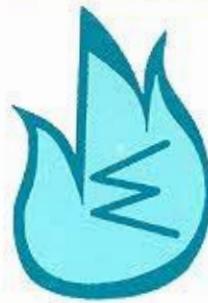


# Revista Energética



# Energy Magazine

Año 16  
número 1  
enero - abril 1992

Year 16  
number 1  
January - April 1992



Tema: Energía y Medio Ambiente

Topic: Energy and Environment



# Problemas e Importancia del Potencial Hidroeléctrico de América Latina y El Caribe

Antonio C. T. Holtz\*

## I. INTRODUCCION

América Latina y El Caribe está dotado de virtualmente todo tipo de fuentes energéticas y, como Región, se caracteriza por su aprovechamiento altamente intensivo de la energía hidroeléctrica y, por lo tanto, a veces es el objeto de muchas críticas. Las razones de esta situación especial, así como las ventajas que significa, deben comprenderse para poder responder a esas críticas.

Para examinar el tema se debe primero analizar el proceso de toma de decisiones. Por una parte, se debe considerar la gama de fuentes energéticas disponibles (proyectos hidro o termoeléctricos) y, por otra parte, se debe estimar la demanda del mercado. Finalmente, es necesario seleccionar una de esas fuentes, tomando en cuenta los costos para el consumidor final y las actuales limitaciones financieras, tecnológicas, ambientales y gerenciales.

Es crucial tener un conocimiento completo acerca de las características físicas, los costos e implicaciones sociales y ambientales de las fuentes energéticas que se utilizarán para tomar la mejor decisión sobre la estructura del sistema de generación a largo plazo.

Generalmente, sin embargo, no es práctico conocer todas esas

variables con el mismo detalle y amplitud, especialmente en grandes países como los de América Latina, donde existe un enorme potencial hidroeléctrico distribuido en una vasta área geográfica.

Por ese motivo, los países todavía utilizan estimaciones muy conservadoras, ya que el conocimiento altamente preciso de estos factores requeriría inversiones importantes que el sector actualmente no puede proporcionar debido a su severa crisis financiera. Solamente se las hacen cuando el proyecto ya tiene una buena posibilidad de volverse productivo en el futuro inmediato.

## II. ESTUDIOS DE PROYECTO Y FACTORES AMBIENTALES

Para tomar una decisión sobre la construcción de una planta hidroeléctrica, se deben llevar a cabo varias etapas de estudios, empezando con evaluaciones de oficina al nivel de la cuenca hidrológica. Mientras más completos y amplios son los estudios, más tiempo y recursos, tanto humanos como financieros, requieren.

Después de los estudios de oficina, o sea de preinventario, se deben efectuar inventarios en el campo; luego se realizan los estudios de factibilidad; y finalmente se dise-

ña el proyecto básico, última etapa antes de la construcción durante la cual se desarrolla el diseño ejecutivo.

Estudios socioambientales deben realizarse en cada etapa para contribuir a decidir sobre la división de caída en la etapa de inventario, para seleccionar aquellos proyectos que alcanzarán la etapa de factibilidad y, si se confirma su factibilidad, para asignar las plantas eléctricas para las cuales se realizarán diseños básicos.

El principio general es que los factores ambientales deben incorporarse desde el principio mismo del proceso y debe vincularse estrechamente con la planificación del proyecto para evitar sobrecostos como resultado de medidas correctivas aplicadas posteriormente, cuando ya es demasiado tarde para corregir las decisiones y acciones tomadas.

En los últimos años, la Región es cada vez más consciente de la necesidad de resolver problemas sociales y ambientales provenientes de las actividades de generación eléctrica, debido a una percepción entre el personal técnico y gerencial del sector que los temas socioambientales son cruciales para el éxito de sus proyectos, entre otras razones.

Ahora se reconoce que la viabilidad de los proyectos de generación

\* Director de Informática y Comunicación, OLADE

*En particular, el sector eléctrico tendrá la posibilidad de mostrar que realmente está adoptando las soluciones más económicas y adecuadas, del punto de vista socioambiental cuando planifica sistemas de expansión*

eléctrica no puede examinarse únicamente a partir de metas y limitaciones, como se hacía hasta recientemente. Un conjunto más amplio de variables debe considerarse en el proceso de toma de decisiones y la programación de los proyectos de suministro eléctrico.

Sin embargo, hay que superar varios obstáculos, principalmente estructurales y de capacitación, para poder ejecutar acciones específicas y bien coordinadas para resolver estos problemas. Como se indicó anteriormente, se debe recordar que medidas deben aplicarse durante el proceso entero, desde la etapa de planificación preliminar hasta la operación final de las instalaciones.

Además de una muy temprana consideración de estos aspectos en el proceso de toma de decisiones, varios otros factores pueden contribuir a superar estas dificultades. Primero, los temas socioambientales deben integrarse a todos los niveles y áreas de las empresas eléctricas y no deben ser la preocupación exclusiva de gente especializada.

Segundo, la formulación de proyectos en esta área tiene que fundamentarse en un seguimiento consistente de los programas ejecutados, cuyos resultados deben evaluarse de forma permanente, un enfoque que todavía no se aplica.

Tercero, el sector energía debe también contar con expertos en las ciencias sociales y naturales, tales como antropólogos, sociólogos, geógrafos, planificadores regionales, biólogos, limnólogos, agrónomos y otros que previamente no participaban en proyectos energéticos.

Para resolver sus problemas socioambientales, el sector eléctrico, orgulloso de haber sido un pionero en fomentar el progreso regional mediante la integración progresiva y luego el perfeccionamiento de varias tecnologías importadas, tendrá que depender principalmente de los conocimientos de expertos técnicos

locales capacitados en este campo particular que, en el área de la hidroelectricidad, difícilmente podrían adquirirse en otras regiones, donde las condiciones son tan diferentes de las nuestras.

Además, estos conocimientos deben proponer soluciones concretas, en vez de simplemente proporcionar un diagnóstico de la situación.

Se debe establecer un diálogo permanente entre los expertos profesionales citados anteriormente y el área involucrada del sector, lo que implica una confianza mutua.

### III. PROYECTOS HIDROELECTRICOS Y LA SOCIEDAD

El diálogo con la sociedad también es sumamente importante, especialmente con los representantes de los grupos poblacionales que pueden estar afectados negativamente por la construcción de un proyecto. De hecho, esa clase de discusión proporcionará a los expertos técnicos y gerentes del sector eléctrico la oportunidad de informarse acerca del área del proyecto y conocer diferentes puntos de vista, así como mantener el público consciente de las dificultades que deben enfrentar cuando toman sus decisiones.

En particular, el sector eléctrico tendrá la posibilidad de mostrar que realmente está adoptando las soluciones más económicas y adecuadas, del punto de vista socioambiental cuando planifica sistemas de expansión.

También podrá informar al público que su meta es utilizar lo menos energía posible, reducir la demanda del mercado aplicando medidas de uso racional de energía y aprovechar fuentes menos contaminantes y más socialmente apropiadas.

No existe otra solución sino la de convocar al talento de toda la

Región para resolver el problema complejo de decidir cuáles de las alternativas de proyecto son las mejores, tienen el menor impacto adverso sobre el medio ambiente y conllevan los mayores beneficios a la sociedad del área.

Es sumamente importante que los valores naturales, culturales y sociales de las áreas y poblaciones afectadas sean protegidas y sus niveles de vida mejorados como precondición para ejecutar los proyectos, que deberían proporcionar compensaciones y beneficios netos.

Actualmente, se reconoce que las actividades de suministro de energía eléctrica comportan beneficios y costos que a menudo se distribuyen de manera muy desigual entre, por una parte, los consumidores y otros intereses regionales o nacionales y, por otra parte, los grupos poblacionales asentados en el área de producción.

La conclusión es que es indispensable evaluar cada proyecto desde el punto de vista regional mediante un enfoque orientado a lograr un simbiosis entre los proyectos y las áreas donde están localizadas y, además de sus objetivos usuales, a disminuir las pérdidas y los conflictos con las instituciones, grupos sociales e individuos, pero que indemnicen adecuadamente a las poblaciones afectadas y faciliten el logro de otras metas extrasectoriales que esas mismas poblaciones han establecido para su propio beneficio.

Ahora se debe intentar no sólo reducir el impacto negativo de esas actividades sino interiorizar, dentro de la esfera de influencia de los proyectos, el mayor número posible de beneficios marginales o indirectos que puedan resultar de su ejecución.

Se debe incorporar este enfoque en las soluciones adoptadas tanto para satisfacer las necesidades del trabajo y las instalaciones de construcción como para enfrentarse a sus impactos adversos. Se puede recalcar,

por ejemplo, los usos múltiples de los recursos hidráulicos y la inversión efectuada para carreteras y servicios de apoyo, tales como salud y educación, en el área del proyecto.

Algunos países han establecido hasta pagos de regalías por derechos hídricos para compensar las actividades económicas que podrían desaparecer de las áreas inundadas, que sea en el embalse o aguas abajo, además de la indemnización para el uso permanente de la tierra y la pérdida de otra propiedad.

Sin embargo, no podemos ignorar que las represas transforman el medio ambiente; a veces sus embalses obligan el reasentamiento de mucha gente y la reubicación de actividades económicas, un grave problema que debe tomarse en cuenta cuando se decide acerca de su construcción.

#### IV. FACTORES DE COSTO EN LA PLANIFICACION HIDROELECTRICA

Anteriormente, se inició la construcción de algunos proyectos hidroeléctricos sin mayor conocimiento de los problemas físicos, sociales y ambientales que podrían producir, lo que llevó a aumentos no anticipados de costos varios años después. En algunos casos, eso se debía al pánico que generó en los países no productores de petróleo la amenaza de aumentos de precios de petróleo de hasta US\$60 por barril.

Barbina, en el Brasil, un ejemplo frecuentemente mencionado de una mala decisión, debe considerarse bajo esa óptica. Sin embargo, aún con su alto costo final, todavía puede competir con una planta de generación térmica de petróleo cuando el precio del barril de petróleo sube por encima de US\$31 en el mercado eléctrico aislado que está suministrando en la región amazónica.

A principios de los años setenta, era difícil creer que los precios de

petróleo podrían caer por debajo de ese valor, tal como ocurrió en realidad.

Al respecto, vale la pena recordar que ambas crisis petroleras provocaron mucho interés en reemplazar el petróleo utilizando más electricidad, carbón mineral y biomasa (en Brasil, el alcohol empezó a utilizarse en motores de vehículos).

En cuanto a producción eléctrica, se utilizó principalmente la hidroenergía debido a sus costos inferiores y por la disponibilidad de una más amplia gama de experiencia y fabricantes de equipos para ese tipo de proyecto en la Región. En algunos casos, se adoptó la opción nuclear. De acuerdo con el principio de economía de escala, se seleccionaron varios grandes proyectos, que tenían programas de entrada en operación, o sea períodos de construcción, más prolongados.

Durante muchos años, las tarifas permanecieron muy bajas como para alentar al sector de concentrar sus esfuerzos en la obtención de préstamos externos para la expansión eléctrica y así asegurar una entrada de divisas fuertes a los países. Al mismo tiempo, esta política contribuyó a subvencionar la industria local, fomentando su expansión y la sustitución de importaciones, mediante la promoción del uso de electricidad no costosa en vez de petróleo.

Los fabricantes y contratistas locales estaban cada vez más protegidos por reglamentos legales que inducían a las empresas eléctricas de contratar servicios y adquirir equipos e instalaciones casi exclusivamente de ellos, a veces pagando precios aún más altos que los aplicados en los países industrializados fuera de la Región.

Esta situación permaneció igual hasta que la disponibilidad de créditos bajó dramáticamente y, como consecuencia, subieron considerablemente las tasas de interés. Esta situación coincidió con una caída en las tasas de crecimiento en el mercado eléctrico.

La expansión del sector empezó a desacelerar, se ampliaron los plazos de ejecución de las obras ya iniciadas y se postergaron nuevos proyectos de generación, transmisión y hasta de distribución de energía eléctrica (tanto centrales hidro como termoeléctricas).

No obstante, aún con tarifas bajas, las empresas recurrieron a préstamos para concluir sus proyectos, que se volvieron cada vez más costosos, sin importar el tipo de planta (hidro o termoeléctrica), debido a ampliaciones de los plazos de ejecución.

La adquisición anticipada de equipamiento (para centrales hidro o termoeléctricas) se utilizaba para conseguir préstamos paralelos y asegurar flujos financieros. En algunos casos, este proceso llevó a un sobreequipamiento, que también fue resultado de la competitividad entre las empresas para reducir los contratos de carga máxima.

El pago por las obras mismas registró demoras, lo que produjo crecientes sobrecostos directos e indirectos. Los contratistas y suministradores empezaron a incorporar en sus precios los costos que resultaban de la incertidumbre en los pagos, lo que provocaba sobrecostos adicionales para nuevos proyectos y programas de expansión.

Lo citado anteriormente proporciona ejemplos de cómo pueden surgir incertidumbres entre el proceso de toma de decisión inicial y el período de construcción. Los expertos de planificación no pueden responsabilizarse por esas incertidumbres, las que son relativamente importantes en comparación con otros proyectos de ingeniería, ya que son muy difíciles de proyectar y usualmente surgen en el proceso de la toma de decisión a lo largo de muchos años.

Por lo tanto, al principio mismo del proceso de planificación, ya es aparente que el costo final de cada fuente de energía puede fluctuar ampliamente, según el nivel de conocimiento acerca

de las características físicas de la central eléctrica, la evolución de las tasas de interés y el cronograma de construcción, además de otras variables provenientes de la situación de cada proyecto en particular.

Los grandes proyectos, incluyendo centrales hidro y termoeléctricas, son por lo tanto más riesgosos que los más pequeños, principalmente debido a las fluctuaciones en el valor y disponibilidad del dinero durante el período entero del proyecto.

Eso no significa, sin embargo, que se debe optar por una central termoeléctrica en vez de una hidroeléctrica, pero sí significa que, en la mayoría de los casos, es de suma importancia seleccionar la magnitud apropiada para el proyecto y asegurar los fondos que se necesitan para ejecutarlo.

Desde luego, el conocimiento de las características físicas y de los costos relacionados con las diversas fuentes energéticas juega un papel importante en este proceso de toma de decisiones, que pueden implicar graves problemas, ya que no todos los proyectos pueden estudiarse con el mismo nivel de precisión a lo largo de todo el proceso. Por ese motivo, estimaciones conservadoras deben efectuarse para un gran número de costos de proyecto, que no pueden calcularse ampliamente como otros que sí pueden estudiarse a fondo, para impedir que sean incluidos en el programa de expansión antes de ser analizados adecuadamente.

Sin embargo, no podemos extrapolar problemas del pasado para solucionar los del futuro; debemos intentar de resolverlos para evitar la repetición de errores del pasado. Es importante asignar más fondos para los estudios de ingeniería, energía eléctrica y mercado financiero, dedicar más tiempo en la selección de las prioridades correctas de ejecución y renovar la capacidad financiera del sector eléctrico, así como su credibilidad con sus proveedores y contratistas.

Si el sector se recupera como se plantea anteriormente, los precios tenderían a bajar, especialmente durante el proceso actual de apertura de las economías nacionales, que fomentará la competitividad entre las empresas. La introducción de un nuevo actor, es decir, el sector privado, con disponibilidad de recursos financieros, podría desempeñar un papel significativo en disminuir los precios unitarios, como resultado de la confiabilidad que puede ofrecer.

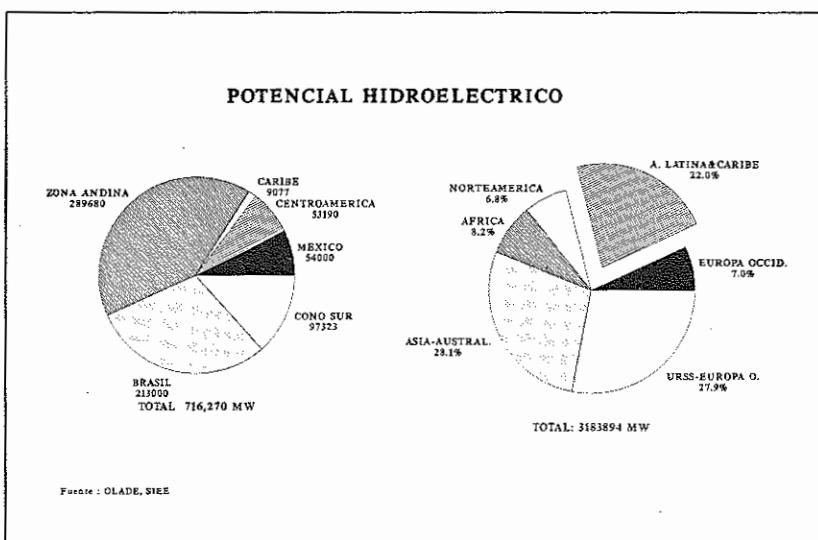
## V. PERIODOS DE EXPANSION HIDROELECTRICA

Para poder tomar en cuenta todos los factores indicados hasta ahora, los planes de expansión deben presentarse a intervalos diferentes, el primero de los cuales corresponde al período en que los proyectos mismos y los problemas del programa propuesto, especialmente las implicaciones financieras y ambientales, se conocen más a fondo.

Generalmente, un plan de tres a cinco años contiene las verdaderas decisiones finales que se deben tomar para suministrar la demanda con un grado suficiente de confiabilidad no sólo para este período pero a veces, en el caso de proyectos de generación que inician su construcción, para los siguientes diez años.

Para poder expandir aún más el sistema después del quinto año, se deben proporcionar inversiones durante este primer período para llevar a cabo estudios sobre los proyectos subsecuentes que deben iniciar su construcción durante el siguiente intervalo quinquenal. Eso se denomina el "programa de expansión de referencia".

Este programa comprendería todos los proyectos de generación que son aparentemente factibles desde un punto de vista social, económico y ambiental, justificando así mayores estudios detallados de ingeniería, de costos y de impacto social y ambien-



tal, para que se pueda tomar una decisión oportunamente para satisfacer adecuadamente las demandas de mercado a las cuales están dirigidos. También sirve de referencia para los estudios sobre las líneas de transmisión asociadas con esas plantas o sobre la interconexión de sistemas más grandes.

Después de este segundo período quinquenal, puede haber todavía otro plan estratégico decenal, principalmente orientado a establecer si la estructura existente del sistema se mantendrá en el futuro o si se contempla cambiarla. Si se prevén cambios, este tipo de estudio ayudará a seleccionar las tecnologías que deben utilizarse y a decidir cuáles medidas deben adoptarse para poder adquirirlas.

También es importante tomar en cuenta que el potencial hidroeléctrico no es infinito y que por lo tanto debemos estar preparados para pasar de la prevalencia de una fuente energética a otra. Preparar la Región para esta transición requerirá tiempo y será a veces necesario incluir, aún en el primer período de planificación, medidas que pueden facilitarla.

Sin embargo, debemos diferenciar este tipo de esfuerzo, dirigido a proporcionar la decisión correcta para la Región, de cualquier

otro esfuerzo promocional para anticipar la venta de plantas eléctricas, que solamente pueden fabricarse fuera de la Región con tecnologías que no hemos dominado.

#### VI. HIDROENERGIA VERSUS LA ALTERNATIVA TERMOELECTRICA

La disponibilidad del recurso escogido juega un papel clave en decidir la estructura del sistema de generación, ya que siempre existe el riesgo de depender de fuentes energéticas cuyos precios no se pueden controlar.

La decisión de instalar plan-

tas eléctricas abastecidas con combustibles importados siempre es riesgosa. Si se hubiera tomado la decisión en los años sesenta de construir centrales termoeléctricas en vez de hidroeléctricas, después de los dos aumentos drásticos de los precios de petróleo en los años setenta, los países importadores de petróleo de la Región ahora estarían en una situación mucho peor de lo que tienen realmente.

De hecho, la razón para la cual casi solamente países en desarrollo están todavía construyendo centrales hidroeléctricas es que la mayor parte del potencial mundial de hidroenergía no desarrollada está ubicada en los países en desarrollo (por ejemplo, América Latina y El Caribe representa aproximadamente 22% del potencial mundial total).

Para tener una perspectiva correcta de la importancia de nuestros recursos hidroeléctricos, deben compararse con los otros recursos disponibles para producir la electricidad en nuestra Región. Si la energía generada por los recursos hidráulicos (aproximadamente 3.100 TWh/año) fuera sustituida por cualquier de los diversos tipos de energía termoeléctrica, se requerirían grandes cantidades de combustibles no renovables, según lo indica el cuadro a continuación:

Tipo de Planta	Cantidad*	% de Reserva Requerida*
	(excluyendo mutuamente alternativas de combustible)	
Petróleo	775 millones toneladas/año	277
(planta a vapor)		
Gas natural	1.952 millones m <sup>3</sup> /año	696
Carbón mineral	1.885 millones toneladas/año	491
Nuclear	109.000 toneladas/año	4872
Biomasa	4.650 millones toneladas/año	renovable

\* Las cantidades indicadas son para períodos de operación de 60 años

Fuente	TWh/Año	Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> /Año
Petróleo	1.119	712
Gas Natural	445	309
Carbón mineral	631	550
Nuclear	64	-
Biomasa	841	679
Total	3.100	2.250

Además, esta solución implicaría el transporte de grandes cantidades de combustible y reduciría severamente la disponibilidad de estos combustibles para otros tipos de consumo. En el caso de combustibles no renovables, las reservas probadas estarían completamente agotadas.

Si se tomara una decisión de construir solamente centrales termoeléctricas, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido en la atmósfera, como resultado de la misma cantidad de energía producida por las centrales hidroeléctricas, incrementaría a 2,25 mil millones de toneladas por año, además de la emisión adicional de millones de toneladas de partículas, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

Además de implicar la importación de grandes cantidades de combustibles hacia la Región, este escenario predominantemente termoeléctrico representaría un incremento de 15 veces de las emisiones actuales en términos absolutos (las emisiones por unidad de energía crecerían casi tres veces, de 253 kg de CO<sub>2</sub>/MWh a 725 kg CO<sub>2</sub>/MWh), lo que sería una gran retroceso para un sector que contribuyó ampliamente a disminuir estas emisiones en las dos últimas décadas.

Este daño del medio ambiente no puede compararse con el mucho menor deterioro producido por las centrales hidroeléctricas. Con una división de la caída total disponible y

un buen diseño, es posible disminuir considerablemente el impacto negativo de los embalses hidroeléctricos sobre su área circundante y hasta incorporar beneficios para las poblaciones afectadas, como se indicó anteriormente.

No obstante, no se debe siempre considerar la termoeléctricidad como un problema; puede ser una

solución apropiada para aquellos mercados donde puede competir económicamente con la hidroelectricidad, como sistemas aislados o remotos, cogeneración y sitios especiales como los localizados al final de líneas de transmisión.

Además, puede desempeñar un papel muy significativo en los sistemas integrados, complementando la generación hidroeléctrica durante los períodos de baja hidrología. Este tipo de operación complementaria integrada también permite a las plantas termoeléctricas ahorrar combustible y a utilizar las centrales hidroeléctricas más intensivamente durante períodos de alta hidrología, sin reducir el suministro del sistema de energía firme y asegurada.

En todo caso, cada país debe examinar su propios problemas particulares tomando en cuenta sus recursos disponibles, porque algunos de ellos tienen posibilidades hidroeléctricas reducidas.

PAÍS	POTENCIAL HIDROELECTRICO (MW)	CAPACIDAD INSTALADA (MW) 1990		PRODUCCION (GWh) 1990
		HIDRO	TOTAL	
ARGENTINA	44500	6501	17086	48865
BARBADOS	n/a (1)		153	539
BOLIVIA	18000	334	727	2133
BRASIL	213000	46240	53574	220992
COLOMBIA	93000	6749	9173	35393
COSTA RICA	25450	755	936	3464
CUBA	49(2)	49	4082	14541
CHILE	26046	2425	4304	18372
ECUADOR	21250	913	1891	5768
EL SALVADOR	1600	389	681	2296
GRENADE	n/a		13	56
GUATEMALA	10890	462	796	2330
GUYANA	4484		156	307
HAITI	90	54	209	577
HONDURAS	3600	424	553	2287
JAMAICA	24	24	694	3630
MEXICO	54000	7805	27185	114246
NICARAGUA	5050	105	428	1399
PANAMA	6600	551	952	2759
PARAGUAY	25000	6415	6529	27183
PERU	74000	2396	4137	13819
REPÚBLICA DOMINICANA	2010	205	2132	3703
SURINAME	2420	189	391	1294
TRINIDAD Y TOBAGO	n/a		1253	3577
URUGUAY	1777	1196	1606	7444
VENEZUELA	83430	10000	18520	59512
<b>TOTAL</b>	<b>716270</b>	<b>94181</b>	<b>158161</b>	<b>596489</b>

## VII. CONCLUSIONES

En breve, los estudios deben llevarse a cabo desde el principio del proceso de toma de decisiones para poder determinar el papel de la central eléctrica y para obtener una idea precisa de los problemas y costos socioeconómicos implicados. Una cuantificación apropiada de todos los costos contribuirá a lograr una buena decisión, que en cualquier caso siempre está sujeta a riesgos, sin importar la solución final adoptada, debido a las varias razones citadas, aún cuando se han aplicado medidas con anticipación.

Como resultado de las consideraciones mencionadas, las decisiones sobre la estructura global del sistema de generación eléctrica pueden basarse en principios económicos sanos y modelos matemáticos altamente sofisticados que ya han sido desarrollados por la Región para estimar correctamente sus sistemas predominantemente hidráulicos, que no son muy comunes en el mundo industrializado.

Sin embargo, la estrategia para abastecer al mercado eléctrico debe ser basada no sólo en el lado de la oferta sino de la demanda, un componente que debe controlarse como sea debido a las tremendas dificultades financieras que enfrenta el sector eléctrico de la Región y como una manera altamente efectiva para disminuir los efectos negativos sobre el medio ambiente.

OLADE y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) están llevando a cabo un estudio de amplio alcance orientado a mejorar los modelos matemáticos actualmente utilizados por los países para evaluar las perspectivas del mercado eléctrico y estimar la expansión global del sistema de generación y transmisión, tomando en cuenta todos los factores descritos en el presente artículo. Eso sin duda contribuirá a mejorar el proceso de toma de decisión de la Región.

Pero la sociedad debe tener paciencia y los expertos técnicos y gerentes del sector tienen que persistir hasta que esos cambios culturales e institucionales den sus resultados. Estos cambios tendrán que lograr cierta madurez antes que su verdadero valor para resolver los problemas sociales, económicos y ambientales se haga evidente para los países de la Región.

Desde la última Reunión de Ministros de OLADE, realizada en 1991 en Caracas, Venezuela, y la Cumbre de los Presidentes del Grupo de Río, realizada en diciembre de 1991 en Cartagena, Colombia, de acuerdo con las recomendaciones hechas por los estudios efectuados por la Secretaría Permanente, los 26 países miembros de OLADE adoptaron una estrategia para este período de transición hacia el siglo XXI que se concentra en las siguientes acciones:

- Incrementar la seguridad de su ministerio energético de la Región.
- Adoptar una posición regional sobre la energía y el medio ambiente.

- Definir el papel que debe jugar el Estado como el regulador y agente de promoción del desarrollo sectorial.

La primera acción implica la continuación del desarrollo de nuestro enorme potencial hidroeléctrico en base a una cuidadosa selección de proyectos, sus ventajas económicas y ambientales y la amplia gama de infraestructura y experiencia disponible en la Región para su ejecución y operación.

El segundo enfoque se basa en un principio de corresponsabilidad por el deterioro ambiental y el hecho de que los problemas ambientales de la Región se deben más a la pobreza que al aprovechamiento de la energía.

Por lo tanto, nosotros creemos que los problemas ambientales de la Región solamente pueden resolverse mediante el crecimiento económico y el abatimiento de la pobreza, que requerirán grandes aportes financieros del mundo industrializado para desarrollar el sector energía, que usualmente es el motor del progreso.

Fuentes	Reservas Probadas (1)	Consumo Específico (per MWh) (2)	Factores de Emisiones de CO2 (kg/MWh) (2)
Petróleo	$120,9 \times 10^9$ bbl	0,250 tonelada	636
Gas natural	$6141,5 \times 10^9$ m <sup>3</sup>	230 m <sup>3</sup>	699
Carbón (3)	$23,0 \times 10^9$ ton.	0,608 ton (4)	873
Nuclear (5)	$335,6 \times 10^3$ ton.	0,035 kg	-
Biomasa	-	1,500 ton.	808
Hydro	700.000 MW	-	-

(1) Fuente: OLADE, "Energía en Cifras 1991".  
(2) Fuente: Organización Mundial de Salud (OMS), Rapid Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, utilizando 1 BEP = 1,613944 MWh.  
(3) Reservas demostradas = reservas probadas + reservas probables.  
(4) 44% de las reservas en Brasil, con 1,0 tonelada/MWh de consumo específico, y 56% en otros países con 0,3 tonelada/MWh.  
(5) Fuente: OLADE, Sistema de Información Económica-Energética (SIEE); suponiendo que 40% de reservas se recuperan para producir combustible.

El sector eléctrico es el sector más crítico para el desarrollo, aunque en la mayoría de los países está enfrentando actualmente grandes dificultades. Si el mundo industrializado está dispuesto para financiar este sector, sin embargo, debe hacerlo apoyando proyectos hidroeléctricos, que tienen ventajas ambientales a nivel global y por lo tanto están conforme con los intereses y metas de los países desarrollados.

La última acción debería permitir al Estado proporcionar las señales correctas para fomentar el uso racional y producción óptima de energía y asegurar que todos los principios presentados aquí se tomen en cuenta en la toma de decisiones y el proceso de ejecución de los proyectos de expansión eléctrica, sin importar su condición de propiedad, que sea privada o estatal.

Sea lo que sea la fuente de energía, se deben considerar los impactos sociales, económicos y ambientales tanto positivos como negativos de los proyectos, no sólo localmente sino generalmente. Al respecto, la hidroelectricidad es altamente positiva ya que contribuye a las actividades económicas regionales, a partir de los estudios iniciales de ingeniería, y a reducir el efecto invernadero, como se indicó anteriormente.

Estamos convencidos que no podemos abandonar la riqueza natural con la que estamos dotados y que debemos utilizarla para el beneficio de nuestros pueblos. El mundo desarrollado debe entender que al ayudarnos en eso también ayuda a la humanidad a estar libre de contaminación. Es una buena razón para suministrarnos los recursos financieros y tecnología cuando nos sean necesarios.

*El mundo desarrollado debe entender que al ayudarnos a utilizar el potencial hidroeléctrico para el beneficio de nuestros pueblos, también ayuda a la humanidad a estar libre de contaminación*

# Importance and Problems of the Hydropower Potential of Latin America and the Caribbean

Antonio C. T. Holtz\*

## I. INTRODUCTION

Latin America and the Caribbean is endowed with virtually all types of energy sources and, as a Region, is characterized by its highly intensive use of hydropower and is therefore sometimes the target of much criticism. The reasons for this special situation, as well as the advantages it entails, should be understood in order to respond to this criticism.

The issue must be examined by first reviewing the decision-making process. On the one hand, the range of available energy sources (hydropower or thermoelectric projects) has to be considered and, on the other, market demand has to be estimated. Finally, a choice between these sources has to be made, taking into account final costs to the consumer and current financial, technological, environmental, and managerial constraints.

A thorough knowledge of physical characteristics, costs, and social and environmental implications of the energy sources to be used is essential to make the best choice in terms of the generation system structure over the years.

Generally speaking, however, it is not practical to know all these variables with the same depth, espe-

cially in such large countries as those of Latin America, where there is a tremendous hydroelectric potential spread over a vast geographical area.

For this reason, countries are still using very conservative estimates inasmuch as highly accurate knowledge of these factors would require substantial investments, which the power sector, at present, cannot provide because of its severe financial crisis. They are only being made when the project has a good chance of becoming productive in the immediate future.

## II. PROJECT STUDIES AND ENVIRONMENTAL FACTORS

To decide upon a hydropower station, various study phases have to be conducted, beginning with hydrological basin assessments in the office. The more thorough these studies are, the more time and resources, both human and financial, they consume.

After the office, or pre-inventory studies, the field inventories have to be carried out; then the feasibility studies are conducted; and, finally, the basic design is made, last stage before construction, during which the executive design is developed.

Socio-environmental studies

must be performed at every stage to help decide the division of head, in the inventory phase; to select those projects that would reach the feasibility stage; and, if their feasibility has been confirmed, to designate the power stations for which basic designs will be made.

The general principle is that environmental factors must be incorporated from the very start of the process and closely linked to project planning to avoid cost overruns as a result of corrective measures applied after the fact, when it is too late to reverse decisions or actions.

In the last few years, the Region has become increasingly aware of the need to resolve social and environmental problems stemming from power generation activities, because of a perception among the sector's technical and managerial personnel that socio-environmental issues are crucial for the success of their projects, among other reasons.

It is now recognized that the feasibility of electric generation projects can no longer be examined solely from the viewpoint of goals and constraints, as was the case until recently. A broader set of variables must now be taken into account in the decision-making process and scheduling of power supply programs.

\* Director of Informatics and Communication, OLADE

---

*In particular, the power sector will have a chance to show that it is really adopting the most economical and adequate solutions from a socio-environmental viewpoint in planning expansion systems*

---

There are, however, a number of obstacles that need to be overcome, mainly structural and training, in order to implement specific and well-organized actions to solve these problems. As indicated above, it should be recalled that measures must be applied throughout the entire process, from the early planning phase to the final operation of facilities.

Besides the very early consideration of these aspects in the decision-making process, several other factors can contribute to surmounting these difficulties. First, socio-environmental issues must pervade all levels and areas of power utilities and should not be the exclusive concern of specialized people.

Second, project formulation in this area has yet to be based on a consistent follow-up of implemented programs, whose results must be permanently evaluated.

Third, the energy sector must also rely on experts in social and natural sciences such as anthropologists, sociologists, geographers, regional planners, biologists, limnologists, agronomists, and others who previously have not been involved in energy projects.

To solve its socio-environmental problems, the power sector, which is proud of having pioneered regional progress by gradually absorbing and subsequently improving several imported technologies, will have to rely mostly on the know-how of local technical experts trained in this specific area, a know-how which in the field of hydroelectricity could hardly be acquired from other regions, where conditions are so different from ours.

In addition, this know-how should propose concrete solutions, rather than merely provide an assessment of the situation.

A permanent dialogue must be established between the above-mentioned professional experts and

the concerned area of the sector, which implies mutual confidence.

### III. HYDROPOWER PROJECTS AND SOCIETY

Dialogue with society is also extremely important, especially with the representatives of population groups who may be adversely affected by the construction of projects. Indeed, this kind of discussion will provide power sector technical experts and managers with an opportunity to learn about the project's area and acquire different viewpoints, as well as to keep the public informed on the difficulties they have to cope with when making their decisions.

In particular, the power sector will have a chance to show that it is really adopting the most economical and adequate solutions from a socio-environmental viewpoint in planning expansion systems. It will also be able to inform the public that its goal is to use as little energy as possible, to reduce market demand by applying rational use of energy measures, and to use less polluting and more socially suitable sources.

There is no other solution but that of marshaling the entire Region's talents to resolve the complex problem of deciding which project options are the best, have the least environmentally adverse impact, and bring the greatest benefits to the area's society.

It is highly important that the natural, cultural, and social values of the affected areas and populations be safeguarded and their living standards improved as a precondition for implementing projects, which should bring them net compensations and benefits.

In particular, it is now recognized that electric power supply activities entail benefits and costs that are often very unevenly distributed between, on the one hand,

---

consumers and other regional or national interests and, on the other, the population groups located in the area of production.

The conclusion is that it is indispensable to reassess each project from a regional viewpoint by using an approach aimed at achieving a symbiosis between projects and the areas where they are located and, in addition to their typical objectives, at reducing losses and conflicts with institutions, social groups, and individuals, while adequately compensating the populations affected and facilitating the attainment of other extra-sectoral goals that these populations may have set for themselves.

At present, an attempt must be made not only to reduce the negative impacts of these activities, but also to internalize into the projects' area of influence as large a number of marginal or indirect benefits stemming from their implementation as possible.

This approach must be incorporated into the solutions adopted both to supply the needs of construction work and facilities and to deal with their adverse impacts. It can emphasize, for example, the multiple uses of hydraulic resources and the investment made for roads and support services, such as health and education, in the project area.

Some countries have even established royalty payments for water rights in order to compensate for economic activities that would disappear from flooded areas, either in the reservoir or downstream, in addition to payment for the permanent use of land and the loss of other property.

Nevertheless, we cannot ignore that dams do transform the environment; sometimes their reservoirs oblige the resettlement of many people and the relocation of economic activities, a serious problem that must be considered when deciding their construction.

#### IV. COST FACTORS INVOLVED IN HYDROPOWER PLANNING

In the past, construction was started on some hydropower projects without a thorough knowledge of the physical, social, and environmental problems that they might produce, leading to an unexpected increase in their cost several years later. In some cases, this was due to the panic that was generated in non-oil producing countries by the threat of oil prices rising as high as US\$60 per barrel.

Balbina, in Brazil, a frequently mentioned example of a poorly made decision, should be viewed in this light. But even with its final high cost, it can still compete with an oil-fired thermoelectric power plant when the cost of oil rises above US\$31 per barrel in the remote electrical market it supplies in the Amazon area. In the early seventies, it was very hard to believe that oil prices would drop below this value, as has occurred.

Regarding this, it is worth while recalling that both oil price shocks aroused a great deal of interest in substituting oil by using more electricity, coal, and biomass (in Brazil, alcohol started to be used in motor vehicles).

For electric power production, mainly hydropower was used because of its lower costs and the Region's wider range of experience and equipment manufacturers available in this type of project. In some cases, the nuclear power option was adopted. In keeping with the principle of economy of scale, several big projects were selected, which had longer commissioning schedules (lead times).

For several years, tariffs remained very low in order to induce the sector to focus efforts on obtaining external loans for power expansion and thus ensure an inflow of hard currency to the countries. At the same time, this policy helped to sub-

sidize local industry, fostering its expansion and import substitution, by encouraging the use of inexpensive electricity rather than oil.

Local manufacturers and contractors were increasingly protected by legal rules that induced power sector utilities to contract services, equipment, and installations almost exclusively with them, sometimes at prices higher than the ones applied in industrialized countries outside the Region.

This situation remained unchanged until credit availability fell dramatically and market interest rates, as a result, rose sharply. This situation coincided with declining growth rates on the power market.

The sector's expansion started slowing down, schedules of ongoing projects were extended, and new projects were postponed, in terms of generation (both hydropower and thermoelectric stations), transmission, and even distribution.

Nevertheless, even with low tariffs, enterprises resorted to loans to terminate their projects, which became increasingly expensive, regardless of the type of plant (hydropower or thermoelectric), because of scheduling extensions.

Advance purchase of equipment (for hydropower and thermoelectric plants and transmission lines) was used to obtain parallel loans and ensure financial flows. In some cases, this process led to capacity over-building, that was also encouraged by competitiveness between enterprises to decrease peak power contracts.

Payment for the works themselves recorded delays, which led to growing direct and indirect cost overruns. Contractors and suppliers started incorporating into their prices the costs stemming from payment uncertainty, which led to additional cost overruns for new projects and expansion programs.

The above-mentioned cases

provide examples of how uncertainties may arise between the initial decision-making process and the construction period. Planning experts cannot be held accountable for these uncertainties, which are relatively significant compared to other engineering projects, as they are very hard to forecast and usually appear in the decision-making process over the years.

Therefore, at the very start of the planning process, it is already apparent that the final cost of each energy source may fluctuate widely depending on the degree of knowledge on the power station's physical characteristics, the evolution of interest rates, and the construction schedule, besides other variables stemming from the specific project situation.

Large projects, including hydropower and thermoelectric stations, are therefore more risky than smaller ones, mainly because of fluctuating value and availability of money during the entire project period. This does not mean, however, that one should opt for a thermoelectric rather than a hydropower station; it does mean that, in most cases, it is paramount to choose the right magnitude for the project and to ensure the funds needed to implement it.

Of course, knowledge of the physical characteristics and related costs of the various energy sources plays an important role in this decision-making process, which may entail severe problems, since not every project can be known with the same degree of accuracy throughout the process. For this reason, conservative estimates must be made for a large number of project costs, which cannot be calculated as thoroughly as others that are studied more in-depth, to prevent them from being included in the expansion program before they have been completely analyzed.

Nevertheless, we cannot extrapolate past problems to solve those of the future; we must try to deal with them beforehand to avoid repeating past mistakes. It is important to allocate more money on engineering, power, and financial market studies, to spend more time in selecting the right implementation priorities, and to restore the power sector's financing capacity and credibility with its suppliers and contractors.

If the sector were to recover as advocated above, prices would tend to drop, especially during the current process of opening up of national economies, fostering competitiveness between enterprises. The introduction of a new agent, namely, the private sector, with available financial resources, could play an important role in lowering unit prices as a result of the reliability they can offer.

#### V. HYDROPOWER EXPANSION PERIODS

To take all the factors pointed out up to now into consideration, expansion plans must be presented at different time intervals, the first of them coinciding with the period in which the projects themselves and the problems of the proposed program, especially the financial and environmental implications, are better known.

Generally, a three-to-five-year plan contains the real final decisions that have to be taken to supply demand, with a sufficient degree of reliability, not only for this period but sometimes, in the case of generation projects that are starting construction, for the next ten years.

To make further system expansion possible after the fifth year, investments must be provided during this first period for conducting studies on the subsequent projects that have to begin construction during the next five-year interval.

This is referred to as a "reference expansion program".

This program would comprise all generation projects that are apparently feasible from a social, economic, and environmental viewpoint, thus justifying further detailed engineering, cost, social, and environmental impact studies, so that a decision on their eventual implementation may be taken in due time to adequately meet the market demands they are intended for. It also serves as a reference for studies on the transmission lines associated to these plants or on the interconnection of larger systems.

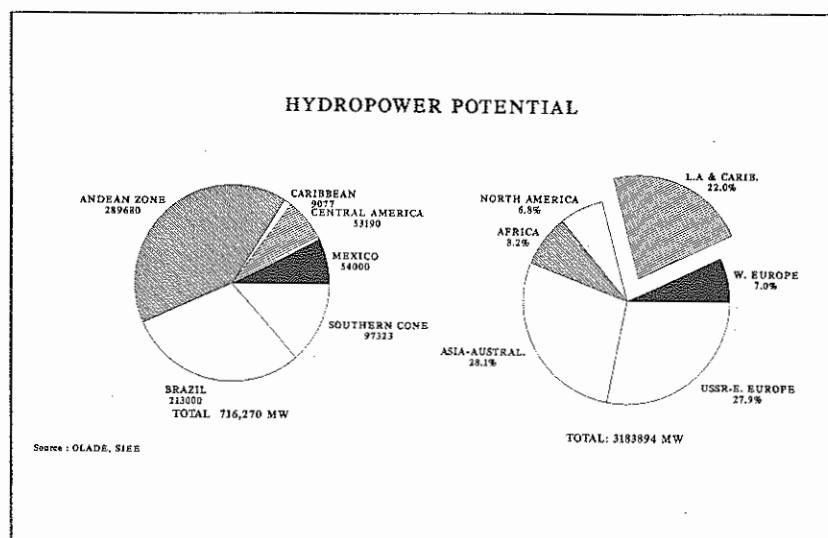
After this second five-year period, there may be yet another ten-year strategic plan, mainly aimed at establishing whether the system's existing structure will be maintained in the future or whether it is expected to change. In case of change, this kind of study will help to select the technologies to be used and to decide what measures are to be taken in order to acquire them.

It is also important to bear in mind that the hydroelectric potential is not boundless and that we must therefore be prepared to shift from the prevalence of one energy source to another. Preparing the Region for this transition will require time, and it will sometimes be necessary to include, even in the first planning period, measures that can facilitate it.

Nevertheless, we must differentiate this kind of effort, geared toward providing the right decision for the Region, from any other sales effort to anticipate selling of power plants that can only be manufactured outside the Region with technologies that we have not yet mastered.

#### VI. HYDROPOWER VERSUS THE THERMOELECTRIC ALTERNATIVE

The chosen resource's availability plays a key role in deciding



the generation system's structure, because there is always the risk of depending on sources whose prices cannot be controlled.

The decision to install electric power plants fired by imported fuels is always risky. If the decision had been made in the sixties to build thermoelectric rather than the hydroelectric stations, after the two oil price shocks of the seventies, the Region's oil importing countries would now be in a far worse situation than they actually are.

Indeed, the reason why almost only developing countries are still building hydropower stations is that most of the world's undeveloped hydropower potential is located in developing countries (for instance, Latin America and the Caribbean accounts for about 22% of total world potential).

In order to gain a proper perspective of the importance of our hydropower resources, they should be compared with the other resources available to produce electricity in our Region. If the energy generated by hydropower (about 3,100 TWh/year) were substituted by any one type of thermoelectric energy, very large amounts of nonrenewable fuels would be required, as shown in the following table:

Besides implying the import of vast amounts of fuel to the Region, this predominantly thermoelectric scenario would account for a 15-fold increase in present emissions in absolute terms (emissions per unit of energy would grow almost three times, from 253 kg CO<sub>2</sub>/MWh to 725 kg CO<sub>2</sub>/MWh), which would be a major setback for a sector that greatly contributed to decreasing these emissions in the last two decades.

This environmental damage cannot be compared to the far lesser damage stemming from hydroelectric stations. With a proper division of total available head and a sound design, it is possible to greatly diminish the negative impact of hydropower reservoirs on their surrounding area and to even incorporate benefits for affected populations, as explained above.

Thermoelectricity, nevertheless, should not always be viewed as a problem; it may be a suitable solution for those markets where it can economically compete with hydropower, such as remote or isolated systems, co-generation, and special sites such as those located at the end of transmission lines.

Type of Plant	Amount* (mutually excluding fuel alternatives)	% of Reserve Required*
Oil (steam- driven plant)	775 million tons/year	277
Natural gas	1.952 billion cu.m./day	696
Coal	1.885 billion tons/year	491
Nuclear	109,000 tons/year	4872
Biomass	4.650 billion tons/year	renewable

\* Amounts are shown for operation period of 60 years

Source	TWh/Year	Million Tons of CO <sub>2</sub> /Year
Oil	1,119	712
Natural gas	445	309
Coal	631	550
Nuclear	64	-
Biomass	841	679
Total	3,100	2,250

In addition, it can play a very important role on integrated systems, complementing hydro-power generation during low hydrological periods. This type of complementary integrated operation also enables thermoelectric plants to save fuel and hydropower stations to be used more intensively during high hydrological periods, without reducing the system's supply of firm or guaranteed power.

In any case, each country should review its own specific problems bearing in mind its available resources, in contrast to the Region's overall potential, because some have only very slight hydropower possibilities.

## VII. CONCLUSIONS

In short, studies must be conducted from the very beginning of the decision-making process in order to determine the power station's role and to gain an accurate idea of the problems and socioeconomic costs involved. A sound quantification of all costs will contribute to reaching a good decision, which in any case is always subject to risks, regardless of the final solution adopted, because of the various above-mentioned reasons, even when measures have been taken in advance.

As a result of the above con-

siderations, decisions on the power generation system's overall structure can be based on sound economic principles and on very sophisticated mathematical models that have already been developed by the Region to correctly estimate its predominantly hydro-based systems, which are not very common in the industrialized world.

Nevertheless, the strategy for supplying the power market has to be based not only on the supply side but also on demand, a component that must somehow be controlled because of the tremendous financial

difficulties being faced by the Region's power sector and as a highly effective way of diminishing negative environmental impacts.

OLADE and the Inter-American Development Bank (IDB) are conducting a wide-ranging study aimed at improving the mathematical models currently used by countries to assess the power market's outlook and estimating the system's overall generation and transmission expansion, taking into account all the factors described in the present article. This will undoubtedly contribute to improving the Region's decision-making process.

But society must be patient, and the sector's technical experts and managers will have to persevere until these cultural and institutional changes bear fruit. These changes will have to reach a certain maturity before their real worth for resolving social, economic, and environmental problems becomes apparent for the Region's countries.

Since the last Meeting of Ministers of OLADE, held in November 1991 in Caracas, Venezuela, and the Presidential Summit of the

COUNTRY	HYDROPOWER POTENTIAL (MW)	INSTALLED CAPACITY (MW) 1990		PRODUCTION (GWh) 1990
		HYDRO	TOTAL	
ARGENTINA	44500	6501	17086	48865
BARBADOS	n/a (1)		153	539
BOLIVIA	18000	334	727	2133
BRAZIL	213000	46240	53574	220992
CHILE	26046	2425	4304	18372
COLOMBIA	93000	6749	9173	35393
COSTA RICA	25450	755	936	3464
CUBA	49(2)	49	4082	14541
DOMINICAN REPUBLIC	2010	205	2132	3703
ECUADOR	21250	913	1891	5768
EL SALVADOR	1600	389	681	2296
GRENADA	n/a		13	56
GUATEMALA	10890	462	796	2330
GUYANA	4484		156	307
HAITI	90	54	209	577
HONDURAS	3600	424	553	2287
JAMAICA	24	24	694	3630
MEXICO	54000	7805	27185	114246
NICARAGUA	5050	105	428	1399
PANAMA	6600	551	952	2759
PARAGUAY	25000	6415	6529	27183
PERU	74000	2396	4137	13819
SURINAME	2420	189	391	1294
TRINIDAD AND TOBAGO	n/a		1253	3577
URUGUAY	1777	1196	1606	7444
VENEZUELA	83430	10000	18520	59512
<b>TOTAL</b>	<b>716270</b>	<b>94181</b>	<b>158161</b>	<b>596489</b>

Group of Rio countries, held in December 1991 in Cartagena, Colombia, pursuant to recommendations made by studies conducted by the Permanent Secretariat, the 26 member countries of OLADE have adopted a strategy for this period of transition toward the 21st century that focuses on the following actions:

- To increase the Region's energy supply security.
- To adopt a regional stance on energy and the environment.
- To define the role to be played by the State as the main regulator and promoter of sectoral development.

The first action implies the continued development of our huge hydropower potential based on a careful selection of projects, on their economic and environmental advantages, and on the wide-ranging infrastructure and experience available in the Region for their implementation and operation.

The second approach is based on the principle of worldwide co-

responsibility for environmental deterioration and on the fact that the Region's environmental problems are largely due to poverty rather than the use of energy.

We therefore believe that the Region's environmental problems can only be resolved by means of economic growth and the decline of poverty, which will require large financial contributions from the industrialized world to develop the energy sector, which is usually a driving force behind progress.

Regarding this, the power sector is the most crucial sector, although in most countries it is currently coping with enormous difficulties. If the industrialized world is willing to finance this sector, however, it should do so by supporting hydroelectrical projects, which are environmentally sound on a global scale and therefore are in keeping with interests and goals of developed countries.

The latter action should enable the State to provide the right signals for promoting the rational use and

optimal production of energy and to ensure that all the principles presented herein will be taken into account in the decision-making and implementation process of power expansion projects, regardless of their ownership, whether private or state-owned.

Regardless of the energy source, both the positive and negative social, economic, and environmental impacts exerted by projects not only locally but also generally must be considered. Regarding this, hydropower is highly positive as it contributes to regional economic activities, starting with initial engineering studies, and to reducing the greenhouse effect, as indicated above.

We are convinced that we cannot neglect the natural wealth we have been endowed with and that we should use it for the benefit of our people. The developed world must understand that helping us to do so also helps mankind to be free of pollution. This is a good reason for providing us with financial resources and technology when we need them.

Resources	Proven Reserves (1)	Specific Consumption (per MWh)	CO2 Emission Factors (2) (kg/MWh)
Oil	$120.9 \times 10^9$ bbl	0.250 ton	636
Natural gas	$6141.5 \times 10^9$ m <sup>3</sup>	230 m <sup>3</sup>	699
Coal (3)	$23.0 \times 10^9$ ton	0.608 ton (4)	873
Nuclear (5)	$335.6 \times 10^3$ ton	0.035 kg	-
Biomass	-	1.500 ton	808
Hydro	700,000 MW	-	-

(1) Source: OLADE, "Energy Statistics 1991".  
(2) Source: World Health Organization (WHO), Rapid Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, using 1 BOE = 1.613944 MWh.  
(3) Demonstrated reserves = proven reserves + probable reserves.  
(4) 44% of reserves in Brazil, with 1.0 ton/MWh of specific consumption, and 56% in other countries with 0.3 ton/MWh.  
(5) Source: OLADE, Energy-Economic Information System (SIEE); assuming that 40% of reserves are recovered to produce fuel.

*The developed world must understand that helping us to use the hydroelectrical potential for the benefit of our people, is also helping mankind to be free of pollution*