

REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE



ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA - LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACION
Y APLICACION DE POLITICAS DE USO RACIONAL
DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

GENERAL GUIDELINES FOR THE ELABORATION
AND APPLICATION OF POLICIES FOR RATIONAL
USE OF ENERGY IN INDUSTRY

José Augusto Bicalho Roque

EXPERIENCIAS EN USO RACIONAL DE LA ENERGIA
REPORTADAS POR LOS PAISES MIEMBROS DE OLADE

EXPERIENCIES WITH RATIONAL USE OF ENERGY
REPORTED BY THE OLADE MEMBER STATES

OLADE

ESTIMACION DE ENERGIA SOLAR EN PERU

ESTIMATION OF THE SOLAR ENERGY IN PERU

J. W. Vásquez , P. Lloyd

AÑO 11 No. 1 ABRIL 1987

YEAR 11 No. 1 APRIL 1987

La Revista Energética es publicada cuatrimestralmente por la Secretaría Permanente de la Organización Latinoamericana de Energía (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 al Departamento de Informática y Comunicación, Casilla 6413 CCI, Quito, Ecuador.

ORGANIZACION
LATINOAMERICANA DE ENERGIA

AUGUSTO TANDAZO BORRERO
SECRETARIO EJECUTIVO A.I.

ROBERTO FABREGA P.
JEFE DE PROGRAMA, ENCARGADO DEL
DEPARTAMENTO DE INFORMATICA Y
COMUNICACION

REVISTA ENERGETICA

ENERGY MAGAZINE

Año 11, Número 1 Abril, 1987
Enero - Febrero - Marzo - Abril
1987

NOTA DEL EDITOR	5
CONVOCATORIA A PROVEEDORES	7
LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACION Y APLICACION DE POLITICAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA	9
EXPERIENCIAS EN USO RACIONAL DE LA ENERGIA REPORTADAS POR LOS PAISES MIEMBROS DE OLADE	27
ESTIMACION DE ENERGIA SOLAR EN PERU	43

NOTA DEL EDITOR

América Latina atraviesa por la peor crisis económica desde los años treinta, la cual está provocando graves efectos sobre el desarrollo del sector energético de los países de la Región. Ante ello, entre otras medidas, se han emprendido una amplia serie de acciones orientadas a lograr un uso más eficiente de la energía; en particular se destacan las encaminadas a la sustitución de las importaciones de petróleo y derivados, y a la introducción en forma gradual de programas de uso racional de energía.

Es por ello que la presente entrega de la Revista Energética, enfoca como tema central el Uso Racional de la Energía, considerándolo como una fuente energética adicional de importancia, además de un factor preponderante para el logro de un desarrollo económico y social más eficaz. También se incluye un artículo relativo a la energía solar, enfocado dentro de los criterios de sustitución energética que se vienen dando en algunos países de América Latina.

La determinación del Uso Racional de la Energía y la sustitución energética en el proceso económico dependerán, en gran medida, del reconocimiento de su importancia y significado por parte de los responsables del área y de la adopción y aplicación de los programas requeridos para una eficiente satisfacción de las necesidades básicas.

La Secretaría Permanente de OLADE, consciente de la trascendencia que el Uso Racional de la Energía y los programas de sustitución energética tendrán sobre el desarrollo del sector energético latinoamericano, publica estos temas con la intención de promover dicho reconocimiento de su importancia y significación.

ELETROBRAS
III PROYECTO DE DISTRIBUCION
(PRESTAMO No. 2565 BR)

CONVOCATORIA A PROVEEDORES

La LIGHT - SERVICIOS DE ELETRICIDADE S.A., es una beneficiaria del préstamo No. 2565-BR, obtenido del Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento - (BIRF), a través de Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRAS, para cubrir parte de un programa de expansión de la red de distribución eléctrica, planificando para los años 1986/1989.

Durante los próximos 12 meses, la LIGHT convocará a licitaciones internacionales para el suministro de equipos y materiales agrupados como sigue:

<u>Item</u>	<u>Descripción del material</u>	<u>Valor estimado (millones US\$)</u>
01	Conjuntos blindados (15 KV)	5,4
02	Torres de acero	0,1
03	Transformadores de potencia (20 a 80 MVA)	4,7
04	Transformadores subterráneos de distribución (150 a 500 KVA)	2,0
05	Medidores polifásicos	7,2
06	Cables OF 138 KV y accesorios	2,9
07	Cables conductores de cobre (15 KV)	3,1
08	Cables conductores de aluminio (CAA)	0,3
09	Interruptores y seccionadores (15KV)	0,2
10	Disyuntores (34,5 y 138 KV)	1,1
11	Interruptores para líneas energizadas (15 y 34,5 KV)	0,4
12	Oscilógrafos	0,1
13	Varios	0,3
		—
		27,8

Los proveedores y fabricantes de los Países Miembros del BIRF, de Suiza, de Taiwan y de China que deseen ser incluidos en la lista de proveedores, para que reciban las llamadas para los items anteriormente mencionados, deberán dirigirse a la siguiente dirección, indicando los rubros de su interés:

LIGHT - SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A.
Empréstimo BIRD No. 2565 BR
Atenção: Superintendencia de Compras
Av. Marechal Floriano 168 sala 211
CEP 20080 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Rio de Janeiro, 12 de febrero de 1987

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACION Y APLICACION DE
POLITICAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

José Augusto Bicalho Roque 1/

CONSIDERACIONES GENERALES

Antecedentes en OLADE

En el Convenio de Lima de Noviembre de 1973, la Declaración de San José de Julio de 1979 y en el Programa Latinoamericano de Cooperación Energética (PLACE) de noviembre de 1981, los Ministros de los Estados Miembros de OLADE han insistido en la necesidad de racionalizar la producción y el consumo de energía.

Concretamente, el Convenio de Lima tiene como uno de sus objetivos "propiciar la adecuada preservación de los recursos energéticos de la Región, mediante su racional utilización". Este objetivo fue ratificado y fortalecido en la Declaración de San José, en la cual se insistió en la necesidad de América Latina de "eliminar gradualmente su dependencia de los derivados de petróleo con base en el desarrollo de las fuentes alternativas de que dispone la Región", y se recomendó la racionalización de los patrones de consumo, así como de los sistemas de comercialización, transporte, almacenamiento, distribución y refinación.

En lo que se refiere al Uso Racional de Energía, la Organización realizó algunas actividades como el Seminario Internacional de Economía Energética, celebrado en México en 1978; los trabajos conjuntos con GEPLACEA y ONUDI, para alcanzar un mejor uso de la energía en el sector azucarero; y el Grupo de Trabajo de la Industria del Cemento.

1/ Consultor OLADE/PNUD

Con el PLACE se resolvió, dentro del objetivo fundamental de cooperación e integración regional, impulsar la racionalización de la producción y el consumo de energía, iniciando un proceso de consolidación de los trabajos ya realizados, con el objetivo de unificar y coordinar los esfuerzos regionales.

La realización del Seminario de Lima, en julio de 1983, conjuntamente con la AIE y la CCE, sirvió de base para el desarrollo de un programa de Uso Racional de Energía en la Industria, y constituyó un marco de referencia para las acciones de OLADE.

En 1984, en el ámbito del convenio de cooperación firmado entre OLADE y ONU-DTCD, fue elaborado un documento de registro y evaluación de la Situación del Uso Racional de Energía en la Industria Latinoamericana, a partir de las informaciones obtenidas en 13 países de la Región sobre políticas, legislaciones, normas y procedimientos relacionados con la racionalización del consumo energético en el sector.

La ampliación del programa para los otros sectores económicos de consumo (transporte, residencial, comercial y público), se inició con la realización del Seminario sobre Uso Racional de Energía, en São Paulo, Brasil, en noviembre de 1985. Los grupos de trabajo, constituidos con representantes de los Países Miembros, durante la realización del Seminario, aportaron importantes contribuciones a la estructuración del seguimiento del programa de Uso Racional de Energía de OLADE, y al establecimiento de líneas generales para la elaboración y aplicación de políticas de racionalización del consumo energético para el sector industrial.

Definición del Uso Racional de Energía

La elaboración de políticas para el sector energético basadas en el enfoque de la producción de energía, llevan durante muchos años la concentración de esfuerzos para la satisfacción de las demandas, mientras que la atención otorgada a los usos de la energía y a la racionalización de estos usos, no tuvieron prioridades bien establecidas.

Con los aumentos de los precios del petróleo, verificados en 1973 y 1979, los países desarrollados experimentaron un cambio en sus prioridades, estableciendo políticas de optimización del uso de la energía y de sustitución de fuentes energéticas en algunos sectores de consumo. Un reflejo de tales políticas fue la reducción del 20% verificada en el consumo de petróleo en los Países Miembros en la OCDE en el período 1974-1984.

- La construcción de un estilo de desarrollo que implique un más bajo nivel de demanda de energía útil, para un mismo patrón de satisfacción de las necesidades sociales.

De este modo, el Uso Racional de Energía puede y debe constituirse en un factor preponderante para el desarrollo, y tiene que ser considerado como una fuente adicional de energía. Su cristalización en el proceso económico depende no sólo del reconocimiento de su significado por parte de los responsables por el área energética, sino también en la transformación de este reconocimiento en necesidad económica, ánimo y decisión política, para propiciar la creación, adopción, implementación, ejecución y aceptación de los programas requeridos por parte de la sociedad.

Importancia del Uso Racional de Energía

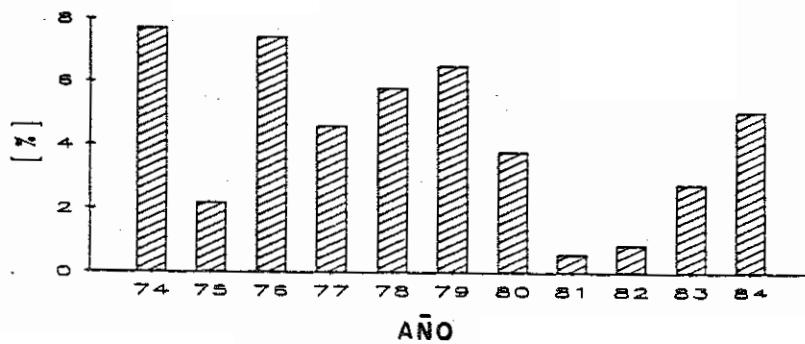
Para comprender el significado del Uso Racional de Energía para América Latina conviene analizar el desarrollo energético regional a partir de 1973, cuando los primeros reajustes de los precios internacionales del petróleo modificaron el panorama energético mundial.

Durante el período 1973-1979 el consumo de energía en América Latina, comparado con el de otros países del mundo en general, experimentó un ritmo de crecimiento satisfactorio. En este período el crecimiento del consumo regional fue superior al verificado en los países desarrollados y el resto del orbe. Cuando este crecimiento comenzó a desacelerarse, en 1979, todavía se mantuvo encima del nivel mundial y marcadamente contrario a los países industrializados, que registraron tasas negativas.

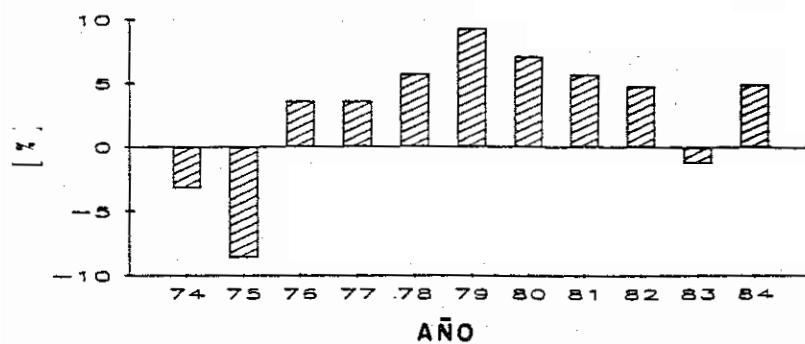
En el período 1979-1982 el impacto de la crisis económica repercutió sobre los índices del consumo de energía, y llevó a la disminución de las tasas de crecimiento del consumo energético. La leve recuperación de la economía latinoamericana, en 1984, permitió retomar el crecimiento de la tasa de consumo energético, la cual, sin embargo, fue inferior a la media verificada en la década de los 70.

Esa ligera recuperación económica posibilitó que el índice de consumo de energía por habitante alcanzase 5,8 bep/habitante en 1984. No obstante, no permitió que fuese retomado el consumo de energía verificado en la Región en 1978 (6,0 bep/habitante). Así, el hombre latinoamericano continúa consumiendo cerca de 10 veces menos energía que un ciudadano norteamericano.

CRECIMIENTO DEL CONSUMO



CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN



En estas condiciones, mantener altas tasas de crecimiento del consumo de energía, constituye un imperativo para el desarrollo y el progreso social de América Latina. Para ello se requieren acciones orientadas a incrementar la oferta de energéticos, ya sea a través de la producción interna o de la importación.

Durante la década de los 70 la producción de energía primaria de América Latina creció con un ritmo aceptable, si se la compara con las tasas de expansión mundial o las de los países industrializados. Gracias al incremento de la producción petrolera mexicana en el período 1979-1982, cuando la producción mundial y la de la mayoría de las regiones se redujo, América Latina logró el mayor crecimiento del mundo.

En 1983 también se registró en la Región, por primera vez en los últimos años, una disminución de la producción de energía primaria, tendencia que se hizo notar al comienzo de la década de los 80. En 1984 se volvió a obtener una expansión de la producción, cuando se alcanzó una tasa de crecimiento de 4,9%.

Para mantener elevado el ritmo de expansión de la producción se necesita disponer de grandes recursos financieros, escasos en los países de la Región. En la mayoría de los países latinoamericanos importadores de energía, las divisas para importar combustibles compiten con las requeridas para la expansión de la producción energética interna; mientras que para los países de la Región exportadores de petróleo la caída de los precios reduce las posibilidades de expandir la producción.

Suponiendo que la demanda energética de la Región pudiese crecer, no a los niveles históricos de 3,4%, sino a 7,3% al año, ello representaría un crecimiento del consumo per cápita de 3,5% anual. Con este ritmo de crecimiento, extraordinario e irreal, América Latina necesitaría esperar hasta el año 2000 para alcanzar el consumo por habitante verificado en España en 1980.

La incapacidad objetiva actual de que América Latina supere en un período corto sus bajos niveles de consumo, manteniendo elevadas tasas de crecimiento, y el costo y las limitaciones para expandir su producción a un ritmo mucho más alto que el histórico, exigen que cada unidad de energía disponible sea utilizada y producida de la manera más racional, de forma que una oferta limitada de energía pueda sustentar los esfuerzos de desarrollo y justicia social, y que la ineficiencia productiva no se convierta en un obstáculo al desarrollo del sector energético y, a través de éste, al de toda la economía.

El desafío energético de la Región es evidente. Por una parte, se necesita mantener una elevada tasa de producción y consumo; y por otra, se debe producir y consumir cada unidad de energía de la manera más racional posible. Este doble desafío fue señalado claramente en la XII Reunión de Ministros de OLADE en Santo Domingo, cuando en el documento básico del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética se señaló que "los objetivos fundamentales del PLACE consisten en vincular la producción y el uso de la energía a las metas de un desarrollo autónomo y autosostenido; ampliar y diversificar la oferta energética y la capacidad científica y tecnológica, y racionalizar la producción y el consumo de energía".

La estructura económica regional se orientó durante muchos años a la adopción de patrones de consumo de los países desarrollados, de tal forma que el crecimiento económico se sustentó en un consumo masivo de petróleo. La diversificación de fuentes energéticas en la Región puede ser observada a través de la reducción constatada en la participación del petróleo en la producción de fuentes primarias de energía en el período 1973-1984. En este período aumentó la participación de la hidroenergía, del carbón mineral y del gas natural en el consumo global de energía primaria.

A diferencia de lo que sucede en los países desarrollados, en varios países de la Región los precios de los energéticos en los mercados nacionales se presentan con valores inferiores a los del mercado internacional, por razones políticas y sociales, justificando la creación y adopción de mecanismos diversos para viabilizar las políticas de Uso Racional de Energía.

La baja constatada en los precios del petróleo durante los primeros meses de 1986, si bien justifica una reevaluación económica de varios programas de conservación o sustitución de fuentes energéticas, no disminuye la importancia de las políticas de Uso Racional de Energía para los países de la Región, ya sea por la necesidad de reducción del monto de las inversiones para el área productiva del sector energético, o por la perspectiva del crecimiento de los precios a mediano o largo plazo.

USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

La incidencia del sector industrial en la composición del consumo final de energía desde 1980 hasta 1982 mostró ser determinante, ya que mantuvo la primera posición como consumidor. Sin duda, como resultado directo de la crisis económica y en menor medida como resultado de las acciones seguidas por los gobiernos para racionalizar el uso de energía, el consumo del

sector industrial decreció durante el período, y fue el único sector que tuvo este comportamiento, dado que el resto de los sectores crecieron tanto en términos absolutos como relativos. En 1984 la recuperación de la producción industrial significó un gran crecimiento en el consumo de energía del sector.

Cabe señalar que, aún a pesar de que el sector industrial tenga un peso importante a nivel regional debido a su dimensión en los mayores países de la Región, los sectores residencial y transporte presentan consumos preponderantes en varios países menores.

La composición del consumo energético del sector muestra una gran diversidad, destacándose los gases, los combustibles pesados y la electricidad. La implantación de programas de sustitución energética ha elevado inclusive la participación de fuentes como la leña y el carbón mineral.

La concentración del consumo final de energía en el sector industrial, por sí sola ya justifica el análisis detallado de las posibilidades de Uso Racional de Energía en este sector.

América Latina se encuentra en una fase de desarrollo en la cual el sector industrial juega un papel cada vez más importante. A pesar de las limitaciones surgidas con la crisis económica mundial, la industria es el sector más dinámico de la economía regional, situación que deberá mantenerse en los próximos años. En términos energéticos la industria latinoamericana seguirá siendo un elemento determinante, que requiere para su expansión y desarrollo cada vez más energía.

Adicionalmente, es importante destacar la concentración de una gran parte de la producción industrial regional en un grupo reducido de países y, a su vez, dentro de éstos, la distribución y localización de las empresas industriales es sumamente desequilibrada. En los países latinoamericanos la industria está concentrada en polos muy reducidos, lo que ha agravado las contradicciones existentes entre el campo y la ciudad. Además de eso, existen muchas industrias grandes consumidoras de energía que, entre otras razones tales como las ambientales y de fortalecimiento de recursos energéticos, se trasladaron desde los países desarrollados.

Por todas estas consideraciones es necesario destacar la importancia de la política de Uso Racional de Energía en la Industria, la cual debe formar parte de la estrategia de desarrollo industrial y energético de cada país.

El Uso Racional de Energía en la Industria deberá encontrar los mecanismos que permitan disminuir y eliminar el desperdicio de esta energía, sin que ello implique grandes inversiones, buscando una mayor eficiencia energética, elevando el rendimiento de la producción industrial, disminuyendo las pérdidas y recuperando la mayor cantidad posible de energía que no sea utilizada.

El Uso Racional de Energía en la Industria puede también contribuir a disminuir la dependencia de las importaciones de energéticos en el caso de la mayoría de los países de la Región. Igualmente, las políticas de Uso Racional de Energía pueden contribuir a aumentar las posibilidades de venta al exterior de los países exportadores de energía, contribuyendo así a incrementar la capacidad de financiamiento de los mismos. Si bien para estos últimos países tales políticas no parecen ser tan vitales como para los importadores, su significación supera el ámbito cultural y se convierte en un elemento sustancial para su estrategia de desarrollo energético a mediano y largo plazo.

A los factores expuestos, que justifican ampliamente la elaboración y aplicación de políticas de Uso Racional de Energía, se deben agregar las ventajas ecológicas que se obtienen con un uso eficiente de la energía. La mejoría en el funcionamiento de los sistemas de producción y consumo, con base en una disposición positiva frente al Uso Racional de Energía, permitirá alcanzar una mejor vinculación del sector industrial con el ecosistema, haciendo factible valorar adecuadamente los posibles costos ecológicos que se presenten.

Aunque en menor grado que en los otros sectores, la reacción del consumo de energía del sector industrial al reajuste de los precios del petróleo ha sido lenta. Con pocas excepciones, hasta el segundo aumento, los esfuerzos nacionales realizados para usar más eficientemente la energía fueron insignificantes. De hecho, en 1979, cuando se aceleró el incremento de los precios del petróleo, muchos países descubrieron que carecían incluso de la organización estatal apropiada para manejar un sector, cuya incidencia en la economía ya era determinante. Fue entonces cuando el problema de la administración de la energía comenzó a ser lo suficientemente importante para requerir la atención gubernamental. Después de una adecuada conceptualización del sector energético, fue que la optimización del uso de la energía adquirió una cierta relevancia.

Una de las consecuencias de esta falta de interés por los programas de conservación de energía, es la carencia de estadísticas sobre el consumo energético por subsectores industriales para alimentar un sistema nacional de información sobre el uso de la energía. Los datos nacionales disponibles se limitan a estudios aislados sobre determinados subsectores. En estos es-

tudios se observan potenciales importantes para un trabajo serio en materia de conservación de energía.

Posibilidades y Limitaciones para el Uso Racional de Energía en la Industria

Es indispensable superar los enfoques tradicionales del problema energético que pretenden lograr soluciones exclusivamente en función de la oferta, motivados principalmente por las posibilidades de obtener ventajas económicas en el corto plazo sin considerar los costos sociales y ambientales. El Uso Racional de Energía, en este sentido, debe fundamentarse en una forma alternativa de enfocar las soluciones, fortaleciendo las medidas destinadas a la solución de los problemas energéticos por el lado de la demanda, en el cual existe todavía un considerable potencial no aprovechado.

Otro aspecto que debe ser considerado, es el que se desprende del término de las posibilidades para seguir manteniendo un estilo de consumo derrochador. El abastecimiento de energía abundante y barato, que contribuyera al crecimiento económico de las naciones industrializadas, no está más disponible para los países del Tercer Mundo. Estos tendrán que encontrar alternativas viables para su desarrollo, superando los problemas derivados de una situación diferente de oferta. Deberán impulsar la sustitución de tecnologías de alta intensidad de capital y energía, que han hecho posible la producción de artículos industrializados destinados a satisfacer las necesidades de pequeños segmentos de la población. Las nuevas alternativas tendrán que fortalecer la capacidad productiva de la industria regional, tratando de satisfacer las necesidades de las grandes mayorías, con base en los recursos locales disponibles.

Es importante elaborar estrategias que permitan moderar la demanda, sin afectar el desarrollo socioeconómico. América Latina necesitará mayores cantidades de energía para su desarrollo, debiéndose procurar una moderación de la demanda que conduzca a una paulatina disociación entre las tasas de crecimiento económico y las del consumo energético. Esta es una de las tareas que corresponden a las políticas de Uso Racional de Energía en la Industria.

La implantación de tales políticas pasa por la armonización de las iniciativas individuales en una planificación central, con una visión global, que dé respaldo e impulse a los diversos actores del desarrollo industrial, poniendo a su disposición los recursos necesarios.

La cuestión del financiamiento de los programas de Uso Racional de Energía, constituye uno de los problemas cruciales a ser resueltos. En la actualidad, la crisis económica reduce aún más las disponibilidades financieras de los países de la Región, haciendo que incluso programas de conservación y sustitución de energía que utilizan inversiones moderadas, vean limitado su desarrollo. A medida que la conciencia de las ventajas del uso racional de energía vaya adquiriendo mayor peso, será más fácil conseguir los recursos financieros necesarios. Estos pueden incluso ser justificados por la posibilidad de maximizar los ingresos potenciales para los países exportadores y por las economías que servirán para disminuir los desequilibrios en la balanza de pagos de los países importadores. De esta manera, el financiamiento de los programas de Uso Racional de Energía tendría una serie de repercusiones sobre el sector externo de la economía, que, en el caso de los países latinoamericanos, constituye un aspecto fundamental para su desarrollo.

Dentro de la política de Uso Racional de Energía, la determinación del nivel de los precios internos de la energía, que también inciden sobre los de otros productos de la economía, tiene que ser enfocada en su justa dimensión, ya que no podrá ser instrumentada de forma aislada. El Estado, a través de su acción planificada para impulsar el Uso Racional de Energía, tendrá que desarrollar y utilizar los mecanismos adecuados, compatibilizándolos con la política de precios para lograr las metas propuestas. Dentro de este aspecto, es necesario destacar la posibilidad de elaborar una estructura de precios de la energía de forma global y coherente, a fin de fomentar o limitar el uso de determinados energéticos.

La aplicación de las políticas de Uso Racional de Energía, con miras a aprovechar esta "nueva fuente de energía", requiere una gran creatividad y, fundamentalmente, la decisión política que permita poner en marcha los programas requeridos. El Uso Racional de Energía debe ser parte de una estrategia global e integral, que no solamente incluya los niveles de racionalidad del consumo energético, sino que también contribuya a sustituir los patrones y estilo de desarrollo que fueran impuestos a los países de la Región.

PLANIFICACION DE POLITICAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA

En la actualidad, a pesar de que haya conciencia de la significación de las medidas tendientes a lograr niveles adecuados de consumo por parte de los responsables por la ejecución de las políticas energéticas, este conocimiento todavía no se cristaliza en la decisión política que permita el desarrollo armónico de los programas elaborados.

Este proceso socioeconómico y político, en el cual se conjuga el conocimiento con la práctica, tiene una serie de características específicas para cada caso y para cada país. Sin duda es posible determinar un conjunto de elementos comunes que sirvan como marco de referencia para elaborar, planificar y aplicar las políticas de Uso Racional de Energía. Este esquema básico pretende destacar una serie de criterios o reflexiones que permitan buscar alternativas viables, de una forma planificada.

En este sentido, es posible señalar cuatro fases claramente delimitadas dentro del proceso de planificación de políticas de Uso Racional de Energía:

- Diagnóstico de la situación energética en la industria;
- Elaboración de los programas y políticas;
- Ejecución de los programas y políticas;
- Evaluación de las acciones realizadas.

Estas acciones se suceden en el tiempo, dependiendo de diversos factores propios de cada situación y país, dentro de un marco de referencia dado por varios parámetros, tales como el nivel de crecimiento económico, la infraestructura institucional, los recursos humanos disponibles y las políticas económicas y sociales.

Diagnóstico de la Situación Energética de la Industria

Previamente a la elaboración de políticas de Uso Racional de Energía, es necesario tener un conocimiento adecuado de la situación energética de la industria, determinando las potencialidades para la conservación y sustitución de energía, así como verificando la distribución del consumo por industrias y/o subsectores industriales.

Para comprender la problemática energética en el sector, es indispensable contar con un diagnóstico de la estructura energética del país, en el cual se expliciten las características de la demanda y de la oferta, así como la situación en los principales sectores de la economía: industrial, transporte, agropecuario, residencial, comercial y público. De esta manera se podrá disponer de un escenario global en el cual se encuentren claramente identificadas las interrelaciones sectoriales y, dado el caso, la localización y vinculación de la industria con el resto de la economía.

El diagnóstico de la situación de la industria deberá enfocar los aspectos básicos del sector, procurando identificar sus orígenes, estructura, sistemas de producción, distribución, almacenamiento y transporte, además de su contenido energético. Como es lógico, para comprender las interrelaciones de la energía en el sector, su significación y alcance, es imprescindible conocer la problemática propia de cada país.

Después del análisis global del sector, el diagnóstico energético de la industria tiene que proceder a un estudio pormenorizado de la situación en los diversos subsectores, procurando homogeneizar y normalizar la información que se obtenga, para permitir eliminar las diferencias que dificultan su manejo. Esta división de los subsectores industriales debe ser adecuada a la realidad industrial de cada país.

Como complemento a los diagnósticos subsectoriales es necesario conocer los objetivos y metas establecidas en los planes y políticas energéticas nacionales, así como las perspectivas económicas nacionales y sectoriales. Conocidos los requisitos de consumo final y su relación con las necesidades sociales, es posible establecer las potencialidades de racionalización del uso de la energía y la necesidad de adoptar recursos económicos, humanos y energéticos para la implementación de los programas de Uso Racional de Energía para el sector.

Para complementar el diagnóstico de la situación energética, se deben analizar las estructuras institucionales existentes en el sector industrial, y aquellas encargadas de las políticas energéticas en general y las de Uso Racional de Energía en particular. De esta forma se pueden conocer las entidades existentes para planificar, coordinar y reglamentar los programas requeridos para el sector, su forma de funcionamiento, sus bases legales y su vinculación con otras instituciones nacionales e internacionales.

Las políticas y programas de Uso Racional de Energía se basan en análisis técnicos y económicos sistematizados. Así, para la elaboración del diagnóstico, se pueden realizar investigaciones sobre el uso de energía en la industria, buscando que tengan una cobertura adecuada para facilitar el análisis de las principales características de cada subsector en particular y del sector industrial en su conjunto.

Las auditorías energéticas constituyen un importante instrumento de diagnóstico, para obtener las informaciones requeridas para la formulación de políticas de Uso Racional de Energía. Los programas de auditorías energéticas, al contrario de lo efectuado en muchos países de la Región, deben tener continuidad y permanencia y deben ser realizados dentro de una política de

Uso Racional de Energía articulada y coherente. Las auditorías por sí solas no conducen a la racionalización del uso de la energía, es imprescindible su integración a políticas nacionales que garanticen la ejecución de las acciones recomendadas.

Elaboración de Políticas de Uso Racional de Energía

Disponiendo de un diagnóstico de la situación energética de la industria y de un análisis de la estructura institucional del sector, se puede dar seguimiento a un proceso de elaboración de las políticas de Uso Racional de Energía. Este proceso debe constituir una actividad dinámica y permanente, a través de la cual se elaboren, seleccionen y establezcan los procedimientos, estrategias, pronósticos, planes y programas que permitan lograr las metas establecidas.

Se debe tener una clara comprensión de la estructura y conformación del sector industrial, de forma que las medidas a ser adoptadas por parte del Estado tengan buena acogida de parte de las unidades productivas. Los objetivos generales y globales de las políticas de Uso Racional de Energía deben ser establecidos en consonancia con los objetivos nacionales de las políticas energéticas y de desarrollo industrial.

Los objetivos específicos de las políticas de Uso Racional de Energía, deben definir con claridad y explícitamente las metas y logros a ser alcanzados con dichas políticas. Estas tienen que ser diferenciadas para los subsectores, considerando las diversas variables y dimensiones políticas, tecnológicas, económicas, sociales e institucionales. Los objetivos globales deben servir de marco de referencia para los específicos de cada subsector.

Las metas de corto y mediano plazo, sectoriales y subsectoriales, deben considerar informaciones cuantitativas y cualitativas, de tiempo y espacio, a manera de disponer de una referencia dinámica ajustable que servirá para el estudio y selección de los diversos instrumentos y medidas que faciliten y permitan su consecución. De esta manera, se estará definiendo un futuro deseable hasta el cual se desea llegar utilizando los recursos disponibles.

En el campo del Uso Racional de Energía, por su complejidad, es indispensable el conocimiento profundo de los objetivos y metas susceptibles de ser alcanzados, para elaborar y coordinar todo el instrumental adecuado, evitando duplicaciones, contradicciones, o contraposiciones en su utilización. Por esta razón es conveniente alcanzar un elevado grado de coordinación y coherencia entre los requerimientos de los diversos subsectores.

Para garantizar el éxito de los objetivos establecidos, se deben administrar las medidas e instrumentos planeados de forma sectorial y subsectorial, sin perder la visión global de su concepción para la industria y la economía. Es también indispensable un vigoroso acompañamiento de las diversas acciones para poder aplicar oportunamente las correcciones necesarias. Sólo así se podrán instrumentar modificaciones de corto plazo, en un proceso de ajustes continuos como el que se inicia a través de las medidas destinadas a impulsar el Uso Racional de Energía en la Industria.

Independientemente de los controles, del seguimiento paralelo de las acciones emprendidas en las políticas de Uso Racional de Energía y de las variaciones sobre su desarrollo que sean indispensables, se requiere de una evaluación global y pormenorizada del sector industrial y sus subsectores de tiempo en tiempo, para permitir realimentar en el mediano y largo plazo el proceso de planeamiento y ejecución de las políticas.

Este control de resultados deberá enfocar los diversos aspectos de la política de Uso Racional de Energía en la industria: ambientales, tecnológicos, económicos, financieros, sociales, legales e institucionales. Además de eso, es importante contemplar posibles efectos imprevistos de las diversas medidas utilizadas, que podrían causar nuevos problemas o complicar los existentes, tanto en el sector como fuera de él. Igualmente, se debe considerar oportunamente la influencia que puedan tener transformaciones energéticas, tecnológicas, económicas y socioculturales, que inciden sobre el sector industrial. Por ello, estas evaluaciones periódicas deberán efectuar los sondeos adecuados del desarrollo de la economía, de la tecnología y de la sociedad, dentro y fuera del país.

Elementos Generales Para la Adopción y Aplicación de las Políticas y de los Programas de Uso Racional de Energía en la Industria

Siguiendo el esquema sugerido para la planificación de las políticas de Uso Racional de Energía en la Industria y contando con el marco de referencia global y específico, así como con las metas correspondientes, se tiene que analizar y determinar la viabilidad de las políticas y los instrumentos definidos. Estos podrían ser sistematizados por su incidencia y repercusiones, sean cualitativos o cuantitativos, de corto o mediano plazo, de motivación o desmotivación, de información o de orientación.

Todos los instrumentos que caracterizan los programas o políticas disponibles deberán ser considerados de una manera

global, que constituya el punto central de la planificación, para después desarrollar un proceso de selección y dosificación de las medidas a ser adoptadas.

Dentro del contexto de las políticas de Uso Racional de Energía para la Industria, existe una serie de instrumentos que podrían ser enumerados, sin pretender dar un cuadro completo de los mismos:

- Concientización e información sobre el Uso Racional de Energía, a fin de ir creando un ambiente propicio entre los industriales y los responsables por su fomento y desarrollo;
- Evaluación y ajuste de las leyes y disposiciones legales que inciden sobre el sector industrial;
- Elaboración de un sistema de fijación de precios de la energía, que considere las características propias de los diferentes sectores de la economía y de las fuentes energéticas utilizadas;
- Adopción de medidas restrictivas al despilfarro de energía o al uso de determinadas fuentes energéticas;
- Establecimiento de mecanismos financieros y fiscales de incentivo o desmotivación para fomentar la racionalización del uso de la energía;
- Realización de cursos y programas de capacitación y entrenamiento del personal que trabaja en el sector;
- Fomento de la investigación científica y tecnológica que contribuya a un desarrollo más equilibrado de la industria;
- Promoción y divulgación de los programas de Uso Racional de Energía en el sector;
- Establecimiento de un programa de auditorías energéticas y de asistencia técnica para las empresas industriales;
- Fortalecimiento de la interrelación sectorial y subsectorial;
- Adopción de medidas técnicas y económicas orientadas a la adecuación de las estructuras de consumo con las reservas locales y los energéticos disponibles;
- Fortalecimiento y optimización de los sistemas de distribución y comercialización de energía en la industria;
- Aplicación permanente de medidas tendientes a la compatibilización del Uso Racional de Energía con el ecosistema y la calidad de vida.

La selección y definición de cada uno de estos instrumentos debe ser el resultado concreto de la labor de planificación de las políticas de Uso Racional de Energía. Estos instrumentos y medidas deberán ser comprendidos en su globalidad, compatibilizando su incidencia e interrelación energética, económica, social y ecológica. Solamente así se podrá preparar y combinar un conjunto de medidas de Uso Racional de Energía para la industria, que posibilite su aceptación y aplicación efectivas.

En primer lugar, se deberán vencer los obstáculos culturales, económicos, técnicos, financieros e institucionales que limitan la difusión del Uso Racional de Energía en el sector, con miras a profundizar la concientización de su significación e importancia. Simultáneamente, como una segunda estrategia, se debe fortalecer la administración de medidas y herramientas destinadas a influir en la demanda y oferta energéticas, dando prioridad y opciones reales al mejoramiento de la eficiencia energética en cada subsector de la industria.

De modo complementario, para poner en escena esta fase de la planificación, es indispensable disponer de una cuantificación de los recursos humanos, económicos y técnicos necesarios para la cristalización y aplicación de las medidas de Uso Racional de Energía en la industria. Igualmente, es vital contar con una distribución adecuada de los mismos para garantizar la consecución de los objetivos y las metas previstas.

EXPERIENCIAS EN USO RACIONAL DE LA ENERGIA REPORTADAS POR LOS
PAISES MIEMBROS DE OLADE

Departamento de Planificación
y Política Energética
Secretaría Permanente
OLADE

INTRODUCCION

Con el objeto de promover la difusión, intercambio y adecuación de experiencias relacionadas con el Uso Racional de la Energía en América Latina y El Caribe, la Secretaría Permanente de OLADE solicitó en enero 1987 a los Países Miembros el envío de información en esta materia. A la fecha de cierre de edición de esta revista, diez y ocho países respondieron a la solicitud formulada por la Secretaría Permanente.

A continuación se describe el material enviado por los países, el cual esquemáticamente se pone a disposición de los interesados, quienes podrán solicitar información adicional y más detallada, directamente a cada país a través de su Coordinador ante OLADE.

ARGENTINA

La Secretaría de Energía, a través de la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía, tiene la responsabilidad de llevar adelante el programa de Uso Racional de la Energía en la República Argentina.

Con fecha 22 de noviembre de 1985, por Decreto No. 2247, se aprobó el Programa de Uso Racional de la Energía, compuesto por los Subprogramas de a) Conservación de energía, b) Sustitución de Combustibles y c) Evaluación, desarrollo y aplicación de nuevas fuentes. Dicho programa tiene una duración de cinco años (1985 a

1989), asignándosele presupuestos anuales atendidos con partidas provenientes del Fondo Nacional de la Energía.

El plan de trabajo está dividido en:

A) Sustitución de petróleo por:

A-1) Gas en industria, refinerías de petróleo y transporte (GNC, GNL, metanol)

A-2) Etanol de biomasa en transporte

B) Racionalización en:

B-1) Yacimientos (disminución de gas venteado)

B-2) Etapas de transformación (refinerías de petróleo)

B-3) Consumo (sectores de industria, transporte, terciario, residencial, comercial y agro).

C) Diversificación (bombas de calor, celdas de combustible, coke siderúrgico de carbón nacional, etc.)

La Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía dirige y coordina el programa, cuya realización se está concretando a través de convenios con Universidades e Instituciones con capacidad técnica en cada uno de los temas.

Asimismo, en el tema de nuevas fuentes de energía, se han creado Centros Regionales que cubran las energías solar, eólica, microaprovechamientos hidroeléctricos, geotérmica y biomasa.

Se están concretando convenios a nivel de provincias a fin de que, a través del Ente Provincial correspondiente responsable del tema energía, se realicen programas tendientes a propiciar el Uso Racional de la Energía y el aprovechamiento de nuevas fuentes y tecnologías energéticas.

Como material informativo se dispone de la copia del Decreto 2247/85 de creación del Programa de Uso Racional de la Energía, así como del primer borrador del Plan Nacional de Nuevas Fuentes de Energía y un listado del programa de Trabajo para el año 1987, tanto en el campo de Uso Racional como en el de Nuevas Fuentes.

BARBADOS

El Ministerio de Finanzas de Barbados informó que en 1986 se aprobó un plan para optimizar el uso de gas natural e incrementar en un 25% la participación de la Corporación Petrolera Nacional en el mercado de gas licuado de petróleo. El plan contempla:

- 1) La construcción de una planta de GLP con una capacidad máxima de 4,5 millones de pies cúbicos de gas natural por día.
- 2) Construcción de una estación de compresión para asegurar la transportación de gas por gasoducto.
- 3) Instalación de un nuevo gasoducto (6 pulgadas) Woodbourne-Belle en St. Michael.

Energía Alterna

En 1987 se reiniciarán los trabajos en la experimentación de un generador a turbina de viento de 250 kilovatios.

Conservación de Energía

El programa de conservación de energía del sector público en 1986 continuó cubriendo las siguientes instituciones:

- 1) Hospital Queen Elizabeth
- 2) Ministerio de Agricultura
- 3) Aeropuerto Internacional

Además se intensificaron los programas de educación energética dirigidos especialmente a colegios del nivel secundario. Para estimular la discusión y análisis del tema, se efectuó un seminario sobre cálculo de ahorro de energía a nivel de especialistas, que contribuyó a concientizar a la población sobre los alcances del programa.

BRASIL

El Ministerio de Minas y Energía de Brasil (MME), dentro del ambicioso plan de racionalización de la energía, ha estructurado su información en la siguiente forma:

- 1) Programa de Conservación de Energía del Sector Industrial (CONSERVE), que contiene alcances y objetivos generales.
- 2) Fundamento legal del programa:
 - Resolución MME No. 973 del 11 de julio de 1985, por la cual se constituye un grupo de trabajo de conservación compuesto por varios organismos Estatales, bajo la coordinación de ELETROBRAS.
 - Resolución MME No. 0008 del 29 de septiembre de 1986, que promueve la sustitución de lámparas incandescentes utilizadas en la iluminación pública por otras de mejor rendimiento encargándose a ELETROBRAS a través de varias empresas concesionarias para su ejecución.
 - Resolución Interministerial No. 1877 del 30 de diciembre de 1985, que constituye el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica - PROCEL con la finalidad de integrar las acciones con miras a conservar la energía eléctrica en el país bajo la coordinación del MME.
 - Decreto Presidencial No. 87079 del 2 de abril de 1982, que aprueba las directrices para un Programa de Movilización Energética cuyo objetivo es el de racionalizar la utilización de energía mediante la disminución del consumo y la sustitución progresiva de los derivados del petróleo por combustibles alternativos de origen nacional.
- 3) Minuta del Proyecto mediante el cual se crearía el Programa de Conservación de Energía del Sector Industrial.
- 4) Primera Minuta de la Resolución Ministerial de las Comisiones Internas para Conservación de Energía.
- 5) Estructura Operacional complementaria de "PROCEL".

COLOMBIA

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia expidió la resolución No. 086 del 11/11/86, en la cual se introducen ajustes a la política tarifaria del servicio de energía eléctrica dentro de un criterio de optimización energética, económica y social. Igualmente, y dentro del marco de la actual política energética, el Gobierno ha adoptado acciones cuyo objetivo fundamental es propiciar la racionalización de las diferentes fases de la actividad energética nacional. Para el efecto:

- 1) Propuso al Congreso Nacional de la República establecer una Comisión Nacional de Energía que facilite la definición de políticas integradas en el Sector Energético Colombiano.
- 2) Vinculó la Estructura Tarifaria Eléctrica del país a parámetros estrictamente económicos, superando preferencias regionales por criterios financieros y motivando a los consumidores al adecuado uso. En tal sentido, la Junta Nacional de Tarifas de Servicios Públicos expidió la Resolución 086 de 1986.
- 3) Actualizó los precios de los derivados del petróleo para facilitar la Sustitución Económica de los Energéticos.
- 4) Promueve la expansión de la cobertura del sector eléctrico, principalmente al área rural.
- 5) Estudia y avanza en Proyectos Sociales para la penetración del gas natural dentro la diversificación energética con miras a la eliminación de subsidios y a la adecuada atención nacional del consumo de energéticos en el Sector Residencial.
- 6) Avanza en la mejora de la actual estructura de la capacidad de refinación y transporte de combustibles.
- 7) Adelanta un Programa de Fomento a la Pequeña y Mediana Minería del Carbón para mejorar la capacidad y condiciones de abastecimiento interno de este recurso y estimular su racional aprovechamiento.
- 8) Impulsa un Programa de Uso Racional de Energía en el Sector Industrial, el cual provee pautas técnico-económicas a las diferentes ramas del sector industrial, actualizando información cualitativa y cuantitativa de base para instrumentar el planeamiento nacional.
- 9) Promueve el Programa de Conservación, Ahorro y Sustitución de Energía en el sector transporte, principalmente con la utilización de gas natural, proyecto que ha generado información relacionada con aspectos tecnológicos de equipamiento y suministro.
- 10) Continúa con un programa tendiente a la disminución de pérdidas en el sector eléctrico, el cual cubre la renovación de redes de transmisión y la reducción del número de conexiones fraudulentas.
- 11) Motiva a ECOPETROL, CARBOCOL e ISA, empresas del Estado del área petrolera, carbonífera y eléctrica, a optimizar y ampliar las alternativas de suministro de Fuentes Energéticas que demanda el país.

- 12) Adelanta conjuntamente con la Asistencia Técnica Extranjera programas para planificar y ejecutar a nivel Regional (área de la Costa Atlántica) acciones encaminadas a dar un uso adecuado de las alternativas energéticas locales, particularmente de la zona rural.

CHILE

De acuerdo con la Comisión Nacional de Energía de Chile, "la política sobre Uso Racional de Energía tiene como fundamento una política adecuada de precios de los energéticos, acompañada de una política de fomento de información y difusión sobre precios, tecnologías de ahorro y sustitución".

"Estas políticas están enmarcadas dentro de una completa libertad para que los usuarios adopten las medidas de ahorro y sustitución que más les convengan desde un punto de vista técnico y económico, sin normas, regulaciones ni controles de ninguna especie, que no estén contemplados en la legislación general".

La comisión considera que los resultados obtenidos mediante la aplicación de esa política han sido positivos, los cuales fueron expuestos en el Seminario organizado por OLADE en Sao Paulo, Brasil en agosto de 1986 sobre Balance de Energía en Términos de Energía Util.

COSTA RICA

Los programas relacionados con el Uso Racional de Energía y adelantados por el Ministerio de Energía y Minas de Costa Rica contemplan los siguientes aspectos:

- 1) Programas y planes en el sector industrial
 - 1.1 Cooperación técnica y financiera con la República Federal de Alemania por medio de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana.
 - 1.2 Reglamentación de Incentivos para la Producción Industrial, referente a las inversiones para el ahorro y sustitución de energía.
 - 1.3 Evaluación del Proyecto de Auditorías Energéticas en catorce empresas representativas de los diferentes subsectores industriales.

- 1.4 Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Regional (PEEIR), ejecutada por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI).
- 2) Programas y planes en el sector transporte
 - 2.1 Proyecto piloto demostrativo
 - 2.2 Proyecto de Uso Racional de Energía en el sector transporte 1987.

El Ministerio difundió a través de boletines especiales los avances del Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Regional.

ECUADOR

Las principales acciones en el campo de Uso Racional de Energía, orientadas por el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, tienen que ver con:

- 1) La expedición de la Ley y el correspondiente Reglamento de Fomento de Energías No Convencionales.
- 2) El Decreto Ley que establece la Comisión de Estudio de la Demanda Energética, como dependencia asesora del Ministerio de Energía y Minas y del Instituto Nacional de Energía.

Entre las principales acciones en el área de Uso Racional de la Energía se destacan los siguientes:

- 1) Encuestas sobre consumo energético en el sector de la industria manufacturera, realizadas por el Instituto Nacional de Energía (INE) desde fines de 1984 .
- 2) Desarrollo y aplicación de sistemas y mecanismos de utilización de la energía solar para el calentamiento de agua, climatización, análisis de materiales de construcción de acuerdo a las condiciones de las diferentes zonas, sistemas fotovoltaicos para aplicaciones en telecomunicaciones, etc.
- 3) Avance en el diseño y construcción de pequeñas turbinas y otros elementos complementarios.
- 4) Impulso a la construcción de biodigestores en el sector rural para el aprovechamiento de desechos orgánicos.

- 5) Estudio de prefactibilidad del proyecto geotérmico binacional Tufiño-Chiles-Cerro Negro (Colombia/Ecuador), con financiamiento del Gobierno de Italia, cuya conclusión se espera a fines de 1987.
- 6) Asistencia técnica de expertos del Brasil en mantenimiento de líneas energizadas, estructuras de líneas de transmisión, y control y planeamiento en mantenimiento de instalaciones eléctricas, a través del Programa de Cooperación Horizontal con OLADE.
- 7) Estudio realizado a nivel nacional para optimizar la capacidad productiva de las refinerías del país, el cual se efectuó con asistencia técnica del Brasil.
- 8) Programa de fijación de cupos de combustibles a las empresas industriales, que se viene ejecutando con el fin de ajustar los consumos a los requisitos de diseños de los equipos, cotejados con las horas trabajadas y llegar a determinar las necesidades reales de combustibles. Simultáneamente se estudia la posibilidad de sustituir el consumo de algunos derivados, tratando de disminuir la demanda de aquellos que por incapacidad interna de refinación deban importarse.
- 9) Estudio sobre las necesidades energéticas del Ecuador (Año 2.000), el cual fue preparado cuantificando los ahorros potenciales de energía mediante la aplicación de cambios tecnológicos en determinados sectores productivos. Este estudio, de carácter muy general, está siendo evaluado en cuanto a su estrategia de aplicación.

EL SALVADOR

La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) de El Salvador desarrolla un programa de "Fortalecimiento de la Capacidad de Planificación Energética" con la cooperación del Banco Interamericano de Desarrollo, concentrando en los siguientes sectores los esfuerzos de Uso Racional de Energía:

- 1) Sector transporte
- 2) Sector industrial
- 3) Sector comercio-servicios
- 4) Sector público
- 5) Sector residencial
- 6) Sector energético (CEL)

En desarrollo del Programa se han realizado los siguientes estudios:

- Residuos agroindustriales y bioenergéticos.
- Estudio de uso final de energía en los sectores comercial y de servicios.
- Estudio de uso final de energía en el sector industrial.
- Optimización de la importación y refinación de petróleo.
- Racionalización energética del sector transporte.
- Auditoría Energética en la industria del cemento.

GRENADA

El Ministerio de Obras, Comunicaciones, Servicios Públicos, Aviación Civil y Energía de Grenada desarrolla una serie de programas referentes a la divulgación y concientización en la utilización de los recursos energéticos que comprende:

- 1) Formulación de una legislación para eliminar/reducir impuestos sobre equipos eficientes en el uso energético; así como procedimientos que apoyen a la conservación de energía.
- 2) Formulación de guías generales para la eficiencia energética en edificios y promoción del diseño y la construcción de los mismos para climas tropicales.
- 3) Programa de educación energética dirigido a estudiantes, padres de casa, empleados y empleadores de los sectores público y privado.

A fin de lograr el mencionado objetivo, se han emprendido las siguientes acciones:

- 3.1 Aplicación de un Programa de Sensibilización Escolar. Abarca el uso de videos sobre la energía y conferencias que cubren temas tales como el concepto de "la energía - la conservación", la situación energética en Grenada y lo que se puede lograr a través de la conservación.
- 3.2 Publicaciones sobre conservación de energía en el hogar, locales comerciales, oficinas, el sector transporte, etc.

En la actualidad se prepara un programa de conservación energética gubernamental y se espera ejecutarlo a fines de

1987. Dicho programa busca instrumentar medidas de conservación en oficinas, órganos e instituciones gubernamentales. Operará en tres etapas:

- 1) Investigación sobre los actuales patrones de consumo y la concientización de los usuarios.
- 2) Realización de auditorías energéticas.
- 3) Trabajos de rehabilitación y adecuación.

GUATEMALA

Después de haber concluído el proyecto "Planificación Energética Integrada", compatibilizado con el desarrollo económico y social, el Ministerio de Energía y Minas ha estructurado una serie de proyectos tendientes a aplicar en el corto y mediano plazo un programa de Uso Racional de la Energía.

Para 1987, se ha programado ejecutar los siguientes proyectos:

- 1) Desarrollo de encuestas en los sectores:

- Residencial
- Transporte
- Industrial
- Agropecuario
- Comercial
- PÚblico

Objetivo: Conocer y analizar detalladamente el consumo de energía en los sectores económicos para determinar sus respectivos perfiles y establecer políticas de conservación y sustitución.

Duración: 6 meses
Fecha de inicio: Abril 1987

- 2) Racionalización de energía en el sector transporte

Objetivo: Formular políticas para el Uso Racional de la Energía en el transporte.

Duración: 1 año
Fecha de inicio: Enero 1988

3) Elaboración del Programa de Uso Racional de Energía

Objetivo: Definir políticas y proyectos para los sectores de consumo:

- Residencial
- Comercial
- Transporte
- Industrial

Duración: 1 año
Fecha de inicio: Julio 1987

Igualmente se desarrolla el Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Regional PEEIR, cuya metodología de trabajo se basa en seminarios y cursos a técnicos de las diferentes industrias de los países del área. A la fecha se ha realizado el Primer Seminario de Ahorro de Energía en Edificios.

GUYANA

En 1981 el Gobierno creó la Autoridad Nacional de Energía de Guyana (Guyana National Energy Authority - GNEA) con el objeto de asegurar el uso eficiente de productos de petróleo importado, así como continuar con el desarrollo de fuentes alternas de energía donde fuese factible y posible su utilización.

La GNEA conjuntamente con otras organizaciones (CARICOM y otras) y con la asistencia de consultores contratados, realizó un estudio en el cual se identificaron oportunidades de conservación de energía en entidades consumidoras seleccionadas, incluyendo a GUVMINE (bauxita), la consumidora más importante de derivados del petróleo de Guyana. Un hecho muy significativo del estudio es que se podían lograr ahorros de consumo de combustibles mediante una buena práctica administrativa a bajo costo.

Respuesta de los Organismos

Los grandes consumidores de energía, GUVMINE y GUYSUCO (azúcar) han realizado grandes esfuerzos en conservación de energía. El programa de GUVMINE incluye entrenamiento a ingenieros, auditorías energéticas, seminarios, etc. El programa de GUYSUCO tiene como elemento principal mejorar la eficiencia del uso del bagazo de caña para generar vapor de agua y electricidad. Como resultado GUYSUCO podrá eventualmente suministrar energía eléctrica a la red nacional, además de reducir el consumo de petróleo importado.

Conciencia Pública

Campañas a nivel nacional de conciencia pública han sido lanzadas en forma limitada, especialmente a los sectores transporte de pasajeros, residencial y público.

Durante 1986 se constituyó un comité especial sobre energía para examinar, entre otros aspectos, lo referente a la conservación de energía y a la formulación de una metodología para desarrollar medidas de conservación a nivel nacional.

JAMAICA

El Ministerio de Minas, Energía y Turismo viene realizando esfuerzos tendientes a ahorrar fácilmente la energía, principalmente en el sector rural. Para el efecto prepara publicaciones especializadas con miras a crear conciencia entre los usuarios de energía.

MEXICO

La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal de México consigna entre sus principales acciones en el campo del Uso Racional de la Energía las siguientes:

- 1) Metas y logros obtenidos en México, como resultado de la ejecución del Programa Nacional de Energía (PRONE 1983-1988). El Programa Nacional de Energéticos tiene como uno de sus principales objetivos el modificar los patrones estructurales vigentes en el uso de la energía sin afectar la actividad productiva y calidad de la vida. Por su importante cobertura nacional, el PRONE se propuso como meta el tratar el ahorro y uso eficiente de la energía, mediante un subprograma específico, que incluía entre otras las siguientes metas:
 - Reducir la elasticidad ingreso del consumo de energía de 1,7 a 1,3.
 - Reducir la tasa media de crecimiento del consumo nacional de energía a 5,0% - 5,5% hasta 1988.
 - Alcanzar un uso más eficiente que permita un ahorro de energía entre el 7 y 9% hacia 1988.
 - Alcanzar para 1988 la meta cuantitativa de ahorrar aproximadamente 200.000 barriles equivalentes de crudo, en

relación a lo esperado sin esfuerzos explícitos de uso eficiente de energía.

- Alcanzar a mediano y largo plazo un uso más eficiente que permita un ahorro de 18 a 22% para el año 2000, de acuerdo a las tendencias de consumo.
 - Reducir la tasa de crecimiento del consumo nacional de energía entre 5,8 y 6,2% en el período 1989-2000, será el objetivo global del programa.
- 2) Resultados de la Primera Reunión Nacional sobre Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, entre los que se destaca el Informe "Desplazamiento de Personas en Zonas Urbanas: Cambios Estructurales para el Ahorro Energético", preparado por el Programa Universitario de Energía - UNAM, México.
- 3) Seguimiento al Seminario sobre el Uso Racional de la Energía para países de Asia, África y Latinoamérica (marzo 1986).

PANAMA

La Comisión Nacional de Energía de Panamá (CONADE) destaca las siguientes acciones en materia de Uso Racional de Energía:

- 1) Legislación, Reglamento y Normas en las siguientes áreas: aire acondicionado y construcción de edificios. Se está considerando la posibilidad de incluir aspectos técnicos para propiciar el Uso Racional de Energía en otras áreas.
- 2) Información sobre estudios, programas y planes de Uso Racional de Energía en otros sectores económicos.

CONADE brinda asesoría técnica en forma gratuita a empresas y realiza auditorías energéticas al sector público y al sector privado.

PERU

El Centro de Conservación de Energía - CENERGIA, del Ministerio de Energía y Minas del Perú, entidad dedicada a la realización de actividades científicas y tecnológicas conducentes a propiciar el ahorro y la sustitución de la energía mediante su conservación y aprovechamiento racional, viene cumpliendo actividades desde 1986 y para el efecto cuenta con un sistema de difusión y publicaciones en las que se consignan acciones, objetivos y desarrollos.

CENERGIA ha considerado en su programa de actividades la ejecución de estudios sobre el estado energético nacional a través de auditorías energéticas en las instalaciones del sector productivo del país. Ese programa, patrocinado por el Ministerio de Energía y Minas, cuenta con el apoyo financiero del Banco Mundial para la contratación de consultores especializados y el respaldo de PETROPERU S.A. para su ejecución.

SURINAM

El Ministerio de Recursos Naturales y Energía de Surinam ejecuta un plan en el que se destaca el uso de la bioenergía principalmente en el sector rural (especialmente agricultores) para sustituir combustibles fósiles, establecer regulaciones sobre el uso de aire acondicionado en oficinas y cambiar el sistema tarifario eléctrico en forma progresiva.

TRINIDAD Y TOBAGO

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales de Trinidad y Tobago ha ajustado su legislación petrolera con el objeto de incorporar aspectos de exploración, desarrollo y producción petrolera en forma más óptima y eficiente.

Igualmente, ha fijado esquemas de negociación y operación petrolera dentro de un marco general de optimización de recursos.

URUGUAY

El Ministerio de Industria y Energía del Uruguay, mediante Decreto-Ley, creó el Grupo de Racionalización de la Energía Industrial (GREI) y su Reglamentación correspondiente.

Actualmente se estudia adelantar en el sector industrial un programa con la cooperación técnica del Gobierno de Suecia, cuyo objetivo fundamental es capacitar el personal técnico del GREI en la realización de auditorías en la industria, así como también capacitar a técnicos de las industrias en el área de economías de la energía.

En el sector transporte, se realizó en 1984 un proyecto de cooperación con OEA, "Uso Racional de Energía en el Transporte"; como resultado del mismo se creó una base de datos del sector

transporte, se modelizó la demanda de dicho sector y se produjeron una serie de recomendaciones tendientes a racionalizar el consumo de energía en ese sector. Como aplicaciones directas, la Intendencia Municipal de Montevideo está llevando a cabo un estudio de profundización exclusivamente para la ciudad capital.

VENEZUELA

El Ministerio de Energía y Minas de Venezuela señala que "Actualmente no existen en el país leyes, decretos o reglamentos que conformen jurisprudencia sobre Uso Racional de Energía". No obstante, se cuenta con los lineamientos generales de política energética que contiene aspectos concernientes a esta materia consignados en el "Documento Base para la Política Energética Integral de Venezuela" editado en el año 1983.

En 1986 se inició un Programa Nacional de Educación Energética que busca apoyar el logro de objetivos de Política Energética Integral de Venezuela encaminados a "asegurar un suministro efectivo y eficiente de energía requerida por el país, garantizando al mismo tiempo, un adecuado volumen y calidad de exportación petrolera y carbonífera que permita la generación máxima de divisas necesarias para el desarrollo económico y social".

En la actualidad está en marcha un Programa de Eficiencia Económica Energética (PEEE), con el apoyo técnico y financiero del Banco Mundial, en cuya primera etapa, recientemente finalizada, se identificaron aspectos de orden legal y normativo necesarios para la conservación de la energía en el país. De acuerdo al desarrollo de las próximas etapas y a las decisiones que al respecto tome en el futuro el Gobierno venezolano, éstos podrían convertirse eventualmente en leyes, decretos o afines.

El PEEE tiene como objetivo lograr un uso más eficiente de la energía en todos los niveles de la Cadena Energética y moderar el crecimiento en la demanda interna sin que esto afecte el funcionamiento de la actividad económica ni los niveles de calidad de vida de la población venezolana.

La segunda etapa del PEEE consiste en la elaboración del "Plan Maestro", en el que se delinearán los estudios detallados de los problemas identificados del Sistema Energético Nacional; el análisis de las opciones de solución; la formulación del plan de acción de corto, mediano y largo plazo; la definición de los recursos humanos y financieros, así como la programación detallada del "Plan Maestro". La tercera etapa del PEEE es su ejecución formal.

ESTIMACION DE ENERGIA SOLAR EN EL PERU *

J.W. Vásquez 1/, P. Lloyd 2/

RESUMEN

Este trabajo tiene por objeto determinar el potencial solar del Perú por medio de la estimación de la radiación solar sobre su territorio, de acuerdo con la relación entre la duración media diaria del brillo solar, S , la duración mensual y anual media del día, S_0 , los coeficientes de las constantes de Angstrom, a y b , la irradiación solar global en la superficie, H , y en la parte superior de la atmósfera, H_0 . Se han utilizado datos de diversas estaciones meteorológicas para S (la duración real de la heliofánia o brillo solar). Los valores de los coeficientes de Angstrom para estas estaciones fueron comparados con los reportados para países tropicales de condiciones climáticas similares y latitudes que fluctuaban entre cero y treinta y cinco grados Sur.

* Investigación financiada por el Consejo Británico y realizado en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Estudios Energéticos, Universidad de Cardiff.

1/ Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

2/ Departamento de Ingeniería Mecánica y Estudios Energéticos, Universidad de Cardiff, Cardiff, Gales, Gran Bretaña.

INTRODUCCION

Puede ser de interés dar una idea de la energía de la radiación solar ("radiación solar", para simplificar) como parte del espectro electromagnético completo. Esta es la radiación electromagnética del sol, con longitudes de onda que fluctúan entre $0,20 \mu\text{m}$ y $5 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), denominada simplemente radiación de onda corta. El espectro correspondiente se divide en regiones de acuerdo con la longitud de las ondas (o frecuencia) de tal radiación. La radiación de onda corta del sol y la radiación de onda larga emitida por la Tierra (con longitudes de onda entre 5 y $100 \mu\text{m}$), conforman la radiación completa, que provoca los fenómenos físicos más importantes, siendo la radiación solar mayor y predominante. La tarea se dedicará enteramente al estudio de la radiación de onda corta, en la cual se pueden distinguir varias regiones principales, a saber:

- i) La región ultravioleta, con longitudes de onda entre $0,001$ y $0,38 \mu\text{m}$ y con subdivisiones como la ultravioleta cercana ($0,30 < \lambda < 0,38 \mu\text{m}$), la ultravioleta lejana ($0,20 < \lambda < 0,30 \mu\text{m}$) y la vacía ($0,001 < \lambda < 0,20 \mu\text{m}$).
- ii) La región visible, con longitudes de onda entre $0,38$ y $0,76 \mu\text{m}$, arrojando los colores:

$0,380 < \lambda$ (violeta)	$< 0,455 \mu\text{m}$
$0,455 < \lambda$ (azul)	$< 0,485$
$0,485 < \lambda$ (celeste)	$< 0,505$
$0,505 < \lambda$ (verde)	$< 0,550$
$0,550 < \lambda$ (verde-amarillo)	$< 0,575$
$0,575 < \lambda$ (amarillo)	$< 0,585$
$0,585 < \lambda$ (anaranjado)	$< 0,620$
$0,620 < \lambda$ (rojo)	$< 0,760$

y los valores típicos de longitudes de onda correspondientes a los colores:

violeta	con	$\lambda = 0,430 \mu\text{m}$
azul		$= 0,470$
celeste		$= 0,495$
verde		$= 0,530$
verde-amarillo		$= 0,560$
amarillo		$= 0,580$
anaranjado		$= 0,600$
rojo		$= 0,640$

- iii) La región infrarrojo, con longitudes de onda entre 0,76 y 1000 μm y con subdivisiones como el infrarrojo cercano ($0,76 < \lambda < 25 \mu\text{m}$) y el infrarrojo lejano ($25 < \lambda < 1000 \mu\text{m}$).

Se ha descubierto que prácticamente toda la energía solar radiante se encuentra en el rango de la radiación de onda corta, con longitudes de onda entre 0,20 y 5 μm con su mayor parte en la región de la ultravioleta cercana visible y en una zona de el infrarrojo cercano (o sea, en el intervalo de longitudes de onda de 0,30 μm a 3 μm).

Ya que la radiación electromagnética es un fenómeno parecido a una onda que transporta energía a través de las distancias, y dado que la luz (o radiación de onda corta), las ondas de radio, las micro-ondas y los rayos X y gamma son todas formas de radiación electromagnética, la única cosa que distingue a cada uno de estos tipos de radiación de los demás es su longitud de onda, o sea, la longitud de una onda completa. La luz ultravioleta en pequeñas cantidades arroja algunos beneficios, como son la generación de vitamina D y bronceados de piel, pero con altas intensidades puede ser muy peligrosa.

La luz infrarroja a veces se conoce como calor radiante, pero realmente no es energía térmica hasta que sea absorbida por una superficie. Los objetos calientes pierden calor al irradiar luz infrarroja. Del sol se irradia principalmente luz visible, pero también cantidades apreciables de luz ultravioleta e infrarroja. El sol es la principal fuente de radiación electromagnética, emitida a una temperatura de unos 5762°K , que es la temperatura de su fotoesfera. Se entiende que en la atmósfera superior de la Tierra y en la distancia media Tierra-sol, tal radiación tiene un valor constante de unos 1353 vatios/metro cuadrado, la llamada "constante G_{sc} ", que es la energía del sol por unidad de tiempo, recibida en una unidad de área de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación.

Sin embargo, además de la energía total del espectro solar (o sea, la constante solar G_{sc}), es conveniente conocer la distribución espectral de la irradiancia extraterrestre G_o que es la radiación que se recibiría en ausencia de la atmósfera. Las fuentes de variación en la irradiancia a incidencias normales son la variación de la radiación emitida por el sol y la variación de la distancia Tierra-sol, siendo ésta la más importante.

La dependencia de la irradiancia extraterrestre de la época del año-- a la incidencia normal G_{on} -- ha sido indicada por la relación aproximada:

$$G_{on} = G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right] \quad (1)$$

$$G_{sc} = 1353 \text{ vatios/metro cuadrado}$$

donde G_{on} es la irradiancia extraterrestre (radiación directa o por rayos o haces por unidad de tiempo y unidad de área), medida en el plano normal a la radiación en el enésimo día del año. Obviamente, G_{on} también se expresa en vatios/metro cuadrado.

Interacción de la radiación solar con los principales componentes de la atmósfera inferior

La atmósfera está compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, cuyo volumen combinado de concentración es alrededor del 99 por ciento. No obstante, existen otros componentes en cantidades mucho más pequeñas, tales como vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, óxidos de nitrógeno y otros como aerosoles (polvo), que son de gran importancia en los principales procesos de la interacción con la radiación solar. El agua y el vapor de agua en la atmósfera se asocian con los procesos atmosféricos como la condensación y evaporación, formación de nubes y precipitación, limpieza de la atmósfera con la eliminación de partículas de aerosoles a través de su captura con la caída de gotas de agua, y la eliminación de gases con su disolución. El agua también desempeña un papel muy importante en la transmisión de radiación solar por la atmósfera.

Entre los tipos más importantes de interacción de la radiación solar con los principales componentes de la atmósfera, figuran los procesos de absorción y dispersión, que se producen principalmente en la región más baja de la atmósfera, o sea, la tropósfera, a alturas que fluctúan entre el nivel del mar hasta 10 ó 12 kilómetros. Como consecuencia de tales interacciones, la energía de la radiación solar se atenua cuando pasa por la atmósfera y llega al suelo. La attenuación de la radiación debido a la absorción y dispersión se caracteriza por coeficientes normalmente denominados coeficiente de absorción de masa, K_a , y coeficiente de dispersión de masa, K_s , respectivamente. Estos coeficientes se relacionan con la longitud de trayectoria, ds , con la

densidad lineal del medio de absorción o dispersión (masa por unidad de longitud por la trayectoria del haz) y con la irradiancia G a través de las relaciones:

$$dG = \begin{cases} -K_a \rho G ds & (\text{absorción}) \\ -K_s \rho G ds & (\text{dispersión}) \end{cases} \quad (2)$$

A veces, en lugar de los coeficientes de atenuación de masa, se utilizan el coeficiente de absorción de volumen $\alpha = \rho K_a$ y el coeficiente de dispersión de volumen $K = \rho K_s$.

El espectro de absorción de la atmósfera se extiende en una amplia gama, desde la región de los rayos X hasta la de las ondas ultracortas de radio. Esto hace que el carácter físico de la absorción sea altamente variado y obviamente complica la estructura del espectro. El problema es el de determinar la absorción en diferentes intervalos del espectro y también en amplias regiones del mismo, abarcando la radiación de ondas cortas y largas. En todos los casos, el principal factor es la cantidad de radiación absorbida. En varios casos, la temperatura y la presión del medio absorbedor se vuelven muy importantes.

Los principales componentes absorbentes de la atmósfera son O_2 , O_3 , H_2O , CO_2 , N_2 , NO , N_2O , CO , CH_4 .

La absorción de la radiación en el infrarrojo cercano se relaciona físicamente con las transiciones moleculares vibracionales y rotativas, mientras que la absorción de la radiación en el infrarrojo lejano se relaciona con las transiciones puramente rotativas.

La absorción en la atmósfera se debe en gran parte al ozono (en la ultravioleta) y al vapor de agua (en el infrarrojo). Existe una absorción casi completa de la radiación ultravioleta por parte del ozono en la parte superior media de la atmósfera (o sea, la estratosfera) para longitudes de onda menores a $0,29 \mu\text{m}$. La absorción de radiación por el ozono decrece conforme vaya aumentando la longitud de onda. En la región de las longitudes de onda mayores a $0,29 \mu\text{m}$ hasta $0,35 \mu\text{m}$, no hay absorción. La absorción por vapor de agua ocurre en bandas en la región del infrarrojo del espectro solar, con las bandas de absorción centradas a $1,0$, $1,4$ y $1,8 \mu\text{m}$. Más allá de $2,3 \mu\text{m}$, la penetración de la atmósfera es muy baja, debido a la absorción de radiación por vapor.

Los procesos de dispersión resultan en la atenuación de la radiación solar directa por moléculas de aire tales como las de oxígeno, nitrógeno, vapor de agua, polvo, etc. La dispersión de la radiación de haces por las moléculas de aire ocurre de acuerdo con la teoría de Rayleigh, que dice que tal proceso se produce cuando las partículas dispersantes son más pequeñas que la longitud de las ondas de la radiación. En este caso, los coeficientes de atenuación son proporcionales a λ^{-4} . La dispersión por vapor de agua depende de la cantidad de agua precipitable y los coeficientes de atenuación son proporcionales a λ^{-2} . Por otro lado, las partículas de polvo son más grandes que las moléculas de aire y los coeficientes de atenuación son proporcionales a $\lambda^{-3/4}$. Obviamente, se puede demostrar que las partículas de polvo tienen los coeficientes de atenuación más grandes en el proceso de dispersión. Bajo condiciones atmosféricas, los principales determinantes de la dispersión son las fluctuaciones de la densidad del aire y de las partículas aerosoles (gotitas de agua y partículas de polvo). Se puede decir que la dispersión atmosférica es una función continua de la longitud de la onda de radiación, mientras que la absorción es por lo general selectiva.

Como hecho importante, se debe señalar que la radiación solar es la fuente fundamental de energía para el ciclo hidrológico e influye en los posibles tipos de agricultura en cada región. Esto se logra a través de la distribución de las lluvias. Por otro lado, la energía proveniente de la radiación solar es un tipo no convencional de energía renovable, disponible al Hombre y susceptible de convertirse en energía calorífica y eléctrica y en otras formas de energía útil en la tecnología, la industria y el hogar.

Este trabajo de investigación es un aporte al desarrollo de la tecnología de energía solar en el Perú. Los autores esperan que este trabajo básico ayude a las autoridades estatales del Ministerio de Energía y Minas, así como a otros expertos, en la toma de decisiones sobre el desarrollo de este tipo de tecnología. Estas decisiones deben tener en cuenta el hecho de que, tarde o temprano, será menester enfrentar los problemas energéticos relacionados con las necesidades de electricidad y calefacción en la mayor parte de las localidades y regiones del territorio peruano.

Algunos conceptos y notaciones

- | | |
|-------------------|--|
| Radiación directa | - Es aquella radiación recibida del sol sin haber sido dispersada (o reflejada) por la atmósfera. La radiación por haces es la misma que la radiación directa. |
|-------------------|--|

Radiación difusa	- Es aquella radiación recibida del sol después de haber sido cambiada por dispersión, por la atmósfera o por la superficie terrestre.
Radiación reflejada	- Es aquella radiación recibida del sol después de haber sido reflejada por el suelo o por una nube.
Radiación transmitida	- Es aquella radiación transmitida por un medio como la atmósfera.
Radiación global	- Es la radiación hemisférica compuesta por la radiación directa y la difusa.
Radiación total	- Es la radiación integrada por los intervalos de longitud de onda corta y larga.
Irradiancia G (irradianza)	- Es la tasa a la cual la radiación es recibida por una superficie, por unidad de área. Se mide en vatios/m ² .
Irradiación H	- Es la cantidad de radiación recibida por una superficie por unidad de área durante un determinado período. La radiación solar en el suelo a veces se denomina insolación.
Radiación solar	- Es la energía irradiada por el sol.
Emisión (emitancia)	- Es la energía irradiada por un cuerpo, expresada como una fracción de la energía que sería irradiada por un cuerpo negro a la misma temperatura.
Coeficiente de absorción (absorbitancia)	- Es la fracción de la energía incidente que es absorbida por una superficie.
Coeficiente de reflexión (reflectancia)	- Es la fracción de la energía incidente que es reflejada por una superficie.

Transmitancia	- Es la fracción de la energía incidente que es transmitida a través de un medio.
Irradiancia extra-terrestre G_0	- Es la tasa a la cual la radiación solar es recibida por unidad de área sobre un plano horizontal en la parte superior de la atmósfera. Es la suma de la irradiancia solar global recibida en el suelo más la irradiación absorbida por la atmósfera más la irradiación reflejada por la atmósfera al espacio.
Irradiación extra-terrestre H_0	- Es la cantidad de radiación solar recibida por una superficie por unidad de área durante un determinado período, en la parte superior de la atmósfera.
Duración del brillo solar S	- Es la duración real observada del brillo solar, expresada en horas. En otras palabras, es la duración de esa parte del día en la cual brilla el sol.
Duración del día S_0	- Es la máxima duración posible del brillo solar, expresada en horas.
Albedo	- Es la fracción de la energía incidente reflejada por una superficie.
Hora solar local LST	- Es la hora basada en el aparente movimiento angular del sol a través del cielo, siendo el mediodía solar la hora en que el sol cruza el meridiano del observador. Se expresa en horas y es negativo en la mañana. También se conoce como la hora solar real o la hora local aparente.
Hora media local LMT	- Es la hora definida por el movimiento del sol medio, que es un punto imaginario en el cielo, en la trayectoria del sol y a la velocidad angular media del sol.

- Hora media estándar - Es la hora normalmente indicada en los relojes. Corresponde a una determinada región alrededor de un meridiano específico, por ej., para el Perú es la hora peruana a 75° Oeste, expresada también en horas.
- Ecuación para la hora E - Es la diferencia de hora entre LST y LMT. Se puede calcular aproximadamente con la expresión:

$$E \text{ (en minutos)} = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (3)$$

$$\text{donde } B \text{ (en grados)} = \frac{360(n-81)}{365}$$

y $n = \text{día del año} ; 1 \leq n \leq 365$.

Estas fórmulas se tomaron de Duffie y Beckman, pero son originalmente de Whillier (1979).

- Ecuación para LST - Es la ecuación dada por la expresión:

$$LST = SMT + [4 + (L_{st} - L_{loc}) + E] / 60 \quad (4)$$

donde L_{st} = longitud del meridiano estándar para la zona de tiempo = 75 para el Perú

y L_{loc} = longitud del sitio o ubicación.

- Ángulo de zenit Z - Es la distancia angular entre una determinada línea de vista y la perpendicular a la superficie del observador. En particular, el ángulo zenit solar es el ángulo entre una línea vertical al zenit (o sea, el punto directamente encima) y la línea de vista al sol. También es el ángulo de incidencia entre la radiación directa solar por haces sobre una superficie y la normal a dicha superficie. Se expresa en grados o radianes.

Angulo horario HA

- Es el desplazamiento angular del sol, al este u oeste del meridiano local, debido a la rotación de la Tierra alrededor de su eje, a 15° por hora. Si se expresa en grados, la ecuación es:

$$HA = LST \times 15 \quad (5)$$

Declinación δ

- Es la posición angular del sol al mediodía con respecto al plano de la línea equinoccial. Cuando se expresa en grados, tiene un valor máximo de $+23.45^{\circ}$ el 22 de junio y un valor mínimo de -23.45° el 22 de diciembre. Estos son los solsticios de invierno y verano, respectivamente (en el Hemisferio Sur). Tiene un valor intermedio de cero el 22 de marzo y el 23 de septiembre, o sea, en los equinoccios de otoño y primavera, respectivamente (también en el Hemisferio Sur). Por lo tanto, sus valores fluctúan en el intervalo:

$$-23.45^{\circ} \leq \delta \leq + 23.45^{\circ}$$

El ángulo de declinación δ se puede encontrar con la ecuación de Cooper (1969):

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left[\frac{360 (284+n)}{365} \right] \quad (6)$$

donde n es el día del año.

Masa relativa del aire m

- Normalmente denominada "número de masa del aire" (a veces llamada, de una manera algo engañosa, simplemente "masa de aire"), es la relación entre la verdadera masa de aire a través de la cual pasan los rayos solares y la masa de aire en dirección vertical. Esencialmente es una medida de la cantidad de atmósfera que la luz del sol tiene que pasar antes de llegar a la superficie terrestre. Bajo la suposición de una densidad de aire uniforme (o, lo que es equivalente, sin

tomar en cuenta la refracción) y de que la atmósfera sea un plano infinito, la masa del aire puede aproximadamente ser calculada con la expresión $m = \sec Z$. Obviamente, la masa relativa de aire es un número adimensional.

Ángulo horario de la puesta del sol (o el amanecer) HAS

- Es el ángulo horario en que el ángulo de zenit solar es de 90° . Para una superficie horizontal, la expresión en términos de latitud L y declinación δ está dada por:

$$\cos(\text{HAS}) = -\tan L \cdot \tan \delta \quad (7)$$

Relación entre S_o y HAS

- Para una superficie horizontal, esta relación está dada por:

$$S_o = 2 \text{ HAS} \frac{12}{180} \quad (8)$$

si HAS se expresa en grados.

Relación entre G_o y el ángulo de zenit Z

- Para una superficie horizontal, esta relación está dada por la expresión:

$$G_o = G_{on} \cos Z = G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \cos Z \right] \quad (9)$$

donde $\cos Z = \sin \delta \sin L + \cos \delta \cos L \cos(\text{HAS})$

La irradiancia G_o es aquella de la parte superior de la atmósfera, en un plano horizontal.

Ecuación para el H_o diario

- En la parte superior de la atmósfera y en un plano horizontal, esta ecuación es la integral de tiempo de G_o durante el día, desde el amanecer hasta la puesta del sol. Está dada por las expresiones:

$$H_0 = \int G_0 \text{ durante un día}$$

$$= \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right] \left[\cos L \cos \delta \sin(HAS) + \frac{2\pi HAS}{360} \sin L \sin \delta \right] \quad (10)$$

DATOS Y METODOS

Se sabe que solamente una parte de la radiación solar que ingresa alcanza a la superficie terrestre. El resto es absorbido o dispersado por la atmósfera. La radiación global (H , más precisamente, la irradiación global H) se puede medir con piranómetros. Ya que es limitado el número de estaciones meteorológicas que miden la irradiación, se necesitan otros datos meteorológicos. Muchas estaciones meteorológicas registran sólo la duración del brillo solar S , que es la cantidad más importante para estimar la irradiación solar H .

Para encontrar la distribución de la radiación solar incidente en la Tierra, es preciso tener valores medidos suficientes de las cantidades requeridas. Para el presente trabajo, ha sido posible conseguir mediciones de la duración del brillo solar S de unas 70 localidades en el Perú, del Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Perú, de la Oficina Meteorológica de Bracknell, en Inglaterra, y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). De dichas estaciones, solamente 64 tuvieron juegos de datos satisfactorios, los cuales fueron utilizados en el presente estudio.

Siguiendo el método de Angstrom (1924), quien fue el primero en sugerir una relación lineal entre la irradiación global H y la duración del brillo solar S , se puede utilizar su fórmula tal como fue re-escrita por Prescott (1940):

$$H = H_0 \left[a + b \left(\frac{S}{S_0} \right) \right] \quad (11)$$

donde:

H : = irradiación global diaria que llega a la superficie.

H_0 = irradiación extraterrestre global diaria en la parte superior de la atmósfera (a veces conocida como el valor de Angot, por Angot, quien publicó una tabla de valores para H_0).

S = número medido de horas de brillo solar registrado por un medidor heliofánico.

S_0 = máximo número de horas de brillo solar posible en un día en el lugar de referencia. También es la duración del día.

a y b = son parámetros adimensionales, casi constantes en el tiempo, pero variables de lugar a lugar; se determinan comparando la fórmula de Angstrom con los datos medidos.

La relación S/S_0 se denomina la duración relativa del brillo solar.

La primera parte del trabajo fue el de escribir un programa de computación para encontrar cada uno de los valores mensuales de S_0 , H_0 y H , así como los parámetros a y b de la fórmula de Angstrom, para cada una de las 64 estaciones con datos disponibles.

Es importante mencionar que en los sitios donde la irradiación global ha sido estimada por medio de la fórmula de Angstrom, la precisión de H depende de la precisión con que se calcularon los coeficientes a y b.

Las cantidades S_0 y H_0 se pueden encontrar con las fórmulas que contienen el ángulo horario del amanecer o de la puesta del sol, así como la integral de la irradiancia extraterrestre G_0 . La cantidad G_0 a su vez depende de la constante solar G_{sc} , el día del año n y el ángulo zenit solar Z.

Para estimar los coeficientes a y b de Angstrom, se han considerado varios métodos, tales como los de Black et.al. (1953), Pennan (1956), Frere et. al. (1975) y Fritz y McDonald (1949). Sin embargo, estos se basaban principalmente en datos de estaciones o sitios de una latitud mayor, o condiciones climatológicas diferentes, a las del Perú y se ha preferido calcular los coeficientes de Angstrom con un método derivado de los datos de radiación registrados en el Perú y otros países latinoamericanos, tomados de un estudio financiado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Rijks,

1975). Los valores más adecuados para los coeficientes a y b de Angstrom serían aquellos estimados por un método esencialmente igual al de J.Q. Rijks (1975). Las curvas de Rijks fueron readjustadas a los valores medidos de a y b para sitios como los siguientes:

	a	b
Lambayeque	0.27	0.43
Huaraz	0.32	0.40
Lima (La Molina)	0.17	0.66
Moquegua	0.30	0.41

La inspección visual de los diagramas de dispersión sugirió que los ajustes lineales de dos elementos serían apropiados. Se hicieron los ajustes manualmente. Está claro en los gráficos que si existe una relación entre los coeficientes a y b y la duración relativa media del brillo solar S/S_0 . Los valores para los coeficientes a y b de Angstrom han sido estimados en base a los valores para la duración relativa anual del brillo solar. Para aquellos sitios en que la relación $S/S_0 \geq 0.55$, los valores para los coeficientes se suponen como constantes (o sea, $a = 0.30$, $b = 0.413$) y para aquellos sitios en que $S/S_0 < 0.55$, los valores de a y b se estiman con las siguientes ecuaciones lineales, tal como se indica en la Figura 1.

$$a = \begin{cases} k_a + m_a (S_1/S_0)^{\text{anual}} & \text{para } S^{\text{anual}} \geq S_1 \\ k_a + m_a (S/S_0)^{\text{anual}} & \text{para } S^{\text{anual}} < S_1 \end{cases} \quad (12a)$$

$$b = \begin{cases} k_b + m_b (S/S_0)^{\text{anual}} & \text{para } S^{\text{anual}} < S_1 \\ k_b + m_b (S_1/S_0)^{\text{anual}} & \text{para } S^{\text{anual}} \geq S_1 \end{cases} \quad (12b)$$

en que

$$k_a = -0.05$$

$$k_b = 0.933$$

$$S_1 = 0.55$$

$$m_a = 0.636$$

$$m_b = -1.040$$

Cálculo de la irradiación H

Una vez estimados los valores de S_0 , H_0 , a y b, la siguiente tarea fue la de calcular los valores de H para las 64 localidades, utilizando los datos correspondientes sobre la duración de la heliofanía disponible. Los resultados se emplearon como la base para trazar un mapa isóptero del Perú. (Una isóptira es una línea de contorno de igual radiación.) Este mapa permite obtener los valores estimados de H para otras localidades en el Perú.

Tomando en cuenta condiciones meteorológicas y climatológicas similares (por ej., valores parecidos para la duración relativa del brillo solar, S/S_0), el territorio peruano ha sido dividido en tres principales regiones, que se extienden aproximadamente paralelas a la costa. Son las siguientes:

Región I - La costa y las laderas occidentales de los Andes, con alturas entre la del nivel del mar y 1000 m. Con relación a la radiación y clima, se deben considerar dos subregiones. Primero, la costa, que se considera como una zona muy estrecha de un ancho de aproximadamente 10 km y una altura hasta de 300 m. Un tipo de precipitación tipo lluvizna cae en el invierno (junio a octubre). Segundo, las laderas occidentales de los Andes se consideran como una faja muy seca que yace paralela y un poco hacia el interior del litoral, con alturas que fluctúan entre 300 y 1000 m y dentro de aproximadamente 50 km del litoral. Esta es una zona con muy poca lluvia, una región desértica con unos pocos ríos de caudal rápido desde los Andes. La temperatura es baja, para esa latitud, y existen muchas nubes en la costa.

Región II - Las tierras altas de los Andes, con una altura mayor de 1000 m, formando una faja de aproximadamente 250 km, de ancho promedio. La lluvia aumenta hacia el este en su conjunto. Normalmente, se denomina la región montañosa donde el clima es templado o frío (según la altura), con lluvias ligeras en la Cordillera Occidental y bastante más fuertes sobre la Cordillera Oriental. Tormentas de lluvias con truenos, típicas de los trópicos y de las montañas, se producen con frecuencia en esta zona, especialmente sobre la Cordillera Oriental en la temporada húmeda.

Región III - Las laderas orientales de los Andes y las llanuras orientales, con alturas menores a 1000 m, hasta 300 m, y desde 300 hasta casi el nivel del mar en las tierras bajas. Esta región normalmente se denomina la selva y es la parte más húmeda del Perú. Las laderas orientales de los Andes descienden a la región tropical de la cuenca del Amazonas y tienen una época de lluvias y truenos desde octubre hasta abril.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Una vez estimados los 64 valores medios anuales y estacionales de la irradiación diaria, la siguiente, y última, tarea fue la de anotarlos en un mapa del Perú y trazar las líneas de contorno isópticas con iguales valores de la irradiación H. Tal mapa se muestra en la Figura 2. Los valores estimados para la irradiación diaria media anual muestran que las tierras altas de la región andina tiene los valores más grandes de irradiación, aumentando hacia el sur del Perú. Los valores típicos de irradiación para esta región son los siguientes:

Sitios	Irradiación H (en kWh/m ²)
Pampa de Majes	5.610
Paucarani	5.406
Moquegua	5.363
Characato	5.322
Arequipa	5.313
Puno	5.190
Huaraya-Moho	5.161
Huaraz	5.138
Juli	5.048

Sin embargo, en los extremos norte y sur de la región de la costa y las laderas occidentales de la región de los Andes, se encuentran valores moderadamente altos de irradiación solar. Existen dos valores máximos, de 5.446 y 5.159 kWh/m² en el norte y norte-central, en Cayaltí y Nepeña, respectivamente. Los valores típicos de irradiación en esta región son:

Sitios	Irradiación H (en kWh/m ²)
Cayaltí	5.446
Nepeña	5.159
Andahuasi-Sayan	5.139
Castilla	5.128
El Tablazo	5.109
Punta Las Zorras	5.087
Parcona	5.040
Hda. Majoro	5.024

En las laderas orientales de Los Andes y las tierras bajas orientales, los resultados de los valores calculados de H muestran que la mayor parte de los sitios tiene mucho menos radiación solar, con el menor valor de 2.505 kWh/m² para Neshuya, Ucayali, en el Departamento de Loreto. Los valores típicos para la irradiación en esta región son:

Sitios	Irradiacion H (en kWh/m ²)
Hda. Valor	4.495
Yurimaguas	4.143
Tingo María	4.016
Padre Abad	4.015
Santa Ana	4.006
San Ramón	3.981

Una cosa muy importante que hay que señalar es que los valores de la energía de radiación solar en el Perú son apreciables en las tierras altas de la región de los Andes (o sea, la región montañosa) pero decrecen en las laderas orientales de los Andes y, de manera más significativa, en las tierras bajas (o sea, la selva) y también en las laderas occidentales de los Andes y la costa.

Como resultado final de los estimativos de energía solar para el Perú, los valores más importantes para la irradiación, así como para los demás parámetros, se pueden apreciar en la Tabla 1.

REFERENCIAS

Da Mota, F.S., Beirdorf, M.I.C. and Acosta, M.J.C., 1977. "Estimates of Solar Energy in Brazil," Agricultural Meteorology, 18: 241-254.

Duffie, J.A., Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 1980.

Coulson, K.L. Solar and Terrestrial Radiation, Academic Press, 1975.

Kondratyev, K.Y.A., Radiation in the Atmosphere, Academic Press, 1969.

Rietveld, M.R. 1978 "A New Method for Estimating the Regression Coefficients in the Formula Relating Solar Radiation to Sunshine," Agricultural Meteorology, 19: 243-252.

Rijks, J.Q., Rea, J. and Frere, M. 1975 "Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina". (Agroclimatology Study of the Andes Zone), Inf. Tech., FAO/UNESCO/OMM, Rome, Italy.

Robinson, N. Solar Radiation, Elsevier, 1966.

LECTURA ADICIONAL

International Solar Energy Society, Solar World Forum, Brighton, England, 1981.

World Meteorological Organisation, Solar Energy, Proceedings of the UNESCO/WMO Symposium, Geneva, Switzerland, 1976.

Ajuste de Vásquez:-
 $a = -0,05 + 0,636 (S/S_0)$ para $S/S_0 < 0,55$
 $a = 0,30$ para $S/S_0 > 0,55$

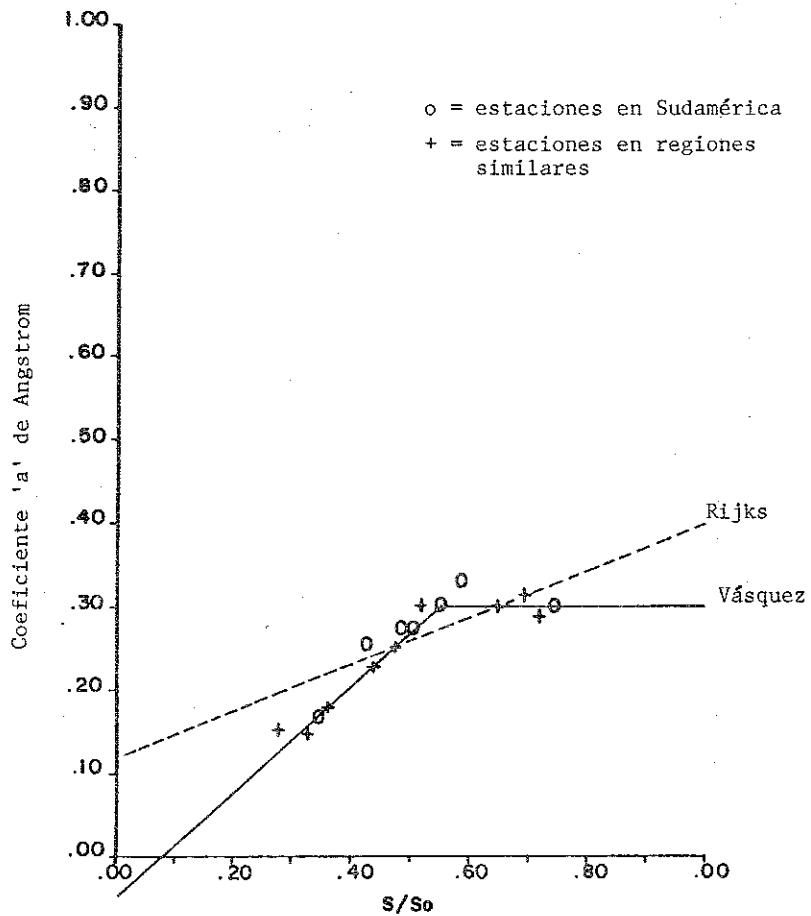


FIGURA 1 A
 Predicción del coeficiente 'a' en base a la duración anual del
 brillo solar
 Ajuste lineal de dos elementos de Vásquez y línea de Rijks

Ajuste de Vásquez:-
 $b = 0,933 - 1,040 (S/S_0)$ para $S/S_0 < 0,55$
 $b = 0,413$ para $S/S_0 > 0,55$

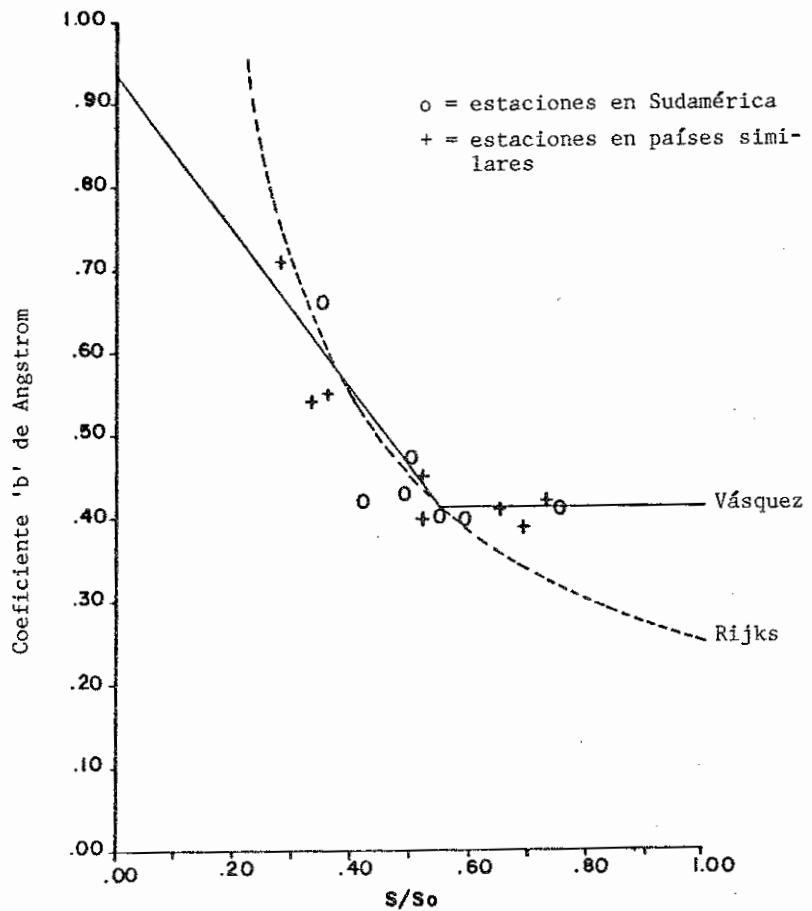


FIGURA 1 B

Predicción del coeficiente 'b' en base a la duración anual del
 brillo solar
 Ajuste lineal de dos elementos de Vásquez e hipérbola de Rijks

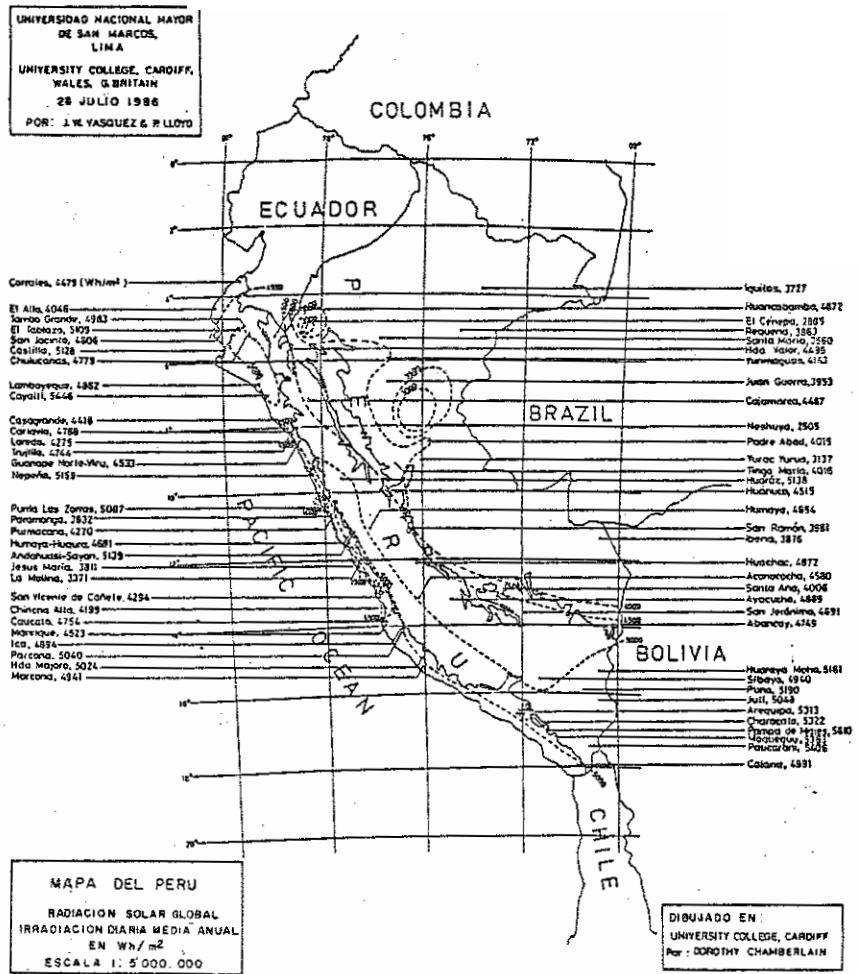


FIGURA 2

J.W.VARGAS - F.LLOYD UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS, LIMA, PERU UNIVERSITY COLLEGE CARDIFF, WALES, CROWN UNION							IRRADIACION DIARIA EN kWh/m ²												IRRADIACION DIARIA MEDIA ANUAL EN kWh/m ²	
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO/ LOCALIDAD	LAT	LON	ALT m	COEFI- CIENTES ANGSTROM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
							a	b												
SAN MARTIN	SAN MARTIN	JIAN CERRA	8.6	76.4	330	0.20 0.51	3.925	4.017	3.798	3.415	3.691	3.608	3.920	4.242	4.211	4.256	4.212	4.115	3.953	
LORETO	HATCHA	EQUITOS	3.0	79.3	125	0.18 0.56	3.179	3.467	3.500	3.710	2.964	3.138	3.697	4.195	4.726	3.792	4.204	3.792	3.727	3.863
LORETO	REQUEHUA	INGUIN	5.0	73.6	180	0.19 0.54	3.907	3.995	3.668	3.552	3.378	3.351	3.717	4.188	4.285	4.443	4.115	3.817	3.560	
LORETO	BALTO AMAZONAS	SANTA MARIA	5.1	76.1	179	0.17 0.50	3.735	3.239	2.817	2.860	3.271	3.150	4.003	6.323	4.165	4.403	3.844	3.318	3.143	
LORETO	ALTO AMAZONAS	YURIMAGUA	5.9	76.3	165	0.21 0.50	6.041	3.998	3.766	3.892	3.901	3.941	6.104	4.600	6.548	4.431	4.206	4.156	3.505	
UCAYALI	UCAYALI	INSHUVA	8.0	75.1	340	0.16 0.69	2.188	2.014	2.168	2.154	2.067	2.327	2.729	3.557	3.327	2.816	2.546	2.201	2.505	
UCAYALI	PAIME ABAD	PAIME ABAD	8.5	74.8	270	0.20 0.52	3.907	3.062	3.758	3.545	3.675	3.480	3.974	4.554	4.577	4.512	4.172	4.101	4.015	
UCAYALI	ATALAYA	VINAC - YURIA	9.0	75.0	1.0	0.14 0.61	2.550	2.593	2.726	2.651	2.738	3.041	3.327	3.819	4.046	3.539	3.437	3.175	3.137	
MARE DE DODGE		TAMBOHURO	11.4	69.6	150	0.20 0.53	3.746	3.736	3.706	3.713	3.471	3.509	3.819	4.263	4.322	4.087	4.231	3.908	3.876	

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/. 8.000,00	US\$50,00
DOS AÑOS (6 EDICIONES)	S/.15.000,00	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.

* PRECIOS VIGENTES HASTA EL 31 de Diciembre de 1987.

The Energy Magazine is published once every four months by the Permanent Secretariat of the Latin American Energy Organization (OLADE).

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

Articles, contributions, and correspondence concerning the Energy Magazine should be addressed to the Department of Informatics and Communications, P.O. Box 6413 CCI, Quito, Ecuador.

LATIN AMERICAN ENERGY
ORGANIZATION

AUGUSTO TANDAZO BORRERO
EXECUTIVE SECRETARY A.I.

ROBERTO FABREGA P.
HEAD OF PROGRAM, IN CHARGE OF
THE DEPARTMENT OF INFORMATICS
AND COMMUNICATIONS

REVISTA ENERGETICA

ENERGY MAGAZINE

Year 11, Number 1 April, 1987
January - February - March - April
1987

EDITOR'S NOTE	73
INVITATION TO SUPPLIERS	75
GENERAL GUIDELINES FOR THE ELABORATION AND APPLICATION OF POLICIES FOR RATIO- NAL USE OF ENERGY IN INDUSTRY	77
EXPERIENCES WITH RATIONAL USE OF ENERGY REPORTED BY THE OLADE MEMBER STATES	95
ESTIMATION OF THE SOLAR ENERGY IN PERU	111

EDITOR'S NOTE

Latin America is living through the worst economic crisis since the 1930s, and this entails serious effects for energy sector development in the countries of the region. Hence, among other measures, a broad range of activities oriented to more efficient use of energy have been undertaken, particularly geared to the substitution of imports of oil and its derivatives and to the gradual introduction of programs for rational use of energy.

For that reason, the present issue of the Energy Magazine focuses on rational use of energy as a central topic, since it is considered an important additional source of energy and a prime factor in achieving more effective economic and social development. An article on solar energy is also included, set within the energy substitution criteria that have been appearing in some countries of Latin America.

Determination of the rational use and substitution of energy in the economic process will depend, to a great extent, on recognition of their importance and significance by those responsible for the energy area, and on the adoption and application of the programs required for the efficient satisfaction of basic needs.

The Permanent Secretariat of OLADE, aware of the transcendence that rational use of energy and programs of energy substitution have for development of the Latin American energy sector, is publishing these articles for the purpose of promoting said recognition of their importance and significance.

ELETROBRAS
III ELETROBRAS DISTRIBUTION PROJECT
(LOAN NO. 2565 BR)

INVITATION TO SUPPLIERS

The firm LIGHT - SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A. is the beneficiary of Loan No. 2565-BR, awarded by the International Reconstruction and Development Bank (IRDB), through the Brazilian Electric Power Stations (ELETROBRAS), to cover part of a program to expand the electric power distribution grid, planned for the years 1986/1989.

Over the next twelve months, LIGHT will be extending invitations for international tenders for the supply of equipment and materials grouped as follows:

<u>Item</u>	<u>Description of Material</u>	<u>Estimated Value (millions of US\$)</u>
01	Shielded units (15 KV)	5.4
02	Steel towers	0.1
03	Power transformers (20 - 80 MVA)	4.7
04	Underground distribution transformers (150 - 500 KVA)	2.0
05	Polyphase meters	7.2
06	138-KV OF cables and accessories	2.9
07	Copper conducting wire (15 KV)	3.1
08	Aluminum conducting wire (CAA)	0.3
09	Switches and Section Switches (15 KV)	0.2
10	Breakers (34.5 and 138 KV)	1.1
11	Switches for energized lines (15 and 34.5 KV)	0.4
12	Oscillographs	0.1
13	Miscellaneous	0.3
		27.8

Suppliers and manufacturers from IRDB member countries, Switzerland, Taiwan and China which may wish to be included on the list of suppliers, in order to receive tender requests for the above-mentioned items, should write to the following address, indicating the items of their interest:

LIGHT - SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A.
Empréstimo No. 2565 BR
Atenção: Superintendencia de Compras
Av. Marechal Floriano 168 sala 211
CEP 20080 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Rio de Janeiro, February 12, 1987.

GENERAL GUIDELINES FOR THE ELABORATION AND APPLICATION OF
POLICIES FOR RATIONAL USE OF ENERGY IN INDUSTRY

Jose Augusto Bicalho Roque 1/

GENERAL CONSIDERATIONS

Background in OLADE

In the Lima Agreement of November 1973, the Pronouncement of San Jose of July 1979, and the Latin American Energy Cooperation Program (PLACE) of November 1981, the Ministers of the OLADE Member States insisted on the need to rationalize the production and consumption of energy.

Specifically, one of the objectives of the Lima Agreement is "to ensure proper conservation of the energy resources of the Region through their rational utilization". This aim was ratified and underscored in the Pronouncement of San Jose, which insisted on the need for Latin America to see the "gradual elimination of its dependence with respect to hydrocarbons, by virtue of the development of alternative sources available in the region" and which recommended the rationalization of consumption patterns, as well as of systems of marketing, transportation, storage, distribution and refining.

As for rational use of energy, the Organization has carried out activities such as the International Seminar on Energy Economy, held in Mexico in 1978; joint efforts with GEPLACEA and UNIDO, to achieve better use of energy in the sugar sector; and the Work Group on the Cement Industry.

1/ OLADE/UNDP consultant.

With the PLACE, it was resolved, within the fundamental aim of regional cooperation and integration, to promote rationalization of the production and consumption of energy by initiating a process of consolidation of the work already undertaken, in order to unify and coordinate regional efforts.

The realization of the Lima Seminar in July 1983, together with the IEA and the CEC, provided a basis for development of a Program for Rational Use of Energy in Industry and constituted a frame of reference for the actions of OLADE.

In 1984, within the context of the cooperation agreement signed between OLADE and the UN-DTCD, a document serving as a register and evaluation of the situation of rational use of energy in Latin American industry was drawn up, on the basis of information obtained in 13 countries of the region, on policies, legislation, norms and procedures related to rationalization of energy consumption in the sector.

Expansion of the program to the other economic sectors of consumption (transportation; residential, commercial and public) began with the Seminar on Rational Use of Energy, held in São Paulo, Brazil in November 1985. During the seminar, the work groups, made up of representatives from the Member Countries, made significant contributions to structuring the follow-up on OLADE's Program for Rational Use of Energy, and to establishing general lines for the elaboration and application of policies for rationalization of energy consumption in the industrial sector.

Definition of Rational Use of Energy

The formulation of policies for the energy sector was for many years based on the approach of energy production, where efforts concentrated on satisfying demand; meanwhile, the attention granted to the uses of energy, and to rationalization of these uses, did not have well-established priorities.

With the oil price hikes of 1973 and 1979, the priorities of the developed countries underwent a change; policies were established for optimization of the use of energy and for substitution of energy sources in some consumption sectors. The effect of such policies was reflected in the 20% reduction produced in oil consumption in the OECD member countries during the 1974-1984 period.

In the Latin American countries, where per capita energy consumption is extremely low, to speak of rationalization of the use of energy does not refer to a reduction in consumption. To propose such a reduction in developing societies would mean to propose the maintenance of a system of economic and social backwardness, for countries which have neither the possibility, nor the moral obligation to the world, of reducing their energy consumption and thus limiting their desire for better living conditions.

Therefore, optimization of energy use in the countries of the region does not seek a reduction in demand, but rather growth that would establish an energy consumption profile compatible with the economic and social development objectives of Latin America. In establishing this consumption profile, national policies which propitiate the more harmonious growth of energy demand play a fundamental role, by contributing to equilibrium in the balance of payments and to a reduction in the amount of financial resources required for investments in industrial projects in the area of energy, which are capital-intensive.

As established in the Lima Seminar, for Latin America energy rationalization should be understood as the "political, economic, technological and organisational process by means of which a country fits the production structure of its energy sector to its resource endowment and to elementary efficiency criteria; and its consumption patterns to its supply structure, to its level of development, and to principles of fairness, so that the limited amounts of resources available to it can satisfy the needs of its own economy and can assure each citizen the minimum quantity and quality of energy necessary for the productive integration of society."

Thus defined, energy rationalization covers the following fundamental aspects:

- The optimization of use, in order to obtain greater production or well-being per unit of energy used, by reducing the amount of primary energy required for the same level of useful-energy consumption;
- The most appropriate combination of the energy products used, in order to match production to the availability of national energy and economic resources, and to the duration of the reserves of non-renewable sources;
- The social and geographical redistribution of consumption, in order to make it more compatible with development objectives and criteria of equity;

- The implementation of a development style entailing a lower level of useful-energy demand, for the same pattern of satisfaction of social needs.

Therefore, rational use of energy may, and should, constitute a prime development factor and should be regarded as an additional source of energy. Its crystallization within the economic process depends not only on recognition of its significance by those responsible for the energy area, but also on the transformation of this recognition into an economic need, willingness and political decision, to propitiate the creation, adoption, implementation and acceptance of the programs required by society.

Importance of Rational Use of Energy

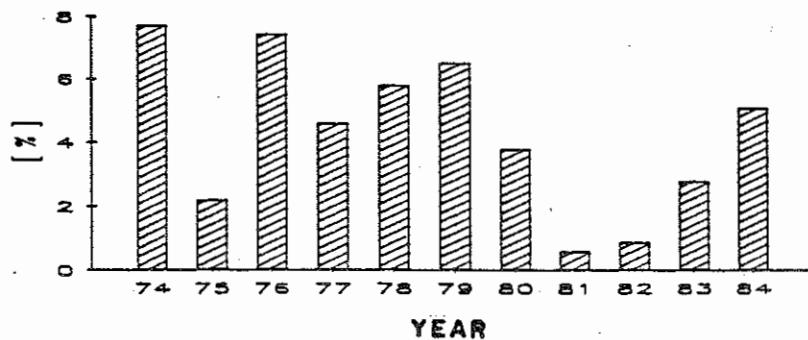
In order to understand the significance of rational use of energy for Latin America, it is worthwhile to analyze regional energy development starting as of 1973, when the first readjustments in international oil prices modified the world energy panorama.

During the period 1973-79, energy consumption in Latin America experienced a rate of satisfactory growth, as compared with that of other countries all over the world. In this period, the growth of regional consumption was higher than that seen in the developed countries and worldwide. When this growth began to slow down, in 1979, it still remained above the world level and showed a marked trend in opposition to that of the industrialized countries, which registered negative rates.

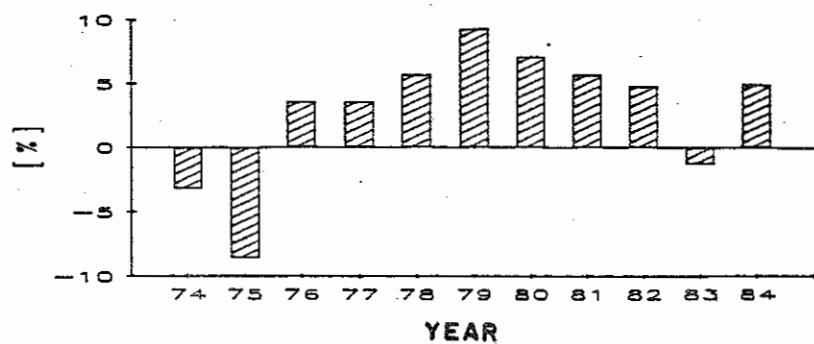
In the period 1979-1982, the impact of the economic crisis affected energy consumption indexes, leading to a reduction in the growth rates of energy consumption. The slight recovery of the Latin American economy, in 1984, permitted the rate of energy consumption to climb again; however, it remained below the average for the decade of the 1970s.

This slight economic recovery made it possible for the per capita energy consumption index to reach 5.8 boe/inhabitant in 1984; however, it did not permit recovery of the region's 1978 level of energy consumption (6.0 boe/inhabitant). Hence, a Latin American citizen continues consuming nearly 10 times less energy than a North American one.

GROWTH IN CONSUMPTION



GROWTH IN PRODUCTION



Under these conditions, to maintain high growth rates for energy constitutes an imperative for the social development and progress of Latin America. Actions oriented to increasing energy supply, whether through domestic production or imports, are thus needed.

During the 1970s, primary energy production in Latin America grew at an acceptable pace, if compared with the rates of world expansion or those of the industrialized countries. Thanks to the increase in Mexican oil production in the 1979-1982 period, when world production and that of most of the regions diminished, Latin America had the highest growth rate in the world.

In 1983, for the first time in recent years, there was a decline in primary energy production; this trend began to be felt at the beginning of the 1980s. In 1984, production again expanded, attaining a growth rate of 4.9%.

In order to maintain a high rate of expansion for production, large amounts of financial resources are needed and these are scarce in the countries of the region. In most energy-importing Latin American countries, the foreign exchange to import fuels competes with that required to expand internal energy production. Meanwhile, for the oil-exporting countries of the region, the drop in prices reduces the possibilities for expanding production.

Supposing that the region's energy demand could grow not at the historical levels of 3.4% but instead at 7.3% per annum, this would represent a per capita growth rate of 3.5% annually. With such a growth rate, which is extraordinary and unrealistic, Latin America would have to wait until the year 2000 to attain the level of per capita consumption in Spain in 1980.

The current objective inability of Latin America to overcome its low levels of consumption in the short term, while keeping high growth rates, and the cost and constraints of expanding production at a rate much higher than the historical one, demand that each unit of energy available be used and produced in the most rational way possible, so that the limited energy supply will be able to support the efforts at development and social justice and so that production inefficiency will not become an obstacle to energy sector development and, thereby, to that of the entire economy.

The energy challenge for the region is evident. On the one hand, it is necessary to maintain a high rate of production and consumption; and on the other, each unit of energy must be produced and consumed in the most rational way possible. This dual challenge was clearly pointed out at the XII Meeting of Ministers of OLADE in Santo Domingo, when the basic document for the Latin American Energy Cooperation Program noted that "the fundamental aims of the PLACE consist of linking the production and use of energy to the goals of autonomous, self-sustaining development; expanding and diversifying energy supply and scientific and technological capacity; and rationalizing the production and consumption of energy."

For many years the regional economic structure has been oriented to the adoption of the developed countries' consumption patterns, so that economic growth was based on the massive consumption of oil. The diversification of energy sources in the region may be observed through the reduction in oil's share in the production of primary energy sources during 1973-1984. In this period, the participation of hydroenergy, coal and natural gas in overall primary energy consumption increased.

Unlike what happens in the developed countries, in several countries of the region, the prices of energy products on the national markets have lower values than on the international market, for political and social reasons, thus justifying the creation and implementation of diverse mechanisms to make the policies for rational use of energy viable.

Even though it justifies an economic reassessment of various programs of conservation or substitution of energy sources, the decline in oil prices during the first months of 1986 does not diminish the importance of the policies for rational use of energy for the countries of the region, whether due to the need to reduce the amount of investments in the productive area of the energy sector or due to the prospects for price increases in the medium and long terms.

RATIONAL USE OF ENERGY IN INDUSTRY

The impact of the industrial sector on the composition of final energy consumption proved to be a determining factor from 1980 to 1982, since it retained first place among consumers. Undoubtedly as a direct result of the economic crisis, and to a lesser extent as a result of the actions taken by the governments to rationalize the use of

energy, the consumption of the industrial sector declined during the period. This was the only sector to show such behavior, since the rest of the sectors grew both in absolute and relative terms. In 1984, the recovery of industrial production led to major growth in that sector's energy consumption.

It should be pointed out that the industrial sector holds a lot of weight at the regional level, due to its dimension in the largest countries of the region; however, the residential and transportation sectors have an overwhelming consumption in several of the smaller countries.

The composition of energy consumption in the sector shows great diversity, within which gases, heavy fuels and electricity are outstanding. The implementation of energy substitution programs has even increased the participation of sources such as firewood and coal.

The concentration of final energy consumption in the industrial sector in itself justifies a detailed analysis of the possibilities for rational use of energy in this sector.

Latin America is in a phase of development in which the industrial sector plays an increasingly more important role. Despite the limitations arising out of the world economic crisis, industry is the most dynamic sector in the regional economy, and this situation should persist in coming years. In energy terms, Latin American industry will continue to be a determining factor, calling for ever more energy for its expansion and development.

It is also important to highlight the concentration of a large part of regional industrial production in a small group of countries; in turn, within these, the distribution and location of industrial firms is extremely unbalanced. In the Latin American countries, industry is concentrated in very restricted poles, and this has aggravated the contradictions existing between urban and rural areas. Furthermore, there are many industries which are large energy consumers and which, owing to reasons of environmental protection and energy resource supply, among others, have moved out of the developed countries.

Given all of these considerations, it is necessary to point out the importance of the policy for rational use of energy in industry, which should form part of the strategy for industrial and energy development in every country.

Without entailing large investments, rational use of energy in industry should seek mechanisms permitting the reduction and elimination of energy waste, while seeking greater energy efficiency, raising industrial production yield, reducing losses and recovering as much unused energy as possible.

In the case of most of the countries of the region, rational use of energy in industry may also contribute to diminishing dependence on energy imports. Furthermore, the policies for rational use of energy can contribute to increasing exportation possibilities for energy-exporting countries, thus contributing to an increase in their financial capacity. While for these latter countries such policies do not appear to be as vital as for importers, their significance surpasses the conjunctural sphere and becomes an element of substantial importance for energy development strategy in the medium and long terms.

To the above-mentioned factors, which amply justify the elaboration and application of policies for rational use of energy, must be added the ecological advantages to be obtained from efficient energy use. Improvements in the operation of production and consumption systems, based on a positive disposition toward rational use of energy, will permit attainment of better linkages between the industrial sector and the ecosystem, making it feasible to adequately assess the possible ecological costs which might arise.

Although to a lesser degree than in the other sectors, the reaction of the industrial sector's energy consumption to oil price readjustments has been slow. With few exceptions, until the second increase the national efforts made for the more efficient use of energy were insignificant. Actually, in 1979, when the increase of oil prices sped up, many countries discovered that they were even lacking a State organization appropriate for managing the sector, whose incidence in the economy was already a determining factor. It was then that the problem of energy management began to be important enough to require government attention. Following an adequate conceptualization of the energy sector, the optimization of energy use took on certain relevancy.

One of the consequences of this lack of interest in energy conservation programs is the lack of statistics on energy consumption by industrial subsectors, to be fed into a national information system on energy use. Available national data are limited to isolated studies on given subsectors. Important potentials for a serious effort in

the area of energy conservation can be observed in these studies.

Possibilities and Constraints for Rational Use of Energy in Industry

It is imperative to overcome the traditional approaches to the energy problem, which attempt to find solutions exclusively as a function of supply and are motivated primarily by the possibilities of obtaining economic advantages in the short term, without considering social and environmental costs. Rational use of energy, in this sense, should be based on an alternative way of focusing on solutions and strengthening the measures geared to solving energy problems on the demand side, where there is still a considerable untapped potential.

Another aspect which should be considered is the one growing out of the fact that the possibilities for continuing to maintain a wasteful style of consumption no longer exist. The supply of cheap, abundant energy which contributed to the economic growth of the industrialized nations is no longer available for the Third World countries. These will have to find viable alternatives for their development by surmounting the problems derived from a different supply situation. They must promote the substitution of highly capital- and energy-intensive technologies which made possible the production of industrialized articles geared to satisfying the needs of small segments of the population. The new alternatives will have to reinforce the productive capacity of regional industry, in an attempt to meet the needs of the vast majorities on the basis of locally-available resources.

It is important to work out strategies allowing demand to be moderated without affecting socioeconomic development. Latin America will need larger amounts of energy for its development, and the moderation of demand leading to a slow disassociation of economic growth rates from energy consumption rates should be sought. This is one of the tasks corresponding to the policies for rational use of energy in industry.

The implementation of such policies depends on the harmonization of individual initiatives in central planning based on a complete picture, which can provide backing and boost the different actors in industrial development by putting the necessary resources at their disposal.

The question of financing for programs of rational use of energy constitutes one of the crucial problems to be solved. Currently, the economic crisis reduces the financial availabilities of the countries of the region even further, limiting even the development of energy conservation and substitution programs, which require only moderate sums. To the extent that awareness of the advantages of rational use of energy begins to hold sway, it will be easier to procure the necessary funds. These may even be justified by the possibility of maximizing the potential income of exporting countries and of attaining savings in order to reduce the disequilibrium in the balance of payments of importing countries. Thus, the funding of programs for rational use of energy would have a series of repercussions for the external sector of the economy, which, in the case of the Latin American countries, constitutes a fundamental aspect of their development.

Within the policy for rational use of energy, determination of the level of domestic energy prices-- which also influences those of other products of the economy-- has to be focused on in its true dimension, since it cannot be implemented in isolated fashion. The State, through its planned action to promote rational use of energy, will have to develop and use adequate mechanisms, making them compatible with the pricing policy in order to attain the proposed goals. Within this aspect, it is necessary to highlight the possibility of elaborating a global, coherent energy price structure, in order to foster or restrict the use of certain forms of energy.

The application of policies for rational use, with a view to taking advantage of this "new source of energy", calls for great creativity and, fundamentally, the political decision that will allow the required programs to be implemented. Rational use of energy should form part of an integral, global strategy which not only refers to the levels of rationality of energy consumption, but also contributes to replacing the development styles and patterns that were imposed on the countries of the region.

PLANNING OF POLICIES FOR RATIONAL USE OF ENERGY

At present, despite the fact that those responsible for carrying out energy policies are aware of the significance of the measures geared to achieving adequate levels of consumption, this knowledge has not yet crystallized in the political decision that would facilitate harmonious development of the programs which have been prepared.

This socioeconomic and political process, in which knowledge and expertise merge, has a series of specific features for each case and each country. Nonetheless, without doubt, it is possible to determine a set of common elements which can provide a frame of reference for elaborating, planning and applying policies for rational use of energy. This basic scheme seeks to highlight a series of criteria or reflections permitting the planned search for viable alternatives.

Hence, it is possible to note four clearly defined phases within the process of planning for policies of rational use of energy:

- Assessment of the energy situation in industry;
- Elaboration of programs and policies;
- Execution of programs and policies;
- Evaluation of the activities undertaken.

These actions occur over time, depending on diverse factors proper to each situation within a frame of reference determined by various parameters such as level of economic growth, institutional infrastructure, available human resources, and economic and social policies.

Assessment of the Energy Situation in Industry

Prior to the elaboration of policies for rational use of energy, it is necessary to have suitable knowledge about the energy situation in industry, to determine the potential for energy conservation and substitution, and to ascertain the distribution of consumption by industries and/or industrial subsectors.

In order to comprehend the energy problem in the sector, it is imperative to have an assessment of the country's energy structure, in which the characteristics of supply and demand are explicitly dealt with, as well as the situation of the principal sectors of the economy: industrial, transportation, agricultural/livestock, residential, commercial and public. It will then be possible to shape a global scenario in which sectoral interrelations are clearly identified and, if relevant, the distribution of industries and their ties to the rest of the economy.

The assessment of the situation in industry should focus on the basic aspects of the sector, in an attempt to identify its origins; structure; systems of production, distribution, storage and transport; and energy content. As is logical, in order to understand the interrelations of energy in the sector, its significance and scope, it is imperative to be familiar with the problems of each country.

Following an overall sector analysis, the energy assessment for industry must proceed with a detailed study of the situation in the various subsectors, trying to systematize the information obtained, in order to permit the elimination of differences that make it difficult to handle. This division into industrial subsectors must be adequate for the industrial reality of each country.

As a complement to the subsector assessments, it is necessary to know about the objectives and goals established in national energy plans and policies, as well as about the national and sectoral economic outlook. Once the final consumption requirements are known, it is possible to establish the potential for rationalization of the use of energy and the need for economic, human and energy resources in the implementation of the programs for rational use of energy in the sector.

In order to complement the assessment of the energy situation, the institutional structures existing in the industrial sector should be analyzed, and those in charge of energy policies in general. In this way the entities for planning, coordinating and regulating the programs required for the sector can be discerned, together with their form of operation, their legal bases and their ties to other national and international institutions.

The policies and programs for rational use of energy are based on systematic economic and technical analyses. Thus, in preparing the assessment, research can be done on the use of energy in industry, seeking adequate coverage to facilitate the analysis of the main features of each subsector in particular and of the industrial sector as a whole.

Energy audits constitute an important instrument of assessment when obtaining the information required for the formulation of policies for rational use of energy. Unlike what has occurred in many countries of the region, the programs of energy audits should have continuity and permanence and should be carried out within an articulate, coherent policy for rational use of energy. Audits in

themselves do not lead to rationalization of the use of energy; it is imperative to integrate them into national policies in order to guarantee the implementation of the recommended actions.

Elaboration of Policies for Rational Use of Energy

Once an assessment of the energy situation in industry and an analysis of the institutional structure of the sector are available, it is possible to provide follow-up to a process of elaboration of policies for rational use of energy. This process should constitute a dynamic, on-going activity, by means of which procedures, strategies, forecasts, plans and programs are drawn up, selected and established so as to permit accomplishment of the goals set.

There should be a clear understanding of the structure and composition of the industrial sector, so that the measures adopted by the State will be well accepted by the units of production. The general and overall objectives of the policies for rational use of energy should be established in keeping with the national objectives laid out in energy and industrial development policies.

The specific objectives of the policies for rational use of energy should clearly and explicitly define the goals and accomplishments to be sought thereby. These should be differentiated by subsectors, considering the different variables and political, technological, economic, social and institutional dimensions. The global objectives should provide a frame of reference for the specific ones in each subsector.

The short- and medium-term goals for sectors and sub-sectors should consider quantitative and qualitative information in time and space, in order to make available an adjustable, dynamic reference which would be useful for the study and selection of diverse instruments and measures to facilitate their attainment. Thus, a desirable future will be defined, to be reached using available resources.

In the field of rational use of energy, given its complexity, in-depth knowledge about objectives and goals which lend themselves to accomplishment is indispensable in preparing and coordinating suitable instruments and in avoiding duplications, contradictions or counterpositions in their use. For this reason, it is expedient to achieve a high degree of coordination and coherence among the requirements of the different subsectors.

To ensure that the established objectives are successfully met, the measures and instruments planned at the sectoral and subsectoral levels should be monitored, without losing sight of the overall picture of their conception for industry and economy. It is also indispensable to have vigorous monitoring of the various actions undertaken, in order to be able to introduce the necessary corrections in timely fashion. Only in this way will it be possible to implement modifications in the short term, in a process of continuous adjustments such as that begun through the measures geared to promoting rational use of energy in industry.

No matter what the controls for the parallel follow-up of the activities undertaken in the policies for rational use of energy and the development variations which are inevitable, an overall, in-depth analysis of the industrial sector is needed, to permit feedback into the process of policy planning and implementation in the medium and long terms.

This monitoring of results should focus on the different aspects of policy for rational use of energy in industry: environmental, technological, economic, financial, social, legal and institutional aspects. In addition, it is important to consider the possible effects anticipated by the various methods used, which could lead to new problems or complicate existing ones, both inside and outside the sector. Furthermore, the influence of energy, technological, economic and sociocultural transformations which could have a bearing on the industrial sector should be opportunely considered. Periodic evaluations should therefore be carried out through adequate surveys on the development of the economy, technology, and society, inside and outside the country.

General Elements for the Adoption and Application of Policies and Programs for Rational Use of Energy in Industry

Following the scheme suggested for the planning of policies for rational use of energy in industry and having a general and a specific frame of reference, as well as the corresponding goals, it is necessary to analyze and determine the viability of the policies and instruments which have been defined. These could be systematized according to their impact and repercussions, whether qualitative or quantitative, short- or medium-term, motivating or demotivating, informative or orientational.

All of the instruments which characterize the available programs or policies should be considered globally as con-

stituting the central point of planning; the process of selection and dosification of measures to be adopted will be determined afterwards.

Within the context of the policies for rational use of energy in industry, there is a series of instruments which should be enumerated, although the intention here is not to provide an exhaustive list:

- Awareness and information about rational use of energy, in order gradually to create a propitious atmosphere between industrialists and those responsible for its promotion and development;
- Evaluation and adjustment of the laws and legal dispositions that involve the industrial sector;
- Elaboration of an energy pricing system which considers the characteristics inherent to the different sectors of the economy and the energy sources used;
- Adoption of measures to restrict energy waste or the use of certain energy sources;
- Establishment of financial mechanisms and fiscal incentives or disincentives to promote the rationalization of the use of energy;
- Realization of courses and training programs for personnel who work in the sector;
- Promotion of scientific and technological research contributing to the more well-balanced development of industry;
- Promotion and dissemination of programs for rational use of energy in the sector;
- Establishment of a program of energy audits and technical assistance for industrial firms;
- Strengthening of sectoral and subsectoral interrelations;
- Adoption of technical and economic measures oriented to the adaptation of consumption structures to locally-available reserves and forms of energy;
- Strengthening and optimization of systems of energy distribution and commercialization in industry;
- Permanent application of measures geared to making rational use of energy compatible with the ecosystem and quality of life.

The selection and definition of each one of these instruments should be the concrete result of a task of planning of policies for rational use of energy. These instruments and measures should be understood comprehensively and their energy, economic, social and ecological inter-relations and impact should be compatible. Only in this way will it is possible to prepare and combine a set of measures for rational use of energy in industry so as to enable their acceptance and effective application.

First of all, the cultural, economic, technical, financial and institutional obstacles which limit the dissemination of rational use of energy in the sector must be surmounted, with a view to delving into greater depth in the awareness of its significance and importance. Simultaneously, as a second strategy, it is necessary to strengthen the administration of measures and tools geared to influencing energy supply and demand, giving priority to improvements in energy efficiency in each industrial subsector, and providing real options for these.

In complementary fashion, to implement this planning phase, it is indispensable to quantify the human, economic and technical resources necessary for the crystallization and application of measures for rational use of energy in industry. Furthermore, it is vital for these to be adequately distributed, in order to guarantee accomplishment of the objectives and goals foreseen.

EXPERIENCES WITH RATIONAL USE OF ENERGY REPORTED BY
THE OLADE MEMBER COUNTRIES

Department of Planning
and Energy Policies
Permanent Secretariat
OLADE

INTRODUCTION

For the purpose of promoting the dissemination, exchange and adaptation of experiences related to rational use of energy in Latin America and the Caribbean, in 1987 the Permanent Secretariat of OLADE requested the Member Countries to remit information in this area. By the deadline for editing this magazine, eighteen countries had responded to the request made by the Permanent Secretariat.

The material sent in by the countries is described schematically below and hereby put at the disposal of any interested parties, who may request additional or more in-depth information directly from each country, through its National OLADE Coordinator.

ARGENTINA

The Secretariat of Energy, through its National Office for Conservation and New Sources of Energy, is responsible for carrying out the Program for Rational Use of Energy.

On November 22, 1985, through Decree No. 2247, the Program for Rational Use of Energy was approved, with subprograms for a) Energy Conservation, b) Fuel Substitution and c) Evaluation, Development and Application of New Sources. This program has a duration of five years (1985 to

1989), and its annual budgets have been allocated from resources of the National Energy Fund.

The work plan is divided into:

A) Oil substitution by:

A-1) Gas in industry, oil refineries and transportation (CNG, LNG, methanol)

A-2) Biomass ethanol in transportation

B) Rationalization in:

B-1) Reservoirs (reduction of flared gas)

B-2) Transformation stages (oil refineries)

B-3) Consumption (industrial, transportation, tertiary, residential, commercial and agricultural sectors)

C) Diversification (heat pumps, fuel cells, iron and steel coke from national coal, etc.)

The National Office for Conservation and New Sources of Energy directs and coordinates the program, whose implementation is taking concrete form through agreements with universities and institutions having technical capacity in each field.

Furthermore, in the area of new sources of energy, regional centers have been created to cover solar energy, wind energy, micro hydropower stations, geothermal energy and biomass.

Agreements are being drawn up with the provinces, in order to carry out programs geared to propitiating the rational use of energy and the development and use of new energy sources and technologies, through the corresponding provincial office responsible for the energy area.

For the sake of information, a copy of Decree 2247/85, which created the Program for Rational Use of Energy was submitted, together with a first draft of the National Plan for New Energy Sources and a list of the work program activities for the year 1987, both in the fields of rational use and new sources.

BARBADOS

The Ministry of Finance of Barbados reported that in 1986 a plan was approved to optimize the use of natural gas and to increase the National Petroleum Corporation's share in the liquefied petroleum gas market by 25%. The plan considers:

- 1) Construction of an LPG plant with a maximum capacity of 4.5 million cubic feet of natural gas per day.
- 2) Construction of a compression station, to assure the transportation of gas through a gas pipeline.
- 3) Installation of a new Woodbourne-Belle gas pipeline (6 in.) in St. Michael.

Alternative Energy

In 1987, experimentation with a 250-kilowatt wind generator-turbine set will be started up again.

Energy Conservation

The public sector's energy conservation program in 1986 continued to cover the following institutions:

- 1) Queen Elizabeth Hospital
- 2) Ministry of Agriculture
- 3) International Airport

Energy education programs, geared especially to secondary schools, were intensified. To encourage discussion and analysis of the topic, a seminar was held on calculation of energy savings, at the level of specialists; this aided in creating growing awareness of the program's scope among the population.

BRAZIL

Within an ambitious energy rationalization program, the Ministry of Mines and Energy of Brazil (MME), has structured its information as follows:

- 1) Energy Conservation Program for the Industrial Sector (CONSERVE), containing its scope and general objectives.
- 2) Legal bases for the program:
 - Resolution MME No. 973 of July 11, 1985, which constitutes a conservation work group comprised by several State organizations, under the coordination of ELETROBRAS.
 - Resolution MME No. 0008 of September 29, 1986, which promotes the substitution of incandescent lamps used in public lighting, by other higher-efficiency ones, under the responsibility of ELETROBRAS, through several concessionary firms.
 - Inter-ministerial Resolution No. 1877 of December 30, 1985, which constitutes a National Electric Power Conservation Program (PROCEL) for the purpose of integrating actions with a view to conserving electricity in the country, under the coordination of the MME.
 - Presidential Decree No. 87079 of April 2, 1982, which approves the guidelines for an Energy Mobilization Program, through the reduction of consumption and the progressive substitution of oil derivatives by alternative national fuels.
- 3) Document proposing the creation of the Energy Conservation Program for the Industrial Sector.
- 4) First draft of the Ministerial Resolution on Internal Energy Conservation Commissions.
- 5) Supplementary operational structure for PROCEL.

COLOMBIA

On November 11, 1986, the Ministry of Mines and Energy of Colombia enacted Resolution No. 086, in which adjustments are made in the policy of rates for electric power service, based on energy, economic and social optimization criteria. Furthermore, within the framework of the current energy policy, the Government has adopted actions whose fundamental aim is to propitiate rationalization of the different phases of national energy activities. For that purpose:

- 1) It proposed to the National Congress of the Republic that a National Energy Commission be set up to facilitate the definition of integrated policies in the Colombian energy sector.
- 2) It related the structure of the country's electric power rates to strictly economic parameters, surmounting regional preferences through financial criteria and motivating consumers to adequate use. In that respect, the National Utilities Rates Board issued Resolution 086 in 1986.
- 3) It updated prices for oil derivatives, in order to facilitate the economical substitution of energy products.
- 4) It promotes expansion of the coverage of the electric power sector, mainly in rural areas.
- 5) It studies and advances social projects for the penetration of natural gas in energy diversification, with a view to eliminating subsidies and having suitable energy consumption in the residential sector.
- 6) It seeks improvements in the current structure of refining capacity and transportation of fuels.
- 7) It is involved in a development program for small- and medium-scale coal mining to upgrade the capacity and conditions of domestic supply and to encourage rational use.
- 8) It promotes a Program for Rational Use of Energy in the Industrial Sector, which provides technical and economic guidelines to the different branches of the industrial sector and updates qualitative and quantitative information basic for the implementation of national planning.
- 9) It promotes the Program of Energy Conservation, Savings and Substitution in the Transportation Sector, primarily regarding the use of natural gas. This project has generated information related to technological aspects of equipment and supplies.
- 10) It carries on a program geared to reducing losses in the electric power sector, which covers the renewal of transmission lines and reduction of the number of fraudulent connections.
- 11) It encourages ECOPETROL, CARBOCOL and ISA, the State companies in the areas of oil, coal and electricity, to broaden and optimize the alternatives for supplying the energy sources required by the country.

- 12) Jointly with foreign technical assistance, it is involved in programs for planning and executing regional (Atlantic Coast) activities geared to adequately using local energy alternatives, particularly in rural areas.

CHILE

According to the National Energy Commission of Chile, "the policy for rational use of energy is grounded in a suitable energy pricing policy accompanied by a policy to develop information and dissemination of prices and of savings and substitution technologies."

"These policies are framed within complete freedom for the users to adopt the savings and substitution measures that are most expedient for them from a technical and economic standpoint, without standards, regulations or controls of any kind other than those considered within the general legislation."

The Commission also feels that the results obtained through the application of this policy have been positive; these were presented at the Seminar on Energy Balances in Terms of Useful Energy, organized by OLADE in Sao Paulo, Brazil, in August 1986.

COSTA RICA

The programs which the Ministry of Energy and Mines of Costa Rica carries on in relation to rational use of energy consider the following aspects:

- 1) Programs and Plans in the Industrial Sector
 - 1.1 Technical and financial cooperation with the Federal Republic of Germany, through the German Technical Cooperation Agency.
 - 1.2 Regulation of the Industrial Production Incentives referring to investments for energy savings and substitution.
 - 1.3 Evaluation of the Energy Audits Project in fourteen firms representative of the different industrial subsectors.

- 1.4 Project for Energy Efficiency in Regional Industry (PEEIR), carried out by the Central American Institute for Industrial Technology and Research (ICAITI).
- 2) Programs and Plans in the Transportation Sector
 - 2.1 Pilot demonstration project
 - 2.2 Project for rational use of energy in the transportation sector, 1987.

Through special bulletins, the Ministry reported on the advances made in the Project for Energy Efficiency in Regional Industry.

ECUADOR

The principal actions in the field of rational use of energy, overseen by the Ministry of Energy and Mines of Ecuador, have to do with:

- 1) Enactment of the Law on Development of Non-Conventional Energy, and the corresponding Regulations
- 2) The Decree-Law establishing the Study Commission on Energy Demand, as an advisory office to the Ministry and to the National Institute of Energy.

Among the principal actions in the area of rational use of energy, the following are worthy of mention:

- 1) Surveys on energy consumption in the industrial manufacturing sector, conducted by the National Institute of Energy (INE) since late 1984.
- 2) Development and application of systems and mechanisms for use of solar energy in water heating, space heating, analysis of construction materials according to conditions in the different zones, photovoltaic systems for applications in telecommunications, etc.
- 3) Headway in the design and construction of small turbines and other components.
- 4) Promotion of biodigester construction in rural areas, for the utilization of organic waste.

- 5) Prefeasibility study for the Túfi o-Chiles-Cerro Negro binational geothermal project (Colombia/Ecuador), with financing from the Government of Italy, conclusion of which is expected by the end of 1987.
- 6) Technical assistance from Brazilian experts, in maintenance of energized lines, transmission line structures, control and planning of maintenance in electric power facilities, through the horizontal-cooperation program with OLADE.
- 7) A study on how to optimize the productive capacity of the country's refineries, carried out at the national level with technical assistance from Brazil.
- 8) A program for setting fuel quotas for industrial firms, which was undertaken for the purpose of adjusting consumption to equipment design requirements, according to working hours, in order to determine real fuel needs. The possibility of substituting the consumption of some derivatives is simultaneously being studied, in an effort to reduce the demand for those which, because of unsatisfactory national production, must be imported.
- 9) A study on the energy needs of Ecuador (to the year 2000), prepared with collaboration from Brazilian experts, to quantify the potential energy savings to be obtained through the application of technological changes in given productive sectors. This very general study is now being assessed in terms of strategies of application.

EL SALVADOR

The Lempa River Executive Hydroelectric Commission (CEL) of El Salvador is developing a program for "Strengthening of Energy Planning Capacity", with cooperation from the Inter-American Development Bank and concentrating on the following sectors of the area of rational use of energy:

- 1) Transportation sector
- 2) Industrial sector
- 3) Commercial and services sector
- 4) Public sector
- 5) Residential sector
- 6) Energy sector (CEL)

As part of program implementation, the following studies have been carried out:

- Agroindustrial and bioenergy waste.
- Study on energy end-uses in the commercial and services sectors.
- Study on energy end-uses in the industrial sector.
- Optimization of oil importation and refining.
- Rationalization of energy in the transportation sector.
- Energy audits in the cement industry.

GRENADA

The Ministry of Works, Communications, Public Services, Civil Aviation and Energy of Grenada carries on a series of dissemination and consciousness-raising programs related to energy resources:

- 1) Formulation of legislation to remove/reduce taxes on energy-efficient equipment, as well as of procedures supportive of energy conservation.
- 2) Formulation of general guidelines for energy efficiency in buildings and promotion of building design and construction for tropical climates.
- 3) Program of energy education geared to students, housewives, employees and employers in the public and private sectors.

In order to achieve the aforementioned objective, the following actions have been undertaken:

- 3.1 Implementation of a School Sensitization Program. This involves the use of videos on energy and lectures covering topics such as the concept of "energy" or "conservation", the energy situation in Grenada, and what can be achieved by conservation.
- 3.2 Publications on energy conservation in homes, shops, offices, the transportation sector, etc.

Currently, a government-sponsored energy conservation program is being prepared by the Department of Energy; and its implementation is foreseen for the end of this year

(1987). This program seeks to institute conservation measures in government offices, agencies and institutions. It will operate in three phases:

- 1) Research into present consumption patterns and raising of users' awareness.
- 2) Energy audits.
- 3) Retrofitting.

GUATEMALA

After having concluded the project "Integrated Energy Planning" and having made it compatible with economic and social development plans, the Ministry of Energy and Mines of Guatemala has structured a series of projects aimed at the short- and medium-term implementation of a program for rational use of energy.

For 1987, the following projects have been scheduled:

- 1) Development of Surveys, in the sectors:

- Residential
- Transportation
- Industrial
- Agricultural/Livestock
- Commercial
- Public

Objective: To learn about and analyze energy consumption in the economic sectors, in order to determine their respective profiles and establish conservation and substitution policies.

Duration: 6 months
Start date: April 1987

- 2) Energy Rationalization in the Transportation Sector

Objective: To formulate policies for rational use of energy in transportation.

Duration: 1 year
Start date: January 1988

3) Preparation of the Program for Rational Use of Energy

Objective: To define policies and projects for the consumption sectors:

- Residential
- Commercial
- Transportation
- Industrial

Duration: 1 year
Start date: July 1987

The Project for Energy Efficiency in Regional Industry (PEEIR) is being developed. The work methodology for this project is based on seminars and courses for technicians from the different industries in the countries of the area. To date, a First Seminar on Energy Savings in Buildings has been held.

GUYANA

In 1981 the government created the Guyana National Energy Authority (CNEA), for the purpose of assuring the efficient use of imported petroleum products, and continuing the development of alternative energy sources, wherever their use is possible and feasible.

The CNEA, jointly with other organizations (CARICOM and others) and with assistance from specially-hired consultants, carried out a study which identified opportunities for energy conservation in selected energy-consuming entities, including GUVMINE (bauxite), Guyana's major consumer of oil derivatives. A very significant point of the study was that it was possible to achieve fuel consumption savings through sound, low-cost administrative practices.

Response of the Organizations

The major energy consumers, GUVMINE and GUYSUCO (sugar) have undertaken great energy conservation efforts. The GUVMINE program includes engineer training, energy audits, seminars, etc. The principal element of the GUYSUCO program is to improve efficiency in the use of cane bagasse to generate steam and electricity. As a result, GUYSUCO will eventually be able to supply electric power to the national grid and reduce the consumption of imported oil.

Public Awareness

Public awareness campaigns have been launched to a limited extent at the national level, especially in the passenger transport, residential and public sectors.

During 1986, a special committee on energy was set up to examine energy conservation and formulation of a methodology to implement conservation measures at the national level, among other aspects.

JAMAICA

The Ministry of Mines, Energy and Tourism has been making efforts geared to easy energy savings, primarily in the rural sector. In that regard, it is preparing specialized publications with a view to creating awareness among energy users.

MEXICO

Among the principal actions of the Secretariat of Energy, Mines and Para-State Industry of Mexico in the field of rational use of energy, the following are worthy of mention:

- 1) Mexico's goals and accomplishments, as a result of the implementation of the National Energy Program (PRONE, 1983-1988). One of the principal aims of the National Energy Program is modification of the structural patterns prevailing in the use of energy without affecting productive activity and quality of life. Given its importance and national coverage, the PRONE proposed as a goal the treatment of savings and efficient use of energy through a specific subprogram. This goal was met in the year 1984.
 - To reduce the income elasticity of energy consumption from 1.7 to 1.3.
 - To reduce the average growth rates of national energy consumption to 5.0-5.5% for the period to 1988.
 - To achieve more efficient use, permitting a savings of between 7 and 9% to 1988.
 - To reach a quantitative goal of close to 200,000 barrels of oil equivalent per day by 1988, over what

could be expected without any explicit efforts at energy savings and efficient use.

To achieve more efficient use, permitting an 18-22% savings by the year 2000, in relation to the current trend.

To reduce the national energy consumption growth rate by between 5.8 and 6.2% in the 1989-2000 period.

- 2) Results of the First National Meeting on Energy Savings and Efficient Use: "Mobilization of Passengers in Urban Zones: Structural Changes for Energy Savings," by J. Quintanilla and M. Bauer, University Energy Program, UNAM, Mexico.
- 3) Follow-up to the Seminar on Rational Use of Energy for Asian, African and Latin American Countries (March 1986).

PANAMA

The National Energy Commission of Panama (CONADE) highlights the following activities in the field of rational use of energy:

- 1) Legislation, rules and regulations and standards in the following areas: air conditioning and construction of buildings. The possibility of including technical aspects to encourage rational use of energy in other areas is under consideration.
- 2) Information on studies, programs and plans for rational use of energy in other economic sectors.

CONADE provides technical advising free of charge and carries out energy audits in the public and private sectors.

PERU

The Energy Conservation Center (CENERGIA) of the Ministry of Energy and Mines of Peru, which is devoted to scientific and technological activities conducive to propitiating energy savings and substitution, through its conservation and rational use, has been carrying on activities since 1986 and, in that respect, has a publications and dissemination system which outlines actions, objectives and developments.

The program of activities of CENERGIA has considered the implementation of studies on the state of energy in the country, through energy audits in the facilities of the national productive sector. This program, sponsored by the Ministry of Energy and Mines, is able to rely on financial aid from the World Bank, for hiring specialized consultants, and on support from PETROPERU S.A., for its implementation.

SURINAME

The Ministry of Natural Resources and Energy of Suriname has been implementing a plan centered on the use of bioenergy, primarily in the rural sector (especially, farmers) to substitute for fossil fuels; to establish regulations for use of air conditioning in offices; and to make progressive changes in the system of electric power rates.

TRINIDAD AND TOBAGO

The Ministry of Energy and Natural Resources of Trinidad and Tobago has adjusted its petroleum legislation so as to incorporate aspects related to more optimal and efficient exploration, development and production of oil.

It has also laid out schemes for oil negotiations and operations, within a general framework of resource optimization.

URUGUAY

Through a Law-Decree, the Ministry of Industry and Energy of Uruguay created the Industrial Energy Rationalization Group (GREI) and established its by-laws.

In the industrial sector, a technical cooperation program to be carried out with the Government of Sweden is currently under study, the objective of which is to train GREI technical staff in carrying out industrial audits as well as to train industrial technicians in the area of energy economy.

In the transportation sector, during 1984 there was a cooperation project with the OAS, on "Rational Use of Energy in Transportation", as a result of which a database was

created, a demand model was drawn up and, finally, a series of recommendations were made, geared to rationalizing the sector's energy consumption. At the level of direct applications, the Municipal Government of Montevideo is conducting a more in-depth study exclusively for the capital city.

VENEZUELA

The Ministry of Energy and Mines of Venezuela notes that "Currently there are no laws, decrees or regulations providing a legal framework for rational use of energy in the country." Nonetheless, there are energy policy guidelines covering aspects of this area, and these are set forth in the "Working Document on the Integral Energy Policy of Venezuela", published in 1983.

In 1986 the National Energy Education Program began. It seeks to support accomplishment of the aims of Venezuela's Integral Energy Policy, aimed at "assuring an effective and efficient supply of the energy required by the country, while guaranteeing an adequate volume and quality of oil and coal exports, to permit maximum generation of the foreign exchange necessary for economic and social development."

An Economic Energy Efficiency Program (PEEE) is currently in progress, with technical and financial support from the World Bank. In its first stage, recently concluded, aspects of a legal and normative nature were identified as necessary for energy conservation in the country. According to the development of subsequent stages and the decisions made in that respect in the future, the Venezuelan Government could eventually turn these into laws, decrees or similar measures.

The aim of the PEEE is to achieve more efficient use of energy at all the levels of the energy chain and to moderate the growth in domestic demand, without affecting the functioning of economic activity, nor the levels of the standard of living of the Venezuelan population.

The second stage of the PEEE consists of elaboration of the "Master Plan", in which detailed studies will be defined for the problems identified in the National Energy System; analysis of alternative solutions; formulation of short-, medium- and long-range plans of action; definition of human and financial resources; and detailed programming of the "Master Plan". The third stage of the PEEE will be its formal implementation.

ESTIMATION OF THE SOLAR ENERGY IN PERU *

J.W. Vasquez 1/, P. Lloyd 2/

ABSTRACT

The aim of this research work has been to find the solar energy potential of Peru by estimating the solar radiation energy over its territory in accordance with the relationship between: the monthly and yearly average daily sunshine duration S , the monthly and yearly average day length S_0 , the Angstrom constants coefficients a and b , the global solar irradiation on the ground H and on the top of the atmosphere H_0 . Several meteorological stations' data for S (the actual sunshine duration) have been used. The values of the Angstrom coefficients for these stations were comparable to values reported for tropical countries of about the same climatic conditions and latitudes ranging between zero and thirty five degrees South.

* Research work financed by the British Council and done at the Department of Mechanical Engineering and Energy Studies, University College Cardiff.

1/ School of Physical Sciences, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.

2/ Department of Mechanical Engineering and Energy Studies, University College Cardiff, Cardiff, Wales, Great Britain.

INTRODUCTION

Probably it may be of interest to give an idea of solar radiation energy ("solar radiation" for simplicity) as a part of the entire electromagnetic spectrum. This is electromagnetic radiation from the Sun with wavelengths ranging between $0.20 \mu\text{m}$ and $5 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$), called simply short wave radiation. Its corresponding spectrum is divided into spectral regions in accordance with the wavelength (or frequency) of such radiation. The short wave radiation from the Sun and the long-wave radiation emitted by the Earth (with wavelengths in between 5 and $100 \mu\text{m}$) from the whole radiation, which causes the most important physical phenomena, solar radiation being the largest and predominant. The task will be entirely devoted to the study of the short-wave radiation, in which one can distinguish several main regions as follows:

- i) The ultraviolet region, with wavelengths between 0.001 and $0.38 \mu\text{m}$ and with subdivisions such as the near-ultraviolet ($0.30 < \lambda < 0.38 \mu\text{m}$), the far-ultraviolet ($0.20 < \lambda < 0.30 \mu\text{m}$) and the vacuum ($0.001 < \lambda < 0.20 \mu\text{m}$).
- ii) The visible region with wavelengths between 0.38 and $0.76 \mu\text{m}$, giving the colours

$$\begin{aligned}0.380 &< \lambda (\text{violet}) &< 0.455 \mu\text{m} \\0.455 &< \lambda (\text{dark blue}) &< 0.485 \\0.485 &< \lambda (\text{light blue}) &< 0.505 \\0.505 &< \lambda (\text{green}) &< 0.550 \\0.550 &< \lambda (\text{yellow green}) &< 0.575 \\0.575 &< \lambda (\text{yellow}) &< 0.585 \\0.585 &< \lambda (\text{orange}) &< 0.620 \\0.620 &< \lambda (\text{red}) &< 0.760\end{aligned}$$

and typical values of wavelengths corresponding to the colours

violet	with	$\lambda = 0.430 \mu\text{m}$
dark blue		$= 0.470$
light blue		$= 0.495$
green		$= 0.530$
yellow green		$= 0.560$
yellow		$= 0.580$
orange		$= 0.600$
red		$= 0.640$

iii) The infrared region with wavelengths between 0.76 and 1000 μm and with subdivisions such as the near-infrared ($0.76 < \lambda < 25 \mu\text{m}$) and the far-infrared ($25 < \lambda < 1000 \mu\text{m}$).

It has been found that practically all radiant solar energy is in the range of the short-wave radiation, with wavelengths between 0.20 and 5 μm and with its major portion in part of the near-ultraviolet, visible and part of the near-infrared (i.e., in the wavelength interval from 0.30 μm to 3 μm).

Since electromagnetic radiation is a wave-like phenomenon that moves energy across distances, and light (or short-wave radiation) as well as radio waves, micro-waves, X and gamma rays are all forms of electromagnetic radiation, then the only thing that distinguishes each of these types of radiation from the others is its wavelength, the length of a complete wave. Ultraviolet light in small quantities is responsible for some beneficial things, such as the generation of vitamin D and suntans, but at high intensities it can be very dangerous.

Infrared light is sometimes called radiant heat, but it is not real heat energy until it is absorbed by a surface. Hot objects lose heat by radiating infrared light. The Sun mostly radiates visible light, but also substantial amounts of ultraviolet and infrared light. The Sun is the main source of electromagnetic radiation, emitted at a temperature of about 5762° K, which is the temperature of its photosphere. It is understood that at the top of the Earth's atmosphere and at the mean Earth-Sun distance such radiation has a constant value of about 1353 watts/square metre, the so-called "solar constant G_{sc} ", which is the energy from the Sun per unit time, received on a unit area of surface perpendicular to the direction of propagation of the radiation.

In addition to the total energy in the solar spectrum (i.e., the solar constant G_{sc}), however, it is useful to know the spectral distribution of the extra-terrestrial irradiance G_0 , which is the radiance that would be received in the absence of the atmosphere. The sources of variation in the extra-terrestrial irradiance at normal incidences are the variation in the radiation emitted by the Sun and the variation of the Earth-Sun distance, the latter being the more important.

The dependence of the extra-terrestrial irradiance at normal incidence G_{on} on time of the year has been indicated by the approximate relation:

$$G_{on} = G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right] \quad (1)$$

$$G_{sc} = 1353 \text{ watts/square metre}$$

where G_{on} is the extra-terrestrial irradiance (direct or beam radiation per unit time and unit area) measured in the plane normal to the irradiation on the n th day of the year. Obviously, G_{on} is also expressed in watts/square metre.

Interaction of Solar Radiation with the Main Components of the Lower Atmosphere

The atmosphere consists mainly of nitrogen and oxygen, the combined volume concentration of which is about 99 percent. There are, however, more components in much smaller amounts, such as water vapour, carbon dioxide, ozone, oxides of nitrogen and some others, such as aerosols (dust), which are of prime importance in the main processes of the interaction with solar radiation. The water and water vapour in the atmosphere are associated with atmospheric processes such as condensation and evaporation, cloud formation and precipitation, cleaning of the atmosphere due to the removal of aerosol particles through capture when water droplets fall, and elimination of gases by dissolving. Water is also associated with chemical reactions with other substances that occur in aqueous solution. Finally, water vapour is also associated with very important roles in the transmission of solar radiation through the atmosphere.

Among the most important types of interaction of solar radiation with the main components of the atmosphere are the processes of absorption and scattering which occur mainly in the lowest atmospheric region (i.e., the troposphere) at altitudes ranging from sea level up to 10 or 12 kilometres. As a consequence of such interactions, the solar radiation energy is attenuated when it passes through the atmosphere and gets to the ground. The attenuation of radiation due to absorption and scattering is characterised by coefficients usually called "mass absorption coefficient" K_a and "mass scattering coefficient" K_s , respectively. These coefficients are related to the path length ds , to the

linear density of the absorbing or scattering medium ρ (mass per unit length along beam path) and to the irradiance G through the relations

$$dG = \begin{cases} -K_a \rho G ds & \text{(absorption)} \\ -K_s \rho G ds & \text{(scattering)} \end{cases} \quad (2)$$

Sometimes instead of the mass attenuation coefficients, the volume absorption coefficient $\alpha = \rho K_a$ and the volume scattering coefficient $K = \rho K_s$ are used.

The absorption spectrum of the atmosphere extends over a wide range, from the X-ray region to ultrashort radio waves. This makes the physical nature of absorption highly varied and obviously complicates the structure of the spectrum. The problem is to determine the absorption in different spectral intervals and also in wide spectral regions embracing short and long wave radiation. In all cases the main factor is the amount of radiation absorbed. In several cases the temperature and pressure of the absorbing medium become very important.

The main absorbing components of the atmosphere are O_2 , O_3 , H_2O , CO_2 , N_2 , NO , N_2O , CO , CH_4 .

Radiation absorption in the near-infrared is physically related to vibrational and rotational molecular transitions, whereas radiation absorption in the far-infrared is related to purely rotational transitions.

Absorption in the atmosphere is largely due to ozone (in the ultraviolet) and water vapour (in the infrared). There is almost complete absorption of ultraviolet radiation by ozone in the middle upper atmosphere (i.e., the stratosphere) at wavelengths less than $0.29 \mu m$. Ozone absorption decreases as wavelength increases. In the region of wavelengths greater than $0.29 \mu m$ until $0.35 \mu m$, there is no absorption. Water vapour absorption takes place in bands in the infrared part of the solar spectrum, with absorption bands centred at 1.0 , 1.4 and $1.8 \mu m$. Beyond $2.3 \mu m$ the transmission of the atmosphere is very low owing to absorption by water vapour and carbon dioxide.

The scattering processes result in the attenuation of beam radiation by air molecules such as those of oxygen, nitrogen, water vapour, dust, etc. Scattering of beam radiation by air molecules occurs in accordance with Rayleigh's theory, which states that such a process takes place when the scattering particles are smaller than the wavelength of the radiation. In this case the attenuation coefficients are proportional to λ^{-4} . Water vapour scattering depends on the amount of precipitable water and the attenuation coefficients are proportional to λ^{-2} . On the other hand, dust particles are larger than air molecules and the attenuation coefficients are proportional to $\lambda^{-3/4}$. Obviously it can be shown that dust particles have the largest attenuation coefficients in the processes of scattering. In atmospheric conditions the main factors that determine scattering are air-density fluctuations and aerosol particles (water droplets and dust particles). It can be said that atmospheric scattering is a continuous function of the wavelength of the radiation whereas atmospheric absorption is in general selective.

As an important fact, it should be stated that solar radiation is the fundamental energy source for the hydrological cycle and exerts influence on the possible types of agriculture in each region. It does this through the distribution of rainfall. On the other hand, solar radiation energy is a non-conventional type of renewable energy available to man's hand that can be converted to heat and electricity and other forms of energy useful in technology, industry and domestic life.

This research work is a contribution to the development of solar energy technology in Peru. The authors hope that this basic work will help the state authorities of the Ministry of Energy and Mining, as well as other experts, in taking decisions on the development of this sort of technology. These decisions must take into account the fact that sooner or later it will be necessary to face energy problems in connection with the needs for electricity and heating in most of the sites and regions of the Peruvian territory.

Some Concepts and Notations

- | | |
|----------------|--|
| Beam radiation | - is that radiation received from the Sun without having been scattered by the atmosphere. Beam radiation is the same as direct radiation. |
|----------------|--|

Diffuse radiation	- Is that radiation received from the Sun after its direction has been changed by scattering by the atmosphere or by the ground.
Reflected radiation	- Is scattered radiation received from the Sun after being reflected from the ground or from a cloud.
Transmitted radiation	- Is that radiation transmitted by a medium such as the atmosphere.
Global radiation	- Is the hemispherical radiation composed of beam and diffuse radiations.
Total radiation	- Is the radiation integrated over the short and long-wavelength intervals.
Irradiance G	- Is the rate at which radiation is received by a surface per unit area. It is measured in watts/m ² .
Irradiation H	- Is the amount of radiation received by a surface per unit area over a specified period. For solar radiation on the ground, it is sometimes called insolation.
Solar radiation	- Is the energy radiated from the Sun.
Emittance	- Is the energy radiated by a body, expressed as a fraction of the energy that would be radiated by a black body at the same temperature.
Absorptance	- Is the fraction of incident energy that is absorbed by a surface.
Reflectance	- Is the fraction of incident energy that is reflected by a surface.

Transmittance	- Is the fraction of incident energy that is transmitted through a medium.
Extra-terrestrial irradiance G_0	- Is the rate at which solar radiation is received per unit area on a horizontal plane at the top of the atmosphere. It is the sum of the global solar irradiance received at the ground plus the irradiance absorbed by the atmosphere plus the irradiance reflected by the atmosphere into space.
Extra-terrestrial irradiation H_0	- Is the amount of solar radiation received by a surface per unit area over a specified period at the top of the atmosphere.
Sunshine duration S	- Is the actual observed duration of sunshine, expressed in hours. In other words it is the length of that part of the day during which the Sun is shining.
Day length S_0	- Is the maximum possible duration of sunshine, expressed in hours.
Albedo	- Is the fraction of incident energy that is reflected by a surface.
Local solar time LST	- Is the time based on the apparent angular motion of the Sun across the sky, with solar noon the time the sun crosses the meridian of the observer. It is expressed in hours and is negative in the morning. It is also called the true solar time or local apparent time.
Local mean time LMT	- Is the time defined by the motion of the mean Sun, which is a fictional point in the sky travelling along the course of the Sun at the mean angular speed of the Sun.

- Standard mean time - Is the time normally shown on clocks. It corresponds to a certain region around a specific meridian, e.g. for Peru it is the Peruvian time at 75° West, expressed also in hours.
- Equation of time E - Is the time difference between LST and LMT. It can be computed approximately by the expression:

$$E \text{ (in minutes)} = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (3)$$

$$\text{where } B \text{ (in degrees)} = \frac{360(n-81)}{365}$$

and n = day of the year ; $1 \leq n \leq 365$.

These formulae are taken from Duffie and Beckman but originally are from Whillier (1979).

- Equation for LST - Is the equation given by the expression:

$$LST = SMT + \left[4 + (L_{st} - L_{loc}) + E \right] / 60 \quad (4)$$

where L_{st} = longitude of the standard meridian for the time zone = 75° for Peru

and L_{loc} = longitude of site or location.

- Zenith angle Z - Is the angular distance between a given line of sight and the perpendicular to the observer's surface. In particular the solar zenith angle is the angle between a vertical line to the Zenith (i.e., the point directly overhead) and the line of sight to the Sun. It is also the angle of incidence between the beam radiation on a surface and the normal to that surface. It is expressed in degrees or radians.

Hour angle HA

- Is the angular displacement of the Sun, east or west of the local meridian, due to rotation of the Earth, about its axis at 15° per hour. If expressed in degrees, its equation is:

$$HA = LST \times 15 \quad (5)$$

Declination δ

- Is the angular position of the Sun at solar noon with respect to the plane of the equator. When expressed in degrees it has a maximum value of $+23.45^\circ$ on June 22 and a minimum value of -23.45° on December 22. These are the Winter and Summer solstices, respectively (in the Southern Hemisphere). It has an intermediate value of zero on March 22 and September 23, i.e., on the Autumnal and Vernal equinoxes, respectively (also in the Southern Hemisphere). Its value ranges thus in the interval:

$$-23.45^\circ \leq \delta \leq +23.45^\circ$$

The declination angle δ can be found from the equation of Cooper (1969):

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360 (284+n)}{365} \right] \quad (6)$$

where n is the day of the year.

Relative air mass m

- Usually called "air mass number" (sometimes misleadingly called simply "air mass"), is the ratio of the actual air mass through which the Sun's beam passes to the vertical air mass. It is essentially a measure of how much atmosphere sunlight must pass through before it reaches the ground. Under the assumption of

uniform air density (or equivalently ignoring refraction) and that the atmosphere is an infinite plane slab, the air mass can be approximated by the expression $m = \sec Z$. Obviously the relative air mass is a pure number.

- Sunset (or sunrise) hour angle HAS
- It is the hour angle at which the solar zenith angle is 90° . For a horizontal surface its expression in terms of latitude L and declination δ is given by:

$$\cos(\text{HAS}) = -\tan L \cdot \tan \delta \quad (7)$$

- Relation between S^0 and HAS
- For a horizontal surface this relation is given by:

$$S^0 = 2 \text{ HAS} \frac{12}{180} \quad (8)$$

if HAS is expressed in degrees.

- Relation between G_0 and Zenith angle Z
- For a horizontal surface this relation is given by the expression:

$$G_0 = G_{on} \cos Z = G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right] \cos Z \quad (9)$$

where $\cos Z = \sin \delta \sin L + \cos \delta \cos L \cos(\text{HAS})$

The irradiance G_0 is that at the top of the atmosphere and in a horizontal plane.

- Equation for the daily H_0
- At the top of the atmosphere and in a horizontal plane, this equation is the time integral of G_0 over the day from sunrise to sunset. It is given by the expressions:

$$H_0 = \int G_0 dt \text{ over a day}$$

$$= \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right] \left[\cos L \cos \delta \sin(HAS) + \frac{2\pi HAS}{360} \sin L \sin \delta \right]$$

(10)

DATA AND METHODS

It is known that only part of the incoming solar radiation reaches the ground. The rest of it is absorbed or scattered by the atmosphere. The global radiation (or more precisely, the global irradiation H) can be measured with pyranometers. As the number of meteorological stations measuring irradiation is limited, other meteorological data are needed. Many meteorological stations record only the duration of sunshine S , which is the most important quantity for estimating the irradiation H .

To find the distribution of the incident solar radiation on the Earth, it is necessary to have sufficiently many measured values of the quantities required. For the present work it has been possible to get measurements of the duration of sunshine S for about seventy sites in Peru from the National Meteorological and Hydrological Service of Peru, the Meteorological Office at Bracknell in England and from the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). Of those stations, only 64 had satisfactory data sets, which were used in the present study.

Following the method of Angstrom (1924) who was the first to suggest a linear relationship between global irradiation H and sunshine duration S , we can use his formula re-written by Prescott (1940) as:

$$H = H_0 \left[a + b \left(\frac{S}{S_0} \right) \right]$$

(11)

in which

H = daily global irradiation reaching the ground.

H_0 = daily global extra-terrestrial irradiation at the top of the atmosphere, (sometimes known as the Angot-value, after Angot, who published a table of values of H_0).

S = measured number of hours of sunshine registered by a sunshine recorder.

S_0 = maximum number of hours of sunshine possible on a day and place in question. It is also the day length.

a and b = dimensionless parameters almost constant in time but variable from place to place, determined by fitting Angstrom's formula to measured data.

The ratio S/S_0 is called the relative duration of sunshine.

The first part of the work was to write a computer program for finding each of the monthly values of S_0 , H_0 and H , as well as the parameters a and b of Angstrom's formula, for each of the 64 stations with available data.

It is important to mention that in sites where global irradiation is estimated through Angstrom's formula, the accuracy of H depends on the accuracy with which the coefficients a and b are estimated.

The quantities S_0 and H_0 can be found with formulae containing the sunset or sunrise hour angle and the integral of the extra-terrestrial irradiance G_0 . The quantity G_0 in turn depends on the solar constant G_{sc} , the day of the year n and the solar Zenith angle Z.

For the estimation of Angstrom's coefficients a and b, several methods have been considered, such as those of Black et. al. (1953), Pennan (1956), Frere et. al. (1975), and Fritz and McDonald (1949). These, however, were predominantly based on data from stations or sites of higher latitudes than, or different climate conditions from, those of Peru and it has been preferred to estimate the Angstrom coefficients with a method derived from radiation data recorded in Peru and other Latin American countries, taken from a study funded by the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (Rijks, 1975). The most suitable

values of Angstrom's coefficients a and b would be those estimated by a method essentially the same as that of J.Q. Rijks (1975). Rijks curves were re-fitted to measured values of a and b for sites, as follows:

	a	b
Lambayeque	0.27	0.43
Huaraz	0.32	0.40
Lima (La Molina)	0.17	0.66
Moquegua	0.30	0.41

Visual inspection of the scatter diagrams suggested that two-piece linear fits would be appropriate. The fits were done by hand. It is clear from the graphs that a relation does exist between the coefficients a and b and the mean relative duration of sunshine S/S_0 . The values of the Angstrom coefficients a and b have been estimated from the values of the annual relative sunshine duration. For those sites where the ratio $S/S_0 \geq 0.55$, the values of the coefficients are assumed to be constants, (namely $a = 0.30$, $b = 0.413$); and for those sites where $S/S_0 < 0.55$, the values of a and b are estimated by the following linear equations, as shown in Figure 1:

$$a = \begin{cases} k_a + m_a (S_1/S_0)yr & \text{for } Syr \geq S_1 \\ k_a + m_a (S/S_0)yr & \text{for } Syr < S_1 \end{cases} \quad (12a)$$

$$b = \begin{cases} k_b + m_b (S/S_0)yr & \text{for } Syr < S_1 \\ k_b + m_b (S_1/S_0)yr & \text{for } Syr \geq S_1 \end{cases} \quad (12b)$$

in which

$$k_a = -0.05$$

$$k_b = 0.933$$

$$S_1 = 0.55$$

$$m_a = 0.636$$

$$m_b = -1.040$$

Computation of the Irradiation H

When the values of S_0 , H_0 , a and b had been estimated, the next task was to compute the values of H for the 64 sites, using the corresponding available sunshine duration data. The results were employed as the basis for drawing an isopyr map of Peru. (An isopyr is a contour of equal irradiation.) This map then allows one to get the estimated values of H for other sites in Peru.

Taking into account similar meteorological and climate conditions (e.g., similar values for the relative sunshine duration S/S_0), the Peruvian territory has been divided into three main regions running roughly parallel to the coast. These are as follows:

Region I - The Coast and the Western Slopes of the Andes with altitudes between sea level and 1000 m. With regard to radiation and climate, two subregions must be considered. First, the coast, which is considered as a very narrow area of about 10 km in width and an altitude of up to 300 m. A drizzle type of precipitation falls in Winter (June to October). Second, the Western slopes of the Andes is considered as a very dry strip running parallel to and a little way inland from the coast, with altitudes ranging from 300 m to 1000 m and within roughly 50 km of the shore. This is an area with very little rain, a desert region with a few swift-flowing rivers from the Andes. The temperature is low for the latitude and there is considerable cloud cover on the Coast.

Region II - The Highlands of the Andes, with an altitude greater than 1000 m, forming a strip of roughly 250 km on average. The rainfall increases towards the east in the whole. Usually it is called the mountain region, where the climate is temperate or cold (according to height) with light rainfall on the Western Cordillera and rather heavier over the Eastern Cordillera. Thundery rainstorms, typical of the tropics and mountains, frequently occur in this area, especially over the Eastern Cordillera in the wet season.

Region III - The Eastern Slopes of the Andes and the Eastern Lowlands with altitudes of less than 1000 m down to 300 m and from 300 down to almost sea level in the lowlands. This region is usually called the jungle and is the wettest part of Peru. The Eastern Slopes of the Andes descend into the tropical region of the Amazon Basin and have a thundery rainy season from October to April.

RESULTS AND COMMENTS

Once the 64 yearly average and seasonal values of daily irradiation were estimated, the next and last task was to write them onto a map of Peru and to draw isopyrs were drawn as contour lines for equal values of irradiation H. Such a map is shown in Figure 2. The estimated values of the yearly average daily irradiation show that the highlands of the Andes region have the largest values of irradiation, increasing towards the south of Peru. Typical values of such irradiation for this region are as follows:

Sites	Irradiation H (in kWh/m ²)
Pampa de Majes	5.610
Paucarani	5.406
Moquegua	5.363
Characato	5.322
Arequipa	5.313
Puno	5.190
Huaraya-Moho	5.161
Huaraz	5.138
Juli	5.048

On the coast and western slopes of the Andes region, however, the far north and the far south of this region have fairly high values of solar irradiation. There are two peak values of 5.446 and 5.159 kWh/m² in the north and middle north, at Cayalti and Nepena, respectively. Typical irradiation values in this region are as follows:

Sites	Irradiation H (in kWh/m ²)
Cayalti	5.446
Nepena	5.159
Andahuasi-Sayan	5.139
Castilla	5.128
El Tablazo	5.109
Punta Las Zorras	5.087
Parcona	5.040
Hda. Majoro	5.024

On the eastern slopes of the Andes and in the eastern lowlands region the results of the computed values of H show that most of the sites have very much less solar radiation, with the lowest value of 2.505 kWh/m² for Neshuya, Ucayali in the Department of Loreto. Typical values of irradiation in this region are as follows:

Sites	Irradiation H (in kWh/m ²)
Hda. Valor	4.495
Yurimaguas	4.143
Tingo Maria	4.016
Padre Abad	4.015
Santa Ana	4.006
San Ramon	3.981

A very important thing to mention is that the values for solar radiation energy in Peru are very appreciable in the highlands of the Andes region (i.e., the mountain region), decreasing on the eastern slopes of the Andes, and more significantly in the lowlands (i.e., the jungle), and also decreasing on the western slopes of the Andes and the coast.

As a final result of the estimates of the solar energy for Peru, the most important values for irradiation, as well as for the other parameters involved, are shown in Table 1.

REFERENCES

- Da Mota, F.S., Beirsdorf, M.I.C. and Acosta, M.J.C., 1977. "Estimates of Solar Energy in Brazil," Agricultural Meteorology, 18: 241-254.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 1980.
- Coulson, K.L. Solar and Terrestrial Radiation, Academic Press, 1975.
- Kondratyev, K.Y.A., Radiation in the Atmosphere, Academic Press, 1969.
- Rietveld, M.R. 1978 "A New Method for Estimating the Regression Coefficients in the Formula Relating Solar Radiation to Sunshine," Agricultural Meteorology, 19: 243-252.
- Rijks, J.Q., Rea, J. and Frere, M. 1975 "Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina". (Agroclimatology Study of the Andes Zone), Inf. Tech., FAO/UNESCO/OMM, Rome, Italy.
- Robinson, N. Solar Radiation, Elsevier, 1966.

FURTHER READING

- International Solar Energy Society, Solar World Forum, Brighton, England, 1981.
- World Meteorological Organisation, Solar Energy, Proceedings of the UNESCO/WMO Symposium, Geneva, Switzerland, 1976.

Vasquez' fit:
 $a = -0.05 + 0.636 (S/S_0)$ for $S/S_0 < 0.55$
 $a = 0.30$ for $S/S_0 > 0.55$

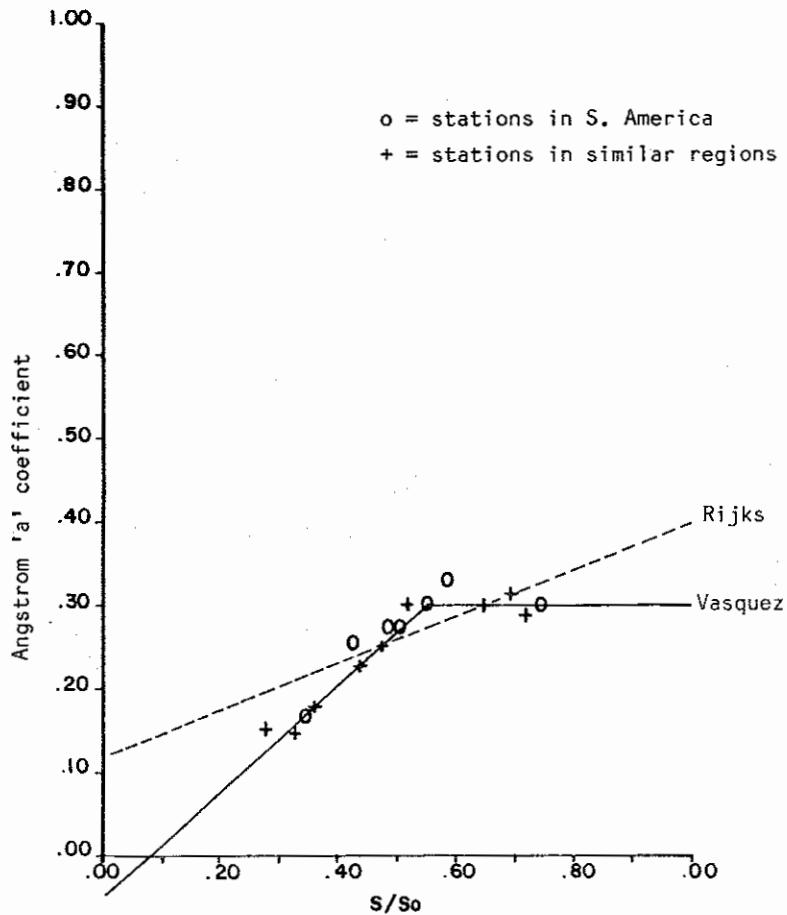


FIGURE 1 A

Prediction of 'a' coefficient from annual sunshine duration
Vasquez' two-piece linear fit, and Rijks' line

Vasquez' fit:
 $b = 0.933 - 1.040 (S/S_0)$ for $S/S_0 < 0.55$
 $b = 0.413$ for $S/S_0 > 0.55$

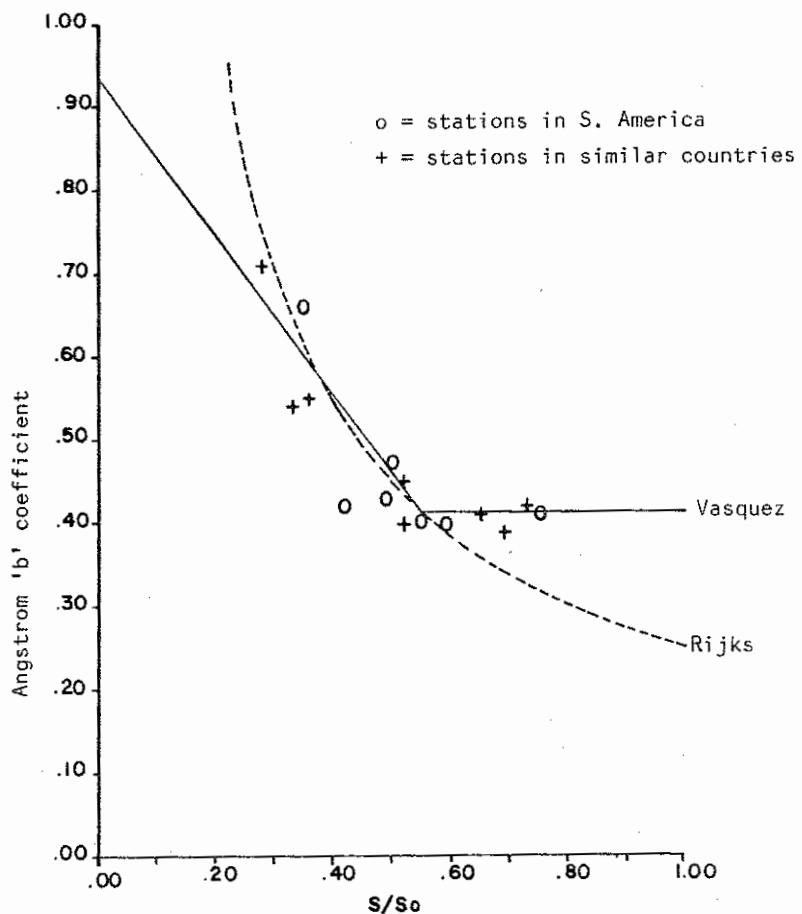


FIGURE 1-B

Prediction of 'b' coefficient from annual sunshine duration
 Vasquez' two-piece linear fit, and Rijks' hyperbola

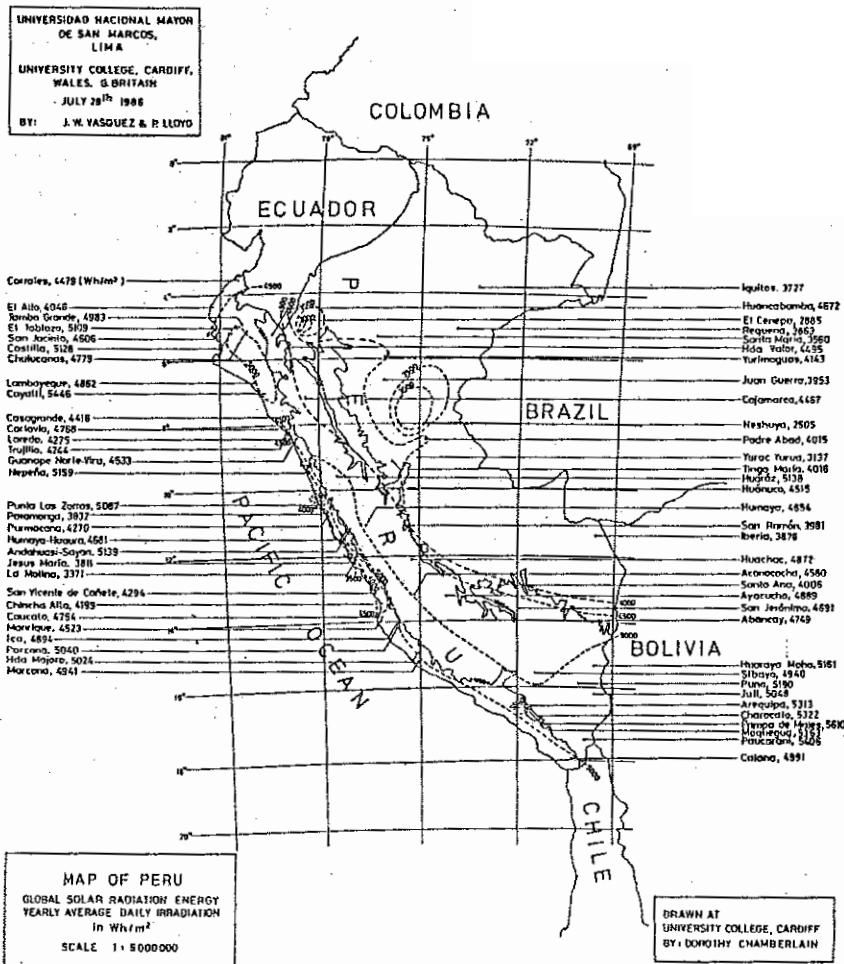


FIGURE 2

TABLE 1: YEARLY AVERAGE OF THE DAILY SOLAR RADIATION IN PERU

DEPARTAMENTOS	PROVINCIAES	DISTRICUOS OR ESTEROS	LAT °S	LON °W	ALT M	AMBIENTE CLOUDY CLIMAT												YEARLY AVGAGE OF THIS DAILY IRRADIATION IN kWh/m ²		
						A	B	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	SEP	OCT	NOV	DIC		
TUMBES	TUMBES	CONDALES	3.6	80.5	85	0.24	0.46	4.618	4.654	5.111	4.903	4.482	4.621	3.836	3.926	4.222	4.252	4.603	4.946	4.479
PIURA	TAJAMA	EL ALTO	6.3	81.2	270	0.20	0.52	4.531	4.615	5.513	4.085	3.876	3.632	3.486	3.682	3.913	3.991	4.039	4.390	5.016
PIURA	PIURA	TAHOO CHANIE	4.7	80.3	200	0.30	0.16	4.930	5.019	6.635	6.816	6.614	6.420	4.565	4.932	5.496	5.684	5.525	5.175	4.983
PIURA	PIURA	EL TAILAZO	4.9	80.5	147	0.30	0.36	5.705	5.442	5.050	5.134	4.832	4.356	4.390	5.039	5.345	5.603	5.167	5.469	5.109
PIURA	PAITA	SAN JACINTO	4.9	80.9	102	0.20	0.42	4.651	4.459	4.856	4.620	4.608	3.916	4.157	4.645	5.030	4.916	4.659	5.262	4.646
PIURA	HONOROPOM	CINCHICAHAS	5.1	80.1	110	0.20	0.39	4.260	5.760	5.522	4.709	4.482	3.830	4.126	4.878	5.509	5.563	5.106	-	4.779
PIURA	PIURA	CASTILLA	5.2	80.6	10	0.27	0.41	5.268	5.136	5.396	5.160	4.836	4.292	4.420	4.945	5.402	5.542	5.430	5.470	5.178
PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	5.2	76.3	857	0.27	0.41	4.607	4.757	4.498	4.743	4.431	4.154	4.431	5.045	5.132	4.949	4.395	4.930	4.672
LAMAYAQUE	LAMAYAQUE	LAMAYAQUE	6.2	79.9	10	0.29	0.30	5.444	5.417	5.200	5.035	4.568	3.202	3.844	4.220	4.201	5.028	5.258	5.347	4.963
LAMAYAQUE	CHICLAYO	CAVALLI	7.1	79.6	150	0.30	0.16	5.897	5.918	5.501	5.449	5.021	4.442	4.475	4.885	5.568	5.818	6.130	6.311	5.466
LA LIBERTAD	ASCOPE	CASAGRANDE	7.2	79.2	154	0.24	0.46	4.811	5.133	5.659	4.450	4.479	3.430	3.250	4.057	4.064	4.731	4.865	5.064	4.416
LA LIBERTAD	ASCOPE	CARTAVIO	7.9	79.2	51	0.20	0.40	4.981	6.056	5.014	4.618	4.800	3.924	3.561	4.361	4.368	4.918	5.108	5.474	4.760
LA LIBERTAD	TRUJILLO	LAREDO	8.1	78.9	100	0.22	0.48	4.640	4.753	4.634	4.560	3.972	3.288	3.089	3.516	4.150	4.538	4.927	4.273	
LA LIBERTAD	TRUJILLO	TRUJILLO	8.1	79.0	30	0.32	0.40	5.340	5.042	5.034	4.702	4.465	3.649	3.794	4.054	4.498	5.073	5.511	5.764	4.744
LA LIBERTAD	TRUJILLO	QUIMPER	8.4	79.8	30	0.25	0.44	5.416	6.162	5.056	4.692	4.518	3.937	3.401	-	3.750	4.778	4.565	2.590	4.933
ANCASH	SAHICA	IRPINA	9.2	70.4	203	0.17	0.66	5.529	5.391	5.877	5.304	5.450	3.485	3.690	4.617	4.474	5.660	5.710	5.731	5.159
ANCASH	HUARAS	HUARAS	9.5	77.5	3092	0.30	0.16	5.164	5.032	5.019	5.007	4.944	4.729	4.889	5.265	5.398	5.296	5.350	5.241	5.120
ANCASH	URQUIMEY	PUNTA TAB ZUMBAU	10.3	78.1	160	0.30	0.36	5.006	6.148	6.040	5.519	5.296	3.451	3.449	4.169	4.181	5.175	6.096	6.287	5.007
LIMA	MARAJCA	PANAMERICANA	10.7	77.8	15	0.14	0.55	5.311	4.395	5.092	4.700	3.699	3.945	3.201	3.008	2.730	4.294	4.928	5.316	4.832
LIMA	CHAMCHAY	PUNMACANA	10.8	77.8	170	0.22	0.48	5.401	5.121	5.192	4.909	3.857	2.673	2.836	3.108	3.789	4.375	5.060	4.837	4.270
LIMA	CHAMCHAY	ANMINIAS- AYAHU	11.1	77.2	500	0.30	0.38	5.126	5.119	5.027	5.248	4.858	4.330	4.308	4.943	5.417	5.992	5.677	5.547	5.119
LIMA	CHAMCHAY	YAHUAY- YAHUAY	11.1	77.0	350	0.27	0.41	5.224	5.091	4.893	5.101	4.401	3.555	3.425	3.866	4.098	5.335	5.349	5.831	4.681
LIMA	LIMA	JESUS MARIA	12.1	77.0	100	0.18	0.55	5.514	5.317	5.207	5.011	3.557	2.294	2.046	2.339	3.436	3.307	3.960	4.784	3.811
LIMA	LIMA	LA MOLINA	12.1	76.9	350	0.15	0.60	5.121	4.927	4.241	4.308	3.737	2.247	1.964	2.055	2.111	2.808	3.346	4.208	3.371
LIMA	CANCOTE	SAN VICENTE DE CANCOTE	13.1	76.3	112	0.30	0.41	6.959	5.326	5.059	4.664	4.273	2.806	2.574	3.319	3.866	4.711	4.730	5.253	4.794
ICA	CHICHCHA	CHICHCHA ALTA	13.4	76.1	94	0.23	0.49	5.301	4.707	4.993	4.855	3.540	2.749	2.608	2.735	3.859	4.849	5.360	4.911	4.199
ICA	ICA	CAMICATO	13.7	76.2	35	0.29	0.19	5.768	5.861	5.020	5.028	4.289	3.569	3.219	3.574	4.393	5.129	5.121	5.446	4.756

I. W. VASQUEZ FACULTAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS, LIMA, PERU UNIVERSITY COLLEGE CARDIFF, WALES, GREAT BRITAIN							DAILY IRRADIATION in kWh/m ²												YEARLY AVERAGE OF THE DAILY IRRADIATION in kWh/m ²		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	Nº	LAT	LON	ALT m	a	b	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	3.953
									3.925	4.037	3.798	3.415	3.691	3.608	3.920	4.242	4.213	4.256	4.212	4.115	
SAN MARTIN	SAN MARTIN	JUAN GIRONA	1	8	76.4	330	0.20	0.53	3.907	4.037	3.798	3.415	3.691	3.608	3.920	4.242	4.213	4.256	4.212	4.115	3.953
LORETO	MATUAMAR	IQUITOS	1	8	71.3	125	0.18	0.56	3.339	3.667	3.500	3.710	2.964	3.130	3.697	4.195	4.726	3.792	4.206	3.792	3.727
LORETO	REQUENA	REQUENA	5	0	71.6	180	0.19	0.54	3.907	3.995	3.668	3.552	3.370	3.351	3.717	4.182	4.265	4.443	4.115	3.817	3.863
LORETO	ALTO AMAZONAS	SANTA MARIA	5.1	76	1	179	0.17	0.56	3.335	3.239	2.817	2.860	3.271	3.156	3.603	4.323	4.165	4.402	3.844	3.310	3.560
LORETO	ALTO AMAZONAS	YURIBERQUIS	5.9	76	1	185	0.21	0.50	4.041	3.978	3.766	3.692	3.981	3.941	4.104	4.600	4.548	4.431	4.206	4.150	4.143
UCAYALI	UCAYALE	NESIHUTA	8.0	75.1	340	0.10	0.69	2.188	2.014	2.100	2.154	2.067	2.327	2.729	3.557	3.327	2.816	2.548	2.221	2.505	
UCAYALI	PADRE ADAD	PADRE ADAD	8.5	74.8	270	0.20	0.52	3.907	3.062	3.758	3.545	3.675	3.480	3.974	4.556	4.537	4.512	4.172	4.101	4.015	
UCAYALI	ATALAYA	YURAC-TURIA	9.0	75.0	-1.0	0.14	0.63	2.550	2.593	2.726	2.651	2.730	2.041	3.327	3.819	4.046	3.529	3.437	3.175	3.137	
MADRE DE DIO	TAMUHANU	IBERIA	11.4	69.6	350	0.20	0.53	3.746	3.716	3.706	3.713	3.471	3.509	3.819	4.263	4.322	4.087	4.232	3.908	3.876	

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\$ _____ ACCORDING TO THE
FOLLOWING SCHEDULE:*

ONE YEAR (3 ISSUES)	US\$ 50.00
TWO YEARS (6 ISSUES)	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.

* PRICES VALID UNTIL December 31, 1987