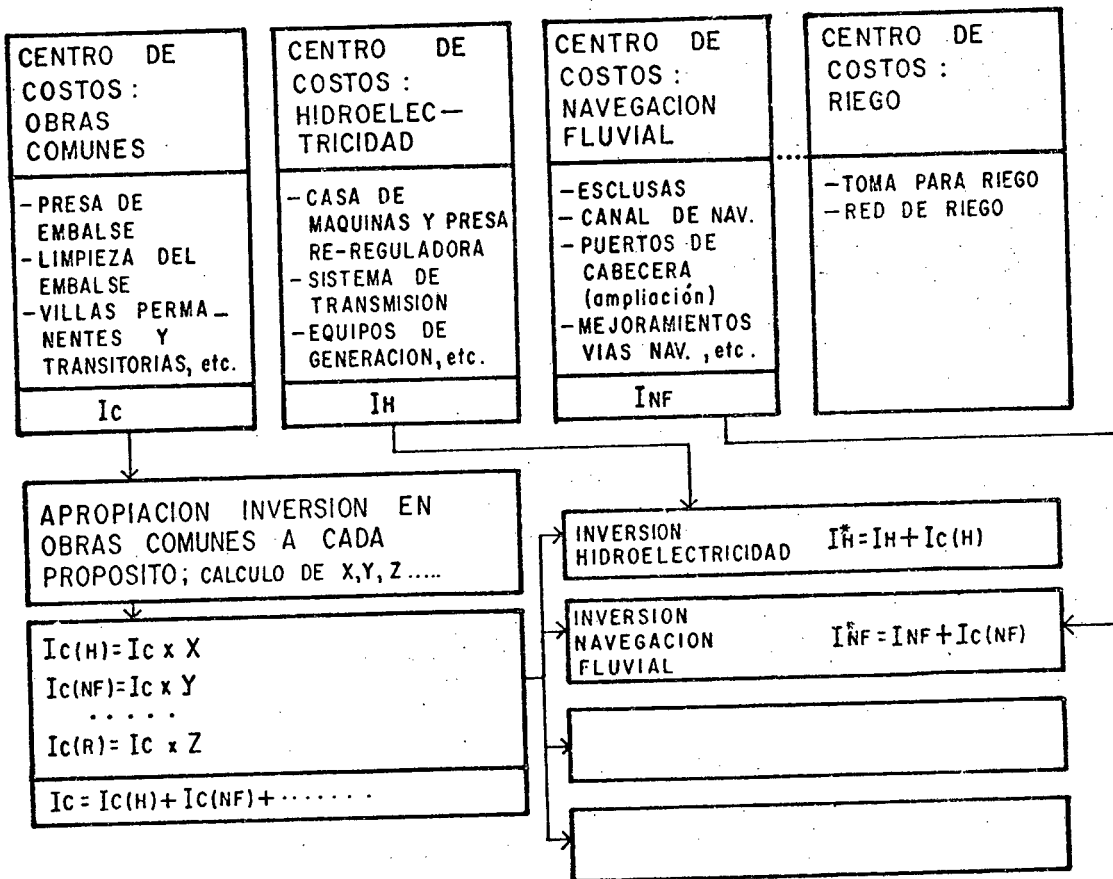
Es decir, se está optando por castigar a la hidroeléctricidad con todos los costos comunes, aceptando además que los otros usos del agua y el manejo racional de los recursos asociados no merecen ser desarrollados, y por lo tanto, tampoco tenidos en cuenta.

En el gráfico mencionado se explicita un ejemplo sencillo de plan de cuentas, con diferentes centros de costos, de los cuales uno de ellos es: hidroelectricidad.

3.9. Precisión de las metodologías.

Las metodologías excesivamente sencillas, son conceptualmente, una criba decisiva que pueden distorsionar totalmente los resultados. Algunas simplificaciones conceptuales en los enfoques del desarrollo eléctrico e hidroeléctrico, se explican (en el caso de América Latina), por varias razones:

GRAFICO 3.2
MODELO DE PLAN DE CUENTAS Y APROPIACION DE COSTOS ..



Fuente: Ing^o Alberto Vilodrich.

- a) El inventario incompleto de la información fisiográfica disponible. A menudo se subestima la información disponible, o no se procesa parte de ella por problemas institucionales.
- b) Subestimación de la información disponible sobre la demanda. Esta información no es abundante, pero existe y es de gran valor. Por lo general se opta por simplificaciones excesivas para obviar su análisis.
- c) Una presión muy fuerte por parte de los organismos decisores, y los usuarios en particular, para obtener de los grupos consultores que realizan los estudios: inventarios a muy corto plazo, utilizando un mínimo de tiempo y capital en procesar información existente pero dispersa.
- d) Omisión frecuente en los contratos de servicios para estudios de inventario, de incluir programas continuos y dinámicos de informática, para ir enriqueciendo a corto, mediano y largo plazo, la información disponible, tanto de la oferta, (hidrología, geología, topografía, costos, etc); como de la demanda, (presente y futura).
- e) Enfoque frecuentemente marginalista del inventario, pues cada aprovechamiento en estudio incluido en ese inventario se lo analiza aislado en el sistema "oferta-demanda", subestimando u omitiendo el concepto básico de "sistema".

En algunos casos, se perfecciona el concepto a nivel sólo de la "oferta" y se consideran los aprovechamientos como "aislados" o integrados en el tramo, en cuanto a su capacidad de generación, pero enfrentando cada uno aisladamente la demanda.

Estas omisiones o carencias, las más de las veces explicadas por la escasez de información y los "plazos perentorios" para obtener resultados, sobreviven a las circunstancias particulares que les dieron origen. Y se mantienen como válidas, cuando esas condiciones de origen ya no existen.

Igualmente resulta generalizado el uso de modelos matemáticos, con un preciosismo extremo en cuanto a la estructura del parque generador, pero desequilibradamente alimentados en cuanto a:

- a) Adecuada información respecto a "costos de generación, transmisión y distribución", y b) análisis de posibles alternativas del crecimiento de la demanda y de su estructura.

A fines de la década del 70, ya algunas empresas eléctricas "líderes" en distintos países de América Latina, contaban con metodologías probadas de inventario, suficientemente eficientes para los fines de su propio desarrollo hidroeléctrico. Pero este desarrollo, por el propio carácter de las empresas, era en cuencas aisladas.

Esas metodologías estaban, en muchos casos, todavía:

- a) Excesivamente desarticuladas de una política general energética, aún poco definida. (debilidad de los sistemas nacionales de planeamiento socio-económico, regional y energético).
- b) Escasamente vinculadas también al manejo integral de los recursos naturales renovables (intimamente asociados al uso del agua), y al de una mejor calidad de la vida (Incipientes organismos nacionales para el desarrollo de la calidad de la vida y el equilibrio de los ecosistemas).

Frecuentemente las empresas nacionales o consultoras extra-regionales encargadas de estos estudios no han encontrado "grupos de contraparte" sólidamente constituidos, en los organismos que las contrataron.

A veces esta debilidad se ha originado en los propios contratos de "servicios" para estudios de inventarios, que han asignado un papel totalmente pasivo, casi "testimonial" a los equipos humanos de contraparte del comitente.

Con frecuencia estos contratos se han llevado adelante con muchas dificultades para un adecuado análisis previo de la información disponible, muchas veces dispersa y difícil de obtener directamente, pero de ningún modo inexistente. Si la información sustantiva está dispersa entre diversos organismos del sector público, los estudios de inventario deben necesariamente integrar a esos entes.

Ante las dificultades para obtener esa información, tramitaciones excesivas, falta de claridad sobre el uso posterior que se daría a la misma etc., a veces ha ocurrido que las metodologías aplicadas acudieran a simplificaciones extremas respecto a las metodologías originales presentadas en la oferta de servicios.

Como el proceso de inventario hidroeléctrico es totalmente dinámico y debe preverse la revisión de las metas a través de su propio desarrollo, es indispensable que el cliente o futuro usuario tenga capacidad para re-definir los objetivos del estudio si es necesario.

Por lo tanto, todo estudio de inventario debe prever un análisis crítico periódico. Es importante que esta evaluación continua sea realizada conjuntamente por los equipos de contraparte del usuario y los equipos de las empresas consultoras que hacen el estudio.

Los elementos de juicio para evaluar los resultados de estudio de inventario debe ser, entre otros:

- 1) Si el objetivo del inventario sigue correspondiendo a los objetivos de la política energética del país.
- 2) Si los medios, metas y plazos fijados no deben ser revisados, en función de los resultados preliminares obtenidos en las primeras etapas del inventario.
- 3) Si con los medios disponibles, no es factible programar la obtención de más y mejor información durante el mismo proceso de inventario.
- 4) Si el rigor científico y técnico que ofrecen las metodologías de inventario en aplicación, guardan relación con los puntos anteriores.

3.10. Los criterios de valor.

Toda metodología de inventario hidroeléctrico necesita recurrir a la comparación entre un monto de recursos a comprometer (costo C) y un monto de beneficios a obtener (B) vinculados a distintas potencias hidroeléctricas a instalar.

El tipo de balanza que se utilice para el enfrentamiento entre "C" y "B" es una decisión del ámbito de la política energética de la política ambiental y del desarrollo de los Recursos Naturales.

Toda decisión de invertir implica a su vez un juicio de valor sobre la escasez relativa en los factores productivos y sociales que se comprometerán: capitales, recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos naturales renovables y no renovables, calidad de la vida, asistencia externa, disponibilidad de divisas, etc.

Si el énfasis se coloca en la escasez de capitales y el carácter empresarial de la industria eléctrica, se deberán seleccionar criterios de valor que pongan el énfasis en esa decisión política. En tal caso se podrán seleccionar las relaciones clásicas de tipo micro-económico "utilidad, capital" $(\frac{U}{K})$ e incluso las recomendadas por la mayoría de las normas de evaluación de proyectos tales como la relación Beneficios Brutos- Costos $(\frac{B}{C})$ o la denominada T I R, (Tasa interna de Retorno)

Si el énfasis se coloca en la escasez de capitales, y en lograr la alta rentabilidad del capital, se tenderá a seleccionar tasas de interés y de descuento "altas" (mayores del 4-6%) y los criterios $\frac{B}{C}$; $\frac{AT-AH}{I_H-I_T} = r$; ó TIR. Es decir, a seleccionar tecnologías de baja inversión inicial y costos de explotación diferidos en el tiempo. Por ejemplo centrales termoeléctricas y no hidroeléctricas, y turbinas a gas y no de vapor. Por el contrario si el énfasis se pone en: a) maximizar los beneficios netos producidos por el uso intenso de recursos naturales renovables, b) con perspecti-

vas a largo plazo (40-60-100 años), c) con uso muy prudente de los recursos naturales no renovables y de las tecnologías que deterioran el ambiente, se deberán seleccionar:

- Criterios de valor como el (B-C) denominados Beneficio Neto Actualizado, Valor Neto Actualizado o Ahorro Neto Actualizado.
- Tasas de descuento que permitan medir los beneficios netos diferidos entre 30 y 100 años.

Aún a igualdad de tasa de descuento, como muestra el gráfico 3.3, el criterio (B-C) conducirá a proyectos hidroeléctricos con una potencia instalada óptima mayor, que la calculada a través de los otros criterios B/C, "r" etc.

Este efecto de maximizar el uso del recurso natural renovable es aún más notable si consecuentemente con el empleo del criterio (B-C); ó (T-H) que es lo mismo, se utilizan tasas de descuento que tengan en cuenta:

- a) Si la tecnología utiliza recursos renovables y no deteriora el medio. En tal caso la tasa de descuento puede y debería ser menor que la de interés, a efectos de considerar rendimientos marginales crecientes de esa tecnología.
- b) Si la tecnología a evaluar contribuye a disminuir la brecha tecnológica y la dependencia de industrias foráneas, o por el contrario, las profundiza.

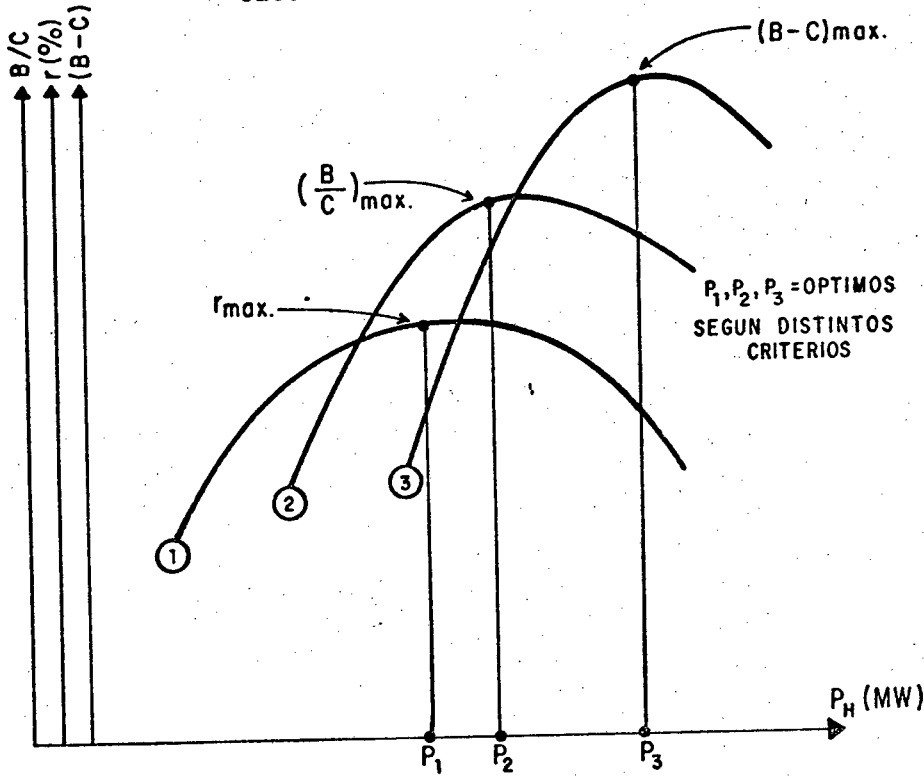
Según el gráfico 3.3., para una misma tasa de descuento e igual sistema térmico equivalente, las potencias "óptimas" dependerán del criterio de valor utilizado, pasando de:

- P₁, para el criterio de rentabilidad de la inversión adicional(r), a:
- P₃, para el criterio de Ahorro Neto Actualizado; (B-C) = T-H

Según el gráfico 3.4, un inventario de recursos hidroeléctricos puede prever tres escalones de equipamiento:

GRAFICO 3.3

DISTINTAS POTENCIAS OPTIMAS A INSTALAR SEGUN CRITERIO DE VALOR UTILIZADO .-

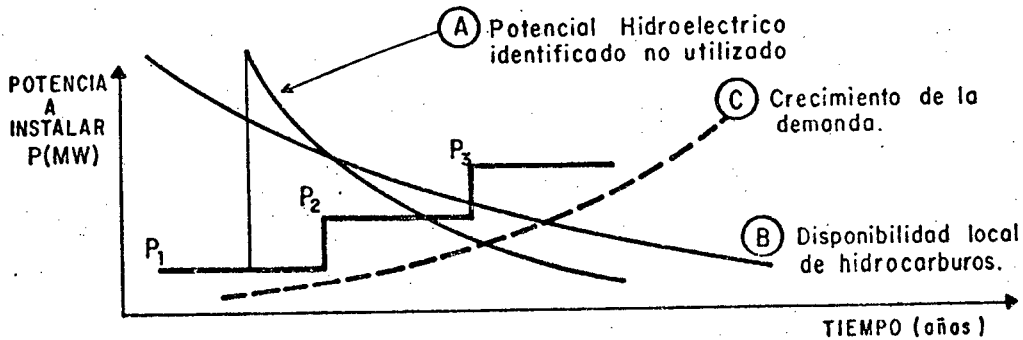


- ① Rentabilidad de la inversión adicional $r(\%) = \frac{a_T - a_H}{I_H - I_T} = f(P_H)$
- ② Relación Beneficio / Costo B/C ; P_2
- ③ Ahorro Neto actualizado $(B - C)$

Fuente: Alberto Viladrich.

GRAFICO 3.4

RUTA OPTIMA DE EQUIPAMIENTO USANDO DISTINTOS CRITERIOS



Fuente: Alberto Viladrich.

- Primer escalón: Instalando sólo P1 de acuerdo a un criterio basado en una minimización del uso de capitales, aumento de los costos operativos, frente a una abundancia relativa de recursos naturales renovables y de hidrocarburos, y una demanda eléctrica reducida.
- Segundo escalón: Situación intermedia. (P2)
- Tercer y último escalón: Equipamiento hidroeléctrico; instalando P3 en correspondencia a un agotamiento relativo de los recursos naturales no renovables, a la necesidad de usar recursos hidroenergéticos renovables menos abundantes, con una demanda eléctrica "explosiva".

En el gráfico 3.4., se muestra también lo que podría llamarse "ruta óptima de equipamiento", arrancando de una potencia P1, con escasez extrema de capitales y estrechez de demanda, para alcanzar P3 en las condiciones señaladas.

Para que ello sea posible, en el lapso t (años), la inversión asociada a P1 debe prever aquellas obras que permitan a un costo mínimo de ampliación, la instalación futura de P3, pasando o no por P2.

3.11. La "hora" de utilización de las grandes cuencas compartidas.

En un horizonte de 10-20 años, los grandes ríos de planicie compartidos como el Orinoco y el Amazonas en sus cursos medios y bajos, pueden ser las fuentes de energía eléctrica de base, (en grandes masas) por excelencia. Pase a un costo relativamente elevado. Es posible que esta etapa esté precedida por otros aprovechamientos hidroeléctricos en afluentes de esos ríos, de semibase y punta, más atrayentes a corto plazo. Sin embargo, debe empezarse a programar esos desarrollos de base para la década del 80.

La opción nuclear, energía de base económicamente competitiva, podrá ser diferida precisamente si los grandes ríos citados (y afluentes más importantes) son objeto de planes de aprovechamiento gigantescos, dentro de esquemas de desarrollo regionales y aprovechamientos múltiples.

Esos grandes desarrollos hidroeléctricos y múltiples, en ríos de llanura y Selvas deben salvaguardar los frágiles sistemas ecológicos tropicales.

Los distintos países que comparten esas grandes cuencas hidrográficas, (El Plata, Amazonas, Orinoco, etc) deberán compatibilizar tanto los aspectos de desarrollo como las relaciones ecología-desarrollo.