

# REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE



ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION

**SITUACION ENERGETICA DE AMERICA LATINA – 1985**  
THE 1985 LATIN/AMERICAN ENERGY SITUATION

*OLADE*

**UNA ESTRATEGIA ENERGETICA GLOBAL ORIENTADA A  
USOS FINALES**

AN END-USE-ORIENTED GLOBAL ENERGY STRATEGY

*José Goldemberg, Thomas B. Johansson,  
Amulya K. N. Reddy, Robert H. Williams*

**POLITICA REGIONAL PARA EL USO RACIONAL DE ENERGIA**  
REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY

*Marcio Nunes*

**USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN CUBA**  
RATIONAL USE OF ENERGY IN CUBA

*Milagros Montesino Pérez*

**USO RACIONAL DE ENERGIA EN CHILE**  
RATIONAL USE OF ENERGY IN CHILE

*Marcia Zeladam*

AÑO 9 No. 3 DICIEMBRE 1985

YEAR 9 No. 3 DECEMBER 1985

**ORGANIZACION  
LATINOAMERICANA DE ENERGIA**

**SECRETARIA PERMANENTE**

MARCIO NUNES  
SECRETARIO EJECUTIVO

JOAO PIMENTEL  
ASESOR GENERAL DEL SECRETARIO EJECUTIVO

CESAR MOYA  
DIRECTOR DE PLANIFICACION

GUSTAVO SORONDO  
DIRECTOR TECNICO

ROLANDO GIRARD  
DIRECTOR DE COOPERACION

**REVISTA ENERGETICA**

JOAO PIMENTEL  
DIRECTOR Y EDITOR

FRANCISCO ACOSTA  
JEFE, DEPARTAMENTO DE  
COMUNICACION SOCIAL

BARBARA SIPE DE FALCONI  
TRADUCTORA

La **Revista Energética** es el órgano de divulgación técnica de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

La **Revista Energética** es publicada cuatrimestralmente por la Secretaría Permanente de OLADE.

Los artículos firmados son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente o de los Países Miembros.

Artículos, contribuciones y correspondencia relativa a la **Revista Energética** deben ser enviados a Joao Pimentel, Director, Casilla de Correos 6413 C.C.I., Quito, Ecuador.

La suscripción anual de la **Revista Energética** es de US\$ 50.00. Los suscriptores de la **Revista Energética** recibirán sin costo adicional la publicación **Actualidad Energética Latinoamericana**. En la última página de esta sección se encuentra el formato apropiado para solicitar la suscripción de la revista.

# REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE

Año 9, Número 3

Diciembre, 1985

Septiembre - Octubre - Noviembre - Diciembre  
1985

EDITORIAL .....	5
LA SITUACION ENERGETICA DE AMERICA LATINA .....	7
UNA ESTRATEGIA ENERGETICA GLOBAL ORIENTADA A USOS FINALES.....	15
POLITICA REGIONAL PARA EL USO RACIONAL DE ENERGIA .....	45
USO RACIONAL DE ENERGIA EN CUBA.....	51
USO RACIONAL DE ENERGIA EN CHILE .....	61

## EDITORIAL

“Así como un día pudimos hacer obras en común, sigamos profundizándolas; sigamos imaginando caminos prácticos para poder avanzar (hacia la integración latinoamericana). Luchar por nuestra independencia, no es otra cosa que lo que nos piden nuestros pueblos: que luchemos honestamente por una independencia no proclamada, sino conquistada en el trabajo de todos los días”.

Con estas palabras el Presidente del Uruguay, Doctor Julio María Sanguinetti inauguraba la XVI Reunión de Ministros de OLADE, que se realizó en Montevideo, en diciembre de 1985.

Esta Reunión, evento anual máximo de OLADE, adoptó importantes decisiones de carácter político y administrativo con el objeto de fortalecer la labor de OLADE, necesaria en estos momentos de dificultades por los que atraviesan los países latinoamericanos, y que afectan tanto a los exportadores como a los importadores de energéticos. Una de las decisiones más significativas fue la que aprobó el estudio presentado por la Secretaría Permanente de OLADE respecto a la **Situación Energética de América Latina - 1985**, del cual se incluye un resumen. La versión completa está editada en febrero de 1986.

Ante la inminente baja de los precios internacionales del petróleo, principal insumo energético de América Latina, los Ministros de Energía reunidos en Montevideo decidieron “Recomendar a los Estados Miembros la implantación de Programas Nacionales de Racionalización Energética, acompañados de procesos graduales de sustitución y políticas de precios de energéticos, que respondan a las necesidades de desarrollo de cada país”.

Adelantándose a esta recomendación, la Secretaría Permanente de

OLADE organizó en Sao Paulo, Brasil del 24 al 30 de noviembre de 1985, con el coauspicio de la Compañía Energética de Sao Paulo (CESP), PNUD y CCE, el Seminario sobre Uso Racional de Energía: Estrategia Orientada a los Usos Finales. Se presentan en esta edición cuatro de los documentos examinados en esa oportunidad, incluyendo la segunda entrega del trabajo "Una Estrategia Energética Global Orientada a Usos Finales", cuyo primer capítulo se publicó en la REVISTA ENERGETICA 2/85. Por su interés específico, se presentan las experiencias de dos países miembros de OLADE que utilizaron enfoques distintos en la implantación de medidas para promover una mayor racionalización de la energía.

También abordando este tema se ofrece un análisis de carácter general en el artículo del Secretario Ejecutivo de OLADE sobre la "Política Regional para el Uso Racional de Energía".

JOAO PIMENTEL

## LA SITUACION ENERGETICA DE AMERICA LATINA-1985\*

Secretaría Permanente de OLADE

### CARACTERISTICAS

Trancurridos tres años consecutivos de crisis económica, América Latina mostró en 1984 una leve reanimación, originada en parte en el incremento de sus ventas externas, particularmente a los países industrializados.

El ligero avance de la producción global de la Región no logró contrarrestar el impacto negativo de la recesión y el desajuste de la mayoría de las economías de sus países, caracterizadas a nivel regional, por el deterioro de los indicadores ligados a los niveles de bienestar, como son el elevado índice de desempleo (superior al 14%), el explosivo proceso inflacionario (165%), el bajo crecimiento del producto interno bruto por habitante (0,2%) y los bajos índices de consumo de energía per cápita (5,8 Barriles Equivalentes de Petróleo - bep), entre otros. A estos problemas, se agrega el de la deuda externa, que alcanzó un monto de 360 mil millones de dólares norteamericanos.

En este contexto, el panorama energético de la Región revertió su tendencia. La producción de energía primaria creció en 4,9%, luego de haber sufrido una caída en el año inmediatamente anterior. De igual manera, acompañado al ligero crecimiento del producto interno bruto, el consumo de energía primaria experimentó un aumento del 4,3%, sensiblemente inferior al promedio obtenido en la década del 70, pero significativo, si se tiene en cuenta la disminución que experimentó a partir de 1980.

No obstante, la actividad energética en su conjunto se ha resentido, toda vez que la estrechez financiera por la que atraviesan los países de la Región,

\* Resumen Ejecutivo del documento elaborado en la Secretaría Permanente y aprobado por la XVI Reunión de Ministros de OLADE (Montevideo, Uruguay, diciembre de 1985).

se ha convertido en una gran limitante para los programas de búsqueda, expansión, sustitución e incorporación de fuentes de energía.

## COMPORTAMIENTO

En lo referente a la hidroelectricidad, petróleo, carbón mineral y gas natural, América Latina, a fines de 1984, contabilizó un volumen de reservas de energía equivalente a 920.826 millones de bep que, comparado con el de su producción de energía primaria (4.262 millones de bep) y en especial con el resto del mundo (45.921 millones de bep), indica la magnitud de su potencial. Sin embargo, es manifiesto el desajuste estructural en su utilización, ya que el petróleo, que apenas constituye el 10,1% de las reservas regionales, representa el 63,0% de la producción total de energía, mientras que la hidroelectricidad que constituye el 77,1% del total de las reservas, tan sólo representa el 16,9% de la energía producida. Cosa similar ocurre con el carbón mineral, cuyas reservas constituyen el 9,3% del total, en tanto que su producción representa el 3,0% de la energía producida. Ello evidencia el reto energético que tiene que enfrentar la Región para buscar el óptimo aprovechamiento de sus recursos en concordancia con sus potencialidades, dentro de una transición energética enmarcada por una época de crisis y limitado flujo de capitales e inversiones.

En la estructura de la oferta total de energía, el petróleo continúa siendo la fuente predominante (53,9%). En 1984, la producción petrolera de América Latina tuvo un ligero incremento (3,4%), producto de los esfuerzos extractivos de los países no exportadores, en particular los sudamericanos, ya que los centroamericanos y los del Caribe, continúan evidenciando una alta dependencia de las importaciones de este recurso.

La prospección y la actividad exploratoria se han sostenido en índices acordes con las limitaciones financieras de la Región, lo cual ha llevado a algunos países a una mayor apertura y vinculación a la inversión extranjera.

Las otras fuentes de energía continúan ganando terreno en la estructura de la producción regional. El gas natural viene jugando un papel preponderante en la estrategia de sustitución energética; la hidroelectricidad, el recurso más abundante en América Latina, continúa incrementando su penetración, alcanzando durante 1984 un crecimiento de 12,5%; el carbón mineral, muestra una firme tendencia de expansión, a pesar de sus bajos índices de aprovechamiento y utilización; la leña, representa una realidad en la estructura de

producción energética de América Latina (14,5%), la cual refleja en su volumen de consumo el impacto de la crisis energética, fundamentalmente sobre los grupos desprovistos de soluciones energéticas alternas a esta fuente.

En lo que respecta al consumo regional de energía, el sector residencial/comercial/público muestra un comportamiento dominado por el del subsector residencial, el cual está acorde con los niveles de bienestar. El sector transporte, caracterizado por su alta dependencia de los derivados del petróleo, manifiesta una disminución en sus consumos, como consecuencia, a más de las medidas de racionalización y sustitución aplicadas, del impacto de la recesión, que ha llevado a algunos países, dentro de sus políticas de ajuste económico, a incrementar el precio de los combustibles, a cerrar las importaciones de vehículos y a reducir o a paralizar la actividad de la industria automotriz.

Por su parte, el sector industrial muestra un incremento en el consumo de energía, explicable por los efectos de la relativa expansión económica.

En la composición del consumo final de energía, los derivados del petróleo representan el 59% del total, los recursos biomásicos el 15%, la electricidad el 14%, el carbón mineral el 3% y otras formas de energía el 10%, confirmando la tendencia hacia una progresiva y gradual diversificación energética.

El comercio exterior de la energía de América Latina, determinado por el comportamiento del mercado petrolero, continuó registrando una tendencia decreciente, derivada principalmente de las restricciones impuestas a las importaciones, los incrementos de la producción petrolera en los países no exportadores, los éxitos exploratorios obtenidos en algunos de ellos, y la penetración progresiva de fuentes alternas de energía.

Si bien América Latina ha dado pasos significativos para buscar el autoabastecimiento, a través de programas sub-regionales de cooperación, en 1984 el 62,1% de sus importaciones de petróleo provinieron de otras regiones del mundo, en tanto que el 88,3% de sus exportaciones se destinaron al abastecimiento de otras áreas geográficas.

## **CONSIDERACIONES**

Si bien es cierto que los países han hecho esfuerzos encomiables por

diversificar su esquema energético, la verdad es que una modificación estructural de la oferta de energía en América Latina requerirá, a más de un largo período de transición, de cuantiosas inversiones, que en los actuales momentos de crisis la mayoría de los países tienen dificultades para atender.

Existen elementos que golpean severamente la evolución y desarrollo del sector energético, tales como: el incontrolable comportamiento de las tasas internacionales de interés, la contracción del flujo internacional de capitales, la progresiva dependencia tecnológica, el incierto comportamiento de los precios del petróleo y la disyuntiva derivada de la misma aplicación de las fórmulas de ajuste económico (pago de deuda vs. crecimiento y desarrollo), factores estos ajenos al control y manejo del sector energético latinoamericano.

Estimativos preliminares, superados ya por el mismo impacto de la crisis, indican que la Región, para obtener una tasa de expansión de la producción de energía similar a la obtenida en la década del 70, precisaría de inversiones anuales superiores a los 30 mil millones de dólares norteamericanos.

Tal situación demuestra la gravedad del problema, toda vez que se observa, en la mayoría de los países, una tendencia manifiesta de ajustar o a postergar los planes de expansión y desarrollo energético, ocasionando efectos negativos colaterales en la misma extensión del servicio de energía, y por consecuencia en los niveles de consumo por habitante.

La actual situación económica requiere que los países redoblen los esfuerzos de integración regional, particularmente en un sector como el energético, que ofrece, por sus características, una amplia gama de posibilidades de cooperación, en términos de dotación y aprovechamiento de recursos, de intercambio de bienes y de experiencias en el campo científico y tecnológico, de alternativas de mercado, de posibilidades de financiamiento, etc., que podrían permitir a América Latina un desarrollo energético autónomo y sostenido.

Sin embargo, en las actuales circunstancias, será indispensable, además de una manifiesta voluntad política integracionista de parte de los países, una respuesta que redunde en acciones concretas en el marco de las posibilidades y limitaciones que tipifican la actual coyuntura.

En este orden de ideas, será de la mayor conveniencia, el fijar prioridades dentro de un riguroso esquema de estrategias regionales susceptibles de ser

cumplidas, para no generar expectativas que conduzcan, por su incumplimiento, al deterioro de la voluntad de integración energética, sino que posibiliten la superación mancomunada de problemas comunes a la Región.

## CONCLUSIONES

De los planteamientos expuestos en el documento **Situación Energética de América Latina-1985**, y de las consideraciones anteriores, surgen algunas conclusiones de orden general que podrían generar acciones encaminadas a robustecer la integración energética regional:

- Ante el debilitamiento de la capacidad de generación interna de fondos en la mayoría de los países de América Latina, y las dificultades de acceso a los mercados financieros internacionales, es necesario, como punto de partida para una amplia cooperación en el sector energético, determinar la magnitud de las inversiones que demandará el sector, a fin de detectar alternativas y posibilidades de ayuda mutua a través de una efectiva cooperación horizontal entre los países;
- Para fomentar el intercambio científico y tecnológico, y estimular la capacidad de intercambio de bienes de capital y productos en la Región, se hace necesario avanzar en la desagregación tecnológica de los proyectos energéticos;
- Es necesario reforzar los programas de racionalización energética, acompañándolos con procesos graduales de sustitución y de políticas coherentes de precios que permitan el manejo de una demanda energética que responda a las posibilidades de desarrollo de cada país;
- Ante la desigual dotación de fuentes de energía en América Latina, se hace imprescindible el estudio y evaluación permanente de los aspectos relacionados con el comportamiento del mercado de los energéticos, a fin de promover el autoabastecimiento regional, dentro de un marco realista de cooperación, basado fundamentalmente en el beneficio recíproco, tanto de importadores como de exportadores de energía; y
- Habida cuenta de la alta participación de la leña en el esquema de producción y consumo de energía en la Región, urge profundizar en su examen y evaluación a nivel regional, para orientar su racional aprovechamiento.

to y evitar las repercusiones negativas que su utilización inadecuada está provocando.

Las perspectivas para 1985, señalan una tendencia declinante en la producción petrolera de los países miembros de la OPEP, una disminución en los precios de este recurso y un clima de expectativa en su mercado, acompañados de un debilitamiento de la economía mundial, que nuevamente empieza a evidenciarse. Con este panorama, el escenario energético de América Latina se verá afectado por las repercusiones económicas y financieras implícitas en su comportamiento, que obligan tanto a los países exportadores como a los importadores de energía, a proceder con cautela, dentro del espíritu de cooperación e integración regional.

**AMERICA LATINA**  
**INDICADORES ENERGETICOS**

INDICADORES	UNIDAD	1983	1984 1)
<b>PRODUCCION ENERGIA PRIMARIA</b>			
PETROLEO	10 (3) bbl	2,217,914	2,293,224
GAS NATURAL	10 (6) m(3)	102,445	104,114
HIDROELECTRICIDAD	10 (6) Kwh	262,760	293,706
LEÑA	10 (3) ton	225,066	237,693
CARBON MINERAL	10 (3) ton	18,383	21,658
<b>COMERCIO EXTERIOR</b>			
IMPORTACIONES			
PETROLEO	10 (3) bbl	354,431	320,010
GASOLINA	10 (3) bbl	18,117	15,161
CARBON MINERAL	10 (3) ton	6,498	9,004
EXPORTACIONES			
PETROLEO	10 (3) bbl	1,025,921	1,034,087
GASOLINA	10 (3) bbl	57,870	82,352
CARBON MINERAL	10 (3) ton	278	1,100
<b>CONSUMO ENERGIA</b>			
GASOLINA	10 (3) bbl	357,453	345,886
DIESEL	10 (3) bbl	307,720	286,557
COMBUST. PESADOS	10 (3) bbl	172,169	166,028
GLP	10 (3) bbl	128,953	126,100
ELECTRICIDAD	10 (6) Kwh	341,454	368,958
<b>RESERVAS</b>			
PETROLEO	10 (6) bbl		93,307
GAS NATURAL	10 (9) m(3)		5,362
HIDROELECTRICIDAD 2)	10 (0) MW		774,423
CARBON MINERAL	10 (6) ton		16,890

1) Cifras preliminares

2) Corresponde a la potencia instalable

FUENTE: OLADE, sobre la base de la información de los países.

## UNA ESTRATEGIA ENERGETICA GLOBAL ORIENTADA A USOS FINALES\*

José Goldemberg<sup>1)</sup>, Thomas B. Johansson<sup>2)</sup>  
Amulya K. N. Reddy<sup>3)</sup>, Robert H. Williams<sup>4)</sup>

### LA DEMANDA DE SERVICIOS ENERGETICOS

Dos de las aplicaciones más útiles del enfoque del "uso final" han servido para comprender hasta qué grado la planificación energética está siendo, y podría ser, un apoyo efectivo a las metas de desarrollo de los países subdesarrollados, y para comprender los cambios permanentes que experimentan los países industriales, los cuales se alejan cada vez más de las actividades intensivas en energía.

### Energía y Desarrollo

**ENERGIA PARA LA SATISFACCION DE NECESIDADES HUMANAS BASICAS** En los años cincuenta, cuando se estaban articulando las estrategias de desarrollo por primera vez, el sentimiento general fue que la maximización del crecimiento económico era la mejor manera de eliminar la pobreza, pero la experiencia ha demostrado que los beneficios del crecimiento económico acelerado no llegaron hasta los pobres.

El crecimiento acelerado es necesario para el éxito del desarrollo, pero no es suficiente. Una manera más efectiva de enfrentar la pobreza se logra a través de la asignación directa de recursos a la satisfacción de las necesidades humanas básicas, con énfasis en las necesidades de los más indigentes - asegurando así el cumplimiento de niveles mínimos de nutrición, vivienda, ropa, salud y educación (8). No existe ninguna evidencia empírica de que el objetivo

\* Segunda de una serie de tres entregas.

1) Presidente, Compañía Energética de Sao Paulo, Brasil.

2) Universidad de Lund, Suecia.

3) Universidad de Bangalore, India.

4) Universidad de Princeton, EE. UU.

de satisfacer las necesidades humanas básicas conduzca a un crecimiento económico más lento (9) y sí existen fundamentos teóricos para creer que una política de necesidades humanas básicas conduciría a un mayor crecimiento debido al consecuente aumento en la productividad de los trabajadores (10). La asignación de energía suficiente para los programas de necesidades básicas es de crucial importancia en la planificación energética.

**ENERGIA Y GENERACION DE EMPLEOS** La generación de empleos es un reto del desarrollo estrechamente relacionado con la erradicación de la pobreza. Ya que las tecnologías utilizadas hoy en día para la industrialización de los países en desarrollo son mucho más económicas en mano de obra que las utilizadas en la etapa similar del desarrollo de las economías ya industrializadas, el reto es intimidador. Si bien no hay cómo regresar a las tecnologías industriales del ayer, es deseable seguir aquellas estrategias de desarrollo que tenderían a generar empleo, ya que éste ha adquirido el estatus de una necesidad humana básica. La energía es un factor clave en el tratamiento de este problema, puesto que la energía y la mano de obra tienden a ser insumos sustitutos en la actividad industrial (43).

La importancia de la generación de empleo tiene grandes implicaciones para la composición industrial y para la elección de tecnologías para una determinada composición- siendo las dos configuradas, a menudo, por las políticas públicas. En los países donde la mano de obra es barata, el costo total de la producción frecuentemente podría ser menor si fueran enfatizadas las tecnologías y las industrias intensivas en mano de obra. Sin embargo, con frecuencia los planificadores son llevados a usar subsidios para atraer a industrias intensivas en energía y de gran escala, las cuales proporcionan poco empleo directo e indirecto.

**ENERGIA NO-COMERCIAL** Si bien existe pobreza en los suburbios urbanos, la mayor parte de los pobres vive en zonas rurales, y una fracción importante de ellos vive fuera de la economía del mercado. La importancia de la pobreza rural refleja una distribución poblacional entre las zonas rurales y urbanas muy distinta a la de los países industrializados. En estos últimos, sólo el 30% de la población vive en zonas rurales, mientras que en los países en desarrollo es el 70% (2).

En las zonas rurales la gente es mayormente dependiente de la biomasa para su energía - principalmente de la leña, utilizada básicamente en la coc-

ción. Pero en algunas partes del mundo en desarrollo, la demanda de leña está excediendo la tasa de su regeneración. La recolección de leña implica muchas horas de faenas duras todos los días, particularmente para mujeres y niños. Los efectos ecológicos de la deforestación creados por el uso excesivo de la leña están agravando esta pesada labor humana.

El vasto alcance de la pobreza rural, la debilidad de las fuerzas del mercado para hacerle frente y la importancia central de la cocción y su relación con la crisis de la leña, son factores que deben figurar en un lugar prominente en los esfuerzos de planificación energética.

**ENERGIA CENTRALIZADA Y DESCENTRALIZADA** La inadecuada atención a los problemas de las zonas rurales está provocando la migración de los pobres hacia los suburbios urbanos, que ofrecen acceso a algunos de los servicios de los que carecen en sus lugares de origen. La población urbana de los países en desarrollo está creciendo a un ritmo que es más del doble del de la población en su conjunto (2). Además, la tendencia hacia la urbanización se está haciendo cada vez más difícil de manejar, toda vez que las ciudades contaminadas y altamente pobladas no puedan ofrecer suficiente empleo para responder al número de gente que busca trabajo. La migración a las ciudades podría desacelerarse y, por ende, las ciudades podrían tornarse más "viables" si las condiciones de vida fuesen mejoradas en las zonas rurales. En particular, se necesitan industrias intensivas en mano de obra y basadas en los recursos rurales.

El suministro de la energía requerida para tales industrias implica enfatizar una planificación energética en la cual la producción centralizada de energía —que es fundamental en la satisfacción de las necesidades urbanas de energía— se complementa con la producción descentralizada de energía en las zonas rurales, donde es a menudo antieconómico e impráctico proporcionar servicios energéticos por medio de las fuentes centralizadas. Para estos efectos, la biomasa utilizada de manera renovable es una materia prima prometedora para la provisión de energéticos sólidos, gaseosos o líquidos o para la generación de electricidad en operaciones de pequeña escala, en muchas zonas rurales.

Será altamente fortuito si de la planificación energética convencional resultaran aportes significativos para el cumplimiento de las metas de desarrollo; esta involucra, principalmente, un desafío para la ingeniería: la expansión de los suministros energéticos convencionales y centralizados, en el grado sugerido por las correlaciones energía/PIB. Igual que el enfoque del "goteo gra-

dual" del desarrollo económico no ha logrado mejorar la suerte de los pobres, tememos que un enfoque de "goteo gradual" para el desarrollo energético probablemente tienda a ampliar los servicios energéticos disponibles para los ricos, dejando a los pobres en una situación igual, o un poco mejor.

Para apoyar los esfuerzos del desarrollo, la planificación energética de los países en desarrollo debe enfatizar el suministro de energía para la satisfacción de las necesidades humanas básicas: generación de empleos, cocción y los problemas generales de las zonas rurales, buscando un equilibrio apropiado entre las fuentes energéticas centralizadas y las descentralizadas.

### **Cambios Estructurales en los Países Industrializados**

Los cambiantes patrones de demanda por parte de los consumidores están reflejados en la creciente importancia de la producción de servicios a expensas de la producción de bienes y, dentro de los sectores productores de bienes, en la creciente importancia de la fabricación y los acabados. Estos dos cambios implican una menor demanda de energía por dólar de valor agregado.

LA CRECIENTE IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS El desplazamiento hacia los servicios (por ej., finanzas, seguros, educación, comunicaciones, así como comercialización, informática, servicios médicos y recreacionales) en los países industrializados lleva décadas, como se puede apreciar en las tendencias del empleo a largo plazo en Suecia y EE.UU. (ver la Figura 3). En los primeros años de industrialización, aumentó la participación del empleo en la fabricación y los servicios, a expensas del empleo en la agricultura. Más recientemente, los servicios han aumentado, además, a expensas de la manufactura, minería y construcción (ver la Figura 3).

El desplazamiento hacia los servicios está reflejado también en el crecimiento más lento de la producción de bienes. La producción del sector productor de bienes (medida por el producto bruto originado (PBO) o valor agregado) creció 0,83 ó 0,60 veces con relación al PIB de EE.UU. y Suecia, respectivamente, durante el período 1970-80.

LA CRECIENTE IMPORTANCIA DE FABRICACION Y ACABADOS Dentro del sector productor de bienes, hay un desplazamiento permanente desde los procesos para los materiales básicos, intensivos en energía, hacia las actividades de fabricación y acabado - procesos que involucran insumos

energéticos mucho menores por dólar de valor agregado (ver la Figura 4).

Consideren la situación de los EE.UU., que tiene una economía básicamente cerrada, de manera que el consumo de bienes y servicios es aproximadamente igual a la producción de la mayor parte de los sectores. El sector industrial aquí puede ser desagregado en minería, agricultura y construcción (MAC), el subsector de procesamiento de materiales básicos (PMB) y el subsector de manufacturas "varias". En 1978 estos tres subsectores representaban un 25%, 25% y 50% de la producción industrial y 15 %, 73 % y 11% del uso final de energía en la industria, y requerían 3, 14 y 1 unidades de energía por dólar de producción, respectivamente. De manera similar, en Suecia estos sectores representaban un 35%, 37% y 28% de la producción industrial; 10%, 82% y 8% del uso final de energía en la industria; y 1, 7.5 y 1 unidades de energía por dólar de producción, respectivamente. Por ello, aunque las manufacturas "varias", que incluyen la fabricación y acabado de materiales básicos, son económicamente muy importantes en los dos países, el subsector PMB predomina en el uso de la energía.

Entre estos sectores han sido pronunciados los desplazamientos de la producción, hacia actividades menos intensivas en materiales (ver la Figura 5). En los 70, la tasa de crecimiento de la producción industrial (PGO) para las actividades de fabricación y acabados en EE.UU. fue, en promedio, 4.3%, en comparación con el 3.0% por año del subsector PMB y el 1.2% anual del MAC. De manera similar, en Suecia existe una fuerte evidencia de la decreciente importancia de los materiales básicos como contribuyentes al crecimiento económico (44): las actividades de fabricación y acabados aumentaron en este mismo período a una tasa media anual de 2.0%, en comparación con la de 1.1% para la industria en su conjunto, 1.2% para el sector de los metales primarios y una tasa negativa de 1.4% para la industria del cemento.

Existen fuertes indicios de que el desplazamiento hacia la fabricación y los acabados se asocia con la saturación del uso de materiales (por ej., un estancamiento del consumo per cápita), tal como se indica en el análisis reciente de las perspectivas históricas y futuras, a largo plazo, para un muestreo representativo de los materiales básicos en EE.UU. y algunas otras economías industrializadas de mercado (ver la Figura 6) (45). Tanto para los materiales tradicionales (acero, cemento y papel), como para los modernos (aluminio, etileno, amoníaco y cloro), el consumo per cápita se estancó en la década del 70 en los EE.UU. y, en muchos casos, comenzó a declinar.

Se han encontrado tendencias similares para el acero, cemento y aluminio en Francia, Alemania Occidental y Gran Bretaña (46). Las tendencias parecen deberse a una combinación de factores, incluyendo el uso más eficiente de dichos materiales, la sustitución de materiales y la saturación del mercado. En todos los casos, las perspectivas para el crecimiento del volumen de consumo parecían pobres, principalmente por la saturación del mercado. Sólo los mercados para productos de un alto valor agregado y muy especializados parecen prometedores. En la actualidad no está claro si tal crecimiento será adecuado para compensar las permanentes bajas del mercado para los productos de alto volumen (a granel), pero es fuerte la evidencia de que existirá, por lo menos, una saturación.

Los desplazamientos hacia el subsector de fabricación y acabados, que normalmente requiere de una cantidad de energía menor por unidad de producción que el procesamiento de los materiales básicos, puede tener un profundo efecto sobre la utilización de energía en la industria. En los EE.UU., tales desplazamientos explicaron un decrecimiento anual de 1,6% por dólar de PNB durante 1973-84, de una tasa total de decrecimiento del sector industrial de 3,6% en el mismo período (46).

Las tendencias hacia una menor intensidad de materiales (y normalmente, por ende, hacia una menor intensidad de energía) en las economías de los países altamente industrializados, comenzaron antes del inicio de las crisis energéticas de los 70. No sólo se puede esperar que estas tendencias continúen, sino que incluso se aceleren, en respuesta a los marcados aumentos producidos en los precios de la energía. Esta reacción se puede complementar con un mayor empleo de tecnologías que usen más eficientemente los suministros energéticos para el abastecimiento de servicios energéticos.

### **OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD ENERGETICA**

Existen oportunidades para mejorar sustancialmente la productividad energética de las principales actividades intensivas en energía: calefacción, iluminación, cocción y electrodomésticos; transporte aéreo y terrestre (autos y camiones) y producción de materiales básicos. Los aumentos del precio de la energía en los 70 han conducido a la comercialización de tecnologías consumidoras de energía mucho más eficientes que las actualmente utilizadas y a grandes esfuerzos de investigación y desarrollo que conducirían, a su vez a

tecnologías aún más eficientes en los años por venir. A continuación se dan ejemplos de las posibilidades en cada uno de los sectores consumidores de energía, tanto para los países industrializados como para los en desarrollo.

### **Países Industrializados**

**RESIDENCIAL** La calefacción, que representa entre 60 y 80 por ciento del uso final de energía en las edificaciones residenciales de los países industrializados, merece que se le brinde particular atención y, de hecho, ha sido un punto focal de los programas de conservación energética residencial. Existen dos principales caminos para aumentar la productividad energética de la calefacción: mejoras en la construcción y en los equipos de calefacción.

**Mejoras en la construcción** Son posibles grandes mejoras en el rendimiento energético de la vivienda, tanto para las nuevas construcciones como para las ya existentes.

La Tabla 2 relaciona el rendimiento energético de varios grupos de casas nuevas que incorporan importantes características de ahorro de energía. En Suecia se ha adquirido considerable experiencia en la construcción de casas térmicamente "cerradas". Por ejemplo, la eficiencia energética (corregida para clima y superficie) de las casas construidas bajo las normas de construcción suecas de 1975 es casi igual a la de algunas de las mejores casas construidas en EE.UU. (por ej., las casas de Minnesota y Oregon). Hoy se construyen en Suecia casas que rinden considerablemente más que aquellas construidas bajo las normas de 1975, tal como indican los ejemplos de Skané en la Tabla 2.

Si bien se podría pensar que las casas eficientes en energía fuesen muy caras, existe una creciente evidencia que sugiere que el costo adicional de una casa eficiente en energía puede no ser muy grande en comparación con el costo de una casa convencional, debido a que los costos adicionales de las mejoras pueden ser compensados, en un grado considerable, por los ahorros en los sistemas de generación y distribución de calor (27). Se dispone de muy buena información sobre el costo de casas eficientes en energía para dos versiones de casas prefabricadas vendidas por Faluhus. Ambas versiones son idénticas a excepción de sus características de rendimiento energético, siendo la versión más eficiente una de las casas de este tipo más eficientes en el mercado. El costo asociado de la energía ahorrada (el costo anualizado de la inversión adicional dividida por el ahorro anual de energía) es menor que el precio actual

de la electricidad sueca, aunque las tarifas actuales, basadas en hidroenergía, sean bajas, y está por debajo de los costos marginales de la energía eléctrica proveniente de fuentes nuevas (ver nota (j) de la Tabla 2).

Ya que el "parque" de construcciones tiene una vida útil larga, la utilización de energía para fines de calefacción continuará siendo predominante por algunas décadas en los edificios existentes. Aunque las oportunidades para adaptar los edificios existentes no son tantas como las que ofrecen las construcciones nuevas, todavía se puede lograr mucho en aquellos.

Por ejemplo, el plan decenal del Gobierno de Suecia para la readecuación de edificios, está orientado a reducir en un tercio el consumo de energía en los edificios existentes en 1978. El Plan fue iniciado en dicho año y está optimizado para un precio de la energía 30% inferior a los precios de 1981. En Estados Unidos, el Experimento en Readecuación Modular (ERM), basado en la distribución de gas, demostró las posibilidades del estado del arte para el aprovechamiento de oportunidades no convencionales y de bajo costo, que han sido identificadas por medio de equipos sofisticados de diagnóstico (47). En el ERM, los ahorros medidos, asociados con la visita de dos personas por un día, promediaron 10% del uso del gas asociado a la calefacción. Subsecuentemente, la readecuación más convencional, a través de modificaciones de construcción, aumentó la economía media de combustible a 30%, con una inversión total promedio de unos US\$ 1.300. La tasa de retorno interna real por economía de combustible fue de casi 20%, para un precio supuesto de US\$ 8 por GJ de gas (el precio del combustible para calefacción en 1982) (27) durante todo el ciclo de vida.

Los logros demostrados en el ERM no representan el límite de lo que se puede alcanzar con las mejoras de construcción en las viviendas existentes. Un experimento importante, que aprovecha oportunidades adicionales de readecuación no convencional, resultó en un ahorro de 2/3 partes de la energía utilizada en una casa en EE.UU. que, antes de las modificaciones, fue considerada como "térmicamente cerrada", de acuerdo con las normas estadounidenses (48). Durante un período de varias décadas, el potencial de ahorro de energía basado en la readecuación, es mucho mayor del que se puede lograr de forma inmediata. Con el tiempo, se necesitarán varias modificaciones estructurales; algunas mejoras de construcción, con el fin de reducir el consumo de energía, serán mucho más efectivas en costo si son llevadas a cabo en asociación con tales cambios estructurales (por ej., colocación de ventanas eficientes en energía, cuando se necesitan ventanas nuevas) que si fueran llevadas a

cabo sólo por los beneficios de economía energética. Además, continuarán desarrollándose nuevas oportunidades técnicas para reducir la demanda de energía.

**Equipos de conversión energética** Los últimos años han demostrado que las eficiencias de los equipos de calefacción se pueden mejorar mucho. Para los altos hornos a gas, las eficiencias de conversión han aumentado en EE.UU. desde un promedio de 69% en los nuevos altos hornos "condensadores", llamados así porque el mejor rendimiento implica la extracción de calor de los gases de chimenea más allá del punto en que el vapor de agua se condensa (27). También están disponibles en el mercado bombas de calor con un coeficiente de rendimiento (CDR) de hasta 2,6 para las unidades de aire/aire y hasta 3 para las unidades de agua/aire o agua/agua. Para efectos de comparación, el CDR promedio de las bombas de calor existentes en EE.UU. es menor a 2 y el de las unidades eléctricas de resistencia para calefacción es de 1 ó menos.

**Uso final residencial total de energía** En la Tabla 3 se indica el potencial global para ahorros de energía y se muestra el uso final residencial de energía per cápita, primero para los hogares medios de EE.UU. y Suecia en la actualidad y, segundo, para hogares hipotéticos dotados de todas las comodidades eléctricas, las que incorporan las tecnologías más eficientes comercialmente disponibles en 1982. Si bien estos hogares hipotéticos tienen mayores comodidades que los hogares medios de hoy, utilizarían sólo unos 300 watts per cápita, lo cual es mucho menos que los actuales niveles de utilización energética. Con las tecnologías más eficientes bajo desarrollo, el uso de la energía podría ser reducido más aún.

**EDIFICIOS COMERCIALES** En los presupuestos energéticos de los edificios comerciales, como en los de los edificios residenciales, predominan las necesidades de acondicionamiento ambiental; pero para los edificios comerciales, son mucho menos importantes las mejoras de construcción, excepto las realizadas a fin de controlar la luz natural y la incidencia solar. La mayor parte de las oportunidades para lograr un mejor rendimiento energético involucra el uso de equipos más eficientes en energía y una mejor adecuación de los suministros de energía a los requerimientos de servicios energéticos, mediante el uso de mejores tecnologías de control. La importancia de los controles está sugerida por el hecho de que en los edificios comerciales de EE.UU., a menudo se malgasta energía calentando el aire en el verano y enfriándolo en el invierno.

Mientras que los nuevos edificios comerciales son menos intensivos en energía que los existentes, tanto en EE.UU. como en Suecia, el rendimiento energético de algunos de ellos es mucho mejor que el del promedio (ver la Tabla 4). Quizás el edificio comercial más eficiente en energía construido en los últimos años de la década del 70, sea el edificio Folksam, en Farsta, cerca de Estocolmo, Suecia. Con un diseño ordinario, el edificio se sobrecalentaría (por la iluminación y otras cargas internas de calor) y requeriría de enfriamiento durante el día y de calefacción de noche. Pero con el diseño de Folksam, el excedente de calor producido en el día se almacena para su uso de noche (o para calentar el edificio por la mañana). El almacenamiento se logra a través del concepto de "Thermodeck", el cual implica pasar el aire de ventilación de las oficinas por medio de núcleos tubulares largos dentro de las masivas planchas de concreto. Con este esquema de almacenamiento, el aumento de la temperatura del aire de las oficinas durante el día es de sólo unos 2 grados, así que no es necesario el enfriamiento. El sistema almacena calor en las planchas durante el día, las cuales se enfrían con el aire externo por la noche.

El edificio más eficiente en energía en Suecia hoy en día es el Edificio Harnosand, en el norte del país; fue construido en 1981. Al utilizar el principio de "Thermodeck", precalentamiento del aire de ventilación con paneles solares y controles de microprocesadora para adecuar mejor la oferta de energía a la demanda, el edificio utiliza sólo aproximadamente la mitad de la energía por metro cuadrado que el Edificio Folksam (ver Tabla 4).

La mejor gestión energética, con poca o nula inversión de capital (por ej., reducción del termostato por la noche; ajustes en la ventilación para mejor cumplir con las necesidades) generalmente consigue un ahorro del 20 a 30 por ciento de la energía utilizada en los edificios comerciales existentes en Suecia (49). En EE.UU. el ahorro promedio medido en 184 edificios fue 23%; el costo correspondiente de la energía economizada para 56 edificios, para los que se disponía de datos de costos, fue US\$ 2,8 por GJ (dólares de 1982), suponiendo una vida de readecuación de 10 años y una tasa real de descuento del 10% (50). Sin embargo, estos ahorros son menores que la economía potencial, puesto que probablemente se puede hacer mucho más por un costo de energía economizada inferior al precio medio de la energía, que para los edificios comerciales de EE.UU. en 1979 fue de unos US\$ 8 por GJ (51). En una encuesta de arquitectos e ingenieros experimentados, realizada por el Instituto de Investigaciones en Energía Solar, hubo consenso en que una reducción del 50% en el uso de la energía por metro cuadrado, en promedio, es un objetivo alcanzable para los edificios comerciales de EE.UU. para el año 2000 (52).

TRANSPORTE En 1982 el transporte explicó el 53% de todo el petróleo consumido en las naciones de la OCDE (53). Los automóviles y camionetas livianas merecen especial atención, ya que representaron más del 60% de todo el uso en este sector.

Existen oportunidades para mejorar la economía de combustible en los automóviles y camionetas livianas, desde los actuales valores de 12 a 8 lt./100 km. (20 a 30 mpg) al rango de 4 a 2,3 lt./100 km. (60 a 100 mpg) en las próximas décadas, tanto por la vía de aumentar la eficiencia del motor y de la fuerza motriz, como por la de reducir el peso y las resistencias aerodinámicas y de rodado de los vehículos.

Las eficiencias de motor generalmente son bajas. Por ejemplo, el modelo "Rabbit" 1981 de la Volkswagen, a gasolina y de transmisión manual, tiene una eficiencia media de motor/fuerza motriz de sólo el 13,5 por ciento en la conversión del combustible en energía mecánica en las ruedas (39). Una posibilidad para mejorar la eficiencia es cambiar a un motor a diesel. La versión diesel del "Rabbit" tiene un rendimiento energético de 5,3 lt./10 km. (45 mpg) en el ciclo motriz combinado, según el EPA de EE.UU., en comparación con 7,9 lt./100 km. (30 mpg) para la versión a gasolina. El costo de la energía ahorrada por este cambio de motor, que cuesta US\$ 525, suponiendo una tasa anual real de descuento para el ahorro de 420 litros de combustible (110 galones) para una distancia media de recorrido de unos 16.000 kilómetros por año (unas 10.000 millas), sería sólo US\$ 0,22 por litro de gasolina equivalente (US\$ 0,78 por galón).

Mejoras adicionales en el VW "Rabbit", en base a tecnologías probadas —como reducción de la resistencia de rodado y aerodinámica, cambio de una precámara a un motor diesel de inyección directa, utilizando una transmisión continuamente variable, reducción de peso y adición de una característica de motor apagado durante el desplazamiento por inercia y tiempo ocioso— mejorarían la economía de combustible a 2,6 lt./100 km. (89 mpg) (39), sin aumentar el costo total de tenencia y operación del auto (ver la Figura 2). Muchas de estas características han sido incorporadas en prototipos, de los cuales son buenos ejemplos el Auto Experimental VW y el Proyecto 2000 de Componentes Livianos de la Volvo (LCP 2000), con economías de combustible de 3,8 y 3,6 lt./100 km (62 y 65 mpg), respectivamente (ver la Tabla 5).

Entre las mejores posibilidades con las tecnologías avanzadas, el efi-

ciente motor adiabático a diesel es especialmente prometedor. El LCP 2000 de la Volvo, con un motor de 3 cilindros, con aislamiento térmico, inyección directa y turbocargado, es un avance en este sentido (54).

Investigadores de la Ford Motor Company describen de la siguiente manera cómo sería un vehículo "típico" de fines de la década del 90 (55):

"... un vehículo para 4 ó 5 pasajeros, de un rango de 2000 libras (900 kg) de peso muerto, con un coeficiente de resistencia aerodinámica de 0,20 o menos... Por medio de la electrónica se controlaría el motor turbocargado, cerámico, adiabático, a diesel, con una transmisión continuamente variable para proporcionar una actuación suave y fácil, con una economía de combustible por encima de 100 millas por galón en la carretera..."

Una inquietud que ha surgido en cuanto a los autos de super-rendimiento en términos de mpg es su seguridad. Sin embargo, el hecho de que un auto liviano no tiene que ser inseguro está mostrado por las características de seguridad incorporadas en el LCP 2000 de la Volvo (54). Además, los investigadores de la Cummins Engine Company y el Centro Lewis de Investigación de la NASA han descrito el diseño de un carro de pasajeros de 1.360 kg (3.000 lb.) con un motor adiabático a diesel con un ciclo de fondo de turbo-compuestos que tendría una economía de combustible de 3,0 lt./100 km. (70 mpg) (56).

La contaminación del aire por los motores a diesel es una inquietud más. Una solución, es que las versiones de los motores a diesel encendidas por chispa (por ej., el auto de la Cummins/NASA Lewis) podría utilizar una amplia gama de combustibles, incluyendo la gasolina y el metano (57), sin una pérdida de eficiencia (58).

Para las camionetas y camiones, parece factible reducir en 50% el uso de energía por tonelada-km., con respecto al actual promedio estadounidense para los camiones de larga distancia, a través de una combinación de medidas como el desarrollo de motores adiabáticos a diesel y ciclos de fondo, reducción de la resistencia aerodinámica y mejores llantas (59). Se pueden lograr economías adicionales a través de factores de carga más grandes.

Para los aviones de pasajeros, el alto costo del combustible, representando hasta el 30% de los costos de operación de las aerolíneas comerciales

de EE.UU., está dando un fuerte incentivo a la implementación de mejoras para economizar combustible. Parece factible reducir la intensidad de combustible en 50% con respecto a los niveles de 1977 en EE.UU., por medio de una combinación de medidas como son: completar la sustitución del parque de aeronaves con jets de cuerpo ancho con motores de turboventilación y alta derivación, mejorar el diseño de las alas y reducir el peso a través de compuestos (59).

**INDUSTRIA** Las "crisis" de los precios de la energía en los 70, derivaron en incrementos relativos de precio en la industria superiores a los experimentados por los otros sectores consumidores de energía. Dentro del sector industrial, muchas de las industrias de procesamiento de materiales básicos, intensivas en energía, que representaron el 70% del uso de la energía en la industria de los países de la OCDE en 1979, experimentaron aumentos en el precio relativo de la energía mucho mayores que el promedio de la industria en conjunto. Una medida de los impactos económicos relativos de los altos precios de la energía en las diversas actividades manufactureras, es la relación costos de la energía/valor agregado. En EE.UU. esta relación en 1980 fluctuaba entre 15 y 76 por ciento para diversos sectores y subsectores del procesamiento de materiales básicos, pero tuvo un promedio de sólo 3 por ciento para otras actividades manufactureras. (60).

Así, las condiciones económicas proporcionaron una fuerte motivación para la búsqueda de mejoras en la productividad energética. Afortunadamente, como en otros sectores, existe una amplia gama de oportunidades técnicas para lograr tales mejoras. Es conveniente clasificar estas oportunidades como: buenas medidas de mantenimiento; cambios fundamentales de procesos o productos y nuevas tecnologías de conversión energética.

**Buen Mantenimiento** Medidas de mejor administración, como aislamiento y tapa de fugas en las líneas de vapor y cierre de los sistemas de suministro de energía cuando no están en uso, han explicado mucho del ahorro energético de la industria desde los aumentos del precio de la energía. El potencial para mejoras de la productividad energética aquí es del orden de 19-20 por ciento, con un costo reducido o nulo de capital.

**Innovaciones en Procesos** El objetivo de las innovaciones en los procesos, no es el de reducir la demanda de energía o minimizar el costo de proporcionar servicios energéticos, sino minimizar el costo total de producción. La

historia de la industria moderna muestra que los nuevos procesos para suministrar productos conocidos son los más susceptibles en superar la resistencia al cambio técnico y desplazar los procesos existentes si ofrecen oportunidades para mejoras simultáneas en varios factores de producción: reducción de las necesidades de mano de obra, capital, materiales y energía (61,62). Este ha sido un fenómeno tan poderoso que los requerimientos de energía a menudo se han reducido en el proceso de innovación tecnológica, aún durante épocas de precios decrecientes para la energía.

Continuamente se están desarrollando nuevos procesos. Importantes áreas de investigación y desarrollo, de las cuales probablemente continuarán surgiendo innovaciones para los procesos industriales, incluyen: metalurgia de polvo, metalurgia de plasma, diseño y fabricación asistida por computadora, procesamiento de productos químicos a laser, biotecnología, tecnología para la separación de membranas y uso de micro-ondas para el calentamiento localizado y no volumétrico. Las mejoras en todas estas áreas permitirían hacer más con menos, producir más valor agregado con menos insumos de los diversos factores de producción, incluyendo la energía.

Consideren el ejemplo del acero. Aproximadamente cinco sextas partes de toda la producción de acero se realizan en los países industrializados, donde absorben una gran parte de toda la energía utilizada para la fabricación: por ej., 1/6 en Suecia y 1/7 en EE.UU. La cantidad mínima teórica de energía requerida para producir una tonelada de acero a partir del mineral de hierro es 7 GJ (63) y 0,7 GJ, a partir de chatarra. En la actualidad, la fabricación de acero en Suecia y EE.UU. está basada en una mezcla 50/50 de mineral de hierro y chatarra, de manera que el mínimo termodinámico es de unos 3,9 GJ por tonelada de acero bruto. Para efectos de comparación, la energía empleada para producir acero bruto fue 27 GJ por tonelada en EE.UU. en 1979 y 22 GJ por tonelada en Suecia en 1976 (6).

El potencial para lograr incrementos en la productividad energética en la producción de acero se puede apreciar en los procesos actualmente bajo desarrollo para la fabricación de hierro en Suecia: Plasmasmelt y Elred. En los dos casos, el objetivo es el de reducir los costos globales y disminuir los problemas ambientales: a través del uso directo de minerales en polvo (concentrados), sin la aglomeración del mineral mediante sinterización o peletización; a través del uso de carbón de vapor ordinario en lugar del coque, que es mucho más costoso; y a través de la integración de operaciones que en la actualidad

se realizan de forma separada.

Las necesidades energéticas son de 8,7 GJ/tonelada (de los cuales 4,2 GJ son electricidad) para Plasmasmelt y 119,0 GJ/tonelada (1,3 GJ de electricidad) para Elred (44). El proceso de Plasmasmelt sería particularmente atractivo para países pobres en carbón mineral pero ricos en hidroenergía, mientras que en los países donde son altos los precios de la electricidad (por ej., EE. UU.), puede ser preferible enfocar los procesos menos intensivos en energía eléctrica como el Elred, u otros procesos de fabricación de hierro que no producen metal fundido sino hierro sólido directamente reducido. Los procesos de reducción directa convierten varias formas del mineral de hierro en fierro esponja a temperaturas muy por debajo del punto de fusión, utilizando una gran variedad de agentes reductores, que intentan integrar operaciones actualmente separadas para así ahorrar en los costos de capital, mano de obra y energía; incluyen la fundición continua, fabricación directa de acero y fabricación de acero en seco (64).

El proceso de fabricación de acero en seco, que rinde un producto final en la forma de polvo (y evita la fundición) promete costos muy bajos de capital e idoneidad para operaciones de pequeña escala, así como también un gran ahorro de energía con respecto a los procesos convencionales (64).

**Cambios en los Productos** El diseño de productos puede conducir a una reducción en el uso de energía si facilita el reciclaje de materiales; esto es especialmente importante para los metales. Para convertirse en acero acabado, el acero reciclado requiere sólo el 35% de la energía que requiere el mineral de hierro, y en el caso del aluminio, se requiere menos del 10%. El diseño de productos también puede conducir a una reducción en el uso de la energía si extiende la vida del producto, facilitando así la reparación, reelaboración y reutilización.

La reducción del peso de un producto también ofrece amplias oportunidades para economizar energía. Pero, a veces, un cambio a materiales livianos puede aumentar la cantidad de energía utilizada en la fabricación; por ejemplo, cuando se sustituye el aluminio por acero en los autos. Sin embargo, estos aumentos normalmente son compensados por reducciones mucho mayores de la energía utilizada en las operaciones, tal como sería el caso del auto liviano de la Volvo: el LCP 2000 (54).

Algunas de las posibilidades más halagadoras para las sustituciones

orientadas al ahorro de energía implican el desarrollo de materias primas totalmente nuevas, que pueden ser más apropiadas para una nueva era de la energía costosa. Un candidato es el "supercemento", ya bajo desarrollo.

El cemento ordinario es un material básico de la construcción. Se puede elaborar con recursos comunes y corrientes: calizas, arcillas y arenas y tiene una intensidad energética relativamente baja. Se necesita 6 veces más energía para producir un metro cúbico de poliestireno y 29 veces más, para producir un metro cúbico de acero inoxidable. Parecería deseable, por lo tanto, poder sustituir tales materiales básicos intensivos en energía con cemento. Las posibilidades de sustitución son bastante limitadas hoy en día, en gran parte porque el cemento tiene una baja resistencia a la tensión y a la fractura. Sin embargo, la investigación y el desarrollo recientes han conducido al descubrimiento de maneras de mejorar drásticamente estos aspectos del cemento (65).

El nuevo supercemento es un cemento libre de macro defectos (LMD), que difiere del cemento ordinario en cuanto los poros del cemento se reducen del tamaño milimétrico al micrométrico. Ello aumenta notoriamente la resistencia a la tensión y a la fractura; el supercemento se puede hacer altamente resistente a los impactos a través de su refuerzo con fibras. Dichas fibras pueden ser materiales orgánicos no costosos porque se fabrica el cemento a bajas temperaturas. Franjas del cemento LMD reforzado con fibras se pueden hacer lo suficientemente flexibles para ser dobladas como tiras de metal (65).

**Nuevas Tecnologías de Conversión Energética** Mientras que las innovaciones para efectuar cambios en los procesos y en los productos a menudo generan múltiples economías energéticas, las tecnologías involucradas tienden a ser de aplicabilidad limitada. También existen oportunidades para ahorrar energía con dispositivos de conversión energética, que normalmente arrojan una economía energética del 10 al 50% inferior a la de los cambios en procesos y productos, pero que son importantes en términos agregados debido a su amplia aplicabilidad en toda la industria. Estas posibilidades incluyen mayor aislamiento de altos hornos, reflectores de radiación, aparatos de recuperación de calor, calentamiento inductivo de metales, calentamiento por micro-ondas, co-generación (66) y mejores sistemas de fuerza motriz mecánica. Para ilustrar las posibilidades en este sentido, se tratará brevemente el tema de la tecnología de la fuerza motriz o accionamiento mecánico.

El accionamiento mecánico explica gran parte del uso industrial de la electricidad en las naciones industrializadas. Tanto en EE.UU. como en Sue-

cia, por ejemplo, el accionamiento de motores industriales representó aproximadamente 3/4 partes del uso total de la energía eléctrica en la industria. Un estudio de los sistemas de accionamiento mecánico en la industria eléctrica británica ha mostrado que menos de la mitad de la potencia de entrada de una central se transmite a la punta de la herramienta, con la pérdida de la tercera parte de la potencia total de entrada en las cajas de transmisión y reductores (67).

Motores sobredimensionados y de velocidad constante son utilizados normalmente para desplazar gases, cuyo flujo es regulado a través de deflectores; de manera similar, se utilizan válvulas de reducción para controlar los flujos de líquidos. La adecuación de la demanda de energía eléctrica a la oferta, a través de estrangulación, implica un considerable desperdicio de energía. La tecnología del accionamiento de corriente alterna y velocidad variable (AVV) es una alternativa eficiente en energía y de amplia aplicabilidad a situaciones de carga variable involucrando bombas, compresores, ventiladores, etc. Se estima que, para 1990, la mitad del uso de motores de corriente alterna en EE. UU. podría verse afectada económicamente con el uso de controles de AVV, con un ahorro promedio de 30% en los motores afectados (68). Es posible una amortización de 1 a 3 años en una gran variedad de aplicaciones. Debido a mejoras en la tecnología de estado sólido, ha mejorado en los últimos años la confiabilidad de los dispositivos AVV, y los costos han bajado notoriamente. Se puede esperar que estas tendencias continuarán.

### **Los Países en Desarrollo**

**EL SECTOR MODERNO** La mayoría de las oportunidades para uso eficiente de energía relevantes para los países industrializados también lo son para los sectores modernos de los países en desarrollo - en vivienda (excepto calefacción, que no se necesita en la mayor parte de las zonas), transporte e industria. Tales oportunidades a menudo pueden ser aún más atractivas para los países en desarrollo, por las siguientes razones:

Primero, porque el capital generalmente tiende a ser más escaso en los países en desarrollo. A pesar de que las mejoras en la eficiencia energética usualmente requieren de mayores inversiones en el punto de uso final, las inversiones requeridas a menudo son menores que las necesarias para generar una cantidad equivalente de energía, la cual sería utilizada con equipos de uso final menos eficientes, de manera que el total de las necesidades de capital pa-

ra el sistema energético en su conjunto generalmente serían reducidas a través de inversiones en eficiencia energética. Por ejemplo, en el Estado de Sao Paulo, Brasil, el costo de entregar 1 kW de electricidad (carga fundamental) a un cliente industrial durante toda la vida útil (50 años) de una instalación hidroeléctrica es de US\$ 3.250, mientras que el costo correspondiente del ahorro de un kW, por medio de la instalación de accionadores de velocidad variable en los motores industriales (25 por ciento de ahorro de energía eléctrica), está en el rango de US\$ 900 a US\$ 1.800 por kW, suponiendo una tasa de descuento de 10% en los dos casos (7).

Segundo, la grave presión existente sobre los ingresos por exportaciones de los países en desarrollo, provocada por las facturas petroleras, constituye un poderoso incentivo para la reducción de las necesidades de importación de petróleo, para así llegar a ser más autosuficientes. Para ello, la mejora de la eficiencia energética (por ej., en autos y camiones) puede ser una manera especialmente efectiva en costos.

Tercero, el potencial de gran crecimiento en las actividades intensivas en energía (por ej., el procesamiento de materiales básicos) es una condición propicia para grandes innovaciones en procesos y productos. En la nueva era de la energía cara, las tecnologías introducidas a fin de reducir el costo total frecuentemente serán mucho más eficientes en el uso de energía que las tecnologías correspondientes que actualmente se utilizan en los países industrializados, la mayor parte de las cuales fueron introducidas en la era de la energía barata. Debido a la saturación de los mercados y, por ello, al clima menos favorable para las innovaciones existentes en las industrias de procesamiento de materiales básicos, que se encuentran estancadas en los países industrializados, pudiera ser que, en algunas áreas, se produzcan primero importantes innovaciones industriales en los países en desarrollo. Los exitosos programas brasileños (a) para cambiar los autos de gasolina a etanol derivado de caña (68a) y (b) para producir aceros de alta calidad utilizando el carbón vegetal derivado del eucalipto, en lugar del carbón mineral, evidencian la posibilidad de tales saltos tecnológicos hacia adelante.

## **EL SECTOR TRADICIONAL**

También existen grandes oportunidades para mejorar la eficiencia energética en el sector tradicional, donde la leña y otras formas de biomasa predominan en la utilización de la energía, principalmente para la cocción. La ineficiencia de las actuales estufas de leña se pone en relieve al comparar el

uso de la energía hoy en día para la cocción en estufas de leña en los países en desarrollo —unos 0,25 a 0,6 kW per cápita (0,4 a 1 tonelada de leña per cápita por año (60)— con la correspondiente tasa de utilización de GLP o gas natural para la cocción en ellos y en las economías industrializadas de mercado, generalmente unos 0,05 kW (ver la Figura 7).

Mientras que, tan recientemente como en 1983, sólo se lograban avances marginales en los programas de mejoramiento de la eficiencia de estufas (70), los últimos éxitos en la aplicación de los principios científicos de transferencia de calor y combustión, en los diseños de estufas, en combinación con los métodos estandarizados de pruebas y técnicas de producción, han posibilitado la introducción de una variedad de estufas de leña de alta eficiencia y bajo costo que son atractivas para los usuarios en una amplia gama de contextos culturales. Con tales estufas, las necesidades de combustible para la cocción se pueden reducir entre un 33 y un 50%; y el ahorro de combustible se complementa con otros importantes beneficios, tales como tiempo reducido de cocción y menores requerimientos de mano de obra para la recolección de leña (71, 72).

Mirando hacia el futuro, serían factibles otras mejoras si para la cocción se dispusiera de energéticos en forma gaseosa (GLP, gas natural, biogas o gas pobre), ya que las estufas sencillas a gas pueden ser eficientes en un 50% mientras que las estufas de leña, incluso las más eficientes, sólo alcanzan cifras de 30-40%. Otras mejoras adicionales serían posibles a través del uso de las estufas a gas avanzadas, con una eficiencia del 70%, que han sido desarrolladas recientemente (73).

Todas estas oportunidades podrían liberar recursos biomásicos para otros fines (74), por ejemplo, el transporte, la agricultura y la industria rural.

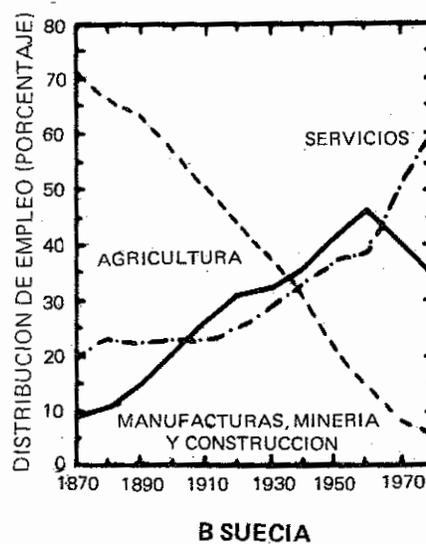
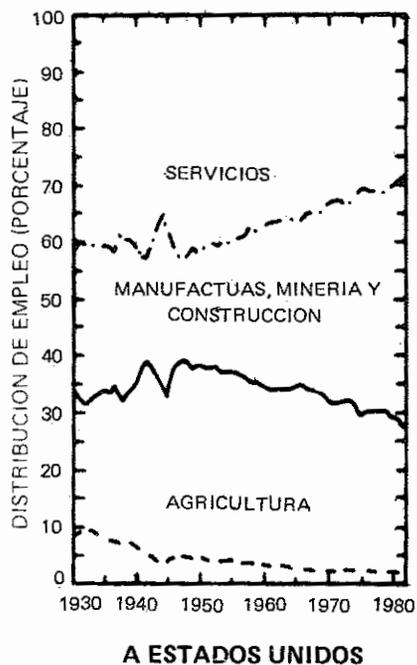
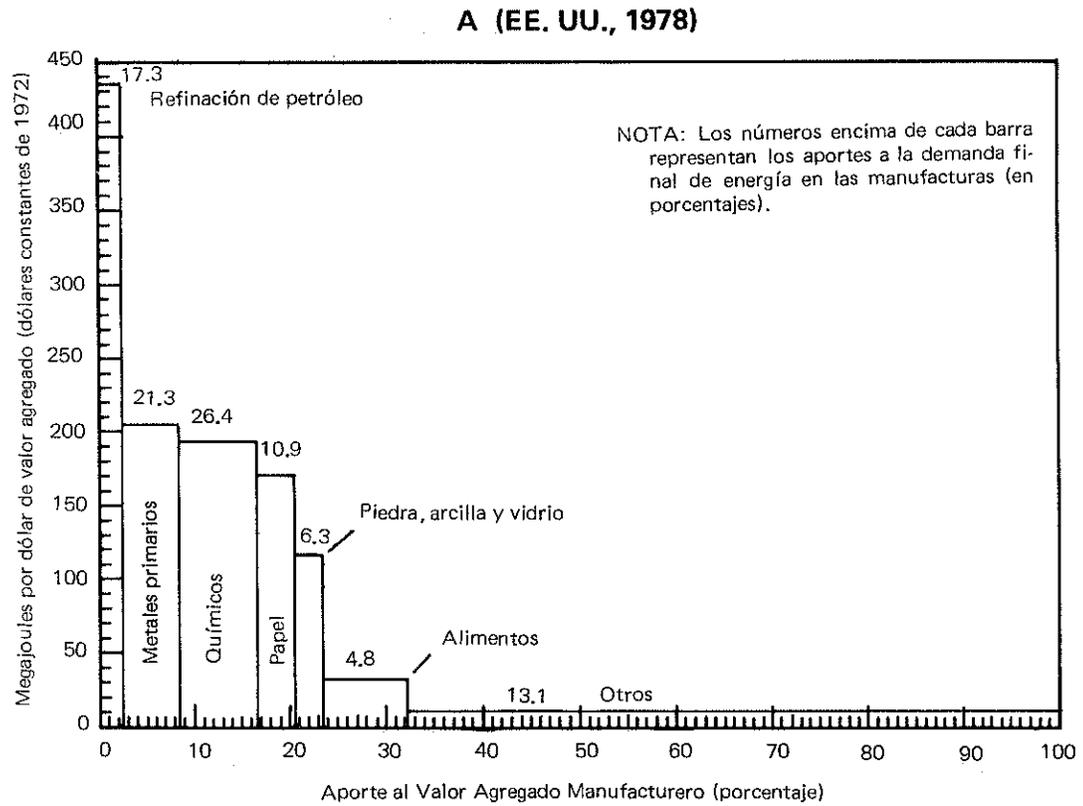


FIGURA 3

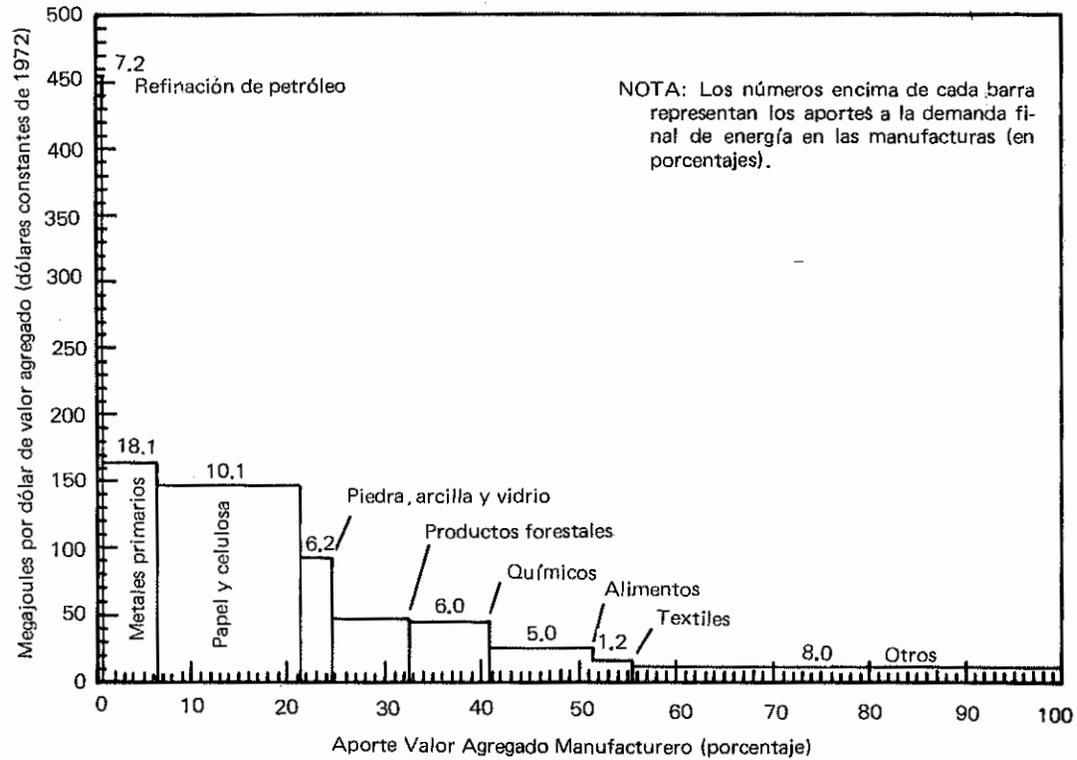
Distribución sectorial del empleo en (A) Estados Unidos y (B) Suecia. Para los Estados Unidos, la medida del empleo es el número de empleados de tiempo completo equivalente. Para Suecia, es el número de empleados que trabajan más de medio tiempo.

FIGURA 4  
 Intensidad de energía final vs. valor agregado manufacturero para  
 (A) Estados Unidos y (B) Suecia

35



### B (SUECIA, 1978)



ESTRATEGIA DEL USO FINAL DE ENERGIA GLOBAL

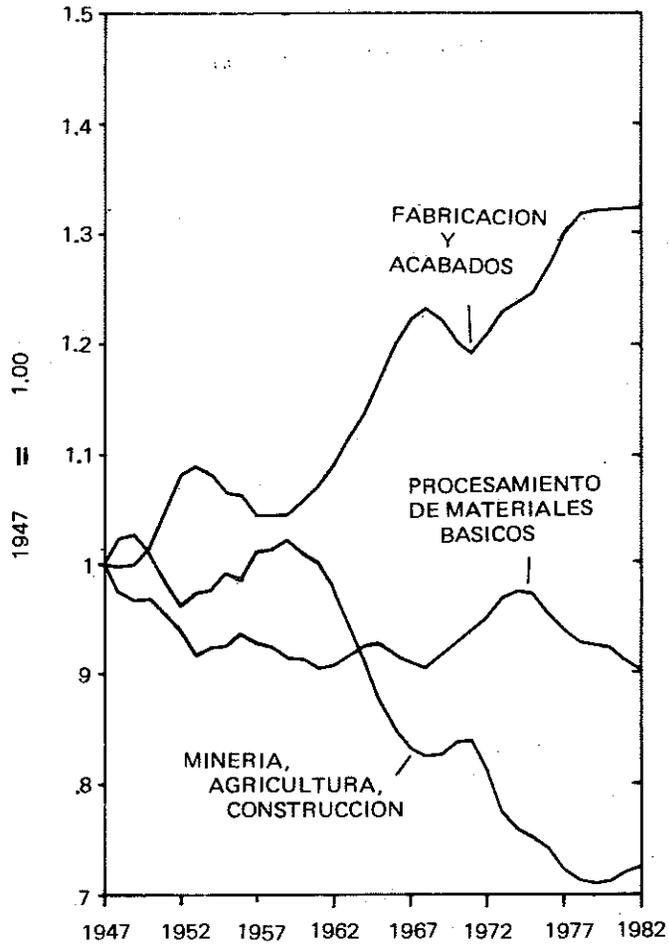


FIGURA 5

Tendencias en la composición de la producción industrial (producto bruto originado) para la minería, agricultura y construcción; el subsector del procesamiento de materiales básicos de la manufactura; y el subsector de la fabricación y acabados de la manufactura, todos en relación a la producción industrial total para Estados Unidos.

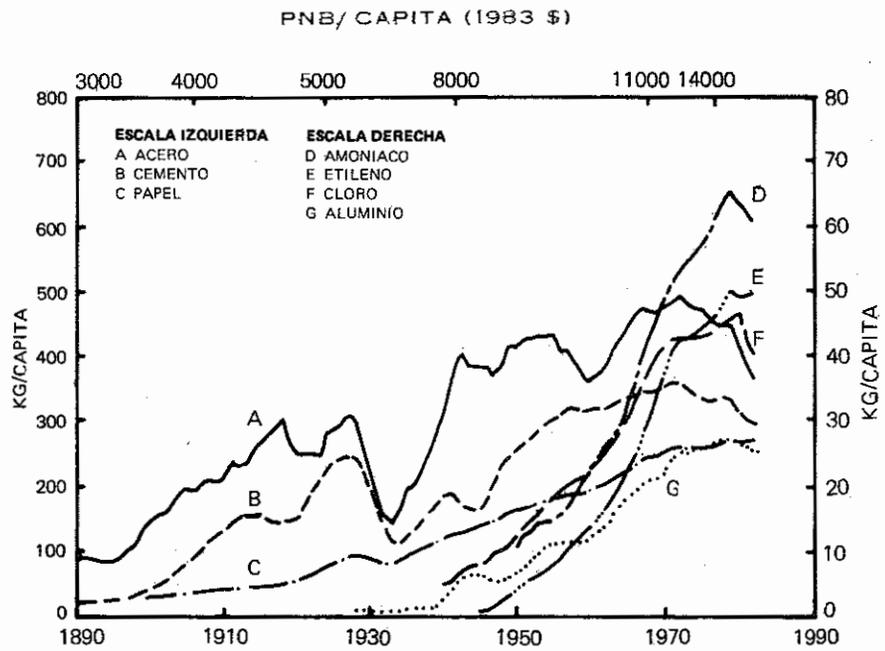
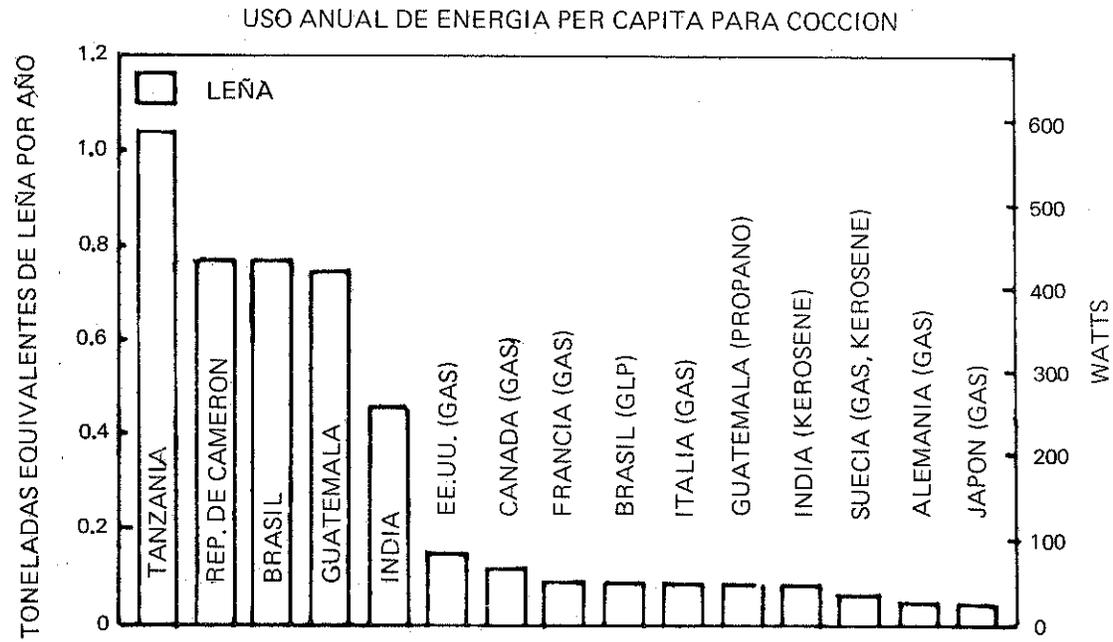


FIGURA 6

Uso de los materiales básicos en Estados Unidos. De (45). Los datos son promedios de cinco años consecutivos para consumo aparente (producción más importaciones netas, corregidas para cambios de inventarios).

FIGURA 7



Uso anual de energía per cápita para cocción. Suponiendo una tonelada de leña = 18 Gj, entonces  
 1 t/año = 570 W.

TABLA 2

Necesidades de calefacción para viviendas unifamiliares (kJ por m<sup>2</sup> por grado-día).

<b>Estados Unidos</b>	
Promedio, viviendas existentes <sup>b</sup>	160
Nuevas construcciones (1980) <sup>c</sup>	100
Valor promedio medido para 97 casas en el Programa Demostrativo de Vivienda Eficiente en Energía de Minnesota <sup>b</sup>	51
Valor promedio medido para 9 casas construidas en Eugene, Oregon <sup>d</sup>	48
Valor calculado para una Casa Energética Northern en la zona de la Ciudad de Nueva York <sup>e</sup>	15
	135
<b>Suecia</b>	
Promedio, viviendas existentes <sup>f</sup>	65
Casas construidas de acuerdo con el Código de Construcción Sueca de 1975 <sup>g</sup>	36
Valor promedio medido para 39 casas construidas en Skane, Suecia <sup>h</sup>	18
Valor medido, casa de Mats Wolgast, en Suecia <sup>i</sup>	
Valor calculado para versiones alternas de la casa prefabricada vendida por Faluhus <sup>j</sup>	
Versión No. 1	83
Versión No. 2	17

a La producción necesaria del sistema de calefacción (o sea, pérdidas de calor menos ganancias de calor interno menos ganancias solares) por unidad de superficie por grado de calor °C-día (base 18°C).

b Ver (27).

c Informado por la Asociación Nacional de Constructores de Vivienda (94).

d) Ver (94).

e La Casa Energética Northern (NEH) en un diseño residencial superaislado vendido en Nueva Inglaterra y basado en técnicas de construcción modular con secciones de pared y de techo construidas en fábrica y montadas en un marco de postes y vigas. El rendimiento energético fue estimado utilizando el programa de computadora denominado Auditoría Residencial Instrumentada Computarizada (CIRA) (comunicación personal de D. MacMillan del Consejo Americano para Economía Eficiente en Energía, Washington, D.C.). La casa tiene una superficie de 120 m<sup>2</sup>; ventanas glaseadas triples con contraventanas para la noche; 20 cm (23 cm) de aislamiento de poliestireno en las paredes (techo); 0,15 ACH ventilación natural más 0,35 ACH ventilación forzada a través de un intercambiador de calor aire/aire con una eficiencia de 70%, y una carga de calor interno de 0,65 kW. La temperatura interna se supone como 21°C durante el día, rebajada a 19°C por la noche.

- f En 1980 los valores medios de consumo de combustible, superficie y grados de calor-día fueron 98,5 GJ, 120 m<sup>2</sup> y 4,474 grados-día, respectivamente, para las viviendas unifamiliares con calefacción a combustóleo (95). Para convertir el uso del combustible a las necesidades netas de calefacción, se supone una eficiencia de 66% para el horno.
- g Según (95), y suponiendo una casa de un solo piso y una superficie de 130 m<sup>2</sup>, sin sótano, con calor de resistencia eléctrica, una temperatura interna de 21°C, y 4,010 grados C-días.
- h El promedio para 39 casas idénticas, de cuatro dormitorios y semi-independientes (112 m<sup>2</sup> de superficie; 3,300 grados-día).
- i La casa de Wolgast tiene 130 m<sup>2</sup> de espacio calentado, 27 cm (45 cm) de aislamiento de lana mineral en las paredes (techo), glaseado cuádruple, baja ventilación natural más ventilación forzada a través de aire precalentado en canales subterráneos. Se recupera el calor del aire de escape por medio de un intercambiador de calor. Para 3,800 grados-día. Ver (44).
- j La Faluhus tiene una superficie de 112 m<sup>2</sup>. La versión No. 2, más eficiente en energía (con aislamiento adicional y recuperación de calor) cuesta 3,970 kronor suecos (Skr) (US\$ 516) por m<sup>2</sup> en comparación con 3,750 Skr (US\$ 488) por m<sup>2</sup> para la Versión No. 1. El ahorro de electricidad en la casa más eficiente sería 8,960 kWh por año. El costo de la energía economizada (suponiendo una tasa de descuento de 6% y una vida útil de 30 años en la inversión adicional) sería de 0,20 Skr por kWh (US\$ 0,026 por kWh). Para efectos de comparación, las tarifas eléctricas para los consumidores residenciales en Suecia consisten en un costo fijo grande, independiente del nivel de consumo (unos 1,200 Skr (US\$ 156) por año) más un costo variable de 0,25 Skr por kWh (US\$ 0,032 por kWh).

TABLA 3

Vivienda totalmente  
eléctrica 4 personas  
tecnología más  
eficiente disponible  
1982-1983<sup>d</sup>

## Viviendas medias actuales

Uso final	Estado Unidos (1980) <sup>a</sup>	Suecia (1978-1982) <sup>b, c</sup>	Estados Unidos	Suecia <sup>b</sup>
Calefacción	890	900	60 <sup>e</sup>	65 <sup>f</sup>
Aire Acondicionado	46	—	65 <sup>g</sup>	—
Agua caliente	280	180	43 <sup>b</sup>	110 <sup>i</sup>
Refrigeradora	79	17	25	8
Congeladora	23	26	21	17
Estufa	62	26	21	16
Iluminación	41	30	18 <sup>j</sup>	9 <sup>j</sup>
Otros	80	63	75	41
Total	1501	1242	328	266

a El total consiste en 24% energía eléctrica y 76% combustible.

b Para detalles, ver (49).

c Este total consiste en 28% electricidad y 72% combustible, siendo el 50% de la primera para electrodomésticos y 50% para fines de calefacción.

d Con una saturación del 100% para los artefactos indicados, más lavaplatos, lavadora y secadora de ropa.

e Para la vivienda unifamiliar independiente de tamaño medio (150 m<sup>2</sup> de superficie) y el clima medio de EE.UU. (2,600 grados C-días); necesidades netas de calefacción de 50 KJ/m<sup>2</sup>/grado-día (Tabla 2), y una bomba de calor con un CDR promedio estacional de 2,6 (el de la unidad aire/aire más eficiente disponible en 1982).

f Para una Faluhus (Tabla 2) en un clima como el de Estocolmo (3,810 grados C-día). Esta casa utiliza un intercambiador para transferir el calor de aire de escape al aire fresco de entrada.

g Para una carga media de enfriamiento en las casas con aire acondicionado en Estados Unidos (27 GJ) por año y un CDR del ciclo de enfriamiento para la bomba de calor más eficiente disponible en 1982).

i El uso per cápita de energía en el agua caliente se supone como 1,000 kWh anuales, suministradas por un calentador a resistencia. Las bombas de calor de aire ambiental/agua no son competitivas con los bajos precios de electricidad en Suecia.

h Para 59 litros de agua caliente (a 49°C) per cápita por día (correspondiente a 910 kWh/año/habitante) y el calentador de agua con bomba de calor más eficiente disponible en 1982.

j Se logran los ahorros reemplazando los focos incandescentes con focos fluorescentes compactos que tienen una eficacia cuatro veces mayor.

TABLA 4

Factores de intensidad energética en sitio para edificios comerciales  
(GJ por m<sup>2</sup> por año)

	Uso de combustible	Uso de Electricidad	Total
<b>Estados Unidos</b>			
Promedio de edificios existentes 1979 <sup>a</sup>	0.82	0.49	1.31
Práctica actual EE.UU. <sup>b</sup>	0.16	0.57	0.73
Rediseños Inst. Amer. de Arquitectos (AIA) para Corp. Res. Costo diseños mínimos vida útil AIA <sup>b</sup>	0.07	0.40	0.47
Enerplex Sur, Princeto, NJ <sup>c</sup>	—	0.31	0.31
<b>Suecia</b>			
Promedio de edificios existentes 1982 <sup>d</sup>	0.66	0.38	1.04
Normas suecas para nuevas construcciones <sup>b</sup>	0.57	0.19	0.76
Edificio Folksam, Farsta <sup>e</sup>	0.07	0.39	0.46
Edificio Harnosand, Harnosand <sup>f</sup>	0.12	0.13	0.25

a Para un promedio de 2,700 grados de calor C-días. Ver (51).

b Tabla 1.12 (p. 39) y Fig. 1.61 (p 156) en (52).

c Para 2,70 grados de calor C-días. Valores calculados, no medidos, Ver (96).

d Consumo corregido para clima normal (4,010 grados de calor C-días). (Comunicación personal de L.G. Carlsson, Administración Nacional de Energía, Suecia, 1984).

e Valores medidos para el período representativo Dic. 1978-Dic. 1979 (3,810 grados de calor C-días). "Consumo de combustible" es la energía realmente entregada por el sistema de calefacción de distrito (97).

f Valores medios para 4,600 grados de calor C-días. (Comunicación personal de K-Kon-sult, una empresa consultora sueca de arquitectos e ingenieros, 1984).

TABLA 5  
Economía de combustible para automóviles de 4 pasajeros<sup>a</sup>

	Estatus	Economía y combustible (litros/100 km(mpg))	Potencia de motor (kW)	Peso Muerto (kg)	Coefficiente de resisten.
1981 Volkswagen Rabbit (gasolina)	comercial	7,9 (30)	55	945	0,42
1981 Volkswagen Rabbit (diesel)	comercial	5,3 (45)	39	945	0,42
Honda City Car (gasolina)	comercial	5,0 (47)	46	655	0,40
Volkswagen Experimental Car 2000 <sup>b</sup>	prototipo	3,8 (62)	33	786	0,25
Volvo LCP 2000 <sup>c</sup>	prototipo	3,6 (65)	66	707	0,27
Volvo LCP (potencial) <sup>d</sup>	diseño	2,75 (85)	—	—	—
Cummins/NASA Lewis Car <sup>e</sup>	diseño	3,0 (79)	51	1360	—
Pertran Car (diesel version) <sup>f</sup>	diseño	2,2-2,4 (100-105)	—	545	0,25

- a La economía media de combustible en los automóviles en 1978, a nivel mundial, fue de 13 litros por 100 km (18 mpg).
- b Motor a diesel, turbocargado de 3 cilindros y con inyección directa; más espacio interior que el Rabbit; motor apagado durante desplazamiento por inercia y tiempo ocioso (98).
- c 2 pasajeros, — carga ó 4 pasajeros; motor turbocargado de 3 cilindros, con aislamiento térmico, inyección directa y capacidad de utilizar multicomcombustibles (54).
- d El Volvo LCP 2000 más CVT y el motor apagado durante desplazamiento por inercia y tiempo ocioso. (Comunicación personal a Frank von Hippel de Rolf Melde, Corporación Volvo de Automóviles, Goeteborg, Suecia, 1985).
- e 4-5 pasajeros; motor adiabático a diesel de 4 cilindros, encendido por chispa, con inyección directa y capacidad de multicomcombustibles, cuerpo del modelo 1984 Ford Tempo (56).
- f Motor a diesel con precámara y supercargador; CVT; volante para almacenar energía al frenar (99).

## **POLITICA REGIONAL PARA EL USO RACIONAL DE ENERGIA\***

**Márcio Nunes <sup>1)</sup>**

### **UNA APARENTE CONTRADICCION**

Muchos de los responsables por la planificación energética de los países en desarrollo podrán, alguna vez, haberse planteado la siguiente pregunta: ¿Por qué disminuir el consumo de energía, si lo que necesita mi país es consumir más energía?

Esta cuestión requiere, obviamente, de una respuesta difícil y compleja, ya que si bien por un lado los países en desarrollo tienen que procurar alcanzar una evolución más adecuada y racional de sus diversos sectores de consumo, por otra parte viven inmersos en una realidad en la que, en muchos casos, sus poblaciones rurales o urbanas marginales consumen 10 veces menos energía que un habitante del mundo desarrollado en condiciones climáticas similares.

A esta aparente contradicción se agregan una serie de limitaciones de orden político, económico, social y cultural que inhiben y/o entorpecen el desarrollo de programas de conservación de energía y de aumento de la oferta energética nacional, complicando aún más esta problemática. Bajo un enfoque de este tipo, la solución del problema sólo puede encontrarse a través de una planificación energética nacional coherente y apegada a la realidad del país.

### **OLADE Y LA PLANIFICACION ENERGETICA**

La planificación energética en los países de América Latina, salvo con-

\* Documento presentado en el Seminario sobre Uso Racional de Energía: Estrategia Orientada a los Usos Finales.

1) Secretario Ejecutivo de la Organización Latinoamericana de Energía.

tadas excepciones, se inició hace pocos años, en el marco de un proceso al cual OLADE ha estado estrechamente vinculada.

Gracias a los esfuerzos iniciales realizados por la Organización de las Naciones Unidas con el Programa Energético del Istmo Centroamericano (PEICA), y posteriormente con la participación de OLADE en la ampliación de esos esfuerzos hacia toda América Latina, a través de un programa de desarrollo metodológico y asistencia técnica, se pudo contar en 1981 con los balances energéticos de 22 países de la región.

En la ejecución de ese programa se utilizó la experiencia ya adquirida en América Latina por algunos países para desarrollar una metodología que ofrece el mínimo de información necesaria para que las autoridades del sector energético oficial puedan apoyar el proceso de toma de decisiones en materia de política energética, en particular sobre el uso racional de la energía.

A partir de este programa, se pudo tener, por primera vez, una visión conjunta del sector energético de América Latina y, de esta manera, estructurar algunos estudios prioritarios que se vienen desarrollando en la región, respecto a la planificación energética y al desarrollo de las fuentes autóctonas de energía.

Lejos de estar superada, esa actividad se encuentra en plena vigencia, habiéndose concluido en el corriente año una nueva versión del documento de los balances energéticos con las series históricas actualizadas hasta 1983, de 25 países.

Esta respuesta positiva por parte de los países ha permitido iniciar la preparación de una metodología, elaborada con el enfoque de energía útil, la cual permitirá conocer, para los diferentes sectores de consumo y para los varios energéticos, los usos finales en términos de energía útil.

Una región tan extensa como América Latina, necesariamente muestra acentuados contrastes entre sus países, particularmente por lo que se refiere a la dotación de recursos naturales y sus respectivos grados de desarrollo. Es por esa razón que cualquier programa que se quiera implantar tiene que ser gradual, pues la superación de obstáculos, en forma conjunta, no es tarea sencilla.

Los Ministros de Energía de América Latina se reúnen anualmente en

el foro que OLADE les proporciona, convencidos de que la región tiene que contar con un desarrollo económico sostenido e integral. De nada sirve identificar en un país focos de industrialización, a veces con industrias de punta en ramas especializadas, si en el mismo país se encuentran zonas de extrema miseria, con ingresos per cápita y standard de vida inferiores a los límites aceptables para una digna subsistencia humana.

## **DEMANDA Y OFERTA FUTURA DE RECURSOS**

Con el programa de balances energéticos implantado y en plena ejecución en América Latina, actualmente se da inicio a otra tarea, más complicada pero igualmente necesaria, que es la de determinar cuáles serán las necesidades de los sectores energéticos en nuestros países durante las próximas dos décadas.

En este estudio, que hasta la fecha abarca a 9 países, se incluyen además de los aspectos de necesidades de inversión, tecnologías, servicios y productos, los relativos a las oportunidades de conservación y sustitución de los energéticos.

La estructura de la oferta del sector energético de América Latina sufrirá cambios significativos hasta el Año 2000 a pesar de que las fuentes nuevas de energía no llegarán a representar el 10 por ciento de la oferta energética hacia el fin de siglo, como se estimó en estudios realizados por OLADE y Naciones Unidas a principios de esta década.

Se considera que los países en desarrollo mantendrán sus esquemas de suministro energético integrados fundamentalmente por los hidrocarburos, la biomasa (especialmente la leña), la hidroelectricidad y, de manera menos intensa, el carbón mineral y de la energía nuclear para la generación eléctrica, conforme se desprende de la evaluación de recursos energéticos que ha venido realizando OLADE.

Con este cuadro de posibilidades de oferta, y con la demanda que se va estableciendo para cada país con base en el estudio de necesidades del sector energético hasta el Año 2000, los esfuerzos posteriores se deberán concentrar en la búsqueda de alternativas para atender esa demanda, y en la formulación de los proyectos más adecuados para el desarrollo del sector energético.

Según estimaciones de OLADE, desde la perspectiva exclusiva del su-

ministro de energía, los 26 países miembros de la Organización requerirían, entre 1985 y el Año 2000, de un monto de inversiones del orden de US\$ 500 mil millones, en los que tendrían absoluta preeminencia los sistemas de producción y transporte de energía.

## **USO RACIONAL DE ENERGIA**

Frente a la magnitud de esta cifra y la dificultad de obtención de nuevos recursos financieros, que caracteriza a la mayoría de los países de América Latina, hechos que muy posiblemente continuarán representando una severa restricción en el mediano plazo, se hace imprescindible tomar en consideración, dentro de los esquemas de planificación energética, al uso racional de energía, ya que este ha demostrado que puede desempeñar un papel de gran impacto no sólo por los efectos benéficos que en el corto y mediano plazo se pueden lograr con su instrumentación, sino también por la considerable reducción que por esa vía podrán experimentar los requerimientos de inversión para la expansión de la oferta energética total.

Además de manejar el uso racional de energía como un elemento de análisis en la demanda energética, específicamente en lo relativo a la conservación y sustitución, OLADE lo considera como un importante instrumento de política energética, ubicándolo al lado de otros elementos relevantes, como el desarrollo tecnológico, la participación de la industria nacional y la capacitación de la mano de obra.

El uso racional de energía, considerado de esta manera, permitiría la adopción, por parte de los Estados Miembros de OLADE, de políticas que contribuyan a incentivar, por medio de legislaciones específicas, líneas de crédito, incentivos fiscales, precios internos y otros mecanismos, sus programas específicos de conservación y sustitución de energía.

La Secretaría Permanente de OLADE está desarrollando una serie de actividades en el marco de su programa de uso racional de energía, con el objeto de conocer las experiencias adquiridas por los países miembros en los diferentes sectores de consumo, así como de promover la cooperación horizontal y la transferencia de tecnología en este campo.

Los análisis de los balances energéticos de los 26 países miembros indican que es en los sectores residencial, transporte e industrial donde se concentra el consumo energético final en América Latina, y es en estos en donde se

vienen realizando los esfuerzos prioritarios para la implantación de políticas de uso racional de energía.

Otro tema que motiva a la reflexión es el referido a la actitud regional que debe ser asumida en torno a la problemática tecnológica. ¿Hasta qué punto puede ser válida una política de inversiones orientada hacia la adquisición de una tecnología nacional, si la misma resulta más onerosa al país que la adaptada del exterior, la cual, además, puede tener una incidencia energética negativa al representar un mayor consumo energético?

Una consideración de este tipo, aparentemente estaría atacando algunos de los principios básicos de las políticas energéticas nacionales, válidos para cualquiera de los países del tercer mundo, que serían los de un desarrollo más independiente y autosostenido, y el de racionalizar la utilización de sus recursos.

No obstante lo enunciado precedentemente, los países en desarrollo deben abordar con seriedad el estudio de las posibilidades de complementación e integración de sus avances tecnológicos mediante la cooperación horizontal, con el objeto de reducir el grado de dependencia extra-regional y los gastos en divisas fuertes, analizando las posibilidades de iniciar proyectos conjuntos de fabricación de bienes y desarrollo de paquetes tecnológicos que puedan ser desagregados entre los países de la región.

OLADE sigue con mucha preocupación la evolución de este problema, ya que está plenamente consciente de que éste es un tema que desborda el ámbito meramente sectorial y que puede repercutir positivamente sobre la economía regional en su conjunto.

## **CONCLUSION**

Como reflexión para los planificadores de América Latina, se señalan dos aspectos que deben ser considerados en la elaboración de los planes de desarrollo y racionalización energética.

Uno, que es la necesidad de analizar cuidadosamente el impacto de la aplicación de políticas de uso racional de energía dentro de un plan nacional energético integrado, y la compatibilización de éste con el plan de desarrollo del país, en cuanto a sus variables macroeconómicas y políticas globales. El

segundo, relativo a la necesidad de intensificar los esfuerzos para eliminar las desigualdades que, en términos de calidad de vida, se están acentuando no sólo entre los países, sino aún al interior de éstos.

· Aceptar la alícuota de responsabilidad que le corresponde al sector de la energía implica un desafío que nos obliga a trabajar y cooperar con un espíritu latinoamericano, el cual se verá sometido a duras pruebas en el transcurrir de los próximos años, y del cual sólo saldremos fortalecidos en la medida en que tengamos el coraje, la determinación y la imaginación suficientes para convertir en realidades concretas las aspiraciones de interdependencia e integración a nivel regional.

## USO RACIONAL DE ENERGÍA EN CUBA\*

Milagros Montesino Pérez<sup>1)</sup>

Un país como Cuba, en pleno proceso de desarrollo, que trabaja en la construcción de la base material y técnica del socialismo y presta una permanente atención al objetivo de tratar de satisfacer las más elementales necesidades y aspiraciones de nuestro pueblo, tiene que necesariamente crecer en sus consumos de energía.

La disponibilidad de energía condiciona el desarrollo económico de una nación. Cualquiera que sea la línea de desarrollo seleccionada, el consumo energético crecerá y la intensidad del ritmo de crecimiento será mayor o menor según la etapa de desarrollo en que se encuentre y el nivel que se proponga alcanzar.

Si se persiguen cambios estructurales en el desarrollo económico como sucede en Cuba, para disminuir su dependencia de las importaciones, diversificar su producción e incrementar el grado de elaboración de sus recursos naturales, el ritmo de crecimiento del consumo de energía ha de ser necesariamente mayor que si nos limitamos a un cierto desarrollo sin grandes cambios estructurales de la economía que no resolverían a la larga las crecientes necesidades de la población. Tiene que ser un objetivo obligado el que por la vía del uso óptimo de este vital recurso y la eficiencia general de nuestra economía, este ritmo de crecimiento en el consumo energético sea menor que el crecimiento que alcance nuestra economía.

En 1959, al triunfo de la Revolución, Cuba, debido a factores geográficos

\* Documento presentado en el Seminario sobre Uso Racional de Energía: Estrategia Orientada a los Usos Finales.

1) Presidenta de la Comisión de Ahorro de Energía de la Provincia de Cienfuegos, Cuba.

ficos naturales y de dependencia neocolonial, heredó una economía carente de una base propia de combustibles.

El consumo de electricidad, petróleo y sus derivados se ha incrementado considerablemente. La capacidad eléctrica instalada era de 397 megavatios. Esa capacidad llegó en 1982 a 2.333 megavatios, es decir, creció unas seis veces. Las transformaciones alcanzadas no han sido sólo de índole cuantitativas sino cualitativas, contándose hoy con unidades generadoras eficientes que han possibilitado reducir el consumo específico de combustible desde 398,6 g por kWh en 1958 hasta 277 en 1982.

No tenemos otros recursos energéticos abundantes para producir electricidad ya que no poseemos yacimientos de carbón ni hemos contado con yacimientos importantes de gas o de petróleo. Por la extensión y la configuración de nuestro país, no poseemos grandes ríos que permitan resolver con la energía hidráulica las demandas de electricidad; no obstante, se aprovecha el caudal de algunos ríos y la utilización de pequeños caudales en zonas de las montañas como soluciones económicas y sociales a regiones apartadas del país.

Todo ese combustible que necesitamos para producir electricidad se importa; viene desde la URSS fundamentalmente.

Al analizar nuestra economía energética se llegó a la conclusión de la impostergable necesidad de utilizar los medios que la naturaleza ha puesto en nuestras manos, prestándose atención a la exportación de petróleo con el objetivo de lograr una mayor capacidad de autoabastecimiento de este portador energético.

En 1961 para estos fines, se invirtieron la mitad de los recursos financieros de ese año destinados a las inversiones de la industria.

En el quinquenio 1981-85 las inversiones y otros gastos en la prospección petrolera en Cuba alcanza una cifra superior a los 400 millones de dólares; ya en el presente quinquenio, se estima lleguen a perforarse más de 200 pozos. La producción en 1984 alcanzó 770.000 t en 13 yacimientos y hay un programa de incremento de la reserva y explotación, pudiéndose alcanzar a finales del próximo quinquenio una producción de 2'000.000 t anuales.

El consumo de petróleo y sus derivados se ha incrementado considerablemente de 3,5-4 millones de t anterior a la Revolución, ya que en 1984 alcanza

más de 10 millones de t. Se han producido igualmente cambios en la estructura total del consumo atendiendo al tipo de combustible. El consumo per cápita de petróleo que antes de la Revolución era de 533 kilogramos, hoy es de 1.051 kg.

En 1959 se contaba con una capacidad de refinación de petróleo de unos 4'000.000 de toneladas; en esas mismas refinerías hoy se procesan aproximadamente 6,5 millones de toneladas de petróleo, lo que representa el 60% de lo que consumimos. Se construye una nueva refinería que debe entrar en producción en el próximo quinquenio con una capacidad de 3 millones, de manera tal que se puedan procesar los crecimientos que se obtengan en los crudos nacionales.

El bagazo significa hoy el 20% del consumo dentro del balance energético nacional, es decir, estamos empleando unos 20'000.000 t de bagazo, equivalente aproximadamente a 4'500.000 t de petróleo. Esta fuente de energía constituye hasta el momento nuestro recurso energético nacional de mayor peso, lográndose prácticamente la eliminación del consumo de petróleo combustible para la producción de azúcar crudo.

Al plantearnos las perspectivas de nuestro desarrollo energético a mediano y largo plazo preveemos que las bases fundamentales en que descansarán nuestras soluciones energéticas serán:

- El petróleo y sus derivados importados continuarán teniendo un peso importante en el balance energético de nuestro país.
- El desarrollo de la investigación de nuestras posibilidades petroleras seguirá siendo una tarea primordial.
- La caña de azúcar, como fuente de energía, continuará ocupando un lugar destacado en la satisfacción de las necesidades crecientes de portadores energéticos.
- Utilización de otras fuentes secundarias y renovables.
- Basar el desarrollo electroenergético del país fundamentalmente en la utilización de la energía atómica, lo que conducirá a un mayor grado de electrificación de la economía.

Ya se encuentra en construcción la primera Central Electronuclear, la cual estará equipada con reactores de 417 MW, además se trabaja en las investigaciones y microlocalización de otra Central en la región oriental del país y se dan los primeros pasos para la ubicación de una tercera en la zona occidental del país. Un reactor de 417 MW representará una sustitución de aproximadamente 600.000 t de fuel oil de importación.

Además de alcanzar un alto grado de eficiencia en la economía y dentro de ella muy especialmente en el ahorro y el uso racional de la energía, precisamente la etapa de trabajo en que nos encontramos, es la de eliminar las situaciones que contribuyen de forma importante a hacer menos eficiente el uso de la energía de que disponemos, por la vía de incrementar la disciplina tecnológica, la exigencia y el control sobre su consumo sin necesidad de realizar inversiones importantes.

En la medida de nuestras posibilidades objetivas se trabaja también en el incremento de la eficiencia energética de las instalaciones existentes por la vía de la introducción de mejoras tecnológicas, lo que implica inversiones y la decisión de adquirir o desarrollar tecnologías más eficientes.

La Dirección de nuestro gobierno orientó la creación de una estructura orgánica capaz de dirigir el desarrollo de la actividad del ahorro y uso racional de la energía a lo largo y ancho del país, así como la adopción de medidas concretas en cada centro de trabajo con el propósito no sólo de obtener los ahorros de energía planificados sino incluso mayores.

El embrión de esta estructura lo constituye el Grupo Asesor no profesionalizado al que se denominó Grupo Técnico Asesor en Energía, creado cumplimentando el Acuerdo No. 667 del Consejo de Ministros con fecha noviembre de 1979 que desempeñó entre sus funciones el estudio y recomendaciones sobre utilización racional, el ahorro, las investigaciones y el desarrollo de recursos energéticos.

Este acuerdo instrumentó la creación de Comisiones de Ahorro de Energía a nivel de empresas y unidades de producción o servicios en los organismos de la Administración Central del Estado y los Organos Locales del Poder Popular.

Como resultado del trabajo del Grupo y su perfeccionamiento, a finales de 1983 y cumplimentando lo dispuesto por el Decreto Ley 70 se crea la

Comisión Nacional de Energía, subordinada al Consejo de Ministros y se crean o reestructuran según el caso las Comisiones a nivel de provincia y municipios, dictándose el Reglamento de esas Comisiones, se aprobó y uniformó las atribuciones y funciones principales de las mismas, así como sus relaciones entre sí y con la Comisión Nacional.

En igual fecha el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros decretó la creación de las Areas Técnico Energéticas y de la Inspección Estatal Energética a nivel de nación y provincias, definiendo sus atribuciones y funciones mediante las Resoluciones 01, 02 y 03, así como se estableció que los Organismos de la Administración Central del Estado y Organos Locales, empresas y unidades presupuestadas grandes consumidoras de combustibles, electricidad y lubricantes crearán un área de dirección energética encargada de planear, controlar y tomar medidas con referencia al consumo energético, definiéndose además, las empresas y unidades presupuestadas de energía consideradas grandes consumidoras.

Con la creación de las Comisiones en provincias y municipios se logra una combinación armoniosa de la dirección centralizada y territorial de los trabajos para el uso racional y ahorro de la energía, según la experiencia lo ha demostrado en este período de trabajo. Las Comisiones provinciales están subordinadas normativa y metodológicamente a la Comisión Nacional y administrativamente al correspondiente Comité Ejecutivo del Organismo Local del Poder Popular. En el caso de las Comisiones municipales, se subordinan normativa y metodológicamente a la Comisión Provincial y administrativamente al Comité Ejecutivo del Organismo Municipal del Poder Popular.

Es de señalar que su principal logro ha sido el de cohesionar a todos los factores de los territorios, con el apoyo mínimo del personal calificado dedicado a esta tarea agrupado en las Areas de Dirección Energética subordinadas a los OLPP Provinciales.

Las atribuciones fundamentales de las Comisiones de Ahorro son las de velar en el territorio por el estricto cumplimiento de las disposiciones legales sobre ahorro de energía, de las medidas dispuestas a tal fin y de las normas y metodologías que dicte la Comisión Nacional de Energía, asimismo están responsabilizadas con la coordinación de las tareas vinculadas a la economía energética y deben garantizar a su nivel la colaboración entre los representantes de las entidades estatales. A tal efecto controlan:

- El cumplimiento de las medidas de uso racional y ahorro de combustible, electricidad y lubricantes establecidos en el Programa de Medidas para asegurar los Objetivos Económico-Sociales.
- La elaboración en tiempo y forma de los planes energéticos.
- El aseguramiento de una alta efectividad económica en el empleo de portadores de energía, electricidad y lubricantes.
- El cumplimiento de los parámetros técnico-económicos del balance energético.
- El cumplimiento de las regulaciones y normas establecidas para el ahorro y uso racional de los combustibles, la electricidad y los lubricantes en la ejecución de nuevas inversiones.
- La sustitución de los portadores derivados del petróleo por biomasa, la producción y utilización del biogás, la utilización de la energía solar, la instalación de mini, micro y pequeñas hidroeléctricas y la promoción del uso de otras fuentes de energía nuevas y renovadas.

La continuación del desarrollo, por todos los medios posibles, de la cultura energética de nuestro pueblo y en especial de nuestros trabajadores.

En cuanto a su actividad de control, las Comisiones tienen atribuciones para exigir a los Directores de Empresas y Unidades del territorio, la presentación de informes en lo relativo a las actividades de la economía energética; asimismo, si un consumidor de energía sobrepasa para un período dado la asignación que le corresponde según el plan o los índices de consumo establecidos, las Comisiones pueden exigir a los organismos competentes, el establecimiento de medidas que garanticen que no se sobrepasen los consumos o índices planificados, así como de ser procedente, la aplicación de sanciones de acuerdo con la legislación vigente.

Para la comprobación del trabajo sobre planificación, uso y ahorro de energía en la economía nacional se cuenta entre los pilares fundamentales con la Inspección Estatal Energética desarrollando auditorías energéticas profundas y sistemáticas, detectándose por esta vía las causas de los sobreconsumos en una cantidad importante de empresas del país, emitiéndose recomendaciones que posteriormente son chequeadas.

El Comité Estatal de Precios emitió una Resolución en la que establece penalizaciones por exceso de consumo de las normas previstas; las Comisiones Provinciales definen, previo análisis técnico de la información estadística, cuáles son ratificadas en la penalización.

También se prevé el pago de primas especiales, por el ahorro de energía en el que actualmente están incluidos trabajadores de 257 empresas.

En el objetivo de convertir el ahorro y uso racional de la energía en una tarea de masas jugó un papel fundamental el llamado de la Central de Trabajadores (C.T.C.) convocando a todos los trabajadores a realizar en las Asambleas Regulares de Producción o Servicios el análisis del comportamiento de la economía energética, así como la aplicación de las medidas que del mismo se derivaran y profundizar en la conciencia de nuestros colectivos obreros sobre este tema, como paso previo a la celebración del I Forum Nacional de Energía en diciembre de 1984, al que se presentaron 3.293 ponencias y fueron analizadas 677 en el Tribunal Central y obtuvieron premios especiales 15 ponencias.

Este evento nos permitió profundizar en las amplias perspectivas que se abren en este campo de la economía energética a todos los niveles, el cual concluyó con las palabras orientadoras del compañero Fidel, trazándose la estrategia económica a seguir en este campo de la energía y de la economía en general.

La presente planificación energética habrá de obedecer a la estrategia económica trazada para el quinquenio 1986-90 y las ideas generales de desarrollo hasta el año 2000. Ya en el Plan 1985 se han comenzado a efectuar las asignaciones de combustible y energía eléctrica partiendo de criterios de efectividad económica y el principio de la prioridad.

El hecho de que exista un acuerdo con la parte soviética de que los ahorros que hagamos de las cantidades de combustible comprometidas se conviertan en divisas convertibles, tiene una influencia fundamental en la política energética adoptada.

Esta posibilidad tan ventajosa para nuestro país en el plan financiero nos estimula a utilizar métodos que nos permitan hacer efectivo este mecanismo de ingresos adicionales.

Los años 1983 y 1984 en la esfera de la economía energética fueron años alentadores.

Por tal motivo y como lo expresara el propio compañero Fidel en su discurso de clausura al I Forum Nacional de Energía, hoy se considera como una nueva fuente de energía, la política de ahorro y uso racional, a través de la aplicación de los adelantos científicos y las tecnologías de avanzada.

Entre los aspectos y medidas fundamentales que inciden en el ahorro y uso racional de la energía en las distintas ramas de la economía y los servicios, se encuentran las que a continuación relacionamos:

- Control estricto del consumo de cada uno de los portadores energéticos, analizando con la periodicidad que se requiere cómo se comporta respecto a lo planificado.
- Implantación de la lectura de los metros contadores y registro de las mismas para su análisis comparativo con los índices y asignaciones establecidos.
- Elaboración y control del estudio sobre acomodo de carga.
- Elevación del factor de potencia con que se trabaja en las instalaciones hasta no menos de 0,9.
- Análisis del régimen de trabajo de los motores eléctricos y los transformadores, trabajando por sustituir los sobredimensionados.
- Utilización de tejas traslúcidas.
- Lucha sistemática contra la existencia de pérdidas y salideros, aumentando la exigencia en el mantenimiento y operación tomándose en cuenta entre otros:

Revisión del estado de aislamiento térmico de las tuberías de fluidos calientes y fríos, tomando medidas para su reparación o renovación.

Garantización de la máxima hermeticidad en puertas y ventanas de locales con aire acondicionado o de refrigeración.

Determinación de los parámetros óptimos de presión y temperatura del combustible de los sistemas de alimentación a los quemadores.

- Aplicación del análisis químico sistemático a los gases de escape para controlar la eficiencia de la combustión.
- Mantenimiento y verificación de la instrumentación.
- Mantenimiento del sistema de alimentación de los motores diesel en buen estado técnico y máxima atención a la calibración y regulación en los motores de gasolina.
- Utilización plena de las capacidades del transporte, evitando principalmente los viajes sin carga.
- Determinación del ciclo de limpieza de los condensadores.
- Control de los aumentos de la presión de condensación y análisis de sus causas.
- Máximo aprovechamiento de las instalaciones combinadas de vapor y electricidad (cogeneración).
- Optimización del uso del bagazo y residuos de la cosecha cañera.
- Mejor utilización de artículos electrodomésticos orientándose al respecto por la prensa radial y escrita, carteles y materiales de estudios.

Los aspectos que anteriormente relacionamos y otros a que no hemos hecho referencia se recogen en planes concretos elaborados por organismos, territorios y hasta el nivel de base.

El trabajo que hemos presentado muestra nuestras experiencias, lo que hemos avanzado y las premisas en que se fundamenta nuestra estrategia energética que no significa renunciar a ninguno de los avances que hemos logrado hasta ahora; significa concretamente optimizar nuestro esfuerzo, optimizar el uso de los recursos, sencillamente optimizar mirando hacia el futuro, con la unánime y firme voluntad del pueblo cubano para alcanzar la victoria.

## USO RACIONAL DE ENERGIA EN CHILE\*

Marcia Zeladam<sup>1)</sup>

### 1. MARCO GENERAL

Conservar la energía significa fundamentalmente usarla en forma racional, y más precisamente producirla y consumirla en condiciones de eficiencia económica. Resulta así que conceptos como ahorro, evaluación de recursos, sustitución, minimización de costos y varios otros no son sino partes del gran problema del desarrollo y operación eficientes de un sistema energético. El cómo establecer estas condiciones de eficiencia constituye la razón de ser de una política energética.

En lo que respecta a la política energética chilena, ésta se basa en el marco general de desarrollo socioeconómico definido por el gobierno, lo cual reconoce la importancia del mercado como elemento asignador de recursos, la necesidad de regular los monopolios naturales, y la necesidad de que el Estado desempeñe un papel activo, pero subsidiario en el área, permitiendo una participación cada vez mayor del sector privado.

Los principales mecanismos para implementar la política antes señalada son los siguientes:

- Política de precios realista y coherente, que refleje el verdadero valor de oportunidad de los distintos bienes y servicios energéticos.
- Ajustes institucionales y legales de las empresas del área.
- Incremento de la participación del sector privado.

\* Documento presentado en el Seminario sobre Uso Racional de Energía: Estrategia Orientada a los Usos Finales.

1) Ingeniero Jefe de Proyectos de la Comisión Nacional de Energía de Chile.

- Coordinación de las decisiones de inversión de las empresas estatales que intervienen en el sector, con criterio de máximo beneficio para la sociedad.
- Participación activa del Estado en la evaluación de recursos energéticos, cuando sus perspectivas de utilización así lo justifiquen.
- Implementación de mecanismos de información sobre tecnologías y precios, que conduzcan descentralizadamente a un uso racional y eficiente de la energía.

Es interesante notar que el uso eficiente de la energía no se consigue con algunas reglamentaciones drásticas y precisas, sino que por un conjunto de reglas del juego e incentivos adecuados. También es indudable que la base fundamental de un buen uso de la energía tiene que sustentarse en una política de precios realista.

En relación a la política de precios del sector hidrocarburos, a partir de 1978 se implantó gradualmente una liberación total de precios, terminando con impuestos y subsidios especiales. Actualmente los precios son libres y han quedado determinados por los precios internacionales, lo cual refleja el costo de oportunidad que éstos tienen para Chile. Debido a que nuestro país importa aproximadamente el 45% de sus necesidades de hidrocarburos, el precio de equilibrio ha tendido a lo que se denomina paridad de importación, vale decir, precio internacional más fletes y derechos de internación, que ascienden a 20%.

En lo que respecta al carbón, la situación es similar: existe amplia libertad para exportar e importar este producto, y el precio está libre; en estas condiciones, el precio de equilibrio tiende al precio de paridad de importación, cuando hay déficit de abastecimiento interno, o bien a los costos internos de producción, cuando la oferta nacional excede la demanda.

En el sector eléctrico se estableció, a partir de fines de 1980, un sistema de tarificación basado en los costos marginales de suministro, el cual es aplicado a las empresas distribuidoras y a los clientes finales de menos de 2.000 kW de potencia. El resto de los suministros tiene precio libre. Esto ha permitido asegurar una mayor eficiencia en la operación. Lo anterior, unido a una nueva legislación para el sector ha incentivado la participación de capitales privados tanto en el desarrollo como en la comercialización de la electricidad.

Además de la política de precios, se ha incentivado la participación del sector privado en proyectos energéticos. Por ejemplo, en el sector carbón está pronto a abrirse la mina de Pecket, la cual se licitó y adjudicó a un consorcio privado en la zona Sur del país; esta mina abastecerá de carbón a centrales térmicas ubicadas en el Norte del país. Cabe destacar que estas centrales térmicas permitirán sustituir, a partir de 1987, 400.000 tons anuales de petróleo usadas actualmente en generación eléctrica local, con los consiguientes beneficios económicos y de independencia nacional, pues se sustituirá el 8% del consumo total de petróleo del país. En cuanto al sector eléctrico, el Estado ha transferido empresas de distribución a consorcios privados. Además, se ha implementado un centro de despacho económico de carga, el cual asegura el acceso al sistema eléctrico de cualquier empresa generadora. En el área hidrocarburos, la política es licitar la exploración y explotación en diversas zonas del país, mediante contratos de riesgo. Adicionalmente, se licitaron las reservas de gas natural de la zona de Magallanes, las cuales fueron adjudicadas a los consorcios internacionales, los cuales producirán metanol y fertilizantes para exportación. Lo anterior se ha efectuado con una previa participación del Estado en lo que es evaluación de los recursos, y teniendo en claro un criterio de máximo beneficio para la comunidad.

## **2. RESULTADOS DE LA POLITICA APLICADA**

La aplicación de la política energética ha significado para Chile una mayor eficiencia en la asignación de recursos, lo cual se ha traducido en un suministro de energía a los más bajos costos posibles compatibles con la realidad nacional y mundial. Esto, en conjunto con la información sobre tecnologías existentes, ha llevado a una toma de decisiones correcta para la producción y el uso racional de energía, tanto por parte de productores como de consumidores.

En este sentido debe destacarse el rol que han jugado los precios en el ahorro de energía y en la sustitución de recursos caros como el petróleo por otros recursos abundantes y baratos como carbón, hidroelectricidad y leña. Es así como en 1974 el consumo de petróleo representaba el 51% del consumo bruto del país, en tanto que en la actualidad representa sólo el 41%. Si vemos el caso de la leña y el carbón es muy fácil apreciar cómo éstos fueron sustituidos por petróleo en la década del 60, ya que de casi 21% y 26% de participación de carbón y leña en 1960, pasaron a casi 14% y 15%, respectivamente, en 1970; en tanto que el petróleo que representaba el 38% del consumo en

1960 llegó al 51% en 1970 y al 51% en 1974. En lo que respecta a la hidroelectricidad, ésta ha logrado un gran desarrollo en el último tiempo, puesto que de una participación del 16% en 1974 ha llegado al 21% en 1984, lo cual se debe a una adecuada planificación y realización de obras.

En relación a la leña, su aumento de consumo ha sido bastante significativo en los últimos años, puesto que ha tenido un crecimiento de 2%, 8%, 4% en los años 82, 83 y 84 respectivamente. Esto se ha debido en parte a la difusión que ha tenido, considerando su bajo costo en comparación con otros energéticos, por lo cual muchos pequeños empresarios han desarrollado artefactos a leña para la industria y el sector residencial que han tenido gran aceptación en la población. Además, han logrado transformar calefactores que primitivamente eran de kerosene por estufas a aserrín. Esta transformación también se ha logrado en el sector industrial, ya que el aumento de consumo de leña entre 1980-1984 ha sido del 25% en este sector. En el gráfico No. 1 y la tabla No. 1 se puede apreciar la participación de cada energético en el consumo de energía primaria.

GRAFICO No. 1

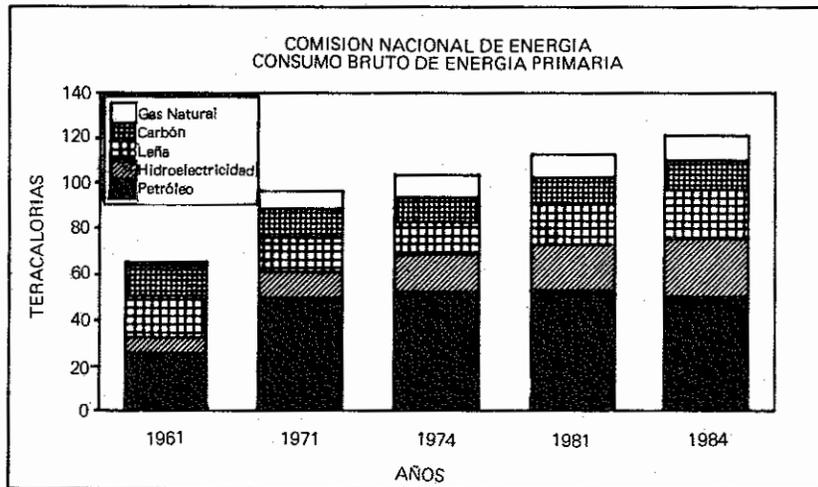


TABLA No. 1:

**CONSUMO BRUTO ENERGIA PRIMARIA (PORCENTAJE)**

	1960	1970	1974	1980	1984
PETROLEO CRUDO	38	51	51	47	41
GAS NATURAL	2	8	9	9	10
CARBON	21	14	11	10	10
HIDROELECTRICIDAD*	13	12	16	18	21
LEÑA Y OTROS	26	15	13	16	18

\* La hidroelectricidad ha sido considerada a razón de 2.750 kCal/kWh.

En relación a la tasa histórica de crecimiento en el consumo de energía secundaria, la del petróleo y derivados disminuyó de 7% anual en la década 60-70, a un 1.3% anual en la década 70-80. Las políticas realistas de precios internos implementadas, junto a las otras políticas han hecho que en los últimos 4 años la tasa de crecimiento sea negativa, teniendo un promedio de -2.5% anual. Si observamos el caso del carbón, su consumo disminuyó a tasa promedio de -0.1% anual en la década 60-70 y de -1.4% anual en el período 70-80, debido principalmente a la sustitución de este energético por petróleo, pero en los últimos años (80-84) su consumo ha aumentado en un ritmo de 2.2% anual, a pesar de la baja ocurrida en 1982, la cual se debió a la contracción económica. Las proyecciones efectuadas muestran que como resultado de los proyectos de sustitución de petróleo en marcha, el consumo de carbón será en 1988 igual al doble del prevaleciente en 1983. En la tabla No. 2 se puede observar la tasa de crecimiento anual del consumo histórico.

TABLA No. 2

**TASA CRECIMIENTO ANUAL DEL CONSUMO (%)**

PERIODO	PETROLEO Y DERIVADOS	ELECTRICIDAD	CARBON	LEÑA
60-70 (promedio)	7.0	5.0	-0.1	-1.5
70-80 (promedio)	1.3	4.4	-1.4	2.0
81	-0.3	3.3	1.9	0.2
82	-7.9	-2.1	-32.6	2.1
83	-2.4	7.0	20.5	7.9
84	-1.2	6.0	31.6	3.6

## 2.1 Análisis sectorial

Si nos referimos ahora al consumo final de energía y hacemos un análisis de la evolución sectorial del consumo, podemos apreciar que la distribución en los tres sectores, es decir, transporte, industrial y minero, y comercial, público y residencial no ha variado mucho a través de los años. Esto puede apreciarse en la tabla No. 3.

TABLA No. 3

### EVOLUCION CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SECTORES (%)

	1970	1975	1980	1984
Transporte	33	28	31	30
Industrial y Minero	35	36	38	38
Comercial, Público y Residencial	32	36	31	32

### 2.1.1 Sector transporte

En las tablas No. 4A y No. 4B se muestra la evolución del consumo final de productos energéticos en este sector, entre los años 1975 y 1984. En éstas puede apreciarse la importancia que tienen los derivados del petróleo, que en 1984 representaron el 99% del consumo del sector. También es interesante destacar que, aunque el parque automotriz ha aumentado en los últimos 4 años, el consumo total en el sector entre 1980-1984 ha disminuido en un 3%.

Si se hace un análisis más desagregado de este sector, éste puede subdividirse a su vez en transporte terrestre, ferroviario, marítimo y aéreo, siendo el más importante de ellos el terrestre que en 1984 representó el 84% del consumo del sector. Debido a lo anterior, se ha puesto énfasis en tratar que se implemente un sistema adecuado de cobros de costos de infraestructura caminera, de manera que exista una eficiente asignación de la carga entre los distintos medios de transporte, especialmente en relación al uso del ferrocarril, que es más eficiente desde el punto de vista energético. También se han realizado y se están realizando estudios referentes a los costos de congestión, ya

TABLA No. 4A

**EVOLUCION CONSUMO FINAL PRODUCTOS ENERGETICOS  
SECTOR TRANSPORTE (TERACALORIAS)**

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	14.544	20.838	17.276	24.093	23.968
ELECTRICIDAD	134	174	151	170	193
CARBON	2.681	1.722	903	531	3
TOTAL	17.359	22.734	18.330	24.794	24.164

TABLA No. 4B

**EVOLUCION CONSUMO FINAL PRODUCTOS  
ENERGETICOS (%) SECTOR TRANSPORTE**

	1965	1970	1975	180	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	84	92	94	97	99
ELECTRICIDAD	1	1	1	1	1
CARBON	15	7	5	2	—

que si se aplicara un buen sistema de cobro por costos de congestión en el centro de las ciudades, se incentivaría a la utilización de los medios de transporte colectivo, que son más eficientes desde el punto de vista del combustible gastado por persona. A este respecto cabe destacar algunas medidas que se han tomado, como por ejemplo la eliminación de playas de estacionamiento en el sector céntrico de Santiago, lo cual ha incentivado al público a utilizar otros medios más baratos y eficientes, como por ejemplo, el metro. También se han creado pistas sólo para buses, lo que agiliza la marcha de estos vehículos produciendo con ello un ahorro de combustibles.

Un logro interesante de señalar con respecto al transporte terrestre, es el número de litros diarios consumidos por vehículos, el cual se redujo a más

de la mitad en el período 1970-1983, pasando de 16,5 a 6,9 lts/vehículo/día. Esto se ha debido en parte al cambio tecnológico que ha ocurrido en la última década, principalmente en los países productores de vehículos, lo cual ha sido una consecuencia del alza en los precios del petróleo, y también a la política de precios implementada que ha motivado una mayor eficiencia en el uso de los recursos.

### 2.1.2 Sector industrial y minero

El sector industrial y minero es uno de los que más ha contribuido y puede contribuir a programas de conservación y uso racional de energía. De manera de hacer un análisis, en la tabla No. 5 se muestra la evolución del consumo final de productos energéticos en este sector, entre los años 1965-1984, y en la tabla No. 6 se indica la participación porcentual de cada energético en el sector.

TABLA No. 5

#### EVOLUCION CONSUMO FINAL PRODUCTOS ENERGETICOS SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO (TERACALORIAS)

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	8.321	11.544	12.221	13.493	11.734
ELECTRICIDAD	3.097	3.728	4.034	5.516	6.059
CARBON Y COKE	5.257	4.917	3.440	4.279	5.390
GAS LEÑA	1.719	2.261	2.779	5.022	6.234
TOTAL	19.250	23.824	23.559	29.874	30.738

De las tablas 5 y 6 se puede observar la importancia de los derivados del petróleo, pero también es claro que en la última década han sido reemplazados por otros energéticos más baratos. Lo más relevante son las sustituciones por leña y carbón cuyos aumentos de consumo entre 1975-1984 han sido de 124% y 57%, respectivamente.

Para hacer un análisis un poco más detallado de este sector, éste se

subdivide en dos subsectores, los cuales tienen características completamente distintas, uno con las grandes industrias y minas importantes y otro con las industrias y minas varias. A continuación se hace un pequeño análisis de cada uno de ellos.

TABLA No. 6

**EVOLUCION CONSUMO FINAL PRODUCTOS ENERGETICOS  
(%) SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO**

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	43	48	52	45	38
ELECTRICIDAD	16	16	17	18	20
CARBON Y COKE	27	21	15	14	18
GAS	5	6	4	6	4
LEÑA	9	9	12	17	20

**2.1.2.1 Sector grandes industrias y minas importantes**

En el año 1984 el consumo de energía de este sector representó el 71% del consumo total del sector industrial y minero.

Por ser este subsector el que agrupa a industrias y minas de gran importancia, no se han hecho muchos estudios tendientes a crear programas de conservación de energía, ya que por su tamaño las mismas empresas están autoincentivadas a bajar sus costos, y uno de sus rubros importantes es la parte energética.

A modo de ejemplo es interesante ver cómo estos sectores han ido cambiando los energéticos usados en la producción por otros más baratos y con mejor rendimiento, lo cual lleva implícitos ciertos cambios tecnológicos en los procesos. El sector coke entre 1980 y 1984 disminuyó el consumo de petróleos combustibles en 30.000 tons, y aumentó el consumo de carbón en 60.000 tons. Otra sustitución importante ocurrió en el sector hierro en donde se sustituyeron 50.000 tons de petróleos combustibles por 74.000 tons de carbón. El sector papel y celulosa ha disminuido su consumo de petróleos

combustibles en 35.000 tons y aumentado el consumo de leña en 300.000 tons en los últimos 4 años.

En las tablas No. 7 y No. 8 se indican las variaciones de consumos de algunos energéticos en este sector.

TABLA No. 7

**CONSUMO PETROLEOS COMBUSTIBLES (MILES TON)**

	1980	1984	% VARIACION
COBRE	345	319	-19%
HIERRO	54	4	-93%
PAPEL Y CELULOSA	104	69	-34%
SIDERURGIA	67	38	-43%
PETROQUIMICA	5	--	-100%

TABLA No. 8

**CONSUMO CARBON (MILES TON)**

	1980	1984	% VARIACION
COBRE	38	98	158%
HIERRO	0	74	
AZUCAR	69	132	91%

De las tablas anteriores puede apreciarse una sustitución entre 1980 y 1984, sólo en los subsectores analizados, de 154.000 tons de petróleo combustible y un aumento en el consumo de carbón de 197.000 tons. Es interesante notar que para estas sustituciones, además de producir ahorro de divisas al país, se produce un mejoramiento en la eficiencia debido a cambios en los procesos.

**2.1.2.2 Sector industrias y minas varias**

Este sector representó en 1984 un 29% del total del consumo del sector industrial y minero. Por ser éste un sector que tiene una gran cantidad de

empresas de tamaño mediano y pequeño, es más difícil su estudio. Además no es muy probable que tengan personal calificado para estudiar el problema energético, debido a lo cual se han distribuido algunos manuales de ahorro de energía en la industria. En todo caso los precios de los energéticos han jugado un rol muy importante para que adecúen sus procesos a lo más económico y de mayor rendimiento.

La Comisión Nacional de Energía efectuó un estudio en 1985 referente a los consumos de energéticos de este sector, de manera de ver lo que consumían actualmente y lo que consumirían a futuro, basados en las sustituciones que estaban efectuando o se efectuarían.

Una conclusión muy importante de este estudio fue que del total de empresas estudiadas, el 74% había efectuado estudios para ver la conveniencia de sustituir los energéticos que estaban usando.

En el estudio se pudo apreciar que las grandes sustituciones que se habían efectuado o estaban por efectuarse tenían relación con el reemplazo de petróleos combustibles y petróleo diesel por carbón y leña. Es así como el consumo futuro (entre 2 a 5 años) de petróleos combustibles disminuiría en un 59% y el diesel en 39%, en tanto que el carbón aumentaría su consumo en 186% y la leña, en 163%.

En la tabla No. 9 se pueden ver los consumos en 1984, los consumos a futuro (en un plazo de 2 a 5 años) y la variación que experimentarán.

Otro punto interesante del estudio fue ver cómo se irían produciendo estas sustituciones. Del total del consumo que se tendrá a futuro, un 35% será igual al consumo de 1984, un 16% corresponderá a consumos de empresas que ya efectuaron sustituciones en 1984, otro 16% corresponderá a consumos de empresas que efectuaron sustituciones en 1985 y el 33% restante a empresas que sustituirían consumos en un plazo de 1 a 5 años.

Consultadas las industrias encuestadas sobre la razón por la cual efectuaban estas sustituciones, la razón indicada fue que era para disminuir los costos de la energía, lo que indica que la política de precios adoptada es una buena herramienta para regular el uso de los energéticos, de manera que éste sea el más racional y económico.

TABLA No. 9

**INDUSTRIAS Y MINAS VARIAS**

	CONSUMO- EN 1984	CONSUMO FUTURO	% VARIACION
Petróleos Combustibles (tons)	78.473	32.386	-59%
Petróleos Diesel (m3)	20.622	12.574	-39%
Kerosene (m3)	6.806	12.248	80%
Gas Cañería (Mm3)	354	331	-6%
LPG (tons)	4.128	3.973	-4%
Carbón (tons)	33.823	96.652	186%
Viruta (tons)	8.036	20.955	161%
Leña (tons)	52.789	139.034	163%

**2.1.3 Sector comercial, público y residencial**

En las tablas No. 10 y No. 11 se muestra la evolución del consumo final de productos energéticos en este sector, entre los años 1965-1984, en toneladas y en porcentajes. En éstas se puede observar la importancia que tiene la leña, los derivados del petróleo y la electricidad con respecto al consumo total del sector, con consumos de 51%, 27% y 13% respectivamente. Si observamos la tabla No. 11 podemos apreciar que entre 1980-1984 el consumo de los derivados del petróleo ha disminuido en un 11%, en tanto que la leña ha aumentado en un 8% y la electricidad en un 26%.

En este sector, los estudios se han centrado principalmente en el área residencial, debido a que es el sector que más consume. En todo caso en el área comercial y pública se han detectado cambios de consumo principalmente de derivados del petróleo por leña.

En cuanto al sector residencial, la Comisión Nacional de Energía ha efectuado una serie de estudios tendientes a analizar la eficiencia de los artefactos domésticos para cocinar, calentar agua y calefaccionar, además de estudios específicos referentes a la eficiencia en las cocinas a leña, debido a que este energético es muy usado para cocinar sobre todo en la zona Sur del país.

TABLA No. 10

**EVOLUCION CONSUMO PRODUCTOS ENERGETICOS  
SECTOR C.P.R. (TERACALORIAS)**

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	4.528	7.434	7.810	8.008	7.090
ELECTRICIDAD	1.169	1.530	2.118	2.715	3.430
CARBON	1.197	770	616	174	136
GAS	557	523	1.434	1.669	1.984
LEÑA	13.762	12.012	11.144	12.292	13.290
<b>TOTAL</b>	<b>21.213</b>	<b>22.269</b>	<b>23.122</b>	<b>24.858</b>	<b>25.930</b>

TABLA No. 11

**EVOLUCION CONSUMO PRODUCTOS ENERGETICOS  
(%) SECTOR CPR**

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL	21	33	34	32	27
ELECTRICIDAD	6	7	9	11	13
CARBON	6	3	3	1	1
GAS	2	3	6	7	8
LEÑA	65	54	48	49	51

Estos estudios se hicieron en terreno, de manera de efectuar una evaluación preliminar cuantitativa tanto sobre la posibilidad de introducción de mejoras en la eficiencia de uso de este energético, como de la introducción de cocinas en hogares dado que se utilizaba el fogón como medio de cocción. Una conclusión importante de este estudio fue que con pequeñas modificaciones, indicadas a las personas en terreno mismo, se podían obtener ahorros de leña con un valor promedio de aproximadamente 6%.

Otro estudio muy importante que se realizó entre 1982 y 1983 fue

una encuesta a nivel nacional sobre el consumo de energía en el sector residencial, de manera de tener una visión más detallada de los tipos de energéticos y sus usos tanto en zonas urbanas y rurales como en distintos estratos socioeconómicos, además de la estacionalidad de los usos y los artefactos utilizados. Como un resultado de esta encuesta, se pudo apreciar la importancia que tenía la leña, por lo cual posteriormente se implementaron estudios sobre eficiencias, los cuales se pusieron a disposición de los interesados. Esto, junto con la política de precios, ha traído como consecuencia un cambio en los consumos de energéticos en el sector residencial, básicamente hacia electricidad y leña. Como ejemplo se puede nombrar el que algunas pequeñas industrias están haciendo modificaciones a estufas a kerosene, para que puedan ser usadas con leña o aserrín.

#### 2.1.4 Sector centros de transformación

Este sector es tratado aparte de los otros ya que no representa un uso final de energía, sino sólo una transformación de ella. En todo caso es un sector muy importante en cuanto a consumo, debido a que representa aproximadamente un 25% del consumo total de energía del país. En la tabla No. 12 se puede observar la distribución porcentual del consumo entre 1965 y 1984. Es interesante notar cómo ha disminuido la importancia de los derivados del petróleo que en 1975 era de 43% y actualmente es de sólo 27%, lo cual ha sido sustituido principalmente por carbón.

TABLA No. 12

#### EVOLUCION CONSUMO PRODUCTOS ENERGETICOS (%) SECTOR CENTROS DE TRANSFORMACION

	1965	1970	1975	1980	1984
DERIVADOS DEL PETROLEO	37	36	43	38	27
ELECTRICIDAD	1	1	2	2	2
CARBON Y COKE	30	35	31	36	42
GAS	31	27	23	23	26
LEÑA	1	1	1	1	3

Debido a que en general las industrias de este sector son de gran tamaño (refinerías de petróleo, centrales eléctricas, productoras de gas licuado,

etc.), los precios han sido la herramienta más eficaz para el uso racional de energía, ya que cuentan con personal capaz de efectuar sus propios programas de conservación y uso de energía.

A modo de ejemplo podemos indicar que en el sector electricidad-autoproductos, en 1980 se consumían 476.000 tons de petróleo combustible y actualmente se consumen sólo 259.000 tons; en tanto que de petróleo diesel en 1980 se consumían 55.500 tons y actualmente se consumen 25.200 tons. Esto ha sido sustituido por carbón, variando el consumo de 3.000 tons en 1980 a 253.000 tons en 1984, lo cual se ha debido a un programa de sustitución en las centrales térmicas del Norte, las cuales abastecen principalmente a las minas de cobre.

### **3. PERSPECTIVAS DE CONSUMO Y DEPENDENCIA EXTERNA**

A continuación se indica una estimación de la demanda entre 1984-1988, la cual se basa en sustituciones ya programadas y en aumentos de consumos vegetativos.

En relación a la evolución de la demanda de energía primaria, se estima que ésta crecerá entre 1984 y 1988 en aproximadamente un 22%. Si se hace un análisis por subsectores, el petrolero verá disminuida su demanda en un 2,7% en 1988 con respecto a 1984; esta caída será producto del creciente reemplazo del petróleo por otros energéticos, especialmente carbón a utilizar en los generadores térmicos de electricidad y calderas industriales, y también por leña y residuos forestales.

La hidroelectricidad tendrá un incremento del orden de 12% entre 1984 y 1988.

La demanda de carbón en el país en 1988 se estima en 50% superior a la registrada en 1984, lo cual se explica por la entrada en operación de unidades termoeléctricas en el Norte del país, las cuales en lugar de usar petróleo usarán carbón.

En relación con la demanda de leña, se prevé un incremento de un 24% entre 1984 y 1988.

En la tabla No. 13 aparecen las proyecciones de consumo de energía

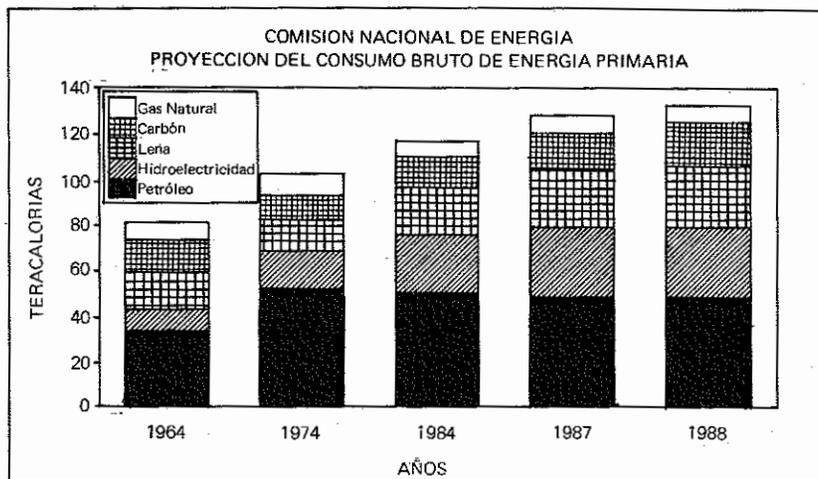
primaria entre 1984-1988 y en el gráfico No. 2 aparece la participación de las distintas formas de energía, con sus proyecciones.

TABLA No. 13

**PROYECCION CONSUMO ENERGETICOS**

	1984	1985	1986	1987	1988
PETROLEO (miles m3)	5.570	5.374	5.352	5.405	5.420
LEÑA (miles tons)	6.246	6.712	7.090	7.423	7.760
CARBON (miles tons)	1.828	1.859	1.969	2.341	2.748
HIDROCARBUROS (GWh)	9.325	10.367	11.157	11.085	11.371
GAS NATURAL (mill m3)	743	752	761	770	779

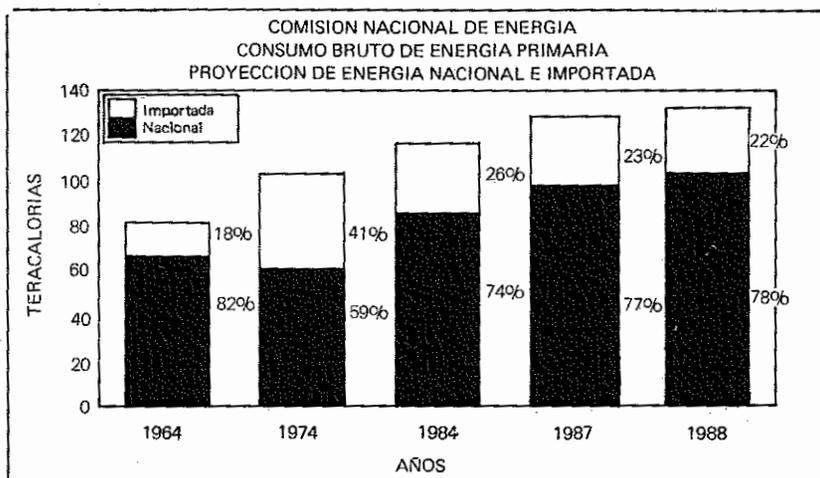
GRAFICO No. 2



Es interesante notar la importante tasa de crecimiento que el consumo de petróleo venía experimentando en el pasado y que implicaba duplicar la demanda cada 10 años, en tanto que actualmente se ha reducido a cero como consecuencia de los programas de Gobierno de sustitución por carbón e hidroelectricidad, y de la política realista de precios que ha inducido a los usuarios a ahorrar petróleo y a sustituirlo por carbón y leña fundamentalmente, lo cual incrementa la participación de las formas autóctonas de energía en el abastecimiento nacional.

En el gráfico No. 3 se puede apreciar el consumo pasado y el proyectado en cuanto a energía nacional e importada. Es interesante notar cómo en el decenio 1964-1974 la energía importada pasó de un 18% a un 41% de participación, debido principalmente al aumento de consumo de los derivados del petróleo. Sin embargo, luego de la crisis del petróleo, en el decenio 1974-1984 se redujo la participación de la energía importada a un 26%, debido principalmente a las políticas adoptadas en el sector energía. Las proyecciones de consumo a futuro indican que en 1988 el porcentaje de energía importada será de 22% y el de energía nacional de 78%, lo cual es bajo a nivel mundial.

GRAFICO No. 3



#### 4. CONCLUSIONES

Para concluir, es importante señalar que las políticas implementadas en el sector energía, en especial lo referente a precios realistas y coherentes y a la implementación de mecanismos de información sobre tecnologías y precios, han conducido descentralizadamente a un uso racional y eficiente de la energía en nuestro país.

Como ya se dijo, los logros más importantes en este campo han sido la sustitución de recursos caros como los derivados del petróleo por carbón, leña y electricidad, los cuales son energéticos producidos en el país y que tienen un

· costo bastante menor. Además, en lo que se refiere a la eficiencia en el uso de la energía, es posible apreciar que el consumo de energía necesario para producir una unidad adicional de PGB (medido como  $\Delta E/\Delta PGB$ ) en la década 60-70 era de 302 Teracal/millones de \$, en la década 70-80, de 157,16 Teracal/millones de \$ y en los últimos 5 años, o sea 1980-1984, ha sido de 81,21 Teracal/millones de \$, lo que indica que se ha logrado un uso más racional de la energía.

## FORMULARIO DE SUSCRIPCION

NOMBRE \_\_\_\_\_

TITULO \_\_\_\_\_

INSTITUCION \_\_\_\_\_

DIRECCION \_\_\_\_\_

CIUDAD/ESTADO/PROVINCIA \_\_\_\_\_

PAIS \_\_\_\_\_

AGRADEZCO ENVIARME LA **REVISTA ENERGETICA**. ADJUNTO CHEQUE  
POR LA CANTIDAD DE US\$ (O SUCRES) \_\_\_\_\_ SEGUN LA ESCALA

SIGUIENTE:

	ECUADOR	OTROS PAISES
UN AÑO (3 EDICIONES)	S/. 5.000,00	US\$ 50,00
DOS AÑOS (6 EDICIONES)	S/. 9.000,00	US\$ 90,00

ENVIAR CHEQUE A NOMBRE DE: **OLADE**

RECORTAR Y ENVIAR A: "**REVISTA ENERGETICA**", OLADE,  
CASILLA DE CORREO 6413 C.C.I., QUITO, ECUADOR.



**LATIN AMERICAN ENERGY  
ORGANIZATION**

**PERMANENT SECRETARIAT**

**MARCIO NUNES**  
EXECUTIVE SECRETARY

**JOAO PIMENTEL**  
ADVISER-GENERAL TO THE EXECUTIVE SECRETARY

**CESAR MOYA**  
DIRECTOR OF PLANNING

**GUSTAVO SORONDO**  
TECHNICAL DIRECTOR

**ROLANDO GIRARD**  
DIRECTOR OF COOPERATION

**ENERGY MAGAZINE**

**JOAO PIMENTEL**  
DIRECTOR AND EDITOR

**FRANCISCO ACOSTA**  
HEAD OF THE MASS MEDIA DEPARTMENT

**BARBARA SIPE DE FALCONI**  
TRANSLATOR

The **Energy Magazine** is an instrument of technical dissemination of the Latin American Energy Organization (OLADE).

It is published once every four months by the Permanent Secretariat of OLADE.

The signed articles are the sole responsibility of their authors and do not necessarily express the official position of the Permanent Secretariat or of the Member Countries.

Articles, contributions, and correspondence concerning the **Energy Magazine** should be addressed to Joao Pimentel, Director, P. O. Box 6413 C.C.I., Quito, Ecuador.

The annual subscription fee to the **Energy Magazine** is US\$ 50.00. Subscribers to the **Energy Magazine** will receive, at no additional cost, the publication "**Latin American Energy Update**". The subscription request form can be found at the end of this section.

# REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE

Year 9, Number 3

December 1985

September - October - November - December  
1985

	Page
EDITORIAL .....	85
THE 1985 LATIN AMERICAN ENERGY SITUATION. ....	87
AN END-USE-ORIENTED GLOBAL ENERGY STRATEGY. ....	93
REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY. ....	121
RATIONAL USE OF ENERGY IN CUBA. ....	127
RATIONAL USE OF ENERGY IN CHILE .....	137

## EDITORIAL

"Hence, just as one day we could undertake joint projects, let us continue with, and intensify, them; let us continue imagining practical paths for advancement (towards Latin American integration). To struggle for our independence in this sense is what our countries ask: that we struggle honestly for an unproclaimed independence won through day-to-day efforts".

With these words, the President of Uruguay, Dr. Julio María Sanguinetti, inaugurated the XVI Meeting of Ministers of OLADE, which was held in Montevideo in December 1985.

This Meeting, the maximum annual event of OLADE, adopted important decisions of a political and administrative nature, with the aim of strengthening the work of the organization, for this is imperative in these difficult times through which the Latin American countries are living, and which affect both energy importers and exporters alike. One of the most significant decisions was the one to approve the study submitted by the Permanent Secretariat of OLADE, on **The 1985 Latin American Energy Situation**, a summary of which is included herein. The complete version will be in print by February 1986.

Given the imminent drop in international prices for oil, which is Latin America's major energy input, the Ministers of Energy who met in Montevideo decided "To recommend to the Member States the implementation of national programs of energy rationalization, accompanied by gradual processes of substitution and energy pricing policies responding to the development needs of each country".

Even prior to this recommendation, the Permanent Secretariat of

OLADE had organized the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy, which took place in Sao Paulo, Brazil during November 24-30, 1985, with co-sponsorship from the Sao Paulo Energy Company (CESP), the UNDP and the CEC. This issue offers four of the documents reviewed at that time, including the second part of the paper on "An End-Use-Oriented Global Energy Strategy", the first chapter of which was published in the 2/85 issue of the **Energy Magazine**. In light of the specific interest they may hold, the experience of two OLADE Member Countries, using different approaches to the implementation of measures to promote greater energy rationalization, are also presented.

Along this same vein, an analysis of a general nature is offered in an article by the Executive Secretary of OLADE, on the topic "Regional Policy for Rational Use of Energy".

JOAO PIMENTEL

## THE 1985 LATIN AMERICAN ENERGY SITUATION\*

Permanent Secretariat of OLADE

### FEATURES

Three consecutive years of economic crisis having transpired, in 1984 Latin America experienced a slight recovery, in part as a result of the increase in its external sales, particularly to the industrialized countries.

The slow progress of the region's overall production did not manage, however, to counteract the negative impact of the recession and the upsets in most of the countries' economies. At the regional level, these were characterized by deterioration of the indicators related to levels of well-being, e.g., a high unemployment index (over 14%), an explosive inflationary process (165%), a low growth rate for per capita gross domestic product (0.2%), and low indexes for per capita energy consumption (5.8 barrels of oil equivalent-BOE), among others. To these problems must be added the external debt, which rose to the amount of 360 billion United States dollars.

In this context, the region's energy panorama reversed its trend. Primary energy production grew by 4.9%, after having decreased the previous year. Furthermore, accompanied by a slight growth in the gross domestic product, primary energy consumption increased by 4.3%, a figure notably below the average obtained in the 1970's, but significant if one takes into account the decline starting in 1980.

Nevertheless, on the whole, energy activity has suffered because the tight financial situation of the countries of the region has become a major constraint for the programs to search for, expand, substitute and incorporate

\* Executive Summary of the document prepared by the Permanent Secretariat and approved by the XVI Meeting of Ministers of OLADE (Montevideo, Uruguay; December, 1985).

energy sources.

## BEHAVIOR

As for hydroelectricity, oil, coal and natural gas, at the end of 1984, Latin America accounted for a volume of energy reserves equivalent to 920.826 billion BOE. Compared to its primary energy production (4.262 billion BOE) and especially to the primary energy production of the rest of the world (45.921 billion BOE), this indicates the magnitude of its potential. However, there is a manifest structural imbalance in terms of use: oil, which constitutes only 10.1% of regional reserves, represents 63.0% of total energy production, whereas hydroelectricity, which constitutes 77.1% of total reserves accounts for only 16.9% of the energy produced. A similar phenomenon occurs with coal, the reserves of which constitute 9.3% of total reserves, while its production represents only 3.0% of the energy produced. This makes evident the energy challenge which the region has to face in seeking the optimum development and use of its resources, in accord with its potential and within an energy transition framed in an era of crisis and limited capital and investment flows.

In the structure of total energy supply, oil continues to be the prime source (53.9%). In 1984, Latin America's oil production increased slightly (3.4%), as a result of the extraction efforts of non-exporting countries, particularly in South America; the Central American and Caribbean countries continue to rely heavily on imports of this resource.

Prospecting and exploration activities have maintained indexes in line with the financial limitations of the region; and this has led some countries to open up more to, and develop closer ties with, foreign investment.

Other energy sources continue gaining a foothold in the structure of regional production. Natural gas has been playing a foremost role in energy substitution strategies. Hydroelectricity, Latin America's most plentiful resource, continues to increase its penetration, with a growth rate of 12.5% during 1984. Coal is showing a steady trend toward expansion, despite the low indexes for its development and use. Firewood represents a reality in the structure of energy production in Latin America (14.5%), its volume of consumption reflecting the impact of the energy crisis, especially on the groups which do not have energy alternatives other than this source.

As for regional energy consumption, the behavior of the residential/commercial/public sector is dominated by that of the residential subsector, which is in line with levels of well-being. The transportation sector, characterized by its heavy reliance on oil derivatives, is showing a decline in consumption, as a consequence of both the rationalization and substitution measures applied and of the impact of the recession, which has led the countries to raise fuel prices, close off vehicle imports and reduce or paralyze the activity of the automotive industry, as part of their economic adjustment policies.

For its part, the industrial sector shows an increase in energy consumption which can be explained by the effects of the relative economic expansion.

In the composition of final energy consumption, oil derivatives represent 58% of the total; biomass resources 15%; electricity 14%; coal 3%; and other forms of energy 10%, thereby confirming the trend toward a progressive and gradual energy diversification.

Latin America's foreign energy trade, determined by oil-market behavior, continued to have a downward trend, derived mainly from the restrictions on imports, the increase in some non-exporting countries' oil production, the exploration success obtained by some, and the progressive penetration of alternative energy sources.

While Latin America has made significant strides in its quest for self-sufficiency, through subregional cooperation programs, in 1984 nearly 62.1% of its oil imports came from other world regions, whereas 88.3% of its exports were earmarked to supply other geographical areas.

## **CONSIDERATIONS**

Although it is true that the countries have made commendable efforts to diversify their energy scheme, it is also true that, besides a long transition period, a structural modification of Latin America's energy supply will call for sizeable investments which, given the current moments of crisis, most countries would have difficulty in covering.

There are elements which heavily assault the evolution and development of the energy sector, e.g., the uncontrollable behavior of international interest rates, the contracted international flow of capital, the progressive

technological dependence, the uncertain behavior of oil prices, and the disjunctive derived from the application of economic adjustment formulas (debt payment vs. growth and development). These factors are beyond the scope of control and management of the Latin American energy sector.

Preliminary estimates, already surpassed by the impact of the crisis, indicated that, in order to obtain a rate of expansion for energy production similar to that obtained in the 1970's, the region would need to make annual investments of over 30 billion dollars.

That situation demonstrates the gravity of the problem, since in most countries there is an evident tendency to adjust or postpone the plans for energy expansion and development, bringing on negative side effects for extension of energy services and, consequently, for per capita consumption levels.

The current economic situation requires that the countries redouble their efforts at regional integration, particularly in a sector such as energy, which, given its characteristics, offers a wide range of possibilities for cooperation in terms of resource endowment and utilization, exchange of goods and experiences in the fields of science and technology, market alternatives, funding, etc., which could permit Latin America autonomous, sustained development.

Nonetheless, under present circumstances, it will be indispensable to have both an express integrationist political decision by the countries and a response with repercussions in concrete actions, within the framework of the possibilities and limitations that typify the current situation.

Along this vein, it will be most useful to set priorities within a rigorous scheme of regional strategies lending themselves to fulfillment, in order not to generate expectations which, in the event of noncompliance, would lead to deterioration of the willingness to work for energy integration, instead of making it possible to jointly overcome the problems common to the region.

## **CONCLUSIONS**

From the ideas set forth in the present document, and the foregoing considerations, some general conclusions emerge which could generate actions

geared to bolstering regional energy integration:

- Given the dwindling capacity for generating funds internally in most of the countries of Latin America, and given the difficulties of access to international financial markets, as a point of departure for widespread cooperation in the energy sector, it is necessary to determine the magnitude of the investments that the sector will demand, in order to discern alternatives and possibilities for mutual aid through effective horizontal cooperation among the countries.
- In order to foster the exchange of science and technology, and to stimulate the capacity for exchange of goods within the region, it is necessary to advance in the technological disaggregation of energy projects.
- It is necessary to reinforce energy rationalization programs, accompanying them by gradual substitution processes and coherent pricing policies permitting management of energy demand and responding to the development possibilities of each country.
- Given the uneven endowment of energy sources in Latin America, it becomes imperative to have on-going studies and evaluations of aspects related to energy market behavior, in order to promote regional self-sufficiency within a realistic framework for cooperation, based fundamentally on reciprocal benefits for importers and exporters alike.
- Taking into account the large share of firewood in the scheme of energy production and consumption in the region, it is urgent to delve into greater depth in reviews and assessments at the regional level, in order to orient rational use and avoid the negative repercussions to which its inadequate use is giving rise.

The outlook for 1985 points to a downward trend in the oil production of the OPEC member countries, a drop in the prices for this resource, and a climate of market expectations, accompanied by a weakened world economy, which is again becoming apparent. With this panorama, the Latin American energy picture is affected by the economic and financial repercussions implicit in its behavior, which oblige both the energy-importing and —exporting countries to proceed with caution, within the spirit of regional cooperation and integration.

**LATIN AMERICA  
ENERGY INDICATORS**

INDICATORS	UNIT	1983	1984 1/
<b>PRIMARY ENERGY PRODUCTION</b>			
OIL	10(3) bbl	2,217,914	2,293,224
NATURAL GAS	10(6) m(3)	102,445	104,114
HYDROENERGY	10(6) kWh	262,760	293,706
FIREWOOD	10(3) ton	225,066	237,693
COAL	10(3) ton	18,383	21,658
<b>FOREIGN TRADE</b>			
<b>IMPORTS</b>			
OIL	10(3) bbl	354,431	320,010
GASOLINE	10(3) bbl	18,117	15,161
COAL	10(3) ton	6,498	9,004
<b>EXPORTS</b>			
OIL	10(3) bbl	1,025,921	1,034,087
GASOLINE	10(3) bbl	57,870	82,352
COAL	10(3) ton	278	1,100
<b>ENERGY CONSUMPTION</b>			
GASOLINE	10(3) bbl	357,453	345,886
DIESEL OIL	10(3) bbl	307,720	286,557
HEAVY FUELS	10(3) bbl	172,169	166,028
LPG	10(3) bbl	128,953	126,100
ELECTRICITY	10(6) kWh	341,454	368,958
<b>RESERVES</b>			
OIL	10(6) bbl		93,307
NATURAL GAL	10(9) m(3)		5,362
HYDROENERGY 2/	10(0 MW		774,423
COAL	10(6) ton		16,890

1/ Preliminary figures

2/ Corresponds to installable potential

SOURCE: OLADE, based on information from the countries.

## AN END-USE-ORIENTED GLOBAL ENERGY STRATEGY\*

Jose Goldemberg<sup>1)</sup>, Thomas B. Johansson<sup>2)</sup>  
Amulya K. N. Reddy<sup>3)</sup>, Robert H. Williams<sup>4)</sup>

### THE DEMAND FOR ENERGY SERVICES

Two of the most useful applications of the end-use approach have been in understanding the extent to which energy planning is and can be effective in supporting development goals in developing countries, and in understanding ongoing shifts away from energy-intensive activities in industrialized countries.

#### Energy and Development

ENERGY FOR MEETING BASIC HUMAN NEEDS In the 1950s, when development strategies were first being articulated, it was generally felt that maximizing economic growth was the best way to eradicate poverty, but experience shows that the benefits of rapid economic growth have not trickled down to the poor.

Rapid growth is necessary for successful development, but not sufficient. A more effective way of dealing with poverty is by allocating resources directly to the satisfaction of specified basic human needs, with emphasis on the needs of the poorest, ensuring that minimum standards for nutrition, shelter, clothing, health, and education are met (8). There is no empirical evidence that targeting the satisfaction of basic human needs would lead to slower economic growth (9), and there are theoretical grounds for believing

\* Second of a three-part series

1) President, Sao Paulo Energy Company, Brazil

2) University of Lund, Sweden

3) University of Bangalore, India

4) Princeton University, U. S. A.

that a basic human-needs policy would lead to higher growth because of the resulting increase in worker productivity (10). The allocation of sufficient energy to basic needs programs is of crucial importance in energy planning.

**ENERGY AND EMPLOYMENT GENERATION** Employment generation is a development challenge closely related to the eradication of poverty. Because technologies used for industrialization in developing countries today are far more labor-saving than the technologies used at the similar stage of development in the now industrialized economies, the challenge is daunting. While there is no going back to the primitive industrial technologies of yesterday, it is desirable to pursue those development strategies most capable of providing employment, which has acquired the status of a basic human need. Energy is a key factor in addressing this problem, because energy and labor tend to be substitutable inputs for industrial activity (43).

The importance of employment generation has major implications for the industrial mix and the choice of technologies for a given mix, both of which are often shaped by public policies. In countries where labor is cheap, overall production costs would often be lower if labor-intensive technologies and industries were emphasized, but planners are often tempted to use subsidies to attract large-scale, energy-intensive industries that provide little direct employment.

**NONCOMMERCIAL ENERGY** While there is poverty in urban slums, most of the poor live in rural areas, and significant fraction live outside the market economy. The importance of rural poverty reflects a population distribution between rural and urban areas very different from that in industrialized countries. In the latter only 30% of the population live in rural areas, whereas 70% live in rural areas in developing countries (2).

In rural areas people depend for energy largely on biomass, mainly fuelwood, used mostly for cooking. But in parts of the developing world fuelwood consumption exceeds the rate of regeneration. Fuelwood-gathering involves many hours of drudgery each day, particularly for women and children. The ecological effects of deforestation created by excessive fuelwood use amplify this human toil.

The vast scale of rural poverty, the weakness of market forces in being able to deal with it, and the central importance of cooking and its relation to

the fuelwood crisis are all factors that must figure prominently in energy planning efforts.

**DECENTRALIZED AS WELL AS CENTRALIZED ENERGY** Inadequate attention to the problems of rural areas is causing the rural poor to flee to urban slums, which offer access to services that are unavailable in rural areas. The urban population in developing countries is growing more than twice as rapidly as the population as a whole (2). The urbanization trend is becoming increasingly unmanageable, however, as the crowded and polluted cities are unable to offer enough jobs to support the number of job seekers. Urban migration could be slowed and the cities made more livable thereby, if living conditions were improved in rural areas. In particular, rural-based, labor-intensive industries are needed.

Providing the energy for such industries requires an emphasis on energy planning in which centralized energy production, which is essential for meeting urban energy needs, is complemented by decentralized energy production in rural areas, where it is often uneconomic or otherwise impractical to provide energy services from centralized sources. To this end biomass used renewably is a promising feedstock for providing solid, gaseous or liquid energy carriers or for making electricity in small-scale operations for many rural areas.

It would be highly fortuitous if significant contributions to meeting development goals resulted from conventional energy planning, which mainly involves the engineering challenge of expanding conventional, centralized energy supplies to the extent suggested by energy-GDP correlations. Just as the trickle-down approach to economic development has failed to improve the lot of the poor, we fear that an energy trickle-down approach to energy development is likely mainly to expand the energy services available to the affluent, while leaving the poor little or no better off.

To be supportive of development efforts, energy planning in developing countries must emphasize the provision of energy for the satisfaction of basic human needs, employment generation, cooking, and the general problems of rural areas, seeking an appropriate balance between centralized and decentralized energy sources.

### **Structural Changes in the Industrialized Countries**

Changing consumer demand patterns in industrialized countries are

reflected in the growing importance of services production at the expense of goods production and, within the goods-producing sectors, the growing importance of fabrication and finishing. Both of these shifts are in the direction of less energy demand per dollar of value added.

**THE GROWING IMPORTANCE OF SERVICES** The shift to services (e.g. finance, insurance, education, and communications, as well as marketing, information, medical, and recreational services) in industrialized countries has been proceeding for decades, as is evident from the long-term trends in employment in Sweden and the United States (Figure 3): In the early years of industrialization the shares of employment accounted for by both manufacturing and services grew at the expense of employment in agriculture. More recently, services have grown at the expense of manufacturing, mining, and construction as well (Figure 3).

The shift to services is also reflected in the slower growth of goods production. The output of the goods-producing sector (measured by gross product originating (GPO), or value-added) grew just 0.38 and 0.60 times as fast as GNP in the period 1970-1980 for the United States and Sweden, respectively.

**THE GROWING IMPORTANCE OF FABRICATION AND FINISHING** Within the goods-producing sector there is a continuing shift away from the energy-intensive processing of basic materials toward fabrication and finishing activities - processes which involve much fewer inputs of energy per dollar value-added than the processing of basic materials (Figure 4).

Consider the situation in the United States, which has a largely closed economy, so that the consumption of goods and services is approximately equal to production in most sectors. The industrial sector here can be disaggregated into mining, agriculture, and construction (MAC); the basic materials processing (BMP) subsector of manufacturing; and "other" manufacturing. In 1978, these three sectors accounted respectively for about 25%, 25% and 50% of industrial output and for 15%, 73%, and 11% of final energy use in industry; they required 3, 14, and 1 units of energy per dollar of output. Similarly, in Sweden, these sectors accounted for about 35%, 37%, and 28% of industrial output; 10%, 82%, and 8% of final energy use in industry; and 1, 7.5, and 1 units of energy per dollar of output, respectively. Thus while "other" manufacturing, which involves the fabrication and finishing of basic materials, is economically very important in both countries, the BMP subsec-

tor of manufacturing dominates energy use.

Shifts in output among these sectors toward less materials-intensive activities have been pronounced (Figure 5). In the 1970s the rate of growth of industrial output (GPO) for fabrication and finishing activities in the United States was 4.3% per year on average, compared to 3.0% per year for the BMP subsector and 1.2% per year for MAC. Similarly, in Sweden there is strong evidence of the declining importance of basic materials as contributors to economic growth (44): fabrication and finishing activities grew in this same period at an annual average rate of 2.0%, compared to 1.1% for industry as a whole, 1.2% for the primary metals sector, and a 1.4% rate of decline for the cement industry.

There is strong evidence that the shift towards fabrication and finishing is associated with saturation in the use of materials (e.g. a cessation of growth in per capita consumption), as indicated in a recent analysis of the long-term history and future outlook for a representative sampling of basic materials in the United States and some other industrialized market economies (Figure 6) (45). For both traditional materials (steel, cement, and paper) and modern materials (aluminum, ethylene, ammonia, and chlorine) per capita consumption stopped growing in the United States in the 1970s and in most cases actually began to decline. Similar trends have been found for the same materials in France, West Germany, and Great Britain (46). The trends appear to be due to a combination of factors, including more efficient use of materials in providing essentially the same materials services, materials substitution, and market saturation. In all cases, the outlook for volume growth in consumption was found to be poor, largely because of market saturation. Only markets for high-value-added, specialty products appear promising. It is unclear whether growth in these markets will be adequate to offset the declines in markets for high-volume bulk products, but the evidence for at least saturation is strong.

Shifts to fabrication and finishing, which typically require an order of magnitude less energy per unit of output than the processing of basic materials, can have profound effects on industrial energy use. For the United States, such shifts accounted for an annual rate of decline in industrial energy use per dollar of GNP of 1.6% during 1973-84, out of a total annual rate of decline of 3.6% in this period (46).

The trends toward reduced materials intensity (and hence usually

energy intensity) of the economies of highly industrialized countries began well before the onset of the energy crises of the 1970s. These trends can be expected not only to continue but perhaps also to accelerate, as a response to the sharp increases in energy prices that have taken place. This response may be complemented by the increased use of technologies that make much more efficient use of energy supplies in providing energy services.

### **OPPORTUNITIES FOR ENERGY PRODUCTIVITY IMPROVEMENT**

Opportunities exist for large improvements in energy productivity for all major energy-intensive activities—space conditioning, lighting, cooking, and major household appliances; automobile, air, and truck transport; and the production of basic materials. The energy price increases of the 1970s have led to the commercialization of much more efficient energy-using technology than that now in wide use and to major R&D efforts that will lead to even more efficient technology in years to come. We illustrate the possibilities with examples from each energy-using sector, for both industrialized and developing countries.

#### **Industrialized Countries**

**RESIDENTIAL** Space heating, accounting for 60-80% of final energy use in residential buildings in industrialized countries, warrants focused attention, and indeed has been the focus of ongoing residential energy conservation programs. There are two major routes to increase energy productivity for space heating: improvements in building shells and in heating equipment.

**Shell improvements** Large improvements in the energy performance of the building shell are possible for both new construction and existing housing.

Table 2 lists the energy performance of various groups of new houses that incorporate major energy saving features. In Sweden there has been considerable experience in building thermally tight houses. For example, the energy performance (corrected for climate and floor area) of houses routinely built to conform to the 1975 Swedish building standard would be nearly as good as the performance of some of the better houses that have been built in the United States (e.g. the Minnesota and Oregon houses shown here). Houses that perform considerably better than the 1975 standards are being built routinely in Sweden, as indicated by the Skane examples in Table 2.

While one would expect the very energy-efficient houses to be very expensive, there is a growing body of evidence suggesting that net extra cost of a very energy-efficient house may not be very large in comparison to the cost of a conventional house, because the added costs of shell improvements may be offset to a considerable degree by savings in heat generation and distribution systems (27). Particularly good data on the cost of very energy-efficient houses are provided by the two different versions of Swedish prefabricated houses offered by Faluhus. These two versions are identical except for their energy performance characteristics, the more energy-efficient version being one of the most energy-efficient houses available. The associated cost of saved energy (the annualized cost of the added investment divided by the annual energy savings) is less than the present Swedish price of electricity, even though the present hydropower-based Swedish electrical rates are low and far below marginal costs of electricity from new sources (see note (j) of Table 2).

Because the building stock turns over so slowly, energy use for space heating will be dominated by existing buildings for decades. Although the opportunities in retrofitting buildings are not as large as for new construction, a great deal can still be done.

For example, the Swedish government's ten-year Plan for retrofitting buildings aims at a reduction of energy use in the 1978 building stock by about one third. The plan was initiated in 1978, and is optimized for an energy price 30% below 1981 prices. In the United States, the gas utility-based Modular Retrofit Experiment (MRE) demonstrated state-of-the-art possibilities for exploiting low-cost unconventional opportunities that are identified via sophisticated diagnostic equipment (47). In the MRE, the measured savings associated with the one-day two-person ("house doctor") visit averaged 19% of the gas use associated with space heating. Subsequently, more conventional shell modification retrofits raised the average fuel savings to 30%, for an average total investment of about \$ 1300; the associated real internal rate of return in fuel savings was nearly 20%, for an assumed life-cycle gas price of \$8 per GJ (the heating oil price in 1982) (27).

The achievements demonstrated in the MRE do not represent the limit of what can be achieved with shell improvements of existing dwellings. One important experiment exploiting additional unconventional retrofit opportunities resulted in a two-thirds energy savings in a US house that, prior

to modification, was regarded as thermally tight by US standards (48). Over a period of several decades the energy savings potential of retrofits is generally much greater than what can be achieved immediately. Over time various structural modifications of houses will be needed, and some important energy reducing shell improvements are much more cost-effective if carried out in conjunction with such structural changes (e.g. putting in energy-efficient windows when new windows are needed anyway) than if carried out for the energy savings alone. Moreover, new technical opportunities for energy demand reductions will continually be developed.

**Energy conversion equipment** The last several years have shown that the efficiencies of space heating equipment can be much improved. For gas furnaces conversion efficiencies have increased in the United States from an average of about 69% in new units sold in 1980 to more than 90% in new "condensing furnaces," so called because the improved performance involves extracting heat from flue gases past the point where the water vapor condenses out (27). Heat pumps with coefficients of performance (COPs) up to 2.6 for air-to-air units and up to 3 for water-to-air or water-to-water units have also come on the market. For comparison the average COP of heat pumps in the existing US stock is less than 2 and that of resistive electric heating units is 1 or less.

**Total residential final energy use** An indication of the overall potential for energy savings is given in Table 3, which shows per capita final residential energy use, first for average households in the United States and Sweden at present, and second for hypothetical all-electric households having a full set of major energy-using amenities and the most efficient technologies commercially available in 1982. While these hypothetical households have a higher level of amenities than average households today, they would use only about 300 W per capita, much less than present levels of household energy use. With the more efficient technologies under development, energy use could be reduced even further.

**COMMERCIAL BUILDINGS** The energy budgets of commercial buildings, like those of residential buildings, are dominated by the requirements for space conditioning; but for commercial buildings shell improvements other than for daylighting and sun control are much less important. Most of the opportunities for improved energy performance involve the use of more energy-efficient equipment and a better matching of energy supplies

to energy service requirements via better control technology. The importance of controls is suggested by the fact that in US commercial buildings energy is often wasted on heating air in summer and cooling it in winter.

While new commercial buildings are less energy-intensive than the existing stock in both the United States and Sweden, the energy performance of some new buildings is far better than that of typical new construction (Table 4). Perhaps the most energy-efficient commercial building constructed in the late 1970s is the Folksam Building in Farsta, near Stockholm, Sweden. With an ordinary design the building would become overheated (from lighting and other internal heat loads) and would require cooling in the daytime and heating at night. But with the Folksam design excess heat produced in the daytime is stored for use at night (or for heating up the building in the morning). Storage is accomplished via the "Thermodeck" concept, which involves passing the office ventilation air through long tubular cores in the massive concrete floor slabs on its way to the offices. With this storage scheme, the air temperature rise in the offices during the day is only about 2°C, so that cooling is unnecessary. In summer the system stores heat in the slabs during the day, as in winter, but the slabs are cooled with outside air at night.

The most energy-efficient commercial building in Sweden today is the Harnosand Building in northern Sweden, constructed in 1981. By using the Thermodeck principle, preheating ventilation air with solar panels, and using microprocessor controls to better match energy supply and demand, the building uses only about half as much energy per square meter as the Folksam Building (Table 4).

Improved energy management, involving little or no capital investment (e.g. night setbacks of thermostats, adjustments in ventilation to better match needs) typically leads to savings of 20-30% in existing commercial buildings in Sweden (49). In the United States, the average measured savings in 184 buildings was 23%, and the corresponding cost of saved energy for 56 buildings where cost data were available was \$2.8 per GJ (1982 \$), assuming a 10-year retrofit life and a 10% real discount rate (50). These savings fall short of the economic potential, however, since there is probably much more that can be done for a cost of saved energy less than the average price of energy, some \$8 per GJ for US commercial buildings in 1979 (51). In a survey of experienced architects and engineers conducted by The Solar Energy Research Institute the consensus judgment was that a 50% reduction in energy use per

square meter on average was an achievable target for US commercial buildings by the year 2000 (52).

**TRANSPORTATION** In 1982 transportation accounted for 53% of all oil consumption in the OECD nations (53). Automobiles and light trucks, which accounted for over 60% of all oil use in transport, warrant special attention.

There are opportunities to improve the fuel economy of automobiles and light trucks from the present typical values of 12-8 liters per 100 km (20-30 mpg) to the range 4-2.3 liters per 100 km (60-100 mpg) in the decades immediately ahead, both by increasing engine and drive train efficiency and by reducing vehicle weight and aerodynamic and rolling resistances.

Engine efficiencies are typically low. For example, the model year 1981 gasoline-powered Volkswagen Rabbit with manual transmission has an average engine-drive train efficiency of only 13.5% in converting fuel to mechanical energy at the wheels (39). One possibility for improving the efficiency is to shift to a diesel engine. The diesel version of the Rabbit has an energy performance on the US EPA combined driving cycle of 5.3 liters per 100 km (45 mpg), compared to the 7.9 liters per 100 km (30 mpg) for the gasoline version. The cost of saved energy for this \$525 engine switch, assuming a 10% real discount rate and annual savings of 420 liters (110 gallons) of fuel for the average driving distance of about 16,000 kilometers (about 10,000 miles) per year, would be just \$0.22 per liter (\$ 0.78 per gallon) of gasoline equivalent.

Additional improvements in the Volkswagen Rabbit, based on proven technology, such as reducing aerodynamic drag and rolling resistance, shifting from a prechamber to a direct-injection diesel, using a continuously variable transmission, reducing weight, and adding an engine-off feature during coast and idle, would improve its fuel economy to 2.6 liters per 100 km (89 mpg) (39), without increasing the total cost of owning and operating the car (Figure 2). Many of these features have been incorporated in prototypes of which the Volkswagen Experimental Car 2000 and the Volvo Light Component Project 2000 (LCP 2000) car with fuel economies of 3.8 and 3.6 liters per 100 km (62 and 65 mpg), respectively, are notable examples (Table 5).

Among further improvements possible with advanced technology, the efficient adiabatic diesel engine is especially promising. The Volvo LCP 2000,

with a three-cylinder, heat-insulated, direct-injection, turbocharged engine is an advance in this direction (54).

Researchers at Ford Motor Company describe what an "average" vehicle in the late 1990s could be like (55) as:

. . . a four-or five- passenger vehicle in the 2000-pound (900 kg) inertia weight class with an aerodynamic drag coefficient of 0.20 or less. . . Electronics would control a turbocharged, ceramic, adiabatic diesel engine and continuously variable transmission to provide amooth effortless performance and fuel economy in excess of 100 miles per gallon on the highway. . .

One concern raised about super-mpg cars is their safety. That a light-weight car need not be unsafe, however, is indicated by the safety features built into Volvo's LCP 2000 (54). Moreover, researchers at the Cummins Engine Company and the NASA Lewis Research Center have described the design of a "heavy" super-mpg automobile: a 1360-kg (3000-lb) passenger car, using an adiabatic diesel engine with a turbo-compound bottoming cycle, with a fuel economy of 3.0 liters per 100 km (79 mpg) (56).

Another concern is the air pollution from diesel engines. One solution is that spark-assisted versions of diesel engines (e.g. the Cummins/NASA Lewis car) would be able to use a wide range of fuels including gasoline and methanol (57), without loss of efficiency (58).

For trucks it appears feasible to reduce energy use per tonne-km by half, relative to the present US average for long-haul trucks, via a combination of measures such as the development of adiabatic diesel engines and bottoming cycles, reductions in aerodynamic drag, and tire improvements (59). Additional savings might be achieved through increased load factors.

For passenger aircraft, the high cost of fuel, accounting for as much as 30% of the operating costs of US commercial airlines, provides a strong incentive to implement fuel economy improvements. It appears feasible to reduce fuel intensity by 50% relative to 1977 levels in the United States by a combination of measures such as completing the shift to wide-bodied jets with high-bypass turbofan engines, improving wing design, and reducing weight through use of composites (59).

INDUSTRY The energy price shocks of the 1970s resulted in relative

price increases for industry much larger than those for other energy-consuming sectors. Within the industrial sector, many of the energy-intensive basic materials processing industries, which accounted for 70% of industrial energy use in OECD countries in 1979, experienced much larger relative energy price increases than the average for all industry. A measure of the relative economic impacts of high energy prices on different manufacturing activities is the ratio of energy costs to value added. In the United States this ratio in 1980 ranged from 15 to 76% for various basic materials processing sectors and subsectors, but averaged only 3% for other manufacturing activities (60).

Economic conditions thus provide a powerful motivation for seeking improvements in energy productivity. Fortunately, as in other sectors, there is a wide range of technical opportunities for making such improvements. It is useful to classify these opportunities as good housekeeping measures, fundamental process changes, product changes, and new energy conversion technologies.

**Good housekeeping** Improved management measures such as plugging leaks in and insulating steam lines or turning off energy supply systems when not in use have accounted for much of the energy savings in industry since the energy price increases. The potential for energy productivity improvements here are typically of the order of 10-20% at little or no capital cost.

**Process innovation** The objective of process innovation is not to reduce energy demand or minimize the cost of providing energy services but to minimize the total cost of production. The history of modern industry tells us that new processes for providing familiar products are most likely to overcome resistance to technical change and displace existing processes if they offer opportunities for simultaneous improvements in several factors of production—reduced labor, capital, materials, and energy requirements (61, 62). This has been such a powerful phenomenon that energy requirements have often been reduced in the process of technological innovation even during periods of declining energy prices.

New processes are continuously being developed. Important R&D areas from which industrial process innovations are likely to continue to emerge include powder metallurgy, plasma metallurgy, computer-assisted design and manufacturing, laser processing of chemicals, biotechnology, membrane separation technology, and the use of microwaves for localized rather than volumetric heating. Improvements in all such areas will make it possible to do

more with less—to produce more value added with lower inputs of production factors, including energy.

Consider steel. About five sixths of all steel production takes place in industrialized countries, where it accounts for a major fraction of all manufacturing energy use; e.g. one sixth in Sweden and one seventh in the United States. The theoretical minimum amount of energy required to produce a tonne of steel from iron ore is 7 GJ (63); and 0.7 GJ is required if steel is produced from scrap. At present, steel-making in Sweden and the United States is based on a 50-50 mix of iron ore and scrap, so that the thermodynamic minimum is about 3.9 GJ per tonne of raw steel. For comparison, the actual energy used to produce raw steel was 27 GJ per tonne in the United States in 1979 and 22 GJ per tonne in Sweden in 1976, where the evaluations are done on a comparable basis (6).

The potential for practical energy productivity increases in steel production is illustrated with iron-making processes now under development in Sweden—Plasmasmelt and Elred. In both cases, the objective is to reduce overall costs and reduce environmental problems: by using powdered ores (concentrates) directly, without agglomeration of the ore into sinter or pellets; by using ordinary steam coal instead of the much more costly coke; and by integrating what are now individual operations.

Energy requirements are 8.7 GJ/tonne (of which 4.2 GJ is electricity) for Plasmasmelt and 11.9 GJ/tonne (1.3 GJ electricity) for Elred (44). The Plasmasmelt process would be especially appealing in coal-poor, hydropower-rich countries, while in countries where electricity prices are high (e.g. the United States) it may be preferable to focus on less electricity-intensive processes like Elred or other iron-making processes that produce not hot molten metal but rather solid direct-reduced iron. Direct reduction processes convert iron ore in various forms into sponge iron at temperatures much below the melting point, using a variety of reductants other than metallurgical coke. Other promising advance processes that attempt to integrate now separate operations to save on capital, labor, and energy costs include continuous casting, direct steel-making, and dry steel-making (64).

The dry steel-making process, which yields a final product in powder form (and avoids melting), holds the promise of very low capital costs and suitability for small-scale operations, as well as major energy savings compared to conventional processes (64).

**Product change** Product design can lead to reduced energy use if it facilitates materials recycling; this is especially important for metals. Recycled steel requires only 35% as much energy to become finished steel relative to iron ore, and recycled aluminum less than 10% as much. Product design can also lead to reduced energy use if it extends product life—facilitating repair, remanufacture, and reuse.

Reducing product weight often leads to energy savings. But a shift to lightweight materials can increase manufacturing energy use, for example, when aluminum is substituted for steel in cars. But such increases are usually offset by much greater reductions in operational energy use, as would be the case with the Volvo LCP 2000 (54).

Some of the most exciting possibilities for energy-saving substitutions involve developing entirely new primary materials that may be more appropriate for the new era of high-cost energy. One candidate is a "super-cement" now under development.

Ordinary cement is a primary building material that can be made from commonplace resources—limestone, clays, and sands—and has a relatively low energy intensity; it takes 6 times as much energy to produce a cubic meter of polystyrene and 29 times as much to produce a cubic meter of stainless steel. It would seem desirable therefore to be able to substitute cement for such energy-intensive primary materials. The substitution possibilities are quite limited today, largely because cements tend to have low tensile strength and low fracture toughness. But recent research and development has led to the discovery of ways to improve cements dramatically in these respects (65).

The new super-cement is a macro-defect-free (MDF) cement, which differs from ordinary cement in that the pores in the cement are reduced from millimeter to micrometer size. This dramatically increases tensile strength and fracture toughness; super-cement can be made highly resistant to impact by reinforcement with fibers. These fibers can be inexpensive organic materials because cement is manufactured at low temperatures. Strips of fiber-reinforced MDF cement can be made pliable enough to bend like strips of metal (65).

**New energy conversion technology** While process and product change innovations often generate several-fold energy savings, the technologies involved tend to be of limited applicability. There are also energy savings opportu-

nities involving energy conversion devices, which typically yield smaller energy savings of 20-50% but which are important in aggregate because of their wide applicability throughout industry. The possibilities here include more insulation on furnaces, radiation reflectors, heat recovery devices, induction heating of metals, microwave heating, cogeneration (66), and better mechanical drive systems. To illustrate the possibilities here, we briefly discuss mechanical drive technology.

Mechanical drive accounts for a major share of industrial electricity use in industrialized nations. In both the United States and Sweden, for example, industrial motor drives accounted for about three fourths of total industrial electricity use. A study of mechanical drive systems in British light industry has shown that typically less than half of the input power to a plant is delivered to the tool tip, while about one third is lost in the gearboxes and in throttling (67).

Constant-speed, oversized motors are typically used to move gases, and the gas flow is regulated by baffles; similarly, throttling valves are used for controlling liquid flows. The matching of power demand to supply via throttling involves considerable energy waste. Alternating current variable speed drive (VSD) technology is an energy-efficient alternative of wide applicability to variable load situations involving pumps, compressors, fans, etc. One estimate is that it would be economical to associate half of alternating-current motor use in the United States with VSD controls by 1990, with an average savings of 30% for the motors affected (68). Paybacks of 1-3 years are possible in a wide variety of applications. Due to improvements in solid state technology, reliability of VSD devices has improved in recent years, and costs have tumbled—trends that can be expected to continue.

### **Developing Countries**

**THE MODERN SECTOR** Most of the opportunities for more efficient energy use relevant to industrialized countries are relevant to the modern sectors of developing countries as well—in buildings (except for space heating, which is not needed in most areas), transportation, and industry. Such opportunities may often be even more attractive to developing countries, for the following reasons.

First, capital generally tends to be scarcer in developing countries.

While energy-efficiency improvements usually require increased investment at the point of end use, the required investments are often less than the investments in an equivalent amount of new energy supply that would be used with less efficient end-use equipment, so that total capital requirements for the energy system as a whole would typically be reduced by investments in energy efficiency. For example, in Sao Paulo State in Brazil, the total life-cycle (50-year) cost of delivering 1 kW of baseload electricity from a new hydro-electric facility to an industrial customer is \$3250, while the corresponding life-cycle cost of saving a kW by installing variable-speed drives for industrial motors (25% electricity savings) is \$900-1800 per kW, assuming a 10% discount rate in both cases (7).

Second, the severe strain on export earnings in developing countries caused by oil import bills provides a powerful incentive to reduce oil import requirements and thereby become more self-reliant. Energy-efficiency improvement (e.g. for cars and trucks) can be an especially cost-effective way of doing this.

Third, the potential for major growth in energy-intensive activities (e.g. the processing of basic materials) is a condition conducive to major process and product innovations. In the new era of high-cost energy, technologies introduced to reduce total cost will often be far more energy efficient than the corresponding technologies now in place in industrialized countries, most of which were introduced in the era of low-cost energy. Because of saturated markets and thus a less favorable climate for innovation in the stagnating basic materials processing industries of industrialized countries, it could turn out that in some areas major industrial innovations will take place first in developing countries. The successful Brazilian programs (a) to shift cars from gasoline to ethanol derived from sugar cane (68a) and (b) to produce high-quality steels using charcoal derived from eucalyptus instead of coal, prove that such technological leaps forward are possible.

**THE TRADITIONAL SECTOR** There are also major opportunities for energy-efficiency improvements in the traditional sector, where fuelwood and other forms of biomass dominate energy use, mainly for cooking. The inefficiency of present woodstoves is highlighted by comparing the energy use in fuelwood stoves (used mainly for cooking) in developing countries today—some 0.25-0.6 kW per capita (0.4-1 tonne of wood per capita per year (69)—with the corresponding rate of using liquefied petroleum gas (LPG) or natural

gas for cooking in developing countries, and in industrialized market economies as well, typically some 0.05 kW (Figure 7).

While as recently as 1983 only marginal gains were being made in stove efficiency improvement programs (70), recent successes in applying scientific principles of heat transfer and combustion to stove design, combined with standardized testing methods and production techniques, have made it possible to introduce a variety of high-efficiency, low-cost wood cooking stoves that appeal to users in a wide range of cultural contexts. With such stoves fuel requirements for cooking can be reduced by one third to one half, and the fuel savings are complemented by other important benefits such as reduced cooking time and reduced labor requirements for fuelwood gathering (71, 72).

Looking ahead, further improvements would be feasible if gaseous energy carriers (LPG, natural gas, biogas, or producer gas) were made available for cooking, as simple gas stoves can be 50% efficient, while even the most efficient wood stoves that have been made have efficiencies of only 30-40%. Still further improvements would be possible via the use of advanced 70%-efficient gas stoves that have been developed recently (73).

All such opportunities could free biomass resources for other purposes (74), such as energy for transport, agriculture, and rural industry.

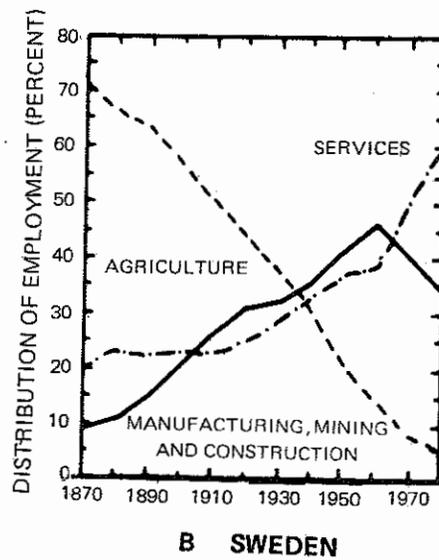
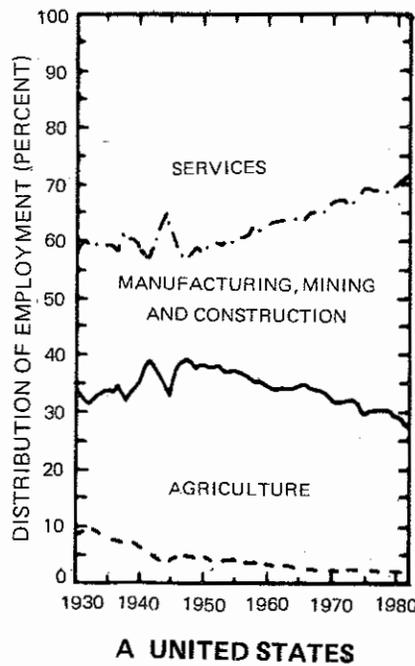
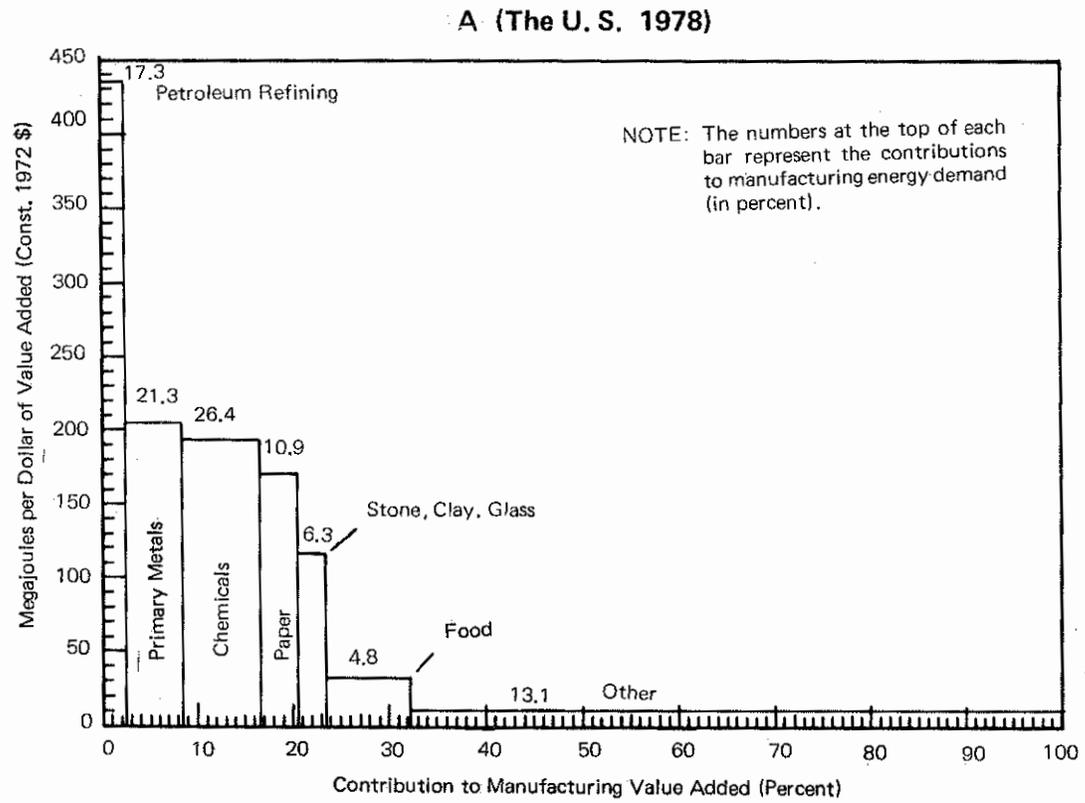


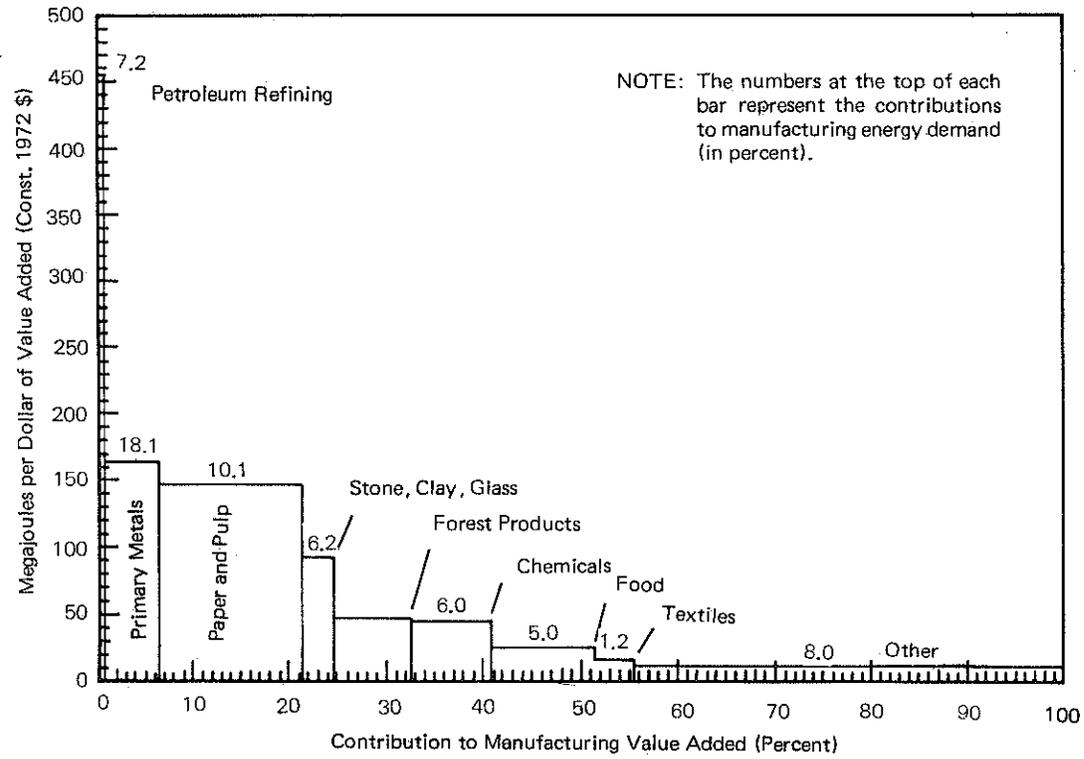
FIGURE 3

Sectorial distribution of employment in (A) the United States and (B) Sweden. For the United States the employment measure is the number of full-time equivalent employees. For Sweden it is number of employees working more than half time.

FIGURE 4  
Final energy intensity vs manufacturing value added in 1978 for (A)  
the United States and (B) Sweden.



**B (Sweden, 1978)**



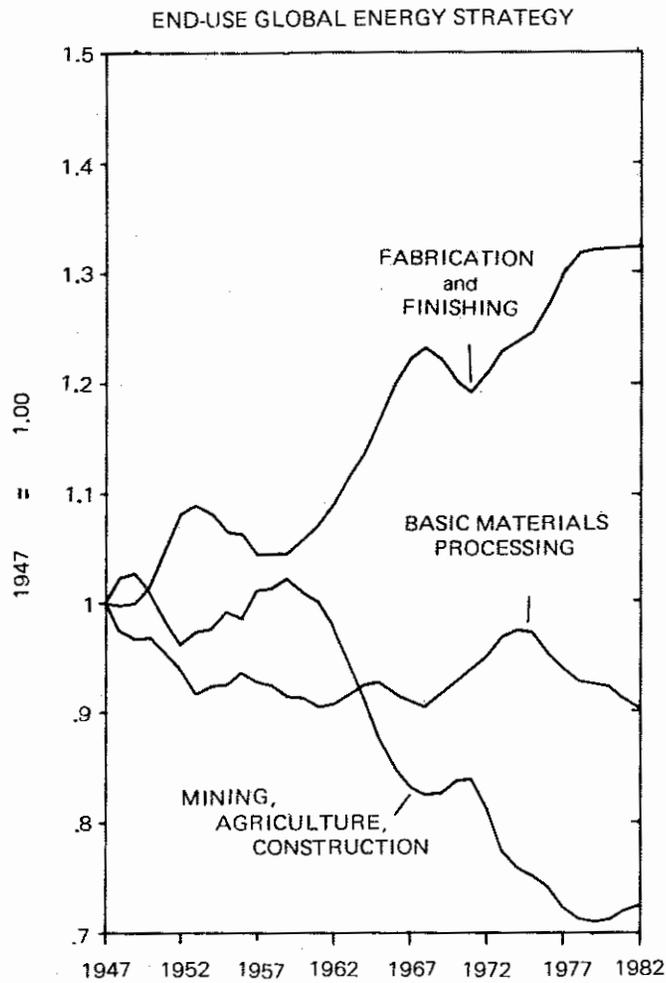


FIGURE 5

Trends for the United States in the mix of industrial output (gross product originating) for mining, agriculture, and construction; the basic material processing subsector of manufacturing; and the fabrication and finishing subsector of manufacturing, all relative to total industrial output.

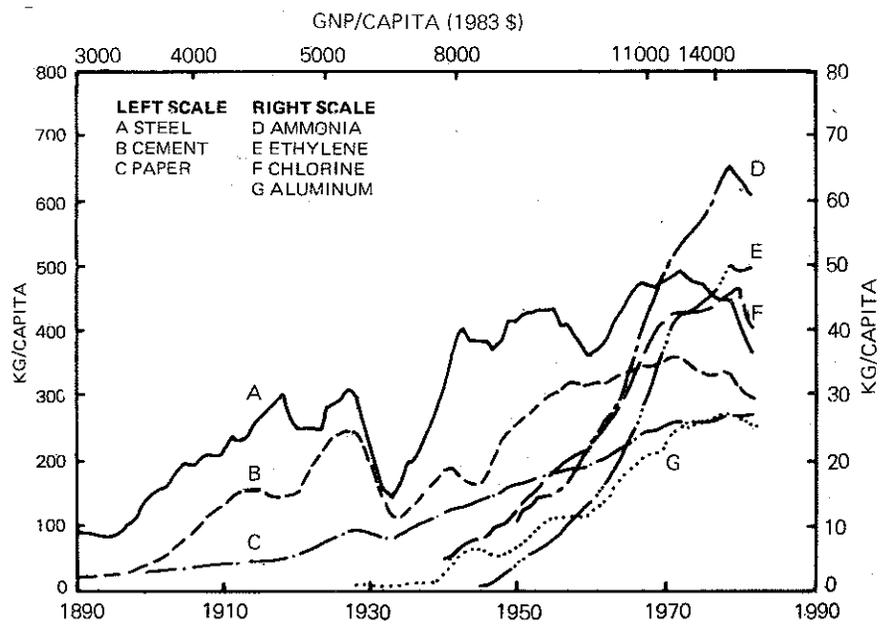


FIGURE 6

Basic materials use in the United States. From (45). The data are five-year running averages for apparent consumption (production plus net imports, corrected for stock changes).

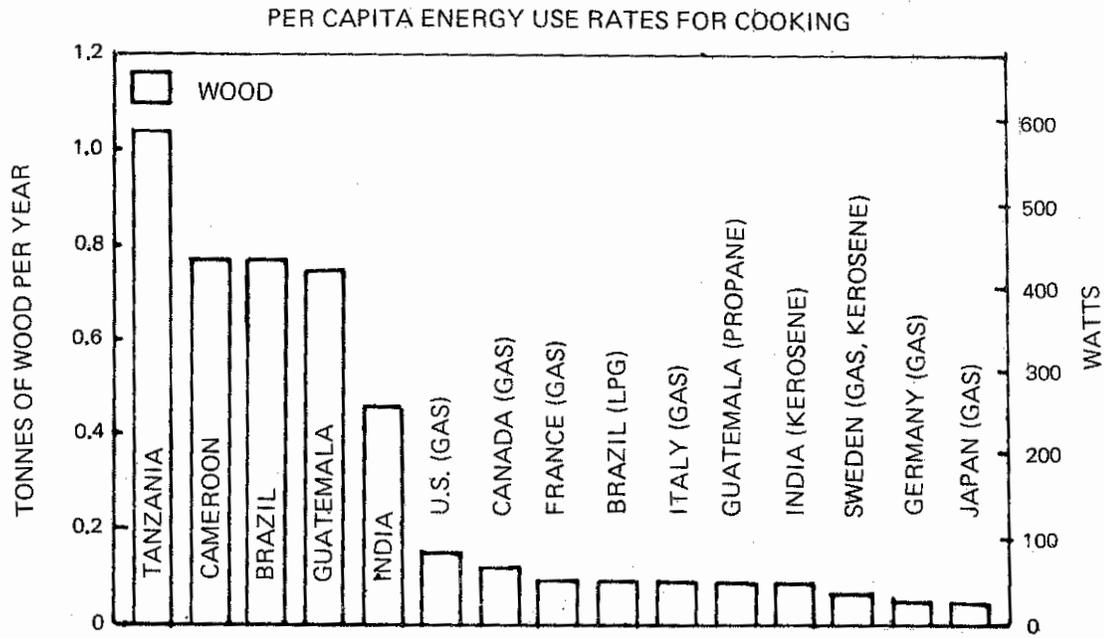


FIGURE 7

TABLE No. 2

Space heat requirements in single-family dwellings (kJ per m<sup>2</sup> per degree-day)<sup>a</sup>

**United States**

Average, housing stock <sup>b</sup>	160
New (1980) construction <sup>c</sup>	100
Mean measured value for 97 houses in Minnesota's Energy Efficient Housing Demonstration Program <sup>b</sup>	51
Mean measured value for 9 houses built in Eugene, Oregon <sup>d</sup>	48
Calculated value for Northern Energy Home in New York City area <sup>e</sup>	15

**Sweden**

Average, housing stock <sup>f</sup>	135
Homes built to conform to the 1975 Swedish Building Code <sup>g</sup>	65
Mean measured value for 39 houses built in Skane, Sweden <sup>h</sup>	36
Measured value, house of Mats Wolgast, in Sweden <sup>i</sup>	18
Calculated value for alternative versions of the prefabricated house sold by Faluhus <sup>j</sup>	
Version No. 1	83
Version No. 2	17

a The required output of the space heating system (i.e. heat losses less internal heat gains) per unit floor area per heating degree-C-day (base 18°C).

b See (27).

c As reported by the National Association of Home Builders (94).

d See (94).

e The Northern Energy Home (NEH) is a super-insulated home design sold in New England and based on modular construction techniques with factory-built wall and ceiling sections mounted on a post and beam frame. The energy performance was estimated using the Computerized Instrumented Residential Audit computer program (CIRA) (personal communication from D. Macmilland of the American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, DC). The house has 120 m<sup>2</sup> of floor area; triple glazed windows with night shutters; 20 cm (23 cm) of polystyrene insulation in the walls (ceiling); 0.15 ACH natural ventilation plus 0.35 ACH forced ventilation via 70% efficient air-to-air heat exchanger; and an internal heat load of 0.65 kW. The indoor temperature is assumed to be 21°C in the daytime, set back to 18°C at night.

f In 1980 the average values for fuel consumption, floor area, and heating degree-days were 98.5 GJ, 120 m<sup>2</sup>, and 4474 degree-days respectively, for oil-heated single family dwellings (95). To convert fuel use to net heating requirements, a furnace efficiency, of 66% is assumed.

g. According to (95), and assuming a single-story house with 130 m<sup>2</sup> floor area, no basement, electric resistance heat, an indoor temperature of 21°C, and 4010 degree-C-days.

The average for 39 identical, 4 bedroom, semidetached houses (112m<sup>2</sup> of floor area; 3300 degree-days):

The Wolgast house has 130 m<sup>2</sup> of heated floor space, 27 cm (45 cm) of mineral wool insulation in the walls (ceiling), quadruple glazing, low natural ventilation plus forced ventilation via air preheated in ground channels. Heat from the exhaust air is recovered via a heat exchanger. For 3800 degree-days. See (44).

The Faluhus has a floor area of 112m<sup>2</sup>. The more energy-efficient Version No. 2 (with extra insulation and heat recuperation) costs 3970 Swedish kronor (Skr) (\$516) per m<sup>2</sup> compared to 3750 Skr (\$488) per m<sup>2</sup> for Version No. 1. The electricity savings for the more efficient house would be 8960 kWh per year. The cost of saved energy (assuming a 6% discount rate and a 30-year life for the extra investment) would be 0,20 Skr per kWh (US\$0,026 per kWh). For comparison, electricity rates for residential consumers in Sweden consist of a large fixed cost independent of consumption level (about 1200 Skr (\$156) per year) plus a variable cost of 0,25 Skr per kWh (\$0,032 per kWh).

TABLE 3

All electric, 4 person, households  
with the most efficient  
technology available in  
1982-1983<sup>d</sup>

## Average households at present

End use	United States (1980) <sup>a</sup>	Sweden (1978-1982) <sup>b,c</sup>	United States	Sweden <sup>b</sup>
Space heat	890	900	60 e	65 f
Air conditioning	46	—	65 g	—
Hot water	280	180	43 b	110 <sup>i</sup>
Refrigerator	79	17	25	8
Freezer	23	26	21	17
Stove	62	26	21	16
Lighting	41	30	18 j	9 j
Other	80	63	75	41
<b>Total</b>	<b>1501</b>	<b>1242</b>	<b>328</b>	<b>266</b>

- a The total consists of 24% electricity and 76% fuel.  
b For details, see (49).  
c This total consists of 28% electricity and 72% fuel. 50% of the electricity is for appliances and 50% is for heating purposes.  
d With 100% saturation for the indicated appliances, plus dishwasher, clothes washer, and clothes dryer.  
e For the average-sized, detached, single-family house (150 m<sup>2</sup> of floor space); and average US climate (2600 degree-C-days); a net heating requirement of 50 KJ/m<sup>2</sup>/degree-day (Table 2), and a heat pump with a seasonal average COP of 2.6 (that of the most efficient air-to-air unit available in 1982).  
f For a Faluhus (Table 2) in a Stockholm climate (3810 degree-C-days). This house uses a heat exchanger to transfer heat from the exhaust air stream to the incoming fresh air.  
g For the average cooling load in air-conditioned houses in the United States (27 GJ per year) and a COP of 3.3 (the COP on the cooling cycle for the most efficient heat pump available in 1982).  
h For 59 liters of hot water (at 49°C) per capita per day (corresponding to 910 kWh/year/capita) and the most efficient (COP = 2.2) heat pump water heater available in 1982.  
i Per capita hot water energy use is assumed to be 1000 kWh per year, provided by a resistance heater. Ambient air-to-water heat pumps are not competitive at the low Swedish electricity prices.  
j Savings are achieved by replacing incandescent bulbs by compact fluorescent bulbs having an efficacy four times as large.

TABLE 4

Site energy intensity factors for commercial buildings (GJ per m<sup>2</sup> per year)

	Fuel use	Electricity Use	Total
<b>United States</b>			
Average 1979 building stock <sup>a</sup>	0.82	0.49	1.31
Current US practice <sup>b</sup>	0.16	0.57	0.73
Am. Inst. Architects (AIA) Res. Corp. redesigns <sup>b</sup>	0.07	0.40	0.47
AIA life-cycle cost minimum designs <sup>b</sup>	0.04	0.28	0.32
Enerplex South, Princeton, MJC	—	0.31	0.31
<b>Sweden</b>			
Average 1982 building stock <sup>d</sup>	0.66	0.38	1.04
Swedish norm for new construction <sup>b</sup>	0.57	0.19	0.76
Folksam Building, Farsta <sup>e</sup>	0.07	0.39	0.46
Harnosand Building, Harnosand <sup>f</sup>	0.12	0.13	0.25

a For an average of 2700 heating degree-C-days. See (51).

b Table 1.12 (p. 39) and Figure 1.61 (p. 156) in (52).

c For 2700 heating degree-C-days. Calculated, not measured values. See (96).

d Consumption corrected to normal weather (4010 heating degree-C-days). (Personal communication from L.-G. Carlsson, Natl. Energy Admin., Sweden, 1984).

e Measured values for the representative period Dec. 1978 to Dec. 1979 (3810 heating degree-C-days). "Fuel consumption" is the energy actually delivered by the district heating system (97).

f Measured values for 4600 heating degree-C-days. (Personal communication from K-Konsult, a Swedish architect-engineering consulting firm, 1984).

TABLE 5

Fuel economy for 4-passenger automobiles<sup>a</sup>

	Status	Fuel economy (liters/100 km (mpg))	Engine Power (kW)	Curb weight (kg)–	Drag coefficient
1981 Volkswagen Rabbit (gasoline)	commercial	7.9 (30)	55	945	0.42
1981 Volkswagen Rabbit (diesel)	commercial	5.3 (45)	39	945	0.42
Honda City Car (gasoline)	commercial	5.0 (47)	46	655	0.40
Volkswagen Experimental Car 2000 <sup>b</sup>	prototype	3.8 (62)	33	786	0.25
Volvo LCP 2000 <sup>c</sup>	prototype	3.6 (65)	66	707	0.27
Volvo LCP (potential) <sup>d</sup>	design	2.75 (85)	–	–	–
Cummins/NASA Lewis Car <sup>e</sup>	design	3.0 (79)	51	1360	–
Pertran Car (diesel version) <sup>f</sup>	design	2.2-2.4 (100-105)	–	545	0.25

a The 1978 world average automobile fuel economy was 13 liters per 100 km (18 mpg).

b 3-cylinder, direct injection, turbocharged diesel engine; more interior space than Rabbit; engine off during idle and coast (98).

c 2-passenger + cargo or 4-passenger; 3-cylinder, heat-insulated, direct-injection, turbocharged engine with multifuel capability (54).

d The Volvo LCP 2000 plus CVT and engine off during idle and coast features. (Personal communication to Frank von Hippel from Rolf Mellde, Volvo Car Corporation, Goeteborg, Sweden, 1985).

e 4-5 passenger; 4-cylinder, direct-injection, spark-assisted, multifuel capable, adiabatic diesel with turbo-compounding; 1984 model Ford Tempo body (56).

f Prechamber diesel engine with supercharger; CVT; flywheel for energy storage in braking (99).

## REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY\*

Marcio Nunes<sup>1)</sup>

### AN APPARENT CONTRADICTION

Many of the people responsible for energy planning in developing countries may, at some time, have asked themselves the following question: "Why reduce energy consumption if what my country needs is to consume more energy?"

This question obviously calls for a difficult and complex answer since, on the one hand, developing countries have to attempt to achieve a more adequate and rational evolution of the various consumption sectors and, on the other hand, they live immersed in a reality in which, in many cases, their rural or marginal-urban populations consume ten times less energy than an inhabitant of the developed world under similar climatic conditions.

To this apparent contradiction must be added a series of constraints of a political, economic, social and cultural nature which inhibit and/or hinder the development of programs to conserve energy or to increase the national energy supply, thus making the problems even more complicated. From this standpoint, the solution to the problem can only be found through coherent national energy planning in line with the reality of the country.

### ENERGY PLANNING AND OLADE

With few exceptions, energy planning in the countries of Latin Ameri-

---

\* Paper presented at the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy

1) Executive Secretary of the Latin American Energy Organization.

ca began only a few years ago, within the framework of a process to which OLADE has been closely tied.

Thanks to initial efforts made by the United Nations Organization, with the Energy Program for the Central American Isthmus (PEICA), and later with the participation of OLADE in expanding these efforts to all of Latin America through a program of methodology development and technical assistance, by 1981 there were energy balances for 22 countries of the region.

In implementing this program, use was made of the experience already gained by some countries in Latin America, in order to develop a methodology presenting the minimum amount of information necessary for the authorities of the official energy sector to be able to support the decision-making process in the area of energy policy, particularly with regard to rational use of energy.

On the basis of this program, for the first time ever it was possible to have an overview of the Latin American energy sector and, thus, to structure some priority studies which have been underway in the region with respect to energy planning and development of native energy sources.

Far from being concluded, this activity is in full swing, a new version of the energy balances document having been finished this year, with updated historical time series to 1983, for 25 countries.

This positive response from the countries has made it possible to initiate the preparation of a methodology drawn up with a useful-energy approach. This will permit knowledge about the different consumption sectors, forms of energy and end-uses in terms of useful energy.

In a region as extensive as Latin America there are necessarily sharp contrasts among the countries, particularly as a function of their natural resource endowment and respective degrees of development. It is for this reason that implementation of any program must be gradual, because it is no easy task to overcome obstacles jointly.

The Ministers of Energy of Latin America meet annually in the forum provided them by OLADE, with the conviction that the region must have sustained and integral economic development. It is worthless to identify focal

ports of industrialization in a country, sometimes with sophisticated industries in specialized branches, if in the same country there are areas of extreme poverty, with per capita levels of income and standards of living below the acceptable limits for human existence with dignity.

## **FUTURE RESOURCE SUPPLY AND DEMAND**

With the program of energy balances now implemented and fully underway in Latin America, another task —more complicated, but equally necessary— is currently being started: i.e., determination of what the energy sector needs of our countries will be over the next two decades.

This study, which to date covers nine countries, also includes aspects related to investment needs, technologies, services and products, and opportunities for conservation and substitution of energy.

The structure of supply in the Latin American energy sector will undergo significant changes before the year 2000. However, by the end of the century the new sources of energy will not manage to represent 10 percent of the energy supply, as had been estimated in studies done by OLADE and the United Nations at the beginning of this decade.

It is felt that the developing countries will keep their energy supply mixes composed primarily of hydrocarbons, biomass (especially firewood), hydroelectricity and, less intensively, coal and nuclear energy for electric power generation, as can be discerned from the energy resource assessment which OLADE has been carrying out.

With this panorama of supply possibilities, and with the demand that is being established for each country on the basis of the study of energy sector needs to the year 2000, later efforts should concentrate on the formulation of more suitable projects for energy sector development.

According to OLADE estimates, from the perspective of energy supply alone, between 1985 and the year 2000 the 26 member countries of the Organization would require investments on the order of US\$ 500 billion, in which the systems of energy production and transportation would have absolute pre-eminence.

## RATIONAL USE OF ENERGY

Given the magnitude of this figure and the difficulty of obtaining new financial resources which characterizes most of the Latin American countries —facts which will quite possibly continue to represent a severe limitation in the medium term— it becomes imperative to take rational use of energy into consideration within energy planning schemes, since it has been shown to play a major role, not only due to the benefits which may be attained in the short and medium terms through its implementation, but also due to the considerable reduction that could occur in investment requirements for the total energy supply.

In addition to treating rational use of energy as one element of energy demand analysis, specifically in terms of conservation and substitution, OLADE considers it an important instrument of energy policy, alongside other relevant elements such as technological development, participation of national industry and manpower training.

Rational use of energy, considered in this light, will permit the OLADE Member States to adopt policies that will aid in providing incentives through specific laws, lines of credit, fiscal incentives, domestic prices and other mechanisms, and in formulating specific programs for energy conservation and substitution.

The Permanent Secretariat of OLADE is developing a series of activities in the framework of its program for rational use of energy, for the purpose of gaining insight into the experience acquired by the member countries in the different consumption sectors and for promoting horizontal cooperation and transfer of technology in this field.

An analysis of the energy balances of the 26 member countries indicates that it is in the residential, transportation and industrial sectors that Latin America's energy consumption is concentrated, and it is in these that priority efforts are being made for the implementation of policies for rational use of energy.

Another problem which merits reflection is the one referring to the regional attitude that should be assumed with respect to technological problems. To what extent can an investment policy oriented to acquisition of a

national technology be valid if it proves more financially burdensome for the country than one which has been adapted from abroad and if it could also entail a negative energy impact through a larger energy consumption?

A consideration of this type would apparently be questioning some of the basic principles of national energy policies valid for any of the Third World countries, i.e., independent, sustained development and rationalization of the use of resources.

Despite the aforesaid, the developing countries can undertake a serious study of the possibilities for complementation and integration of their technological advances through horizontal cooperation, for the purpose of reducing the degree of their extra-regional dependence and their disbursements in foreign exchange, while analyzing the possibilities for initiating joint ventures in the manufacture of goods and the development of technological packages that can be disaggregated among the countries of the region.

OLADE views the unfolding of this problem with much concern, since the Organization is fully aware that this is a subject beyond simply the realm of the sector itself, and one which could have positive repercussions for the regional economy as a whole.

## **CONCLUSION**

As a point of reflection for the planners in Latin America, two aspects should be considered in the elaboration of plans for energy development and rationalization.

One is the need to analyze carefully the impact of applying policies for rational use of energy within an integrated national energy plan, to be made compatible with the country's overall development plan, in terms of macroeconomic variables and global policies. The second is related to the need to intensify efforts in order to eliminate the inequalities which, in terms of quality of life, are being accentuated not only among countries but also within these.

To accept the share of responsibility that corresponds to the energy sector implies a challenge that obliges us to work and cooperate with a Latin Americanist spirit which will sometimes find itself floundering in the course

of coming years but out of which we can only emerge stronger, to the extent that we have courage, determination and imagination enough to convert into concrete realities the aspirations of interdependence and integration at the regional level.

## REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY\*

Marcio Nunes<sup>1)</sup>

### AN APPARENT CONTRADICTION

Many of the people responsible for energy planning in developing countries may, at some time, have asked themselves the following question: "Why reduce energy consumption if what my country needs is to consume more energy?"

This question obviously calls for a difficult and complex answer since, on the one hand, developing countries have to attempt to achieve a more adequate and rational evolution of the various consumption sectors and, on the other hand, they live immersed in a reality in which, in many cases, their rural or marginal-urban populations consume ten times less energy than an inhabitant of the developed world under similar climatic conditions.

To this apparent contradiction must be added a series of constraints of a political, economic, social and cultural nature which inhibit and/or hinder the development of programs to conserve energy or to increase the national energy supply, thus making the problems even more complicated. From this standpoint, the solution to the problem can only be found through coherent national energy planning in line with the reality of the country.

### ENERGY PLANNING AND OLADE

With few exceptions, energy planning in the countries of Latin Ameri-

---

\* Paper presented at the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy

1) Executive Secretary of the Latin American Energy Organization.

ca began only a few years ago, within the framework of a process to which OLADE has been closely tied.

Thanks to initial efforts made by the United Nations Organization, with the Energy Program for the Central American Isthmus (PEICA), and later with the participation of OLADE in expanding these efforts to all of Latin America through a program of methodology development and technical assistance, by 1981 there were energy balances for 22 countries of the region.

In implementing this program, use was made of the experience already gained by some countries in Latin America, in order to develop a methodology presenting the minimum amount of information necessary for the authorities of the official energy sector to be able to support the decision-making process in the area of energy policy, particularly with regard to rational use of energy.

On the basis of this program, for the first time ever it was possible to have an overview of the Latin American energy sector and, thus, to structure some priority studies which have been underway in the region with respect to energy planning and development of native energy sources.

Far from being concluded, this activity is in full swing, a new version of the energy balances document having been finished this year, with updated historical time series to 1983, for 25 countries.

This positive response from the countries has made it possible to initiate the preparation of a methodology drawn up with a useful-energy approach. This will permit knowledge about the different consumption sectors, forms of energy and end-uses in terms of useful energy.

In a region as extensive as Latin America there are necessarily sharp contrasts among the countries, particularly as a function of their natural resource endowment and respective degrees of development. It is for this reason that implementation of any program must be gradual, because it is no easy task to overcome obstacles jointly.

The Ministers of Energy of Latin America meet annually in the forum provided them by OLADE, with the conviction that the region must have sustained and integral economic development. It is worthless to identify focal

ports of industrialization in a country, sometimes with sophisticated industries in specialized branches, if in the same country there are areas of extreme poverty, with per capita levels of income and standards of living below the acceptable limits for human existence with dignity.

## **FUTURE RESOURCE SUPPLY AND DEMAND**

With the program of energy balances now implemented and fully underway in Latin America, another task—more complicated, but equally necessary—is currently being started: i.e., determination of what the energy sector needs of our countries will be over the next two decades.

This study, which to date covers nine countries, also includes aspects related to investment needs, technologies, services and products, and opportunities for conservation and substitution of energy.

The structure of supply in the Latin American energy sector will undergo significant changes before the year 2000. However, by the end of the century the new sources of energy will not manage to represent 10 percent of the energy supply, as had been estimated in studies done by OLADE and the United Nations at the beginning of this decade.

It is felt that the developing countries will keep their energy supply mixes composed primarily of hydrocarbons, biomass (especially firewood), hydroelectricity and, less intensively, coal and nuclear energy for electric power generation, as can be discerned from the energy resource assessment which OLADE has been carrying out.

With this panorama of supply possibilities, and with the demand that is being established for each country on the basis of the study of energy sector needs to the year 2000, later efforts should concentrate on the formulation of more suitable projects for energy sector development.

According to OLADE estimates, from the perspective of energy supply alone, between 1985 and the year 2000 the 26 member countries of the Organization would require investments on the order of US\$ 500 billion, in which the systems of energy production and transportation would have absolute pre-eminence.

## RATIONAL USE OF ENERGY

Given the magnitude of this figure and the difficulty of obtaining new financial resources which characterizes most of the Latin American countries —facts which will quite possibly continue to represent a severe limitation in the medium term— it becomes imperative to take rational use of energy into consideration within energy planning schemes, since it has been shown to play a major role, not only due to the benefits which may be attained in the short and medium terms through its implementation, but also due to the considerable reduction that could occur in investment requirements for the total energy supply.

In addition to treating rational use of energy as one element of energy demand analysis, specifically in terms of conservation and substitution, OLADE considers it an important instrument of energy policy, alongside other relevant elements such as technological development, participation of national industry and manpower training.

Rational use of energy, considered in this light, will permit the OLADE Member States to adopt policies that will aid in providing incentives through specific laws, lines of credit, fiscal incentives, domestic prices and other mechanisms, and in formulating specific programs for energy conservation and substitution.

The Permanent Secretariat of OLADE is developing a series of activities in the framework of its program for rational use of energy, for the purpose of gaining insight into the experience acquired by the member countries in the different consumption sectors and for promoting horizontal cooperation and transfer of technology in this field.

An analysis of the energy balances of the 26 member countries indicates that it is in the residential, transportation and industrial sectors that Latin America's energy consumption is concentrated, and it is in these that priority efforts are being made for the implementation of policies for rational use of energy.

Another problem which merits reflection is the one referring to the regional attitude that should be assumed with respect to technological problems. To what extent can an investment policy oriented to acquisition of a

national technology be valid if it proves more financially burdensome for the country than one which has been adapted from abroad and if it could also entail a negative energy impact through a larger energy consumption?

A consideration of this type would apparently be questioning some of the basic principles of national energy policies valid for any of the Third World countries, i.e., independent, sustained development and rationalization of the use of resources.

Despite the aforesaid, the developing countries can undertake a serious study of the possibilities for complementation and integration of their technological advances through horizontal cooperation, for the purpose of reducing the degree of their extra-regional dependence and their disbursements in foreign exchange, while analyzing the possibilities for initiating joint ventures in the manufacture of goods and the development of technological packages that can be disaggregated among the countries of the region.

OLADE views the unfolding of this problem with much concern, since the Organization is fully aware that this is a subject beyond simply the realm of the sector itself, and one which could have positive repercussions for the regional economy as a whole.

## **CONCLUSION**

As a point of reflection for the planners in Latin America, two aspects should be considered in the elaboration of plans for energy development and rationalization.

One is the need to analyze carefully the impact of applying policies for rational use of energy within an integrated national energy plan, to be made compatible with the country's overall development plan, in terms of macroeconomic variables and global policies. The second is related to the need to intensify efforts in order to eliminate the inequalities which, in terms of quality of life, are being accentuated not only among countries but also within these.

To accept the share of responsibility that corresponds to the energy sector implies a challenge that obliges us to work and cooperate with a Latin Americanist spirit which will sometimes find itself floundering in the course

of coming years but out of which we can only emerge stronger, to the extent that we have courage, determination and imagination enough to convert into concrete realities the aspirations of interdependence and integration at the regional level.

## RATIONAL USE OF ENERGY IN CUBA\*

Milagros Montesino Pérez<sup>1)</sup>

A country like Cuba, in the midst of its development process, working to construct the material and technical basis for socialism and paying constant attention to the aim of trying to satisfy the most elementary needs and aspirations of our people, necessarily has to have a growing energy consumption.

Energy availability conditions the economic development of a nation. No matter what the line of development selected, energy consumption will grow; and the intensity of the rate of growth will be greater or lesser depending on the stage of development in which the country finds itself and the level it proposes to attain.

If structural changes are sought in economic development, as in Cuba, in order to reduce dependence on imports, diversify production and increase the degree of processing of natural resources, the rate of growth of energy consumption must necessarily be greater than if we were to limit ourselves to a certain level of development which did not entail major structural changes in the economy- and which would not, in the long run, meet the growing needs of the population. There must be a compulsory target, so that through the optimal use of this vital resource and the overall efficiency of our economy, the rate of growth of energy consumption will be smaller than the growth attained by our economy.

---

\* Document presented at the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy.

1) President of the Energy-Savings Commission of the Province of Cienfuegos, Cuba.

In 1959, with the triumph of the Revolution, Cuba, due to geographical, natural and neocolonial dependence factors, inherited an economy lacking its own fuel base.

The consumption of electricity, oil, and oil derivatives has been increasing considerably. The installed electric power capacity was then 397 megawatts. By 1982 that capacity had risen to 2333 megawatts; in other words, it grew sixfold. The transformations made have not been only of a quantitative but also of a qualitative nature, so that today there are efficient generating units which have made it possible to reduce specific fuel consumption from 298.6 g/kWh in 1958 to 277 in 1982.

We have no other abundant energy resources to produce electricity since we have no coal deposits and no important oil or gas reservoirs. Given the extension and shape of our country, we do not have large rivers permitting us to meet electricity demands with hydroenergy; however, the flow of some rivers is being harnessed and small flows in mountain areas are being used as economic and social solutions for remote regions of the country.

All of this fuel needed to produce electricity is imported; it primarily comes from the USSR.

In analyzing our energy economy, the conclusion was reached that it is an unpostponable need to make use of the means that Nature has put at our disposal, emphasizing petroleum exploration in order to attain a greater capacity for self-sufficiency in terms of this energy carrier.

For this purpose, in 1961 half of that year's financial resources were earmarked for investment in industry.

In the five-year period 1981-85, investments and other expenditures made in oil prospecting in Cuba rose to a figure of more than 400 million dollars. In the present five-year period, it is estimated that more than 200 wells will be drilled. The 1984 production amounted to 700,000 tons from 13 reservoirs and there is a program to increase reserves and exploitation, so that by the end of the next five-year period a production of 2,000,000 tons per year may be expected.

The consumption of oil and its derivatives has increased considerably

from the figures of 3.5 to 4 million tons prevailing prior to the Revolution. In 1984 it was more than 10 million tons. Also, changes have been made in the overall consumption structure, as a function of fuels. Per capita oil consumption, which was 533 kg before the Revolution, is now 1051 kg.

In 1959 there was an oil refining capacity of some 4,000,000 tons; in those same refineries, approximately 6.5 million tons of oil are now being processed. This represents 60% more than we consume. A new refinery is being built and should go onstream during the next five-year period, with a capacity of 3 million tons, so that the increase in national crude oil can be processed.

Nowadays within the national energy balance, bagasse accounts for 29% of consumption; in other words, we are using 20,000,000 tons of bagasse, equivalent to approximately 4,500,000 tons of petroleum. This energy source so far constitutes our foremost national energy resource, having practically eliminated fuel oil consumption in raw sugar production.

In examining the prospects for our energy development in the medium and long terms, we foresee that the fundamental bases on which our energy solutions will rest are as follows:

- Imported oil and its derivatives will continue to have an important weight in our country's energy balance.
- The development of research on our oil possibilities will continue to be a prime task.
- Sugarcane as a source of energy will continue to hold a notable place in the satisfaction of growing needs for energy carriers.
- Other secondary and renewable sources will be used.
- The country's electric power development will fundamentally be based on the use of atomic energy, which will lead to a larger degree of electrification in the economy.

The first nuclear power plant is under construction. It will be equipped with 417 - MW reactors. Work is also underway on research and microlocat-

ing of another station in the eastern region of the country, and the first steps are being taken to locate a third plant in the western area of the country. A 417-MW reactor will represent the substitution of approximately 600,000 tons of imported fuel oil.

In addition, to attain a high degree of efficiency in the economy, especially in savings and rational use of energy –which is precisely the stage of work at which we find ourselves– the situations that contribute significantly to making use of our available energy less efficient need to be eliminated through increased technological discipline and consumption demands and controls, without sizeable investments.

In keeping with our objective possibilities, work is also in progress on increasing the energy efficiency of existing facilities, through the introduction of technological improvements, which call for investments and decisions to purchase or develop more efficient technologies.

The directors of our government have oriented the creation of an organic structure capable of overseeing the development of activities for energy savings and rational use of energy throughout the country, with the adoption of concrete measures in each center of work, for the purpose of obtaining not only the planned energy savings but even larger ones.

The embryo of this structure is constituted by the non-professionalized group known as the Advisory Technical Group on Energy, created pursuant to Agreement No. 668 of the Council of Ministers in November 1979, the functions of which include studies and recommendations for rational use, savings, research and development of energy resources.

This agreement implemented Energy-Savings Commissions at the level of companies and units of production or services in the organizations of the Central Administration of the State and in the Local Bodies of the People's Power.

As a result of the work of the Group and its refinement, at the end of 1983 and in compliance with the provisions of Law-Decree 70, the National Energy Commission was created under the Council of Ministers. Commissions were accordingly created or restructured at the level of provinces and municipalities; regulations were drafted for these commissions; and their main func-

tions and attributions were approved and systematized, as well as their relations among themselves and with the National Commission.

At the same time, the Executive Committee of the Council of Ministers decreed the creation of Technical-Energy Areas and of State Energy Inspection Offices at the national and provincial levels, defining their functions and attributions through Resolutions 01, 02 and 03, and establishing that the organizations of the Central Administration of the State and the Local Bodies and the companies and budgeted units which were large consumers of fuels, electricity and lubricants create an area of energy direction in charge of planning, controlling and taking measures with respect to energy consumption, and of defining the budgeted companies and units considered to be large consumers.

With the creation of these commissions in provinces and municipalities, a harmonious combination of centralized and territorial direction was achieved in rational-use and energy-savings efforts, as experience has shown in this period. The provincial commissions are normatively and methodologically subordinate to the National Commission and administratively subordinate to the Executive Committee of the Municipal Body of the People's Power.

It should be noted that their principal accomplishment has been to provide cohesion among all of the territorial factors, with minimal support from the qualified personnel dedicated to this task and grouped in the Areas of Energy Direction under the provinces' Local Bodies of the People's Power.

The basic attributions of the Energy-Savings Commissions are to monitor strict compliance with the legal dispositions for energy savings in the territory, in keeping with the measures ordered for that purpose and with the standards and methodologies dictated by the National Energy Commission. They are also responsible for coordinating the tasks related to energy economy and for guaranteeing, at their level, collaboration among the representatives of the State entities. To that end, they control:

- Compliance with the measures for rational use and savings of fuel, electricity and lubricants established in the Program of Measures To Assure Economic and Social Objectives.
- Elaboration of energy plans in time and space.

- Assurance of high economic effectiveness in the use of energy carriers, electricity and lubricants.
- Compliance with the technical and economic parameters of the energy balance.
- Compliance with the regulations and norms established for savings and rational use of fuels, electricity and lubricants in the implementation of new investments.
- Substitution of oil derivatives by biomass; production and use of biogas; use of solar energy; installation of micro, mini and small hydro-power stations; and promotion of the use of other new and renewable sources of energy.
- Continued development, by all possible means, of energy awareness among our people and especially our workers.

As for their control activities, the commissions have the attribution of requiring that the directors of companies and units in the territory submit reports on energy economy activities; likewise, if an energy consumer exceeds, for a given period, the quota which corresponds to it according to the plan of established consumption indexes, the commissions may demand that the competent organizations set up measures to guarantee that the planned consumption levels or indexes not be exceeded, and may apply sanctions in keeping with the legislation in force, as deemed fitting.

Among the key elements in monitoring work in planning, use and savings of energy in the national economy, there is the State Energy Inspection Office, to develop systematic, in-depth energy audits and thereby detect the causes of overconsumption in an important number of companies in the country, with recommendations to be followed up on later.

The State Committee on Prices issued a resolution which establishes penalties for excess consumption above and beyond the limits envisaged; following a technical analysis of statistical information, the Provincial Commissions define which ones are ratified.

The payment of special premiums for energy savings has also been anticipated; at present, workers from 257 companies are included.

Within the aim of converting savings and rational use of energy into a task of the masses, a fundamental role was played by the so-called Workers Union (CTC), which urged all workers to analyze the behavior of energy economy at the Regular Assemblies of Production or Services, as well as to apply the measures derived therefrom and to delve into greater depth in making the workers' collectives aware of this topic, as a step prior to the I National Energy Forum held in December 1984, at which 3293 papers were presented and 677 were analyzed in the Central Court. Fifteen papers won special awards.

This event made it possible to look deeper into the broad prospects opening up in this field of energy economy at all levels and ended with the enlightening remarks of Fidel Castro, who outlined an economic strategy to be followed for the field of energy and the economy in general.

Current energy planning should respond to the economic strategy outlined for the five-year period 1986-1990 and to the general ideas for development to the year 2000. Already in the 1985 Plan, allocations of fuel and electricity have begun to be made on the basis of the criteria of economic effectiveness and the principle of priority.

There is an agreement with the Soviets that the savings we have on the committed amounts of fuels will be converted into foreign exchange, and it has a fundamental influence on the adoption of energy policy.

This possibility, so advantageous for our country on the financial front, stimulates the use of methods which will allow us to make this mechanism for additional revenue effective.

In the sphere of energy, the years 1983 and 1984 were encouraging ones.

For that reason, and as Fidel himself stated in his closing remarks to the I National Energy Forum, the policy for energy savings and rational use, through the application of scientific advances and innovative technologies, are today considered as a new source of energy.

Among the fundamental aspects and measures which have a bearing on energy savings and rational use in the different branches of the economy and services, there are the following:

- Strict control of each one of the energy carriers, analyzing periodically, as required, how it is behaving with respect to what was planned.
  - Implementation of the reading of meters and recording of these readings for their comparative analysis with the established index and allocations.
  - Preparation and control of the study on accommodation of load.
  - Elevation of the power factor with which work is done in the installations, to no less than 0.9.
  - Analysis of the work regime of electric motors and transformers, working on substitution of oversized models.
  - Utilization of transparent roofing tiles.
  - Systematic struggle against losses and leaks, with an increase in operation and maintenance demands, taking into account the following actions, among others:
    - To check on the state of thermal insulation in the pipes for hot and cold fluids, taking steps to have them repaired or renovated.
    - To guarantee maximum hermeticity in doors and windows of locales having air conditioning or refrigeration.
  - To determine optimal parameters for fuel temperature and pressure in burner feed systems.
  - To do a systematic chemical analysis of exhaust gases in order to control combustion efficiency.
  - To follow up on implementation.
  - To maintain in good technical condition the feed systems of diesel engines and to pay maximum attention to the calibration and regulation of gasoline engines.
- To make full use of transportation capacities, mainly avoiding trips

without loads.

- To determine the cleaning cycle of condensers.
- To control increases in condensation pressure and analyze their causes.
- To work for the maximum utilization of combined steam-and-electricity (co-generation) facilities.
- To optimize use of bagasse and residues from cane harvests.
- To improve use of electrical appliances, with orientation in this regard through radio, written press, posters and study materials.

The aspects listed above, and others which we have not mentioned, have been taken into consideration in concrete plans prepared by organizations, territories and even basic entities.

The work that we have discussed shows our experiences, how far we have advanced, and the premises on which our energy strategy is based. The latter does not call for renouncing any of the advances we have made thus far; specifically, it calls for optimizing our efforts, optimizing the use of resources, simply optimizing with a view to the future and with the unanimous and firm decision of the Cuban people to gain a victory.

## RATIONAL USE OF ENERGY IN CHILE\*

Marcia Zeladam<sup>1)</sup>

### 1. GENERAL FRAMEWORK

To conserve energy essentially means to use it in a rational way and, more precisely, to produce it and consume it under conditions of economic efficiency. Thus, concepts such as savings, resource assessment, substitution, cost minimization and various others are nothing more than parts of the large problem of efficient operation and development of an energy system. How to establish these conditions of efficiency constitutes the reason for being of an energy policy.

The Chilean energy policy is grounded in the general framework of socio-economic development defined by the government, which recognizes the importance of the market as an element of resource allocation, the need to regulate natural monopolies, and the need for the State to play an active, but subsidiary, role in the area, while permitting the private sector to play an increasingly larger role.

The principal mechanisms for implementing the above-mentioned policy are as follows:

- Realistic and coherent pricing policies, reflecting the real opportunity value of the various energy goods and services.

---

\* Document presented at the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy.

1) Engineering Project Chief, National Energy Commission of Chile.

- Institutional and legal adjustments by the firms in the area.
- Increased participation by the private sector.
- Coordination of the investment decisions of the State enterprises that are involved in the sector, with the criterion of maximum benefits for society at large.
- Active participation of the State in energy resource evaluations, when the prospects for exploitation so justify.
- Implementation of mechanisms of information on technologies and prices, leading in decentralized fashion to rational and efficient use of energy.

It is worthwhile to note that efficient use of energy should not be handled through drastic and specific regulations, but rather through a set of "rules of the game" and suitable incentives. Undoubtedly, the fundamental basis for the sound use of energy must lie in a realistic pricing policy.

In relation to the pricing policy for the hydrocarbon sector, as of 1978 a total liberalization of prices was gradually implanted, doing away with special subsidies and taxes. Currently, prices are floating and their determination has been left up to international prices, reflecting the opportunity cost that these have for Chile. Due to the fact that our country imports approximately 45% of its hydrocarbon needs, the equilibrium price has tended towards what is termed "import parity", that is, the international price plus freight and import tariffs amounting to 20%.

As for coal, the situation is similar: there is ample freedom to export and import this product and its price is floating. Under these conditions, the equilibrium price tends to settle around the import-parity price when there is a deficit in internal supply, or else around the cost of domestic production when national supply exceeds demand.

In the electric power sector, as of late 1980 a rates system based on marginal-supply costs was established. It is applied to the utilities, and to the end-users having consumptions of less than 2000 kW. The rest of the supplies have floating prices. This has made it possible to assure greater efficiency of

operation and, added to new laws for the sector, has provided incentives to the participation of private capital both in the development and commercialization of electricity.

Besides the pricing policy, incentives have been provided to the participation of the private sector in energy projects. For example, in the coal sector, the mine in Pecket is about to open. Bidding was done and a private consortium in the southern part of the country was awarded the mine. It will supply coal to the thermoelectric stations located in the northern part of the country. It should be noted that, starting in 1987, these thermal stations will make it possible to replace 400,000 tons per year of the oil used currently in local electricity generation, with the consequent economic and national-independence benefits, since it will substitute for 8% of the country's total oil consumption. As for the electric power sector, the State has transferred utilities to private consortiums. It has also implemented a center of economical load-dispatching which assures any generating firm's access to the electric power system. In the area of hydrocarbons, the policy is to ask for bids on exploration and exploitation in different areas of the country through risk contracts. Bidding has also been done on natural gas reserves in the area of Magallanes, and these were awarded to two international consortiums, which will produce methanol and fertilizers for exportation. This effort entailed previous State participation in what was resource assessment, keeping clearly in mind a criterion of maximum community benefit.

## **2. RESULTS OF THE POLICY APPLIED**

For Chile, application of the energy policy has meant greater efficiency in resource allocation, which has translated into an energy supply at the lowest possible costs compatible with national and international realities. This, together with information on existing technologies, has led to sound decision-making for the production and rational use of energy, by both producers and consumers alike.

In this sense, the role played by prices in energy savings and in the substitution of expensive resources such as oil by other plentiful and cheap resources such as coal, hydroelectricity and firewood should be highlighted. Thus, in 1974 oil consumption represented 51% of the country's gross consumption, whereas it currently represents only 41%. If we look at the case of firewood and coal, it is easy to see how these were substituted for by oil in the 1960s, since from almost 21% and 26%, respectively, in 1960, coal's and

firewood's shares went to 14% and 15% in 1970. Meanwhile, oil, which in 1960 accounted for 38% of consumption, went to 51% in 1970 and 51% in 1974. With respect to hydroelectricity, this has seen a larger degree of development of late: from a 16% share in 1974, it rose to 21% in 1984. This was due to adequate planning and execution of works.

As for firewood, the increase in its consumption has been quite significant in recent years, since it had a growth rate of 2%, 8% and 4% in 1982, 1983 and 1984, respectively. This has been due in part to the dissemination which it has had, considering its low cost in comparison with other forms of energy. For this reason, many small businessmen have developed firewood-burning devices for industry and the residential sector, and these have been widely accepted by the population at large. Furthermore, they have managed to transform heaters which were primitively run on kerosene into sawdust-burning stoves. This transformation has also been achieved in the industrial sector, since the increase in firewood consumption between 1980 and 1984 was 25% in this sector. Figure No. 1 and Table No. 1 show the participation of each form of energy in primary energy consumption.

FIGURE 1

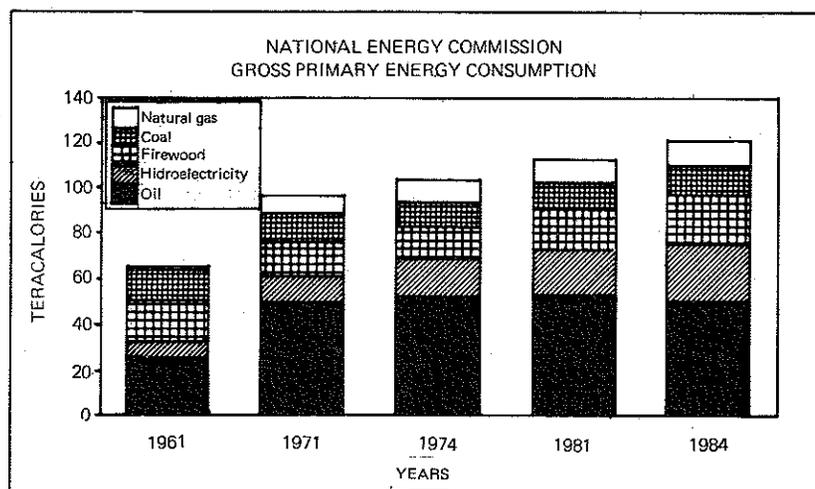


TABLE 1  
GROSS PRIMARY ENERGY CONSUMPTION (%)

	1960	1970	1974	1980	1984
CRUDE OIL	38	51	51	47	41
NATURAL GAS	2	8	9	9	10
COAL	21	14	11	10	10
HYDROELECTRICITY*	13	12	16	18	21
FIREWOOD AND OTHERS	26	15	13	16	18

\* Hydroelectricity has been considered in rate of 2.750k Cal/kWh.

In relation to the historical rate of growth in secondary energy consumption, oil and its derivatives declined from 7% annually in the decade from 1960 to 1970 to 1.3% annually in the decade from 1970 to 1980. The realistic domestic pricing policies which were implemented, together with other policies, have led the growth rate to become negative over the last four years, with an average of -2.5% annually. If we look at the case of coal, its consumption declined at average rates of -0.1% annually in the decade of 1960-70 and -1.4% annually in the period 1970-80, due mainly to the substitution of this form of energy by petroleum; however, in most recent years (1980-84) its consumption has increased at a rate of 2.2% annually, despite the low which occurred in 1982 owing to the economic contraction. The projections made show that, as a result of the oil-substitution projects underway, the coal consumption in 1988 will be equal to twice that prevailing in 1983. Table No. 2 indicates the annual growth rate of historical consumption.

TABLE 2  
ANNUAL GROWTH OF CONSUMPTION (%)

PERIOD	OIL AND DERIVATIVES	ELECTRICITY	COAL	WOOD
60-70 (average)	7.0	5.0	-0.1	-1.5
70-80 "	1.3	4.4	-1.4	2.0
81	-0.3	3.3	1.9	0.2
82	-7.9	-2.1	-32.6	2.1
83	-2.4	7.0	20.5	7.9
84	-1.2	6.0	31.6	3.6

## 2.1 Sectoral Analysis

If we now refer to final energy consumption, and analyze the sectoral evolution of consumption, we can appreciate the fact that the distribution in the three sectors, i.e., transportation, industry and mining, and commercial, public and residential, has not varied much over the years. This can be seen in Table No. 3.

TABLE 3

### EVOLUTION OF FINAL ENERGY CONSUMPTION BY SECTORS (%)

	1970	1975	1980	1984
TRANSPORTATION	33	28	31	30
INDUSTRY AND MINING	35	36	38	38
COMMERCIAL, PUBLIC, RESID.	32	36	31	32

### 2.1.1 Transportation Sector

Tables Nos. 4A and 4B show the evolution of the final consumption of energy products in this sector between the years 1975 and 1984. The importance of oil derivatives can be seen therein: in 1984 they represented 99% of the sector's consumption. It is also interesting to note that, although the motor park has increased over the last four years, total consumption in the sector diminished by 3% during 1980-1984.

If a more disaggregated analysis is done of this sector, it can be subdivided in turn into overland transportation, rail transportation, maritime transportation and air transportation, the most important of these being overland, which in 1984 accounted for 84% of the sector's consumption. Hence, emphasis has been placed on trying to implement an adequate system of recovery of the costs of roadway infrastructure so that there will be an efficient allocation of load among the different means of transportation, especially in relation to the use of the railway, which is the most efficient from an energy standpoint. Studies have also been done, and are being done, on the cost of

TABLE 4A

**EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT END-USE IN THE TRANSPORTATION  
SECTOR (TERACALORIES)**

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES AND NATURAL GAS	14,544	20,838	17,276	24,093	23,968
ELECTRICITY	134	174	151	170	193
COAL	2,681	1,722	903	531	3
TOTAL	17,359	22,734	18,330	24,794	24,164

TABLE 4B

**EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT END-USE IN THE TRANSPORTATION  
SECTOR (cb)**

	1965	1970	1975	180	1984
OIL DERIVATIVES AND NATURAL GAS	84	92	94	97	99
ELECTRICITY	1	1	1	1	1
COAL	15	7	5	2	-

congestion, since if a good system of charges for the cost of congestion in the center of cities were applied, incentives would be provided to the use of mass means of transportation, which are more efficient from the standpoint of the fuel spent per person. In this regard, note should be made of some of the measures which have been taken, e.g., elimination of parking lots in downtown Santiago, which has led the public to use other cheaper and more efficient alternatives such as the subway. Bus lanes have also been created; these facilitate their transit and thereby produce a fuel savings.

One interesting accomplishment to be noted with respect to overland transportation is the number of liters consumed per day per vehicle. This figure dropped by more than half in the 1970-83 period, going from 16.5 to 6.9

liters/vehicle/day. This has been due in part to the technological change which has occurred during the last decade, primarily in vehicle-producing countries, as a consequence of the increase in oil prices, and to the pricing policy which has been implemented in order to encourage greater efficiency in the use of resources.

### 2.1.2. Industrial and Mining Sector

The industrial and mining sector is one of these which has contributed, and which can contribute, the most to the programs for conservation and rational use of energy. For the purposes of analysis, Table No. 5 shows the evolution of the final consumption of energy products in this sector between 1965 and 1984, and Table No. 6 indicates the percentage shares of each form of energy in the sector.

TABLE 5

#### EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT END-USE IN THE INDUSTRIAL AND MINING SECTOR (TERACALORIES)

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES AND NATURAL GAS	8.321	11.544	12.221	13.493	11.734
ELECTRICITY	3.097	3.728	4.034	5.516	6.059
COAL AND COKE	5.257	4.917	3.440	4.279	5.390
GAS					
FIREWOOD	1.719	2.261	2.779	5.022	6.234
TOTAL	19.250	23.824	23.559	29.874	30.738

The importance of oil derivatives can be seen in the foregoing tables. However, it is also clear that over the last decade they have been replaced by other, cheaper forms of energy. The most relevant substitutions have been by firewood and coal, the increases in whose consumption were 124% and 57%, respectively, between 1975 and 1984.

For a more in-depth analysis of this sector, it has been divided into

two subsectors which have completely different characteristics: one with the large industries and important mines, and another with miscellaneous industries and mines. A short analysis of each appears below.

TABLE No. 6

**EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT CONSUMPTION IN THE RCP SECTOR (%)**

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES AND NATURAL GAS	43	48	52	45	38
ELECTRICITY	16	16	17	18	20
COAL AND COKE	27	21	15	14	18
GAS	5	6	4	6	4
FIREWOOD	9	9	12	17	20

**2.1.2.1. Subsector of Large Industry and Mining**

In 1984 the energy consumption of this subsector represented 71% of the total consumption of the industrial and mining sector.

Since this subsector is the one which groups major industries and mines, not many studies have been done with the aim of creating energy conservation program because, given their size, these enterprises are self-motivated to lower their costs and one of the important items is energy.

For the sake of example, it is interesting to see how these sectors have been changing the energy mix they use in production, in favor of others which are cheaper and more efficient; this implies certain technological changes in the processes. Between 1980 and 1984, the coke sector's consumption of fuel oils fell by 30,000 tons and coal consumption grew by 60,000 tons. Another important substitution took place in the iron sector, where 50,000 tons of fuel oil were replaced by 74,000 tons of coal. The paper and pulp sector has reduced its consumption of fuel oil by 35,000 tons and increased its firewood consumption by 300,000 tons over the last four years.

Tables Nos 7. and 8 indicate the variation in the consumption of some forms of energy in this sector.

TABLE No. 7

**FUEL OIL CONSUMPTION (THOUSANDS OF TONS)**

	1980	1984	% VARIATION
COPPER	345	319	-19%
IRON	54	4	-93%
PAPER AND PULP	104	69	-34%
IRON AND STEEL	67	38	-43%
PETROCHEMISTRY	5	—	-100%

TABLE No. 8

**COAL CONSUMPTION (THOUSANDS OF TONS)**

	1980	1984	% VARIATION
COPPER	38	98	158%
IRON	0	74	
SUGAR	69	132	91%

The preceding tables point to the substitution of 154,000 tons of fuel oil and an increase of 197,000 tons of coal between 1980 and 1984, only in the subsectors under analysis. It is interesting to note that, in addition to producing a foreign exchange savings for the country, through this substitution there was an improvement in efficiency due to changes in the processes.

**2.1.2.2. Subsector of Miscellaneous Industry and Mining**

In 1984 this subsector represented 29% of the total consumption of the industrial and mining sector. Since it is one in which many of the enterprises are small or medium-sized, it is more difficult to study. Furthermore, it is not very likely that there would be qualified personnel to study the energy

problem, due to which fact some manuals on energy savings in industry have been distributed. In any event, energy prices have played a very important role in the adaptation of their processes so that they will be as economical and high-yielding as possible.

The National Energy Commission conducted a 1985 study on the energy consumption of this sector, in order to see what was being consumed currently and what would be consumed in the future, on the basis of the substitutions that would be, or had been, done.

One very important conclusion of this study was that, of the total number of enterprises studied, 74% had conducted studies to review the convenience of substituting for the energy they were using.

From the study it was possible to see that the major substitutions which had been made, or which were being made, were related to the replacement of fuel oils and diesel oil by coal and firewood. Thus, the future consumption (2 to 5 years) of fuel oils would decline by some 59% and diesel by 39%, while coal consumption would increase by 186% and firewood by 163%.

Table No. 9 shows 1984 consumption, future consumptions (2 to 5 years) and the variation which will be experienced.

Another interesting point of the study was to see how these substitutions would gradually be made. Of the total consumption in the future, 35% will be equal to the 1984 consumption, 16% will correspond to the consumption by enterprises which had already made substitutions in 1984, another 16% to the consumption of enterprises that made substitutions in 1985, and the remaining 33% to enterprises which will make consumption substitutions within a 1-to-5-year period.

### **2.1.3. Commercial, Public and Residential Sector**

Tables Nos. 10 and 11 show the evolution of the final consumption of energy products in this sector between the years 1965 and 1984, in teracalories and percentages. The importance of firewood, oil derivatives and electricity with respect to the sector's total consumption can be seen, with their

TABLE No. 9

**MISCELLANEOUS INDUSTRY AND MINING**

	1984 CON-SUMPTION	FUTURE CONSUMP	% VARIATION
FUEL OILS (tons)	78.473	32.386	-59%
DIESEL OILS (m3)	20.622	12.574	-39%
KEROSENE (m3)	6.806	12,248	80%
PIPE GAS (Mm3)	354	331	-6%
LPG (tons)	4.128	3.973	-4%
COAL (tons)	33,823	96,652	186%
STEEL WOOL (tons)	8,036	20,955	161%
FIREWOOD (tons)	52,789	139,034	163%

consumptions of 51%, 27% and 13%, respectively. Looking at Table No. 11, we can see that between 1980 and 1984 the consumption of oil derivatives fell by 11%, whereas that of firewood increased by some 8% and electricity by some 26%.

TABLE No. 10

**EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT CONSUMPTION IN THE RCP SECTOR (TERACALORIES)**

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES	4,528	7,434	7,810	8,008	7,090
NATURAL GAS	1,169	1,530	2,118	2,715	3,430
ELECTRICITY	1,197	770	616	174	136
COAL	557	523	1,434	1,669	1,984
GAS	13,762	12,012	11,144	12,292	13,290
FIREWOOD					
TOTAL	21,213	22,269	23,122	24,858	25,930

In this sector, the studies have mainly centered on the residential area, due to the fact that it is the sub-sector which consumes the most. In any case, in the commercial and public areas, changes in consumption have been detected, primarily oil derivatives by firewood.

As for the residential sector, the National Energy Commission has carried out a series of studies geared to analyzing the efficiency of kitchen appliances, water-heaters, and space-heaters, besides specific studies referring to efficiency in wood stoves, owing to the fact that this form of energy is widely used for cooking, above all in the southern part of the country. These studies were done in the field in order to have a preliminary quantitative evaluation of the possibility of introducing improvements in the efficiency of use of this form of energy, as well as of introducing stoves in households, since ovens were used for cooking. An important conclusion of this study was that, with slight modifications, indicated to the persons present, it was possible to obtain firewood savings with an average value of approximately 6%.

Another very important study conducted between 1982 and 1983 was a nationwide survey on energy consumption in the residential sector, in order to have a more detailed picture of the types of energy and their uses both by rural and urban zones and by different socioeconomic strata, as well as the seasonality of their uses and the devices used. As a result of this survey, it was possible to detect the importance of firewood; later on, studies on efficiency were implemented and put at the disposal of interested parties. This, together

TABLE No. 11

**EVOLUTION OF ENERGY-PRODUCT CONSUMPTION IN THE RCP  
SECTOR (%)**

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES AND NATURAL GAS	21	33	34	32	27
ELECTRICITY	6	7	9	11	13
COAL	6	3	3	1	1
GAS	2	3	6	7	8
FIREWOOD	65	54	48	49	51

with the pricing policy, has brought about a change in the energy consumption of the residential sector, basically in the direction of electricity and firewood. As an example, we can cite the fact that some small industries are making modifications in kerosene stoves so that they can be used with firewood or sawdust.

### 2.1.4 Transformation Centers Sector

This sector is discussed separately from the others since it does not represent an energy end-use, but rather only a transformation. In any case, it is a very important sector in terms of consumption due to the fact that it represents approximately 25% of the country's total energy consumption. Table No. 12 shows the percentage distribution of consumption between 1965 and 1984. It is interesting to note how the importance of oil derivatives has diminished, going from 43% in 1975 to its current 27%, with substitutions mainly by coal.

TABLE No. 12

#### CONSUMPTION OF ENERGY PRODUCTS IN THE TRANSFORMATION CENTERS SECTOR (%)

	1965	1970	1975	1980	1984
OIL DERIVATIVES	37	36	43	38	27
ELECTRICITY	1	1	2	2	2
COAL AND COKE	30	35	31	36	42
GAS	31	27	23	23	26
FIREWOOD	1	1	1	1	3

Owing to the fact that, in general, the industries of this sector are large in size (oil refineries, electric power stations, producers of liquefied gas, etc.), prices have been the most effective tool for rational use of energy, since there

is personnel capable of carrying out its own programs of conservation and rational use of energy.

For the sake of illustration, we can indicate that in the self-generating electric power sector 476,000 tons of fuel oil were consumed in 1980 whereas only 259,000 tons are being consumed at present. Meanwhile, 55,500 tons of diesel oil were consumed in 1980 and only 25,200 tons currently. This has been substituted for be coal, with a variation from 3000 tons in 1980 to 253,000 tons in 1984, due to a program of substitutions in the thermal stations of the North, which mainly supply the copper mines.

### **3. OUTLOOK FOR CONSUMPTION AND EXTERNAL DEPENDENCE**

Demand for 1984-88 is estimated below, on the basis of substitutions already programmed and on increases in plant-fuel consumption.

As for the evolution of primary energy demand, it is estimated that this will grow by approximately 22% between 1984 and 1988. If an analysis is done by subsectors, oil demand will drop by 2.7% in 1988 over 1984; this drop will be the outgrowth of the growing replacement of oil by other forms of energy, especially coal to be used in thermoelectric generators and industrial boilers, and also by firewood and forest residues.

Hydroelectricity will see an increase on the order of 12% between 1984 and 1988.

The country's 1988 coal demand is estimated as 50% higher than that of 1984; this can be explained by the start-up of thermoelectric units in the northern part of the country, using coal instead of oil.

In relation to firewood demand, a 24% increase is foreseen between 1984 and 1988.

In Table No. 13 appear the projections for primary energy consumption between 1984 and 1988 and in Figure No. 2 appear the shares of the different forms of energy, with their respective projections.

It is interesting to note the important growth rate which oil consumption was experiencing in the past and which led to duplication of demand

TABLE 13

**PROYECCION CONSUMO ENERGETICOS**

	1984	1985	1986	1987	1988
OIL (thousands of m3)	5.570	5.374	5.352	5.405	5.420
FIREWOOD (thousands of tons)	6.246	6.712	7.090	7.423	7.760
COAL (thousands of tons)	1.828	1.859	1.969	2.341	2.748
HYDROELECTRICITY (GWh)	9.325	10.367	11.157	11.085	11.371
NATURAL GAS (millions of m3)	743	752	761	770	779

once every 10 years; it has currently been reduced to zero as a consequence of the government's programs to substitute with coal and hydroelectricity and of the realistic pricing policy which has led users to save oil and to substitute for it, basically with coal and firewood, therefore increasing the participation of native energy sources in the national supply mix.

FIGURE 2

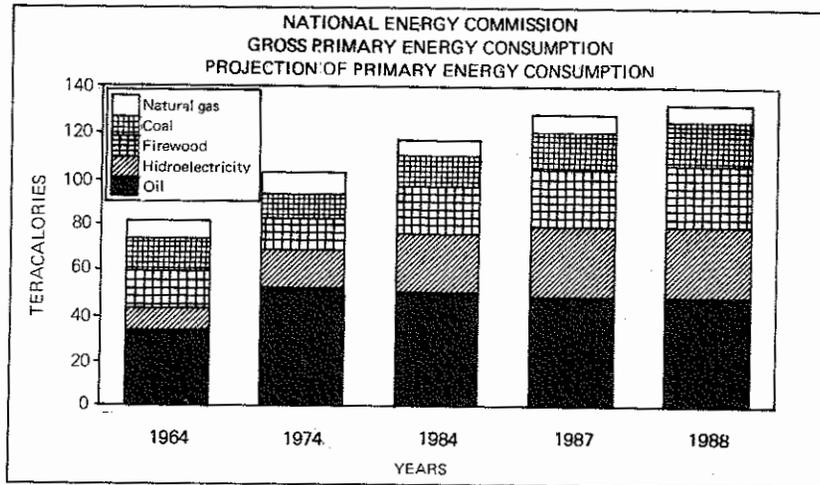


FIGURE 3

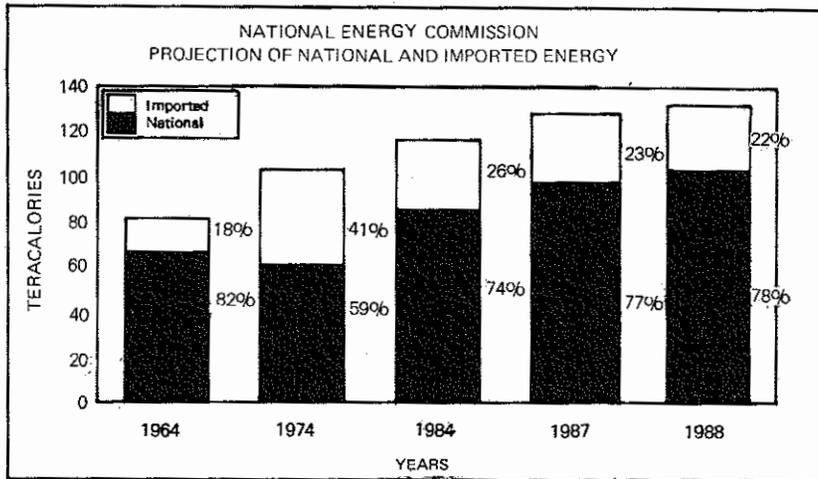


Figure No. 3 shows past and projected consumption in terms of national and imported energy. It is worthwhile to note how in the 1964-74 decade imported energy went from an 18% to a 41% share, mainly due to the increase in the consumption of oil derivatives. Nevertheless, following the oil crisis, in the 1974-84 decade, imported energy's share fell to 26%, owing primarily to the policies adopted in the energy sector. The projections of consumption to the future indicate that in 1988 the percentage of imported energy will be 22% and national energy 78%, which is low at the world level.

#### 4. CONCLUSIONS

In closing, it is important to point out that the policies implemented in the energy sector, especially as regards realistic and coherent prices and the implementation of mechanisms of information on technologies and prices, have led, in decentralized fashion, to a rational and efficient use of energy in our country.

As mentioned above, the most important accomplishments in this field have been the substitution of expensive resources such as oil derivatives by coal, firewood and electricity, which are forms of energy produced within the country, at a substantially lower cost. Furthermore, as refers to efficiency of energy use, it is possible to see that the energy consumption necessary to produce an additional unit of G P (measured as E/ G P) in the 1960-70 decade

was 302 Teracal/millions of US\$, in the 1970-80 decade, 157.16 Teracal/millions of US\$ and over the last five years, i.e., 1980-84, it has been 81.21 Teracal/millions of US\$ which indicates that more rational use of energy has been attained.

## SUBSCRIPTION FORM

NAME \_\_\_\_\_

TITLE \_\_\_\_\_

INSTITUTION \_\_\_\_\_

ADDRESS \_\_\_\_\_

CITY/STATE OR PROVINCE \_\_\_\_\_

COUNTRY \_\_\_\_\_

PLEASE SEND ME THE **ENERGY MAGAZINE**. I AM ENCLOSING A CHECK IN  
THE AMOUNT OF US\$ \_\_\_\_\_ (OR SUCRES), ACCORDING TO THE  
FOLLOWING SCHEDULE:

	ECUADOR	OTHER COUNTRIES
ONE YEAR (3 ISSUES)	S/ 5,000.00	US\$ 50.00
TWO YEARS (6 ISSUES)	S/ 9,000.00	US\$ 90.00

MAKE CHECK PAYABLE TO: **OLADE**

CUT OUT AND SEND TO "**ENERGY MAGAZINE**", OLADE, P. O. BOX 6413  
C.C.I., QUITO, ECUADOR.

