

DIRECTORIO DE PROFESORES

1 9 8 1

1. ING. FIDENCIO ACUNA DELGADO
SUBESTACION PUEBLA II
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
TEL: 514. 98. 64 (dejar recado con Ing. Antonio Martínez)
2. ING. GERARDO BAZAN
DIVISION DE INTEGRACION Y EVALUACION DE PROGRAMAS
PETROLEOS MEXICANOS
MARINA NAL. 329 EDIF. 197B piso 3°
MEXICO 17, D.F.
TEL: 531. 63. 06
3. ING. MANUEL DE DIEGO MUÑOZ
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA NAL. DEL
USO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
RODANO No. 14 piso 6
MEXICO 5, D.F.
TEL: 553-71-33 ext. 2339 y 514.96.85
4. DR. ANGEL DE LA VEGA
PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO
DIV. DE EST. DE POSGRADO, FACULTAD DE ECONOMIA
EDIF. DE POSGRADO 1° piso cubiculo 10,
CIUDAD UNIVERSITARIA
MEXICO 20, D.F.
TEL: 550.52.15 ext. 3480
5. ING. PANTALEON GOCHIS
INGENIERO DE POTENCIA DEL CENTRO NAL. DE ENERGIA
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
CALLE DN. MANUELITO S/N ESQ. AV. TOLUCA
MEXICO 20, D.F.
TEL: 595.55.66
6. DR. OSCAR MAXIMO GUZMAN
INVESTIGADOR TIEMPO COMPLETO
PROGRAMA DE ENERGIA
COLEGIO DE MEXICO
CAMINO AL AJUSCO N°: 20
MEXICO 20, D.F.
TEL: 568. 60.33 ext. 289 6 285
7. ING. MARCOS HECTOR HERNANDEZ DELGADO
JEFE DE OFICINA DEL DEPTO. DE ENERGETICOS PRIMARIOS
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
DESCARTES No. 6 piso 1
MEXICO 5, D.F.
TEL: 533- 39. 10
8. ING. HUGO HIDALGO CRUZ
SUBGERENTE DE GENERACIONES TERMoelectricas
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
CALLE DN. MANUELITO S/N ESQ. AV. TOLUCA
MEXICO 20, D.F.
TEL: 595.55.66
9. ING. JORGE A. LIZARRAGA ROCHA
INVESTIGADOR
COORDINACION DE INGENIERIA AMBIENTAL
INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
MEXICO 20, D.F.
TEL: 550.52.15 ext. 3603 y 3604
10. ARQ. ANGEL MERCADO
PROFESOR INVESTIGADOR
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE ECONOMIA, UNAM
MEXICO 20, D.F.
TEL: 550.52.15 ext. 594.70.02
TEL: 5
11. M. EN I. FERNANDO SCHUTZ ESTRADA
COORDINADOR DE PROYECTOS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
SHAKESPEARE No. 6 6° piso
TEL: 511. 34. 74
12. ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA
COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
MEXICO 20, D.F.
TEL: 550.52.15 ext. 3746

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM.

PROGRAMACION DEL CURSO

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

ión

Fecha	Horas	Tema	Expositor
Lunes 9-XI-81	18-19.25 19.35-21	La conservación y el uso eficiente de la energía en el marco de referencia del Programa de Energía de México.	J. Viqueira
Martes 10-XI-81	18-18.30 18.30-21	Película sobre la planta hidroeléctrica de Chicoasen Energía y desarrollo.	C.F.E. A. de la Vega
Miercoles 11-XI-81	18-19.25 19.35-21	Algunos aspectos metodológicos para el estudio del consumo de energía.	O. Guzman
Jueves 12-XI-81	18-19.25 19.35-21	Implicaciones del Programa de Energía en el consumo energético y la urbanización de México.	A. Mercado
Viernes 13-XI-81	18-19.25 19.35-21	Balace energético de México en 1980 y proyecciones a 1985 y 1990. Conservación de energía en los países industrializados.	G. Bazán
Lunes 16-XI-81	18-19.25 19.35-21	Uso eficiente de la energía en el sector del transporte en México.	G. Bazán
Martes 17-XI-81	18-19.25 19.35-19.45 19.45-21	Programa nacional de uso racional de la energía eléctrica Audiovisual sobre el uso racional de la energía. Eficiencia energética en la industria.	M. de Diego C.F.E. P. Gochis
Miercoles 18-XI-81	18-19.25 19.35-21	Uso eficiente de la energía en el sector industrial: Aspectos generales. Industria siderúrgica.	F. Schutz
Jueves 19-XI-81	18-19.25 19.35-21	Uso eficiente de la energía en el sector industrial: Industria del cemento.	F. Schutz
Lunes 23-XI-81	18-19.25 19.35-21	Uso eficiente de la energía en el sector industrial: Industria del papel.	F. Schutz
Martes 24-XI-81	18-19.25	Reducción de los costos de la energía eléctrica a través de la administración de la demanda. Aprovechamiento racional de la energía en centrales termoeléctricas. Conservación y uso eficiente de la energía en centrales termoeléctricas mediante el manejo adecuado del energético primario.	F. Acuña H. Hidalgo M.H. Hernández
Miercoles 25-XI-81	18-19.25 19.35-21	Uso eficiente de la energía y medio ambiente: Aspectos ambientales de la explotación de recursos energéticos.	J. Lizárraga
Jueves 26-XI-81	18-19.25 19.35-21	Aspectos ambientales de la explotación de recursos energéticos	J. Lizárraga

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

FECHA: 9 al 26 de noviembre de 1981

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA				
2. DR. ANGEL DE LA VEGA NAVARRO				
3. DR. OSCAR MAXIMO GUZMAN				
4. ARQ. ANGEL MERCADO MORADA				
5. ING. GERARDO BAZAN				
6. ING. MANUEL DE DIEGO MUÑOZ				
7. ING. PANTALEON GOCHIS				
8. M. EN I. FERNANDO SCHUTZ ESTRADA				
9. ING. FIDENCIO ACUÑA DELGADO				
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10				

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

FECHA: 9 al 26 de noviembre de 1981

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA						
10	ING. HUGO HIDALGO CRUZ					
11	ING. MARCOS HECTOR HERNANDEZ DELGADO					
12	ING. JORGE A. LIZARRAGA ROCHA					

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
1 LA CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL MARCO DE REFERENCIA...				
2 ENERGIA Y DESARROLLO				
3 ALGUNOS ASPECTOS METODOLOGICOS PARA EL ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGIA				
4 APLICACIONES DEL PROGRAMA DE ENERGIA EN EL CONSUMO ENERGETICO Y LA...				
5 BALANCE ENERGETICO DE MEXICO EN 1980 Y PROYECCIONES A 1985 y 1990				
6 USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE EN MEXICO				
7 PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA				
8 EFICIENCIA ENERGETICA EN LA INDUSTRIA				
9 USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL: ASPECTOS GENERALES				
10 INDUSTRIA SIDERURGICA				

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA		ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
11	USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL . INDUSTRIA DEL CEMENTO				
12	USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL. INDUSTRIA DEL PAPEL				
13	REDUCCION DE LOS COSTOS DE LA ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE LA ADMINISTRACION DE LA DEMANDA				
14	APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA ENERGIA EN CENTRALES TERMOELECTRICAS				
15	CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN CENTRALES TERMOELECTRICAS MEDIANTE MANEJO ADECUADO DEL ENERGETICO PRIMARIO				
16	USO EFICIENTE DE LA ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE.				
17	ASPECTOS AMBIENTALES DE LA EXPLOTACION DE RECURSOS ENERGETICOS				

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10

EVALUACION DEL CURSO

③

	CONCEPTO	EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DI VISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DI VISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANIAL	CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minerfa:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 A 18 H.	O T R O

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10. Otras sugerencias:



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**LA CONSERVACION Y EL USO EFICIENTE DE LA
ENERGIA EN EL MARCO DE REFERENCIA DEL PROGRAMA DE ENERGIA
DE MEXICO**

ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA

NOVIEMBRE, 1981

I N D I C E

	Pag.
El Programa de Energía.	2
Definición de conservación de energía.	3
Relación entre consumo de energía y desarrollo económico.	3
Relación entre consumo y precio de la energía.	11
Metas y políticas del Programa de Energía para racionalizar el uso de la energía.	12
Efecto de los bajos precios de los hidrocarburos en la oferta de energía primaria.	15
Medidas de acción directa para la racionalización de la producción y el uso de la energía.	21
La conservación de la energía y la diversificación de la oferta energética.	24
Recursos energéticos de México.	28
La energía hidroeléctrica, recurso importante para diversificar la oferta energética.	36
Inconvenientes de un programa nucleoelectrico de gran magnitud.	46.
Participación de las fuentes de energía no convencionales en la oferta energética.	50

2.

LA CONSERVACION Y EL USO EFICIENTE DE
LA ENERGIA EN EL MARCO DE REFERENCIA DEL PROGRAMA DE
ENERGIA EN MEXICO

El Programa de Energía

En el Diario Oficial del 4 de febrero de 1981 se publicó el decreto presidencial por el que se aprueba el Programa de Energía elaborado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial y se ordena su ejecución.

De acuerdo con el artículo 2o. del decreto mencionado, son objetivos del Programa de Energía:

- I. Satisfacer las necesidades nacionales de energía primaria y secundaria;
- II. Racionalizar la producción y el uso de la energía;
- III. Diversificar las fuentes de energía primaria, prestando particular atención al empleo de los recursos renovables;
- IV. Asegurar la adecuada integración del subsector energético al resto de la economía;
- V. Ampliar los conocimientos sobre recursos energéticos del país y mantener actualizado el inventario correspondiente; y
- VI. Fortalecer la infraestructura científica y técnica nacional para desarrollar el potencial energético del país y aprovechar y desarrollar nuevas tecnologías.

El Programa de Energía establece metas específicas para 1990 y proyecciones al año 2000. Se cuenta, pues, por primera vez en México, con un marco de referencia legal para abordar el análisis de la conservación y el uso eficiente

te de la energía en el país.

Conviene empezar por definir los términos de conservación y uso eficiente de la energía, analizar su relación con el desarrollo económico y con el precio de la energía, para discutir después los planteamientos que sobre la racionalización del uso de la energía en México hace el Programa de Energía.

Definición de conservación de energía.

De acuerdo con la definición de la Conferencia Mundial de Energía² el término "conservación de la energía" se emplea para designar todas las acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos; estas acciones incluyen la racionalización del uso de la energía mediante la eliminación de los actuales despilfarros y el aumento en la eficiencia en el uso de la energía gracias a la reducción del consumo energético específico, sin sacrificar la calidad de la vida humana y utilizando para ello todas las posibilidades, incluso la sustitución de una forma de energía por otra. El objetivo de la conservación de energía es optimizar la relación global entre el consumo de energía y el crecimiento económico.

Relación entre consumo de energía y desarrollo económico.³

La información histórica de numerosos países indica que existe una relación entre la utilización de energía y el desarrollo de la economía. Esto se ilustra en la figura 1 donde se proporciona la relación entre consumo energético y producto nacional bruto de varios países en una fecha determinada y en la figura 2, donde se muestra la variación del producto nacional bruto y del consumo de energía en Estados Unidos, de 1947 a 1974.

El hecho anterior condujo a establecer el siguiente modelo matemático: muy simple para expresar la relación

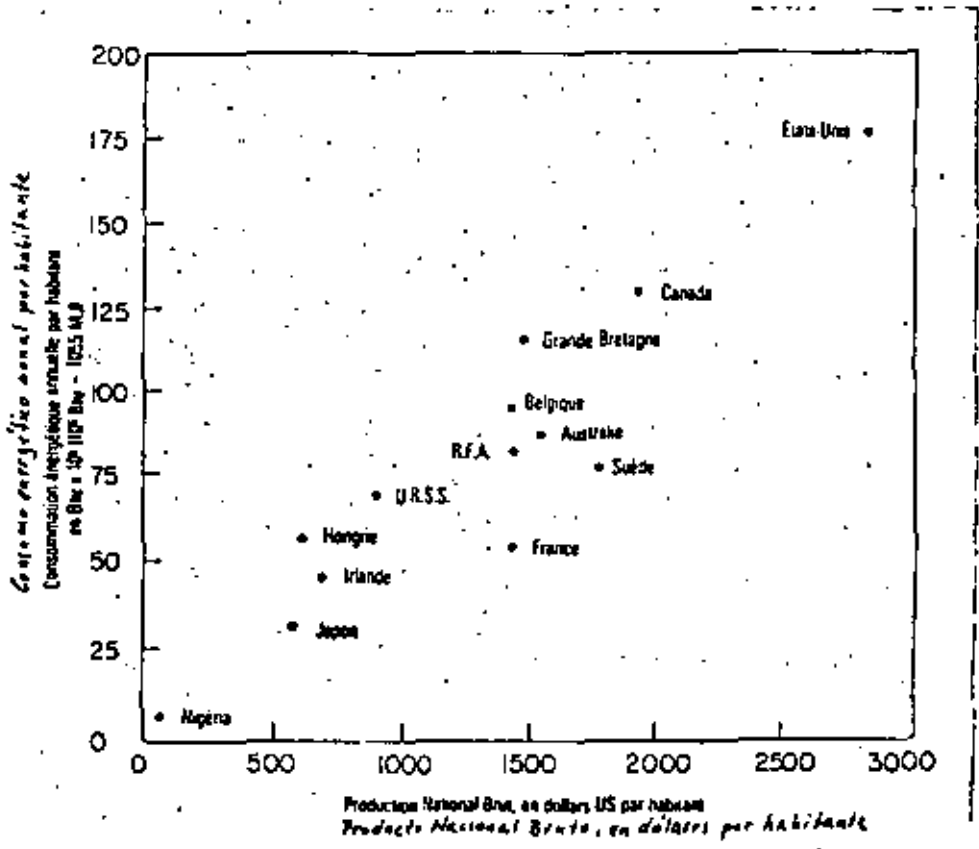


Fig. 1 Relación entre el consumo energético y el PNB. Fuente: Scientific American, Vol. 224, N°3 (1971).

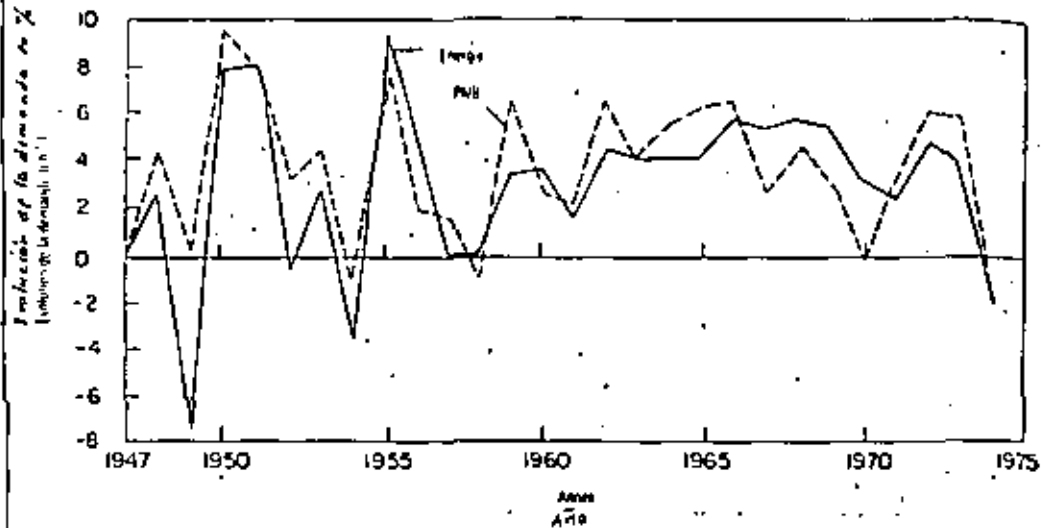


Fig. 2 Evolución de la relación entre crecimiento de la demanda energética y el PNB (1947-1974)

Fuente: Bureau of Mines. US Department of the Interior.

entre el consumo de energía y la actividad económica.

$$E(n) = C_E Y(n), \quad (1)$$

donde:

$E(n)$ = consumo de energía primaria en el año n , expresada en unidades físicas.

$Y(n)$ = actividad económica en el año n , expresada por el producto nacional bruto (PNB) o el producto interno bruto (PIB).

C_E = constante de proporcionalidad denominada coeficiente de energía.

La expresión anterior establece que el consumo de energía es proporcional a la actividad económica. La constante de proporcionalidad C_E expresa la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto nacional bruto (o de producto interno bruto) y es, por lo tanto una medida global de la eficacia con que una sociedad utiliza la energía.

El coeficiente de energía C_E varía notablemente de un país a otro. En la fig. 3, tomada del Programa de Energía se muestra el consumo de energía primaria por unidad de producto interno bruto en varios países (entre los que se incluye México) para el año de 1978. En esa figura la cantidad anual de energía primaria se expresa en litros de petróleo crudo equivalente y el producto interno bruto, que se define como la suma del valor de los bienes y servicios que genera una economía en un año determinado, está expresado en dólares.

Como lo señala el Programa de Energía: "México, al igual que otros países, hace un uso ineficiente de sus energéticos. Ello se refleja en la elevada intensidad en el

Consumo de energía primaria por unidad de producto interno bruto en países seleccionados; 1978

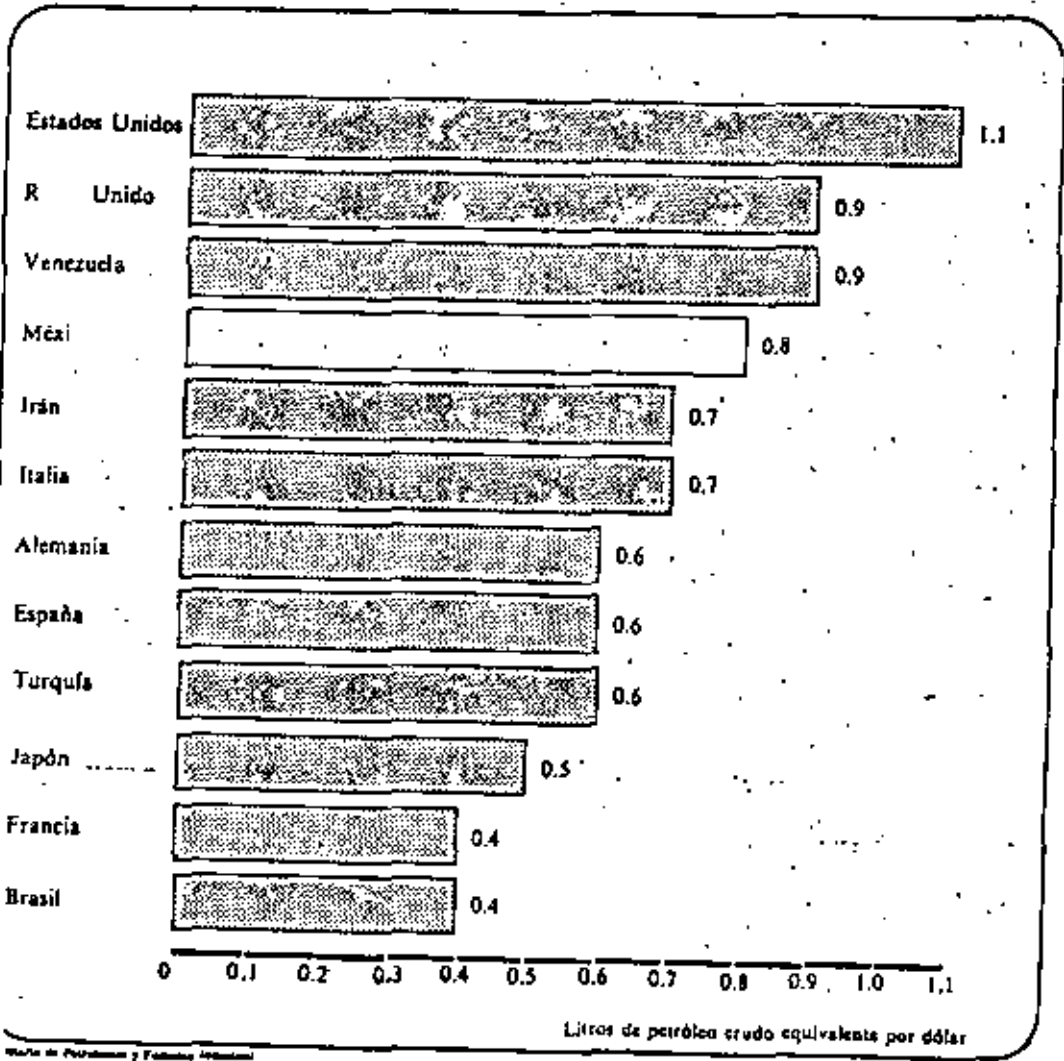


Fig. 3

consumo de energía por unidad de producto interno bruto". - Conviene señalar que Brasil, que tiene un desarrollo económico comparable al de México, consume la mitad de energía por unidad de PIB que este último.

Para poder encontrar las causas de estas grandes diferencias entre países es necesario analizar con más detalle la relación entre el consumo de la energía y la actividad económica.

Durante la época anterior a la llamada crisis petrolera de 1973, en la que los precios de la energía se mantuvieron prácticamente constantes durante un largo periodo, se utilizó con éxito la siguiente expresión:

$$\frac{E(n_1)}{E(n_0)} = \left[\frac{Y(n_1)}{Y(n_0)} \right]^\alpha \quad (2)$$

donde:

- $E(n_1)$ = demanda de energía primaria futura en el año n_1 .
- $E(n_0)$ = demanda de energía primaria en el año de referencia n_0 .
- $Y(n_1)$ = PNB o PIB estimado para el año n_1 .
- $Y(n_0)$ = PNB o PIB en el año de referencia n_0 .

El exponente α se llama elasticidad energía-PNB (o PIB)

La ecuación 2 indica que la variación del consumo de energía es proporcional a una potencia de la variación del producto nacional bruto (o del producto interno bruto). Evidentemente mientras menor sea el exponente α mayor es la eficiencia con que se utiliza la energía.

Los coeficientes de elasticidad energía-producto

9.

bruto se pueden determinar con relativa facilidad a partir de la información estadística disponible. En general son menores en los países industrialmente desarrollados que en los países en vías de desarrollo y tienden a disminuir a medida que los países se industrializan.

Se considera que un valor promedio del coeficiente de elasticidad energía-producto bruto es del orden de la unidad, en cuyo caso la expresión 2 se reduce a la 1. En efecto, si $\alpha = 1$:

$$E(n_1) = \left[\frac{E(n_0)}{Y(n_0)} \right] Y(n_1)$$

De acuerdo con un estudio de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, de 1976, la elasticidad energía-producto bruto es del orden de 0.85 para las regiones industrializadas del mundo.

En la figura 4, tomada del Programa de Energía se presenta la evolución del coeficiente de elasticidad energía-producto interno bruto en México, de 1965 a 1979. De acuerdo con esta información, nos encontramos con el hecho alarmante de que en México no solo no ha tendido a disminuir el coeficiente de elasticidad energía-PIB a medida que avanza la industrialización del país, sino que ha aumentado aceleradamente, lo que indica que cada vez se usa más ineficientemente la energía, alcanzando dicho coeficiente en el periodo 1975-79 un valor inusitadamente alto de 1.7, el doble del correspondiente en ese periodo a los países industrializados.

Para encontrar una explicación a este hecho gravísimo, es necesario analizar el efecto de los precios en el consumo de energía.

Relación entre las tasas de crecimiento de la demanda interna de energía primaria y del producto interno bruto, 1965-79 y proyecciones a 1990

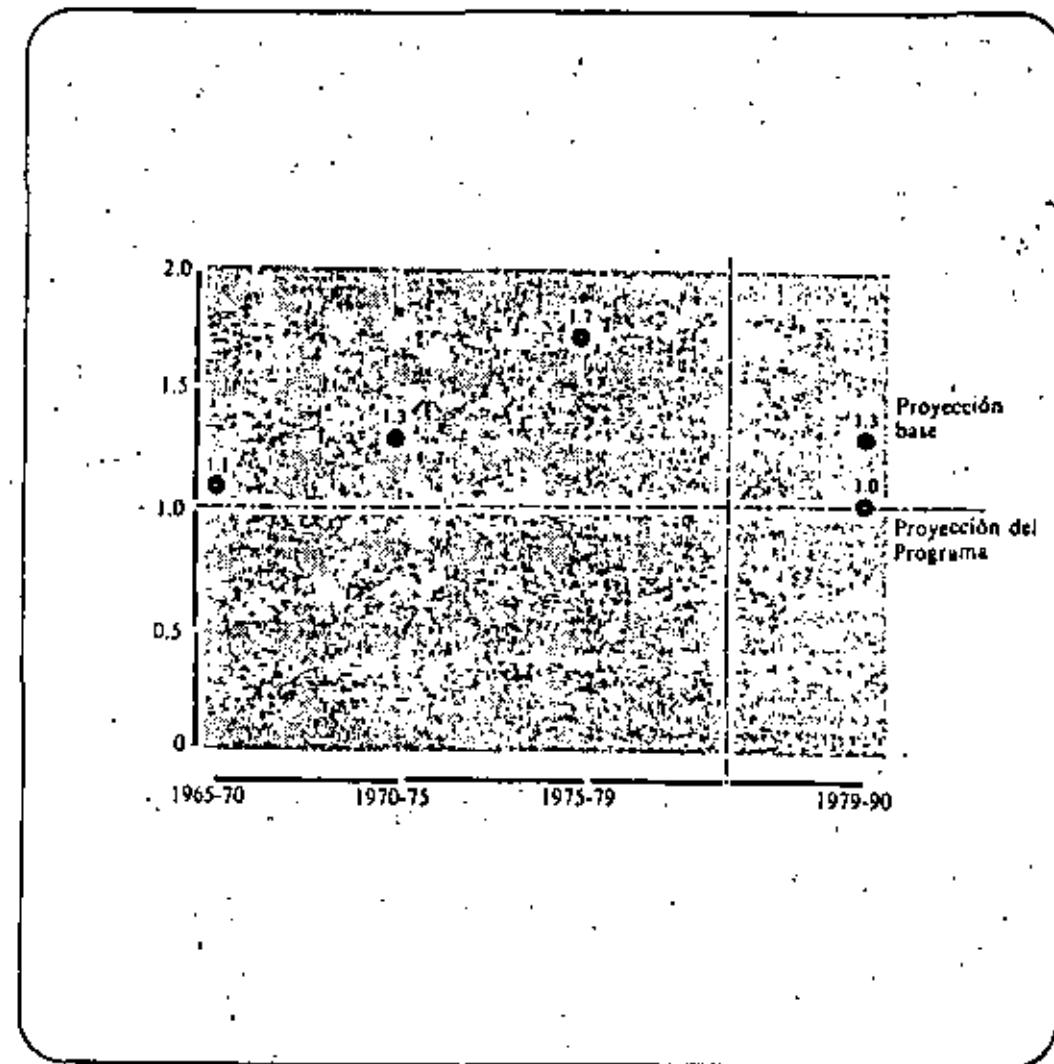


Fig. 4

Relación entre consumo y precio de la energía.³

Es un hecho bien conocido que, históricamente, la energía ha sido siempre más barata en Estados Unidos que en Europa o en el Japón. Esto ha conducido a que la tecnología desarrollada en Estados Unidos utilice más energía -- (y menos mano de obra) que la tecnología equivalente de Europa o del Japón, lo que es una manifestación concluyente del efecto del precio de la energía sobre el consumo. Este efecto se vuelve mucho más importante al terminar en 1973 la época en que el precio de la energía se mantuvo prácticamente constante durante un largo periodo e iniciarse otra época en la que su precio ha crecido rápidamente en casi todos los países.

Para tomar en cuenta el efecto del precio de la energía en el consumo energético, se ha modificado la expresión 2, en la forma que se indica a continuación:

$$\frac{E(n_1)}{E(n_0)} = \left[\frac{Y(n_1)}{Y(n_0)} \right]^{\gamma} \times \left[\frac{P(n_1)}{P(n_0)} \right]^{\beta} \quad (3)$$

donde $E(n_1)$, $E(n_0)$, $Y(n_1)$ y $Y(n_0)$ tienen los significados antes definidos y:

$P(n_1)$ = precio de la energía primaria estimado para el año n_1 .

$P(n_0)$ = precio de la energía en el año de referencia n_0 .

El exponente γ se llama elasticidad energía-ingreso y es un número positivo, lo que indica que el consumo de energía crece (en mayor o menor grado de acuerdo con la magnitud de γ) al crecer el producto bruto.

El exponente β se llama elasticidad energía-precio y es un número negativo, lo que indica que el consumo de

energía disminuye al aumentar su precio. De acuerdo con una publicación de la Conferencia Mundial de Energía un valor promedio de β es -0.3, aunque se citan en otras fuentes, para países desarrollados, elasticidades energía-precio a corto plazo de -0.5 y a largo plazo de -0.8.

El coeficiente de elasticidad energía-ingreso es igual al coeficiente de elasticidad energía-producto bruto α , antes definido, si los precios de la energía permanecen constantes; frecuentemente, a falta de mejor información estadística, se ha usado como una aproximación de el valor conocido de α .

Volviendo al caso de México debemos concluir, de acuerdo con los datos de la figura 4, que así como la elevación del precio de la energía ha propiciado en muchos países el uso más eficiente de la misma, en México la persistencia de los bajos precios de la energía ha conducido al aumento de la ineficiencia en su uso y al despilfarro.

Todo lo anterior muestra que no puede existir una política eficaz de conservación y uso eficiente de la energía si no se implementa una política adecuada de precios de la energía.

Notas y políticas del Programa de Energía para racionalizar el uso de la energía.

Como lo señala el Programa de Energía, "el crecimiento de la demanda interna de energía de México durante 1975-79 fue uno de los más altos del mundo en comparación con el crecimiento correspondiente del producto interno bruto. Aunque el transporte fue el sector de destino que más contribuyó, el alto crecimiento de la demanda constituyó un fenómeno generalizado".

Para modificar esta tendencia, el Programa contempla medidas de acción directa mediante acciones concertadas

y disposiciones reglamentarias y medidas de acción indirecta mediante una política de precios que actúe a través de los mecanismos del mercado.

Estas políticas de racionalización y conservación permitirían, según el plan, que con un crecimiento anual del producto interno bruto de 8% el consumo de energía primaria pasase de un total equivalente a 1.8 millones de barriles de petróleo crudo por día en 1979 a 4.4 millones en 1990, o sea una tasa anual de crecimiento del consumo de energía del 8.5%, en lugar de llegar en ese año a una cantidad de energía primaria de 5.4 millones de barriles, que corresponde a una tasa anual de crecimiento de 10.5%. Esta meta implica bajar la relación entre las tasas de crecimiento de la demanda interna de energía y del producto interno bruto, del 1.7 actual a prácticamente 1.0.

De acuerdo con lo propuesto en el Programa de Energía, "los ahorros más significativos por su magnitud se observan en los consumos del propio sector de energía, en el transporte y en la industria".

En cuanto a la política de precios de los energéticos se señala lo siguiente:

"El Programa establece criterios para modificar los precios de los distintos energéticos. Por lo que a los hidrocarburos se refiere, se propone un esquema que contempla un horizonte de largo plazo y que toma en consideración su repercusión tanto en la economía en su conjunto como sobre el sector energético mismo. Los ajustes correspondientes han sido diseñados para evitar impactos inflacionarios desproporcionados. El objetivo que se pretende es llegar al 70 por ciento de los precios externos de referencia de los combustibles industriales y del diesel y a eliminar prácticamente la brecha en el resto de los productos petrolíferos en el lapso de un decenio".

El investigador de la Facultad de Economía Política de la Universidad de Göteborg, Suecia, Dr. Thomas Sterner, analiza en un estudio reciente las implicaciones de esa política de precios planteada en el Programa de Energía. Citamos a continuación un párrafo de su ponencia "Algunos problemas en el desarrollo de energéticos en México":

"Los precios en México de los energéticos, corresponden a 10% de los precios en los E.U., por gas, 13% por combustibles pesados, y 37% de los precios que ya son muy bajos en los E.U., en comparación con los demás países, por gasolina. Según el Programa de Energía los precios de la energía se van a aumentar hasta 70% de los precios internacionales según el tipo de energético, durante esta década. Esto significaría aumentos relativos, reales, de más de 10% anual. Además se supone que los precios internacionales aumentarían de 5 a 7% anualmente. En total, entonces, los precios mexicanos tendrían que aumentarse de 15-20% por año en términos reales; es decir, 15-20% más que la inflación".

Evidentemente esta política de precios de la energía es sumamente impopular en el país, especialmente en lo que respecta a la gasolina, lo que explica que hasta la fecha no se haya aplicado más que parcialmente.

El Dr. Sterner analiza en su ponencia antes mencionada los efectos económicos del aumento del precio de la energía. Citamos a continuación dos párrafos que resumen su posición tomados de la sección titulada: "¿Un incremento en el precio de la energía y de los hidrocarburos?".

"Los argumentos más obvios en favor de tal alza, ya se han mencionado: evitar el despilfarro de un recurso tanpreciado; y participar en el desarrollo tecnológico adecuado a la escasez relativa de energía en el mundo: es decir contando con una tecnología moderna. Necesidad que será

más evidente cuando México tenga que adaptar los precios -- de sus energéticos a los precios internacionales. Esto -- sucederá, a más tardar, dentro de unos quince años cuando, -- según el Programa de Energía, México empiece a importar pe-- tróleo otra vez. Sería muy grave para el país si las in-- versiones hechas durante esta década resultan obsoletas --- dentro de un tiempo bastante corto, a causa de un alza de -- los precios".

"Uno de los argumentos que se esgrimen a menudo, -- en contra del alza de los precios energéticos, es que esta -- medida sería inflacionaria. Dada la tasa de inflación -- -ya muy alta- eso obviamente sería muy serio. Pero en -- realidad no parece cierto que un alza de precios energéticos -- en México tenga que ser inflacionaria. Sin entrar en -- una discusión sobre la teoría de la inflación, parece claro -- que un aumento en el precio por impuestos sobre un producto -- fabricado en el país no es el mismo que cuando aumenta el -- precio de un producto importado. Puesto que la industria -- petrolera mexicana es propiedad estatal, los aumentos en -- las ganancias por alzas de precios van al Estado. Eso -- quiere decir que éstas pueden emplearse para reducir la -- deuda pública (externa o interna), o bien para reducir los -- impuestos sobre otros bienes de consumo o de producción. -- Entonces, aunque el alza del precio del petróleo parezca -- inflacionaria (ya que representa un aumento por lo menos -- en un precio) implica otros efectos contrarios que neutra-- lizarían y equilibrarían el primer efecto".

Efecto de los bajos precios de los hidrocarburos en la oferta de energía primaria.

Se discutirá ahora el efecto contraproducente de -- los bajos precios internos de los hidrocarburos en México -- en la estructura de la oferta de energía primaria.

En la tabla 1 se muestra como ha evolucionado la -- oferta de energía primaria en México de 1977 a 1980. Pue-- de verse que la enorme dependencia de los hidrocarburos co-- mo fuente de energía primaria se ha ido agravando en los -- últimos años (al contrario de lo que ha ocurrido en la ma-- yor parte de los países del mundo).

Aquí se tiene otro de los efectos indeseables de -- los bajos precios internos de los hidrocarburos. Ningun-- a fuente alternativo de energía primaria resulta competi-- tiva con esos precios y la consecuencia es que el país -- depende cada vez más, para el suministro de energía, de esa -- fuente no renovable. Sin embargo no parece haber con-- ciencia de la gravedad del problema que esta situación plan-- tea, quizás por la opinión generalizada de que tenemos pe-- tróleo para muchos años y de que, en consecuencia, podemos -- exportar y derrochar sin medida. A este estado de opi-- nión no son ajenas las declaraciones optimistas de algunos -- altos funcionarios. Por ejemplo, en el informe que -- rindió el Director General de Petróleos Mexicanos el pasado -- 18 de marzo de 1981, señaló que la relación reservas proba-- das a producción paso a 60 años. Esto quiere decir que -- si se divide el valor de las reservas probadas anunciado -- en esa ocasión, que fue de 67830 millones de barriles de -- petróleo crudo equivalente, entre la producción total de -- hidrocarburos prevista para 1981, que se estimó en 1130 mi-- llones de barriles, se obtiene un cociente de 60; o sea que -- si la producción de hidrocarburos se mantuviese sin aumento -- al nivel de la de 1981, las reservas probadas durarían teó-- ricamente 60 años.

En la parte final de su informe, el ingeniero Díaz -- Serrano afirmó textualmente:

"Tenemos hidrocarburos para los próximos sesenta -- años, de acuerdo con las reservas probadas y hasta para --

EVOLUCION DE LA COMPOSICION DE LA OFERTA DE ENERGIA
PRIMARIA EN MEXICO

ENERGIA PRIMARIA	1977	1978	1979	1980
Petroleo	65.6	64.5	63	64
Gas natural	19.9	23	25	25
Carbón	5.1	5.2	5	4.7
Energía hidroeléctrica	9.1	7	7	6
Geotermia	0.3	0.3	0.4	0.3
Energía primaria total:				
10 ¹² Kcal	642.29	704.02	792.77	865.10
Aumento respecto al año anterior		9.01	12.61	9.121

Fuente: Comisión de Energéticos

17. cien, en función de las probables".

La afirmación anterior, expresada en esos términos absolutos, sin precisar que para que se verifique se requiera que la producción nacional de hidrocarburos se mantenga en el futuro sin aumento, al nivel de la de 1981, puede propiciar un optimismo injustificado, que conduzca a desentenderse de los problemas de conservación y uso eficiente de la energía y de sustitución de los hidrocarburos por otros energéticos.

La realidad es que el consumo de hidrocarburos creció en el pasado en México a una tasa anual de más del 6%, que este crecimiento se ha acelerado en los últimos años, como puede verse en la tabla 1, y que, en ausencia de una acción resulta para promover el uso eficiente de la energía y la sustitución de los hidrocarburos por otros energéticos, este crecimiento en el consumo de los hidrocarburos, en México continuará en el futuro.

Bajo esas condiciones, que son las que prevalecen actualmente, puede calcularse la duración de las reservas probadas de hidrocarburos de México partiendo de las siguientes bases:

- a) Las reservas de hidrocarburos, expresadas en millones de barriles de petróleo crudo equivalente, son, de acuerdo con el pasado informe presidencial del 10. de septiembre de 1981, las siguientes:

Reservas probadas	72000
Reservas probables	58650
Reservas potenciales	250000

Las reservas potenciales incluyen las probadas y probables más la producción acumulada hasta la fecha.

- b) El consumo nacional de hidrocarburos, que en 1980 fue,

incluyendo las pérdidas, de 645.7 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, crecerá a una tasa anual del 11%, de acuerdo con la proyección base del Programa de Energía, que considera las tendencias autónomas de la demanda de energía, que prevalecerán si no se llevan a cabo las políticas propuestas para racionalizar el consumo.

c) La exportación de hidrocarburos se mantendrá en el futuro a un nivel de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo crudo y 300 millones de pies cúbicos diarios de gas natural, que es el límite que fija el Programa de energía, o sea un total anual de 569.4 millones de barriles de petróleo crudo equivalente.

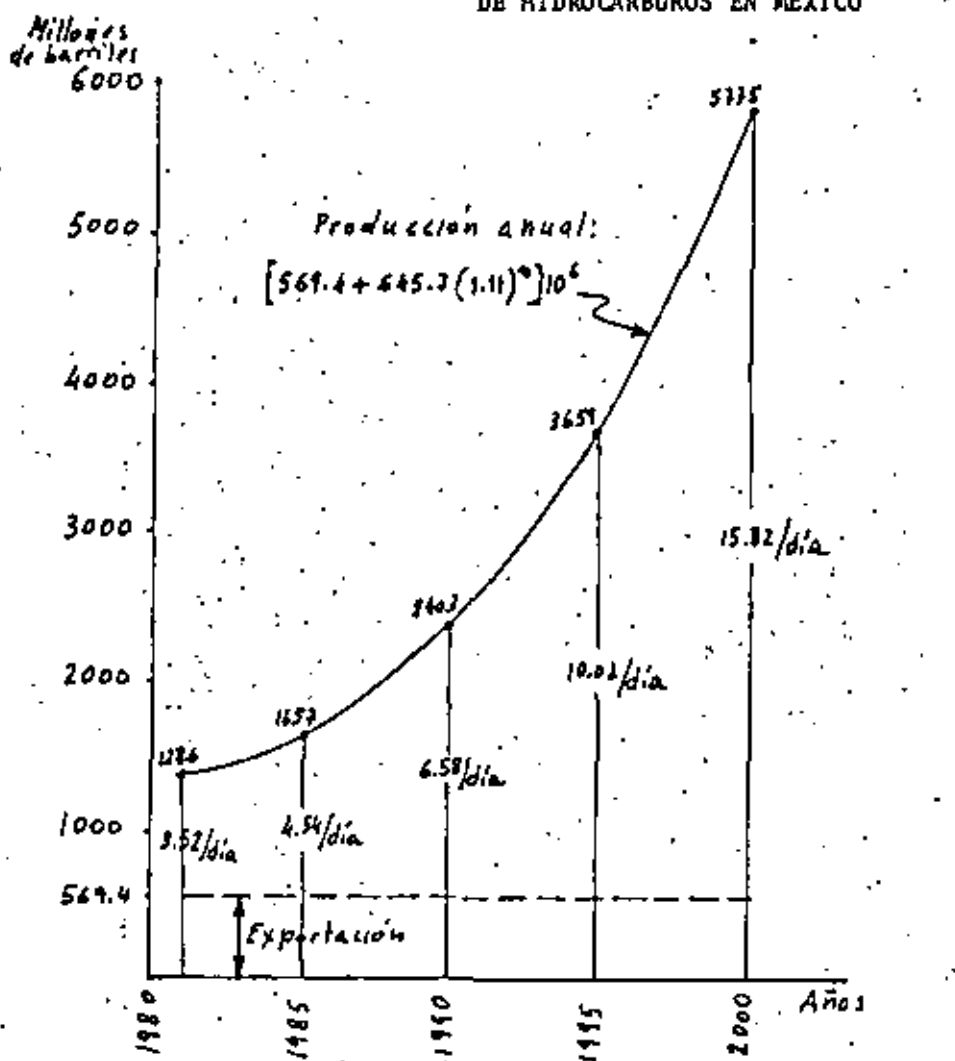
Como puede verse en la nota de cálculo y en la gráfica de la figura 5, las reservas probadas se agotarían en el año 2003. Por lo tanto, bajo las condiciones antes definidas, tendríamos hidrocarburos para 22 años y no para 60.

El cálculo anterior no toma en cuenta que la explotación petrolera requiere que la relación entre reservas probadas y producción anual no descienda por debajo de un nivel crítico, que, según el Programa de Energía, se alcanza cuando las reservas representan una vida de 15 años en relación a la extracción anual. En consecuencia, la producción de hidrocarburos empezará a declinar bastante antes del agotamiento de las reservas.

La figura 6, tomada del Programa de Energía, que corresponde al escenario propuesto en ese Programa de un crecimiento económico sostenido a una tasa anual del 8%, muestra que el país dejaría de ser autosuficiente en el abastecimiento de hidrocarburos hacia 1996, o sea dentro de 15 años y a partir de esa fecha no solo las exportaciones de hidrocarburos se habrían reducido a cero, sino que sería necesario importar petróleo, en caso de que el proceso de sustitución de los

Fig. 5

DURACION TEORICA DE LAS RESERVAS PROBADAS DE HIDROCARBUROS EN MEXICO



Reservas probadas al 1°-IX-81: 72000×10^6 b.p.c.e.

Consumo acumulado al año 2000: 71378×10^6 b.p.c.e.

NOTA DE CALCULO

Exportación anual a partir de 1981: 569.4×10^6 b.p.c.e.
 Consumo interno más pérdidas en 1980: 645.7×10^6 " "
 $72000 \times 10^6 = 569.4 \times 10^6 \times n + 645.7 \times 10^6 \left[\frac{(1.11)^n - 1}{\text{Ln } 1.11} \right]$

La ecuación anterior se verifica para n=22.5

hidrocarburos por otros energéticos no hubiese avanzado lo suficiente.

Podrá alegarse que es posible que las reservas probadas de hidrocarburos de México aumenten, en la medida en que se confirmen las reservas probables y potenciales; sin embargo no parece prudente arriesgar el futuro de México -- basados en la esperanza de que estos supuestos, que tienen una probabilidad matemática de verificarse bastante inferior a la unidad, se cumplan.

Medidas de acción directa para la racionalización de la producción y el uso de la energía.

Además de una política adecuada de precios de la energía, aplicada oportunamente, las medidas de acción directa consideradas en el Programa de Energía pueden tener un efecto importante en la racionalización de la producción y el uso de la energía, teniendo en cuenta que el sector energético está constituido casi totalmente por empresas del sector público.

En este sector de la producción de energía, uno de los desperdicios de energía menos justificables es la quema en la atmósfera de gas natural asociado al petróleo, causada, como lo señala el Programa de Energía, por falta de sistemas de recolección en los campos, por insuficiencia en la capacidad de procesamiento o porque no ha existido la capacidad necesaria de transporte en los ductos nacionales que van a los centros de consumo.

De acuerdo con el informe del Director General de Petróleos Mexicanos, del pasado 18 de marzo, actualmente se queman 500 millones de pies cúbicos al día en los pozos marítimos de la sonda de Campeche, lo que equivale a 110 000 barriles diarios de petróleo crudo equivalente y que al precio actual de exportación del gas natural, que es de 4.8246 dólares por millar de pies cúbicos, significa quemar

casi dos millones y medio de dólares diarios, mientras que, por otra parte, los suministros de gas natural a la industria eléctrica son todavía insuficientes. El Programa de Energía establece tanto una reducción paulatina de los coeficientes técnicos de liberación a la atmósfera del gas como la eliminación total de la quema por las tres causas antes mencionadas, lo que permitirá restringir dicha quema a un máximo de 3% respecto a la producción bruta.

Otro aspecto importante de la racionalización de la producción de energía es el perfeccionamiento de las técnicas de extracción del petróleo y del gas natural.

Los altos precios que alcanza actualmente el petróleo en el mercado internacional y los pronósticos en el sentido de que la producción mundial de petróleo empezará a declinar en la última década del presente siglo, han avivado el interés en desarrollar procedimientos de extracción que permitan recuperar una proporción mayor del petróleo y el gas contenidos en los yacimientos. Los precios actuales del petróleo hacen que sea conveniente utilizar procedimientos de recuperación más eficientes pero más costosos, que con los precios anteriores a 1973 no resultaban rentables.

Mediante la recuperación primaria, o sea mediante la perforación y explotación convencional de pozos petroleros, se recupera actualmente del orden de un 25% del petróleo contenido en un yacimiento.

Mediante la recuperación secundaria, que consiste en la inyección de cantidades importantes de agua en aquellos yacimientos que presentan características adecuadas, la recuperación puede aumentarse a alrededor del 50%.

La recuperación terciaria o perfeccionada que podría permitir la recuperación de cantidades adicionales de hidrocarburos, es el nombre genérico que cubre una variedad

de técnicas para aumentar el flujo de petróleo de su localización natural en rocas permeables a los pozos de producción. Comprende tres métodos básicos: método térmico, inyección de solventes, e inyección de agua con sustancias químicas que favorezcan la miscibilidad del petróleo.

En un país con recursos petroleros considerables, como es el caso de México, el perfeccionamiento de las técnicas de recuperación del petróleo es de la mayor importancia, ya que podría aumentar substancialmente la cantidad de petróleo que puede extraerse de los yacimientos, lo que equivale a un aumento de los recursos petroleros.

Por lo que hace al uso de la energía, las medidas de acción directa mediante acciones concertadas y disposiciones reglamentarias, pueden ser especialmente eficaces en el sector del transporte que, de acuerdo con el balance energético de 1979, publicado por la Comisión de Energéticos, representó el 30% del consumo de energía primaria en México en ese año.

En las conclusiones y recomendaciones de las sesiones técnicas sobre energéticos del pasado IX Congreso Nacional Bienal del Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas⁵, celebrado en noviembre de 1980, se asienta lo siguiente:

"1. En el aspecto de la conservación y uso eficiente de la energía, que constituye uno de los aspectos principales del Programa de Energía, se recomienda que se haga un énfasis especial en el sector del transporte, por ser aquel en el que se pueden obtener los resultados más eficaces a corto y mediano plazo.

Se recomienda en especial:

- 1.1 Desalentar el uso del automóvil individual en los transportes urbanos, desarrollándose un sistema de transporte público eficaz y adecuado.
- 1.2 Fomentar el transporte de carga por ferrocarril, que resulta mucho más eficiente desde el punto

de vista del consumo de energía que el transporte por carretera, para lo cual es necesario rehabilitar y desarrollar la red ferroviaria.

- 1.3 Establecer normas de eficiencia energética para los automóviles mediante la legislación correspondiente".

La conservación de la energía y la diversificación de la oferta energética.

Al definir el término "conservación de energía", se señaló que se emplea para designar todas las acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos, incluso la substitución de una forma de energía por otra.

En México, la diversificación de la oferta energética es especialmente urgente, dada la gran dependencia con respecto a los hidrocarburos como fuente de energía primaria y el largo periodo de realización de los proyectos energéticos alternativos.

El Programa de Energía establece entre sus objetivos el de "diversificar las fuentes de energía primaria, prestando particular atención al empleo de los recursos renovables". Sin embargo en el documento que se ha publicado, que incluye únicamente el resumen y las conclusiones del Programa, no aparece un plan detallado para lograr esta diversificación, sino únicamente se plantean algunas metas y se proponen algunas actividades a desarrollar.

Resumiremos a continuación los principales planteamientos:

Petróleo y gas natural. - "La producción deberá cubrir la demanda interna, cualquiera que ésta sea, y generar un excedente exportable constante de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo y 300 millones de pies cúbicos diarios de gas natural. Ello significa, dadas las proyecciones del Programa de Energía, que la extracción de petróleo crudo y líquidos del gas sería de 3.5 millones diarios en 1985 y de 4.1 millones en 1990. La de gas natural ascendería a 4300 millones y a 6900 millones de pies cúbicos diarios en esos años respectivamente" (equivalentes a 860 000 y 1380000 millones de barriles de petróleo crudo).

Por lo que hace a la exportación del petróleo el Programa de Energía fija las siguientes reglas:

1. Tratar de evitar la concentración de más del 50% de las exportaciones mexicanas de hidrocarburos en un solo país.
2. Buscar mantener en menos del 20% la participación de las exportaciones mexicanas en el total de las importaciones de crudo y productos petrolíferos de cualquier país. Sólo en el caso de las naciones de Centroamérica y el Caribe, se abastecerá hasta un 50% de sus necesidades de hidrocarburos.

Carbón. - De acuerdo con el Programa de Energía las reservas probadas de carbón coquizable son actualmente de alrededor de 1 500 millones de toneladas "in situ", equivalentes a más de 1 000 millones de carbón "todo uno".

En lo que se refiere a la utilización de este carbón en la industria siderúrgica nacional, se considera que si la expansión de la industria mantuviera las actuales proporciones entre los dos procesos utilizados: 70% para el alto horno con utilización de carbón y 30% para la reducción directa usando gas natural, el consumo bruto de carbón todo uno con destino siderúrgico aumentaría de 8.9 millones de

toneladas en 1979 a 28.7 millones en 1990. Las reservas probadas de carbón coquizable permitirán satisfacer con holgura el volumen requerido durante la vida útil de las plantas que se construyan hasta 1990. Sin embargo, será necesario asignar importantes recursos a ampliar la capacidad de producción en esta actividad minera.

Por lo que hace a la utilización del carbón para la generación de energía eléctrica el Programa de Energía señala que las reservas probadas de carbón no coquizable, localizadas en la cuenca de Río Escondido, en el norte del estado de Coahuila, alcanzan un total de 600 millones de toneladas. Esta dotación ha permitido construir una primera planta carboceléctrica con capacidad de 1 200 MW que está próxima a entrar en servicio y se prevé la construcción de dos plantas más, de 1 400 MW cada una, durante los años ochenta. En 1990 estos 4 000 MW de capacidad de generación contribuirán con casi el 11% de la generación bruta de electricidad y permitirán sustituir cerca de 120 000 barriles diarios de combustible. "Las posibilidades a más largo plazo de esta fuente de energía están bajo estudio y dependerán, entre otros factores, de los resultados de la exploración que en materia de carbón se realice en el país".

Uranio. - El Programa de Energía reconoce que las actuales reservas probadas de uranio sólo alcanzan para la vida útil de la planta nucleoceléctrica de Laguna Verde y la recuperación de uranio como subproducto del procesamiento de la roca fosfórica con que cuenta el país permitirá alimentar una planta adicional de 1 200 MW.

Se propone reforzar los programas de Uramex en materia de exploración de uranio en México. En cuanto al programa nucleoceléctrico, anuncia que la primera unidad de Laguna Verde, con una capacidad de 654 MW entrará en servicio en 1983 y la segunda unidad, de la misma capacidad, en 1984. Señala que se instalará una unidad más que debe-

rá estar en servicio antes de 1990, con lo que México contará en ese año con una capacidad nucleoelectrica instalada del orden de 2 500 MW, lo que implica que la nueva unidad nucleoelectrica será de una capacidad del orden de 1 200 MW eléctricos.

Además de las dos plantas nucleoelectricas que deberán estar en operación en 1990, se propone iniciar a partir de 1981 la selección de sitios y tecnologías para las unidades que empezarán a funcionar durante los años noventa. El objetivo planteado es que a finales de siglo -- se tengan instalados 20 000 MW de capacidad nuclear.

Energía hidroeléctrica. El potencial hidroeléctrico identificado, de acuerdo al más reciente estudio de la Comisión Federal de Electricidad⁵, permitiría una generación media anual de 171 866 GWh, mediante el desarrollo de 541 aprovechamientos.

De este potencial, de acuerdo con el Programa de Energía, se estima posible desarrollar para 1990 la quinta parte, o sea una capacidad instalada capaz de generar 34 372 GWh/año y para el año 2000 las dos quintas partes, o sea una capacidad instalada capaz de generar 68 746/año. Como referencia, la generación hidroeléctrica en 1979 fue de 17 800 GWh con una capacidad instalada en plantas hidráulicas de 5 218 MW y la generación total de electricidad en el mismo año de 58 000 GWh, con una capacidad instalada total de generación de 14 297 MW. Se señala también que el potencial hidroeléctrico teórico es bastante mayor que el identificado, lo que indica que hay todavía grandes posibilidades de ampliar el potencial identificado.

Energía geotérmica. El Programa de Energía establece metas mínimas de aprovechamiento de este recurso, que consisten en llegar a 620 MW de capacidad en 1990 en lugar de los 150 MW en servicio en 1980.

Energía Solar. El Programa de Energía señala que "la opción solar ha recibido recientemente gran atención en el mundo y se le dedican volúmenes crecientes de recursos. Su utilización en gran escala es, sin embargo, un evento del futuro. A corto y mediano plazos su aportación al balance energético será marginal. No obstante, puede ayudar a mejorar las condiciones de vida y de producción de comunidades no integradas al sistema eléctrico nacional. Asimismo, tiene aplicaciones domésticas de gran importancia, como la llamada energía solar pasiva, consistente en diseñar los espacios habitacionales de manera que se aprovecha mejor este recurso. A más largo plazo, si los esfuerzos tecnológicos en este campo tienen éxito, dicha fuente contribuirá a sentar las bases para el desarrollo de sistemas eléctricos descentralizados que utilicen un recurso permanente, ampliando así la gama de opciones energéticas".

Recursos energéticos de México.

En la sección anterior se resumieron los planteamientos del Programa de Energía para diversificar la oferta de energía primaria.

Se expondrá ahora cual es el conocimiento actual sobre los recursos energéticos de México. La mayor parte de la información se ha tomado del estudio "Perfil energético de México", que apareció en el número de agosto de 1979 de "Energéticos", boletín informativo del sector energético publicado por la Comisión de Energéticos. Algunos datos, como las reservas petroleras, se han actualizado con información más reciente.

RECURSOS ENERGÉTICOS DE MÉXICO

I. RECURSOS NO RENOVABLES
(Cantidades recuperables)

RECURSO	TIPO DE INFORMACION	CANTIDAD	EQUIVALENTE TÉRMICO Kcal	CONSUMO EN 1980 Kcal
HIDROCARBUROS	Reservas probadas	$72,000 \times 10^6$ b	$92,327 \times 10^{12}$	769.6×10^{12}
	Recursos potenciales	$250,000 \times 10^6$ b	$320,578 \times 10^{12}$	
CARBÓN	Reservas probadas	$1,400 \times 10^6$ Ton	$7,000 \times 10^{12}$	41.0×10^{12}
	Recursos potenciales	$4,000 \times 10^6$ Ton	$20,000 \times 10^{12}$	
URANIO	Reservas probadas	10,000 Ton	725×10^{12}	0.0
	Recursos potenciales	225,000 Ton	$16,315 \times 10^{12}$	
GEOTERMIA	Reservas probadas	86,699 GWh	267×10^{12}	2.6×10^{12}
	Recursos potenciales	411,866 GWh	$1,266 \times 10^{12}$	

II. RECURSOS RENOVABLES

RECURSO	TIPO DE INFORMACION	ENERGIA ANUAL	EQUIVALENTE TÉRMICO Kcal/año	CONSUMO EN 1980 Kcal
HIDROELECTRICIDAD	Potencial identificado	171,866 GWh	528×10^{12}	51.5×10^{12}

EQUIVALENTES TÉRMICOS

1 Barril de petróleo equivalente
1 tonelada de carbón
1 lb. de uranio
1 kWh hidroeléctrico

1,282,314 Kcal
5,800,000 Kcal
72,500,000 Kcal
5,074 Kcal

Consumo total de energía
primaria en 1980: 865.1×10^{12} Kcal

Por lo que hace al uranio, los datos de la tabla 2 se refieren al empleo de reactores térmicos convencionales sin realización del reprocesamiento del combustible irradiado. Como es bien sabido, estos tipos de reactores emplean el uranio muy ineficientemente, ya que utilizan como material fisionable el isótopo U235, del cual el uranio natural contiene únicamente 0.7%, estando el 99.3% restante constituido por U238, que no es fisionable. Como las reservas mundiales de uranio son limitadas, se considera que de continuarse empleando exclusivamente este tipo de reactores para la generación de energía eléctrica, el uranio se agotaría antes que el petróleo y la energía nuclear de fisión jugaría nada más un papel de energía de transición.

La introducción de los reactores de cría o de neutrones rápidos, actualmente en proceso de desarrollo en

En la tabla 2 se proporcionan los datos sobre las reservas probadas de los distintos energéticos convencionales con que cuenta México y los recursos potenciales de los mismos, de acuerdo con la información más reciente.

El propósito de la tabla 2 es mostrar la situación actual de la información sobre los recursos energéticos convencionales con que cuenta el país para diversificar la oferta de energía primaria a corto y mediano plazo. Por esa razón no se incluyeron en la tabla estimaciones sobre las fuentes de energía llamadas no convencionales, principalmente la energía solar y la fusión nuclear, que pueden jugar un papel decisivo a largo plazo, durante el transcurso del siglo XXI, para substituir a los hidrocarburos en la mayor parte de sus utilidades energéticas, pero que en lo que queda del presente siglo tendrán todavía una participación muy reducida en el caso de la energía solar y nula en el de la fusión, en la oferta energética. Mas adelante se analizarán brevemente las potencialidades de esas nuevas fuentes de energía.

algunos países, permitiría utilizar casi toda la energía de fisión contenida en el uranio, multiplicando por un factor del orden de 70 el potencial energético de los recursos de uranio. En efecto, en los reactores de cría el combustible se compone de plutonio (que se obtiene al reprocesar el combustible irradiado de los reactores térmicos) y de uranio natural. Al mismo tiempo que consumen plutonio y producen calor, los reactores de cría convierten el isótopo U238, que constituye, como se dijo, el 99.3% del uranio natural y que no es fisiónable, en plutonio, que sí es fisiónable, y pueden diseñarse los reactores de manera que produzcan más plutonio a partir del U238 del que consumen, constituyendo así una fuente de calor que se aprovecha para generar electricidad y una fábrica de material fisible a partir del uranio natural.

En cuanto a la geotermia, los recursos potenciales indicados en la tabla 2 se refieren a una estimación de la energía eléctrica que podría obtenerse de los llamados sistemas hidrotérmicos de alta temperatura, que son los que se pueden explotar con la tecnología actualmente conocida para obtener vapor de características adecuadas para utilizarse en una planta generadora termoeléctrica.

Para dar una idea del desarrollo actual del aprovechamiento de la energía geotérmica en México y de sus perspectivas futuras, se cita a continuación una parte del informe del Grupo Técnico sobre Energía Geotérmica de la Conferencia de la Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables:

"El desarrollo de la energía geotérmica en México ha tenido un fuerte impulso en los dos últimos decenios, en especial con la instalación de la planta geotérmica de Cerro Prieto, en el estado de Baja California Norte. Su capacidad actual es de 150 MW. La generación de electricidad mediante energía geotérmica puede jugar un papel signifi-

ficativo en el desarrollo energético del país y contribuir al ahorro y a la sustitución de hidrocarburos, según se hace constar en el plan global energético del gobierno. Actualmente, está en proceso de construcción una ampliación en la planta de Cerro Prieto que consta de una unidad de más de 30 MW de baja presión. Se tiene programada otra de 620 MW, para 1985.

Se estima que en esta zona, con una superficie de 12 km² estudiados con todo detalle, existen reservas de vapor suficientes para generar 7 000 millones de kWh anuales durante 20 años y que los recursos geotérmicos potenciales estimados en todo el país son del orden de 411 860 GWh, que a su vez se traducen en 49.4 millones de barriles anuales de petróleo.

Como puede observarse en la tabla 3, en 1980 México estaba entre los seis países más desarrollados en el campo de la energía geotérmica; de acuerdo con los programas energéticos nacionales, en el año 2000 será el segundo en importancia a nivel mundial en relación con la capacidad instalada obtenida de energía geotérmica."

En lo referente al carbón, de los 1 400 millones de toneladas de reservas probadas de carbón "todo uso", mil millones corresponden a carbón coquizable y se reservan para utilizarse en la industria siderúrgica. Los cuatrocientos millones de toneladas restantes están constituidos por carbón no coquizable destinado a la generación de energía eléctrica. Puede verse en la tabla 2 que los recursos de carbón de México, tanto en reservas probadas como en recursos potenciales son más importantes que los de uranio, si estos se utilizan únicamente en reactores térmicos.

Los hidrocarburos constituyen los recursos energéticos no renovables más importantes de México. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que los esfuerzos y recursos dedicados a su exploración han sido mucho mayores que los reali-

CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGIA ELECTRICA OBTENIDA DE
ENERGIA GEOTERMICA EN MW

PAIS	1980	1985	1990	1995	2000
Estados Unidos	923	1 674	4 374	4 974	5 824
Filipinas	446	558	1 225	1 225*	1 225*
Italia	440	480	560	620	800
Nueva Zelandia	202	191	282	382	382*
Japón	168	1 000	3 668	3 668*	3 668*
México	150	620	1 000	2 000	4 000
Otros países*	133	278	1 158	1 478	1 745
T o t a l	2 462	4 801	12 267	14 347	17 644

* Indica que la cifra es un valor mínimo

* "Otros países", incluye a 11 países con capacidades instaladas muy bajas.

Fuente: Informe del Grupo Técnico sobre energía geotérmica de Naciones Unidas correspondiente a su segundo periodo de sesiones, 11 de diciembre de 1980.

zados para los otros recursos y que es posible que en la medida en que se amplie el conocimiento de los recursos energéticos del país, como lo prevé el Programa de Energía, puedan ampliarse las reservas de aquellos energéticos cuya exploración ha sido hasta la fecha muy limitada.

El único recurso energético renovable incluido en la tabla 2 es la energía hidroeléctrica, que puede considerarse un aprovechamiento indirecto de la energía solar. La geotermia se ha considerado entre los recursos no renovables, ya que la recarga de los reservorios geotérmicos es mucho más lenta que la extracción de la energía geotérmica a través de los pozos en un campo en explotación.

El potencial hidroeléctrico pendiente de explotar en México es importante. Puede verse en la última columna de la tabla 2 que en 1980 únicamente se utilizó el 9.71 del potencial identificado.

A la luz de la información anterior sobre los recursos energéticos de México, dos aspectos llaman la atención en las propuestas del Programa de Energía para diversificar las fuentes de energía primaria: lo modesto del programa hidroeléctrico y lo ambicioso del programa nuclear.

Resulta sorprendente que no se proponga aprovechar al máximo el potencial hidroeléctrico del país en el plazo más breve posible y se proponga en cambio un programa nuclear importante, cuando, de acuerdo con la información del propio Programa de Energía, que se reproduce en la tabla 4, las plantas hidroeléctricas resultan más económicas que las nucleoelectricas y, además, la mayor parte de la inversión en una planta hidroeléctrica se hace en moneda nacional, la ingeniería y la tecnología utilizadas en el proyecto y la construcción de ese tipo de plantas son casi totalmente nacionales, mientras que la dependencia tecnológica con respecto del extranjero en el caso de una planta nucleoelectrica es actualmente muy grande y por último las plantas hidroeléctricas utilizan un recurso energético renovable y constituyen un

Costos estimados de generación eléctrica para nuevas plantas
(pesos por KWh)*

	Geo- térmica	Carbo- eléctrica	Hidro- eléctrica	Nucleo- eléctrica	Termo- eléctrica a base de combustibles
Total	0.31	0.47	0.48	0.52	0.69
Costo de inversión	0.25	0.18	0.44	0.32	0.12
Costo de explotación	0.12	0.07	0.04	0.05	0.04
Costo de combustible**	-	0.22	-	0.15	0.53

* Precios de 1979

** Comparación con base en precios internacionales de los combustibles

Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial

Los costos unitarios totales se calcularon con base en cifras a precios de 1979 considerando el valor de los combustibles en el mercado internacional. Para las estimaciones se seleccionaron las plantas más representativas por fuente energética primaria. Puede observarse que en los casos de la generación geotérmica, hidráulica y nuclear, el costo de inversión tiene el mayor peso relativo, mientras que en las termoeléctricas a base de carbón y de hidrocarburos predomina el de los combustibles. Sumando los distintos componentes, la fuente más económica es la geotérmica y la más costosa, la generación a partir de combustibles. No hay gran diferencia en el caso de las tres fuentes restantes. Debido al alto valor de los hidrocarburos en el mercado internacional y a los usos alternativos que éstos tienen, conviene disminuir su participación en la generación eléctrica. En el futuro, a medida que su precio se eleve en términos reales, resultará cada vez menos atractivo para la economía utilizarlos para este propósito.

aprovechamiento indirecto de la energía solar. A continuación se analizan con más detalle estos aspectos.

La energía hidroeléctrica, recurso importante para diversificar la oferta energética.

El más reciente estudio sobre potencial hidroeléctrico nacional fue realizado y publicado por la Comisión Federal de Electricidad en 1978⁵ y se ha publicado también en la revista Ingeniería, órgano oficial de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en su número 3 de 1980. Los resultados resumidos de ese estudio aparecieron en el número de agosto de 1979 de Energéticos, boletín informativo del sector energético, que publica la Comisión de Energéticos, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

En la tabla 5, tomada de dicho estudio, se resume el potencial hidroeléctrico identificado, agrupado por unidad federativa. De acuerdo con dicha tabla, el desarrollo de todo el potencial hidroeléctrico actualmente identificado permitiría generar anualmente 171 866 GWh, o sea el triple de la generación total de energía eléctrica producida en 1979.

La relación entre el potencial hidroeléctrico identificado y el teórico, para el total del territorio del país, es de 0.39, lo que indica, como lo reconoce el Programa de Energía, "que hay todavía grandes posibilidades hidroeléctricas", y que el potencial hidroeléctrico puede aumentar en forma importante a medida que se complete la información cartográfica e hidrométrica y las exploraciones de campo.

En el mapa de la figura 5 se indica la distribución espacial del potencial hidroeléctrico indentificado, según cuencas hidrográficas y la relación entre el potencial indentificado y el potencial bruto teórico, para cada cuenca.

En la tabla 6 se indica la capacidad en operación de plantas hidroeléctricas al 31 de diciembre de 1979, la ge

Núm.	E S T A D O	Nº PROYS.	POT. MED. M. W.	G. MED. A. G. W. H.	POTENCIA	% GENERACION
1.-	Coahuila	1	14	123	0.1	0.1
2.-	Colima	3	42	368	0.2	0.2
3.-	Chiapas	91	6,558	57,430	334	33.4
4.-	Chihuahua	24	613	5,371	3.1	3.1
5.-	Durango	26	701	6,144	3.6	3.6
6.-	Guerrero	33	1,826	15,905	9.3	9.3
7.-	Guatemala	2	42	268	0.2	0.2
8.-	Hidalgo	7	127	1,113	0.6	0.6
9.-	Jalisco	31	763	6,684	3.9	3.9
10.-	México	14	353	3,098	1.8	1.8
11.-	Michoacán	30	768	6,728	3.9	3.9
12.-	Morelos	2	66	578	0.3	0.3
13.-	Nayarit	30	856	7,501	4.4	4.4
14.-	Nuevo León	1	5	44	0.0	0.0
15.-	Oaxaca	66	2,507	21,964	12.8	12.8
16.-	Puebla	28	817	7,159	4.2	4.2
17.-	Quintana Roo	4	137	1,200	0.7	0.7
18.-	San Luis Potosí	21	447	3,918	2.3	2.3
19.-	Sinaloa	24	527	4,617	2.7	2.7
20.-	Sonora	15	414	3,628	2.1	2.1
21.-	Tabasco	8	209	1,830	1.1	1.1
22.-	Tamaulipas	10	95	833	0.5	0.5
23.-	Veracruz	62	1,614	14,137	8.2	8.2
24.-	Zacatecas	8	118	1,035	0.6	0.6
	S U M A S	541	19,619	171,866	100.0	100.0

CUADRO 6.- POTENCIAL HIDROELECTRICO IDENTIFICADO POR ENTIDAD FEDERATIVA.



Fig. 5

RESUMEN DEL
POTENCIAL HIDROELECTRICO IDENTIFICADO DE MEXICO
DICIEMBRE DE 1979.

	POTENCIA		ENERGIA AYUAL		FACTOR DE PLANTA %
	MW	% del total	GWh	% del total	
En operación	5219	14.5	17839	10.4	39.0
En construcción	2070	5.8	6855	4.0	37.8
En programa	1889	5.3	6452	3.7	39.0
Pendiente de desarrollar	26716	74.4	140720	81.9	60.0
T O T A L	35894	100.0	171866	100.0	

Fuente: Comisión Federal de Electricidad

neración hidroeléctrica durante ese año⁷, la capacidad de plantas hidroeléctricas en construcción y en programa y el potencial hidroeléctrico identificado pendiente de desarrollar en esa fecha.

Puede verse que la energía hidroeléctrica generada en 1979 representa únicamente el 10% de la que podría generarse si estuviese desarrollado todo el potencial hidroeléctrico actualmente identificado.

En la gráfica de la figura 6, tomada del estudio del potencial hidroeléctrico nacional realizado por la Comisión Federal de Electricidad, se muestra que en la hipótesis de un consumo de energía de 400 000 GWh en el año 2000, o sea casi siete veces mayor que el que se tuvo en 1979, la energía eléctrica proporcionada por las plantas hidroeléctricas podría representar el 43% del total, si para esa fecha se tuviese desarrollado todo el potencial hidroeléctrico actualmente identificado.

Lo anterior muestra que las plantas hidroeléctricas pueden jugar un papel muy importante en los próximos años en México para diversificar la oferta energética, puesto que el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar es considerable y el costo del kWh producido en este tipo de plantas es menor que el producido en una planta nuclear o en una termoeléctrica convencional que use combustóleo a precio internacional, como puede verse en la tabla 4 antes citada.

Además, las plantas hidroeléctricas presentan las siguientes ventajas que generalmente no se toman en cuenta en las comparaciones económicas.

- a) La energía hidráulica es un recurso renovable - debido a la energía solar, que es la que produce el ciclo hidrológico. Su uso para generar electricidad permite ahorrar el consumo de recur

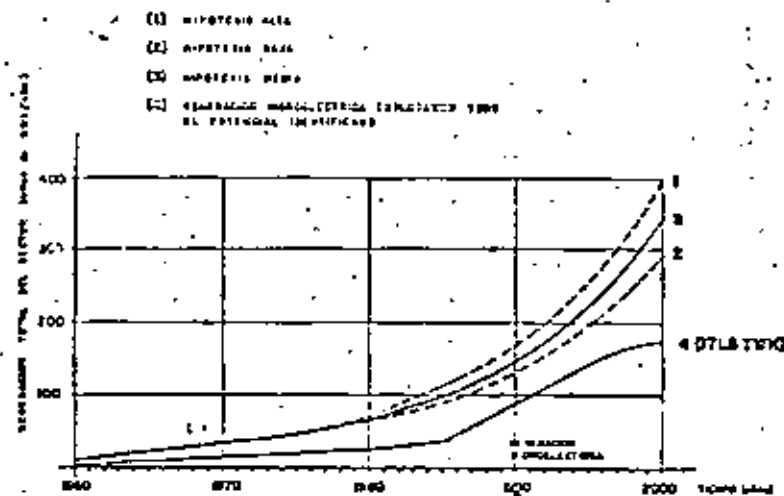


Fig. 6

sos no renovables y prolongar así la disponibilidad de estos. Sin embargo los métodos de evaluación económica usualmente utilizados no toman en cuenta el hecho de que se trata de un recurso que no se agota y dura indefinidamente y al hacer la comparación con una planta generadora que utilice un recurso no renovable se limitan a comparar los costos de inversión y de operación (incluyendo el costo del combustible en el segundo caso). En realidad puede considerarse que el potencial hidroeléctrico no utilizado significa un desperdicio de energía análogo a, por ejemplo, la quema de gas natural en la atmósfera.

- b) La larga vida de las instalaciones hidroeléctricas y los bajos costos de operación hacen que el costo de la energía generada sea muy poco afectado por la inflación, al contrario de lo que ocurre con las plantas termoeléctricas, donde el aumento de precio de los combustibles afecta en forma importante el costo de la energía generada.
- c) La componente nacional en el costo de las plantas hidroeléctricas es actualmente de más del 70% mientras que en las termoeléctricas es del orden del 55%, como puede verse en la tabla 7 preparada por la Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar de la Comisión Federal de Electricidad⁶ en 1977. Puesto que ya actualmente tanto la ingeniería y el diseño como la construcción y el montaje de estas plantas se realizan con recursos y tecnologías nacionales, la componente nacional del costo podría elevarse en breve plazo a prácticamente el 100%, si se desarrolla la

INTEGRACION DEL COSTO DE LAS OBRAS

VALORES MEDIOS

C O N C E P T O S	PLANTAS TERMOELECTRICAS CON SUBESTACION		PLANTAS HIDROELECTRICAS CON SUBESTACION		LINAS DE TRANSMISICION ALTA TENSION.
	NACIONAL	IMPORTACION	NACIONAL	IMPORTACION	
EQUIPOS Y MATERIALES	15	40	1	25	1 60 10
INGENIERIA Y DISEÑO	2.5		1.95		1
CONSTRUCCION Y MONTAJE	57	5	60	3	28 1
	100		100		100

EN ESTA DISTRIBUCION SOLO SE HAN INCLUIDO LOS COSTOS DIRECTOS, ES DECIR, NO COMPRENDE INDIRECTOS DE OFICINAS NACIONALES, NI LOS INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION.

43.

fabricación en México de las turbinas hidráulicas y los generadores eléctricos correspondientes.

- d) Los desarrollos hidroeléctricos constituyen frecuentemente una parte de un aprovechamiento hidráulico de usos múltiples, en cuyo caso los costos deben prorratearse entre los diferentes usos. Esto es especialmente interesante con las condiciones hidrometeorológicas que se tienen en el territorio nacional, caracterizadas por una temporada de lluvias y una temporada de estiaje muy marcadas, ya que un desarrollo hidroeléctrico con capacidad de almacenamiento anual permite regular el gasto del río y obtener beneficios adicionales para la agricultura, mediante el riego y el control de avenidas.
- e) Las plantas hidroeléctricas no son contaminantes, a diferencia de las termoeléctricas, y en general tienen una influencia positiva en la ecología de la región. Su construcción crea una fuente importante de empleo para la mano de obra local y contribuye a mejorar la infraestructura de la zona, mediante la apertura de vías de comunicación, centros de población y, en ocasiones, desarrollos turísticos.
- f) La flexibilidad de operación de las plantas hidroeléctricas las hace especialmente útiles en los grandes sistemas eléctricos interconectados.
- g) Como ya se señaló antes, en México se ha alcanzado un alto nivel en la ingeniería de los desarrollos hidroeléctricos. Dado que el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar en América latina es aún considerable, este podría ser un campo propicio para la exportación de ingeniería.

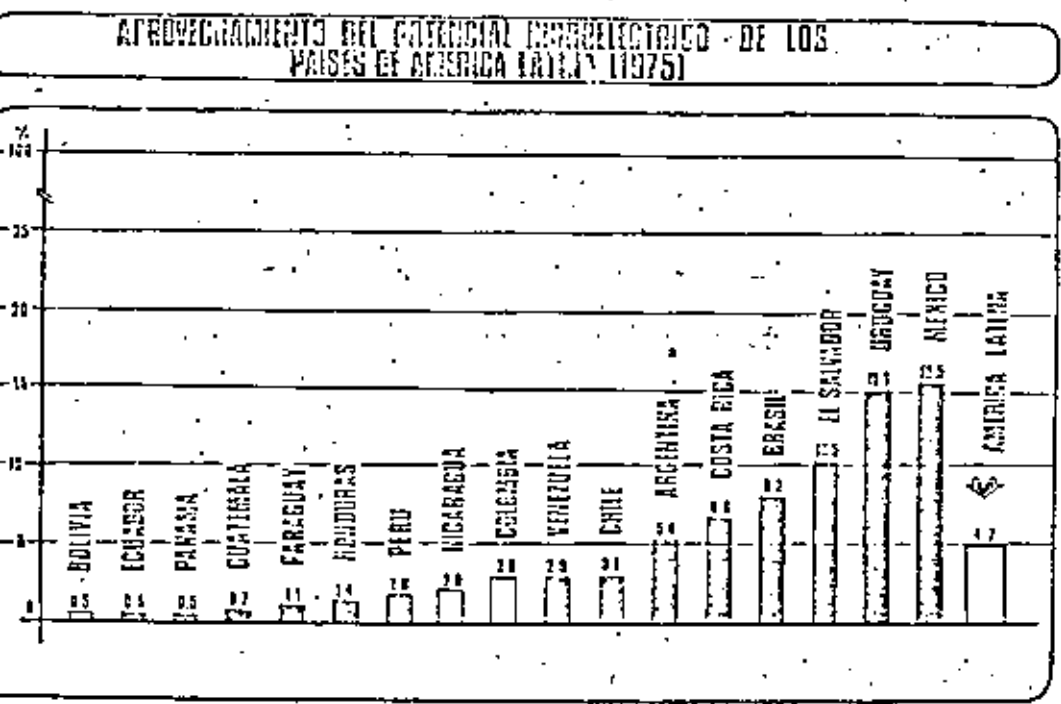


Fig. 7

ría y tecnología mexicanas. En la gráfica de la figura 7, tomada del trabajo presentado por el ingeniero Bernardo Quintana con motivo de su ingreso a la Academia Mexicana de Ingeniería, se indica el potencial hidroeléctrico aprovechado en 1975 en los países de América Latina en relación con el potencial hidroeléctrico económicamente aprovechable; puede verse en dicha gráfica que, para el conjunto de países de América Latina, sólo se aprovecha el 4.7% del potencial hidroeléctrico posible.

En conclusión, debería plantearse en el Programa de Energía la meta de desarrollar todo el potencial hidroeléctrico de México de aquí a fin de siglo. Como se ha señalado antes, la contribución de la energía hidroeléctrica a diversificar la oferta energética, disminuyendo así la dependencia con respecto de los hidrocarburos, podría ser considerable como lo serían también los beneficios indirectos de un importante programa hidroeléctrico.

Inconvenientes de un programa nucleoelectrico de gran magnitud.

En cuanto al programa nucleoelectrico propuesto en el Programa de Energía, ya me referí en otra ocasión a lo innecesario e inconveniente de arrancar de inmediato un programa de gran magnitud. Vuelvo ahora a exponer esas razones, refiriéndome a dos aspectos principales: costo y dependencia del extranjero.

Costo. Como se muestra en la tabla 4, antes citada, tomada del Programa de Energía, el costo estimado de generación de un kWh en una planta nucleoelectrica es más elevado que el costo del kWh generado en una planta hidroeléctrica, carbón-eléctrica o geotermoelectrica y sólo es mayor el de una termoelectrica convencional que utilice combustibles a precio

internacional.

Por otra parte, como puede verse en dicha tabla 4, el costo de inversión de una planta nucleoelectrica es elevado, sólo superado por el de una planta hidroeléctrica, pero con la importante diferencia a favor de ésta última de -- que, como ya se dijo, gran parte de la inversión en una planta hidroeléctrica se hace en moneda nacional, puesto que la mayor parte de los insumos necesarios son producidos en el país, mientras que en el caso de una nucleoelectrica la inversión necesaria requiere que el país desembolse divisas -- extranjeras, debido a que casi todo el equipo y la ingeniería del proyecto tienen actualmente que importarse.

En cuanto al costo de combustible, que representa en el caso de la nucleoelectrica, el 29% del costo del kWh, es, en el caso de la hidroeléctrica, evidentemente igual a -- cero. Esto significa que el costo de generación de una -- planta hidroeléctrica prácticamente no se verá afectado por la inflación futura, mientras que el aumento futuro del precio del uranio si incidirá en el costo de generación de la -- planta nucleoelectrica.

Los datos anteriores demuestran que las plantas -- nucleoelectricas no resultan actualmente competitivas, en -- las condiciones de México, con otros medios de generación -- disponibles.

Dependencia del extranjero. La instalación de plantas nucleoelectricas en México, en las condiciones actuales de desarrollo del país, produciría una gran dependencia con respecto al extranjero en tres aspectos: la ingeniería de proyectos, la compra de maquinaria y equipos y el ciclo de combustible.

En la tabla 7, antes mencionada, puede verse que -- la componente nacional en el costo de una planta termoeléctrica convencional es del 55%. Para el caso de la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, la componente nacional será bastante inferior a la correspondiente a una termoeléctri

ca convencional, posiblemente del orden del 12%.

Ade más será relativamente fácil aumentar considerablemente la participación nacional en el caso de las plantas hidroeléctricas, mediante la fabricación en México de -- turbinas hidráulicas y generadores y en el caso de las termoeléctricas se fabrica ya parte de las calderas y podría iniciarse la fabricación de turbogeneradores con capacidades -- hasta de 360 MW. En cambio será mucho más difícil y costoso fabricar equipo nuclear o los grandes turbogeneradores -- (por lo menos de 600 MW) utilizados en las plantas nucleoelectricas.

Pero la dependencia más peligrosa se produciría -- en el ciclo de combustible.

En primer lugar hay que señalar que el uranio para la primera carga de la planta de Laguna Verde se compró en -- el extranjero, a la empresa francesa URAMEX y fue enriquecida en los Estados Unidos.

En segundo lugar la situación internacional en el campo de la energía nuclear hace prácticamente imposible que se puedan realizar en México, en un futuro previsible todas -- las fases del ciclo de combustible. Este ciclo incluye -- el beneficio del mineral y la obtención de concentrados, la conversión en hexafluoruro de uranio y el enriquecimiento del uranio en caso de que se utilice en los reactores de uranio -- enriquecido, la fabricación de los elementos combustibles de óxido de uranio, enriquecido o no según el tipo de reactor a que esté destinado, el reprocesamiento del combustible irradiado después de haber sido utilizado en los reactores, -- que permite recuperar óxido de uranio y obtener plutonio, -- que pueden usarse de nuevo como combustibles, y que produce -- desechos radiactivos de muy larga vida que deben almacenarse en una forma segura.

En enero de 1976, los representantes de los siete --

principales países exportadores de tecnología nuclear: Estados Unidos, Canadá, la Unión Soviética, Francia, Inglaterra, Alemania Occidental y Japón, llegaron a un acuerdo en Londres para establecer las garantías que se exigirán a los países compradores de instalaciones nucleares para evitar que puedan utilizarse para fines militares. A este grupo se unieron posteriormente Suecia, Bélgica, Italia, Holanda, Polonia, Alemania Oriental y Checoslovaquia.

Lo anterior significa que un país, como México, que no cuenta con ese tipo de instalaciones, tendrá que depender indefinidamente de los países que controlan esas tecnologías para poder mantener en funcionamiento sus plantas nucleoelectricas.

Realizar en esas condiciones un programa nucleoelectrica importante en México significa hipotecar la independencia energética del país.

Afortunadamente el país cuenta con otras soluciones a corto y mediano plazo, que garantizan su independencia energética.

Por lo que hace al largo plazo, o sea más allá del año 2000, la energía nuclear puede ser una de las soluciones, pero para eso se requiere que se desarrollen los reactores rápidos o de cría, que utilizan plutonio y uranio natural, o la fusión nuclear, ya que con los actuales reactores térmicos de fisión, que usan muy ineficientemente el uranio, este energético, cuyas reservas mundiales son reducidas, se agotaría antes que el petróleo.

Con esta perspectiva del largo plazo se considera que es conveniente que México desarrolle prudentemente un programa nucleoelectrico mínimo, que podría consistir, por el momento, en instalar una segunda planta nucleoelectrica similar en tamaño a la de Laguna Verde, la cual entraría hacia 1990.

Esta segunda planta podría realizarse utilizando la tecnología canadiense de los reactores de uranio natural moderados con agua pesada, lo que elimina la necesidad de enriquecer el uranio. Además este tipo de reactores consume menos uranio que los de uranio enriquecido y agua ligera si en éstos no se realiza el reciclado del plutonio, cosa que en la situación internacional no se considera posible.

Este programa nuclear mínimo permitiría comparar en forma objetiva las tecnologías de uranio enriquecido y uranio natural y crearía las bases para poder desarrollar después de 1990 un programa nuclear más importante, en caso de que fuese necesario.

La disminución del programa nucleoelectrico propuesto en el Programa de Energía se compensaría básicamente aumentando el programa de plantas hidroelectricas con el objetivo de desarrollar todo el potencial hidroelectrico del país durante los próximos veinte años.

Participación de las fuentes de energía no convencionales en la oferta energética.

Entre las fuentes no convencionales de energía deben citarse dos que podrían suministrar cantidades ilimitadas de energía, si se resuelven los problemas científicos y tecnológicos para hacer posible su utilización en forma económica. Se trata de la energía solar y de la energía de fusión nuclear.

La energía solar tiene dos características que dificultan su aprovechamiento eficiente: la dispersión y la intermitencia. Aunque a largo plazo podrá llegar a ser una fuente de energía muy importante, se considera que su desarrollo para convertirla en un sistema práctico y económico será lento. Los problemas principales actuales son los altos costos y la falta de un método de almacenamiento de energía adecuado.

La utilización de la energía solar puede realizarse por captación directa de la radiación solar para calefacción, o para constituir la fuente caliente de un proceso de refrigeración por absorción y para la obtención de energía mecánica a través de un ciclo termodinámico utilizando un fluido adecuado. Puede también generarse energía eléctrica directamente mediante celdas fotovoltaicas.

Por otra parte puede utilizarse la energía solar a través de fuentes indirectas como el viento, la energía de las olas, el gradiente térmico de los océanos en las regiones tropicales y la utilización de materiales orgánicos para la producción de combustibles. La energía hidroeléctrica es también una forma indirecta de aprovechar la energía solar, la más económica conocida en comparación con los otros métodos directos o indirectos.

México, por su situación geográfica y por las características climatológicas de la mayor parte de su territorio, presenta condiciones privilegiadas para el aprovechamiento de la energía solar. Las aplicaciones más prometedoras a corto plazo corresponden al calentamiento de agua, lo que permitiría ahorros substanciales en el consumo de gas doméstico.

Es poco conocido que existen en México más de 25 fabricantes de calentadores de agua solares, la mayor parte en Guadalajara, donde el más antiguo los fabrica desde 1942 pero también en Cuernavaca donde se fabrican principalmente para el calentamiento de albercas, en la ciudad de México, en Mexicali y en algunos otros lugares. Estos héroes ignorados de la innovación tecnológica han desarrollado esta industria a un nivel artesanal sin ningún apoyo ni estímulo.

También se realiza en México investigación para utilizar la energía solar para refrigeración y para fabricar y mejorar las celdas fotovoltaicas.

Es sin duda en el campo de la energía solar donde puede desarrollarse en México una actividad de investigación mayor y más fructífera, tanto por las condiciones de insolación de su territorio como porque se trata de un tipo de investigación que no requiere instalaciones muy costosas y que tiende al desarrollo de una tecnología relativamente sencilla.

La obtención de energía mediante la fusión nuclear consiste en la unión de núcleos de átomos ligeros para formar núcleos más pesados, lo que va acompañado de liberación de grandes cantidades de energía. Para lograr esto, los núcleos ligeros en la forma de un plasma deben confinarse a altas densidades y temperaturas durante un periodo suficiente para obtener la fusión.

La investigación y el desarrollo para tratar de demostrar experimentalmente la realización de la fusión nuclear sostenida se realiza actualmente siguiendo dos procedimientos diferentes.

El primero consiste en el estudio de varios sistemas de confinamiento magnético de plasma. El sistema más prometedor actualmente es el llamado Tokamak, desarrollado inicialmente en la Unión Soviética.

El segundo procedimiento consiste en la investigación de la factibilidad de iniciar la fusión nuclear mediante un laser de alta energía y usando confinamientos inerciales. Los primeros resultados de carácter preliminar se obtuvieron en Estados Unidos en 1974.

Hay que señalar que la investigación para obtener energía mediante la fusión nuclear no ha alcanzado hasta la fecha un avance comparable al que alcanzó Fermi en 1940, al demostrar la factibilidad de una reacción de fisión sostenida.

Los pronósticos más optimistas indican que podría tenerse en operación una planta de demostración de la fusión

La utilización de la energía solar puede realizarse por captación directa de la radiación solar para calefacción, o para constituir la fuente caliente de un proceso de refrigeración por absorción y para la obtención de energía mecánica a través de un ciclo termodinámico utilizando un fluido adecuado. Puede también generarse energía eléctrica directamente mediante celdas fotovoltaicas.

Por otra parte puede utilizarse la energía solar a través de fuentes indirectas como el viento, la energía de las olas, el gradiente térmico de los océanos en las regiones tropicales y la utilización de materiales orgánicos para la producción de combustibles. La energía hidroeléctrica es también una forma indirecta de aprovechar la energía solar, la más económica conocida en comparación con los otros métodos directos o indirectos.

México, por su situación geográfica y por las características climatológicas de la mayor parte de su territorio, presenta condiciones privilegiadas para el aprovechamiento de la energía solar. Las aplicaciones más prometedoras a corto plazo corresponden al calentamiento de agua, lo que permitiría ahorros substanciales en el consumo de gas doméstico.

Es poco conocido que existen en México más de 25 fabricantes de calentadores de agua solares, la mayor parte en Guadalajara, donde el más antiguo los fabrica desde 1942 pero también en Cuernavaca donde se fabrican principalmente para el calentamiento de albercas, en la ciudad de México, en Mexicali y en algunos otros lugares. Estos héroes ignorados de la innovación tecnológica han desarrollado esta industria a un nivel artesanal sin ningún apoyo ni estímulo.

También se realiza en México investigación para utilizar la energía solar para refrigeración y para fabricar y mejorar las celdas fotovoltaicas.

Es sin duda en el campo de la energía solar donde puede desarrollarse en México una actividad de investigación mayor y más fructífera, tanto por las condiciones de insolarción de su territorio como porque se trata de un tipo de investigación que no requiere instalaciones muy costosas y que tiende al desarrollo de una tecnología relativamente sencilla.

La obtención de energía mediante la fusión nuclear consiste en la unión de núcleos de átomos ligeros para formar núcleos más pesados, lo que va acompañado de liberación de grandes cantidades de energía. Para lograr esto, los núcleos ligeros en la forma de un plasma deben confinarse a altas densidades y temperaturas durante un período suficiente para obtener la fusión.

La investigación y el desarrollo para tratar de demostrar experimentalmente la realización de la fusión nuclear sostenida se realiza actualmente siguiendo dos procedimientos diferentes.

El primero consiste en el estudio de varios sistemas de confinamiento magnético de plasma. El sistema más promotor actual es el llamado Tokamak, desarrollado inicialmente en la Unión Soviética.

El segundo procedimiento consiste en la investigación de la factibilidad de iniciar la fusión nuclear mediante un laser de alta energía y usando confinamientos inerciales. Los primeros resultados de carácter preliminar se obtuvieron en Estados Unidos en 1974.

Hay que señalar que la investigación para obtener energía mediante la fusión nuclear no ha alcanzado hasta la fecha un avance comparable al que alcanzó Fermi en 1940, al demostrar la factibilidad de una reacción de fisión sostenida.

Los pronosticos más optimistas indican que podría tenerse en operación una planta de demostración de la fusión

nuclear, a escala industrial, en los primeros años del próximo siglo.

Otra fuente importante de energía podría ser la -- geotermia. Sin embargo, con la tecnología actualmente conocida, la explotación de la energía geotérmica se limita a reservorios constituidos por una fuente de calor de origen magmático, una formación geológica porosa impregnada de agua y un sello superficial constituido por una capa de material -- impermeable. Estos son los llamados sistemas hidrotérmicos.

Existen otros dos tipos de formaciones que podrían constituir fuentes de energía importantes. Uno de ellos está constituida por rocas calientes secas. Para extraer la energía calorífica que contienen sería necesario fracturar artificialmente la roca, inyectar agua fría y obtener -- vapor de agua que podría utilizarse en una turbina de vapor para generar energía eléctrica.

La otra fuente de energía geotérmica está constituido por depósitos subterráneos de agua caliente a alta presión, que contiene metano disuelto, denominados de agua geopresurizada. Se tiene información de estas formaciones por perforaciones de pozos petroleros en las costas de Louisiana y Texas, que han revelado la existencia de depósitos subterráneos de agua caliente a profundidades de 4 000 a 6 000 metros que se encuentra a presiones hasta de 700 Kg/cm² y temperaturas del orden de 130°C y saturada de gas natural.

Es de suponerse que esos depósitos deben extenderse por el territorio de México, a lo largo de las costas -- del Golfo. Su aprovechamiento suministraría cantidades -- considerables de gas natural y energía mecánica y térmica -- que podría utilizarse para la generación de electricidad.

Las propuestas del Programa de Energía para iniciar la utilización de las energías no convencionales son, sumamente tímidas. A este respecto conviene reproducir las reco-

mendaciones sobre este tema del pasado IX Congreso Nacional Bicenial del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas":

"En relación con el desarrollo de fuentes de energía no convencionales, se considera que no se ha dado apoyo suficiente al desarrollo del aprovechamiento de la energía solar, que puede jugar en México, a largo plazo, un papel muy importante.

Aunque el Programa de Energía señala la conveniencia de apoyar algunas realizaciones en el medio rural, en -- localidades aisladas, cosa con la que se coincide plenamente, se considera que actualmente existen grandes posibilidades -- de desarrollar sistemas híbridos de aprovechamiento de la -- energía solar en zonas urbanas. La tecnología que está -- ahora disponible y es económicamente competitiva es la del -- calentamiento de agua para usos domésticos e industriales. Sin embargo es necesario apoyar la penetración de esta tecnología en el mercado mediante estímulos fiscales y procedimientos de financiamiento adecuados.

Debe señalarse que en México existen varios fabricantes de calentadores solares desde hace años, que no han -- recibido nunca ninguna clase de estímulo ni de apoyo.

También se señala la conveniencia de apoyar la investigación para el desarrollo de sistemas de energía solar -- aplicados a la refrigeración y el aire acondicionado."

Referencias.

1. Programa de Energía. Diario Oficial, 4 de febrero de 1981.
2. Beijdorff, A.F. and Stuerzinger, P. Improved energy efficiency: the invisible resource. World Energy Conference. Munich, 1980.
3. Ferholm, T.R. Long range energy demand. Problems and perspectives. World Energy Conference. Munich, 1980.
4. Sterner, T. Consumo, producción y exportación de energía. Algunos problemas en el desarrollo de energéticos de México. Ponencia presentada en el IV Congreso Nacional de Economías. Guadalajara, mayo de 1981.
5. Potencial hidroeléctrico nacional. Comisión Federal de Electricidad, México, 1978.
6. Fábregas, M. El programa de desarrollo del sector eléctrico. Proyección del sector de manufacturas. Comisión Federal de Electricidad. México, 1977.
7. Quintana, B. La integración y el aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos de América Latina. Academia Mexicana de Ingeniería. México, 1979.
8. Viqueira, J. Análisis de las opciones energéticas de México. Representaciones y Servicios de Ingeniería, México, 1977.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

ENERGIA Y DESARROLLO

ING. ANGEL DE LA VEGA NAVARRO

NOVIEMBRE, 1981

Energía y desarrollo

Angel de la Vega Navarro (*)
Octubre 1981

En la sociedad moderna la energía constituye un factor indispensable del desarrollo económico y social. A pesar de la obviedad de esta afirmación, su significado es uno de los puntos importantes del análisis en el contexto de lo que se ha dado en llamar "crisis energética". La pregunta que se plantea es la de saber si el creciente consumo de energía que exige el desarrollo de la economía mundial podrá ser cubierto por recursos energéticos basados preponderantemente, hasta el día de hoy, en fuentes no renovables.

En términos generales se tiende a responder positivamente a tal pregunta, siempre y cuando la explotación de las fuentes actuales y el desarrollo de otras nuevas se vea acompañado por lo que es precisamente el objeto de este curso: la conservación y uso eficiente de la energía. Y esto no sólo es válido en el nivel de la economía mundial o para países que no disponen de petróleo; también para México en el cual se da uno de los más altos niveles de derroche⁽¹⁾.

En esta nota no se entrará directamente en el tema mismo del curso, el cual será tocado por otros ponentes. Se abordará indirectamente, sin embargo, al examinar algunas relaciones que se pueden establecer

(*) División de Estudios de Posgrado, Facultad de Economía, UNAM.

(1) Según el Programa de Energía elaborado por SEPATIN, el consumo de energía primaria por unidad de PIB es de 0.6, superior al de países como Japón, Francia, Italia, Alemania y aún de similar nivel de desarrollo como Brasil. Véase también el artículo de Fernando Valdez en el número especial de Investigación Económica, Núm. 148-149, 1979 - (Facultad de Economía UNAM)

entre energía y desarrollo. Entre otras cosas se espera mostrar las insuficiencias de los que arguyen que puesto que desarrollo significa energía en una relación lineal, entonces las medidas de conservación significarían un freno al desarrollo.

De hecho tales planteamientos, además de corresponder a una época de energía abundante y barata en la que imperó un modelo de crecimiento intensivo en la economía capitalista internacional, se refieren a una relación mecanicista entre energía y crecimiento económico⁽¹⁾.

En esta exposición nos centraremos en dos puntos: la energía como un insumo indispensable de todas las actividades económicas y la energía como acompañante obligado del desarrollo científico técnico.

I. LA ENERGÍA COMO INSUMO DE TODAS LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

No podría concebirse el funcionamiento de cualquier tipo de economía sin plantearse la cuestión de su abastecimiento energético. Con la revolución industrial al desarrollo económico significó un incremento masivo en el consumo de energía y la aparición de nuevas fuentes, hasta llegar a consolidarse en el aparato productivo un sector energético que por su contribución a todos los demás sectores y sus impactos industriales y tecnológicos en industrias clave, constituye un sector "motor" del desarrollo.

Tal proceso ascendente de la presencia de la energía en la sociedad se ve bien ilustrado por el conocido esquema de Cook que se reproduce en

(1) Para una interesante discusión en torno a mitos económicos sobre el problema de la energía, véase N. Georgescu-Roegen, "Energía y mitos económicos, El Trimestre Económico, Vol. XLII, Oct.-dic. 1975, núm. 160. El punto de partida de este autor es el rechazo de la influencia mecanicista en la teoría económica, evidente en la teoría neoclásica y en los economistas "corrientes" de manera particular en el tratamiento que dan a los procesos económicos.

la gráfica 1⁽¹⁾.

Obviamente tal presencia no está generalizada en los niveles del "horizonte tecnológico" el cual se refiere a los USA en 1970. Según datos recientes de OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), en América Latina del 40 al 50% de la población depende aún de la tracción animal y humana y de la leña para su consumo energético, y el 25% de la oferta energética es esta compuesta por leña. Por cierto tales formas de consumo energético, conocidas como energía no comercial, quedan fuera de los balances energéticos cuya construcción toma en cuenta únicamente la energía comercial. Tal cosa sub-estima el consumo de energía de los países subdesarrollados. Se ha estimado que en India alrededor del 60% y en Indonesia alrededor del 65% de toda la energía es proporcionada por fuentes no comerciales.

Así mismo, existen disparidades hoy en día no solamente en lo que se refiere a la estructura del consumo energético, sino además en cuanto a su concentración en determinadas zonas. A mediados de la década pasada, América del Norte consumió 33% de la energía mundial y los países de Europa Occidental 1970, mientras que el conjunto de países en desarrollo llega a un 10%⁽²⁾

De lo anterior, aunque de manera un tanto superficial, se pueden poner en evidencia los siguientes puntos:

- De una u otra manera la energía está presente en todo tipo de economías, pero tal presencia difiere en cuanto a su monto y características.

(1) E. Cook, Scientific American, O. 135, 1971. Se utiliza aquí un cuadro reproducido por I. Chambouleyron, H. Sejenovich y M. Tamborena: "Energía, estilos de desarrollo y fuentes no convencionales de Energía en América Latina", Trabajo presentado en el Seminario de energía de la DEP, Facultad de Economía, UNAM.
 (2) United Nations, Statistical Yearbook, 1975, E/F 76 XVII. 1

- Con el desarrollo de las sociedades, se tiende a dar una sustitución masiva de la energía animal y humana por energía mecánica y eléctrica con la mecanización y automatización de diversos procesos en la industria, la agricultura, los transportes, así como con la introducción de diversos bienes y servicios que configuran la vida moderna.

- En los países altamente industrializados se concentra una gran parte de la energía consumida, en la cual predomina la energía comercial.

Tales consideraciones, que parecen obvias hasta cierto punto, se expresan en la bien conocida correlación entre consumo de energía y producto. Según este tipo de análisis los niveles de consumo energético se correlacionan directamente con los niveles del producto, tal como aparece en la gráfica 2. Concretamente se utiliza el producto per capita y como éste se propone convencionalmente como un indicador de niveles de desarrollo, se concluye entonces que a mayor energía consumida mayores niveles de desarrollo.

Tales planteamientos exigen varias consideraciones que se harán en el curso. En lo que sigue nos referiremos más bien a otro indicador comúnmente utilizado, de manera particular en cuestiones relacionadas con la "conservación de energía".

A menudo la comparación del indicador energía/PIB entre países, es visto como un indicador de posibilidades de conservación⁽¹⁾ por ejemplo si un país con el mismo nivel de desarrollo que otro consume menos energía, se considera que el segundo tiene en ese desfase una medida de la conserva

(1) Una buena discusión de este punto se encuentra en: "Energy output -- relationships: implications for energy conservation", Joy Dunkerley, Resources for the future 1979, mimeo.

ción de energía que puede realizarse. La cuestión es más complicada.

Si se observa la gráfica 3, queda claro que países con niveles de desarrollo bastante similares, han tenido sin embargo evoluciones muy diversas desde el punto de vista de su consumo energético. Como lo que se compara en la gráfica es energía consumida por unidad de producto interno bruto, es válido preguntarse el por qué de tales disparidades entre países con niveles de vida más o menos similares, por ejemplo Estados Unidos y Alemania Federal en la gráfica 3.

De manera un tanto esquemática se puede señalar lo siguiente:

- Tal como se pone de manifiesto en la gráfica 3, la cantidad de energía asociada a un determinado nivel del producto, la relación energía/producto, no es única ni inmutable; varía entre países, aún entre países con niveles similares de desarrollo, y cambia también para cada país a lo largo del tiempo.

- Tal constatación hace ver que la relación que algunos pretenden es causal y que implicaría que mayores niveles de desarrollo exigen crecientes niveles de consumo energético, no se presenta de esa manera: políticas de conservación, esfuerzos de planeación industrial, tecnológica y urbana, pueden hacer que el consumo energético pueda bajar sin afectar los niveles de crecimiento y empleo.

- Pero no todo es resultado de políticas o esfuerzos de planificación, de hecho tales acciones se sitúan en el marco dado por los factores que configuran determinados estilos de desarrollo y las características y estructura misma de las economías. Tal como aparece en la gráfica, los USA

aparecen como los mayores consumidores de energía; este país consume más energía por unidad de producto que cualquier país industrializado. Por otro lado se sabe que ese mismo país con menos del 6% de la población mundial consume más del 30% de la energía mundial.

Para profundizar más, el análisis se ha orientado en las siguientes direcciones:

- estudiar las disparidades provenientes de diferencias en la estructura de la oferta energética. La cifra total de consumo energético incluye la energía proveniente de todas las fuentes sobre la base de sus valores caloríficos. De esta manera no se toma en cuenta que la energía proveniente de distintas fuentes varía en su eficiencia de utilización. Según el peso relativo de las diferentes fuentes dentro de la oferta total, se tendrá un total de Energía Util determinado. Es esta la que resultaría más interesante de tomar en cuenta para relacionarla con el producto y para establecer comparaciones entre países.

- estudiar las diferencias en la estructura económica de los países que se desea comparar. Resulta comprensible que un país en cuya estructura económica se encuentran industrias altamente consumidoras de energía, tal hecho se refleje en su consumo total, por más eficiente que sea la utilización de la energía consumida en esas industrias. El peso correspondiente a las características, de la estructura económica se engloba bajo el término factor estructural.

- el factor tecnológico, a su vez se refiere al hecho que técnicas más o menos intensivas en energía se utilizan en industrias similares según los países.

- por último, conviene señalar el papel de los precios tanto internos como internacionales. Es un hecho conocido, por ejemplo, que en el caso de México la mayor parte de los productos provenientes de los hidrocarburos que se consumen internamente tienen precios varias veces por debajo de los precios internacionales, este hecho seguramente constituye una de las razones del derroche. En lo que respecta al impacto de los precios internacionales, basta señalar que los dos "shocks petroleros" (la alza de los precios del petróleo de 1973-74 y de 1979-80) tuvo como consecuencia reducciones en el consumo energético, más o menos drásticas según los países, tomando en cuenta entre otras cosas el peso relativo del petróleo importado en sus economías (1)

De lo que se ha señalado someramente en lo que precede, se puede señalar que por su mera presencia la energía está ligada al desarrollo al constituir un insumo indispensable para todas las actividades económicas. Tal presencia sin embargo no es única ni estable sino que varía cuantitativamente.

De hecho la presencia de la energía se subordina al tipo de desarrollo imperante, tanto en lo que respecta al nivel y estructura de las actividades económicas y a la estructura de la oferta energética que se ha desarrollado como de las políticas económicas y energéticas que lo acompañan, uno de cuyos elementos es en este último caso una política de precios.

(1) Según datos de la OCDE, los 7 principales economías miembros de esta organización vieron disminuir claramente los barriles equivalentes de petróleo para producir 1,000 dólares de producto bruto, de una base 100 en 1973, se habría pasado a 83.5 en 1980. Véase Energy detente Junio 27 de 1981.

II. LA ENERGÍA, ACOMPAÑANTE NECESARIO DEL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNICO.

La energía está pues vinculada al desarrollo por el carácter necesario de su presencia en todas las actividades económicas. Tal presencia pasa sin embargo por diversas actividades de una fuente energética en la economía. De manera particular desde la revolución industrial, el desarrollo económico se vio asociado a volúmenes crecientes de energía consumida y a cambios en las fuentes de energía (1) con las más variadas implicaciones en el plano industrial y tecnológico: la máquina de vapor, el motor de combustión, la energía eléctrica, la energía nuclear, etc.

Un desarrollo industrial y tecnológico vinculado, pues, a diversas sustituciones energéticas que se han sucedido, sin que ello signifique una linealidad en tal proceso, por cierto muy enfatizada por ciertos defensores de la energía nuclear. Según estos el desarrollo energético y tecnológico es tal que las diversas etapas ha predominado una fuente de energía, la cual desplazó a las demás: de la leña se pasó al carbón, de éste al petróleo y ahora sería el turno de la energía nuclear. Si algo se puso en claro con la "crisis energética" es la necesidad del pluralismo energético, en cuyo marco no solamente se enfatiza la diversificación de las fuentes energéticas hacia las llamadas nuevas o no convencionales sino que fuentes aparentemente condenadas han visto revalorizada su importancia. Tal es el caso del carbón.

Para no alargar más esta somera presentación, lo que interesa poner en evidencia es que la introducción de una fuente de energía en la econo-

(1) Para un interesante desarrollo sobre este punto, véase "Historical relations between energy and economic growth", Nathan Rosenberg, paper prepared for the IAEA-RFF, Conference on International Energy Issues, June 1979.

mía, exige el desarrollo de técnicas diversas y la producción de diversos bienes de capital y equipos industriales. Esto significa que la presencia de la energía en la economía no se limita a proporcionar un insumo indispensable para todas las actividades económicas. De las fuentes de energía a la utilización final, tiene lugar una cascada de transformaciones en las cuales la tecnología está presente en todos los niveles así como equipos diversos y bienes de capital. La introducción de una fuente de energía en la economía es susceptible entonces de variados impactos industriales y tecnológicos. Un ejemplo entre otros lo proporciona el gas natural. Su utilización exige progresos técnicos incorporados en diversos equipos que provienen de la industria mecánica, eléctrica, electrónica, es decir de las industrias de bienes de equipo en las que las innovaciones tienen más repercusiones en el conjunto de la actividad económica. La utilización del gas natural por las industrias consumidoras exige también cambios tecnológicos que van de modificaciones marginales en los equipos hasta modificaciones profundas en los procesos de producción y en los equipos acompañados de repercusiones diversas sobre la industria de bienes de capital⁽¹⁾

Sin embargo los efectos potenciales o teóricos que se pueden esperar de la introducción de una fuente de energía deben ser puestos en relación con las características reales de las economías en las que se sitúa tal introducción. El hecho de tener gas natural en el interior del territorio nacional o aún de instalar una red de gasoductos y de plantas petroquímicas no basta para desencadenar efectos tecnológicos e industriales profundos en el interior de una economía.

(1) Cf. Les hidrocarbures gazeux et le développement des pays producteurs. Librairies techniques, Paris 1974, de manera particular los artículos de J.M. Martín y G. de Bernis.

El caso de México ilustra perfectamente este punto. Por las disponibilidades de hidrocarburos México tiene asegurado su aprovisionamiento energético, por ahora y para un futuro relativamente cercano (otra cosa es la transición hacia una estructura diferente en la que el preponderante lugar de los hidrocarburos se ve masivamente sustituido por otras fuentes). La presencia del petróleo, sin embargo, se ha traducido en un impacto en la economía que levanta varios interrogantes desde diversos puntos de vista:

- en lo que respecta a los impactos más directos de la industria petrolera, como lo mostraría un indicador entre otros: en los últimos años el contenido importado de la inversión de PEMEX ha llegado a alcanzar el 70%, cifra que incluye pagos por procesos tecnológicos, ingeniería, materiales y equipos diversos, etc.

- desde un punto de vista más global, la cuestión se relaciona con el debate en torno a la "petrolización" de la economía mexicana. Como diversos estudios recientes lo muestran⁽¹⁾, el hiperdesarrollo de la presencia del petróleo, de manera particular para hacer frente a la política de exportaciones ha traído como consecuencia un deterioro del resto de la economía, del llamado sector "no petrolero", en lo que respecta tanto a sus tasas de crecimiento como a varios rubros del sector externo. Desaceleración de la industria y de las exportaciones no petroleras e incrementos records de las importaciones (47% de incremento anual en promedio de 1977 a 1980) configuran así un impacto de la economía en su conjunto sumamente preocupante.

(1) Economía Petrolizada, publicación de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM, Economía Mexicana, publicación del CIDE, sh.

GRAFICA 1

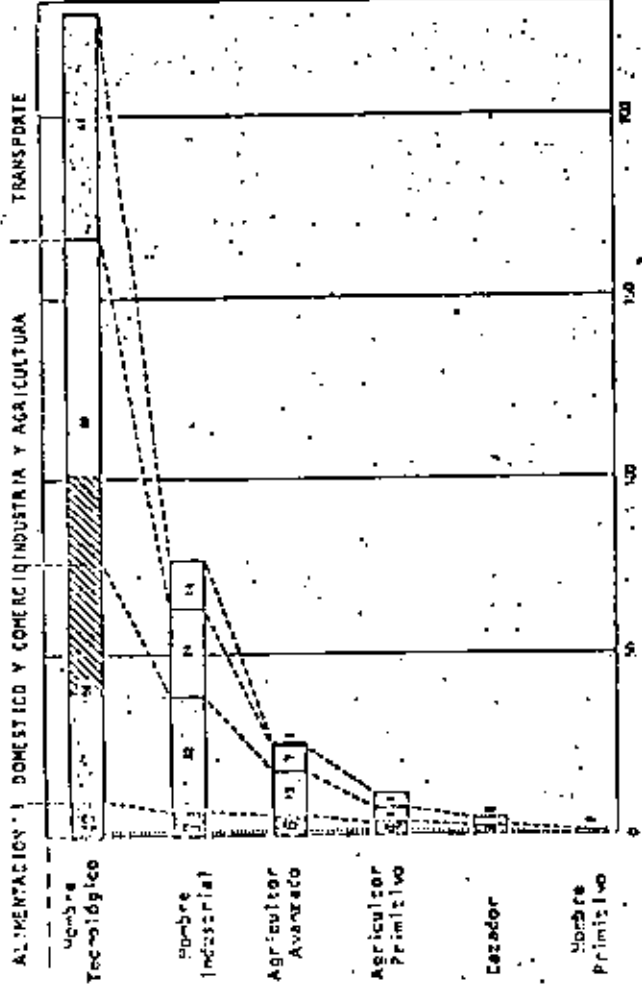


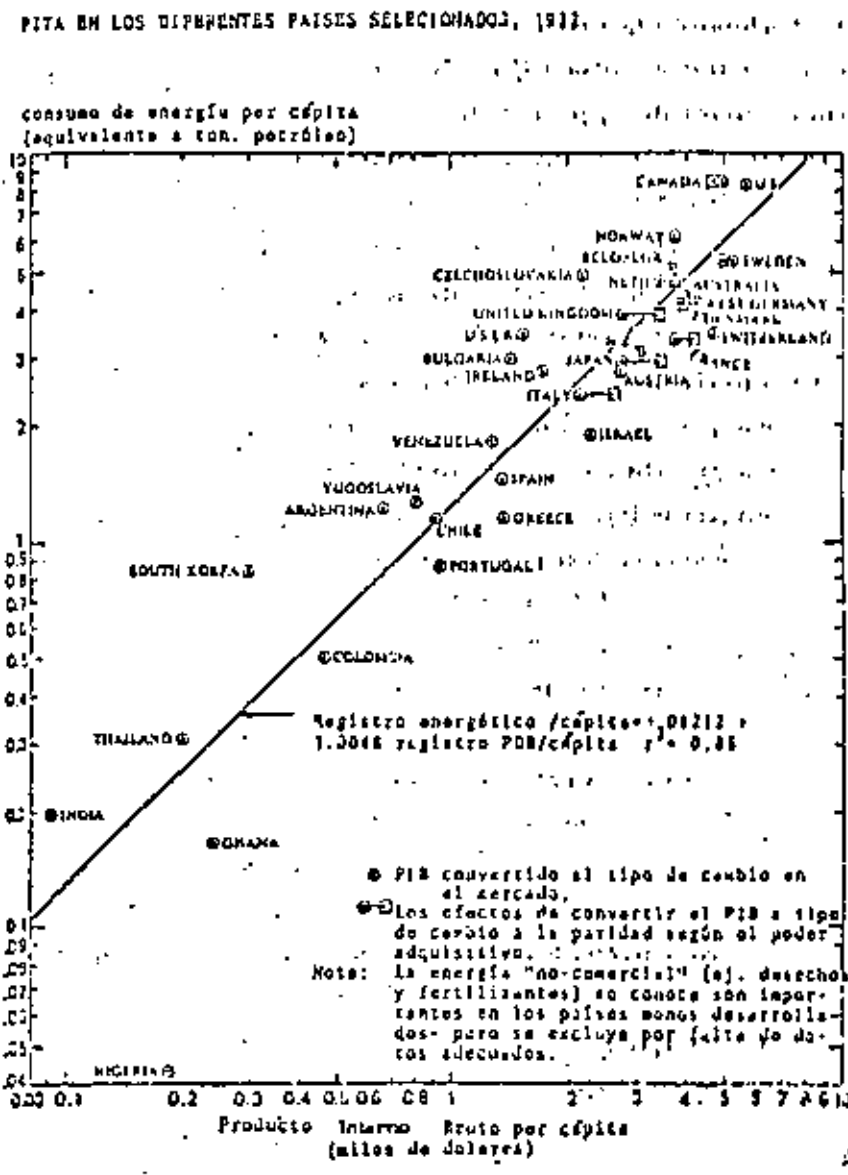
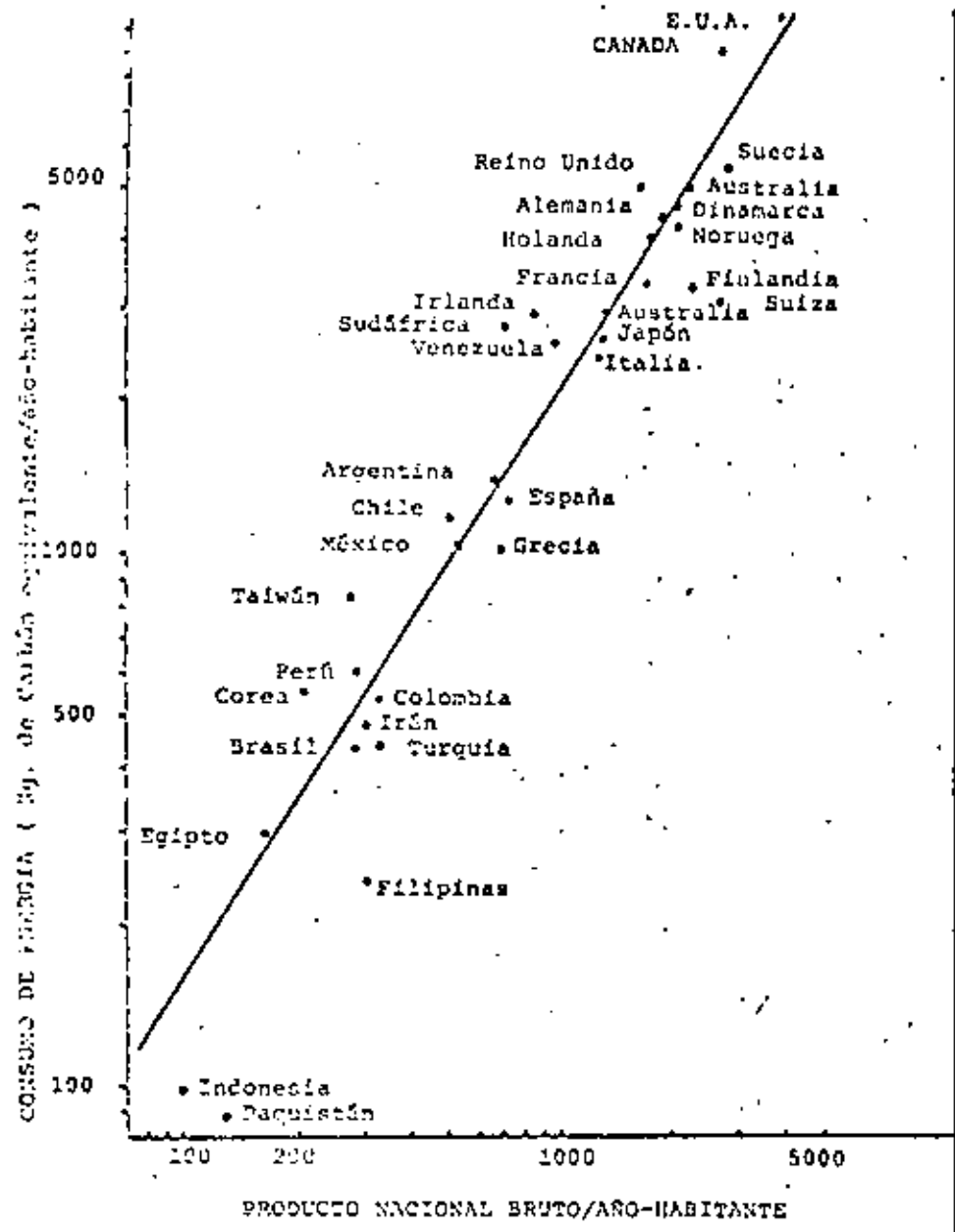
Figura 1

- a) Hombre primitivo.- África Oriental hace 10⁶ años, no usa el fuego, su única fuente energética está en los alimentos que ingiere.
- b) Cazador.- Como un poco mejor y cuema leña para calentarse y cocinar (Europa hace 10⁵ años).
- c) Agricultor Primitivo.- 5 000 a. E., cultivo y usa energía animal.
- d) Agricultor Avanzado.- Europa 1 500, usa carbón para calentarse, molinos de agua y viento y transporta animal.
- e) Hombre Industrial.- Inglaterra 1875, posee la máquina de vapor.
- f) Hombre Tecnológico.- USA 1970, consume 230 000 Kcal en su caso totalidad proveniente de combustibles fósiles. La parte restante correspondiente a electricidad.

En la medida en que no puede concebir un desarrollo tecnológico interno sin una profundización de la industrialización, en particular hacia el desarrollo de bienes de equipo, la evolución señalada debe ser analizada en profundidad. Como se veía arriba, la valoración de una tecnología energética puede provocar diferentes impactos de orden industrial y tecnológico. Sin embargo, nada asegura que esos impactos se produzcan en el interior de las fronteras nacionales. Tanto las insuficiencias del aparato productivo interno como la dinámica de la internacionalización, orientan más bien los efectos de las explotaciones petroleras hacia el exterior con un debilitamiento del aparato productivo interno. Las políticas rectoras tendientes a una liberalización del comercio no pueden más que agravar tal situación.

Como una conclusión de lo dicho en lo que precede, a pesar de su carácter sumero y esquemático, se puede señalar que el análisis del tema energía y desarrollo puede constituir una "etapa de fondo" adecuada para el análisis de temas concretos como el de "conservación y uso eficiente de la energía", ya que estos están vinculados a la manera como la energía se presenta en la dinámica económico-social de conjunto que se desarrolla en un país dado.

La mejor prueba de lo anterior es que se a partir de análisis globales acerca del carácter limitado y perecedero de recursos naturales (entre los que destacan los energéticos) en relación con los ritmos y características de los estilos de desarrollo prevalentes, como se ha impuestas progresivamente la idea de la necesidad de recurrir de manera generalizada a medidas de conservación y uso eficiente de la energía. También ello ha llevado a reflexiones críticas acerca de esos estilos prevalentes de desarrollo. Tal cosa podría ser objeto de otra presentación.

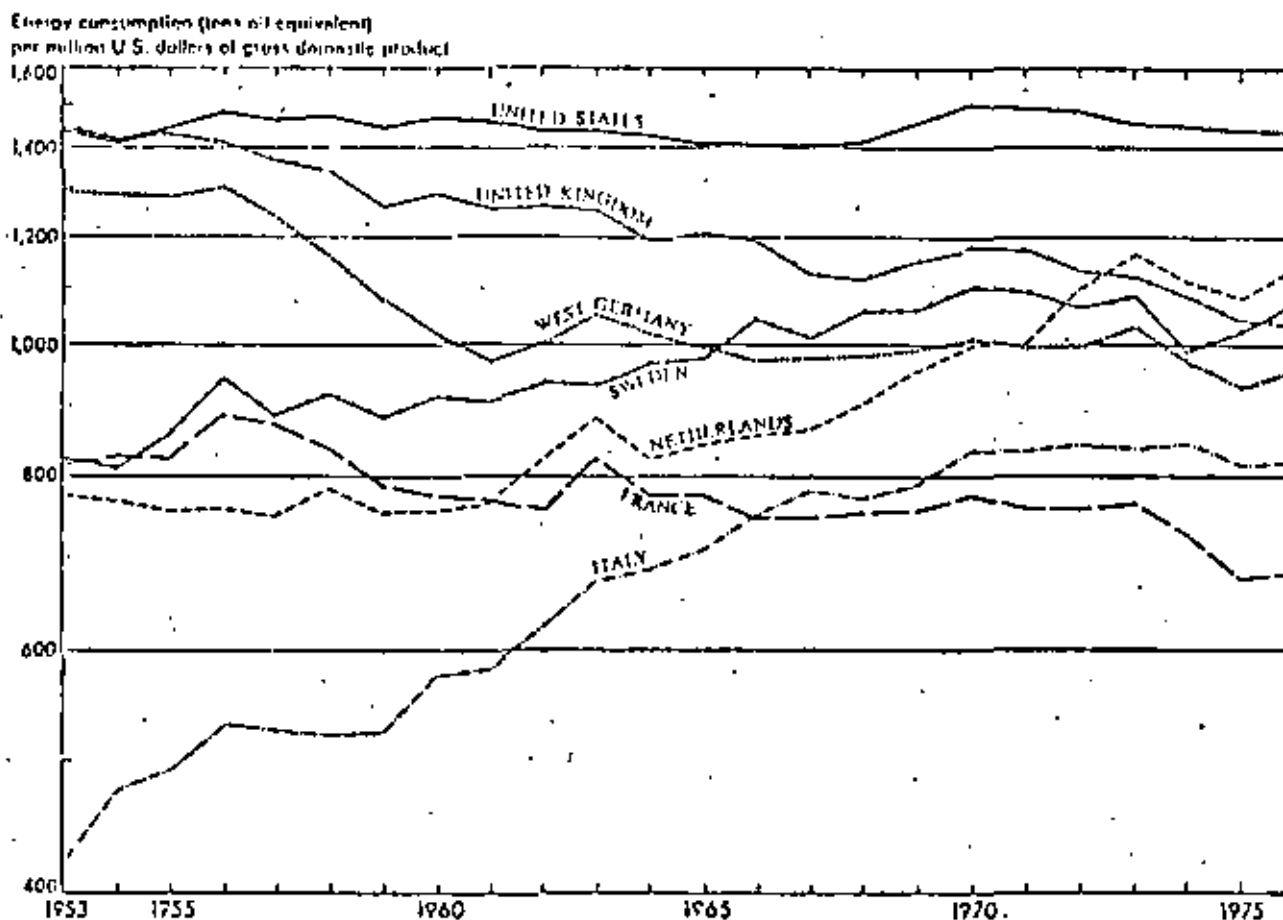


GRAFICA

CONSUMO DE ENERGIA Y PIB EN '68

FIGURA 3

Energy Consumption Per Unit of Gross Domestic Product, 1953-76



Source: "Analysis of Dynamic Aspects of International Energy Relationships" draft report by Joy Dunkerley, Jack Altorman, and John J. Schanz, Jr. of Resources for the Future for the Electric Power Research Institute.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**ALGUNOS ASPECTOS METODOLOGICOS PARA EL
ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGIA**

DR. OSCAR GUZMAN

NOVIEMBRE, 1981

Oscar Guzmán

En la presente nota se tratarán algunos aspectos metodológicos que hacen al estudio del consumo de energía de un país o de una región. En primer lugar se creyó conveniente aportar ciertas precisiones en relación con el manejo de la base de datos de mayor difusión para el análisis de la problemática energética, y en especial del consumo, base constituida por los balances de energía (BE). Estos representan una de las fuentes más importantes para comprender la evolución de los consumos energéticos de un país, ya sea a un nivel global o bien desagregado; desarrollando un análisis histórico o estableciendo cortes temporales para llevar a cabo comparaciones internacionales. Sin embargo, el uso de los BE como herramienta de trabajo obliga a tomar una serie de precauciones para la correcta interpretación de la información que contiene. En este sentido deben cuidarse los aspectos que hacen tanto a su estructura (agregados y formas de energía que se incorporan en él), es decir, a los criterios seguidos en el tratamiento de los rubros de producción, transformación, y consumo de energía como a la conversión de los distintos energéticos a una unidad común de medida.

En segundo lugar, se tratará el uso de algunos indicadores físicos para la evaluación de los procesos sustitutivos entre formas de energía, procesos que no se reflejan necesariamente al considerar la energía total donde aparecen confundidos todos los energéticos.

Por último, se hará referencia a la relación que vincula el consumo energético con el crecimiento económico a través del "contenido energético del producto". Las variaciones conjuntas de las componentes de este indicador se traducen en la elasticidad producto de la energía cuya evolución en el tiempo ha sido interpretada por algunos autores y que constituye el punto de partida de numerosos ensayos previsionales en el campo de la energía.

1. Consideraciones respecto al uso de los balances energéticos.¹

1) La estructura predominante en los balances energéticos.

La determinación de los principales agregados que componen un BE ha estado y está estrechamente vinculada con la preocupación de los organismos que lo elaboran, por ello la homogeneidad entre los diversos sistemas de contabilidad energética no es la característica predominante en la materia. Así, puede observarse diferencias significativas entre los mismos en lo que respecta tanto a la nomenclatura de los distintos rubros como a sus contenidos respectivos. A pesar de ello, debe señalarse que al compararse los distintos BE se verifica la existencia de un conjunto de rubros que sin ser exactamente los mismos de un documento a otro, representan conceptos próximos entre sí.

En general, en la estructura de los BE es posible distinguir tres bloques principales: la disponibilidad interna, la transformación y el consumo final de energía. En el primero de ellos² se contabilizan la producción nacional de energía primaria, el comercio exterior de energéticos (importaciones y exportaciones) así como las variaciones en los depósitos (stocks) tanto de productores, importadores, transformadores como de consumidores. De esta manera se procura poner de manifiesto la cantidad total de energía primaria que se necesita para satisfacer los requerimientos del conjunto de las actividades de un país o región. El valor así obtenido comprende la cantidad de energía que corresponde, por un lado, a los usos en los centros de transformación, y, por otro, al llamado consumo final.

En el bloque relativo a la transformación de energía primaria en secundaria, los BE suelen incorporar el consumo propio de los centros transformadores, a la vez que las pérdidas en que se incurre en los distintos procesos de conversión. El tratamiento del consumo propio y de las pérdidas se lleva a cabo

¹ En relación al tema ver: Patricia Buzalín, Reflexiones Críticas Sur les Bilans Énergétiques, C.H.A.S., Énergie et Société, 1977.

² Se hablará de disponibilidad interna, consumo bruto o interior bruto, o necesidades totales de energía según el BE de que se trate. Conviene recalcar que si bien conceptualmente tienen significados cercanos, no se los puede asimilar directamente, sobre todo cuando se establecen comparaciones cuantitativas entre países. Al realizarse estudios comparativos deben cotarse con atención tanto los agregados contabilizados, como las convenciones adoptadas en las operaciones de adición y sustracción de los distintos rubros ya que dichas convenciones no son necesariamente las mismas en todos los sistemas contables.

en forma separada o bien agrupándolos en un solo rubro. Entre los centros de transformación figuran principalmente las centrales eléctricas, las refinerías, fábricas de gas, coquerías y altos hornos, con un grado de desagregación que varía de acuerdo con las contabilidades. En algunos casos, con mayor frecuencia en los últimos años, se establece la diferencia entre los consumos energéticos y no energéticos de ciertos productos, como los naftas y el gas natural, por ejemplo. Esta distinción es de suma importancia en la medida en que permite evitar las distorsiones de contabilidad y, consecuentemente, de análisis, cuando se estudian los consumos con fines energéticos de los productos señalados.

Por último los BE de energía dan cuenta del consumo final de energía, que puede incluir o no el consumo no energético. A su vez, el consumo final puede descomponerse en distintos sectores tales como la industria, transporte, agricultura, residencial y terciario, aquí nuevamente el grado de precisión en la división de los sectores varía de acuerdo con los distintos sistemas contables. Ahora bien, en todos los casos, el consumo final de energía hace referencia a la energía puesta a disposición (se puede decir vendida, debido a la modalidad de recopilación de la información) de los diversos sectores consumidores, sin que se precisen cuales son las cantidades de energía realmente consumidas por el usuario final. Vale decir que los BE no especifican cuál es la llamada energía útil. La inclusión de la energía útil en la contabilidad energética requeriría un conocimiento detallado de la naturaleza de los usos finales de los energéticos, así como de los rendimientos de los aparatos de conversión de la energía empleados en los diferentes casos. Hasta el presente no se dispone la mayoría de los países de la información estadística adecuada y suficiente como para incorporar este rubro en los BE, las diferencias existentes entre BE quedan reflejadas en el siguiente esquema donde se comparan los principales agregados considerados por la OCDE y la ONU (BASG).

ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES AGREGADOS DE LOS BALANES DE ENERGIA DE LA OCDE Y DE LA ONU (BASG)

I. OCDE

Producción	
+	Importaciones
-	Exportaciones
-	Bunker
±	Variaciones de stocks
<hr/>	
=	Total de necesidades en energía
-	Entradas + Salidas de Transformaciones = Saldo neto de transformaciones
<hr/>	
=	(Consumo propio + Pérdidas)
<hr/>	
=	Consumo Final Total
-	Utilización no energética
<hr/>	
=	Consumo Final Energético

II. ONU (Bulletin Annuel Statistiques Générales de l'Energie pour l'Europe: BASG)

Producción	
+	Importaciones
-	Exportaciones
±	Variaciones de stocks de productores e importadores
<hr/>	
=	Disponibilidades Internas
-	Variaciones de stocks de la industria
<hr/>	
=	Consumo Bruto
-	Transformaciones
-	Consumo no energético
<hr/>	
=	Consumo Neto
-	Consumo de las industrias productoras de energía
-	Pérdidas de transporte y distribución
-	Diferencia estadística
<hr/>	
=	Consumo Final

En principio en todo BE debe ser posible el pasaje por operaciones algebraicas de las energías derivadas a la energía primaria que les da origen; así, por ejemplo, a partir de los productos derivados del petróleo se debe poder determinar la cantidad de petróleo de la que provienen en cuanto fuente primaria. La lista de las energías primarias que se incluyen en la contabilidad energética puede variar de un país o región a otro registrándose por lo tanto algunas diferencias entre los BE. Por otra parte, recién en los últimos años han comenzado a incorporarse las estimaciones relativas a las energías no comerciales; éstas pueden adquirir una gran importancia en ciertos países, en particular en los de menor desarrollo, y entre ellas figuran principalmente la leña y los residuos vegetales y animales.

ii) Algunos inconvenientes en el uso de los BE.

Al efectuarse la lectura de un balance energético deben tenerse en cuenta algunos aspectos que pueden dificultar, sino deformar, la interpretación del mismo. Haciendo referencia a los tres grandes bloques que constituyen en general un BE es necesario destacar que:

a) a nivel de la producción de energía primaria, es usual encontrar en la lista de fuentes de energía, además del petróleo, carbón y otros, la electricidad de origen hidráulico, nuclear y geotérmico. Esta es una práctica universalmente difundida en la contabilidad energética por la cual se considera como "primaria" la electricidad producida en las centrales de este tipo a pesar de que las mismas operan una transformación de la energía para generar dicha electricidad, razón por la cual debería considerárselas como "derivadas". Esta manera de contabilizar las energías indicadas a través de la electricidad producida, lleva a dejar de lado la energía mecánica que se puede derivar de la hidráulica¹ así como el vapor de las fuentes geotérmicas. La energía nuclear aparece como un caso más complejo aun y para ella cabe preguntarse por qué no se la evalúa a partir del mineral de uranio del cual se obtiene el combustible o bien a partir del calor liberado en el reactor y del cual se derivará por transformación la electricidad.

¹ Aunque debe admitirse que su importancia actual es reducida, no así en tiempos pasados. Esta circunstancia evidencia que un marco contable de la energía responde en buena medida a las preocupaciones prevaletientes en un período determinado.

b) A nivel de la transformación, surge una disparidad considerable entre los BE en cuanto al grado de detalle de los centros de transformación por un lado, y en lo que se refiere a la separación entre el consumo propio del centro y las pérdidas del proceso por otro. Esta última diferenciación contable es particularmente importante cuando se pretende analizar la eficiencia energética de dichos centros. La práctica más difundida ha hecho difícil, en muchos casos, el estudio de los rendimientos de los centros transformadores a nivel nacional; esta manera de organizar la información energética parece comprensible bajo las condiciones de abundancia y bajos precios que caracterizaron el mercado mundial de los energéticos hasta la década de los setenta, período durante el cual la preocupación por el uso eficiente de la energía estuvo particularmente ausente.

Uno de los riesgos que presenta el estudio de los centros de transformación es el de la doble contabilidad, por la cual se suelen adicionar la energía primaria y una o más de sus derivadas, u bien una energía secundaria y su derivada en algún proceso de transformación. Por otra parte, no existe una clara demarcación entre el balance parcial de transformación y el consumo. Un ejemplo de ello lo constituye la autoproducción de electricidad en ciertas industrias, en este caso con frecuencia la electricidad autoproducida es incluida en el bloque de transformaciones al igual que el combustible que se utiliza para su generación, el que a su vez es deducido del rubro consumo final referido al sector industrial.

c) A nivel del consumo, se reitera la observación hecha en lo que concierne a las transformaciones, sobre todo para el caso de algunas industrias como la siderurgia y la química. En la primera, el coque reductor usado en el alto horno da origen al gas de alto horno como producto derivado el que a su vez puede utilizarse como energético; es precisamente en el análisis del consumo de estos energéticos en la siderurgia, donde debe cuidarse no incurrir en la doble contabilidad al adicionarse el coque suministrado y el gas de alto horno derivado. En el estudio del consumo de energía de la industria química el problema se presenta en la diferenciación que se haga en el uso energético o no de los insumos "energéticos" que utiliza.

Tanto para la industria siderúrgica como para la química las diferencias en las cantidades entre los suministros energéticos y los consumos que aparecen en el balance, deben buscarse probablemente en los otros bloques, en particular el de transformaciones, cuyos contenidos y alcances deben conocerse si no se quiere caer en errores de estimación y por consiguiente de interpretación.

A través de estas breves observaciones, a las cuales no se limita el estudio exhaustivo de los BE, se quiere poner de manifiesto que el manejo de la información que proporciona este documento contable no está exento de ciertas dificultades originadas en su estructuración. Por lo tanto el uso adecuado de la amplia información disponible en un BE exige tener presente en todo momento de su lectura, las normas y convenciones que lo fundamentan. Esta precaución es aun más necesaria cuando se llevan a cabo estudios comparativos entre distintos países cuyas contabilidades energéticas no se rigen por un patrón común.

Construir un BE, en el sentido de volcar en él la información sobre las diversas fuentes, supone resolver el problema de la agregación de los distintos energéticos y por consiguiente el de la equivalencia entre formas de energía. La elaboración de un método de agregación general con vistas a reducir en una única cantidad la producción o el consumo de energía de un país implica, en cierto modo, dejar de lado las características propias de los diversos energéticos, sus diferencias físicas, técnicas o económicas. En efecto, la energía se presenta bajo la forma de recursos naturales (petróleo crudo, carbón, etc.) así como de productos surgidos de una transformación física, química o mecánica, y es utilizada como calor, energía mecánica o para iluminación, o sea que la diversidad de origen y usos es la regla en la materia. Previamente esta diversidad queda oculta al reducirse todas las energías a una única unidad de medida y al expresarlas en un solo valor. Sin embargo, la necesidad de tener una visión de conjunto de la producción, la transformación y el consumo de energía de un país determinado hace necesaria esta simplificación.

Con el fin de lograr una medida única de la energía se ha sugerido e incluso se ha intentado recurrir a una contabilidad energética en valor (por similitud con las cuentas nacionales) o bien a la noción de energía mecánica potencial, no obstante lo cual en la construcción de los BE se ha optado por dar a la energía una medida física sobre la base de su poder calorífico. En la práctica es posible distinguir dos métodos principales para uniformizar la medición

de la energía: el del contenido energético y el de la sustitución parcial. En el primero de ellos las distintas formas de energía consideradas se evalúan por su potencial energético medido a través de sus poderes caloríficos respectivos, sean éstos inferiores o superiores. Así todas las energías primarias se inscriben en el balance sobre la base de este criterio y en especial la energía eléctrica primaria.¹ En este caso la unidad final de medida es una unidad física de la energía de referencia; así, la tonelada equivalente de carbón (TEC) o de petróleo (TEP) son las que aparecen con mayor frecuencia. Esta forma de agregar y expresar la energía presenta la ventaja de permitir al lector referir la información de un BE a una unidad de medida fácil de aprehender en cuanto aparece como una referencia más concreta que la caloría. En relación a esto me todo debe señalarse que la verdadera unidad de medida es la unidad de calor más que la unidad física de petróleo o carbón, se puede afirmar que la TEC o la TEP no son más que múltiplos de la unidad de calor. En el empleo del criterio de la sustitución parcial, la electricidad primaria suele evaluarse según una ópti de producción, es decir, según la cantidad del equivalente que sería necesario consumir para producir un kWh.²

La reducción de las diversas energías a una unidad común puede inducir a la idea equivocada de que existe la posibilidad de sustitución casi completa entre las distintas energías a la vez que una similitud en los rendimientos de transformación en los usos finales de la energía.

Como se ha señalado, las normas que preceden la estructura y construcción de los sistemas contables de energía presentan, en términos generales, una clerta similitud entre sí pero evidencian también diferencias significativas. La ignorancia o el olvido de sus divergencias suelen ser la causa de estimaciones distintas de los niveles de producción y consumo de energía, consideradas éstas globalmente o en algunas de sus formas, en un momento dado o a lo largo de una serie temporal, y pueden ser, por consiguiente, el origen de una visualización incorrecta de ciertos aspectos de la problemática energética así como de su evolución.

¹Salvo especificación en contrario, la electricidad de origen hidráulico o nuclear se estima a partir de la equivalencia: 860Kcal=1Kwh, que más que una equivalencia representa un factor de conversión.

²En algunos estudios, BE de la OCDE por ejemplo, la electricidad se evalúa a la producción en lo que respecta a la energía primaria y según el "equivalente" calórico indicado cuando se analiza el consumo final.

2. Los procesos de sustitución entre formas de energía.

La evolución del consumo global de energía, vista a través de la energía total, tiene lugar de un modo no lineal que en muchas circunstancias es difícil de formalizar matemáticamente en períodos prolongados dadas las discontinuidades que se introducen en dicha evolución. Estas variaciones en las tendencias pueden ser el resultado de fenómenos relativos al proceso económico que dan lugar a alteraciones en los niveles de consumo de alguna de las formas de energía que componen la energía total. En estos casos, este agregado que reúne a todos los energéticos consumidos da cuenta del cambio producido en la evolución del conjunto de la demanda, sin embargo, salvo excepciones, no refleja la progresión o regresión de las distintas energías como tampoco los procesos sustitutivos que pudieran verificarse entre ellas. La comparación de la estructura por formas del consumo total de energía entre momentos distintos de un período, permite una primera visualización de los cambios que se han introducido en dicha estructura, a la vez que adelantar hipótesis de sustitución de una fuente por otra en el abastecimiento de la demanda. Sin embargo, el aumento o disminución de las participaciones relativas de los energéticos en el consumo global, no siempre expresa un proceso de sustitución entre energías sino que a veces es indicativo del mayor o menor grado de penetración alcanzado por los diversos energéticos en el conjunto de los sectores consumidores, desarrollo cuya naturaleza pueda variar, sin lugar a dudas, de acuerdo con los mercados a los que se dirigen los energéticos (industrial, residencial, etc.). La posibilidad de distinguir entre sustitución y extensión del consumo en un nuevo mercado plantea la necesidad de descender del análisis global, donde se confunden sectores consumidores, a uno más desagregado donde se precisen no sólo los sectores sino también las probables áreas donde pudiera existir desplazamientos de una energía por otra(s) como consecuencia de un proceso competitivo entre las mismas. Esto requiere el conocimiento de los usos específicos de las distintas energías en cada uno de los sectores, diferenciación que no siempre es posible, entre otras razones, por las restricciones de la información con que se cuenta.

La evolución tanto de la demanda energética total como de su composición presenta períodos diferenciados en los que prevalecen distintas formas de energía. La combinación no lineal y con variadas intensidades de los procesos de progresión y regresión de los diferentes energéticos plantea la necesidad de su cuantificación y del análisis de los procesos sustitutivos que pudieran producirse. Los análisis cuantitativos pormenorizados de las sustituciones ener-

géticas han comenzado a intensificarse desde mediados de los setenta sin que su extensión haya adquirido la importancia que merece un aspecto tan significativo de la problemática energética. Por ello, se considera conveniente presentar una de las pocas metodologías elaboradas en el tema, con las modificaciones introducidas a partir de los inconvenientes planteados en su aplicación.

Los indicadores de sustitución

La metodología de análisis de las sustituciones a través de indicadores basados en la evolución de los consumos que se presenta a continuación se basa en la elaborada por el IEJE¹ para un estudio comparativo de la demanda energética entre varios países europeos:

La sustitución de una forma de energía por otra en un período determinado, se realiza a partir de la progresión de aquélla que se difunde y de la regresión de la remplazada; estas evoluciones tienen lugar a una cierta "velocidad" a la que se asocia un indicador que contempla la participación de cada forma de energía en la demanda total para los años extremos del período de análisis. Este indicador la idea del tiempo está implícita en el período que se considera puesto que no se hace referencia al concepto de velocidad concebida como modificación de la magnitud de una variable en la unidad de tiempo.

Por otra parte, de la magnitud de los cambios de la composición de los consumos de energía resulta una "amplitud" del desarrollo y sustitución de los diversos energéticos; en el indicador que mide dicha amplitud se tiene en cuenta el incremento del consumo total así como la reducción del aporte de las energías en regresión. Por último a los dos conceptos anteriores se agrega el de ritmo de evolución creciente o decreciente de una forma de energía en relación a otra, idea que refleja en cierta medida la posible sustitución entre pares de energías.

Así pues, se elaboraron tres indicadores para el estudio de las sustituciones:

¹ Institut (économique et juridique de l'énergie (IEJE) "Substitution dans la consommation d'énergie", en *Revue d'économie politique*, Congrès des Economistes de Langue Française, Bordeaux-Franco, 1974, pp. 149 a 167.

- el coeficiente de velocidad,
- el indicador de amplitud de una sustitución,
- el coeficiente de sustitución.

Indicadores que se comentan en los puntos siguientes.

I. La velocidad de progresión o regresión

Este indicador permite, en un lapso dado y para diversos conjuntos diferenciados, comparar el camino recorrido, en progresión o regresión, por una componente i en la estructura del consumo de energía.

El signo de V_i depende de la diferencia entre $(R_{in} - R_{ij})$, si esta es positiva se trata de una progresión y por lo tanto $V_i > 0$, por el contrario si es negativa existe una regresión y $V_i < 0$. La mayor de las relaciones $\frac{R_{in}}{R_{ij}}$ o $\frac{R_{ij}}{R_{in}}$ con su signo correspondiente (y que en valor absoluto es mayor a la unidad) expresa la progresión o la regresión de la forma de energía i . Estas relaciones presentan el inconveniente de depender de los años extremos y no de la tendencia de todo el período, para sortear esta incógnita basta recurrir a los valores de R_{ij} y R_{in} calculados a partir del ajuste estadístico:

$$R_i = az + b$$

si

$$R_i = \frac{z_i}{Q} \quad \text{con } Q = \text{consumo total de energía}$$

$z_i = \text{consumo de la forma de energía } i$.

el coeficiente de velocidad (V_i) queda definido por la relación:

$$V_i = \frac{R_{in}}{R_{ij}} \quad \text{donde } i \text{ y } n \text{ corresponden a los extremos del período de análisis.}$$

II. El indicador de amplitud de una sustitución

Con él "se quisiera evidenciar el rol desempeñado por una componente del consumo de energía en el incremento de dicho consumo, a lo largo de un período dado, ...como el anterior (indicador) conforma la estructura, por

se pretende, para una componente en expansión, expresar la parte tomada por esta componente en la modificación de la estructura del consumo entre los años i y n ".⁹

El indicador de amplitud (A_i) de la forma de energía i , se define como:

$$A_i = \frac{\Delta q_i}{\Delta Q \pm \Delta s}$$

con Δq_i = incremento del consumo de la energía i .

ΔQ = aumento del consumo total.

Δs = disminución total del consumo, considerando todos los energéticos.

Se verifica que $\leq A_i = 1$, y por definición "una componente en regresión no tiene indicador de amplitud".

El indicador A_i no es un nuevo indicador que tendría por objeto reemplazar al coeficiente de velocidad, sino que está asociado a él y lo complementa en vista de las limitaciones de este último. En efecto, tal como se señala en la metodología del IEJE, si R_i pasa de 1 a 2 por ciento, de 10 a 20 por ciento o de 20 a 40 por ciento, V_i es igual a 2 en todos los casos sin que se evidencie la diferencia de magnitud de los incrementos proporcionales.

Los resultados presentados más adelante relativos a V_i y A_i , ponen de manifiesto una restricción en el uso de A_i tal como ha sido concebido se destaca aquí este inconveniente por cuanto constituye un problema metodológico. Según se indicó, una forma de energía en regresión no tiene indicador de amplitud, dicho de otra manera, si $V_i < 0$ ello implica que $A_i = 0$. Sin embargo, si se considera el estudio presentado en el Cuadro 2.1, se observa que existe un indicador de amplitud no nulo para una energía en regresión, tal es el caso del carbón y del gas para los que a pesar de verificarse una progresión absoluta de sus consumos (21.687 y 5.012 mil TCE respectivamente), existe también una regresión relativa (-14 por ciento y -2 por ciento en cada caso).

⁹Según la metodología del IEJE.

CUADRO 2.1

En base de inconsistencia entre el indicador de velocidad y el indicador de amplitud

a) Consumo en M³ 1972.

	Carbón	Gasolina	Gas	Electricidad	Total
1974	45.313	23.473	4.343	4.327	77.456
1972	56.252	41.233	23.453	17.327	144.995
Δ	21.437	14.210	9.017	13.006	61.473

b) Composición porcentual

	Carbón	Gasolina	Gas	Electricidad	Total
1974	58	28	18	4	100
1972	42	47	3	18	100

c) Los coeficientes de velocidad y amplitud asociados.

	Carbón	Gasolina	Gas	Electricidad
V ₁	-1,25	1,5	-1,25	1,25
A ₁	0,25	0,24	0,66	0,12

Nota: Este ejemplo se elaboró modificando la expresión de los coeficientes del caso anterior por el 100 en el que no se verificó la inconsistencia entre los indicadores. Véase esp. págs. 128.

La aparición de un A_j para un $V_j < 0$ resulta de asociar al coeficiente de velocidad (relación entre proporciones) un indicador de amplitud (relación entre magnitudes absolutas) con la condición, por definición, de que éste sea nulo cuando aquél es negativo, ya que las variaciones seguidas por las magnitudes absolutas no deben ser seguidas necesariamente por variaciones del mismo sentido de las magnitudes proporcionales. Esta incongruencia de los indicadores lleva a la búsqueda de otro que refleje de una manera más adecuada el concepto de amplitud de las sustituciones.

III. El indicador de penetración B

Sin abandonar la idea del indicador de amplitud A_i como representativo de la incidencia de una componente en la modificación de la estructura del consumo durante un período determinado, se define como indicador de penetración de una forma de energía la relación:

$$B_j = \frac{\Delta R_j}{\sum_k R_k}$$

donde $\Delta R_j = R_{j1} - R_{j2}$, expresa el aumento de la participación de la energía j en el consumo total durante el período $t-n$.

Δk_j representa la parte del mercado perdida por el conjunto de energías en regresión relativa.

Con los B_j se quiere señalar la amplitud del consumo "ganado" por una forma de energía en relación al consumo total "perdido" por las energías que entraron en regresión relativa. Se verifica además que $\sum B_j = 1$ y que un energético en regresión relativa no tiene coeficiente de penetración.

IV. El coeficiente de sustitución

Aquí se trata de la búsqueda de cierta regularidad estadística para llegar, a través del análisis de regresión, a una ecuación que exprese una forma de energía en función de otra. Si dos componentes tienen un comportamiento lineal durante un período dado, se lo puede formalizar en ecuaciones del tipo:

$$(I) R_1 = \alpha_1 + \beta_1 t$$

$$(II) R_2 = \alpha_2 + \beta_2 t$$

donde t representa el tiempo

Si se han verificado buenos ajustes lineales para las relaciones (I) y (II) debe encontrarse otro de características similares para la relación que vincula el par (R_1, R_2) , es decir:

¹Se adaptó ΔR_j para evitar los valores negativos de ΔR_j .

$$(111) R_i = \delta_{ij} + \delta_{ji} R_j$$

Donde δ_{ij} es, por definición, el coeficiente de sustitución entre las formas $\underline{1}$ y \underline{j} .

Este indicador mide las variaciones conjuntas (coincidentes u opuestas) de la forma de energía $\underline{1}$ en relación a la \underline{j} y permite apreciar el ritmo de sustituciones en especial cuando se pueden diferenciar subetapas en un período prolongado.

Según el valor que tome $|\delta|$ (<1 , $=1$, >1) se trata de una sustitución incompleta ($\delta < 1$), perfecta ($\delta = 1$), o de una sustitución por parte de la energía $\underline{1}$ no sólo de la energía \underline{j} sino también de otras más ($\delta > 1$).

Los resultados obtenidos en la aplicación de estos indicadores a un caso concreto (el de Argentina 1939-77 Cuadro 2.2 y 2.3) muestran que su análisis combinado da una buena apreciación de los procesos globales de progresión, regresión y sustitución, de y entre los distintos energéticos. Pero conviene señalar que su interpretación y manejo debe hacerse con cuidado no pretendiéndose extraer de ellos más información que la que realmente pueden proporcionar y que se sitúa fundamentalmente en un plano descriptivo.

El interés por desarrollar este tipo de análisis cuantitativos de la evolución de la demanda energética y de los procesos sustitutivos reside en que sienta las bases para un estudio más preciso de los determinantes de la demanda permitiendo una mejor instrumentación en los estudios prospectivos. Es de señalar que en Argentina, como en otros países, se han realizado ensayos previsionales en los que se formulan hipótesis sobre las sustituciones futuras entre energías sin que se efectuara previamente un análisis histórico explicativo o al menos descriptivo de dichos procesos.

CUADRO 2.2

LOS SUBSISTEMAS Y LA SUBSTITUCIÓN PARA EL PERÍODO 1939-1977

12 de los coeficientes de sustitución δ_{ij}

	δ_{12}	δ_{13}	δ_{14}	δ_{15}	δ_{16}
1939-45	-1,443	-0,210	1,224	1,229	1,599
1946-59	1,313	-1,474	1,373	-1,141	1,270
1960-77	-1,213	-1,252	2,746	2,264	1,213
1939-77	1,110	-1,01	2,708	-1,548	1,4

EL SUBSISTEMA DE SUBSTITUCIÓN (111)

	δ_{12}	δ_{13}	δ_{14}	δ_{15}	δ_{16}	δ_{17}
1939-45	-	-	0,01	0,13	0,01	1,00
1946-59	0,12	-	0,01	-	0,01	1,00
1960-77	-	-	0,11	-	0,11	1,00
1939-77	0,12	-	0,12	-	0,12	1,00

Donde, δ_{ij} y δ_{ji} corresponden al período, al período menor, al período sustitutivo completo o tiempo total de origen eléctrico y nuclear respectivamente.

CUADRO 2.3

LOS COEFICIENTES DE SUBSTITUCIÓN (111)

1939-45	1946-59
$\delta_{12} = 0,537 = 0,211 \delta_{13}$	$\delta_{12} = 0,537 = 0,207 \delta_{13}$
$\delta_{13} = 0,250 = 0,000 \delta_{14}$	$\delta_{13} = 0,265 = 0,000 \delta_{14}$
$\delta_{14} = 0,210 = 0,000 \delta_{15}$	$\delta_{14} = 0,214 = 0,000 \delta_{15}$
$\delta_{15} = 1,224 = 1,00 \delta_{16}$	$\delta_{15} = 1,224 = 1,00 \delta_{16}$
$\delta_{16} = 1,229$	$\delta_{16} = 1,229$
$\delta_{17} = 1,599$	$\delta_{17} = 1,599$
$\delta_{21} = 0,75$	$\delta_{21} = 0,75$
$\delta_{22} = 0,25$	$\delta_{22} = 0,25$
$\delta_{31} = 0,01$	$\delta_{31} = 0,01$
$\delta_{32} = 0,01$	$\delta_{32} = 0,01$
$\delta_{33} = 0,01$	$\delta_{33} = 0,01$
$\delta_{34} = 0,01$	$\delta_{34} = 0,01$
$\delta_{35} = 0,01$	$\delta_{35} = 0,01$
$\delta_{36} = 0,01$	$\delta_{36} = 0,01$
$\delta_{37} = 0,01$	$\delta_{37} = 0,01$
$\delta_{41} = 0,13$	$\delta_{41} = 0,13$
$\delta_{42} = 0,13$	$\delta_{42} = 0,13$
$\delta_{43} = 0,13$	$\delta_{43} = 0,13$
$\delta_{44} = 0,13$	$\delta_{44} = 0,13$
$\delta_{45} = 0,13$	$\delta_{45} = 0,13$
$\delta_{46} = 0,13$	$\delta_{46} = 0,13$
$\delta_{47} = 0,13$	$\delta_{47} = 0,13$
$\delta_{51} = 0,01$	$\delta_{51} = 0,01$
$\delta_{52} = 0,01$	$\delta_{52} = 0,01$
$\delta_{53} = 0,01$	$\delta_{53} = 0,01$
$\delta_{54} = 0,01$	$\delta_{54} = 0,01$
$\delta_{55} = 0,01$	$\delta_{55} = 0,01$
$\delta_{56} = 0,01$	$\delta_{56} = 0,01$
$\delta_{57} = 0,01$	$\delta_{57} = 0,01$
$\delta_{61} = 1,224$	$\delta_{61} = 1,224$
$\delta_{62} = 1,224$	$\delta_{62} = 1,224$
$\delta_{63} = 1,224$	$\delta_{63} = 1,224$
$\delta_{64} = 1,224$	$\delta_{64} = 1,224$
$\delta_{65} = 1,224$	$\delta_{65} = 1,224$
$\delta_{66} = 1,224$	$\delta_{66} = 1,224$
$\delta_{67} = 1,224$	$\delta_{67} = 1,224$
$\delta_{71} = 1,599$	$\delta_{71} = 1,599$
$\delta_{72} = 1,599$	$\delta_{72} = 1,599$
$\delta_{73} = 1,599$	$\delta_{73} = 1,599$
$\delta_{74} = 1,599$	$\delta_{74} = 1,599$
$\delta_{75} = 1,599$	$\delta_{75} = 1,599$
$\delta_{76} = 1,599$	$\delta_{76} = 1,599$
$\delta_{77} = 1,599$	$\delta_{77} = 1,599$

3. El consumo de energía y la actividad económica a través de los indicadores

En la literatura sobre economía y energía aparece con frecuencia la idea de que el consumo energético de una región o de un país está determinado de alguna manera por el nivel de la actividad económica, considerándose la evolución de ésta última como variable explicativa de las modificaciones cuantitativas de la demanda en el tiempo. De esta manera surgen las comparaciones entre consumo energético y crecimiento económico a través de la relación de los indicadores globales de cada uno de ellos, la energía total de un lado, y el producto interior o nacional de otro.

El estudio de la relación existente entre ambas se concreta a menudo en el análisis del coeficiente de elasticidad, que refleja la evolución simultánea del consumo energético y del crecimiento económico tratados como agregados generales, así como del coeficiente de intensidad energética del producto,¹ que da cuenta del consumo de energía por unidad monetaria del producto interior o nacional, bruto o neto.

3.1 La elasticidad producto del consumo de energía

Diversos estudios han verificado la relación existente entre el crecimiento simultáneo del consumo de energía y de la actividad económica de un país. Si bien es cierto que en los países semindustrializados las diversas intensidades en la progresión de actividad económica suelen estar acompañadas por niveles del consumo energético proporcionales a las primeras, cabe preguntarse en qué medida los ritmos de variación del producto corresponden a ritmos similares en la variación del consumo de energía. Para responder a esta interrogante es costumbre recurrir al análisis de la elasticidad producto de la demanda energética que se deriva de la expresión siguiente:

$$e = \frac{dQ/Q}{dPIB/PIB} \quad \text{donde } Q \text{ es la cantidad total de energía consumida}$$

PIB es el Producto Interior Bruto

De esta expresión puede deducirse una relación entre la variable energética y económica a través de la elasticidad:

¹ Ligado también contenido energético del producto.

$$Q = PIB^e \quad (1) \quad \text{donde } e \text{ es una constante para un período determinado.}$$

El valor que toma la elasticidad en torno de la unidad es definitorio de la relación en lo que se refiere a la diferenciación de los ritmos de crecimiento: ¿cuando el PIB crece 1 por ciento, el crecimiento del consumo será mayor o menor que 1 por ciento?. En el caso de algunos países, los valores de la elasticidad anual revelan una dispersión considerable alrededor de la unidad cuando se estudian períodos prolongados. Estas variaciones en la elasticidad llevaron a algunos autores a buscar funciones distintas de (1) que tuvieran en cuenta precisamente las fluctuaciones de los valores de la elasticidad, puesto que, sostienen no sin razón, el consumo de energía no está únicamente influido por el nivel de la actividad económica del país, sino también por sus características de población, temperatura, estructura productiva, grado de industrialización, progreso técnico, etcétera.

Así el análisis teórico de C. Suárez¹ sobre los valores de e intenta explicar sus valores positivos o negativos según que la mecanización, la industrialización, la urbanización y la electrificación prevalezcan o no sobre el mejoramiento de los rendimientos en el uso de la energía y los cambios de la estructura productiva respectivamente. Por su parte la K.E.R.A.² da tres razones por las cuales considera que la elasticidad en Estados Unidos ha sido históricamente mayor que la unidad:

- I. la importante utilización no energética de los combustibles,
- II. la disminución en la mejora de los rendimientos de transformación de las centrales térmicas,
- III. la reducción de los rendimientos reales y aparentes del consumo de energía.³

¹ C. Suárez, Un modelo de interpretación de la demanda de energía en relación con el PIB. Fundación Bariloche, Argentina, 1975.

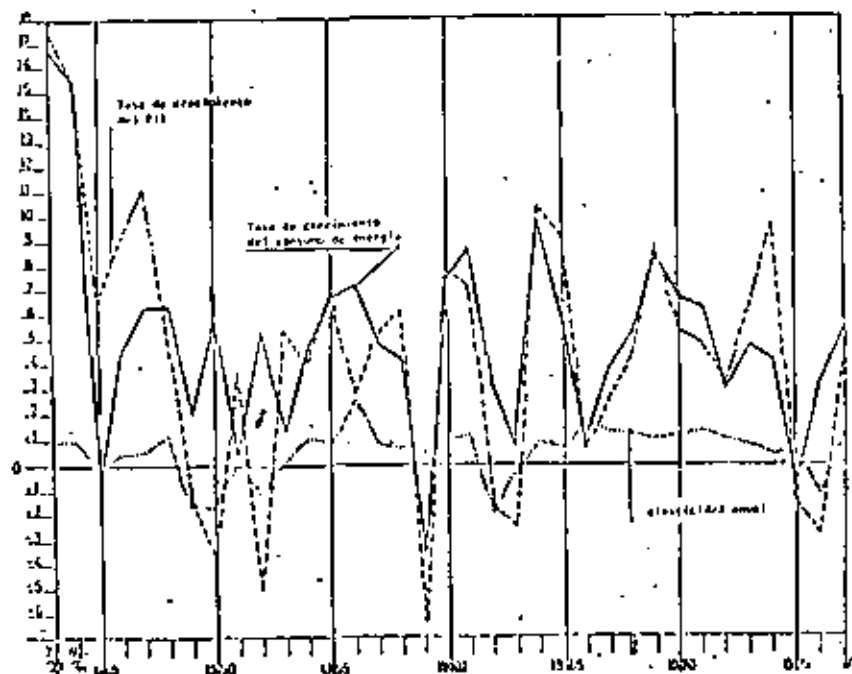
² National Economic Research Associates, Energy Consumption and GNP in the United States, Nueva York, 1971, p. 10.

³ Jones y Hovic consideraron el problema planteado por los equivalentes calóricos y las eficiencias de las distintas formas de energía en la obtención de la energía para la evaluación de la energía total con miras a la previsión global. Cf. F.G. Adams y D. Hovic, On relative fuel efficiency and the output elasticity of energy consumption in Western Europe, Journal of Industrial Economics, 1968, vol. XVI, No. 1.

Teniendo en cuenta la evolución de la elasticidad producto del consumo de energía y los criterios expuestos por los autores mencionados, cabe preguntarse si es válido afirmar en el caso de un país cualquiera que existió una mejor utilización de la energía o un cambio en la estructura productiva, e incluso un mayor uso energético de determinados combustibles que sirven al mismo tiempo como materia prima, o una mejora en los rendimientos de las centrales termoeléctricas, cuando se está frente a una elasticidad negativa o inferior a la unidad según el caso. El análisis empírico muestra que la dispersión de la elasticidad de un año a otro, no autoriza una respuesta afirmativa categórica a este interrogante como lo pretenden algunos autores. Esta verificación se extiende al caso de un país semiindustrial como Argentina según aparece en la Gráfica 3.1.

GRAFICA 3.1

EVOLUCION DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB, EL CONSUMO DE ENERGIA Y LA ELASTICIDAD ANUAL
El caso de Argentina 1939-1977



Las variaciones en valor y signo de la elasticidad anual indican la conveniencia de considerar períodos de análisis más prolongados donde las fluctuaciones coyunturales tiendan a reducirse. Ahora bien la elección de un período de estudio y la división que se establezca al interior del mismo, es un factor que puede incidir de manera considerable en la modificación de los valores de la elasticidad que se obtengan. Así, por ejemplo, si se toma el caso de Argentina y se tienen en cuenta tres períodos diferentes en el proceso de industrialización del país¹, a los que puede considerarse como de mediano a largo plazo, la elasticidad producto del consumo de energía adopta los siguientes valores:

1939-1952	$\epsilon = 1.15$
1952-1962	$\epsilon = 1.24$
1962-1977	$\epsilon = 1.12$
1939-1977	$\epsilon = 1.25$

Valores todos mayores que la unidad y que no presentan diferencias sustanciales entre sí.

Si en cambio se toman períodos medios de igual duración (quingientos) se tiene:

	1945-50	1950-55	1955-60	1960-65	1965-70	1970-75
ϵ	1.25	1.24	1.36	1.31	1.16	0.77

Es decir que se obtienen valores que además de ser coherentes con los correspondientes a las fases económicas definidas anteriormente, aportan una precisión en la medida en que testimonian la existencia de subperíodos en los que, en comparación con otros, se puede pensar en un mayor recurso a la energía (el caso de la década 1955-1965 es elocuente).

Sin embargo, si se tienen en cuenta por un lado las disparidades de la elasticidad que surgirían de otras periodizaciones y de las evidenciadas de un año a otro, con pasajes sucesivos de valores positivos a negativos y de valores superiores a inferiores a la unidad e inversamente, resulta dudoso extraer conclusiones inmediatas a partir de este indicador respecto de la evolu-

¹Estos períodos son de una duración de 13, 10 y 15 años respectivamente.

ción simultánea de la estructura económica y de la utilización de la energía como suele hacerse. Esto es tanto más cierto cuanto que, en primer lugar, el pasaje de una tasa de variación del PIB de X por ciento a $X + Y$ por ciento no corresponde necesariamente a un cambio en la estructura productiva; en segundo lugar, la elasticidad producto del consumo energético toma valores muy próximos para periodos en los que ha habido marcadas diferencias en la evolución de la economía y, por último, la elasticidad varía sensiblemente (en valor y signo) dentro de un mismo periodo económico durante el cual no se ha producido ninguna transformación significativa en la estructura económica.¹

Estos límites que presenta el uso de la elasticidad como indicador de la relación existente entre consumo energético y crecimiento económico, en especial cuando se pretende atribuirle un carácter explicativo, llevan a fijar la atención sobre el contenido energético del producto para evaluar su alcance interpretativo de la evolución de la demanda energética.

3.2 El contenido energético del producto Interno bruto

El análisis de la relación Energía/PIB remite a la consideración de dos agregados: el PIB y el consumo total de energía. Si bien el uso del primero plantea ciertas dudas por las dificultades de su estimación², en cuanto a la disparidad de los sectores que lo integran, y por su composición, ofrece la ventaja de ser prácticamente uno de los pocos agregados representativos de la actividad económica global de un país susceptible de cotejarse con el consumo total de energía, y por otra parte, se lo estima de manera sistemática en los distintos países del mundo.

El uso de la "intensidad o contenido energético del producto" se ha consolidado en un lugar común de los ensayos de economía de la energía, y su evolución ha sido objeto de diversas interpretaciones que parten tanto de un rigoroso examen empírico, como lo hacen Schurr y Hetscher³, como de la discusión de la teoría económica en el caso de Berndt y Wood.⁴

¹ Ver en relación al tema R.I. Allen, *The Energy Coefficient and the Energy Ratio*, en *Economics Trends*, Agosto 1976, pp. 78 a. 84.

² Ver: A test of alternative methods of making GNP comparison, varios autores, *The Economic Journal* No. 87, sept. 77 p. 450 a 459.

³ S. Schurr y B. Hetscher, *Energy in the American Economy 1850-1975. History and Prospects*, Baltimore 1960.

⁴ E. Berndt y D. Wood, *An Economic Interpretation of the Energy-GNP ratio, in Energy Demand, Conservation and Institutional Problems*, MIT Press 1974.

Estos últimos, quienes desarrollan su estudio según una interpretación de la economía fundada en la teoría neoclásica, concluyen en que la relación Energía-PIB tiene una interpretación económica consistente bajo condiciones altamente restrictivas, y, si esas condiciones son satisfechas, se puede esperar que el contenido energético del producto varíe en función de los cambios de los precios relativos del capital, el trabajo, la energía y las materias primas. Sin lugar a dudas las restricciones impuestas por las hipótesis de partida de su estudio colocan a esta interpretación en el campo del irrealismo neoclásico. Sin embargo, la metodología seguida lleva a los autores a la conclusión de que un aumento de la relación Energía-PIB no se origina necesariamente en un cambio de la estructura productiva.¹ Esta afirmación cobra un interés particular frente a la posición de quienes ven en la variación del contenido energético la expresión de una transformación sustancial del sistema de producción. Como es sabido, en un proceso de crecimiento la extensión de la producción sobre bases tecnológicas dadas puede implicar un consumo creciente de energía en proporciones mayores o menores que el incremento en valor de la producción, sin que necesariamente se altere en lo esencial la composición del sistema productivo.

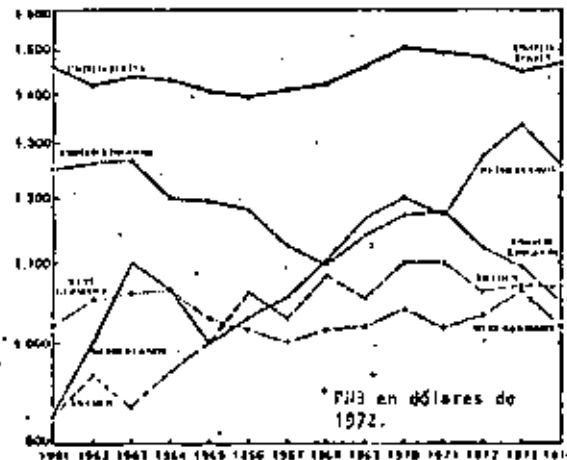
En realidad, lo que se quiere significar es que la evolución de la relación Energía/Producto puede presentar tendencias distintas a lo largo del tiempo según las características energéticas y económicas de los periodos por los que atraviese un país. Los trabajos que se han abocado a la realización de comparaciones internacionales en la materia, han puesto de manifiesto que no ha sido posible (al menos hasta 1973/74) extraer una conclusión única sobre la tendencia creciente o decreciente del contenido energético que sea válida para distintos países. Esta consideración se aplica también a aquellos países de mayor grado de industrialización, entre los cuales subsisten, además, marcadas diferencias en los niveles alcanzados por sus respectivos contenidos energéticos (véase gráfica 3.2).

¹ Berndt y Wood, op.cit., p. 21.

GRAFICA 3.2

LA RELACION ENERGIA/PNB PARA CINCO PAISES SELECCIONADOS

E/PNB (Tep/millón de dólares del PNB*)



* PNB en dólares de 1972.
FUENTE: J. Darmstadter et alii, *How Industrial Societies Use Energy, A Comparative Analysis, 1977.*

J. Darmstadter, propone buscar una explicación de la evolución del contenido energético a partir de la estructura económica y de las características de la utilización de la energía.¹ De acuerdo con este punto de vista existen dos elementos explicativos de la relación energía-producto, uno el llamado efecto estructural y el otro el efecto tecnológico, que se deducen de la siguiente descomposición del contenido energético del producto:

$$\frac{E}{\text{PIB}} = \sum_i \frac{(1)}{\text{PIB}_i} \cdot \frac{(2)}{E_i}$$

dónde E_i : energía consumida

i : subíndice que corresponde a los diversos sectores que participan en la formación del PIB.

(1) factor estructural

(2) factor tecnológico

¹J. Darmstadter, et. al. II, op.cit.

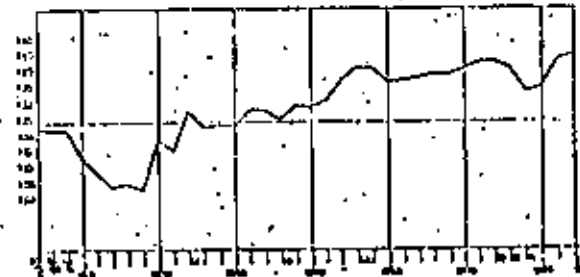
Así el primero de ellos, el estructural da cuenta de la incidencia de un sector determinado en el conjunto de la producción interna de un país, mientras que el segundo refleja, en cierto modo, el nivel del consumo energético derivado de las características propias de dicho sector. Esta segunda componente no traduce sin embargo, los rasgos distintivos del uso de la energía en el sector indicado en la medida en que se trata de la energía total consumida la que, por consiguiente, esconde la naturaleza de las energías empleadas en el área en cuestión.

Si bien la mayoría de los estudios que utilizan este enfoque han tenido por objeto realizar comparaciones entre distintos países y regiones, también es posible aplicarlo a un único país y analizar las modificaciones del contenido energético destacando la incidencia de las dos componentes. A título de ejemplo puede tomarse el caso de Argentina. En dicho país, más allá de las fluctuaciones verificadas en algunos años (Gráfica 3.3), el contenido energético no ha dejado de crecer tendencialmente desde fines de los cuarenta hasta 1977. Esta tendencia se verifica a pesar de la transición del uso de energéticos de bajos rendimientos de transformación, como el carbón y los combustibles vegetales, a otros de mayor eficiencia, como los hidrocarburos y la hidroelectricidad. El crecimiento del contenido energético del producto en Argentina podría encontrar un elemento explicativo, entre otros, en las características de las transformaciones introducidas en la estructura productiva por el proceso de industrialización siempre que la naturaleza de dichas transformaciones haya sido intensiva desde el punto de vista de la energía. Sin embargo, para precisar su interpretación conviene observar la composición sectorial de la intensidad energética y su evolución tomando en cuenta someramente los factores estructurales y tecnológicos.

GRAFICA 3.3

EVOLUCION DEL CONTENIDO ENERGETICO DEL PRODUCTO INTERIOR BRUTO DE ARGENTINA 1939 - 1977

(Kep/US\$ 1965)



En el caso de Argentina se verifica que los sectores terciario y agropecuario presentan históricamente niveles del contenido energético marcadamente inferiores a los del conjunto de la economía (Cuadro 3.1) mientras que la industria y los transportes, sobre todo éstos, lo superan ampliamente. A pesar de ello en estos dos últimos casos existe una tendencia a la disminución del contenido energético a lo largo de los últimos 25 años del período, por el contrario, en los dos primeros se verifica una tendencia en sentido opuesto.

En un período prolongado como el que se considera (1939-1977), la evolución del contenido energético global y sectorial asociada al proceso de crecimiento económico refleja los cambios en el sistema productivo en su conjunto, las fluctuaciones en el nivel de la actividad económica, la mayor o menor intensidad en los usos energéticos, así como la naturaleza de las modificaciones del sistema de abastecimiento energético. En una primera aproximación al estudio de la evolución histórica del contenido energético en Argentina, debe señalarse:

- un incremento en más del doble del contenido energético del sector agropecuario entre 1939 y 1977 resultante de una disminución significativa de su participación en el PIB, por un lado, y de un mayor consumo energético por el desarrollo de la mecanización, por otro.

- una evolución fluctuante de la intensidad energética de la industria, a pesar de la disminución tendencial durante todo el período, que combina un uso más eficiente de la energía, transformaciones importantes en el interior de la estructura productiva industrial y una mayor participación de la industria en la producción total del país.

- la existencia de dos subperíodos en el sector transportes, en el primero (1939-1953) la intensificación del uso del ferrocarril determinó un consumo creciente de carbón mineral y combustibles vegetales con un bajo rendimiento de conversión que explica, en lo esencial, el incremento del 34 por ciento del contenido energético. En una segunda etapa (1953-1977) dentro del sistema ferroviario se produjo la transición hacia los derivados del petróleo, con la consecuente repercusión sobre los rendimientos y hubo, además, un desplazamiento del ferrocarril por otros medios de transporte, por ello el contenido energético de este sector aumentó sólo 6.7 por ciento en 24 años.

- en el sector terciario, una menor regresión relativa de los consumos energéticos en comparación con lo de su producto fundamentó un incremento del 50 por ciento de la intensidad energética del sector.

Tabla 3.1
Evolución del contenido energético del producto en Argentina 1939-1977

(1) Base 1939=100

	1939	1949	1951	1963	1971	1977
Agropecuaria	105	110	108	122	221	273
Industria (1)	102	70	83	88	75	82
Transportes	150	143	134	128	100	103
Terciaria	100	97	106	118	141	162
Total	102	94	97	105	124	130

(2) Base Total=100

	1939	1949	1952	1963	1971	1977
Agropecuaria	15	21	21	24	31	24
Industria (1)	25	14	16	14	12	10
Transportes	33	32	31	28	27	26
Terciaria	27	33	32	34	30	40
Total	100	100	100	100	100	100

(1) Industria empleando: Industria manufacturera, Industria extractiva, gas y energía convencional.

Fuente: H. Aitorozte y O. Guzmán, "Perspectivas Energéticas y Crecimiento Económico en Argentina", Grenoble, Francia, 1980.

Si como consecuencia del proceso de industrialización se han originado retrasos sectoriales relativos desde el punto de vista económico, se pudo haber producido también una disminución relativa del consumo energético en los sectores rezagados, por ello se debe precisar si dichas reducciones del consumo son debidas a un ritmo de crecimiento de la producción mayor que el ritmo de expansión de la demanda energética en el sector considerado, o si, dado un ritmo constante de producción, las disminuciones derivaron de un menor consumo como consecuencia de un uso más eficiente de la energía.

De lo anterior se infiere la necesidad de llevar a cabo un estudio sectorial para ubicar con mayor precisión los orígenes, incluso las causas, de la evolución de la demanda y del contenido energético a lo largo del tiempo: El alcance del análisis global como elemento explicativo y de provisión es extremadamente limitado puesto que, por un lado, el consumo total de energía es un agregado cuyas componentes no son fácilmente asimilables,¹ y, por otro, en el PIB se amalgaman actividades muy diversas en las que la energía es utilizada de una manera considerablemente desigual. Por otra parte, en la medida en que el contenido energético del producto es tributario tanto de las elecciones tecnológicas como de las opciones económicas y sociales retenidas,² la comprensión de las modificaciones del contenido energético, sobre todo en la industria, requiere la puesta en evidencia de la interacción entre las opciones tecnológica y económica durante los distintos períodos.

Desde una óptica previsional o prospectiva, la instrumentación de modelos operativos requiere de la existencia previa de modelos explicativos satisfactorios, que den cuenta de los principales factores capaces de influir la demanda de energía y exige además que los planificadores ya no se contenten, como sucede actualmente, con correlacionarla a un agregado tan poco significativo como el PIB, o el ingreso per capita.³

¹Ver Y. Mainguy, L'économie de l'énergie, op.cit., p. 74.

²J. Percebois, Énergie Croissance et Calcul Économique, Revue Économique, Volume 29 No. 3, mayo 1973, pp. 464-491.

³J. Percebois, A propos de quelques concepts utilisés en économie de l'énergie, Mimeo, IÉJÉ, Grenoble 1977, p. 22 y 23.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**IMPLICACIONES DEL PROGRAMA DE ENERGIA
EN EL CONSUMO ENERGETICO Y LA
URBANIZACION DE MEXICO**

ARQ. ANGEL MERCADO

NOVIEMBRE, 1981

IMPLICACIONES DEL PROGRAMA DE ENERGÍA* EN EL
CONSUMO ENERGÉTICO Y LA URBANIZACIÓN EN MÉXICO

presenta: ANGEL MERCADO
noviembre de 1981

La presente nota es parte del trabajo que sirve a la investigación que el autor realiza en la División de Estudios de Pongrado de la Facultad de Economía de la UNAM, bajo el título de CONSUMO DE ENERGÍA Y URBANIZACIÓN EN MÉXICO. Se trata en esta ocasión de analizar las implicaciones que el Programa de Energía (PE), en tanto proyecto de política económica a largo plazo, presenta en los patrones de consumo energético y la urbanización del país.

INTRODUCCION

El gobierno mexicano dio a conocer en noviembre 19 de 1980 un Programa de Energía (PE) en el que se fijan las metas de producción y consumo energético nacional para 1990 y proyecciones para el año 2000. Relacionada como está la energía con el crecimiento económico, en dicho programa son presentadas las diversas funciones que se espera desempeñen los energéticos en el futuro desenvolvimiento de la economía nacional.

De esas funciones cabe destacar tres que el PE señala como prioritarias: energía e industrialización, energía y desarrollo regional, y energía y sector externo.

A partir de esto, el PE formula dos escenarios alternativos de política económica a largo plazo para México, según lo cual, elegido

* Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Programa de Energía: resumen y conclusiones; México 1980, versión publicada en los diarios.

2
el mejor en términos de racionalidad en el uso de los energéticos y mayor desarrollo económico global, son fijadas las metas y políticas correspondientes.

El propósito de la presente nota es señalar algunas implicaciones -oisiones, contradicciones- que el PE tiene en el consumo energético de México debido, de una parte, a los cambios que el PE introduce en la industrialización del país, y de otra, a los cambios consecuentes en el proceso de urbanización. Cambios sustanciales que habrían de efectuarse sobre la base material y de organización social que alcanzaron ambos procesos conforme al modelo de crecimiento económico del país seguido por cinco décadas, desde 1930 hasta 1980.

Tres apartados formalizan el contenido de esta nota: Consumo Energético en México, Eficiencia Regional del Consumo Energético en México, y Programa de Energía y Otros Escenarios Alternativos. El primero de estos apartados se encuentra publicado en Economía Informa, núm. 79, marzo de 1981, PE de la UNAM. Los dos restantes fueron elaborados expresamente para esta nota.

1: CONSUMO ENERGÉTICO DE MÉXICO

La forma más general de apreciar el consumo energético de una sociedad determinada es refiriéndolo al crecimiento de su economía. Mediante esa relación es posible conocer cuánta energía es consu-

nida para producir, digamos en un año, una unidad de producto interno bruto. Las evidencias revelan que esa relación se comporta en el tiempo con mayor o menor estabilidad en el interior de una economía, y no así, en cambio, entre dos o más economías, sean éstas nacionales o regionales (subnacionales). Y esto es así, incluso donde ciertas características agregadas de desarrollo económico y bienestar entre dos economías son semejantes. De ello se desprende que unas son más eficientes que otras en el uso de la energía.

Al respecto el PE señala el consumo de energía por unidad de producto interno bruto (miles de kilocalorías por dólar) mostrada en seis países durante 1975: Estados Unidos, 10.6; México, 6.5; Japón, 5.6; España, 5.5; Francia, 4.4 y Brasil, 4.2. "México, al igual que otros países, dice el PE, hace un uso ineficiente de sus energéticas. Ello se refleja en la elevada intensidad en el consumo de energía por unidad de producto interno bruto. Este índice es comparable, y en muchos casos supera, al correspondiente a otros países altamente industrializados que se localizan en climas más extremos. Además -continúa diciendo el PE- el consumo de energía crece a ritmos significativamente mayores a los del producto interno bruto. En particular, durante los años setenta la diferencia entre tasas de crecimiento tendió a aumentar" (PE, párrafo 13).

¿A qué obedece esto? ¿Qué es lo que determina en México el consumo de energéticas? No es muy explícito en esto el PE. Señala el dispendio y se propone abatirlo a través de medidas directas en la industria, el transporte y el propio sector energético (desti-

4
narios de 83 por ciento de energía primaria en 1979: 22, 25 y 36 por ciento, respectivamente), además de una política de precios, "tendiente no sólo a moderar el crecimiento de la demanda interna de energía sino también a lograr otros objetivos de política económica" (PE, párrafo 51). No obstante, esos precios se mantienen por debajo de los internacionales.

Por lo demás, no explica las razones estructurales del dispendio ni analiza el consumo de energía en el marco presente de las fuerzas productivas en México, claramente caracterizadas por una acentuada y creciente concentración industrial.

No es ésta la única característica. Pero al ignorarla, el PE pasa por alto el hecho de que siendo cada vez menos empresas las responsables de una porción cada vez mayor del producto interno bruto, toda tentativa de combinar un uso racional de la energía con un proyecto global de desarrollo económico, deberá tener presentes la tecnología y las distintas formas de expansión (económica y territorial) con que actúan los monopolios en el país, señaladamente en dos de los tres campos anotados como prioridades del PE: la industria y el desarrollo regional (urbanización).

Dice el PE respecto a la relación entre energía e industrialización: "Ampliar la capacidad de refinación, desarrollar equilibradamente la industria petroquímica y graduar el establecimiento de actividades intensivas en el uso de la energía; y estimular la fabricación de bienes de capital utilizados por el sector energético, particularmente los de uso más difundido en otras ramas de actividad".

Durante los últimos cinco años (1975-79), señala el PE, la rela-

ción entre las tasas de crecimiento de la demanda interna de energía primaria y del producto interno bruto fue de 1.7, la cual se espera disminuya en forma autónoma a 1.3 en el futuro, "entre otras razones por el mayor dinamismo de la economía y por las nuevas tendencias tecnológicas. No obstante, el PE se propone reducirlo aún más, hasta llegar a 1.0".

Los propósitos son correctos, en tanto apuntan a resolver en forma simultánea una restricción estructural del proceso de acumulación interna de capital, manifiesta en el intercambio desigual con el exterior (venta de petróleo crudo sin valor agregado y compra de bienes de capital y consumo). Sin embargo, llevar eso propósitos a la práctica requiere resolver antes las contradicciones que presentan entre sí, de un lado, la fabricación interna de bienes de capital -y demás bienes industriales- que imponen tecnologías altamente consumidoras de energía, y de otro, una política que, precisamente, busca graduar el establecimiento de las actividades intensivas en el uso de los energéticos hasta alcanzar un coeficiente de elasticidad igual a 1.0.

Pero las contradicciones surgen, no por el hecho mismo de impulsar la fabricación de bienes de capital y otros bienes (intermedios y de consumo), sino por el grado de concentración industrial y extranjerización crecientes que presentan en el país la mayor parte de ellos. Sin resolver esto, acaso disminuya la intensidad del uso energético en la fabricación de ciertos bienes, pero seguirá presente la restricción de retener la formación de capital debido a las empresas transnacionales que lo remiten al exterior, o a los monopolios internos que lo disponen según sus propias estrategias de inversión. Como se sabe, con la concentración industrial tam-

bién se precipita la caída de la ganancia media en el resto de la economía, con lo que la eficiencia energética referida al crecimiento del PIB resulta ficticia.

Además, con la extranjerización de la planta industrial deja de realizarse la parte de la renta petrolera proveniente de la exportación de hidrocarburos que ahora está destinada a empresas extranjeras instaladas en su lugar de origen, y que, al momento de trasladarse indiscriminadamente a México, se apropian de esa renta por la vía del subsidio en los precios internos de los hidrocarburos. Esto trae además consigo los efectos de la sobreexplotación de recursos naturales y daños en el medio ambiente sin que con ello se libere la restricción arriba anotada, como no sea en la aparición de los grandes agregados económicos.

El efecto conjunto de las contradicciones tal vez termina siendo el de una estructura productiva que, aunque más eficiente en el uso de la energía, incrementa sustancialmente el grado de concentración industrial. Más todavía en el marco de un crecimiento constante de 8 por ciento en el PIB, conforme lo propone el Programa de Energía para los próximos 15 años.

Otro efecto podría ser el de que ni siquiera profundizando la concentración industrial se alcance mayor eficiencia en el uso energético. Ello así por dos razones de orden estructural en el crecimiento del PIB industrial.

En primer término, la tendencia en las ramas principales del sector industrial a consumir más energía que el valor producido. Este ramas, en 1973, concentraron 77% del consumo total de energía secundaria en el sector industrial, y apenas contribuyeron con 57%

al PIB del mismo sector. Brecha cuya tendencia es la de separar
se aún más debido a las tasas de crecimiento más altas en el con-
sumo de energía que en las del producto interno bruto (PIB, 1975).
Las ramas son: Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco, Materia-
les de Construcción, Metales Básicos, Automotriz, Química y O-
tros (Papel y Celulosa, Textil y Aparatos Domésticos).

En segundo término, la eficiencia en el uso de los energéticos po-
dría no alcanzarse debido al impacto que el crecimiento acelerado
del PIB industrial tiene sobre el proceso de urbanización, factor
de consumo energético no contemplado en el Programa de Energía ni
siquiera indirectamente, pese a la importancia, por ejemplo, que
ocasionan los transportes (25% de energía primaria, 35% de secunda-
ria). Cabe mencionar al respecto que una política de ahorro ener-
gético en el sector transportes no debe limitarse a los combusti-
bles o al tipo de transporte, sino también considerar las causas
que motivan los movimientos de un sitio a otro. Con la urbaniza-
ción acelerada esos movimientos se multiplican, incrementando así
mismo el consumo de energía.

Con el PE se refuncionaliza el vínculo entre el proceso de indust-
rialización y el de urbanización; esto es, se refuncionalizan las
bases técnicas y materiales de la producción, propiciando un incre-
mento más que proporcional en el consumo de energía y condicionan-
do la futura diversificación energética al uso casi único de tec-
nologías centralizadoras (nuclear, en primer término). La razón
es simple: se modifican los requerimientos técnicos para repro-
ducir aceleradamente al capital y a la fuerza de trabajo en niveles
superiores de eficiencia (correspondiente a niveles superiores de
explotación), conforme al nuevo modelo de crecimiento económico
concentrado.

8
Dice el PE respecto a la relación energía y desarrollo regional:
"Apoyar la estrategia de ordenamiento territorial de los planes
de desarrollo urbano e industrial; fortalecer y ampliar la infra-
estructura, servicios y abastecimientos en los lugares donde se
expande la actividad petrolera a fin de aprovechar regionalmente
su impulso; y proteger el medio ambiente de los efectos del cre-
cimiento de las empresas productoras de energía".

La estrategia de ordenamiento territorial formulada por el Estado
a través de los planes urbano e industrial se reduce a dos accio-
nes simultáneas: desconcentrar las grandes ciudades y concentrar
las localidades dispersas. Para uno y otro caso se argumentan
deseconomías que actúan en sentido contrario a la formación de ca-
pital. El destino territorial que les ha sido asignado a las dos
acciones, obedece a la localización geográfica que presentan las
actividades económicas de mayor impulso desde el punto de vista
de la inversión pública federal. Con mucho, la más importante de
ellas es la industria petrolera. De ahí que el PE se proponga "for-
talecer y ampliar la infraestructura... donde se expande la acti-
vidad petrolera".

Pero el vínculo entre energía y desarrollo regional no debe limi-
tarse solamente a las zonas productoras de petróleo, dejando de
lado al resto de regiones que conforman el territorio nacional.
Igual o mayor atención debieran recibir también las zonas donde
tiene lugar el consumo de los energéticos, es decir, donde se les
utiliza como insumo del proceso productivo. Donde se encuentra
el dispendio energético que señala el Programa de Energía.

que
Visto así, la omisión/respecto al desarrollo regional hace el PE,
es doble. Una es con respecto a las zonas de consumo, y la otra,
en relación a la naturaleza del impacto en las zonas de explota-

ción petrolera. Analicemos ésta en primer término.

"Convertir (las zonas petroleras) en polos de desarrollo auténticos, capaces de multiplicar las oportunidades de empleo fuera de las grandes urbes, requiere encauzar de manera ordenada estos impulsos autónomos. Es necesario aumentar y abaratar la oferta de alimentos y de habitación, elevar la disponibilidad de infraestructura física y social, eliminar los cuellos de botella que impiden la expansión de sectores no petroleros y evitar el deterioro del medio ambiente" (PE, párrafo 23, subrayado nuestro).

El enunciado contiene la idea de integración regional a partir del petróleo, pero pasa por alto la naturaleza de los cambios que ello implica en las formaciones sociales anteriores. Admite los impactos negativos que a raíz de la actividad petrolera ocurren en la estructura social y económica de las regiones donde se localizan los yacimientos, pero los califica de cuellos de botella a los que habría que eliminar para dar paso a la diversificación de la economía regional y abatir con ello las carencias (alimentos, habitación, infraestructura) que estimulan la inflación local. Así, la organización social anterior a la explotación petrolera es calificada como difuncional al nuevo estado del crecimiento económico regional.

Esa interpretación de los polos de desarrollo ignora deliberadamente que los impactos ocurren, no sólo por la falta de planeación, sino fundamentalmente por las contradicciones que enfrentan en forma violenta dos procesos de trabajo y valorización diferentes.

Al penetrar violentamente la actividad petrolera en las rela-

ciones de producción preexistentes, lo que revelan los impactos son las contradicciones entre una forma de valorización monopolista avanzada, y otra, de orden tradicional descentralizada que se desenvuelve con sus propias contradicciones en el interior de la tierra agrícola, la ganadería y un incipiente capital financiero.

La cuestión es que ahora, por la magnitud y rapidez con que se extiende regionalmente la actividad petrolera, el impacto es en realidad la expresión de un dominio que crece aceleradamente sobre las formas de organización social anteriores, con lo que su influencia se extiende a todo el espacio, y no sólo donde se localizan estrictamente los yacimientos.

Como pivote de la nueva organización social, el petróleo requiere de su propio espacio. Un único espacio regional completamente dominado por él, donde las demás formas de organización y trabajo encuentren apenas un lugar subordinado, si acaso no desaparecen del todo como sugiere el PE al calificarlas como cuellos de botella que impiden la expansión de otros sectores, necesariamente compatibles con las formas monopolistas de valorización que imponen la industria al conjunto de la economía regional.

Al nuevo espacio habrá que construirlo prácticamente todo. Como si nada hubiera, ya que, a nuevas relaciones de producción corresponden nuevas formas urbanas. Lo existente es obsoleto por ese solo hecho. Así, la demanda de vivienda, servicios e infraestructura urbana es planteada incluso por la población existente que ya cuenta con ciertos servicios y no sólo por los inmigrantes. Además de ello, se hace necesario adecuar el espacio regional a una infraestructura moderna que refuerza la obsolescencia — y proletarización — de las formas sociales anteriores.

Todo ello, sin embargo, no es desarrollo regional sino simple y llanamente un acelerado proceso de dominación conducido por las formas monopolistas del capitalismo avanzado. En esto consiste la estrategia de ordenamiento territorial formulada por el Estado.

Puede advertirse que a las transformaciones del espacio regional las acompaña un incremento más que proporcional en el consumo de energía, condicionando la futura diversificación energética a favor de las tecnologías centralizadoras. La razón es la misma: se refuncionaliza el vínculo entre los procesos de industrialización y urbanización.

Pero la estrategia de ordenamiento territorial del Estado mexicano también se propone desconcentrar las grandes ciudades. El punto es que con ello se alteran también las formas de consumo energético. El Programa de Energía omite las contradicciones que presentan los objetivos territoriales y de crecimiento económico, con los de industrialización y los de ahorro o conservación energéticas. El hecho relevante en esto es que, omitiendo esas contradicciones, omite también los cambios profundos que ello implica en las relaciones de producción, base material y política del consumo energético.

De ello nos ocuparemos en los apartados ii y iii subsiguientes, pero conviene precisar los factores ^{principales} que determinan el consumo de energía en México.

Factores que determinan el consumo de energía:

El consumo energético en las regiones de México depende de la combinación de tres factores: la estructura que guardan entre sí los

diversos sectores de la economía regional, señaladamente el sector industrial respecto de los demás sectores; la tecnología o intensidad energética que es utilizada para alcanzar una unidad de producto (por ejemplo, un millón de pesos de bienes y servicios en el plazo de un año); y el proceso de urbanización o, más generalmente, las formas de ocupación territorial, cuya característica relevante en el país es la metropolización de la ciudad de México.

Puede afirmarse que, por los cambios que acarrea el progreso técnico en el uso de la energía (más rápidos que los habidos en la estructura sectorial y en el proceso de urbanización), el factor tecnológico es el más importante y sensible de los tres. No quiere esto decir, sin embargo, que por esa razón el consumo energético dependa solamente del factor tecnológico. Por el contrario, siendo menos sensibles al cambio, la estructura sectorial y el proceso de urbanización son dos factores que condicionan el consumo energético regional de una manera más estable, "dando lugar con ello a cierta inercia en los sistemas de la demanda energética, debido al tiempo prolongado que requiere cambiarlos significativamente" (WARS, 1981).

Pero ni éstos ni el factor tecnológico se explican por separado; los tres factores del consumo energético se encuentran interrelacionados entre sí y es de esa manera como se inscriben en el espacio regional. Puede advertirse que esas formas de inscripción son desiguales, conforme también lo es el desenvolvimiento regional de las propias fuerzas productivas, debido a la división territorial del trabajo. Hecho éste que explica la desigualdad que presentan las regiones en el uso de la energía, pero que, a diferencia de la división del trabajo entre países donde cada uno cuenta con su

propio modelo de acumulación de capital y uso energético (coeficiente de eficiencia energética; WAXS, 1981), la división del tra bajo al interior de un país obedece a un sólo modelo de acumulación distribuido desigualmente en el territorio, por lo que la desigualdad en el uso de la energía no es necesariamente un indicador de ineficiencia. El criterio para medir la eficiencia energética en el caso de varios países, podría no ser el único (en ocasiones, ni siquiera el más indicado) para estimar el caso de varias regiones al interior de un país. Entonces, el problema de analizar el consumo de energía comienza desde el método a seguir. En el anexo al término del presente texto se abunda sobre la regionalización y los conceptos de eficiencia.

NOTA: Las cifras que se mencionan a continuación están todas elaboradas con base a Litros Cúbicos de Petróleo Crudo Equivalente (LMPCE) cuya conversión en barriles de crudo es LMPCE = 4.8 barriles de petróleo crudo (densidad 0.877). Salvo aclaración contraria, el consumo de energía en esta parte del texto se refiere solamente a la energía secundaria (energía primaria menos los insumos de hidrocarburos y carbón destinados a la producción de energía eléctrica). LA demanda es nacional, es decir, sin exportaciones, aunque sí con importaciones cuando es el caso.

Fuentes: Las cifras regionales del consumo Agregado de energía pertenecen al IEP (Demanda Regional, Serie Energéticos, 1977). Las cifras desagregadas por sector y rama industrial corresponden a investigación documental (Marcado, A. Dimensión Energética del Espacio Regional en México: patrones de consumo energético por municipio y grupo económico censal -dos dígitos-, 1965-75). Todos los cálculos son de AN.

14 EFICIENCIA REGIONAL DEL CONSUMO ENERGETICO EN MEXICO

Si se atiende a una regionalización del país conformada ^a tres grandes espacios del PIB y la urbanización, pueden apreciarse los siguientes patrones del consumo energético (mapa 1 y cuadros 1 y 2).

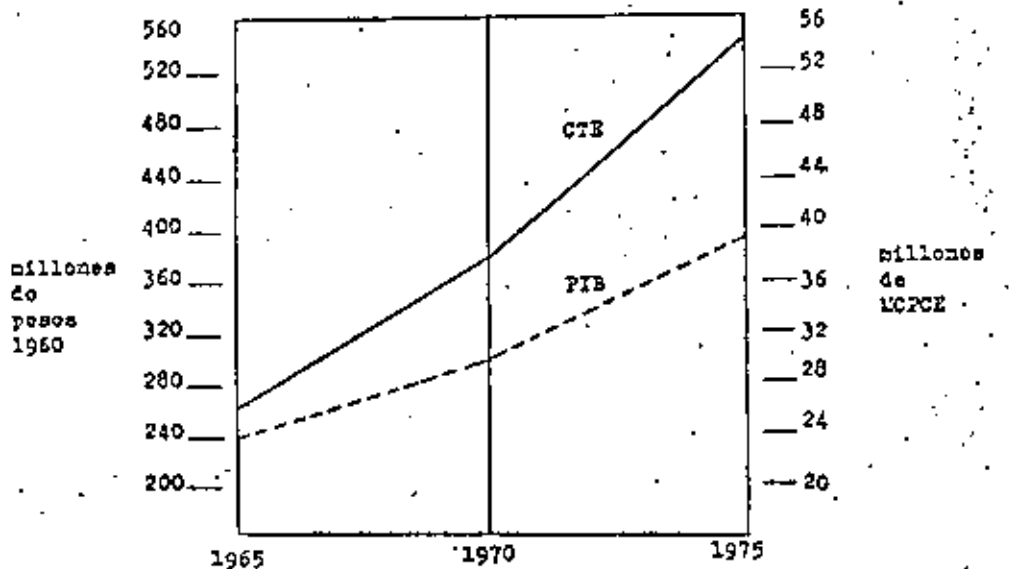
- CU 1. Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas
- 2. Jalisco, Colima, Michoacán
- 3. Veracruz
- 4. Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos
- AMCM 5. Área metropolitana de la ciudad de México
- MP 6. 17 entidades federativas restantes



Mapa 1. TRES GRANDES REGIONES DEL PAIS

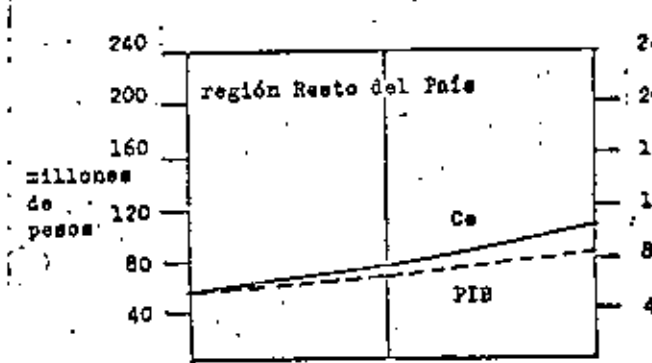
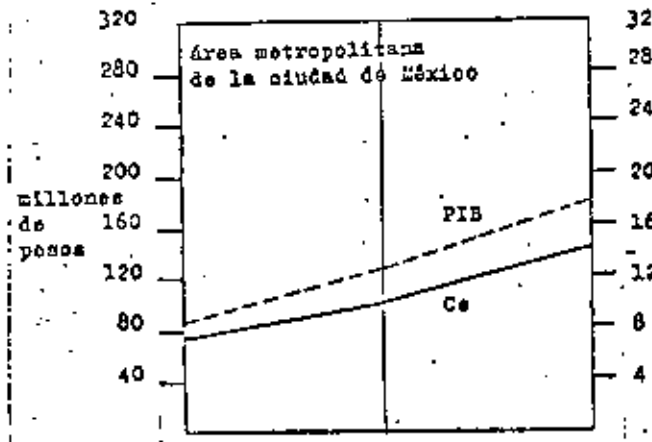
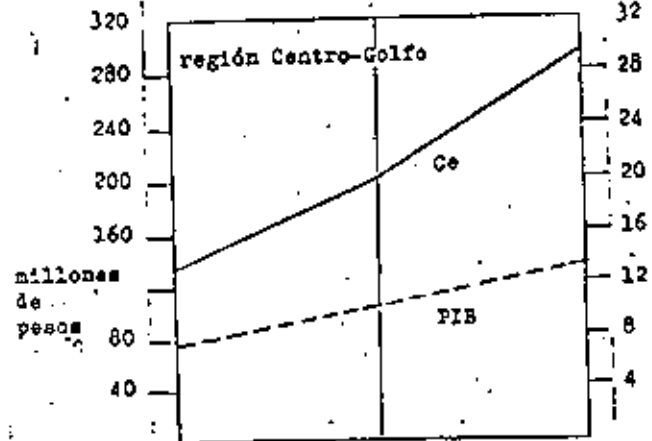
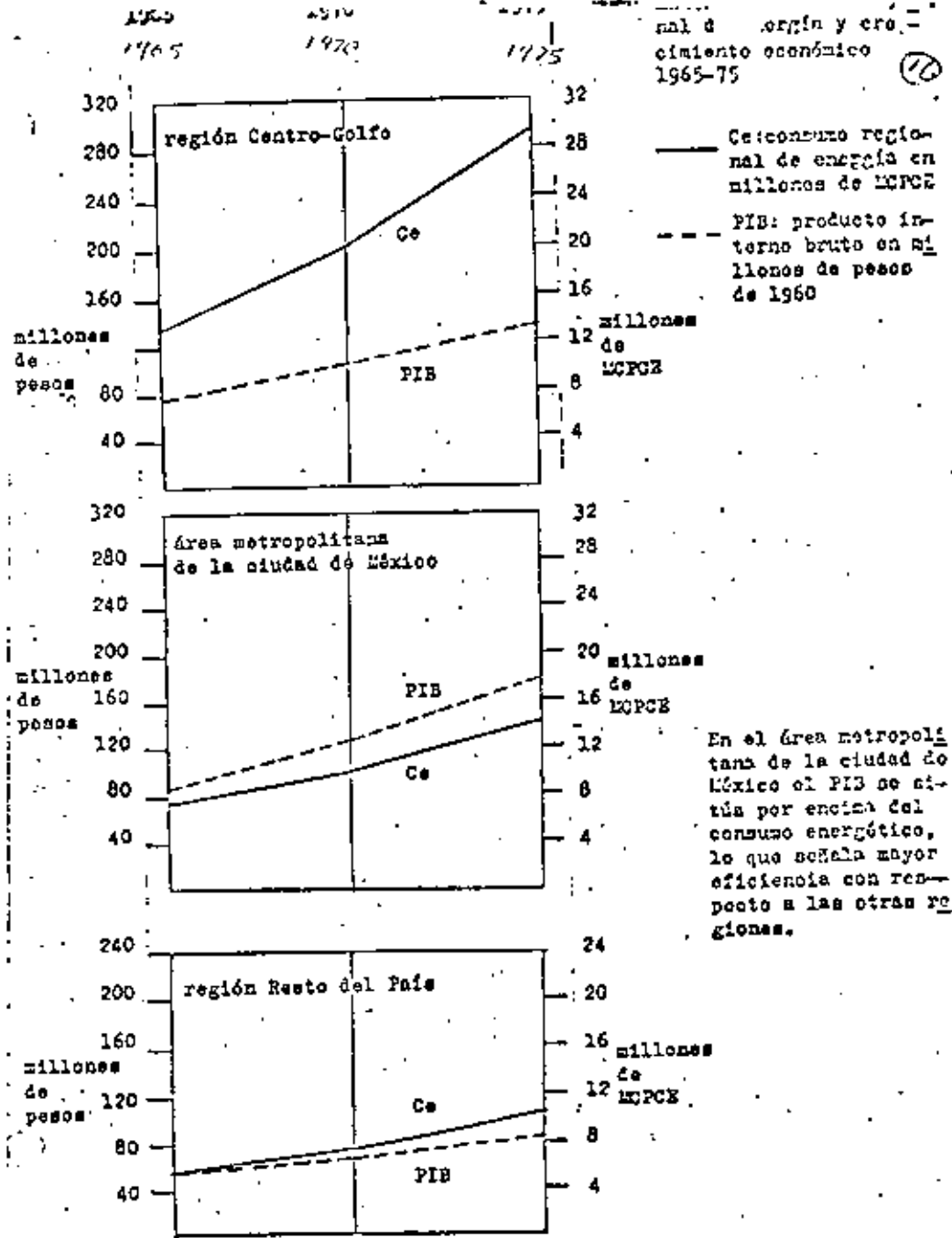
CUADRO 1

MEXICO. Relación consumo de energía y crecimiento económico 1965-75



———— CTE : consumo total de energía (MOPCE)
 - - - - - PIB : producto interno bruto (millones de pesos 1960)

La demanda interna de energéticos evolucionó a una tasa del 7.3% entre 1965 y 1975, sobrepasando al crecimiento de la población y al de la economía (PIB), cuyos valores fueron 3.5% y 6.4%, respectivamente.



Una manera de precisar los grados de eficiencia en el uso de la energía, es mediante la aplicación de modelos econométricos que articulen a las principales variables de la economía con las del sistema energético (Bergman, L., 1980, da cuenta de ello en un excelente trabajo sobre el estado del arte que guardan hoy los modelos energético-económicos). Para los propósitos de este trabajo nos serviremos de un modelo simple que relaciona el consumo de energía con el crecimiento del producto interno bruto (Martin, J-W, 1979), en términos de eficiencia energética. (cuadro 3) 1/.

Las diferencias son notorias. En efecto, de las tres regiones, el área metropolitana de la ciudad de México es la más eficiente en el uso de la energía cuando a ésta se le relaciona con el PIB y con la productividad del trabajo (E/PIB y $\frac{E}{PIB/pea}$, respectivamente) 2/; no así, en cambio, cuando se le relaciona con un indicador de bienestar o nivel de desarrollo socioeconómico (PIB/pob) 3/. En este último es la más ineficiente, incluso por un amplio margen.

Quiere esto decir que el área metropolitana de la ciudad de México es la unidad geográfica más eficiente del país en el uso de la energía, solamente cuando se le contempla como unidad económica de producción. En cambio, resulta la más ineficiente cuando se le contempla como espacio social. Dicho en otros términos: muy eficiente para el crecimiento económico, pero muy ineficiente para la reproducción social.

1/ Una versión detallada de este modelo por regiones y sectores económicos para México, se encuentra en un trabajo nuestro (Mercado, A. Un modelo de análisis en el consumo regional de energía: presentación y resultados. Serie Avances de Investigación, vol 2 núm. 4, jul 1981. DINEPE, UAM.

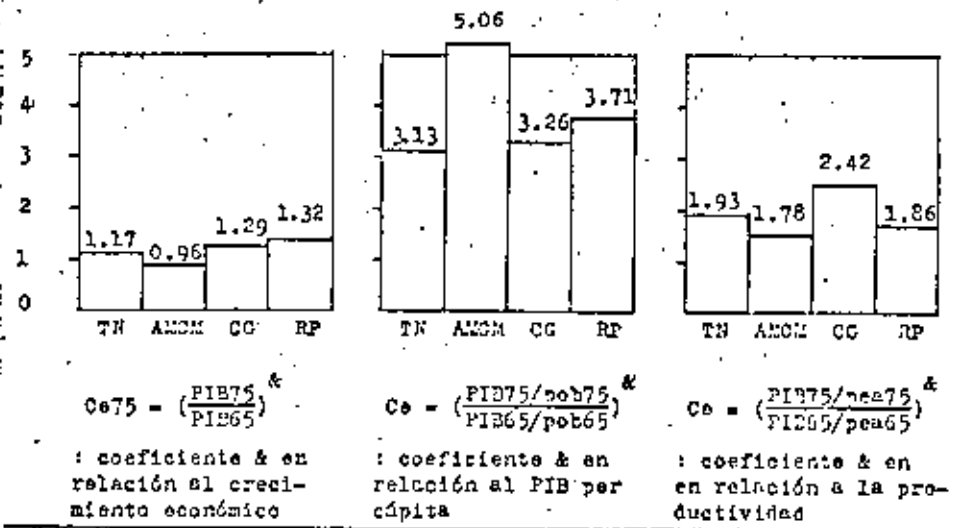
2/ y 3/ ver cuadro 3.

CUADRO 3
MEXICO. TRES COEFICIENTES DE ELASTICIDAD
EN EL USO DE LA ENERGIA POR REGIONES
1965-75

$$CTE_1 = CTE_0 (PIB_1/PIB_0)^{\lambda}$$

- donde CTE₁: consumo total de energía en el año uno
- CTE₀: consumo total de energía en el año cero
- PIB₁: producto interno bruto total en el año uno
- PIB₀: producto interno bruto total en el año cero

λ: coeficiente de elasticidad. Señala en forma relativa, la cantidad de energía utilizada durante un periodo del crecimiento económico de un país o de una región determinada /



$$Co75 = \frac{PIB75}{PIB65}^{\lambda}$$

λ: coeficiente λ en relación al crecimiento económico

$$Co = \frac{PIB75/pob75}{PIB65/pob65}^{\lambda}$$

λ: coeficiente λ en relación al PIB per cápita

$$Co = \frac{PIB75/pea75}{PIB65/pea65}^{\lambda}$$

λ: coeficiente λ en relación a la productividad

/ Cuando el coeficiente de elasticidad (λ) es observado históricamente, su determinación obedece a la siguiente forma:

$$\begin{aligned} a &= bx^n \\ x^n &= a/b \\ n \log x &= \log a/b \\ n &= \log \frac{a}{b} \log x \end{aligned}$$

- donde a equivale a CTE₁
- b equivale a CTE₀
- x equivale a PIB₁/PIB₀
- n equivale a λ

Una forma más compacta es $\frac{\Delta E/E}{\Delta PIB/PIB} = \lambda$ (Slusser, M., 1978)

CUADRO 4
MEXICO. DENSIDAD DEL CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA. 1975

	TN	AMCM	CG	RP
1: Densidad de consumo energético.	28	5920	42	10
2: Densidad de población	30	5000	44	14

1: metros cúbicos de petróleo crudo equivalente por kilómetro cuadrado

2: número de habitantes por kilómetro cuadrado

NOTA: las cifras también señalan el consumo de energía por habitante.
Fuente:

La ineficiencia energética de la ciudad de México cuando es contemplada como espacio social se aprecia claramente en el cuadro 4. El consumo de energía por habitantes es más alto que el de las otras dos regiones. En consecuencia, también es más alto que el promedio nacional: cada nuevo habitante en la ciudad de México es objeto de un consumo de energía más que proporcional al de otro habitante localizado en cualquier ^{otra} parte del territorio nacional.

No obstante, la ineficiencia es todavía mayor en razón de las densidades. Con mucho, la ciudad de México es la unidad geográfica del país que presenta mayores grados en las densidades de población y consumo energético, es decir, el sitio donde la contaminación debida al uso intensivo de la energía (calor, humos, olores, gases tóxicos, desechos, etcétera) alcanza magnitudes ya inconvenientes incluso para la vida humana.

Pero no es eso lo que se desconoce, sino las características de la ciudad de México como unidad económica eficiente en el uso privado de la energía (acumulación privada de capital), que se contradice con las necesidades sociales de salud y bienestar socioeconómico.

CUADRO 5
MEXICO. PRODUCTO INTERNO BRUTO POR SECTORES Y REGIONES. 1975
(millones de pesos de 1960)

	AMCM	CG	RP	TN
Industrial	68739	53399	20188	142326
"Otros sectores"	104867	64467	68467	257733
Total	173606	137798	88655	400059

Otros: doméstico, servicios y agrícola.

MEXICO. PRODUCTO INTERNO BRUTO POR SECTORES Y REGIONES. 1975
(estructura porcentual)

	AMCM		CG		RP		TN	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Industrial	39.6	48.3	38.7	37.5	22.8	14.2	35.5	100
"Otros sectores"	60.4	40.7	61.3	32.8	77.2	26.5	64.5	100
Total	100.0	43.4	100.0	34.4	100.0	22.2	100.0	100

Industrial: incluye minería, energético, industrial y construcción
"Otros sectores": incluye agropecuario, comercio y finanzas, transporte y otros servicios.

AMCM: Área metropolitana de la ciudad de México

CG: región Centro Golfo

RP: región "resto del país"

TN: total nacional

a: porcentajes verticales (estructura del PIB regional)

b: porcentajes horizontales (estructura del PIB sectorial)

FUENTE: elaboración de AM en base a varias fuentes oficiales (Serie Avances de Investigación, DEB-FK, UNAM, 1981)

CUADRO 6

MEXICO. CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA SECUNDARIA
1975
(miles de metros cúbicos de petróleo crudo equivalente)

	AMCM	CG	RP	TN
Industrial	6 116	8 427	5 317	19 860
Energético	- - -	6 733	2 021	8 754
Transportes	6 082	6 965	4 876	17 922
Otros	2 069	4 882	917	7 869
Total	14 267	27 007	13 131	54 405

Otros: doméstico, servicios y agrícola.

MEXICO. CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA SECUNDARIA
1975
(estructura porcentual)

	AMCM		CG		RP		TN	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Industrial	42.9	30.8	31.2	42.4	40.5	26.8	36.5	100
Energético	- - -	- - -	25.0	76.9	15.4	23.1	16.0	100
Transportes	42.6	33.9	25.8	38.9	37.1	27.2	33.0	100
Otros	14.5	26.3	18.0	62.0	7.0	11.7	14.5	100
Total	100.0	26.7	100.0	49.7	100.0	24.1	100.0	100

AMCM: área metropolitana de la ciudad de México

CG: región Centro-Golfo

RP: región "resto del país"

TN: total nacional

a: porcentajes verticales (estructura del consumo por región)

b: porcentajes horizontales (estructura del consumo por sector)

PUENTE: Elaboración de AM en base a varias fuentes (Serie Avances de Investigación, SEP-PE, UNAM, 1981)

Los cuadros 5 y 6 permiten destacar los tres factores que determinan el consumo regional de energía en México, a saber: la estructura sectorial, la intensidad energética y el proceso de urbanización.

CUADRO 7

MEXICO. FACTORES DEL CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA

	E.	PIB	E/PIB	E/URB	URB	
TN	Industrial	19.8	142	0.13	-	-
	"Otros sectores"	34.6	258	0.13	-	-
	TOTAL	54.4	400	0.13	2.6	34
AMCM	Industrial	6.1	68	0.09	-	-
	"Otros sectores"	8.1	105	0.07	-	-
	TOTAL	14.2	173	0.08	1.6	71
CG	Industrial	8.4	53	0.15	-	-
	"Otros sectores"	18.6	81	0.22	-	-
	TOTAL	27.0	137	0.19	3.5	26
RP	Industrial	5.3	20	0.26	-	-
	"Otros sectores"	7.8	68	0.11	-	-
	TOTAL	13.1	88	0.14	3.0	22

E: millones de metros cúbicos de petróleo crudo equivalente

PIB: miles de millones de pesos de 1960

E/PIB: miles de metros cúbicos de petróleo crudo equivalente por cada millón de pesos producido en bienes y servicios

E/URB: metros cúbicos de petróleo crudo equivalente por persona que vive en ciudades de 40 mil habitantes o más. (NOTA: la población urbana del AMCM es un poco menor a la suma de las otras dos regiones: 8.6 y 12 millones, respectivamente, con lo cual, de hecho se está comparando el consumo energético por habitante de dos espacios urbanos casi equivalentes en tamaño)

URB: (grado de urbanización); porcentaje de la población que vive en ciudades de 40 mil o más habitantes, con respecto a la población total de la región.

Fuente: cuadros 5 y 6

Aunque es muy clara la participación desigual que presenta cada uno de los factores del consumo energético en las tres regiones del país, el cuadro 7 resulta insuficiente para explicar cuál de ellos es el que determina al resto. Haría falta precisar la evolución de estos factores en el tiempo, a la luz de la división territorial del trabajo, refiriéndola particularmente al problema de los ciclos económicos y al sistema de precios internos mediante el cual se efectúan las transferencias, no sólo en lo que se refiere al valor de la energía, sino también, y muy especialmente, al de todos los demás insumos que participan en el proceso productivo 4/. Tema éste, el de la división del trabajo, los precios y los ciclos económicos, que son de la mayor relevancia para explicar el curso desigual por regiones —y clases sociales— que ha seguido el crecimiento económico de México durante su industrialización.

Sin duda también haría falta referirse a la naturaleza dependiente de la economía mexicana y a las características de la propia industrialización.

La diferencia neta entre importación y exportación de mercancías que secularmente acusa la economía mexicana, pone de manifiesto la insuficiencia de la planta productiva nacional para cubrir sus propias necesidades, lo que, además del déficit que eso implica en la

4/ No de otra manera cabe analizar el impacto de los precios de la energía en el conjunto de la sociedad, pese a la baja participación relativa que tiene en los costos totales. "La eficiencia, en términos económicos, se refiere a la combinación de insumos que presenta un menor costo por unidad producida. En economía de la energía se usa el término para designar la eficiencia con que los energéticos se articulan (o se sustituyen) con los demás factores de la producción, sin detener el crecimiento de la economía en su conjunto" (Bergman, L., 1980). Además en este campo el problema de los

balanza comercial, también revela dependencia hacia una tecnología externa que para producir sus mercancías utiliza un coeficiente de capital y energía muy por encima del utilizado internamente en México 5/. Eso hace de la economía mexicana un exportador de capitales (por vía del deterioro en el intercambio comercial) y un importador de energía valorizada (implícita en las mercancías y maquinaria importadas). A ellas se suma la inversión extranjera, en cuya remisión de utilidades al exterior va implícita una transferencia de valor proveniente de los recursos internos, energía secundaria entre otros.

De cualquier manera, resulta de la mayor relevancia comprobar las diferencias regionales que presenta en México el uso de la energía. Y comprobar, asimismo, que se trata de factores cuya permanencia es a largo plazo (ZAES, 1981; Hefela, X., 1978; Darnstadter, J. et al, 1977 y 1979). Véase cuadro 8.

.... costos de producción es más complejo, por tratarse en su mayoría de recursos naturales no renovables para los que la teoría económica no tiene todavía una respuesta satisfactoria (Kartí, J-L., 1979).

5/ Ciertamente que este desequilibrio externo ha presentado variaciones en el tiempo. Más generalmente podrían citarse dos etapas: la de sustitución de importaciones de bienes de consumo entre 1939-59 y la de sustitución de importaciones de bienes intermedios y de capital entre 1959-70, que han implicado cambios importantes en el proceso de industrialización en México (Villarreal, R., 1976), y cabe decir, también en el proceso de urbanización. Un análisis más detallado del consumo regional de energía en México tendría que tomar en cuenta esas variaciones, de orden estructural.

25

CUADRO 8
MEXICO. COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGETICA REGIONAL

(Número de barriles de crudo equivalente por cada 10 millones de pesos de 1960 en bienes y servicios (PIB), a razón de 4.8 barriles por cada mpcce)

1975
valores absolutos

	ANCM	CG	RP	TN
Industrial	4.27	13.62	17.44	9.65
"Otros sectores"	3.73	6.74	4.06	4.80
Total	3.94	9.40	7.10	6.52

valores relativos
base ANCM (Total) = 100

	ANCM	CG	RP	TN
Industrial	108	345	443	245
"Otros sectores"	94	171	103	122
Total	100	238	180	165

Industrial: incluye minería, energético, industrial y construcción.

"Otros sectores": incluye agropecuario, comercio y finanzas, transporte y otros servicios.

mpcce: metros cúbicos de petróleo crudo equivalente

Fuente: cuadros 5 y 6 (elaboraciones de AM en base a varias fuentes oficiales; Serie Avances de Investigación, vol 2 núm 4, Jul 1981. DZPFZ, UNAM.

26

Concentración Industrial:

Otros aspectos no menos importantes en el uso de la energía por sectores y regiones del país, se relacionan con ciertas características relevantes de la concentración industrial que, para los efectos de la acumulación de capital, se manifiestan significativamente como economías internas de escala y economías externas de aglomeración.

CUADRO 9
MEXICO. CONCENTRACION INDUSTRIAL EN RELACION CON EL CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA. 1975

(porcientos verticales con respecto al total nacional del sector industrial, excepto las columnas 7, 8 y 9)

	go	co	vp	vi	af	ne	p	tp	cto
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TN	20	17	18	21	13	47	74	6	75
	30	11	12	12	15	1	187	70	209
	33	14	4	3	9	7	96	12	150
	34	17	10	10	12	-	194	263	262
	suma	59	44	46	49	55	-	-	-
	TSI	100	100	100	100	100	107	14	100
ANCM	20	6	6	8	2	9	101	7	63
	30	4	7	7	5	-	192	76	111
	33	4	1	1	3	-	217	34	154
	34	3	2	2	2	6	149	292	139
	suma	17	18	18	12	9	-	-	-
	TSI	36	49	50	32	28	119	21	78
CG	20	8	6	6	6	23	68	5	75
	30	6	4	4	10	-	184	74	387
	33	8	1	1	4	4	88	10	143
	34	12	7	7	8	-	228	444	328
	suma	34	18	18	18	27	-	-	-
	TSI	48	37	34	50	45	108	13	121
RP	20	5	5	7	4	15	60	4	85
	30	-	-	-	-	-	140	49	137
	33	2	1	1	1	1	82	6	168
	34	1	-	-	-	-	104	260	389
	suma	8	6	8	5	16	-	-	-
	TSI	16	14	16	17	26	73	9	102

véanse las notas en la hoja siguiente
Fuente: DGE, SID X Censo Industrial 1975

...
CUADRO 9

notas:

- columna 1. gc: GRUPO CENSAI, dos dígitos del Catálogo Mexicano de Actividades Económicas (Industrias Extractivas y de Transformación).
 20: Fabricación de Alimentos
 30: Industria Química
 33: Fabricación de Productos Minerales No Metálicos; Excepto del Petróleo y del Carbón Mineral
 34: Industrias Metálicas Básicas
- columna 2. ce: CONSUMO DE ENERGÍA; compra de combustibles y lubricantes + compra de energía eléctrica
- columna 3. vt: VALOR DE LA PRODUCCIÓN BRUTA TOTAL
- columna 4. vi: VALOR TOTAL DE LOS INSUMOS
- columna 5. af: VALOR DE LOS ACTIVOS FIJOS
- columna 6. nb: NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS
- columna 7. p: PRODUCTIVIDAD; valor agregado censal por persona ocupada
- columna 8. tp: TAMAÑO DE LAS PLANTAS; número de personas ocupadas por establecimiento
- columna 9. cto: COMPOSICIÓN TÉCNICA DEL CAPITAL; valor de los activos fijos por persona ocupada
- "suma" : señala para las columnas 2 a 6 la suma de los porcentajes pertenecientes a los grupos censales 20, 30, 33 y 34
- TSI : TOTAL DEL SECTOR INDUSTRIAL; señala el 100 por ciento para el Total Nacional y el porcentaje correspondiente para cada una de las tres regiones

La raya horizontal (-) señala para las columnas 2 a 6 que los valores correspondientes son menores que 1.0, y para las columnas 7 a 9, señala que el valor no existe.

Según se aprecia en el cuadro 9, la mayor concentración en la productividad y en el tamaño de las plantas, combinados con la menor composición técnica del capital, dan como resultado una mayor eficiencia del área metropolitana de la ciudad de México en el consumo energético del sector industrial. También resalta el hecho que sea prácticamente igual el valor de los insumos en las tres regiones del país, haciendo ver que para la localización industrial en México, no cuenta demasiado la proximidad de los recursos ni el costo de transporte, sino el mercado y las ventajas de aglomeración.

Al respecto, algunas observaciones empíricas sugieren la presencia de factores que condicionan la eficiencia (intensidad) con que son utilizados regionalmente los recursos. La energía, entre ellos. De una parte, marcados contrastes entre la naturaleza y tamaño de las plantas industriales de las distintas regiones del país; es decir, diferencias marcadas en la dimensión de los establecimientos y diferencia en la tecnología utilizada. Y de otra, circunstancias regionales específicas en relación con la disponibilidad de infraestructura, energía, mano de obra calificada, etcétera.

Economías internas de escala, unas, y economías externas de aglomeración, las otras, son causas de las diferencias interregionales de eficiencia en la industria manufacturera (H. Laos, E., 1980).

Más específicamente, en el marco del presente texto, estas diferencias regionales en la intensidad del uso que presentan los recur-

son (energía, entre otros) es debido al grado de concentración industrial y a los efectos útiles de aglomeración concentrados en las grandes ciudades 6/. Son esas las bases de la productividad, bases tecnológicas, sobre las cuales han crecido las fuerzas productivas en el periodo de cincuenta años (1930-80, cuadro 10) que marca una etapa significativa de la industrialización en el país.

6/ "la ciudad -dice Topalov- constituye una forma de socialización de las fuerzas productivas. Para el capital el valor de uso de la ciudad reside en el hecho de que es una fuerza productiva, porque concentra las condiciones generales de la producción capitalista. Este sistema espacial constituye un valor de uso específico, diferenciado del valor de uso de cada una de sus partes consideradas separadamente; es un valor de uso complejo que nace del sistema espacial, de la articulación en el espacio de valores de uso elementales". Son esos, dice, los valores de uso complejo, efectos útiles de aglomeración. (Topalov, C., 1979).

El razonamiento había sido expuesto por Marx al referirse a "las formas de trabajo de muchos obreros coordinados y reunidos con arreglo a un plan o simplemente enlazados entre sí, que constituyen la cooperación, la cual no tiende solamente a potenciar la fuerza productiva individual sino a crear una fuerza productiva nueva..." (Marx, C, El Capital, tI, Cooperación).

cuadro 10 MEXICO. CRECIMIENTO DE LAS FUERZAS PRODUCTIVAS
1929-1977

(Carmona, F. El desarrollo económico de México, 1929-79;
Gaceta UNAM, vol III núm 22, 1979)

CUADRO 1
MEXICO. CRECIMIENTO DE LAS FUERZAS PRODUCTIVAS. 1929-1977
Algunos indicadores oficiales.

CONCEPTOS	UNIDADES	1929	1950	1977	1929/50	1950/77	1977/28
1. Población	Miles	16 550 (3)	25 791	64 594 (5)	22	35	29
a) Urbana	ibid.	5 541 (3)	10 933	38 562 (5)	35	48	47
b) Rural	ibid.	11 012	14 858	26 021 (5)	15	23	18
2. Población económicamente activa	ibid.	5 151 (3)	5 272	18 043 (5)	24	29	27
3. Producto interno bruto (PIB)	Miles pesos (pesos 1960)	35 662	83 394	409 500	40	61	52
b) Agropecuario	ibid.	9 475	15 432	37 448	24	33	29
c) Ind. Minera, sideria	ibid.	5 521	16 004	95 705	57	68	61
d) Comercio y servicios	ibid.	15 466	48 628	275 217	56	58	57
4. PIB por habitante	(pesos 1960)	2 251 (3)	3 230	6 340	14	26	22
5. Inversión fija bruta	Miles pesos (pesos 1960)	nd	11 286	87 914	nd	27	nd
a) Privada	ibid.	nd	5 656	41 358	nd	26	nd
b) Estatal	ibid.	784	5 600	41 756	98	27	86
6. Índice de producción industrial	(1950=100)	30	47	332	0	0	0
7. Petróleo	Miles de m ³						
a) Crudo	Miles de m ³	7 105	11 247	67 818	22	66	46
b) Refinado	ibid.	5 044 (6)	8 749	48 945	47	66	60
8. Electricidad	Miles kWh	1 528 (4)	4 423	50 051	65	94	83
9. Exportación (1)	Miles						
10. Importación (1)	(Bis. Cies. 1)	1 275	587	6 093	59	66	56
11. Presupuesto federal de egresos	Miles pesos (pesos 1960)	2 180	7 250	73 688	62	90	78
12. Recursos bancarios totales	ibid.	3 894	21 409	170 758 (2)	43	80	81

FUENTES: Anexo N° 1, del 2° Informe de Gobierno del Ex. José López Portillo. Nacional Financiera. Statistical of the Mexican Economy. México, 1974. Secretaría de Programación y Presupuesto. Boletín de Información Económica Vol. II, N° 11. Noviembre de 1979. Secretaría de la Presidencia. México. Inversión Pública Federal (1925-1960). México. IEGE. Secretaría de Economía. Dirección General de Estadística. Compendios Estadísticos, 1947 y 1956-1967. Estadísticas Mexicanas. Anuario estadístico 1977. Encuesta Anual de los Mercados, 1977-1978. México, 1978.

NOTAS: (1) Comprende sólo mercancías.
(2) Datos para 1976.
(3) Datos para 1929.
(4) Datos para 1922.
(5) Estimaciones.
(6) Datos para 1928.

111: PROGRAMA DE ENERGIA Y OTROS ESCENARIOS ALTERNATIVOS

Escasez de petróleo:

Pese a las cuantiosas reservas de petróleo con que cuenta México, puede afirmarse que desde el punto de vista de la economía de la energía 7/ , enfrenta una escasez relativa de petróleo en términos del costo de oportunidad debido a los ingresos de divisas que deja de recibir el país por cada barril que consume internamente, o bien, por los que deja de utilizar como materia prima para ser transformados en bienes y servicios.

Es en ese sentido que México, pese a todo, no es ajeno a las medidas obligadas de racionalización y ahorro energético que efectúan los países donde el petróleo es escaso o nulo en absoluto, y que por esa razón desde ahora se enfrentan al problema de la sustitución de energéticos. Muy pronto este país también tendrá que hacer lo mismo, y en éste ya el momento de decidir por dónde comenzar, dada la inercia que presentan los sistemas energéticos en el tiempo.

Como se sabe, en pocos años México habrá de duplicar su población cuyo afluente será preferentemente en los espacios urbanos. Si ello

7/ La expresión economía de la energía se usa en Francia para designar el "estudio científico del uso de la energía y de sus soluciones programáticas y técnicas, cuya puesta en práctica facilite una gestión económica de los recursos energéticos y sus respectivos consumos en los sectores (y regiones) de un país" (México, Comisión de Energéticos, SERPAPIN; boletín informativo del sector energético, año 2 núm 9, sep 1978). Difiere del término conservación de la energía (utilizado en Inglaterra, EU y América Latina) en que éste

no se tiene en cuenta desde ahora, los nuevos espacios de la ciudad y el campo se estarán construyendo indiscriminadamente sobre la base de la disponibilidad y el costo barato de la energía. Las consecuencias de actuar así pueden preverse fácilmente: llegado el momento de la escasez y la valorización súbita de los nuevos energéticos, la obsolescencia no se hará operar en los espacios diseñados para actuar con energía barata, poniendo así en predicamento la base material urbana e industrial sobre la que descansa el modelo mismo del crecimiento económico del país. Pases, días dos, debe recordarse, también de profundo contenido social.

Aquí, entonces, se retoma el propósito que anima a la presente nota: señalar algunas implicaciones -omisiones, contradicciones- que el Programa de Energía (PE) presenta en el consumo energético de México debido, de una parte, a los cambios bruscos que el PE introduce en la industrialización del país, y de otra, a los cambios consecuentes en el proceso de urbanización. Ya se vió en el apartado II la importancia de éstos como factores del consumo energético. Veremos ahora sus implicaciones en un proyecto de política económica a largo plazo.

Excepción del Programa de Energía:

La gráfica 1 ilustra las implicaciones a largo plazo de dos escenarios alternativos de política económica en México. Dice el PE:

"Ambos escenarios consideran las actuales reservas

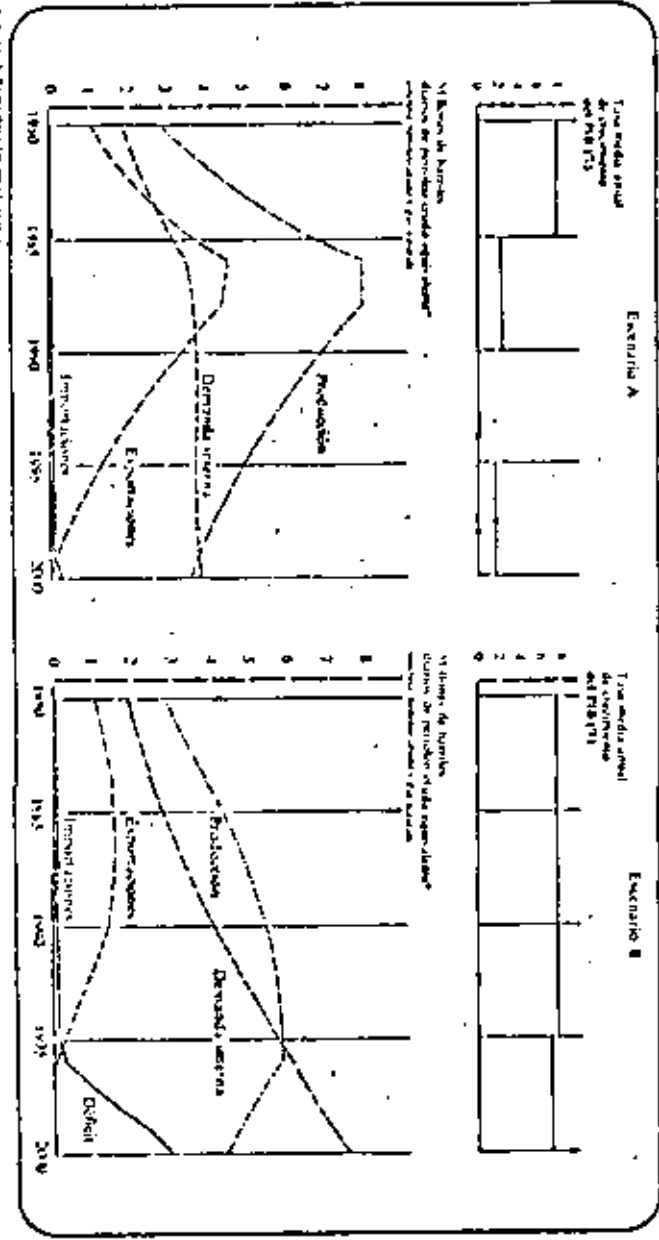
.... se limita a las "necesidades de mantener estables las relaciones entre reservas y consumo de los diversos recursos energéticos, regulando o disminuyendo en lo posible las tasas de crecimiento en la demanda" (México, Comisión de Energéticos, op cit)

probadas de hidrocarburos, aunque los resultados no cambian fundamentalmente si se incluyen también las reservas probables. El escenario A supone un deterioro de la posición externa de las ruinas petroleras, lo que hace necesario elevar la exportación de hidrocarburos para cubrir el déficit de balanza de pagos y sostener de esta manera el crecimiento económico. Sin embargo, bajo este escenario, ya desde la segunda mitad de los ochentas se enfrentarían limitaciones a la producción de petróleo y gas, lo que impediría seguir elevando su exportación. Para preservar la vida de las reservas, dicha producción tendría incluso que disminuir. Mantener el déficit externo dentro de márgenes financierables requeriría, en consecuencia, reducir el crecimiento de la economía para abatir las importaciones de bienes y servicios.

En cambio, el escenario B plantea una política económica como la adoptada por el presente gobierno, que se orienta a fortalecer a la industria y a recuperar del estancamiento a la agricultura. En este caso, para satisfacer las necesidades de divisas de una tasa de crecimiento del 8 por ciento a largo plazo, sería suficiente la exportación de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo y 300 millones de piec cúbicos de gas natural al día, ya que otros sectores productivos harían la contribución complementaria. Aunque la producción de hidrocarburos seguiría aumentando, ello serviría para nutrir la expansión de la demanda interna, lo que incluso podría generar a finales de siglo un déficit de energía a cubrirse con importaciones u otras fuentes. Para ese entonces, no obstante, se habría completado la transición hacia una economía industrial autosostenida y hacia una estructura energética diversificada".

Con el Programa de Energía -dijimos en la página 7- se refuncionaliza el vínculo entre el proceso de industrialización y el de urbanización; esto es, se refuncionalizan las bases técnicas y materiales de la producción, propiciando con ello un incremento más que proporcional en el consumo de la energía y condicionando la futura

Crecimiento económico y producción de hidrocarburos
Proyección con reservas totales de 60 mil millones de barriles



diversificación energética al uso casi único de tecnologías centralizadoras (nuclear, en primer término). La razón es simple: se modifican los anteriores requerimientos técnicos con el nuevo propósito de reproducir aceleradamente el capital y la fuerza de trabajo en niveles superiores de eficiencia y explotación, conforme al nuevo modelo de crecimiento económico concentrado. La gráfica 1 ilustra esto con claridad.

RESUMEN:

Un crecimiento económico acelerado del 8 por ciento anual, teniendo como base la industrialización acelerada; y una política para mejorar la eficiencia energética en los sectores industrial y de transportes, principalmente (gráfica 2), con elementos cuyo efecto combinado es el de una mayor concentración en el uso del espacio regional. Refuerzan la concentración urbana e industrial existentes, particularmente las referidas a las áreas metropolitanas del país donde se sitúan los capitales de naturaleza oligopólica.

ANEXO

La combinación de todos esos elementos conforma un cuadro de necesidades energéticas que sólo pueden ser cubiertas mediante el uso, casi único, de tecnologías centralizadoras y "sucias" en lo que a medio ambiente se refiere. (gráfica 3). La cuestión de fondo es ésta.

No se trata de un asunto relacionado solamente con las tasas de crecimiento o con la contradicción de ciertas variables macroeconómicas en relación a la energía y los espacios regionales (de cuyo importante, pero corregible en alguna medida), sino, muy particularmente, se trata de un proyecto de política económica a largo plazo cuya racionalidad implica profundizar todavía más la concentración y centralización de los capitales nacionales y extranjeros; sólo que esta vez frente a una situación de escasez relativa de energéticos. La cuestión de fondo es ésta: el estilo de desarrollo.

DECLARACION METODOLOGICA

*criterio para dividir el territorio nacional en sólo tres grandes regiones:

El desarrollo de las fuerzas productivas en la escala regional se ve condicionado por las relaciones de producción dominantes, de tal manera que, entre distintas relaciones de producción, procederán desarrollos distintos de las fuerzas productivas. En consecuencia, de las distintas relaciones de producción que ocupan un territorio, depende el consumo regional de energía.

Un estudio detallado del consumo regional de energía, impondría conocer antes las distintas relaciones de producción por regiones del país en lo que toca a sus características propias, ritmos de crecimiento (o involución, en el caso de regiones deprimidas) y formas de articularse con relaciones de producción distintas.

Sin embargo, si el estudio del consumo regional de energía se propone conocer las tendencias centrales, a efecto de referirlas después al modelo de crecimiento y reproducción de la economía nacional, entonces cabe efectuar el estudio en relación a los procesos regionales dominantes. Y en México esos procesos regionales dominantes se encuentran en la industrialización y la concentración urbana, de lo que resulta que, pese a las diferencias manifiestas, tendencialmente México es un país cuyos espacios regionales no presentan una estricta diferenciación en lo que a relaciones de producción se refiere, debido a la homogeneidad relativa que sobre el espacio regional alcanzó en su momento la reforma agraria (Gliveira, F., 1981) y ahora el capitalismo de formas oligopólicas avanzadas 1/.

Según esto, las diferencias regionales en México obedecen a las

1/ Siguiendo un razonamiento semejante para Brasil, F. Henrique Cardoso (1981), dice que "la urbanización -presente- es el producto de la vigorosa irrupción del capitalismo oligopólico. Este rompió el precario equilibrio anterior en la relación campo-ciudad (o sea, dice FHC, renueva la división social del trabajo) e incluso antes de permitir la constitución de una base urbana compatible con la nueva sociedad, pone a todos los hombres en la misma bolsa y la cierra con la especulación de la tierra urbana, juntando áreas ricas con áreas paupérrimas, sin que muchas veces ni unas ni otras posean la base infraestructural de agua, luz, desagües, teléfonos, etcétera, que son

....

distintas relaciones entre el campo y la ciudad -y entre ciudades- motivadas por la división del trabajo, y no estrictamente a distintas relaciones de producción. Aspecto éste que no invalida la existencia de formas de producción atrincaadas, pero que las ubica en términos de su articulación regional con el modo de producción dominante (Bartra, R., 1978; Lipietz, A., 1979).

En relación, entonces, con los procesos regionales dominantes, el consumo de energía se ubica en la diferenciación (desarrollo desigual) de las fuerzas productivas en su escala regional y no en las distintas relaciones de producción. A esa razón obedece la subdivisión del territorio nacional en sólo tres grandes regiones.

También hay otra razón, de orden práctico: el único estudio sobre el tema que existe en México es el realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo bajo el título de Demanda Regional, Serie Energéticos; México, 1977. Allí se divide el territorio nacional en 10 regiones, con apego a la presencia mayor o menor de ciertos indicadores de orden socioeconómico que la Secretaría de la Presidencia (hay Secretaría de Programación y Presupuesto) efectuara en 1975, y atendiendo, asimismo, a la localización de los centros de distribución o agencias de ventas de Petróleos Mexicanos y a las divisiones operativas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 1977, capítulo Criterios de Regionalización para el Sector Energético). Para una mayor documentación regional del consumo energético en México, remitimos al interesado a la fuente citada.

Pero el propósito que anima al presente texto no se alcanza con dividir en más porciones regionales el territorio nacional, por más que así se apreciarían con detalle los elementos constitutivos de la desigualdad, ahora ocultos por el exceso de agregación en el análisis. Al respecto valga señalar que esta investigación se ocupa en la actualidad del análisis a nivel de municipios relevantes y subgrupos censal (tres dígitos del Catálogo Mexicano de Actividades Económicas). Aún así se estaría muy lejos todavía de una explicación consistente, si no antes se define operativamente la naturaleza del espacio regional.

El asunto es, cómo introducir la dimensión espacial en el Análisis

.... características de la modernidad. (Al respecto) cabe decir que la moderna ciudad subdesarrollada es el locus por excelencia de la forma masiva de explotación capitalista. Es en ella que la masa de asalariados sufre homóneamente los efectos de la civilización capitalista-oligopólica".

del consumo energético de un país, sin el riesgo de perderse en el método? ¿Acaso como unidades geográficas excluyentes entre sí, en orden a la presencia de ciertos fenómenos económicos y sociales? ¿O como fracción de un sólo espacio nacional donde ocurren procesos distintos de trabajo y valorización, conforme al modelo dominante de crecimiento económico? ¿O simplemente como cuestión regional entre clases sociales, Estado y acumulación de capital?

No es poco lo que se conoce acerca de las características que presenta en México el consumo nacional de energía, pero sin conocerlo a fondo, difícilmente podrá formularse todo el abanico de políticas que el asunto merece desde la crisis de 1973. Una de las interrogantes es precisamente la dimensión regional del consumo energético, pero el problema se presenta complejo en tanto no es clara todavía la manera de utilizar "la cuestión regional" como elemento explicativo de un asunto nacional, como es el de la energía en México.

Tratándose de un trabajo que cabe calificar de "economía aplicada", la presente investigación se propone seguir adelante bajo el supuesto de una heterogeneidad relativa del espacio (si bien cada vez son unidades geográficas más pequeñas y criterios de agrupación más cercanos a la noción de centro-periferia que a la de zonas geográficas continuas), hasta precisar el contenido operativo de la cuestión regional en México.

Hipótesis de la presente nota

Se parte de la idea de que para comprender mejor el consumo energético del país en su conjunto (y eventualmente formular políticas de racionalización), resulta necesario incorporar también la dimensión espacial de la economía, junto al análisis de los sectores y ramas que la integran. Se intenta analizar la eficiencia energética de tres grandes regiones, trabajadas como unidades complejas de producción y consumo.

La hipótesis que subyace a lo largo del texto es la de que el consumo de energía en general, depende de las condiciones de estado y desarrollo que para un cierto periodo alcanzan las fuerzas productivas.

La especificidad de la presente nota radica en abordar la dimensión espacial de esas fuerzas productivas, conforme al principio de ar-

ticulación o coherencia de los procesos de trabajo que suponen la localización urbana, según el cual, las fuerzas productivas concentran en un lugar del territorio dan lugar a la creación de un valor de uso que actúa como fuerza productiva adicional en favor del crecimiento económico y la reproducción social: la ciudad como fuerza productiva. De su desarrollo como tal, decimos, depende la mayor o menor eficiencia que las regiones del país presentan en el uso de la energía secundaria.

Uso eficiente de la energía (tres definiciones) 2/.

1. Dice la Comisión de Energéticos 3/: Por uso eficiente de la energía se entiende la utilización racional de los recursos energéticos de un país, a través de la implantación de programas tendientes a evitar los usos antieconómicos y tecnológicamente inadecuados en los diversos sectores consumidores de energía, sin afectar con ello el progreso industrial, social y económico del país, ni limitar sus metas de desarrollo.
11. Alcance del término en el presente texto: Energía secundaria que es utilizada por una región geográfica determinada -en conjunto o uno a uno de los sectores que integran su economía-, para alcanzar una unidad de producto interno bruto medido en millones de pesos constantes. Mide la intensidad energética de las economías regionales y de la conoce como coeficiente de eficiencia energética (IAES, 1981, p133).
11. Otra acepción (implícita en la anterior): Por uso eficiente de la energía se hace referencia a los grados de pérdida en la conversión de energía. Se trata de un principio conocido en la termodinámica como rendimiento de Carnot. En México el paso de energía primaria a secundaria presenta un 25 % de desperdicio, que sumado a las pérdidas en el uso de la energía secundaria donde los rendimientos son bajos, alcanza en total cifras superiores al 50 % de pérdidas en el uso final (INE, 1974).

2/ Otras definiciones cercanas a la de "eficiencia energética" se encuentran en la nota 7 del texto (ver).

3/ México. Comisión de Energéticos, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial; Boletín informativo del sector energético, año 2 núm 9, sep de 1978.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

BALANCE ENERGETICO DE MEXICO EN 1980 Y PROYECCIONES
A 1985 y 1990

ING. GERARDO BAZAN

10 NOVIEMBRE, 1981

BALANCE DE ENERGIA

Actualmente la elaboración de un balance energético, se ha convertido en una necesidad debido a que es utilizado como instrumento de planeación, anteriormente este se consideraba como un signo para determinar el estado de avances o progreso de alguna nación, ya que el consumo en mayor o menor cantidad de energía separa a las naciones subdesarrolladas de las industrializadas:

El balance energético es un instrumento técnico en el que se contabilizan los flujos de las distintas fuentes de energía primaria y secundaria, desde sus fuentes de producción, procesos de transformación, ciclos de distribución hasta el consumo final por los diferentes sectores que conforman la economía del país.

Por lo que se refiere a la planeación ya resulta insuficiente la clásica modalidad de enfoque sectorialista para obtener todas las respuestas e investigar la gran cantidad de posibilidades que se presentan en el análisis, en cambio con el balance energético se pueden analizar y resolver los problemas de lo que en conjunto se denomina sector energético, por lo que de acuerdo a este punto de vista, el balance deja de ser sólo un instrumento contable de flujos energéticos para ser un verdadero instrumento de planeación.

Sin afán de repetir en esta sesión, usaremos material ya elaborado por diferentes grupos de trabajo y el material es el siguiente:

- a) Dificultades asociadas a la elaboración e interpretación de balances energéticos.

- b) Metodología de balances energéticos de O.L.A.D.E. -- (Organización Latinoamericana de Energía).
- c) Balances de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- d) Balances de la Comisión de Energéticos.
- e) Balances de O.E.C.D. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo).
- f) Balances Independientes.

- a) Dificultades asociadas a la elaboración e interpretación de Balances Energéticos.

DIFFICULTADES ASOCIADAS A LA ELABORACIÓN Y INTERPRETACIÓN DE BALANES ENERGÉTICOS

YVES CHEVALIER* Y
MICHEL FABRE

INTRODUCCIÓN

Un balance energético constituye una herramienta, ampliamente utilizada, que permite visualizar la estructura de producción de energía primaria, la transformación de los energéticos primarios y, finalmente, la estructura del consumo en un marco espacio-temporal dado.

En el presente trabajo, se describe primero el abanico de fuentes de energía primaria con las cuales cuenta el hombre, haciendo hincapié en la distinción entre fuentes de energía renovables y no renovables, primarias y secundarias. A continuación se presentan los diversos métodos de elaboración de un balance energético comúnmente utilizados. Más que pretender analizar los problemas involucrados en la elaboración de un balance energético, se dan los elementos necesarios para una mejor comprensión de los balances, ampliamente publicados. Por último, se realiza un análisis histórico de las estructuras de producción y de consumo de energía en México.

1. DEFINICIONES GENERALES

a) Energía y energéticos

Antes de todo, conviene no confundir los términos energía y energético o fuente de energía: una fuente de energía puede producir cierta

cantidad de energía, o sea, su contenido energético, el cual se calcula según criterios que dependen del marco espacio-temporal considerado para el análisis. A título de ejemplo se puede preguntar si el contenido energético del uranio debe considerarse en función de la relación einsteiniana $E=mc^2$ o de su poder calorífico. Veremos en lo que sigue que precisamente la definición del contenido energético es fuente de polémica.

b) Energía primaria, secundaria y útil

Las fuentes de energía primaria son aquellas que no han sufrido transformaciones. En esta categoría entran los combustibles fósiles, pero también la electricidad de origen hidráulica, nuclear o geotérmica.

Las energías secundarias o derivadas son aquellas que provienen de la transformación de las precedentes. Por ejemplo, la electricidad producida por centrales termoeléctricas, la gasolina, el diesel, etc. En fin, la energía útil es la energía realmente aprovechada por los consumidores, o sea el calor de un horno, la energía mecánica de un motor, etcétera.

Es necesario decir que hasta hoy, en día, los balances energéticos explicitan únicamente las dos primeras formas de energía, pero que no llegan a un análisis completo de toda la cadena, debido a las dificultades de obtención de datos concernientes a la energía útil.

Consideremos ahora el cuadro 1 que presenta una lista exhaustiva de las fuentes de energía primaria descubiertas por el hombre hasta hoy: es interesante notar que sólo cinco de las 15 fuentes de energía listadas han alcanzado un grado de aceptabilidad técnica, económica y social que permite su explotación intensa. Por otra parte, los energéticos presentados están divididos entre "renovables" y "no renovables", que definiremos a continuación.

c) Energéticos renovables y no renovables

De manera general distinguimos:

i) Las fuentes de energía agotables (no renovables), cuya tasa de consumo por la sociedad humana puede ser superior a su tasa de generación por el conjunto sol-tierra; esta categoría incluye al conjunto de las energías fósiles, cuya tasa de consumo es actualmente un millón de veces superior al de su formación, y a la "energía nuclear" de fisión.

* Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

ii) Las fuentes de energía inagotables (renovables), cuya tasa de consumo no puede ser superior a su tasa de generación natural; en esta categoría se encuentra la "energía solar", ya sea directa (térmica, fotovoltaica) o indirecta (energía eólica, caídas de agua, biomasa, gradientes de temperatura de los océanos, etc.) y las fuentes de energía geotérmica o mareomotriz. En cuanto a la energía nuclear de fusión, constituye una fuente potencialmente inagotable; sin embargo, su factibilidad técnica todavía no ha sido demostrada.

La gráfica 1 permite visualizar en qué difieren las fuentes de energía agotables e inagotables: las fuentes renovables no necesitan de pozos o de minas, de transporte de una región rica en recursos a otra menos favorecida, puesto que su conjunto está mejor distribuido sobre la tierra que las energías fósiles.

II. MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE BALANES ENERGÉTICOS

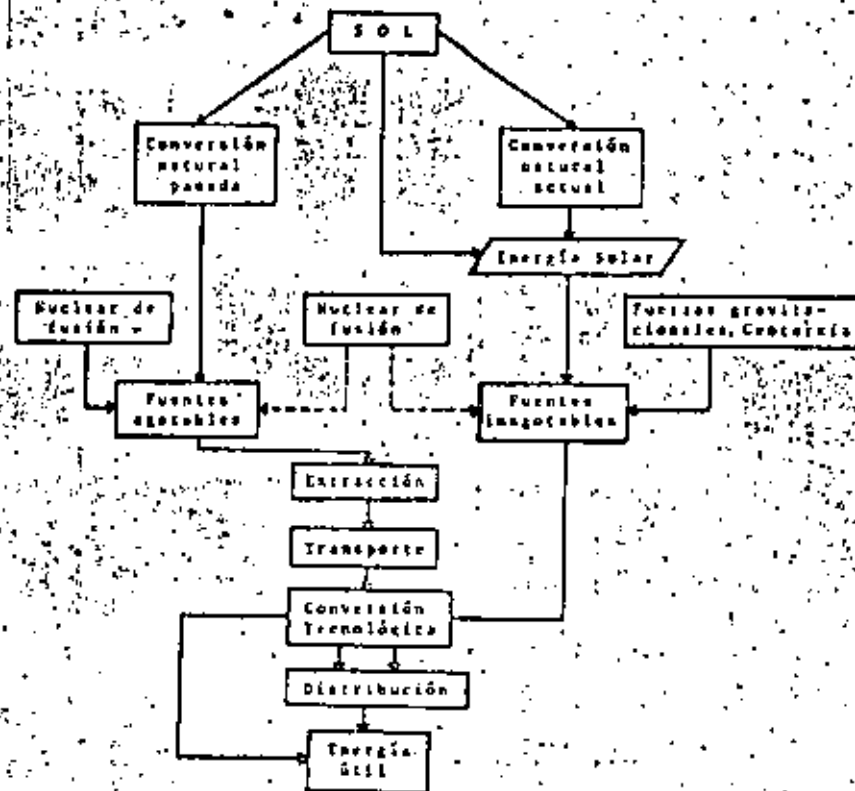
Puesto que uno de los papeles más importantes de un balance energético es la contabilización de las energías producidas y consumidas por una determinada región, el primer problema al cual se enfrenta consiste en la adopción de una unidad física de medición común a todas las formas de energía para poder sumar y restar energías de formas distintas (ver tabla de conversión energética adjunta). El segundo consiste en la elaboración de una lista de coeficientes de equivalencia.

En lo que sigue, describiremos únicamente métodos que recurren al poder calorífico, sin pretender que es el único o el mejor método posible. Sin embargo, hay que señalar que es la unidad utilizada en todos los balances oficiales publicados hasta hoy, que es una unidad fácilmente manejable y evocadora y, finalmente, que la gran mayoría del consumo energético se hace bajo forma de calor.

Describiremos a continuación los métodos más comúnmente utilizados:

a) Método del contenido energético

Este método consiste en respetar el principio de conservación de la energía: $\text{energía entrante} + \text{pérdidas} = \text{energía saliente}$. En consecuencia, todas las formas de energía primaria se expresan en función de su poder calorífico (kcal por ejemplo) y en particular la energía eléctrica primaria, generada por plantas no termoeléctricas. Es decir, que la energía eléctrica producida por plantas hidráulica, nuclear o



- Las líneas punteadas indican que la factibilidad técnica no ha sido todavía demostrada.
- La fusión tritio-deuterio es una fuente de energía agotable, no así la fusión deuterio-deuterio.

GRÁFICA 1

DIAGRAMA COMPARATIVO DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA AGOTABLES DEMOSTRADA.

pot. a se convierte considerando el calor que puede producir un kwh eléctrico en una resistencia, o sea: $1 \text{ kwh} = 860 \text{ kcal}$.

La ventaja principal presentada por este método es el hecho de que las magnitudes de energía contabilizadas representan realidades físicas concretas, descartando todo factor de análisis subjetivo, lo que permite la elaboración de un diagrama de reales flujos energéticos. Sin embargo, tal método no es perfecto. Sus principales desventajas son:

i) Puesto que la estructura del consumo en uso final tiene una influencia importante sobre el volumen de energía primaria necesaria para satisfacerlo, será difícil comparar la situación energética de países que tienen estructuras de consumo final distintas.

ii) Los países que cuentan con una importante fuente nuclear o hidroeléctrica, tienen pérdidas minimizadas con respecto a países que recurren a centrales termoeléctricas.

Estas observaciones nos conducen a preguntarnos: ¿cómo establecer una correspondencia entre unas producciones de energía primaria cuantitativamente equivalentes y unos consumos finales iguales cuantitativamente sin tomar en cuenta sus estructuras?

El método de sustitución parcial presenta una posible solución a este problema:

b) Método de sustitución parcial

Este método nos viene de la época en que el carbón era la fuente energética dominante, evaluándose las producciones de energía primaria en millones de toneladas métricas de carbón equivalente (TCE). Según este método la comparación entre diferentes fuentes de energía se hace usando el poder calorífico de una tonelada de carbón (7.10^7 kcal), sin ninguna excepción. En tal caso, un kwh eléctrico generado por plantas no termoeléctricas, se define en función de la cantidad de carbón que se hubiera quemado en una central térmica para producirlo. Las principales características de tal método son:

i). La evaluación del coeficiente de conversión de la energía eléctrica primaria, que depende de la eficiencia del conjunto de las instalaciones termoeléctricas.

ii) Este método oculta las pérdidas de transformación en el sector eléctrico, puesto que todos los kwh producidos (hidroeléctricos, térmicos, nucleares) se consideran equivalentes.

CUADRO 1. Fuentes de energía primaria

Fuente de energía primaria	Fuente de producción				Fuente secundaria			
	Combustible		Fuerza		Fuerza		Fuerza	
	Coste	Grado de disponibilidad	Coste	Grado de disponibilidad	Coste	Grado de disponibilidad	Coste	Grado de disponibilidad
Científica	***	***	***	***	***	***	***	***
Técnica	***	***	**	***	**	***	**	***
Industrial	***	***	**	**	**	***	**	***
Doméstica	***	***	**	**	**	***	**	***
Bebienda	***	***	**	**	**	***	**	***
Reservas	6 000	15 000	11 000	80 000	6 000	15 000	11 000	80 000
Potencia (10 ¹⁰ J/año)								
Total (10 ¹⁰ w)								
Disponibles								
Aprovechables								
Consumo actual (10 ¹⁰ J/año)	170	75	10	0.1	15	0.1	15	0.1

iii) Tal método aumenta artificialmente la importancia de la electricidad de origen hidráulico o nuclear en el balance total.

iv) El hecho de contabilizar la energía eléctrica primaria en TEC permite evaluar la cantidad de energías primarias fósiles que se hubieran quemado, o la cantidad "combustibles fósiles ahorrados" (sic).

c) Método híbrido

Este método ha sido utilizado desde 1976 por la CENPE y más recientemente (1978) por la Comisión de Energéticos en México. Consiste en un intento de conciliación entre los puntos de vista de los defensores de los dos métodos anteriormente descritos.

Recurre al método del contenido energético para poder contabilizar las pérdidas de transformación en las centrales termoeléctricas y al método de sustitución parcial cuando se trata de evaluar las energías eléctricas primarias (1 kwh = 800 kcal/n, siendo n la eficiencia de conversión promedio del conjunto de centrales termoeléctricas con las cuales cuenta la región considerada). El análisis de las ventajas y de las desventajas de tal método se realizará considerando el caso de México.

CUADRO 2. Comparación de métodos de elaboración de balances energéticos

	Producción de energía primaria (%)		
	Substitución parcial	Híbrido	Contenido energético
Carbón	67	67	87
Hidroelectricidad	33	33	13
	Consumo de energía por sectores (%)		
	Substitución parcial	Híbrido	Contenido energético
Industrial	50	34 (63)	44 (63)
Doméstico	50	20 (37)	26 (37)
Pérdidas	0	46	30

1. Metodología del método de sustitución parcial
 2. Metodología del método de contenido energético
 3. Metodología del método híbrido
 4. Metodología del método de sustitución parcial y contenido energético
 5. Metodología del método de sustitución parcial y contenido energético
 6. Metodología del método de sustitución parcial y contenido energético
 7. Metodología del método de sustitución parcial y contenido energético
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Comisión de Energéticos en México, 1978.

Unidades de energía	1	2	3	4	5	6	7	8		
1. Carbón			10 ⁴	419		116 x 10 ⁶	597 x 10 ⁶	729 x 10 ¹⁰	139 x 10 ¹⁰	119 x 10 ⁷
2. Hidroelectricidad		10 ⁶			419 x 10 ⁴	116 x 10 ⁶	597	729 x 10 ⁷	139 x 10 ⁷	119 x 10 ⁴
3. Fuel	0.24		239 x 10 ⁴			278 x 10 ⁷	940 x 10 ⁴	1.73 x 10 ¹⁰	5.79 x 10 ¹¹	264 x 10 ⁸
4. Kiloenergía-hora	0.60 x 10 ⁶	0.60 x 10 ⁶	3.6 x 10 ⁶			342 x 10 ⁸	6.23 x 10 ⁸	1.36 x 10 ⁴		0.103
5. British Thermal Unit	292		0.232		1.06 x 10 ⁴	993 x 10 ⁴		1.03 x 10 ⁷	4 x 10 ⁵	5 x 10 ⁴
6. British equivalent de petróleo	7.38 x 10 ⁶	7.38 x 10 ⁶	3.78 x 10 ⁶		1.61 x 10 ⁸	348 x 10 ⁸		0.22		1844
7. Temperatura equivalente de carbón fósil	6.3 x 10 ⁶	6.3 x 10 ⁶	2.65 x 10 ¹⁰	733 x 10 ²	25 x 10 ⁷	4.96				717
8. Sistema eléctrico de potencia	84 x 10 ⁶	84 x 10 ⁶	3.52 x 10 ⁷	9.27		333 x 10 ⁶	6.06 x 10 ⁴	1.24 x 10 ⁴		

Unidades de energía. Tabla de conversión

d) Comparación de los tres métodos

La gráfica 2 permite visualizar las diferencias esenciales entre los tres métodos presentados. Se consideró el caso de un país imaginario de fin del siglo pasado que cuenta únicamente con dos formas de energéticos primarios, el carbón y la hidroelectricidad, y con dos sectores consumidores, el sector industrial y el sector doméstico. Los balances energéticos correspondientes a los tres métodos fueron representados bajo forma de diagramas de flujo; las cifras en estos diagramas están expresadas en una unidad arbitraria de poder calorífico (kcal, kvh, TEP, TEG, etc.), y el coeficiente de conversión de las centrales carboceléctricas se consideró de 30%. Además se supuso que:

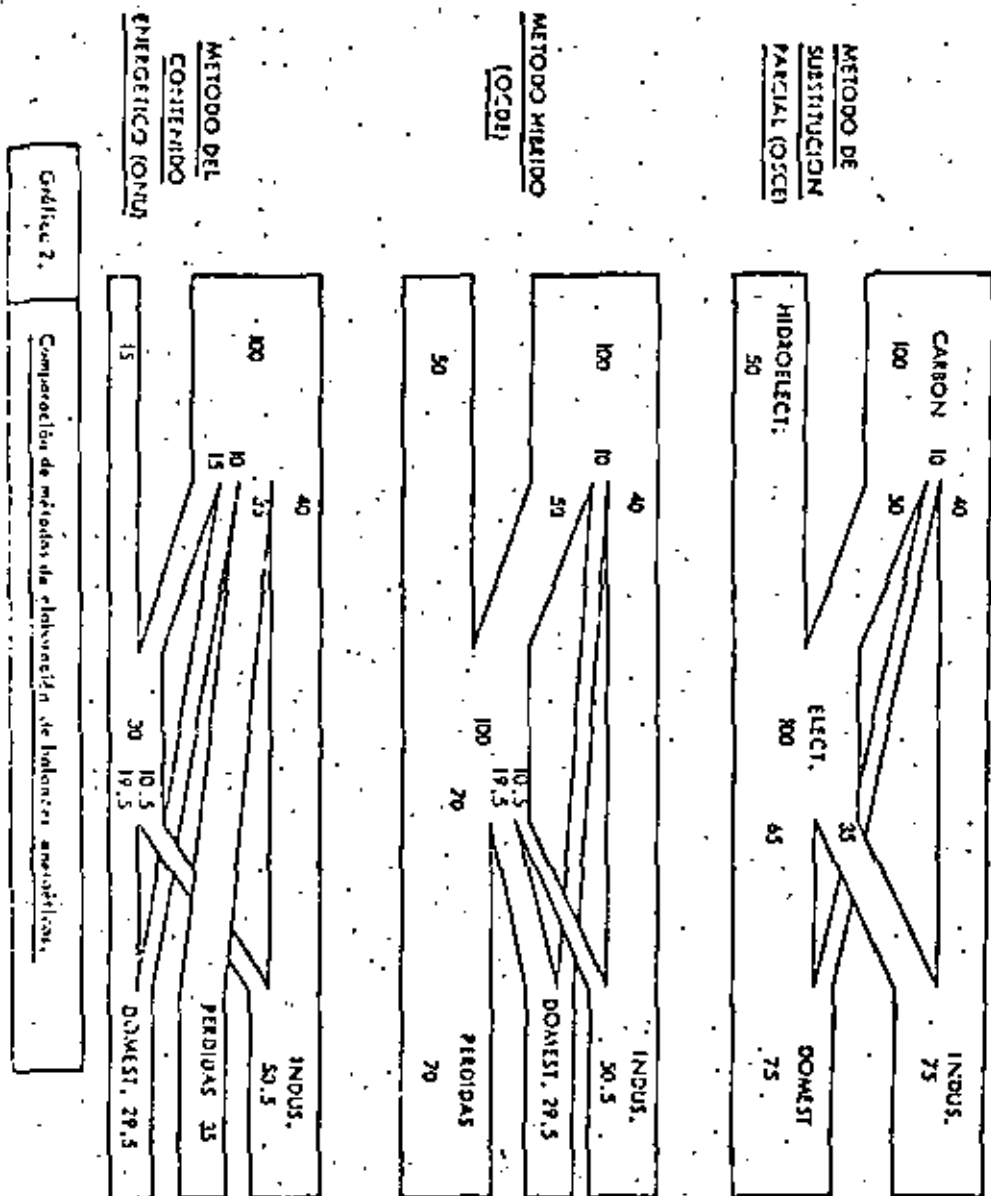
- i) El sector industrial consume el 40% de la producción de carbón, mientras el sector doméstico consume el 10%.
- ii) El 50% faltante de la producción total de carbón se convierte en electricidad.
- iii) La industria consume 35% de la energía eléctrica total (primaria y secundaria) producida.

Uno de los papeles de un balance energético es determinar las estructuras de producción y de consumo de una región; así, en el cuadro 4 se constata una fuerte discrepancia entre las participaciones porcentuales de los energéticos primarios a la producción y de los sectores de consumo al consumo total de energía (las cifras entre paréntesis corresponden a las participaciones porcentuales sin tomar en cuenta las pérdidas). De ello la necesidad de precisar siempre a qué método se está refiriendo cuando se presentan tales cifras.

Otro papel de un balance energético es el de evaluar la "eficiencia energética" de un sistema socioeconómico. Mientras tal evaluación no es posible en el caso del método de sustitución parcial que desprecia las pérdidas de transformación, la utilización de los otros dos métodos conduce a cifras distintas (33% y 70%), debido al hecho de que el método híbrido introduce pérdidas ficticias.

III. Análisis del caso mexicano

Se realizó un análisis histórico de los balances energéticos de México de 1966 a 1977, concernientes a la producción de energía primaria y al consumo por sector. Antes de todo conviene advertir sobre la gran incertidumbre de las referencias: muchas cifras con-
vul-



tadas presentan una demostrada coherencia entre sí para no sospechar cierta manipulación de los datos o bien discrepancias tan importantes que los resultados obtenidos se encuentran necesariamente en los márgenes de error de los cálculos.

a) Producción de energía primaria

Se consultaron los datos proporcionados por la Comisión de Energéticas (CdE) y la Comisión de Tarifas de Electricidad y de gas (CdTEG), que aparecen en el cuadro 3. Un análisis de los datos, sobre todo concernientes a la energía eléctrica primaria, permite suponer que la CdE utiliza el método híbrido con las particularidades siguientes:

i) Utiliza la kcal en lugar del tpc o del tep, más adecuados, puesto que se efectúa una sustitución.

ii) Utiliza el método del contenido energético para la energía eléctrica importada.

iii) Utiliza un coeficiente de conversión termoeléctrica bajo (28%) para las energías geotérmicas, hidroeléctricas y nucleares nacionales.

iv) La CdTEG utiliza el método del contenido energético basado en el tpc en lugar del kcal, más apropiado cuando no se efectúan sustituciones.

Si las únicas divergencias observadas fuesen de carácter metodológico, nuestra tarea no habría sido demasiado difícil, puesto que una vez determinado el método basta con aportar las correcciones nece-

CUADRO 3. Producción de energía primaria (kcal. $\times 10^6$).
Datos de la CdE y de la CdTEG

Año	Petróleo		Gas natural		Carbón		Electricidad	
	CdE	CdTEG	CdE	CdTEG	CdE	CdTEG	CdE	CdTEG
1965	174.3	168.7	73.1	110.6	10	6.6	26.6	7.8
1970	238.2	218.4	95.1	175.7	14.8	12.5	45.5	13.1
1975	336.9	308	127.7	211.4	25.8	22.8	47.8	15
1977	416		127.0		31		60.6	

CUADRO 4. Producción de hidrocarburos
kcal $\times 10^6$

Año	Petróleo	Generado	Gas	
			Aproximado	Pérdidas
1965	168.7	110.6	73.7	31.9
1970	218.4	175.7	114.9	60.8
1975	308	211.4	156.6	54.8
1977	300.4	244.4	153.4	91

sarias para compatibilizarlo con otro. Pero hay más. Ciertos datos difieren de manera demasiado importante para poder considerar que estén en márgenes de error tolerables.

A nuestro juicio, y puesto que la comisión de energéticos habla de "consumo de energía expresado en términos de energía primaria", mientras la comisión de tarifas de "producción primaria", las diferencias se pueden adjudicar a las posibles causas siguientes:

i) En su cuenta de gas natural la CdE considera únicamente el gas natural de pozos secos.

ii) La CdTEG considera todo el gas producido asociado o de pozos secos, cuya cierta parte se queme en mecheros.

iii) Además la CdE incluye en sus cuentas de petróleo el gas L.P., como lo refleja el balance energético de 1977 (gráfica 3).

En el cuadro 4 aparecen las cifras relativas a los hidrocarburos, bajo las suposiciones anteriormente mencionadas. Lo que nos permite establecer la tabla comparativa de las variaciones de producción relativas de las diferentes fuentes energéticas (cuadro 5), utilizando arbitrariamente las cifras de la CdTEG para el carbón y la electricidad, y el método del "contenido energético".

Del cuadro desprendemos las conclusiones siguientes:

i) Las pérdidas de gas se han mantenido siempre a un nivel superior al 10% de la producción total.

ii) Si se hace abstracción de estas pérdidas, la participación de los hidrocarburos en la producción de energía primaria ha sido siempre superior al 90%.

iii) La producción del carbón ha aumentado regularmente desde 1962. Tal situación se debe más a las necesidades de la industria siderúrgica que a un aumento de la producción de carbón eléctrico.

CUADRO 5. Producciones relativas de las diferentes fuentes de energía primaria

Año	Total (kcal X 10 ¹¹)	Pct. (%)	Gas (%)		Elec. (%)	Carbón (%)
			Apr.	Pir.		
1965	294	57.3	26.7	10.8	2.6	2.2
1970	420	52	27.4	14.5	3.1	3
1975	557	55	28	9.8	2.7	4.1
1977	683	57.1	22.4	19.3	2.4	4.5

b) Demanda de energía primaria por sectores.

Para analizar la estructura de la demanda de energía en México, recurrimos únicamente a los datos proporcionados por la CdTEG.

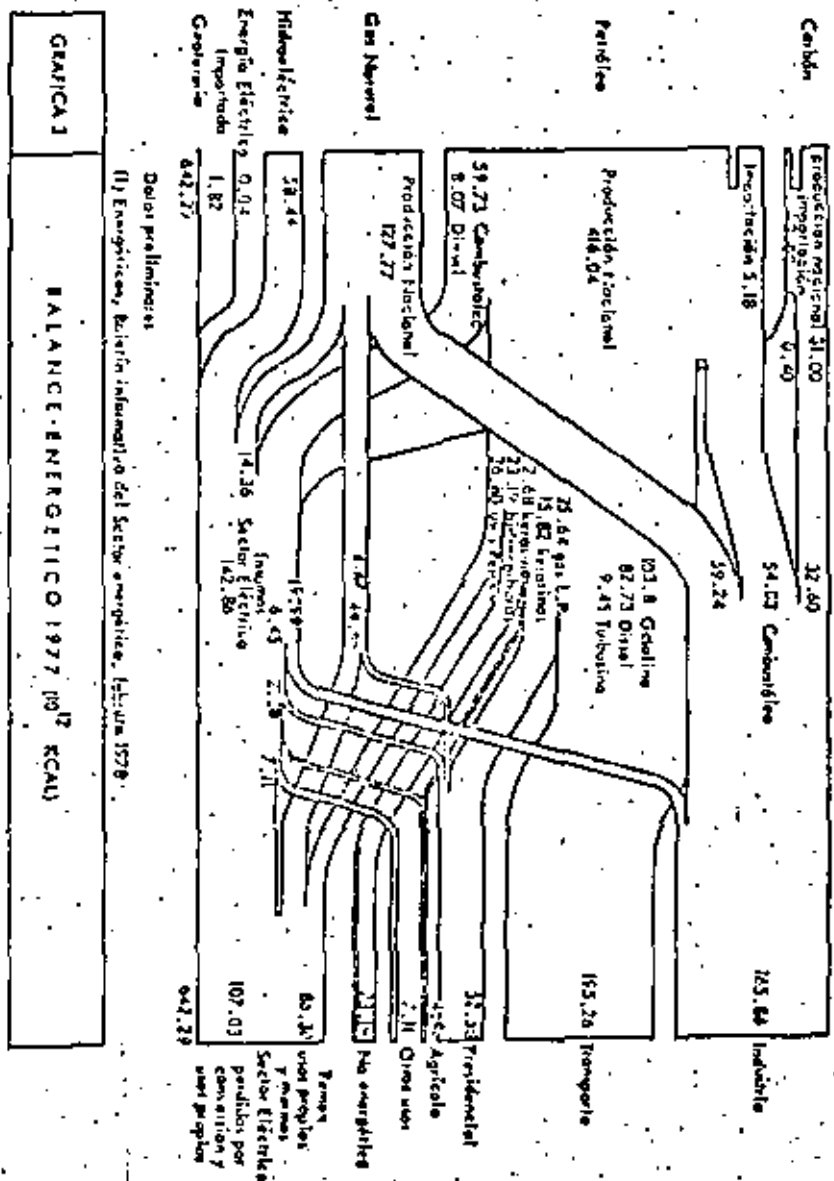
Del cuadro 6, en que aparecen los porcentajes relativos de consumo de energía por sector, destacamos las siguientes observaciones:

i) Entre 1962 y 1975, el sector industrial y productivo pierde importancia a favor del sector energético (pérdidas y autoconsumo) y del sector transporte.

ii) La participación porcentual del sector agrícola disminuye de 3.34% a 2.46%, lo que confirma el sacrificio sufrido por el sector agrícola en las últimas décadas.

iii) El consumo del sector transporte público pierde su importancia relativa mientras el del transporte privado crece desmesuradamente. Esta tendencia demuestra la falta de planes de desarrollo del sector transporte público y/o su incapacidad de adaptarse al crecimiento de las grandes zonas urbanas.

El análisis precedente refleja los problemas a los cuales se puede enfrentar cuando se trata de analizar un balance energético.



IV. POR LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DEL CONTENIDO ENERGÉTICO

Un balance energético contabiliza flujos energéticos; consecuentemente, debe obedecer a las leyes más elementales de la física (conservación de la energía, por ejemplo), hecho que el método del contenido energético es el único en respetar.

Además, este método permite cierta evaluación de la eficiencia energética de una región, sobre todo si se quiere añadir una cuarta parte al balance energético: el consumo de energía útil, fuente de otras pérdidas de transformación importantes (30% para el transporte a base de motores de combustión interna, por ejemplo).

Hemos insistido en la introducción de este trabajo en la necesidad de definir un marco espacio-temporal para la elaboración de un balance. Tal definición es particularmente importante para la evaluación del contenido energético de las fuentes primarias, puesto que es necesario definir cuáles son las energías efectivamente aprovechadas en el marco definido; por ejemplo, puesto que hoy en día no se utiliza el calor producido por la energía nuclear de otra manera que para producir electricidad, esta última puede ser considerada como energía

primaria a razón de 860 kcal por Kwh. De la misma manera, la casi total desaparición de los molinos de agua incita a considerar la hidroelectricidad como energía primaria, en lugar de la energía potencial de las caídas de agua.

Sin embargo, es preciso apuntar que este método considera la energía de manera únicamente cuantitativa mientras que, por razones de comodidad de utilización, de facilidad de almacenamiento, de transformación... todas las energías no se "valen".

BIBLIOGRAFÍA

- Energéticos*. Boletines Informativos del Sector Energético, marzo 1978.
 "Réflexion Critique sur les Bilans Energétiques". Patrice Romain — *Cahiers du CNRS*, 1976.
 "Oferta y demanda de energéticos, sus efectos económicos-sociales 1976-2000". Ponencia del Ing. Marcos Senado Mohar, presentada a la Séptima Asamblea Biennial del Consejo de Ingenieros Mecánicos y Electricistas. Septiembre de 1976.

CUADRO 6. Demanda de energía primaria por sector

Año	Sector energético			Sector transporte			Sector doméstico	Sector agrícola	Sector servicios
	Eléctrica	Petrolera	Sector industrial	Privado	Público				
1962	0.1	11.3	37.8	9.1	27.5	7.7	3.3	3.1	
1965	0.1	12.3	37.4	10.1	26.1	7.7	3.1	3.1	
1970	0.2	13.9	36.7	12.0	23.8	7.8	2.8	2.9	
1975	0.2	15.6	35.7	14.1	21.5	7.7	2.4	2.7	
(Kcal. x 10 ¹⁰)									
1962	0.26	27.3	90.3	21.7	66.1	18.5	8.0	7.6	
1965	0.31	35.0	107.0	29.0	74.9	22.2	9.0	8.8	
1970	0.7	57.4	152.0	49.7	99.7	32.2	11.6	12.0	
1975	1.2	81.2	186.0	73.5	111.3	40.2	12.7	14.0	

DEFINICION

El Balance Energético es un instrumento técnico contable en el cual se contabilizan los flujos de las distintas fuentes de energía primarias y secundarias, desde los centros de producción hasta los consumidores finales en el país, durante un tiempo determinado.

DESCRIPCION

El Balance de Energía se presenta como un cuadro de doble entrada de recursos y empleos de fuentes energéticas. Debe ser elaborado en forma homogénea siendo los barriles equivalentes de petróleo diarios (SEP/Día) y los Terajoule (10^{12} Joules) las unidades de energía elegidas.

b) Metodología de balances energéticos de O.L.A.D.E.

Las columnas detallan las fuentes energéticas consideradas, a saber:

- 2.1 Combustible vegetal
- 2.2 Carbón, coque
- 2.3 Combustibles sólidos (2.1 + 2.2)
- 2.4 Petróleo crudo
- 2.5 GPL (Gases del petróleo licuados)
- 2.6 Derivados livianos
- 2.7 Destilados
- 2.8 Residual
- 2.9 Otros derivados
- 2.10 Combustibles líquidos (2.4 + 2.5 + 2.6 + 2.7 + 2.8 + 2.9)
- 2.11 Gas
- 2.12 Electricidad Primaria equivalente hidroeléctrica y geotérmica
- 2.13 Pilotelectricidad y Geoelectricidad Generada
- 2.14 Termoelectricidad Generada
- 2.15 Total Electricidad Generada (2.13 + 2.14)
- 2.16 Total General (2.3 + 2.10 + 2.11 + 2.12 + 2.15)

Las líneas detallan los conceptos de recursos (origen) y empleos (destinos):

- 1 Producción
- 2 Transferencia
- 3 Importación
- 4 Exportación
- 5 Variación de Inventario
- 6 Requerimientos totales de energía (1 + 2 + 3 + 4 + 5)
- 7 Pérdidas (a nivel de producción)
- 8 Total Energía Transformada (8.1 + 8.2 + 8.3)
 - 8.1 Refinerías y Plantas de Gas
 - 8.2 Generación Eléctrica
 - 8.3 Carboneras y Coquerías
- 9 Consumo Sector Energético
- 10 Pérdidas de Transmisión y Distribución
- 11 Consumo Final Total (11.1 + 11.2)
 - 11.1 Consumo no Energético
 - 11.2 Consumo Energético (11.2.1 + 11.2.2 + 11.2.3)
 - 11.2.1 Sector Industrial
 - 11.2.2 Sector Transporte
 - 11.2.3 Sector Residencial y Otros
- 12 Ajustes Estadísticos (11 + 10 + 9 + 8 + 7 - 6)

111 DEFINICIONES BÁSICAS

3.1 Información General

Año: Es el período de tiempo al cual corresponde la información.

Unidades: Las unidades de energía elegidas para su presentación son Barriles Equivalentes de Petróleo diarios (BEP / Día) y los Terajoule (TJ)

3.2 Especificación de Fuentes Energéticas:

3.2.1 Combustible vegetal: Se incluye en este grupo: carbón vegetal, madera, leña, el bagazo, paja, aserrín, briquetas de madera, etc.

Carbón: El carbón mineral es un combustible sólido de color negro que se encuentra bajo tres tipos de variedades: turba, lignito y hulla bituminosa. Puede ser usado en forma directa o previamente tratado.

Coque: Es un carbón procesado con acción del calor. Se usa como reductor del hierro y como suministrador de calor en los procesos siderúrgicos.

Combustibles Sólidos: En este ítem se debe colocar la suma de las fuentes de energía sólidas antes de ser crudas.

3.2.2 Petróleo Crudo: Fuente de energía primaria.

G L P: Gases licuados que se obtienen del petróleo y del gas natural. Son los hidrocarburos más livianos: propano, butano y sus mezclas.

Derivados livianos: Son productos obtenidos de la destilación del petróleo crudo. Incluye este grupo a los siguientes:

Naftas: Puede ser usado como materia prima y en las refinerías.

Gasolinas de motor: Son naftas o mezclas de naftas con ciertos aditivos que son usados en motores de combustión interna.

Turbo Fuel: Fracciones de petróleo que se usan en los aviones de turbina. Incluye el turbo kero y turbo nafta.

Gasolina de aviación: Son mezclas de naftas reformadas con alto contenido de octanos usadas en motores de pistón.

Kerosene: Combustible líquido usado en quemadores, lámparas, calefacción, limpieza y otras.

Destilados: Compuestos mas pesados que el kerosene, que se usan en motores diesel de camiones, autobuses, tractores, para calefacción doméstica e industrial y en turbinas. Incluye el Diesel-oil y el gasoil.

Residual: Fuel-oil sirven de combustible en calderas para la propulsión de barcos, centrales eléctricas, etc.

Otros Derivados: Incluye a los derivados del petróleo con usos no energéticos como son las lubricantes, las grasas, los asfaltos y otros.

Combustibles Líquidos: Consiste en la suma de las fuentes: petróleo crudo y sus derivados.

3.2.3. Gas: Es una mezcla de metano, etano y de fracciones livianas (propano-butano) que se obtiene de yacimientos libres; asociado a la producción de petróleo y como fracción mas liviana en la destilación del petróleo.

3.2.4 Electricidad Primaria Equivalente: Hidroelectricidad y geoelectricidad: es la energía primaria (GWH) obtenida por la utilización de fuerza de agua y el calor geotermal multiplicada por un factor primario de con-

versión (ver anexo A) equivalente a los barriles de petróleo que serían necesarios para producir esa cantidad de energía eléctrica.

Hidroelectricidad y Geoelectricidad Generada: Es el resultado de multiplicar la electricidad primaria (GWH) obtenida anteriormente por un factor de conversión de energía secundaria (ver anexo B), que corresponde al poder calorífico real de la electricidad.

Termoelectricidad Generada: Es la cantidad de electricidad producida por la conversión de la energía térmica liberada en combustión del gas, destilados o residuales.

Total Electricidad Generada: Es el resultado de sumar las fuentes de energía secundarias que son la hidroelectricidad, geoelectricidad y termoelectricidad.

3.2.5. Total General: Se obtiene sumando los totales de combustibles sólidos, combustibles líquidos, gas, electricidad primaria equivalente y electricidad total Generada.

3.3 Especificaciones de origen y destinos de la energía.

- 1 Producción: Se refiere a la producción de fuentes primarias de energía en los centros de producción, siendo estos la Industria Petrolera, Minas de Carbón y Centrales Hidroeléctricas.
- 2 Transferencias: Se contabilizan aquí los agregados o diferencias de fuentes de energía realizados por cambio de denominación, mezcla de productos o transformaciones ficticias.

3. Importaciones: Cantidad física de fuentes energéticas comprados en otros países para uso interno.
4. Exportaciones: Es la cantidad de cada fuente primaria o secundaria que es vendida al extranjero directamente o en entregas a naves.
5. Variaciones de inventario: Es la variación de existencias de cada fuente al comenzar y finalizar el año en estudio.
6. Requerimientos totales de energía: Es el resultado de la suma algebraica de los ítems antes expuestos $(1 + 2 + 3 + 4 + 5)$ y significa el total de energía disponible para ser consumida en el país.
7. Pérdidas: Se especifican aquí las pérdidas de energía que ocurren en los centros de producción o transformación. Ejemplo: gas botado, petróleo derramado, etc.
8. Total energía transformada: Corresponde al total de fuentes insumidas o producidas en los centros de transformación de energía, como son: refinadoras y plantas de gas (Ítem 8.1), centrales eléctricas (Ítem 8.2), carboneras y coquerías (Ítem 8.3).
9. Consumo del sector energético: El consumo intrasectorial es el consumo que realiza el propio sector energético para poder realizar sus actividades de producción, transformación y distribución.
10. Pérdidas de transmisión y distribución: Es la cantidad de energía que se pierde en el transporte o envío de las fuentes de energía a los consumidores finales.

11. Consumo Final Total: Es la disponibilidad neta total de energía que va a ser distribuida a los diferentes sectores de consumo final de energía en el país, sin de estos agrupados por Sector Industrial (Ítem 11.2.1), Sector Transporte (Ítem 11.2.2) y Sector Residencial y Otros (Ítem 11.2.3).

A su vez este consumo es diferenciado de acuerdo a la utilización como usos no energéticos (Ítem 11.1) limpieza, materia prima, lubricación, etc., y usos energéticos (Ítem 11.2) en la combustión, generación de vapor, fuerza motriz, electricidad, etc..

12. Ajustes estadísticos: Se especifican aquí las cantidades negativas o positivas que producen déficits o ganancias de cada fuente de energía, ocasionados por la diversidad de información o de errores de medida de los flujos energéticos.

IV

METODOLOGIA

En el momento de realizar el llenado de la planilla o cuadro de presentación del Balance de Energía, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- 4.1. Todas las cantidades deben estar expresadas en la misma unidad de energía previamente escogida, que puede ser el BEP/Día o el Terajoule.
- 4.2. Las cantidades son expresadas de forma positiva o negativa de acuerdo a si constituyen un origen o un destino. Por ejemplo: la producción de fuentes de energía tiene signo positivo, las exportaciones tienen signos negativos, el consumo

c) **Balances de la Secretaría
de Patrimonio y Fomento
Industrial.**

México: balances y flujos de energía, 1980

Los balances de energía constituyen un marco contable que integra información estadística relativa a la producción, transformación y consumo de energía. Permiten tener una visión ordenada y de conjunto de los principales flujos de ésta en un sistema determinado, por lo que son de particular utilidad para estimar necesidades totales, elaborar proyecciones y estudiar las posibilidades de sustitución y conservación de energía.

En estos balances se identifican las fuentes de la energía primaria utilizadas en el país, tanto de origen interno como del exterior; se describe el proceso de transformación de energía primaria en secundaria, contabilizándose el consumo propio así como las pérdidas atribuibles al sector energético; y se presenta el destino de los diversos tipos de energía secundaria por sectores principales de demanda final. De esta manera es posible seguir los flujos más importantes desde su origen hasta su destino final.

La energía primaria es la energía potencial contenida en los agentes productores de la misma, tal

como se encuentran en su estado natural. Las principales formas de ésta son el carbón mineral, el petróleo crudo, el gas natural, el uranio, las corrientes hidráulicas y la geotermia. Sin embargo, sólo en algunos casos pueden consumirse en su estado original. Es necesario someterlas a múltiples transformaciones: el petróleo crudo se refina para obtener diversos productos petrolíferos; el carbón mineral puede convertirse en coque; todos los combustibles pueden utilizarse para generar electricidad. La energía potencial contenida en los productos de estos procesos de transformación se define como energía secundaria.

Los energéticos se presentan en forma sólida, líquida y gaseosa. Las unidades que convencionalmente se usan en su medición son también diversas: toneladas, kilowatt-hora y metro cúbico, entre otras. Por esta razón, para integrar un balance de energía es necesario adoptar una unidad común. En este documento se utiliza la kilocaloría (KCal). Los factores de conversión que permiten transformar las unidades originales en kilocalorías se encuentran en la página 15.

El balance de energía de 1980 - y el diagrama de flujos correspondiente- fue elaborado con base en una nueva metodología, se presenta en un nuevo formato y utiliza valores calóricos diferentes a los balances que en el pasado publicó la Comisión de Energéticos en este boletín (véanse números 02/1978, 08/1979 y 08/1980). La metodología y el formato adoptados son los empleados por la OCDE en su publicación *Energy Balances of OECD Countries, 1975-1979*. Al adoptarse convenciones contables aceptadas internacionalmente se facilita la comparación con estructuras energéticas de los países industrializados. Los nuevos valores calóricos atribuidos al petróleo y al gas natural reflejan mejor la mezcla de crudos producidos en el país así como las especificaciones del gas natural recuperado.

En un próximo número de este boletín se publicará una selección de estadísticas energéticas que, junto con el balance aquí presentado, permiten elaborar un balance de energía en el formato más desagregado adoptado por la OLADE. De esta manera pueden hacerse comparaciones con los sectores energéticos de los países de América Latina y contribuir, a su vez, a la elaboración de un balance de energía regional, tal y como se lo ha propuesto este organismo latinoamericano. También se publicarán próximamente los balances correspondientes a 1970 y al período 1975-79, utilizando la metodología y el formato empleados para el de 1980.

Los principales cambios que introduce el balance de 1980 respecto a los que venía publicando la Comisión de Energéticos se refieren al hecho de que estos últimos no consideraban exportaciones de energía ni la quema de gas natural; estimaban de manera residual las pérdidas y el consumo propio del sector energético, agregando en uno solo estos renglones; valoraban el carbón en términos de carbón lavado; y, finalmente, no distinguían entre carbón y coque.

El balance de 1980 aquí publicado difiere del que aparece en el Programa de Energía en su presentación, en los valores calóricos atribuidos al gas natural y al petróleo, y en el tratamiento de los líquidos del gas y del coque. Se trata de diferencias de orden menor. Debe mencionarse que la base estadística es común a ambos.

Flujos de energía

El diagrama de flujo de energía muestra gráficamente la oferta total de ésta y su utilización. Los diferentes tipos de energía aparecen en forma de flujo a partir de su origen (del lado izquierdo del diagrama) y hasta su uso final (lado derecho). Los in-flujos al sistema son la producción y las importaciones mientras que los flujos de salida están constituidos por los diversos usos internos -incluyendo las pérdidas- y las exportaciones. La diferencia entre flujos de entrada y de salida reflejan cambios en inventarios.

La amplitud de cada flujo es proporcional a su participación en la oferta total de 1,562,323 KCal x 10¹² (100 por ciento). Los cambios en inventarios se identifican con pequeños óvalos incorporados en los flujos. Las necesidades totales de energía (oferta total menos exportaciones y cambios en inventarios) fueron en 1980 del orden de 1,040,656 KCal x 10¹². En el diagrama esta cifra corresponde al 66.6 por ciento.

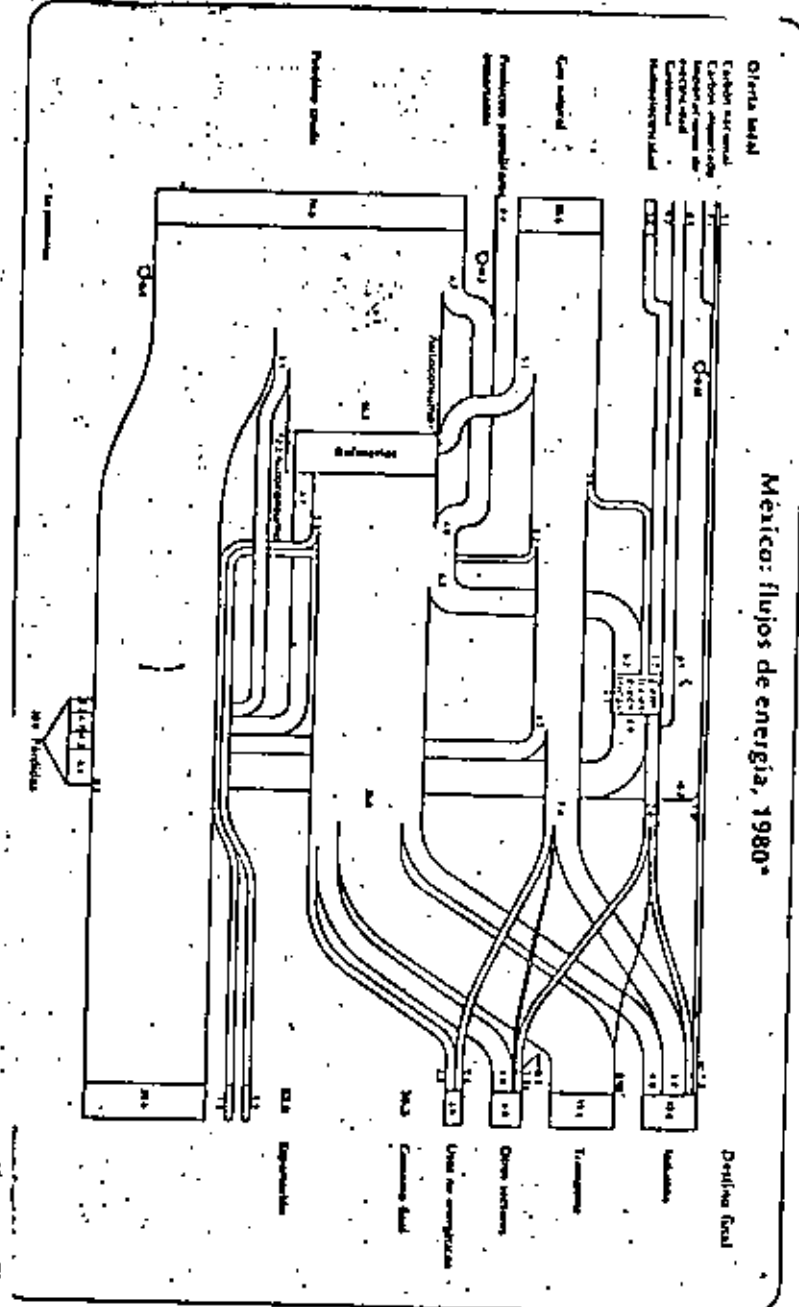
Sólo se identifican dos procesos de transformación de energía: la generación de electricidad y la refinación de petróleo. Formas secundarias de energía derivadas de combustibles sólidos aparecen implícitamente en el flujo correspondiente. El autocombustivo de las refinerías y plantas de petroquímica básica, así como de las centrales eléctricas, aparecen en las áreas de transformación. Sólo se consideran combustibles comerciales pues no se cuenta con información ni con estimaciones confiables del consumo de leña y de carbón vegetal.

Balance de energía

Los balances de energía se presentan en formato material. En las columnas aparecen las diferentes fuentes y formas de energía. Los renglones detallan su origen y destino. Las 9 columnas y 17 renglones que forman el balance tienen el siguiente significado:

Columna 1. Combustibles sólidos: se refiere a carbón lavado y coque. No se incluyen otros combustibles no comerciales como la leña y el carbón vegetal.

Columna 2. Petróleo crudo: incluye tanto el petróleo crudo como condensados y líquidos del gas natural.



Columna 3. Productos petrolíferos: se refiere a todos los productos derivados del petróleo, incluyendo el etano usado en petroquímica.

Columna 4. Gas: considera el gas natural, inclusive el quemado y liberado a la atmósfera. Incluye el gas seco de refinerías.

Columna 5. Hidroelectricidad: la electricidad generada en estas plantas se expresa en términos del volumen hipotético de combustibles fósiles necesarios para generar la misma cantidad de electricidad en plantas térmicas convencionales en operación en el país.

Columna 6. Geotermia: se estima como el requerimiento calórico para generar una cantidad dada de electricidad bajo las condiciones de producción prevalcientes en el país en las plantas que operan a base de combustibles fósiles.

Columna 7. Electricidad: comprende la generación, las importaciones netas y el consumo final de electricidad. Este concepto se valió de acuerdo al poder calórico del consumo final, es decir 860 kilocalorías por KWh. Incluye la generación para uso propio de otras sectores (autogeneración) e incluye el consumo propio del sector eléctrico así como las pérdidas por transmisión y distribución.

Columna 8. Total: se refiere al total de las columnas 1 a 7. Esta columna presenta los requerimientos totales y el consumo final de energía.

Columna 9. Equivalencia de la electricidad en términos de energía primaria, E.E.P.P.: contiene información adicional a la que se presenta en la columna 7. Muestra la equivalencia, en términos de energía primaria, de la electricidad consumida por los distintos sectores. Se obtiene distribuyendo el total de los insumos primarios utilizados en la generación de electricidad entre los sectores consumidores de acuerdo a su participación en el consumo total.

Reglón 1. Producción nacional: se refiere a la producción de energía primaria, es decir de carbón, petróleo crudo y líquidos del gas natural, gas natural, hidroelectricidad y geotermia.

Reglón 2. Importación: incluye tanto energía primaria como secundaria.

Reglón 3. Exportaciones: incluye tanta energía primaria como secundaria.

Reglón 4. Variación de inventarios: capta información sobre el movimiento de inventarios. Cuando aparece un signo negativo se trata de un incremento de inventarios.

Reglón 5. Necesidades totales de energía: se determinan por la producción nacional más importaciones menos exportaciones y el ajuste del movimiento de inventarios.

Reglón 6. Diferencia estadística: este reglón cumple dos propósitos: 1) incluye las diferencias estadísticas de los distintos combustibles; 2) se usa para las transferencias de condensados, etano y líquidos del gas natural a través de plantas de separación.

Reglón 7. Generación de electricidad: los insumos primarios de las plantas eléctricas aparecen en las columnas 1 a 6 con signo negativo. La generación bruta de electricidad aparece en la columna de electricidad con signo positivo. La columna de total refleja la pérdida global de calor. No se incluye la autogeneración.

Reglón 8. Gas manufacturado: se refiere a gas seco de refinerías.

Reglón 9. Refinerías: la columna 2 se refiere a todos los insumos de energía primaria de las refinerías, expresados con signo negativo. La producción de refinerías se consignó en la columna 3 con signo positivo. Las pérdidas aparecen en la columna de total y se obtienen por diferencia.

Reglón 10. Consumo propio del sector energético más pérdidas: incluye el consumo intermedio del sector energético y las pérdidas acumuladas entre la producción y el uso final de los energéticos. La columna de electricidad presenta el consumo propio de las plantas eléctricas y las pérdidas por transmisión y distribución. El metano utilizado como materia prima y como combustible en las plantas petroquímicas queda incluido dentro del consumo propio del sector energético.

Reglón 11. Uso final: es la suma del consumo de los sectores que aparecen en los reglones 12 a 15,

Reglón 12. Transporte: comprende el consumo de combustibles y de electricidad del sector industrial.

Reglón 13. Transporte: incluye el consumo de energía de todos los tipos de transportes.

Reglón 14. Otros sectores: cubre los consumos de energía de los sectores residencial, agrícola y público, entre otros.

Reglón 15. Usos no energéticos: incluye produc-

tos petrolíferos tales como asfalto, ceras, gases y parafinas así como etano usado en petroquímica.

Reglón 16. Generación de electricidad: muestra el total de energía generada en las plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y geotérmicas.

Reglón 17. Eficiencia de generación: muestra la eficiencia estimada para el conjunto de plantas termoeléctricas y la eficiencia supuesta para las plantas hidroeléctricas y geotérmicas.

Factores de conversión		Unidades métricas	Unidades inglesas
Kilo	(K)	= mil	= 10 ³
мега	(M)	= mil millones	= 10 ⁶
гига	(G)	= mil millones	= 10 ⁹
тера	(T)	= mil millones	= 10 ¹²

Factores de conversión		Unidades métricas	Unidades inglesas
litro			
1 litro			= 0.264172 galones
1 galón (E.U.)			= 3.78541 litros
1 barril			= 158.987 litros
1 metro cúbico			= 35.23907 galones
1 galón (E.U.)			= 0.133681 metros cúbicos
1 litro			= 0.264172 galones (E.U.)
Energía y calor			
1 caloría			= 4.1868 joules (J)
1 kilocaloría			= 4.1868 kJ
1 BTU			= 1.05506 kJ
1 kilowatt hora			= 3.6 MJ
1 kilowatt hora			= 3.6 MJ

Poderes calóricos utilizados en la elaboración del balance de energía de 1980*			
	KCal/Kg	KCal/Barril	Densidad
Petróleo crudo	10,757	1,526,493	0.884
Líquidos del gas natural		1,151,199	
Etano	12,401	775,664	0.390
Gas L.P.	12,248	1,051,500	0.540
Gasolina	11,164	1,293,700	0.730
Keroseno	10,862	1,405,700	0.814
Turbosinas	11,249	1,405,700	0.786
Diésel	10,839	1,469,600	0.852
Combustibles	10,793	1,593,900	0.983
Asfalto	10,570	1,593,900	0.948
Ceras	10,173	1,469,600	0.900
Lubrificantes	10,398	1,469,600	0.889
Parafinas	11,164	1,469,600	0.828
Antracita	2,211		
Carbón todo uso	4,662		
Carbón lavado			KCal/KWh
Nacional	5,780	Energía eléctrica primaria	2,860
Importado	7,500	Energía eléctrica secundaria	860
Carbón	6,933		
Coque de petróleo	7,465		
	KCal/m ³		
Gas natural	10,825		
Gas residual y de refinerías	8,540		

* En la estimación de estos promedios se consideraron los poderes calóricos de los diferentes tipos de gas y petróleo crudo producidos, ponderándolos de acuerdo al volumen de producción correspondiente.

México: balance nacional de energía, 1980

Kcal x 10¹²

	Combustibles sólidos	Petróleo crudo	Productos petrolíferos	Gas	Hidroelec- tricidad	Geotermia	Electricidad	Total	E.E.E.P.
Producción nacional	17.652	1,163.157	—	316.539	47.874	2.617	—	1,547.859	
Importaciones (+)	6.935	—	6.676	—	—	—	0.854	14.465	
Exportaciones (-)	—	-462.461	-23.941	-26.039	—	—	-0.088	-512.549	
Variación de inventarios	-0.328	-5.354	-3.343	-0.094	—	—	—	-9.119	
Necesidades totales de energía	24.259	695.342	-20.608	290.406	47.874	2.617	0.766	1,040.656	
Diferencia estadística	—	-73.819	73.819	0.098	—	—	-0.237	-0.139	
Generación de electricidad	—	—	-97.842	-28.642	-47.874	-2.617	53.206	-123.769	176.975
Gas de manufactura	—	—	—	4.957	—	—	—	4.957	—
Refinerías	—	-569.974	506.992	—	—	—	—	-62.982	—
Consumo propio del sector energético más pérdidas	-8.640	-51.549	-44.263	-152.145	—	—	-8.756	-260.353	-27.394
Uso final	20.619	—	418.098	114.674	—	—	44.979	598.370	149.581
Industria	20.619	—	68.397	88.490	—	—	20.466	197.972	68.059
Transporte	—	—	235.531	—	—	—	0.373	235.904	1.242
Otros sectores	—	—	79.549	4.938	—	—	24.140	108.627	80.280
No energéticos	—	—	34.621	21.246	—	—	—	55.867	—
Generación de electricidad GWh	—	—	44.214	—	16.739	915	61,868	—	—
Eficiencia en generación (%)	—	—	—	—	30.0	30.0	30.0	—	—

Dinamización de inventarios y incremento de inventarios -

* Equivalente de la electricidad en términos de energía primaria

61

Categoría	Producción nacional		Total de energía primaria	Consumo interno por sector económico				Consumo en otros sectores					Total	E.E.E.P.
	Combustibles sólidos	Petróleo crudo		Industria	Transporte	Otros sectores	Perdidas	Electricidad	Gas de manufactura	Geotermia	Electricidad equivalente	Perdidas		
Producción nacional	17.652	1,163.157	1,180.809	20.619	418.098	114.674	—	—	—	44.979	—	—	598.370	149.581
Importaciones (+)	6.935	—	6.935	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exportaciones (-)	—	-462.461	-462.461	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Variación de inventarios	-0.328	-5.354	-5.682	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Necesidades totales de energía	24.259	695.342	719.601	20.619	418.098	114.674	—	—	—	44.979	—	—	598.370	149.581

1. El consumo interno por sector económico se refiere al consumo de energía primaria en el sector económico correspondiente, excluyendo el consumo de energía primaria en el sector de servicios.

2. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios.

3. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

4. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

5. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

6. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

7. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

8. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

9. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

10. Incluye el consumo de energía primaria en el sector de servicios en el equivalente de electricidad.

	ENERGÍA PRIMARIA		TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA	ENERGÍA INTERMEDIA POR SECTOR INDUSTRIAL				TOTAL	FORMAS DE ENERGÍA RECIBIDAS					TOTAL	DISTRIBUCIÓN SECTORIAL (TONELADAS)	
	PRODUCCIÓN NETA	CONSUMO INTERNO		INDUSTRIAL	TRANSPORTE	SECTORES	SECTORES DOMÉSTICOS		SECTOR PÚBLICO	SECTOR COMERCIAL	SECTOR RESERVA	SECTOR PERDIDAS				
ENERGÍA PRIMARIA																
Carbón	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0								30.0
Petróleo crudo y derivados del gas	-201.0	104.0	-97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-97.0								-97.0
Gas	1.0	20.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0
Energía hidráulica y geotérmica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								0.0
Energía nuclear	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								0.0
ENERGÍA SECUNDARIA																
Industria petrolífera	15.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
Refinación de petróleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gas	0.0	17.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0
TOTAL	-200.0	137.0	-63.0	150.0	0.0	0.0	0.0	150.0	150.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	161.0
RESERVA DE ENERGÍA PRIMARIA																
Exceso interno	-200.0	137.0	-63.0													
Reserva por transformación y excedente de instalaciones																
Exceso de energía secundaria																
RESERVA DE ENERGÍA SECUNDARIA																
Industria petrolífera																
Refinación de petróleo																
Gas																
EQUIVALENCE DE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA POR SECTOR INDUSTRIAL																
Energía en consumo por la industria																
Industria petrolífera																
Gas																
Industria del transporte																
Transporte																
Industria de sectores																
Industria del sector público																
Industria del sector doméstico																
Industria del sector comercial																
Industria del sector de pérdidas																

- 1. LA EQUIVALENCE UTILIZADA PARA EL PODER CALORÍFICO PRODUCCIÓN POR UN TON DE ELECTRICIDAD ES 0,860 TONELADAS DE COQUE.
- 2. SE REFIERE A CARBÓN TIPO BASS, EXPRESADO EN TÉRMINOS DE LA EQUIVALENCE AL CARBÓN CALORÍFICO.
- 3. SE REFIERE AL PETRÓLEO DESTILADO DERIVADO POR LAS PLANTAS PETROLÍFERAS.
- 4. INCLUYE GAS NATURAL Y LIQUENADO A LA ENERGÍA.
- 5. EQUIVALENCE DE LA TRANSFORMACIÓN CALORÍFICA PARA OBTENER UN VOLUMEN BARRIL DE ELECTRICIDAD POR UN TONELADA DE COQUE O EQUIVALENCE PRODUCCIÓN EN EL PETRÓLEO EN LAS PLANTAS DE OBTENCIÓN A BASE DE EQUIVALENCE DE PETRÓLEO.
- 6. INCLUYE LAS PERDIDAS CONVIERTE POR CONVIERTE Y LOS QUE SE UTILIZAN COMO ENTREGA INTERNA.
- 7. EXCLUYE LA TRANSFORMACIÓN.
- 8. EQUIVALENCE EL SECTOR PÚBLICO DEL SECTOR ELÉCTRICO Y LOS PERDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.
- 9. A BASE DE EQUIVALENCE PRODUCCIÓN.

	ENERGÍA PRIMARIA		TOTAL DE EFECTOS Y SERVICIOS INTERNOS	GÉNERO ELÉCTRICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO				TOTAL	CONTENIDO DE DIVERSOS SERVICIOS					TOTAL	SERVICIOS DE TRANSMISIÓN
	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL		RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL		INDUSTRIAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL		
INGRESO PRIMARIO															
ENERGÍA	0.0	32.0	32.0	9.0	0.0	13.0	22.0	32.0							
PERDIDAS EN EL SISTEMA DEL CPE	-112.1	1029.7	917.6	872.6	0.0	45.0	917.6	917.6							
PERDIDAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO	-12.0	210.7	198.7	21.7	21.0	102.0	144.7	144.7	110.0		3.0	0.0		113.0	
ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
INGRESO SECUNDARIO															
PERDIDAS EN EL SISTEMA	-16.0	0.0	-16.0	17.0	0.0	0.0	17.0	17.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	
CONSUMO EN EL SISTEMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
OTROS	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
TOTAL	550.0	1442.5	1892.5	1102.1	21.0	21.0	1144.1	1892.5	760.0	105.0	3.0	0.0	0.0	868.0	11.0
BALANCE DE ENERGÍA PRIMARIA															
ENERGÍA INTERNA	-550.0	1442.5	892.5												
PERDIDAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONSUMO EN EL SISTEMA				-20.0	-11.0	-11.0	-42.0	-84.0							
ENERGÍA DE SERVICIOS ELÉCTRICOS									210.0	210.0	3.0	0.0	0.0	213.0	
BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA															
PERDIDAS EN EL SISTEMA				161.7	0.0	13.0	0.0	174.7							
EQUIVALENTE DE LA GENERACIÓN EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA (EPEP)									61.0	61.0	20.0	20.0		101.0	
ENERGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONSUMO EN EL SISTEMA															
GENERACIÓN POR UNIDAD CALÓRICA DE COMBUSTIBLES FÓSILES (GUEP)															
COMBUSTIBLES FÓSILES (GUEP)															

- 1. LA EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL PODER CALÓRICO PRODUCIDO POR UN TON DE ELECTRICIDAD ES 0.8333 KWH O 34 000 BTU.
- 2. EL RESIDUO O EXCESSO (1986 KWH), EXPRESADO EN TÉRMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CARBÓN (LWEP).
- 3. EXCLUYE EL TRABAJO UTILIZADO DIRECTAMENTE POR LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS.
- 4. EXCLUYE LAS PERDIDAS Y EL TRABAJO A LA VELOCIDAD.
- 5. INCLUYE COMO EL EQUIVALENTE CALÓRICO PARA SERVICIO DE SERVICIO DE ELECTRICIDAD COMO LAS CONEXIONES DE TRANSMISIÓN HIDROELÉCTRICAS EN EL PAÍS DE LAS PLANTAS QUE OPERAN A BAJA DE CAPACIDADES PEQUEÑAS.
- 6. INCLUYE LAS PERDIDAS CONTINUAS COMO COMBUSTIBLE Y LAS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
- 7. EXCLUYE LA GENERACIÓN.
- 8. REPRESENTA EL GÉNERO PRODUCIDO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y LAS PERDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.
- 9. A LA VEZ DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

COMERCIO INDUSTRIAL DE COSTA RICA
 CUENTA DE BALANCE DE ENERGIA, 1966
 (ESTADÍSTICA N. 20-12)

	ENERGIA PRIMARIA		TOTAL DE DIFEREN CIALIZACION	CONTINIO INTERMEDIO DEL SECTOR ELECTRICO				TOTAL	CONTINIO DE OTROS SECTORES					TOTAL	ELECTRICIDAD GENERADA TOTAL
	PRODUCCION NETA	CONSUMO INTERNO		PRODUCCION NACIONAL	PRODUCCION DE CENTRALES DE AGUAS CALIENTES	PRODUCCION ELECTRICA DE CARBON	INVENTARIOS INICIALES		SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR TRANSPORTE	SECTOR COMERCIAL	SECTOR DOMESTICO	SECTOR DE SERVICIOS		
ENERGIA PRIMARIA															
CARBON	0.0	13.0	13.0	0.0	13.0	13.0	0.0	13.0							
AGUAS CALIENTES Y LIMPIEZAS DEL ORO	141.2	141.2	141.2	141.2	0.0	0.0	141.2	141.2							
OTRO	19.0	19.0	19.0	19.0	0.0	0.0	19.0	19.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	19.0
ENERGIA NUCLEAR Y SUBSTITUTOS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
ENERGIA NUCLEAR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
ENERGIA SECUNDARIA															
PRODUCCION DE ELECTRICIDAD	117.0	117.0	117.0	117.0	0.0	0.0	117.0	117.0	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.0	117.0
CONSUMO DE ELECTRICIDAD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTRO	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
TOTAL	167.2	167.2	167.2	167.2	13.0	13.0	13.0	167.2	167.2	19.0	0.0	0.0	0.0	19.0	19.0
BALANCE DE ENERGIA PRIMARIA															
ENERGIA INTERNA	141.2	141.2	141.2												
RESERVA PARA RECONSTRUCCION Y OTRAS DE INICIACION					141.2	141.2	141.2	141.2							
RESERVA DE ENERGIA SECUNDARIA															
BALANCE DE ENERGIA SECUNDARIA															
PRODUCCION NETA			117.0	117.0	13.0	13.0	0.0	117.0							
RESERVA DE ELECTRICIDAD EN FORMA DE ENERGIA PRIMARIA RESERVA															
RESERVA EN GENERACION (NO PRODUCCION) Y OTRO															
RESERVA PARA OTRAS CALORIAS DE COMBUSTIBLES FOSILES LIQUIDOS Y GASEOSOS															

- 1. LA CONTABILIDAD UTILIZADA PARA EL SECTOR ELECTRICO SE FUNDAMENTA EN EL SISTEMA DE CREDITOS Y DEBITOS.
- 2. SE MUESTRA A CADA UNO DE LOS SECTORES EN TERMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CANTON LITRO.
- 3. ENLACE DE LA ENERGIA PRIMARIA DESTINADA PARA LAS PLANTAS MINEROELÉCTRICAS.
- 4. ENERGIA QUE SE CONSUME Y LIBERADO A LA ATMOSFERA.
- 5. RESERVA PARA RECONSTRUCCION Y OTRAS DE INICIACION PARA CANTON EN ALCUNOS SECTORES DE ELECTRICIDAD Y EN LOS COMERCIOS DE PRODUCCION DESTINADOS EN EL PAIS EN LAS PLANTAS CON ENERGIA A BASE DE COMBUSTIBLES FOSILES.
- 6. ENERGIA QUE SE CONSUME EN LOS SECTORES DE COMERCIO Y EN LOS QUE SE UTILIZAN COMO RESERVA PARA.
- 7. ENERGIA EN TRANSITO.
- 8. RESERVA DE ENERGIA PARA EL SECTOR ELECTRICO Y LOS SECTORES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION.
- 9. A BASE DE COMBUSTIBLES FOSILES.

	ENERGIA PRIMARIA		TOTAL DE CANTIDAD DE ENERGIA PRIMARIA	CONSUMO INTERMEDIO DEL SECTOR PRODUCTIVO				TOTAL	CONSUMO DE OTROS SECTORES					TOTAL	REPRODUCCION BRUTA DE ENERGIA
	EXTRACCION DE PETRÓLEO Y GAS	PRODUCCION DE CARBÓN Y COQUE		PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA	INDUSTRIA	CONSTRUCCION	TRANSPORTE		COMERCIO	SECTOR DOMESTICO	SECTOR PUBLICO	SECTOR MILITAR			
ENERGIA PRIMARIA															
Carbón	0.0	79.0	79.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.0							
Petróleo crudo y derivados del gas	191.0	207.0	398.0	119.0	0.0	0.0	218.0	180.0							
Gas	24.0	236.0	260.0	11.0	11.0	0.0	22.0	207.0	201.0		0.0	19.0		210.0	0.0
Energía hidroeléctrica y eólica	0.0	102.0	102.0			102.0		102.0							0.0
Energía nuclear	0.0	11.0	11.0			11.0		11.0							0.0
ENERGIA SECUNDARIA															
Industria hidroeléctrica	106.0		106.0	70.0	102.0		172.0	106.0	102.0	0.0	0.0	12.0	11.0	121.0	0.0
Refracción de electricidad	0.0		117.0	0.0			117.0	117.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0
CCCAI	1.0		1.0				1.0	1.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	215.0	279.0	494.0	190.0	213.0	11.0	414.0	373.0	201.0	0.0	0.0	24.0	21.0	398.0	0.0
RESEÑA DE ENERGIA PRIMARIA DE LA INDUSTRIA	191.0	279.0	470.0												
Industria por transformación y cambio de combustible				10.0	119.0	11.0	140.0	140.0	140.0					140.0	
Consumo de otros sectores									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RESEÑA DE ENERGIA SECUNDARIA															
Producción de electricidad			106.0	106.0	102.0	11.0	119.0	106.0	106.0					106.0	
RESEÑA DE LA REPRODUCCION DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA PRIMARIA															
Refracción de electricidad (en transformación y distribución)					11.0		11.0	11.0	11.0					11.0	
Consumo por unidades eléctricas de compueración electrónica y térmica					10.0		10.0	10.0	10.0					10.0	

1. LA INDUSTRIA UTILIZA PARA EL PROC CALIENTE PRODUCIDO POR UN TON DE ELECTRICIDAD 11 G. KWH DE GAS O 10 KWH.

2. SE MUESTRA EL CONSUMO POR UN TON, EXPRESADO EN TERMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CARBÓN LIGNITE.

3. SE MUESTRA EL CONSUMO UTILIZADO DIRECTAMENTE POR LAS PLANTAS PETROQUIMICAS.

4. INCLUYE GAS QUEMADO O LIGERADO O EN ATENCION.

5. EXCLUYE TAMBIEN EL RECONSUMO CALIENTE POR GAS EN UN VELOCIDAD BAJA SE ELECTRICIDAD EN LAS COMERCIONES
DE RECONSUMO RECONSTRUYENDO EN EL PAIS EN LAS PLANTAS QUE QUEMAN O GAS O COMBUSTIBLES FOSILES.

6. INCLUYE LAS MANTENIMIENTOS PARA RECONSTRUYENDO Y LAS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.

7. EXCLUYE LA AUTOPRODUCCION.

8. MUESTRA EL CONSUMO PROPIO DEL SISTEMA ELECTRICO Y LAS PERDIDAS POR TRANSMISION Y DISTRIBUCION.

9. A NADA DE RECONSTRUYENDO PERDIDAS.

	ENERGÍA PRIMARIA		TOTAL DE ENERGÍA + EQUIVALENTE	CONTENIDO INFORMACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO				TOTAL	FORMAS DE TRANSFERENCIA					TOTAL	ELECTRICIDAD GENERADA (TWh)
	IMPORTACION	PRODUCCION INTERNA		PRODUCCION INTERNA	GENERACION DE PLANTAS DE FUELO	GENERACION ELECTRICA	EMISIONES DE COQUE		PERDIDAS	SERVICIO ADMINISTRATIVO	SERVICIO TRANSPORTADO	PERDIDAS	SERVICIO DOMESTICO		
ENERGÍA PRIMARIA															
COQUE	0.0	70.0	70.0	0.0	20.7	20.0	0.0	70.0							
RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS DEL GAS	411.7	1494.0	1905.7	518.7	0.0		190.0	1911.1							
GAS	14.0	44.0	58.0	14.7	0.0		11.5	53.0	261.2		0.0	10.0		271.1	
ENERGÍA HIDROELÉCTRICA Y GEOTÉRMICA	0.0	85.0	85.0	0.0	0.0		0.0	85.0						85.0	0.0
ENERGÍA SOLAR	0.0	15.0	15.0	0.0	11.0		0.0	11.0						11.0	0.0
ENERGÍA SECUNDARIA															
PERDIDAS TRANSFORMACIÓN	120.2		120.2	0.0	155.5		25.0	180.7	130.2	0.0	0.0	0.0	0.0	130.2	0.0
GENERACION DE ELECTRICIDAD	0.0		0.0	0.0	0.0		10.7	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTROS	1.5		1.5	0.0	0.0		0.0	0.0	1.5					1.5	0.0
TOTAL	416.2	2014.0	2430.2	533.4	117.2	20.0	206.5	1377.1	416.2	0.0	10.0	10.0	10.0	1377.1	0.0
RESERVA DE ENERGÍA PRIMARIA															
ENERGÍA INTERNA	416.2	2014.0	2430.2												
PERDIDAS POR TRANSFORMACION Y CAMBIO DE TENSIONES				120.2	155.5	25.0	180.7	481.4							
CONTENIDO DE ENERGÍA SECUNDARIA															
IMPORTACION			120.2	120.2	155.5	25.0	180.7	481.4							
RESERVA DE LA PRODUCCION EN TORNO A LA ENERGÍA PRIMARIA (TWh)									130.2	0.0	0.0	0.0	0.0	130.2	
RESERVA EN OPERACIONES DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION															
RESERVA POR LA ENERGÍA CALIENTE DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS (COQUE, GAS Y LEÑA)															

- 1. LA EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL PODER CALIENTE PRODUCIDO POR UN TWh DE ELECTRICIDAD ES 0.343 TWh O 343 MWh.
- 2. EL VALOR DE COQUE Y GAS SÓLIDOS, EXPRESADO EN TONELADAS DE SU EQUIVALENCIA AL CARBÓN LIVADO.
- 3. INCLUYE EL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DIRECTAMENTE POR LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS.
- 4. INCLUYE LOS SERVICIOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.
- 5. SE INCLUYE COMO EL REQUERIMIENTO CALIENTE PARA CUMPLIR UN VOLUMEN DADO DE ELECTRICIDAD BAJO LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN OPERATIVAS EN EL PAÍS DE LAS PLANTAS QUE OPERAN A BASE DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS.
- 6. INCLUYE LOS PRODUCTOS COMBUSTIBLES COMO COMBUSTIBLE Y LOS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
- 7. INCLUYE LA IMPORTACION.
- 8. REPRESENTA EL CONTENIDO PROMIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y LOS PERDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.
- 9. A BASE DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS.

	ENERGIA PRIMARIA		TOTAL DE ENTRADA Y SALIDA INTERNA	CONSUMO INTERMEDIO DEL SECTOR ENERGIZADO					TOTAL	CONSUMO DE OTROS SECTORES					TOTAL	EQUIVALENCIA EN TONELADAS DE PETROLEO
	CONSUMO EN MATERIA PRIMA	CONSUMO EN MATERIA SECUNDARIA		REPRODUCCION DE PETROLEO	REPRODUCCION ELECTRICA	CONSUMO EN MATERIA PRIMA	CONSUMO EN MATERIA SECUNDARIA	CONSUMO EN MATERIA PRIMA		CONSUMO EN MATERIA SECUNDARIA	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR TRANSCORTE	SECTOR COMERCIO	SECTOR RESIDENCIAL		
ENERGIA PRIMARIA																
ENTRADA	0.0	00.0	00.0	0.0	00.0	00.0	0.0	00.0								
PETROLEO CRUDO Y PRODUCTOS DEL GAS	445.7	2102.2	2547.9	1250.2	0.0	210.7	1341.5									
GAS	25.0	020.0	045.0	25.0	0.0	100.0	125.0									
ENERGIA HIDRAULICA Y GEOTERMICA	0.0	102.1	102.1			102.1	102.1								0.0	
ENERGIA NUCLEAR	0.0	21.0	21.0			21.0	21.0								0.0	
ENERGIA SECUNDARIA																
PRODUCCION REFINORIAS	420.0	3270.0	3690.0	0.0	100.0	27.0	24.0		100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
REPRODUCCION DE ELECTRICIDAD	0.0	121.0	121.0	0.0	0.0	20.0	20.0		0.0	0.0	20.0	20.0	0.0	0.0	100.0	
OTROS	1.0	10.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
TOTAL	470.7	2513.0	2983.7	1250.2	100.0	157.0	154.0	200.0	100.0	100.0	20.0	20.0	0.0	0.0	100.0	
BALANCE DE ENERGIA PRIMARIA																
ENTRADA INTERNA	440.7	2070.0	2510.7													
RENTAS POR TRANSMISION Y CARGO DE INTERIORES				-0.0	-201.0	-21.0	-200.0	-400.0								
ENTRADA DE OTROS SECTORES									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
BALANCE DE ENERGIA SECUNDARIA																
PRODUCCION INTERNA		3270.0	3270.0	3270.0	121.0	10.0	0.0	3270.0								
EQUIVALENCIA DE LA ELECTRICIDAD EN MATERIA DE ENERGIA PRIMARIA (ENTRADA)					0.0	-0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
EQUIVALENCIA EN CONSUMO EN MATERIA DE ENERGIA PRIMARIA (SALIDA)					0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
RENTAS POR UNIDAD CONSUMIDA DE COMBUSTIBLES FOSILES COMERCIALES O OTROS					0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

- 1. LA EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL POTER CALORIFICO PRODUCIDO POR UN TON DE ELECTRICIDAD ES 0.009 TONELADAS DE PETROLEO.
- 2. SE REFIERE A CARGA NETO UNIT, EXPRESADO EN TERMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CARGA NETO UNIT.
- 3. INCLUYE EL GASEO UTILIZADO DIRECTAMENTE POR LAS PLANTAS PETROQUIMICAS.
- 4. INCLUYE GAS NATURAL Y GASOLINA Y LA ATOMERIA.
- 5. REPRESENTA EL REFINORIAS CALORIFICO PARA GENERAR UN VOLUMEN DADO DE ELECTRICIDAD BAJO LAS CONDICIONES DE CONSUMO ESTABLECIDAS EN EL PAIS EN LAS PLANTAS QUE OPERAN A BASE DE COMBUSTIBLES FOSILES.
- 6. INCLUYE LOS PRODUCTOS CONSUMIDOS COMO COMBUSTIBLE Y LOS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
- 7. INCLUYE LA REPRODUCCION.
- 8. REPRESENTA EL CONSUMO PROPIO DEL SECTOR ELECTRICO Y LAS PERDIDAS POR TRANSMISION Y DISTRIBUCION.
- 9. A BASE DE COMBUSTIBLES FOSILES.

	ENERGIA PRIMARIA		TOTAL DE DEMANDA Y RESERVA UTILIZADA	CONSUMO INTERMEDIO DEL SECTOR ELECTRICO				TOTAL	REVENUE DE OTROS SECTORES					CONSUMO SECTOR ELECTRICO (100%)
	IMPORTACION NETA	PRODUCCION INTERNA		PRODUCCION EXTERNA	PRODUCCION DE CENTRALES DE CARBON	PRODUCCION ELECTRICA	CONSUMOS DE GASES		SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR TRANSPORTE	OTROS SECTORES	SECTOR DOMESTICO	USOS NO ELECTRICOS	
ENERGIA PRIMARIA														
CARBON	0.0	96.9	40.0 ^{1/2}	0.0	57.6	61.8	0.0	100.9						
PRODUCTOS CRUDOS Y SERVICIOS DEL GAS	191.0	217.6 ^{2/3}	1926.9	117.0	0.0		110.0	1926.9						
GAS	24.0	100.0	970.9	31.0	137.2		122.6 ^{2/3}	200.0	200.0					
ENERGIA HIDRAULICA Y GEOTERMICA	0.0	100.0	101.0 ^{1/2}		100.0			101.0						101.0
ENERGIA NUCLEAR	0.0	22.0	22.0 ^{1/2}		22.0			22.0						22.0
ENERGIA SECUNDARIA														
PRODUCCION RECUPERADA	112.0		1127.5	60.0	100.0		24.0	214.0	112.0 ^{2/3}	620.0	70.0	60.0	22.0	920.0
REAFINACION DE REFINERIAS	0.0		147.0	0.0			22.0 ^{2/3}	22.0	22.0	0.0	20.0	20.0		124.0
OTROS	1.0		20.0				0.0	0.0	20.0					20.0
TOTAL	191.0	312.0	1910.0	271.0	272.0	61.8	256.0	1121.0	611.0	620.0	91.0	120.0	72.0	1124.0
RESERVA DE ENERGIA PRIMARIA														
DEMANDA INTERNA	191.0	312.0	222.0											
RESERVA POR TRANSFORMACION Y COMERCIO DE IMPORTACIONES				170.0	111.0	25.0	292.0	518.0						
RESERVA DE OTROS SECTORES									611.0	620.0	91.0	120.0	72.0	1124.0
BALANCE DE ENERGIA SECUNDARIA														
PRODUCCION NETA			1910.0	1207.0	171.0	10.0	0.0	1910.0						
REQUISITOS DE LA ELECTRIFICACION EN TERMINOS DE ENERGIA PRIMARIA (EPP)					471.0		122.0	600.0	200.0	0.0	70.0	70.0		640.0
CAPACIDAD DE GENERACION EN PRODUCCION Y SERVICIO					21.0									
GENERACION POR UNIDAD CALORIFICA DE COMBUSTIBLES FOSILES CONVENCIONALES O NUCLEARES					70.0									

- 1/ LA EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL PODER ELECTRICO PRODUCIDO POR UN TON DE CARBON EN LAS PLANTAS DE 10 MW ES:
- 2/ SE REFIERE A CARBON + COKE + PULVERIZADO EN TERMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CARBON USADO.
- 3/ INCLUYE EL GASEO RESULTANTE PARTICIPANTE POR LAS PLANTAS METALURGICAS.
- 4/ INCLUYE LAS QUIMICAS Y SERVICIOS A LA AGRICULTURA.
- 5/ INCLUYE COMO EL REFINERIAS CONVENCIONALES PARA GASEOS EN CANTIDAD BASTANTE DE EQUIVALENCIA AL GAS DE COMBUSTIBLES FOSILES.
- 6/ INCLUYE LOS PRODUCTOS COMERCIALES COMO COMBUSTIBLE Y LOS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
- 7/ INCLUYE LA TRANSFORMACION.
- 8/ RESERVA EN EL SECTOR ELECTRICO Y LOS SERVICIOS POR TRANSMISION Y DISTRIBUCION.
- 9/ A BASE DE COMBUSTIBLES FOSILES.

REPÚBLICA DOMINICANA
 CUADRO DE BALANCE DE ENERGÍA, 2000
 ESTADÍSTICAS Y ANÁLISIS

	ENERGÍA PRIMARIA		VALOR DE ENERGÍA Y EQUIVALENCIA	CONSUMO INTERMEDIO DEL SECTOR INDUSTRIAL					CONSUMO DE OTROS SECTORES					ELECTRICIDAD GENERADA EN PAÍS
	PRODUCCIÓN NETA	PRODUCCIÓN INTERNA		INDUSTRIAL	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	INDUSTRIAL	TOTAL	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR SERVICIOS	SECTOR DOMESTICO	SECTOR AGRICOLA	TOTAL		
ENERGÍA PRIMARIA														
Carbón	0.0	149.0	149.0 ^{1/2}	0.0	219.7	30.2	0.0	149.0						
Petróleo crudo y derivados del gas	0.0	2793.2 ^{2/3}	2793.2	1876.6	0.0		220.7	2793.2						
Gas	0.0	1457.3	1457.3	81.9	211.2		209.7 ^{2/3}	242.2	200.7		0.0	22.0		422.6
Energía hidráulica y sustentable	0.0	200.3	200.3 ^{2/3}		200.3			200.3						200.3
Energía nuclear	0.0	207.2	207.2 ^{2/3}		207.2			207.2						207.2
ENERGÍA SECUNDARIA														
Productos petrolíferos	11.0	2030.3	2041.4	110.7	221.0		32.0	403.7	412.3 ^{2/3}	1224.0	140.2	240.0	300.2	1246.4
Generación de electricidad	0.0	261.4 ^{2/3}	261.4	0.0			207.2 ^{2/3}	261.4	261.4	0.0	0.0	0.0	0.0	261.4
Calor	1.2	22.6	23.8				0.0	23.8	23.8					23.8
TOTAL	11.2	4000.0	4015.4	1977.5	1551.2	30.2	429.7	4511.2	1921.9	1224.0	200.2	239.5	300.2	1734.0
BALANCE DE ENERGÍA PRIMARIA														
Uso interno	10.2	4001.0	4001.0											
Reservas por transformación y cambio de inventarios				-122.0	-709.9	-30.4	-442.8	-1394.7						
Consumo de otros sectores									1921.9	1224.0	200.2	239.5	300.2	1734.0
BALANCE DE ENERGÍA SECUNDARIA														
Producción neta		2019.4	2019.4	2430.7	141.9	22.6	0.0	2019.4						
EQUIVALENCIA EN LA CONSERVACIÓN DE TERMINALES DE ENERGÍA PRIMARIA (TÉRMINOS)					1111.7		-170.9	940.8	266.2	0.0	199.0	189.2		979.0
EFICIENCIA EN GENERACIÓN (C/G) - CONSERVACIÓN (TÉRMINOS)					21.9									
CONSERVACIÓN POR UNIDAD CALÓRICA DE COMBUSTIBLES FÓSILES COMERCIALES Y PETRÓLEO					265.9									

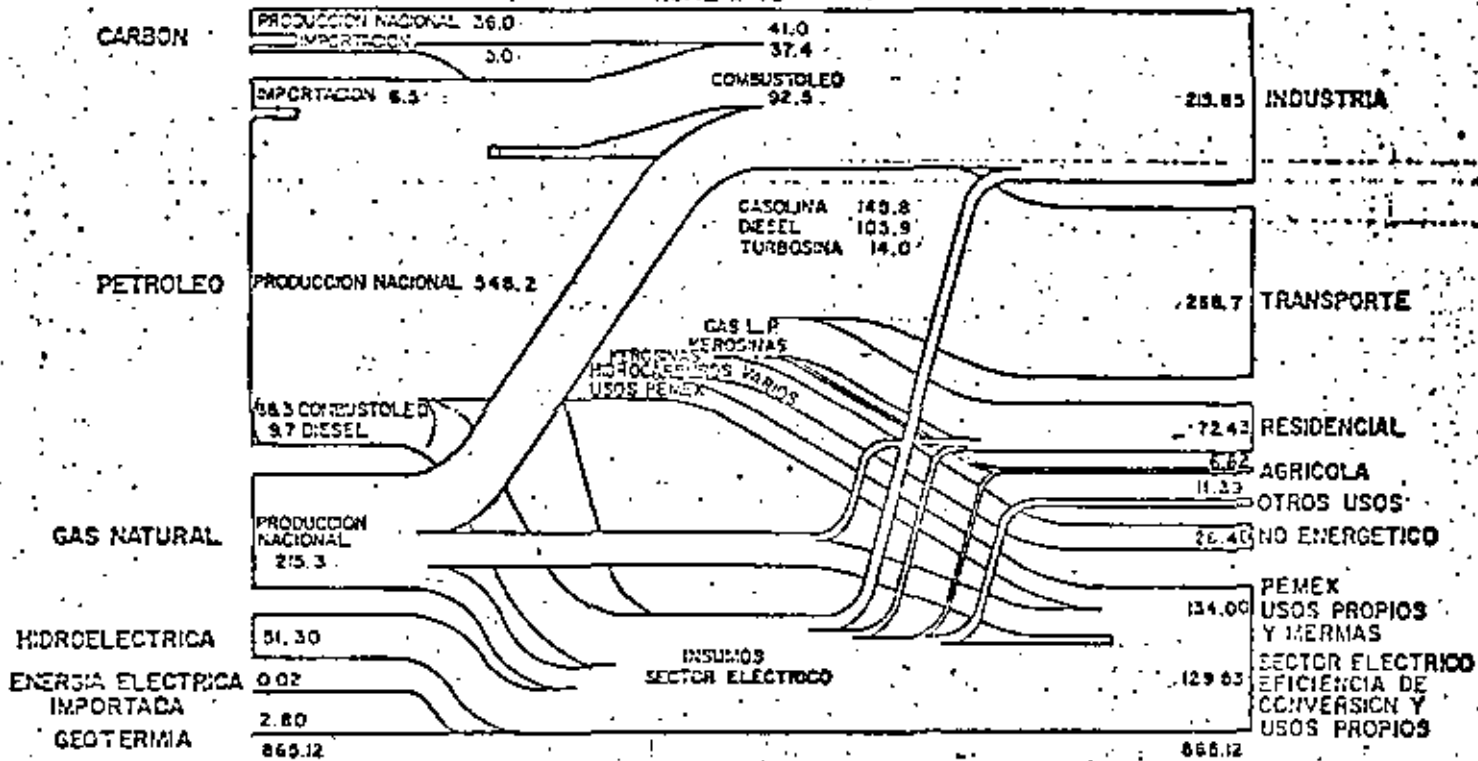
1/ EN EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL PESO CALÓRICO PRODUCIDO POR UN TON DE EQUIVALENCIA DE P.OTRO CALOR A 1000 KJ.
 2/ SE REFIERE A CARBÓN +TURB COMB, EXPRESADO EN TÉRMINOS DE SU EQUIVALENCIA AL CARBÓN COMÚN.
 3/ INCLUYE EL GASEO UTILIZADO DIRECTAMENTE POR LAS PLANTAS PETROQUÍMICAS.
 4/ INCLUYE GAS ACEFENOL Y GASOLINA A LA ATMÓSFERA.
 5/ ESTIMADO CON EL PROCEDIMIENTO CALORÍFICO PARA GENERAR UN VOLUMEN FÍSICO DE ELECTRICIDAD BAJO LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN CONVENCIONALES EN EL PAÍS EN LAS PLANTAS QUE EMPLEAN A GASEO DE ALTERNANCIAS FOSÍLES.
 6/ INCLUYE LOS PRODUCTOS COMERCIALES COMO COMBUSTIBLE Y LOS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
 7/ INCLUYE GAS AUTOGENERADO.
 8/ REPRESENTA EL CAMBIO NETO DEL ALISTO ELECTRÍFICO Y LAS PERDIDAS POR TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.
 9/ A BASE DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

	ENERGIA PRIMARIA		TOTAL DE ENERGIA Y EQUIVALENCIA	CONSUMO INTERIOR DEL SECTOR ELECTRICIDAD				TOTAL	CONSUMO DE BOMBA SECTORA					TOTAL	ELECTRICIDAD GENERADA EN PAIS
	TRANSMISION NETA	PRODUCCION INTERNA		PRODUCCION INTERNA	TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA	GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	CONSUMO EN CARRO		PERDIDAS	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR TRANSPORTES	SECTOR SERVICIOS	SECTOR RESIDENCIAL		
ENERGIA PRIMARIA															
USO	0.0	94.4	94.4	0.0	94.4	94.4	0.0	94.4							
RENTAS DE CAPITAL Y DIVIDENDOS DEL 60%	-191.0	2794.0	2603.0	1910.0	0.0	0.0	1910.0	2603.0							
SECTOR INDUSTRIAL Y RESIDENCIAL	0.0	117.9	117.9	0.0	117.9	117.9	0.0	117.9							117.9
SECTOR RESIDENCIAL	0.0	27.4	27.4	0.0	27.4	27.4	0.0	27.4							27.4
ENERGIA SECUNDARIA															
PRODUCCION MINERAL	-117.0		117.0	117.0	0.0	0.0	117.0	117.0	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.0
CONSUMO DE ELECTRICIDAD	0.0		117.0	0.0			117.0	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.0
USO	1.0		1.0	1.0			1.0	1.0							1.0
TOTAL	-191.0	3194.0	3003.0	3003.0	117.0	117.0	3194.0	3003.0	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3194.0
BALANCE DE ENERGIA PRIMARIA															
SECTOR INDUSTRIAL	-191.0	3194.0	3003.0												
SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL															
CONSUMO DE BOMBA SECTORA															
BALANCE DE ENERGIA SECUNDARIA															
PRODUCCION NETA			1657.0	1657.0	1657.0	0.0	1657.0								
EQUIVALENCIA DE LA ELECTRICIDAD EN TERMINOS DE ENERGIA PRIMARIA (EIP)															
ELECTRICIDAD EN TERMINOS DE EIP															
CONSUMO EN UNIDAD FISICA DE CONSUMIDORES RESIDENCIALES Y COMERCIALES															

- 1/ SE EQUIVALENCIA UTILIZADA PARA EL PODER CALORIFICO PRODUCIDO POR UN TON DE ELECTRICIDAD DE 8,000 KWH A 10,000 KWH
- 2/ SE REFIERE A CONSUMO TOTAL NETO, EXPRESADO EN TERMINOS DE SU EQUIVALENCIA DE ENERGIA CALORIFICO
- 3/ EXCLUYE EL SECTOR RESIDENCIAL Y RESIDENCIAL POR LAS PLANTAS MINERARIAS.
- 4/ EXCLUYE LAS PERDIDAS POR FUGAS A LA ATMOSFERA.
- 5/ EXCLUYE TAMBIEN EL RECONSUMO CALORIFICO PARA GENERAR UN VOLUMEN DADO DE ELECTRICIDAD BAJO LAS CONDICIONES DE PRODUCCION OPERATIVAS EN EL PAIS EN LAS PLANTAS DE CARBON A GASES DE COMBUSTIBLES FOSILES.
- 6/ EXCLUYE LAS PERDIDAS POR FUGAS DE COMBUSTIBLE Y LAS QUE SE UTILIZAN COMO MATERIA PRIMA.
- 7/ EXCLUYE LA AUTOGENERACION.
- 8/ REPRESENTA EL CONSUMO NETO DEL SECTOR RESIDENCIAL Y LAS PERDIDAS POR TRANSMISION Y DISTRIBUCION.
- 9/ A GASES DE COMBUSTIBLE FOSILES.

BALANCE ENERGETICO 1980

KCAL x 10¹²



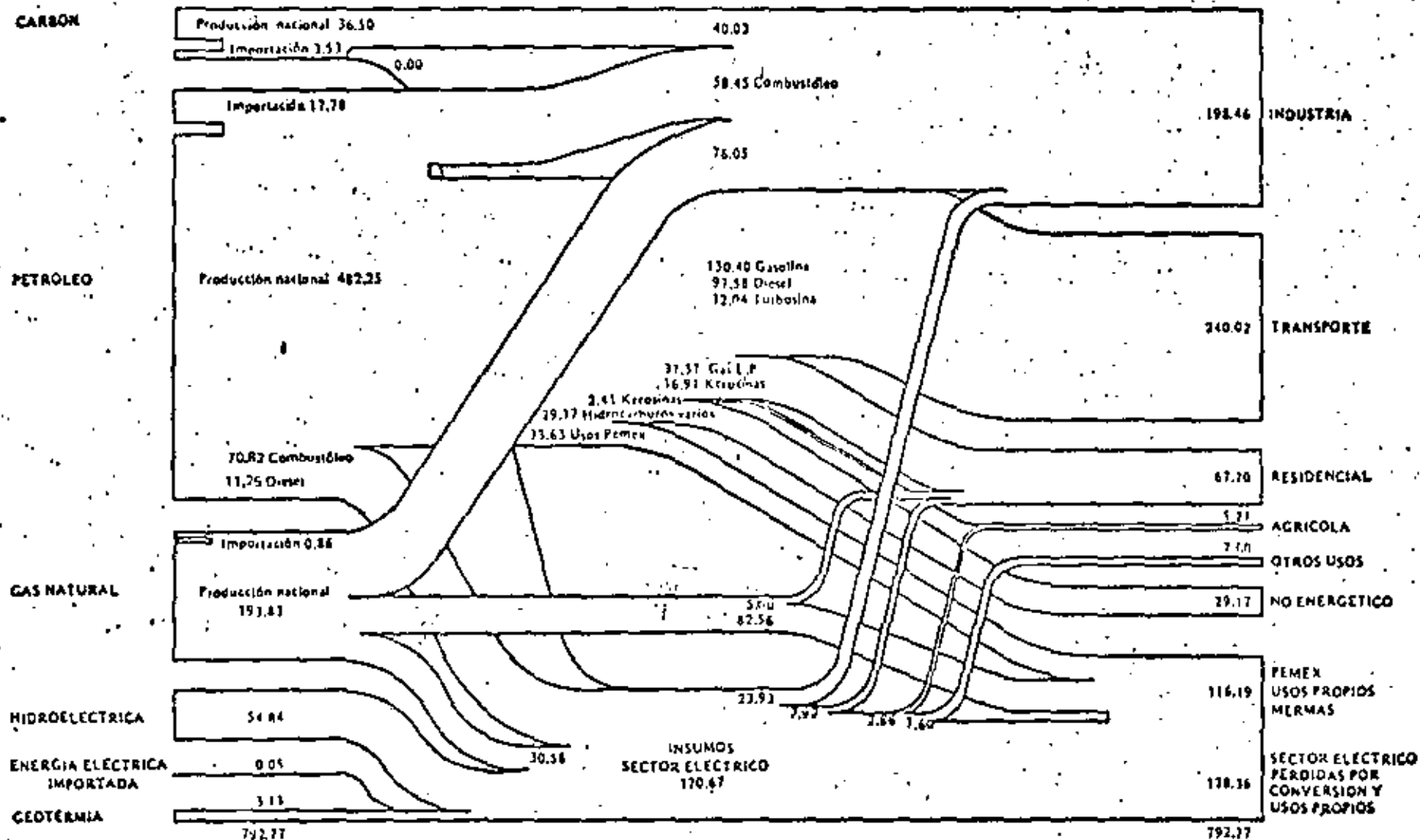
CIFRAS EN KCAL X 10¹²
DATOS PRELIMINARES

FIG. 2

TASA CRECIMIENTO 79 - 80 9.12

d) Balance de la Comisión de Energéticos.

MEXICO
BALANCE ENERGETICO 1979*



Kcal x 10¹²

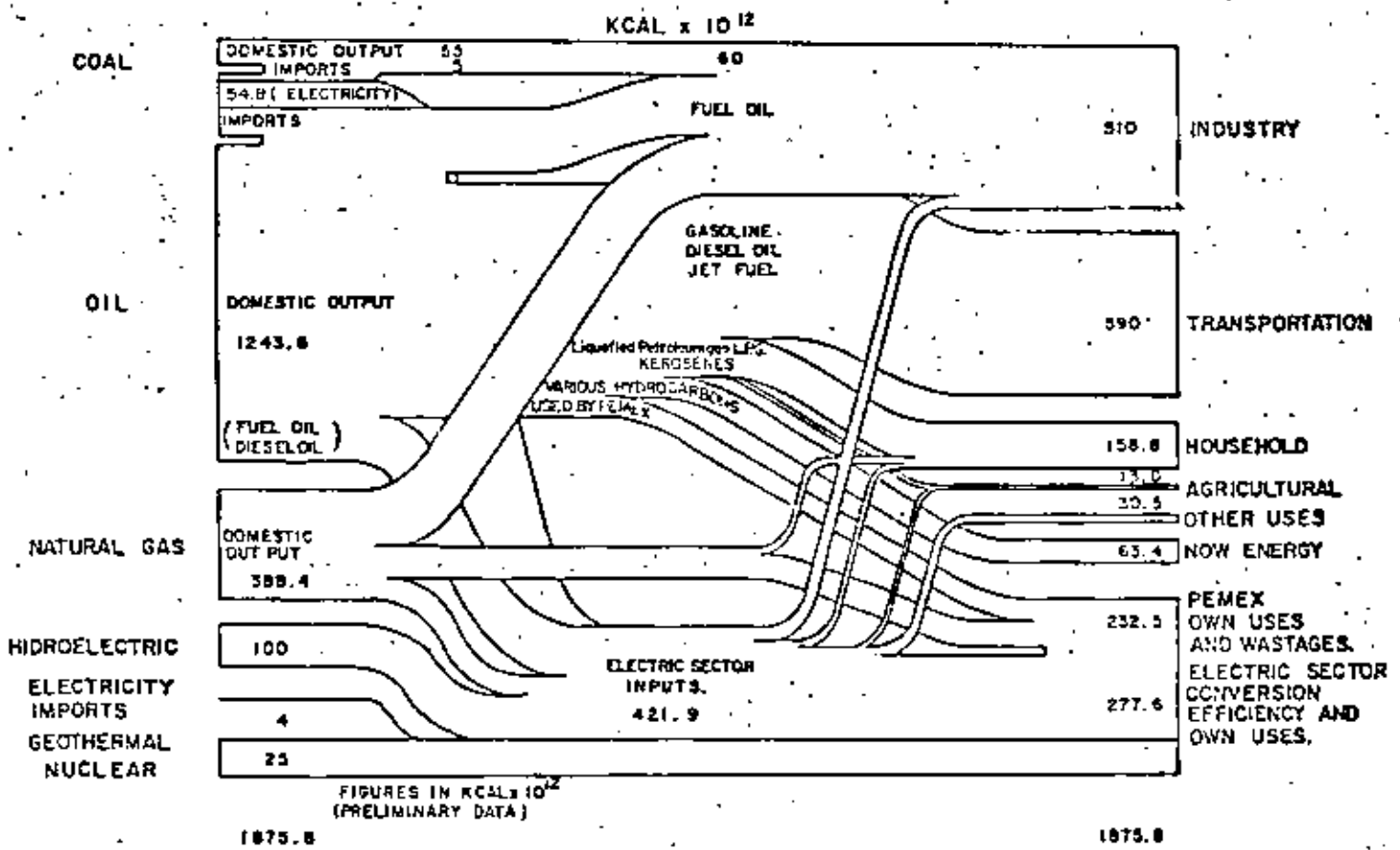
COMISION DE ENERGETICOS

*Este balance se ha elaborado con base en cifras preliminares sujetas a verificación. Debe advertirse que actualmente se está revisando la metodología empleada en su formulación.

Fig. 2

e) Balances de O.E.C.D.

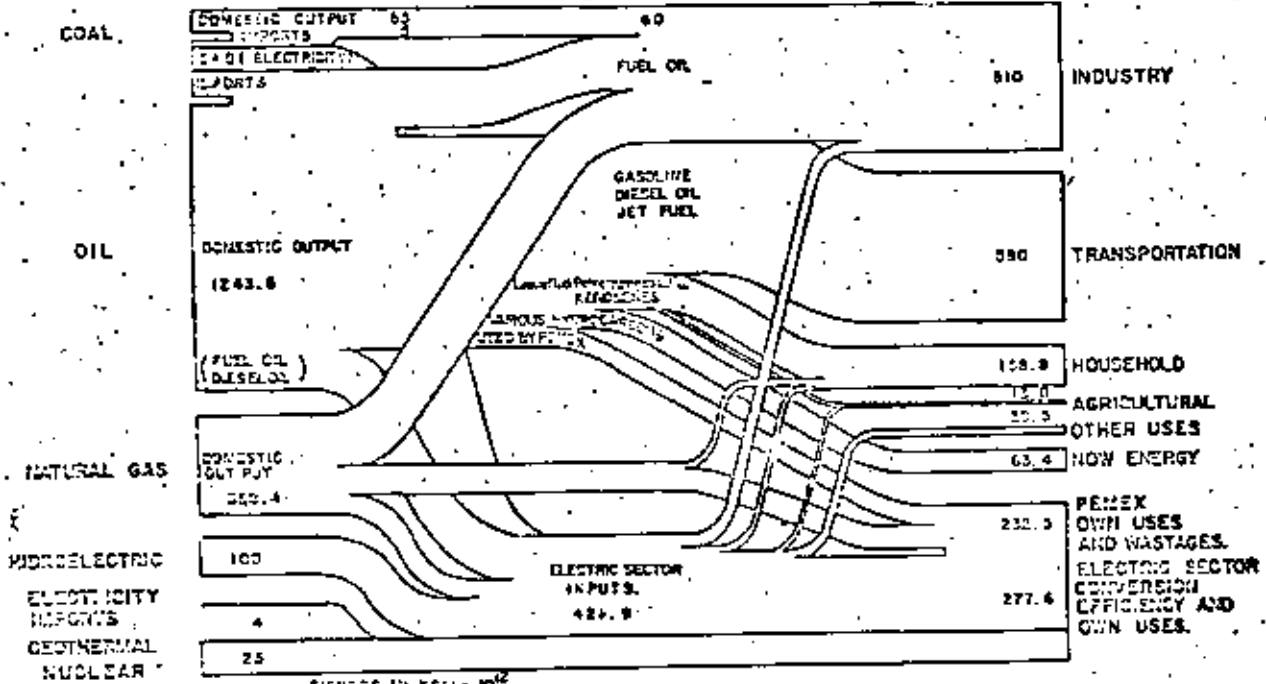
NATIONAL ENERGY CONSUMPTION 1990



(GROWTH RATE) 1980-1990 8%

NATIONAL ENERGY CONSUMPTION 1990

KCAL x 10¹²



1975.8

1975.9

MEXICO 1978

ENERGY BALANCE

IN TENSORS OF METRIC TONS OF OIL EQUIVALENT (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1978	1977	1976	1975	1974	1973	1972	1971	1970	1969	1968
1. PRODUCTION	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
2. IMPORTS	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
3. EXPORTS	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
4. STOCK CHANGE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
5. TOTAL SUPPLY	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
6. TOTAL DEMAND	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
7. RESERVE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
8. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
9. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
10. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
11. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
12. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
13. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
14. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
15. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
16. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
17. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
18. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
19. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
20. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
21. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
22. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
23. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
24. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
25. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
26. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
27. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
28. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
29. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
30. UNRECOVERABLE	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104

NOTE: THE METRIC TONS OF OIL EQUIVALENT IS DEFINED AS THE FOLLOWING: METRIC TONS OF OIL EQUIVALENT = METRIC TONS OF OIL x 1.42857

II
II

Tabla 9
BALANCE ENERGETICO
1975
(Año base-Kcal x 10¹²)

Sector	Carbón	Acetite	Gas	Elect.	No comer- cial	Hidro	Total
- Carretera		153.9					153.9
- Ferrocarril		6.5					6.5
- Aéreo		8.2					8.2
- Marítimo		1.3					1.3
- Ductos		1.1					1.1
- Total transporte		171.0					171.0
- Hierro y Acero	25.1						25.1
- Feedstocks			12.8				12.8
- Otras industrias			66.20				66.20
0.- Total industria	25.1	49.35	79.00	21.4			175.85
1.- Agricultura		2.0		2.0			4.0
2.- Comercial + Público				7.5			7.5
3.- Residencial		37.0	7.0	5.1	32.9		82.0
4.- Total comer. Residencial		37.0	7.0	12.6	32.9		89.5
5.- Usos no ener- géticos		19.4					19.4
5.- Demanda final	25.1	278.75	85.0	36.0	32.9		459.75
7.- Generación elect.	1	64.0	16.0	-4.0		47.53	(126.53) 68.53
8.- Uso en refineries		30.0	21.0				53.0
9.- Otras transforma- ciones				4.0			4.0
10.- Energía primaria	27.1 (4.7%)	372.75 (65%)	125.0 (21.8%)	0	32.9	47.53 (8.3%)	605.28 (572.36)
11.- Oferta interna	25.0	377.0	125.0	0	32.9		
12.- Importación (exportación)	2.1	4.23		0			(2.1)

Tabla 10
BALANCE ENERGETICO
Año 1990
(En Kcal x 10¹³)

Sector	Carbón	Acetite	Gas	Elect.	No com.	Hidro	Otras	Total
1.- Carretera		552.6						
2.- Ferrocarril		23.3						
3.- Aéreo		29.4						
4.- Marítimo		4.6						
5.- Ductos		4.1						
6.- Total transporte		614.0						614.0
7.- Hierro y acero	60							60
8.- Feedstocks			47.0					47.0
9.- Otras industrias								
10.- Total industria	60	178.0	332.0	81.0				651.0
11.- Agricultura		4.9		8.1				13.0
12.- Comercial + Público				30.5				30.5
13.- Residencial		102.0	20.0	26.8	30.0			178.8
14.- Total comercial residencial		102.0	20.0	57.3	30.0			209.3
15.- Usos no energéticos		63.4						63.4
16.- Demanda final	60	962.3	352.0	146.4	30.0			1550.7
17.- Generación elect.	70	200.0	58.0	-16.0		120.0	40.0	325.6
18.- Uso en ref.		97.0	88.5					185.5
19.- Otras transfor- maciones				16.0				16.0
20.- Energía primaria	130	1259.3	498.5	0.0	30.0	120.0	40.0	2077.8

Tabla 11
BALANCE ENERGETICO 2 000 (ALTO CRECIMIENTO)

UNIDADES KCAL x 10¹²

COMBUSTIBLE

ECTOR	Carbón	Acetle	GAS	Elect.	No Comer.	Hidro	Otros	Total
- Carretera		2238.4						2238.4
- Ferrocarril		110.7						110.7
- Aéreo		72.0						72.0
- Marítimos		10.9						10.9
- Ductos		8.0						8.0
- Total transporte		1440						1440
- Acero	102							
- Foodstocks			115					
- Otras Ind.			722					
0.- Total Industrias	102	430	837	173				1542
1.- Agricultura		9		25				34
2.- Comer. Público				115				115
3.- Residencial		202	40	50	29.6			331.6
4.- Total Com. Res.		202	40	175	29.6			446.6
5.- Usos no energéticos		137						137
6.- Demanda Final	102	2218	877	373	29.6			3599.6
7.- Generación Electricidad	123	403	344.3	-41.0		150.0	223	(357.0)
8.- Uso en refinarias		221	220					441
9.- Otras transformaciones				-41.0				41
10.- Energía primaria	225	2842	1441.3	0	29.6	150.0	223	4910.9 (4881.3)

Total 5241 x 10¹² Kcal

Total crecimiento elasticidad 0.87

Tabla 12

FORCENTAJE DE PARTICIPACION DE LOS SECTORES
Transporte, Industrial y Residencial años 1975 y 2000

Sectores	1975	2 000
Transporte	40.0%	40.3%
Industria y no energéticos	45.7%	47.0%
Residencial/serv.	14.3%	12.7%
Total	100.0%	100.0%

Tabla 13

ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA DEMANDA DE ENERGIA
POR ENERGETICO PRIMARIO

Energético primario \ Año	1975	2 000
Carbón	5%	4.5%
Hidrocarburos	87%	88.0%
Hidroeléctricidad	8%	3.0%
Nuclear y otros	—	4.5%
Total	100.0%	100.0%

Tabla 14

ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD
POR FUENTES DE ENERGIA

Fuente de Energía	Años	1975	2000
Hidroeléctrica		37%	13.8%
Geotérmia		-	3.4%
Carbón		-	6.9%
Hidrocarburos		63%	54.9%
Nuclear		-	21.0%
Total		100%	100%



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

CONSERVACION DE ENERGIA EN LOS PAISES
INDUSTRIALIZADOS

ING. GERARDO BAZAN

12 NOVIEMBRE, 1981

DEMANDA HISTORICA

El constante crecimiento que se había observado en la demanda de energía, por la década de los 60, se mantuvo. En los años 70, a pesar del precio del petróleo se cuadruplicó en los años 1973-1974.

En los años 60 ocurrieron hechos sobresalientes, sobre todo en lo que toca al campo de los hidrocarburos:

Surgieron nuevas compañías petroleras; hubo concientización del enorme potencial del medio oriente; hubo reducción de los precios del petróleo en términos reales, cambiando notablemente esta situación en la década de los 70.

Los países industrializados después de los primeros años de esta década tomaron conciencia de la gran importancia que tenían, para su economía, los cambios que experimentó el mercado mundial de los hidrocarburos. Como ejemplo, se puede mencionar los bajos precios a los cuales se seguían vendiendo internamente los productos derivados del petróleo.

En el período 1972-1978 los precios del petróleo importado se incrementaron en cerca del 400%. El aumento relativo en los precios reales para los consumidores finales, tanto los industrializados como los particulares, fue solo del 22%.

De esta forma los consumidores finales continuaron recibiendo durante esa década, un aprovisionamiento abundante y barato de energía, haciendo más difícil la concientización de la gravedad de los problemas energéticos, conduciéndolos a rechazar las medidas impuestas por los gobiernos para hacer un uso más eficiente de la energía.

La evolución de la demanda de energía en los países industrializados durante la década de los 70, se puede resumir como sigue:

PANORAMA MUNDIAL DE ENERGIA

Es importante destacar el papel que tiene la energía en el desarrollo de un país. Si hablamos de un país exportador o importador de petróleo, a ninguno escapa la necesidad de conocer las tendencias que a nivel mundial se presentan dentro de este campo.

En esta charla mencionaremos brevemente que ha pasado en el contexto mundial y que se espera a mediano y largo plazo.

Estos son los principales cambios que se han detectado en el panorama internacional:

- a) Disminución en el crecimiento de la demanda de energía.
- b) Tendencia hacia la conservación de energía.
- c) Cambio en la utilización del petróleo hacia otras fuentes.
- d) Menor dependencia de la organización de países exportadores de petróleo.

En lo que respecta al futuro, las proyecciones que se han realizado en este campo están rodeadas de una gran incertidumbre, debido al ambiente mundial difícil en lo político y en lo económico.

En la gráfica No. 1, se presenta un resumen sobre los principales trabajos que se han hecho en este tema, junto con los resultados obtenidos. Destacan los cambios sustanciales en las producciones realizadas durante el embargo petrolero y los pronósticos que se han hecho posteriormente.

En todos los trabajos sobre este tema, lo más relevante es conocer el conjunto de supuestos, con los cuales se ha trabajado, lo que a juicio personal representa la mejor tendencia.

24

3.

T A B L A 1

CRECIMIENTO ECONOMICO MUNDIAL

por ciento

	<u>1960-73</u>	<u>1973-78</u>	<u>1978-90</u>
Estados Unidos	4.1	2.5	2.5
Europa Occidental	4.7	2.2	2.7
Japón	10.3	3.7	4.3
Otros países industrializados *	5.2	3.2	3.3
Países en desarrollo	6.6	5.6	5.0
Total	5.3	3.0	3.3

* Canadá, Australia, Nueva Zelandia

1. A principios de la década su demanda aumentó en alrededor de 1%, por cada 1% de incremento en el Producto Nacional Bruto.
2. Durante la crisis energética 1973-1974, esta cifra descendió a cerca de .2%, por cada 1% de Producto Nacional Bruto. De 1975 a 1980 lo hizo a un ritmo de .6%.

En lo que respecta a los países subdesarrollados pueda decirse que en términos relativos, la demanda global de energía aumentó significativamente en la primera mitad de la década a una tasa anual promedio de cerca de 7%. Mientras que el consumo de petróleo creció a un 8.2%, en contraste con la demanda de energía a nivel mundial, la que tuvo un crecimiento de aproximadamente la mitad de lo que experimentaron estos países.

DEMANDA FUTURA

Se espera que crezca el consumo de energía para el período 1980-1990, en el mundo no comunista, a una tasa anual de 2.1%. Esto es una tasa superior a la presentada durante el período 1973-1978, posterior al embargo árabe, pero menor que la tasa de crecimiento de 5.3% durante el período 1960-1973. Tabla 1. La demanda de energía tiene una gran divergencia entre las regiones. Los países desarrollados van a experimentar una tasa de crecimiento mucho menor que los países en vías de desarrollo.

Los valores que se han previsto para países en vías de desarrollo y en los países desarrollados, se muestra en la Tabla No. 3. Estas variaciones desde el punto de vista regional son debidas básicamente al crecimiento económico que se prevé y al grado de eficiencia en la utilización.

Las reducciones sustanciales en el uso de energía por unidad de producto, está ocurriendo y seguirá ocurriendo en muchos países desarrollados.

Este hecho es el resultado de los precios altos de energía -

pero también refleja una saturación en algunos usos energéticos, sobre todo en lo que toca a usos residenciales y de transporte.

Esta reducción que se refleja como dijimos, en la relación energía-producto nacional bruto, y se espera que no sea importante en los países en vías de desarrollo, debido principalmente a:

- a) Al interés por obtener un desarrollo industrial.
- b) Por la sustitución de los combustibles no comerciales (leña, bagazo, etc.), por combustibles comerciales.
- c) El aislamiento parcial de los precios domésticos de energía de los precios mundiales.

Se han realizado numerosos trabajos sobre el impacto de la conservación de la energía. Hay que destacar los realizados por la Conferencia Mundial de Energía, correspondiente a su subgrupo de conservación de energía y se habla de que debido principalmente a los altos precios, la energía por unidad de crecimiento económico, deberá ser del orden del 13% más bajo en 1990, que en el año de 1978.

Si tomamos el año de 1973, que corresponde a la crisis petrolera, este incremento se aumento hasta un 18%.

OFERTA HISTORICA

Durante la década de los 70 se presentó el famoso embargo petrolero; situación que creó una repentina escasez y carestía de energía. La oferta se vio restringida y aún cuando las causas no se encontraron en el agotamiento de las reservas, dio lugar a que se empezara a considerar seriamente el uso eficiente de la energía y la búsqueda de nuevas fuentes.

Sin embargo, como mencionamos en la parte de la demanda, a pesar de estos nuevos precios, la tendencia en el consumo de hi

drocarburos, prácticamente no sufrió alteraciones significativas, como se observó en los años siguientes. De 1975 a 1970, se presentó una oferta que excedía a la demanda. Si hablamos de hidrocarburos, no solo creció la producción de los países tradicionalmente exportadores de crudo, sino que se abrieron nuevas áreas a la producción, las que se incorporaron a los mercados mundiales, como fue el caso del Mar del Norte, Alaska y México.

Durante los años 1977 a 1979, se presentó un auge sobresaliente del mercado libre del petróleo, cuyos principales centros, Londres, Rotterdam y Nueva York, presentaron una inusitada especulación con los precios y el destino de los hidrocarburos.

Estos años se caracterizaron entonces, por una anarquía en los precios y por un exceso de oferta, situación que se vio ligeramente opacada por los sucesos de Irán, pero se restableció en un tiempo relativamente corto.

OFERTA FUTURA

De acuerdo a las proyecciones de energía, la participación del petróleo deberá declinar del 55% en 1978 al 43% en 1990. La contribución del carbón a la mezcla energética deberá expandirse del 17% en 1978 al 22% en 1990, debido principalmente al mayor uso del carbón, en la generación de energía.

Se piensa que esta expansión será para utilizar el carbón en el sector eléctrico. Sin embargo, la contribución del carbón como materia prima, para producción de líquidos y gas sintéticos será pobre.

Se prevé que la demanda de carbón en el mundo no comunista, tendrá una tasa de crecimiento de 4.2%, durante el período 1978-1990. Los prospectos de utilización del carbón se han incrementado, debido sobre todo a los altos precios del petróleo.

Se prevé que la energía nuclear tenga una participación en la mezcla energética del 8% en el año de 1990, comparado con el 3% que tenía en 1978.

En lo que respecta a gas natural este combustible deberá permanecer prácticamente constante su participación a pesar de la aparente declinación gradual que se viene observando en Estados Unidos. Sin embargo, hay otros desarrollos que van a favorecer el consumo de gas natural, como son:

1. La expansión de las importaciones de gas natural, por parte de Europa Occidental y Japón.
2. Una mayor utilización de este combustible, y por lo tanto una menor quema de gas asociado, con la producción del petróleo en áreas productoras tales como el Medio Oriente y México.
3. La explotación de campos de gas natural, los cuales fueron antieconómicos a los precios que tenían los hidrocarburos.

A continuación se proporcionan los puntos principales del estudio más reciente, publicado por compañía petrolera Exxon, sobre la oferta y la demanda, para fines comparativos:

1. Es la primera vez que se incluyen a las economías planeadas centralmente, esto comprende a la Unión Soviética, a la República de China y a Europa Oriental.
2. Los incrementos de precios en los productos energéticos aumentarán notablemente, mencionando que para el año 2000 el precio real de la energía será un 50% mayor al actual, efecto que moverá a los consumidores a utilizar menor energía.
3. Los suministros crecientes de energía provendrán de fuentes diferentes al petróleo y este recurso descenderá hasta el 31% de la oferta total de energía, frente a una participación actual de 47%.

4. El crecimiento de la demanda de energía tendrá un valor bajo de aproximadamente 2.5% al año, durante las dos próximas décadas, lo que equivale a la meta de la tasa de crecimiento durante el periodo 1965-73.

5. La relación energía a Producto Nacional Bruto seguirá disminuyendo, sobre todo en los países industrializados, lo que equivale a tener ahorrados 20 000 000 de barriles diarios de petróleo, en el año de 1990. 40 000 000 para el año 2000.
6. Con respecto a los países en vías de desarrollo se espera un crecimiento alto de la demanda de energía de aproximadamente 5% por año, aumentando su participación en la demanda de energía, de 14% que tenía en 1979 a un 24% en el año 2000.
7. En relación a la oferta de energía, el reporte es optimista en cuanto al potencial de gas natural, y se espera que este energético contribuya a satisfacer el 20% de las necesidades de energía en los 90.
8. Se considera que la oferta de carbón también tendrá un crecimiento grande y que el carbón no solamente contribuirá a satisfacer una parte de la demanda de energía, sino que también reemplazará al aceite y el gas en los mercados correspondientes al sector industrial y al sector eléctrico.
9. En cuanto a los combustibles sintéticos se comentó que tendrán un papel importante, sobre todo en Estados Unidos, país que cuenta con grandes recursos de carbón y esquistos bituminosos.
10. En lo que se refiere a las fuentes renovables, tendrán una importancia mínima durante este siglo. Su importancia se verá en el siglo 21.

FIGURA 1

Pronósticos Mundiales de Energía

Título	Año	Organización	Energy demand (in million barrels per day)			Oil demand			OECD average annual energy demand growth		OECD average annual GDP growth		OECD GNP growth rate	
			1980	1985	1990	1980	1985	1990	1973-83	1980-83	1973-83	1983-84	1973-83	1983-84
World Energy Outlook.....	1975	Exxon.....	100.0	121.2	159.3	59.9	67.2	73.7	3.0	3.3	4.0	3.9	0.55	0.75
Int'l World Energy and Petroleum Demand, 1975-90.	1978	Exxon.....	103.6	123.5	154.2	56.7	66.1	76.0	3.0	3.3	4.4	3.8	.65	.86
Scenarios for the Eighties—An Update: Case A (high economic growth).....	1976	Shell.....	103.0	126.1	159.2	57.5	67.2	71.4	4.4	3.7	NA	4.5	NA	.62
Case B (low economic growth).....			98.0	113.2	124.7	53.2	58.9	64.0	3.3	2.2	NA	2.7	NA	.81
Toward Project Interdependence.....	1975	CRS.....	107.2	128.9	152.0	55.5	62.1	71.4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A World Energy Study—Vol. 5.....	1976	Sherman Clark Association	101.0	118.9	134.7	58.4	62.2	62.0	3.3	2.2	6.7	6.1	.70	.54
U.S. Energy Outlook.....	1972	AEC.....	124.2	159.1	NA	69.1	81.9	NA	(1973-83)		NA	NA	NA	NA
An Assessment of U.S. Energy Policy.....	1976	Lowy.....	129.7	172.4	NA	77.9	103.4	NA	(1974-83)		NA	NA	NA	NA
World Energy Outlook.....	1977	Exxon.....	104.0	125.0	157.9	59	68	76	4.0	3.1	4.3	3.7	.8	.7
Oil.....	1978	Exxon.....	105.0	125.2	147.0	57	65	72	3.3	2.8	3.8	2.7	.65	.70
Oil.....	1977	OECD.....	101.0	123.7		55.0	65.0	NA	3.6	3.1	4.3	4.5	.84	
WALS: (C).....	1977	MIT.....		122.0			62.0		4.4		5.1			
(D).....	1977	MIT.....		124.0			64.4		3.2		3.8			
Annual Report to Congress: (C).....	1978	EIA.....		121.0	151.0		60.4	72.3	(1976-85)	(1984-90)				
(D).....	1978	EIA.....		118.0	141.2		61.0	67.0	(1976-85)	(1984-90)				
Outlook for World Oil into the 70s Centers: (R,C).....	1978	PIRENEC.....	202.6	222.3	146.4	94.4	61.0	71.9	3.7		4.0		.89	.9
(D).....			121.1	115.4	129.1	52.0	57.7	64.7	3.3		4.0		.70	.7
Technical Analysis of the International Oil Market.....	1978	Frankel.....	122.4	123.3	130.9	56.1	61.9	64.4	3.0		NA		NA	
International Energy Prospects to 2000, 1979-90 AIEA Assumptions Summary and Key Findings.....	1979	Intern'l Energy Co.....	100.7	121.2	150.0	58.0	63.2	79.0			4.0	4.3		
	1978	Shell.....	NA	121.0	140.1	NA	61.2	74.0	(1977-85)	(1985-90)				
									4.0		3.5			

* December.
 † Higher prices.
 ‡ Constant dollar 1978.

Note: 1965-73 economic growth rates in OECD averaged 4.7 percent and energy growth rates were 5.1 percent—GNP ratio was 1.1 for the OECD. Total free world energy consumption in 1973 was 79,000,000 barrels per day of equivalent. Total free world oil reserves in 1978 was 44,100,000 barrels per day.

ENERGY CONSERVATION: A CORNERSTONE OF THE
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY'S STRATEGY

ENERGIEEINSPARUNG: EIN ECKSTEIN DER STRATEGIE DER
INTERNATIONALEN ENERGIEAGENTUR

LES ECONOMIES D'ENERGIE: UNE PIERRE ANGULAIRE DE LA
STRATEGIE DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE

J. Reddington
Head of Energy Economic Analysis Division, IEA

R. Gradin
Head of Energy Conservation Division, IEA

1. Introduction

At the International Energy Agency (IEA)¹⁾, energy forecasting and policy recommendations are grounded on a framework, which attempts to explain and quantify the way the energy economy works. In such a framework, proposed changes are checked for consistency with the market forces and the

1) The International Energy Agency (IEA) was established in 1974 to strengthen co-operation on energy policy among Participating Countries. As of March 1979 the 20 IEA countries are Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom and the United States. The importance of the IEA countries in world energy consumption is illustrated by the fact that together they account for about 52 per cent of world total energy requirements.

overall economic strategy. Energy conservation, being the result of a number of interrelated factors, is examined in two broad categories: those savings induced by income and price effects and those induced by imposition of energy efficiency of usage standards.

Although both categories imply a government policy initiative, the former relies more upon market forces. The first section of this paper will deal with broad estimates that reveal more about the inducement of market forces; the second section will discuss conservation induced by energy efficiency or usage standards, and other conservation programmes.

2. Energy Demand Measurement and Forecasting

2.1 The Income Effect

The two main market forces influencing energy demand are income and price changes. These have different time profiles. Income is primarily a short run phenomenon while price is assumed to encompass both a short and a long term reaction. In each major sector of the economy (industry, transportation and the residential/commercial) energy demand, because it is essentially a derived demand, responds directly to an income variable. In the industrial sector, for example, although firms plan their production for the short and long run on expectations about future output levels, energy consumption (like other production inputs) will depend on the production level that will actually be demanded at each time period. In the short term - when the technology and substitution between the factors of production remains constant - demand will vary with output levels and possibly efficiencies associated with rate capacity utilization. In the longer term, energy prices relative to prices of other factors of production will also influence industrial energy demand; this effect is assumed to be captured by the change in the "real" price of energy.

The reasoning is similar for the transportation and residential/commercial sectors of the economy. Since energy demand derives from the demand for services that the various durable goods yield, any level of consumption expenditure will be associated with a given rate of energy consumption. Here again there is a proportionality between the activity indicator, consumption expenditure, and energy consumption. Although the purchases of durable goods may depend on both present and expected incomes, the actual utilisation of such durable commodities - and hence energy consumption - will depend on consumer expenditure at each time period. Thus the income effect of energy demand on transportation and the residential/commercial sectors can be viewed again as a short term phenomenon.

2.2 The Price Effect

Fuel price changes produce short and long term reactions which have implications on both energy consumption as well as inter-fuel substitution. When the price of energy increases, consumers will in the short term try to cut consumption but they will, in general, keep their existing capital equipment or durables stock. In the longer term, conservation can be achieved by switching to more efficient equipment, retrofitting houses, reorganising the production process, etc. Some autonomous conservation, however, would take place independently because of the natural progress in technology.

The long term response to price changes should have a different profile in every sector. In industry long term conservation which reflects the life of capital stock and the ability to invest in more efficient process, should be achieved a lot faster than in the household, where appliances once bought stay for years. In the transportation sector the existence of a long term reaction is not clear. A short term reaction of course does exist but motorists tends to go back to old habits quite soon. Something which is also supported by the persistent high growth of gasoline through the late 70s.

2.3 Policy Implications of the Income and Price Effects

The distinction between short and long term reactions for the two main factors in energy demand management, income and price, have different policy implications. In the short term conservation can be achieved by either accepting a recession in the economy while keeping energy price rises constant, or by increasing energy prices while steering the economy through an acceptable growth path. For the longer term it is mainly in energy price rises that can be used to monitor conservation and shifts between fuels in order to lessen dependence on the expensive or less desirable energy forms. However, since there is a trade-off between higher energy prices and economic growth the long term strategy should focus primarily on substitution away from oil to other fuels.

2.4 Some Empirical Evidence on Conservation

There is no universally acceptable index that would describe conservation adequately. However, the energy output ratio can be used as a broad indicator of energy savings per unit of output over time. Thus if the value of the ratio diminished in successive years than this is an indication that the energy requirements per unit of output has fallen and hence energy has been saved. On the other hand if the value of the ratio increases in successive years then this can be taken to indicate that desavings of energy have occurred per unit of output.

There are a number of factors that would tend to obscure the usefulness of this ratio as regards the measurement of conservation. The main one is that as economies grow and their structure changes their energy requirements per unit of GDP would tend to change also. Inter alia an increase of the industrial sector relative to agriculture and services would tend to increase the value of the ratio. Likewise a rise of the energy intensive industries within the industrial sector would also tend to increase the value of the ratio. The energy output ratio also varies positively with the cycle. During a recession, due to the existence of built-in stabilisers in the economy, industrial output falls faster than GDP and thus energy per unit of output diminishes. On the contrary during the upturn, growth in industrial output picks up faster than GDP growth and thus energy per unit of output increases.

If these main factors are kept constant then changes in the value of the ratio should reflect energy savings or desavings over time. They in turn would be the result of an autonomous part due to the ongoing technological progress and a price induced part due to changes in energy prices. For the six largest IEA countries (which account for over 85% of total energy consumption within the 20 Member countries) an energy output ratio has been constructed on the basis of final energy consumption and the gross domestic product Fig. (1-3).

From 65 to 78 the ratio has followed an inverted U path and tends to be negatively correlated with the real price of

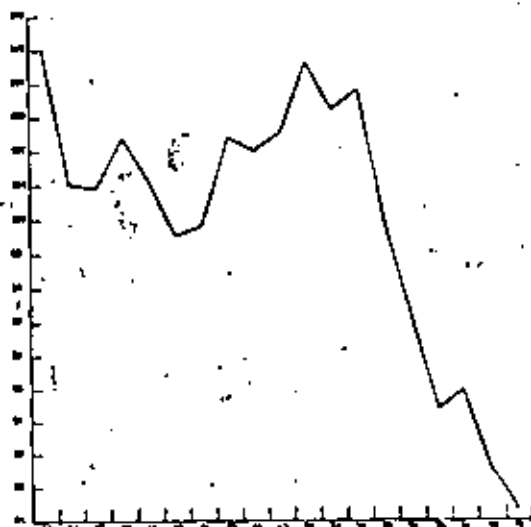


Fig. 1 The energy output ratio for six major IEA countries

Fig. 1 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national pour les six principaux pays de l'AIEA

Fig. 2 The energy output ratio for Italy

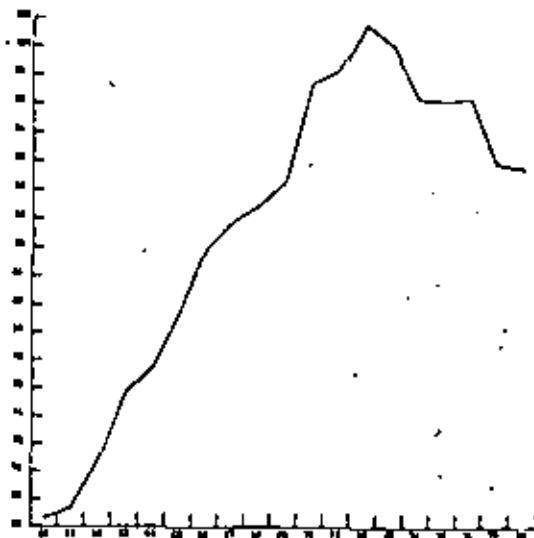


Fig. 2 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national pour l'Italie

Fig. 3 The energy output ratio for the United Kingdom

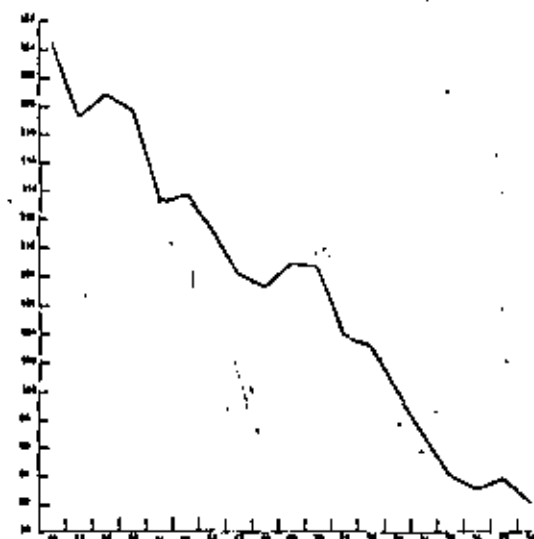


Fig. 3 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national pour l'Angleterre

energy. In the period from 65 to 70 rapid economic growth combined with structural changes and declining real energy prices seem to have induced desavings in energy. From 70 to 73 a decline in the value of the ratio indicates savings possibly because of the weakening of other factors that made the autonomous-technical progress-component more apparent. After the energy crisis period, however, the decline of the ratio is quite distinct indicating substantial energy savings per unit of GDP. A large part of this decline should be attributed to the rise in energy prices.

In the factors underlined above we should also add the fact that any country aggregate, like the six major IEA countries, would inevitably reflect a number of differences among countries. Thus countries like Italy, because of rapid output expansion during the 1960s show rapid desavings in energy which are reversed after 1973. Mature economies like the U.K. depict a continuous increase in savings both before and after the energy crisis period. For policy purposes, however, the crucial period for investigation is after 1973. As shown in the following table, since 1973 each one of the major six IEA countries seems to have achieved energy savings of some degree.

Total Final Energy Consumption Per Unit of GDP
1973 = 100

	U.S.	Japan	Germany	U.K.	Italy	Canada
1973	100	100	100	100	100	100
1974	97	99	96	97	96	101
1975	95	94	92	95	96	97
1976	96	96	91	94	96	97
1977	93	92	88	95	92	96
1978	92	89	90	93	91	96

On a less aggregate level sectoral conservation efforts can be assessed. For the industrial sector the relevant activity indicator is taken to be the index of industrial production. Thus the ratio is expressed in terms of final energy consumption over industrial output. In the residential/commercial sector the relevant activity indicator is consumption expenditure and the ratio becomes final energy consumption in this sector over private consumption expenditure. In the transportation sector we have to distinguish between transportation for household usage and transportation for commercial or industrial usage. Hence a dual activity indicator is needed (like consumption expenditure and the IIP). For reasons of simplicity we have chosen GDP which embraces both effects (Fig. 4-9).

In the six countries there is a general decline in the trend of the ratio in both industry and the residential/commercial sectors. In the industrial sector energy savings are more pronounced than in the residential/commercial. In fact in all

Fig. 4 Energy price evolution in industry (in real terms)

Fig. 4 Evolution des prix de l'énergie dans l'industrie (en termes réels)

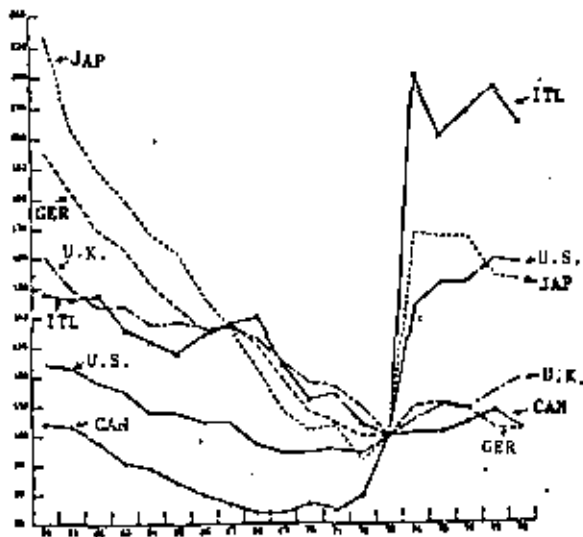


Fig. 5 Energy output ratios in industry

Fig. 5 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national dans l'industrie

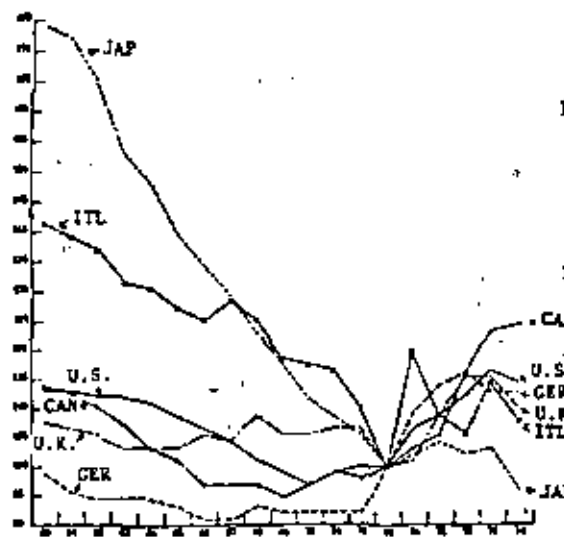
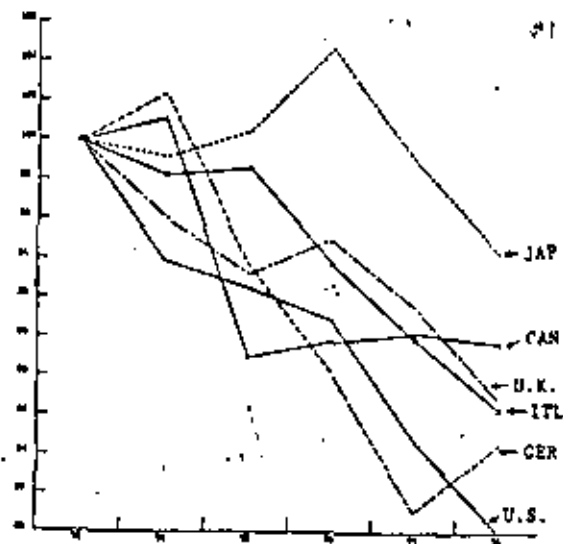


Fig. 6 Energy price evolution in the residential and commercial sector (in real terms)

Fig. 6 Evolution des prix de l'énergie dans le secteur résidentiel et commercial (en termes réels)

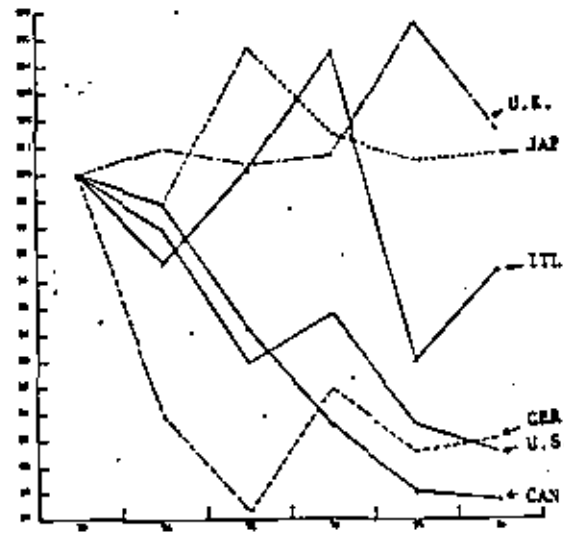


Fig. 7 Energy output ratios in the residential and commercial sector

Fig. 7 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national dans le secteur résidentiel et commercial

Fig. 8 Energy price evolution of motor gasoline (in real terms)

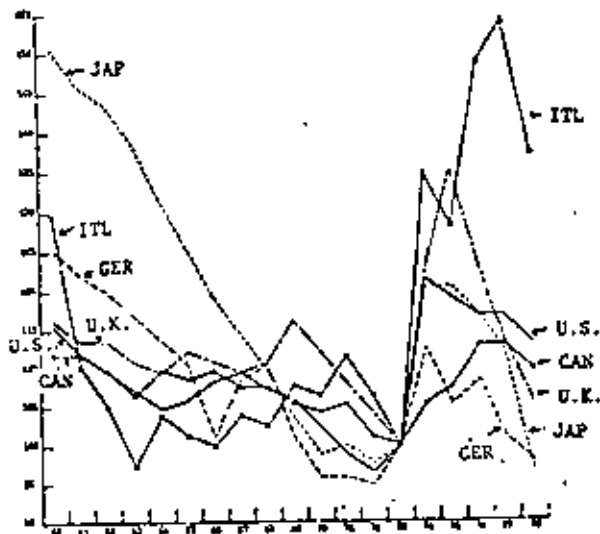


Fig. 8 Evolution des prix de l'essence (en termes réels)

Fig. 9 Energy output ratios in the transport sector

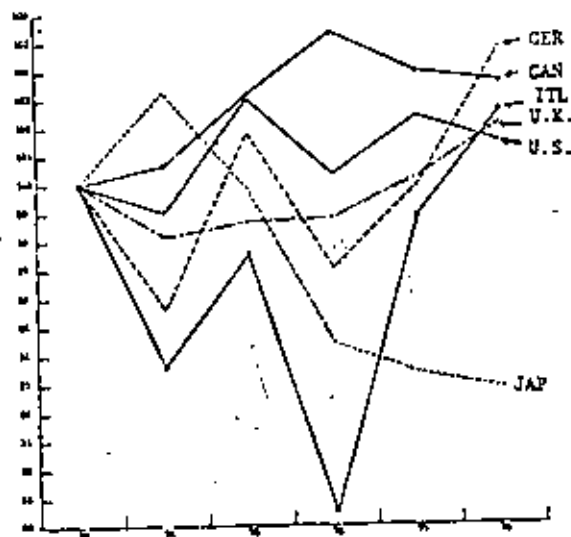


Fig. 9 Le rapport entre la demande d'énergie et le produit national dans le secteur des transports

six countries there appears to be a rapid decline in the value of the ratio except during 1976. That was a year of an upturn in economic growth which evidently, by speeding up the rate of capacity utilisation, induces losses in energy consumption. It is striking, however, to see that the industrial sector in all countries responds quite strongly to higher energy prices¹⁾. In the residential/commercial sector price rises were not that significant. The countries that depict the highest rise since 1973 (Canada, U.S. and Germany) have at the same time achieved the biggest reduction of energy per unit of output. On the contrary, moderate price increases in Japan, Italy and U.K. seem to have achieved little reduction of energy consumption per unit of output. Thus in the residential/commercial sector again the price mechanism seems to work and a given price increases consumption is reduced. In the transportation sector the ratio follows an erratic time path with no distinct indications of a decline (except in Japan). This, however, is consistent with the fact that motor gasoline consumption in the OECD area has been strong in the last few years irrespective of the price rises imposed.

2.5 Income and Price Elasticities

A consistent framework for energy forecasting implies that income and price elasticities have been computed and that these elasticities, together with a number of judgemental elements, are used for projections. In line with our theoretical exposition on the income and price effect we have computed elasticities for a number of countries. The results at the moment concern final energy demand for the total economy. However, research is under way and elasticities for every sector have now been assessed. These together with cross price elasticities and a number of other equations will form an integrated energy model which can be used both for forecasting and energy policy simulations.

For the seven major OECD countries the income elasticities and the short and long run price elasticities are as follows :

1) Real energy prices for industry are the ratio of energy prices over the other inputs in the production process, i.e. wages and the price of capital equipment; for the household sector the ratio of energy prices over the consumer price index; and for transport the ratio of gasoline prices over the consumer index.

Estimation Period 1960-78
Response of Final Energy Consumption to Income and Price

	Income Elasticity	S.R. Price Elasticity	L.R. Price Elasticity After 8 Years
U.S.	0.765	- 0.160	- 0.472
Japan	0.970	- 0.130	- 0.470
Germany	0.872	- 0.175	- 0.505
France	0.958	- 0.135	- 0.385
U.K.	0.425	- 0.180	- 0.250
Canada	0.957	- 0.145	- 0.405
Italy	1.055	- 0.110	- 0.342
TOTAL	0.831	- 0.155	- 0.445

Equation specification:

$$E_t = a + bY_t + c \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i P_{t-i} + u_t, \quad 0 < \lambda < 1$$

It must be emphasized that these elasticities have first been computed econometrically but subsequently have been modified according to judgement. Inter-country differences have been taken into consideration while the size of the elasticities has been constrained to values that yield a better fit for the post-energy crisis period.

As a test of the usefulness of these types of elasticities we have tried to compare actual consumption against predicted for the total seven OECD countries. Thus by inserting the actual income and price data¹⁾ we have predicted total final energy consumption (excluding non-energy uses of energy) for the period 1971 to 1978.

- 1) The actual equation used for predicting final energy demand for the aggregate of seven is :

$$E_t = 3.0035 + 0.8310 Y_t - 0.1550 P_{t-1} - 0.1031 P_{t-2} - 0.0685 P_{t-3} - 0.0456 P_{t-4} - 0.0303 P_{t-5} - 0.0202 P_{t-6} - 0.0134 P_{t-7} - 0.0089 P_{t-8}$$

All variables expressed in natural logarithms.

E = Total final consumption.

Y, P = GDP and the index of real energy price respectively.

Final Energy Consumption (in Mtoe) Aggregate Data for the
Seven Major OECD Countries

	Actual	Predicted	Error as % of Actual
1971	2004.1	1990.5	- 0.7
1972	2127.8	2100.7	- 1.3
1973	2193.7	2210.7	1.0
1974	2127.0	2144.8	0.8
1975	2045.4	2086.4	2.0
1976	2170.7	2145.3	- 1.2
1977	2198.6	2187.2	- 0.5
1978	2261.0	2249.7	- 0.5

The results are quite encouraging as the deviation between actual and predicted values is indeed very small. Even the sign of the error makes sense. Elasticities that have been computed on the basis that the post-1973 period carries more weight, should be larger in size and hence underpredict in the period before 1973. It is interesting to note how the error sign changes from 1975 to 1976. As indicated before when there is a downturn in economic activity, because industrial output falls even more rapidly, energy consumption per unit of GDP declines. In these two years economic activity followed a U turn and the negative GDP growth in 1975 was succeeded by a strong positive growth in 1976. Thus an equation that does not allow for any capacity utilisation variable should overpredict in 1975 and underpredict in 1976. This is exactly how the equation for the aggregate seven countries behaves. During the period 1977 to 1978 the error between the actual and the predicted energy consumption becomes even smaller, suggesting that the elasticities become more and more pertinent for the post energy crisis period.

2.6 Concluding Remarks

The empirical evidence suggests that a price effect exists and that this has a significant bearing on energy conservation in the short and long run. On a year on year basis, however, the income effect is the dominant factor that determines energy consumption. The fact that the income and price elasticities combined can predict actual energy consumption quite accurately after 1973 implies that market forces are quantifiable and as such they can be used as instruments for energy policy making.

For forecasting purposes, the analysis that the energy economics division of the IEA goes to, also extends to the sectorial demand for energy as well as the effects that the macro-economy has on the energy markets. In particular, macro-economic activity and investments that induce conservation are the basic influences from the macro-economy to the energy market. The price of energy of oil, imported fuels and the availability of energy supplies are, on the other hand,

the primary feedback effects from the energy market to the macro-economy. Within the energy market it is important to distinguish energy demand in the three basic sectors, industry, domestic and transportation. In industry and the domestic sector interfuel substitution takes place while oil acts as a "top up" for total energy requirements. In the transportation sector substitution is minimal as almost all energy needs are satisfied by oil and oil products.

3. Energy conservation programmes

3.1 IEA objectives on energy conservation

The importance of energy conservation has increased since 1973, but there have also been shifts in the emphasis of energy conservation.

During the time of cheap oil prices, energy conservation had not been economically attractive and had therefore been neglected in national energy policies. In the wake of the 1973-74 energy crisis energy conservation became an element of energy policy in all industrialised countries, as did rapid development of energy sources alternative to oil. Emergency measures, such as a ban on Sunday driving were introduced to produce a drop in energy demand. The need for such measures was well understood by the man in the street: and public perception of the requirement for conservation was sharpened by the spectacular rise in oil prices.

The IEA adopted in the Long-Term Co-operation Programme (1975) an agreement that Participating Countries should establish national programmes and undertake co-operative activities in energy conservation, to reduce the rate of growth in the group as a whole of energy consumption in general and of petroleum in particular. Energy had within national administrations ceased to be a matter for emergency action, and had taken its place alongside other concerns, such as stable economic growth, environment protection and control of inflation, which must be balanced against each other. It was therefore recognised in the Agreement that conservation programmes and activities should be concentrated on elimination of waste and improvement of the efficiency of energy utilisation rather than on emergency savings likely to induce discomfort and economic dislocation.

In 1977, an IEA Ministerial decision, establishing an objective for the group of IEA countries to hold total oil imports to not more than 26 million barrels a day in 1985, formulated the following supporting Principle on energy conservation:

"Strong reinforcement of energy conservation, on a high priority basis with increased resources, for the purpose of limiting growth in energy demand relative to economic growth, eliminating inefficient energy use, especially of

rapidly depleting fuels, and encouraging substitution for fuels in shortest supply, by implementing vigorous conservation measures in various sectors along lines which include the following elements:

- pricing policies (including fiscal measures) which give incentives to conservation;
- minimum energy efficiency standards;
- encouragement and increase of investment in energy saving equipment and techniques."

With the international oil market evolving in 1979 into a situation of overall supply stringency, energy conservation and fuel-efficiency had to be intensified and accelerated as a matter of high priority. IEA Ministers in May 1979 concluded that measures which have already contributed to improvement - pricing, investment incentives, consumption standards and public information - should be continued and reinforced. The Ministers however also confirmed a decision taken a few months earlier in IEA that Participating Countries should take also short term actions and promptly apply effective and adequate methods to reduce demand for oil

- by more efficient use of energy and avoidance of energy consumption which is not essential for maintaining a high level of economic activity;
- by utilising existing possibilities for short term fuel switching away from oil, replacing it wherever possible by alternative forms of energy.

The necessity to transform short term conservation measures into permanent long term gains in energy efficiency were even more stressed in December 1979, when IEA Ministers again discussed the turbulent development of the world oil market and the continuing uncertainties about oil supplies.

3.2 National conservation programmes

In most IEA countries, combinations of "sticks and carrots" are a main feature of conservation programmes. Due to differences in underlying philosophies and socioeconomic climates, however, some countries place the major emphasis on voluntary measures for the promotion of conservation, whereas others employ primarily regulatory measures. The price of energy is a key factor, and in most IEA countries energy pricing, including taxing of energy, forms an essential part of the conservation policy.

There are also considerations, of an economic, environmental, social and safety character, which have influenced the progress in energy conservation. A dollar invested to save

energy often makes more net energy available) than a dollar invested to develop new supply sources. Energy saved does not, as a rule, pollute water, air or soil, and thus contributes to the quality of life. In addition, energy conservation can lead to employment opportunities and to a more energy-efficient and, therefore, more competitive economy.

It has also been noted that Governments in several IEA countries are expected to make strong efforts to control energy demand before they seek approval for new nuclear or other supply projects.

Public information, education and motivation

The public must be convinced of the seriousness of the energy situation before they support governments' efforts to introduce more stringent energy policies. Energy conservation promotional campaigns are therefore established features of all IEA countries' energy conservation programmes.

The indispensable role within energy policies of public information and education is also firmly recognised. The effectiveness of conservation campaign efforts is increased by directing programmes towards specific economic and social groups, e.g. in the residential sector to single unit households and apartment households; in the transport sector to drivers; in the industrial sector to small and medium sized firms; and also to students and teachers.

A lack of credibility for the energy programme has been observed in many IEA countries, and this has hampered their implementation. An attempt to provide an international focus for national efforts to stimulate greater public awareness of the need for energy conservation was made in October 1979. IEA countries acted in concert during the International Energy Conservation Month, and this proved to have a positive effect, as a notion of burdensharing.

Industrial conservation programmes

The composition of industrial energy conservation programmes varies (Table I). The most important measures that have been adopted so far in IEA countries are:

- fiscal and financial incentives, to encourage investment in energy saving technique and, in particular, to speed up the marketing of new energy saving equipment. Projects with a longer pay-back period or a high risk are generally given

- 1) A unit of energy saved, at the end-use stage, corresponds in the IEA on average to 1.35 units of energy produced, as there are conversion and distribution losses between production and final consumption.

priority assistance. Energy prices (and taxes) are regarded as the most important elements of energy conservation programmes, because industries are very sensitive to cost increases:

- reporting and auditing schemes, often in combination with mandatory or voluntary target setting. Information from reporting and auditing schemes is also used to advise the various sectors of industry and to help Government formulate an energy-related strategy;

- information activities, including advisory services, in particular to small and medium-sized industries. They are considered most effective if they are carried out in close co-operation with industrial organisations and trade unions; government cannot do the job by itself - there must be a linkage to the business community.

Conservation programmes in transport

The most important conservation measures taken in the transport sector (Table II) are:

- programmes to increase automobile efficiency, e.g. fuel economy standards and weight, horsepower or displacement taxes. In general measuring and publication of fuel consumption, with a relative ranking of automobile fuel efficiency is often used to stimulate public awareness of the importance of fuel efficiency and of driving habits on fuel economy;

- support of public transport and car pooling. It is seen, however, that the share of public transportation can probably only be significantly increased by restricting private automobile usage and such restrictions are quite unpopular and not likely to be introduced on a large scale;

- taxes and motor fuel pricing. Various taxation systems for cars exist in all IEA countries and progressive taxes according e.g. to engine size are widely used. The effect of gasoline price increases on demand has proven to be limited in the short term, but the long-term effects are encouraging;

- speed limits which save energy and increase road safety - although it is difficult to quantify the magnitude of the savings. It has been proven that, to maintain and ensure public acceptance, an effective public education programme is needed and that speed limits must be set at reasonable levels.

Programmes in the residential/commercial sector

While public awareness and the availability of information on conservation measures is vital to the success of an effective energy programme in this sector, information alone is not enough to motivate the consumer to conserve energy. Additional measures (Table III) include:

TABLE I IMPLEMENTATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN INDUSTRY
 TABLEAU I MISE EN ŒUVRE DE MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE

	Financial/Fiscal Incentives			Reporting/Auditing			Information, Advice/Assistance			Other Measures			
	Grant/Subsidy	Loan	Tax Incentive	Target Setting	Reporting	Auditing	Information/Publication	Meeting/Seminar	Advice for Small & medium sized firms	Award	Restructure	ERP	Waste/Waste heat
Australia							X	X				X	X
Austria	X	X	X		X		X	X	X		X		X
Belgium						P	X	X					
Canada	X		X	X	X	X	X	X	X		X		X
Denmark	X	X					X	X	X		X		X
Germany	X	X	X				X	X	X		X		X
Greece		X		X	X	X	X	X	X		P		P
Ireland	X			P	P		X	X	X		X		X
Italy	P	P			X		X	X	P		X	X	X
Japan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Luxembourg							X						
Netherlands	X	X				X	X	X	X		X		X
New Zealand	X	X	X	P		X	X	X	X	X	X		X
Norway	X	X	X		X		X					X	X
Spain	X	P	P			X	X	X	X		X		P
Sweden	X					X	X	X	X		X		X
Switzerland	X		X				X	X			P		P
Turkey							X						
United Kingdom	X		X	P		X	X	X	X	X	X		X
United States	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X

X : exists, existe
 P : in preparation, en préparation

TABLE II IMPLEMENTATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN THE TRANSPORT SECTOR
 TABLEAU II MISE EN ŒUVRE DES MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS

	Taxes		Speed Limits w/h Motorways/roads	Car pooling	Support for mass transport	Information campaigns
	on weight	on reg- ion size				
Australia	X	X	190/62		X	X
Austria		X	127/100		X	X
Belgium		X	125/90/60	P	X	X
Canada	X		100/90	X	X	X
Denmark	X		100/80/60 (From 15 March 1979)		X	X
Germany		X	(150/100	X	X	X
Greece		X	170		X	X
Ireland		X	80/64	X	X	X
Italy		X	90-140/110-60/50		X	X
Japan	X	X	80-100/40-50	X	X	X
Luxembourg		X	100/90/50		X	X
Netherlands	X		100/90	P	X	X
New Zealand		X	80/70	X	X	X
Norway	X		90/80/70		X	P
Spain		X	100/90/80		X	X
Sweden	X		90-110/70	X	X	X
Switzerland	X	X	110/100		X	
Turkey		X	90/80/70	X	P	
United Kingdom	X		110/77	P	X	X
United States		X	60	X	X	X

X : exists, existe
 P : in preparation, en préparation

financial or fiscal incentives in the form of taxes, discount on taxable income, subsidies, grants or loans. They are provided in most countries. Programmes vary considerably in scope and funding, but many countries are concentrating heavily on retrofitting programmes. While subsidies and grants are most common, it has been noticed in many countries that such programmes can result in very high costs for energy savings.

building codes for new homes. The codes generally apply to insulation of outer ceilings; outer walls, ground floors and windows. For existing homes, guidelines and standards are usually applied on a voluntary basis.

labelling of household appliances, air conditioners, etc. Labelling is more and more used to encourage both consumers to buy energy efficient products and producers to manufacture appliances above the minimum standard.

TABLE III
IMPLEMENTATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN THE RESIDENTIAL
AND COMMERCIAL SECTOR
TABLEAU III
MISE EN ŒUVRE DES MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE DANS LE SECTEUR
RESIDENTIEL ET COMMERCIAL

	Financial/Financial Incentives			Building Codes		Contribution of public enterprises	Efficiency level/level of equipment		Information available
	Disposal of funds invested	Subsidy grants	Loan	New buildings mandatory	Existing buildings mandatory		mandatory	voluntary	
Australia	P	X		P	X				P
Austria		X							X
Belgium		X							X
Canada	X	X		P	X				X
Denmark	P	X		X	X				X
Germany	X	X		X	X				X
Greece									
Ireland	X	X							X
Italy		X							X
Japan				P	X				X
Luxembourg	P	X							X
Netherlands		X							X
New Zealand	X	X		X	X				X
Denmark				X	X				X
Sweden	X	X		X	X				X
Switzerland	X	X		X	X				X
United Kingdom		X		X	X				X
United States	X	X		X	X				X

P : project, unless
P in preparation, in preparation

Combined production of heat and electricity was from the beginning identified in the IEA as a measure for energy conservation and also for fuel switch away from oil in the heating sector. District heating and combined production of heat and power have, however, so far received significant government attention, incentives or encouragement in only a few IEA countries, e.g. Denmark and Sweden. The interest is growing, e.g. stimulated by a joint IEA project, where the Danish experiences are demonstrated to the other countries.

3.3. The way ahead

Within the IEA, action on conservation will continue to develop within the framework of the Long-term Co-operation Programme. A work programme includes:

- detailed studies, based on experiences in Member countries of the economics of energy conservation in the various demand sectors; the relationship between energy demand and economic growth; and the influence of energy prices on energy demand;
- exchange of information and joint projects, where experiences in energy conservation are reviewed;
- publicity about conservation, with regular updatings of the overall picture of energy conservation in the IEA. The IEA, noting the success of the International Energy Conservation Month in October 1979, is also looking for further possibilities for joint publicity actions. An IEA-wide initiative to promote energy management, in industry but also in other energy consuming areas, is presently being discussed.

With the accumulation of further experiences in energy conservation in Member countries, more specific measures to enhance energy conservation have also been identified. Each of these measures is in place in one or more Member countries and is believed to have been effective. Insofar as they are not already being applied, Member countries are asked to consider such measures, as appropriate to their national circumstances, for possible inclusion in national conservation programmes.

The general position of IEA countries, assessing conservation measures already in place or being recommended, is that there exist considerable prospects for energy savings. In the industrial sector, 10-15 per cent of saving has been judged possible, based on present energy prices and proven technology. For the residential/commercial sector, a 40 per cent saving has been estimated as possible in existing buildings and over 50 per cent in new buildings. In the transport sector, savings in the order of 10 per cent to 20 per cent exist, particularly in North America.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR
TRANSPORTE EN MEXICO

ING. GERARDO GUZMAN

NOVIEMBRE, 1981

BENEFICIO COSTO DE UN PROGRAMA DE USO EFICIENTE DE ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTE.

RESUMEN

En este trabajo se hará mención de las principales características en lo que tipifican al Sector Transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México, por cuanto a su consumo de energía.

Para tener un marco de referencia se proporcionará la información correspondiente al flujo de energía en este sector, destacando su importancia y la posición que México guarda en el contexto mundial.

En este renglón posteriormente, se calculará la demanda de energía en el sector transporte para el año 1990, también se elaborarán varios escenarios con el objeto de implantar nuevas ideas sobre la conservación de energía, con miras a modificar la estructura de la demanda energética del sector y poder llegar a usar en mayor cantidad el transporte colectivo y más adelante, en base a los escenarios de conservación, tratar de cuantificar su efecto en la economía nacional mediante un modelo input-output.

INTRODUCCION

En la actualidad la zona metropolitana que comprende 2 400 km² de superficie donde se asientan casi 14 millones de personas cuya ocupación se distribuye de la siguiente manera: 46% del total es contratada por el sector industrial y 42% labora en el comercio, y aquí es donde se genera el 43% de la producción industrial.

La transportación de pasajeros en el área metropolitana es uno de los problemas más críticos que la población tiene que afrontar cada día ya que el trabajador o estudiante emplea por lo regular, dos o tres horas para trasladarse a su destino, utilizando un ineficiente transporte público que absorbe el 75% de la demanda del servicio. Por su parte el transporte privado satisface el 17% de la demanda y consume el 66% de la energía, con una velocidad de recorrido de 25 km/hora.

En lo que respecta a otros medios de transporte, el más importante es el servicio de taxis que satisface el 8% de esta demanda. Un factor representativo de la eficiencia de este sector se observa en los factores de eficiencia respecto al consumo de energía y pasajero transportado (1).

El número de viajes-pasajero ha crecido a una tasa del 6% por año y la energía utilizada para su transportación aumenta a una tasa del 7%.

Tabla I CONSUMO DE ENERGIA POR PASAJERO-VIAJE Y COMPARACION DE EFICIENCIAS* ENTRE TIPOS DE TRANSPORTE (1960-20-00- en Kcal/pasajero-viaje)

TIPO	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Avión-viaje Índice de eficiencia	15,713 (1.0)	15,020 (1.0)	13,700 (1.0)	12,583 (1.0)	10,904 (1.0)	9,698 (1.0)	8,859 (1.0)	8,272 (1.0)	7,873 (1.0)
Transporte masivo Índice de Eficiencia	375 (41.9)	750 (20.0)	1,220 (10.4)	905 (13.9)	774 (14.1)	733 (10.2)	709 (12.5)	693 (11.9)	693 (11.4)
Autobus Índice de eficiencia	375 (42.9)	774 (19.4)	1,394 (9.8)	970 (13.0)	339 (13.0)	807 (13.0)	791 (11.2)	791 (10.5)	782 (10.1)
Alcivo Índice de eficiencia	—	—	750 (18.3)	407 (30.9)	407 (26.8)	407 (23.8)	407 (21.7)	407 (20.3)	407 (19.3)
Trolebuses Índice de eficiencia	538 (29.2)	448 (33.5)	505 (27.1)	448 (28.1)	448 (21.3)	448 (21.6)	448 (19.8)	448 (18.5)	419 (17.6)
Tranvías Índice de eficiencia	489 (32.2)	416 (36.1)	465 (29.5)	407 (30.9)	407 (26.8)	407 (23.8)	407 (21.7)	407 (20.3)	407 (19.3)
Otros tipos Índice de eficiencia	7,310 (2.2)	5,118 (2.9)	4,393 (3.1)	5,151 (2.6)	4,116 (2.4)	3,634 (2.6)	423 (2.6)	3187 (2.6)	3,050 (2.6)
Taxis Índice de eficiencia	7,327 (2.1)	5,118 (2.9)	4,360 (3.1)	5,134 (2.5)	4,050 (2.7)	3,578 (2.7)	3,241 (2.7)	3,007 (2.8)	2,836 (2.8)
Motocicletas Índice de eficiencia	5,754 (2.7)	5,754 (2.6)	5,754 (2.4)	5,754 (2.2)	5,754 (1.9)	5,754 (1.7)	5,754 (1.5)	5,754 (1.4)	5,754 (1.4)

* El índice de eficiencia es el número de pasajeros transportados con la misma energía que requiere un carro para transportar un pasajero.

Fuente: M. en C. J. Alfredo Legorreta, Stony Brook, Diciembre de 1979.

anual debido a la concentración del consumo de energía para transporte en el área metropolitana ; resulta de gran interés por tanto, analizar el consumo futuro de energía en esta región y proponer medidas en el ámbito económico.

El sector energético mexicano ha venido creciendo a una tasa histórica del 6.8%. La demanda para el año 1979 fué de 792×10^{12} Kcal, y estuvo distribuida en la siguiente forma 26% sector industrial 30% para el sector transporte y el resto lo ocupan sectores como agricultura, energético, etc.

De esta manera, el 87% fué satisfecha con petróleo y gas el 7.2% con hidroelectricidad y geotermia * y el resto 5.7% por carbón (fig. 1).

Estas proporciones se han mantenido constantes durante las últimas dos décadas. Se observa que el uso de energía en el sector transporte es donde se tiene una mayor participación y como se muestra en este trabajo, es donde se presentan las mejores oportunidades de conservación de energía junto con el sector industrial.

CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTE EN EL MUNDO

En las tablas 2 y 3 correspondientes a las principales características del sector transporte en el mundo, podemos observar que Estados Unidos consume en términos per-cápita más

TABLA 2
ENERGÍA EN EL SECTOR TRANSPORTE EN 10¹⁵ BTU
Año 1975

3a

	Estados Unidos	Europa Occidental	Japón	Unión Soviética	Europa Oriental	Países en vías de desarrollo (menos avanzados)	México	Promedio Mundial
Energía Total	17.2	9.3	2.5	4.6	1.1	3.8	0.68	43.7
10 ⁵ BTU per capita	80	30	23	18	13	14	11.5	14
10 ³ BTU por dólar $\frac{GDP}{NDP}$	14	10	9	10	6	16	14.0	12
BTU per capita relativa a U.S.A.	1.0	.37	.28	.22	.16	.18	0.14	0.18
BTU por $\frac{GDP}{NDP}$ relativa a U.S.A.	1.0	.72	.62	.70	.38	1.08	1.0	0.81
Transporto de energía como porcentaje del total de energía	25	20	19	11	7	24	30	20
Dependencia en Petróleo	95.9	95.5	96.8	71.6	87.7	97.1	85.5	94.4

TABLA 3
TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN BTU PARA EL AÑO 1975

3b

	Estados Unidos	Europa Occidental	Japón	Unión Soviética	Europa Oriental	Países en vías de desarrollo (menos avanzados)	México	Promedio Mundial
Energía consumida por pasajeros anualmente	55.7	15	5.5	3.9	4.5	3.0	6.21	7.1
10 ³ BTU per capita	1.0	.27	.10	.07	.08	.05	0.11	0.13
Relativo a U.S.A.	1.0	.27	.10	.07	.08	.05	0.11	0.13
10 ³ BTU por dólar $\frac{GDP}{NDP}$	10.0	5.2	2.2	2.2	1.9	3.4	7.4	5.8
Relativo a U.S.A.	1.0	0.52	.22	0.22	.19	.34	0.74	0.58
Energía para carga consumida anualmente	24.6	14.9	17.1	14.1	8.4	11.0	5.29	7.2
10 ³ BTU per capita	1.0	0.6	0.69	0.58	.34	.45	.21	.29
Relativo a U.S.A.	1.0	0.6	0.69	0.58	.34	.45	.21	.29
10 ³ BTU por dólar $\frac{GDP}{NDP}$	4.4	5.1	6.7	8.0	3.6	12.2	6.6	5.9
Relativo a U.S.A.	1.0	1.16	1.53	1.81	0.81	2.77	1.43	1.33
Energía por pasajeros como % del total	69	51	24	22	36	21	54	50
Energía por carga como % del total	31	49	76	78	64	79	46	50

de cuatro veces de energía que la Unión Soviética y siete veces más que México.

En la comparación en términos de la energía consumida en transporte por unidad de INB, se observa una diferencia menos dramática, más sin embargo Estados Unidos (EU) continúa marchando a la cabeza por considerable margen con respecto a la mayor parte de los países en vías de desarrollo y con economías avanzadas como es el caso de México en donde se observa que se tiene el mismo nivel que Estados Unidos, hecho bastante significativo por cuanto a las grandes posibilidades de ahorro que ofrece este sector.

En la primera tabla, el dato referente a la cantidad de energía expresada como porcentaje del total de energía, se observa que México está a la cabeza de las diferentes regiones mencionadas, apreciándose la diferencia que se da en este sector nacional. Es obvio que este tipo de comparaciones haya que tomarse con sumo cuidado, al respecto existen buenos trabajos que tratan de interpretar las diferencias que existen por regiones pudiéndose mencionar el realizado por el Instituto de Recursos del Futuro, que ofrece una explicación bastante adecuada de estas diferencias.

Una vez aclarado este punto y tratando de buscar más detalladamente el por qué de estas diferencias, en la tabla 3, presenta en forma más desglosada el consumo de energía en el sector transporte, dividido por la cantidad de energía usada por

CONSUMO DE ENERGIA EN 1979 *

3 C

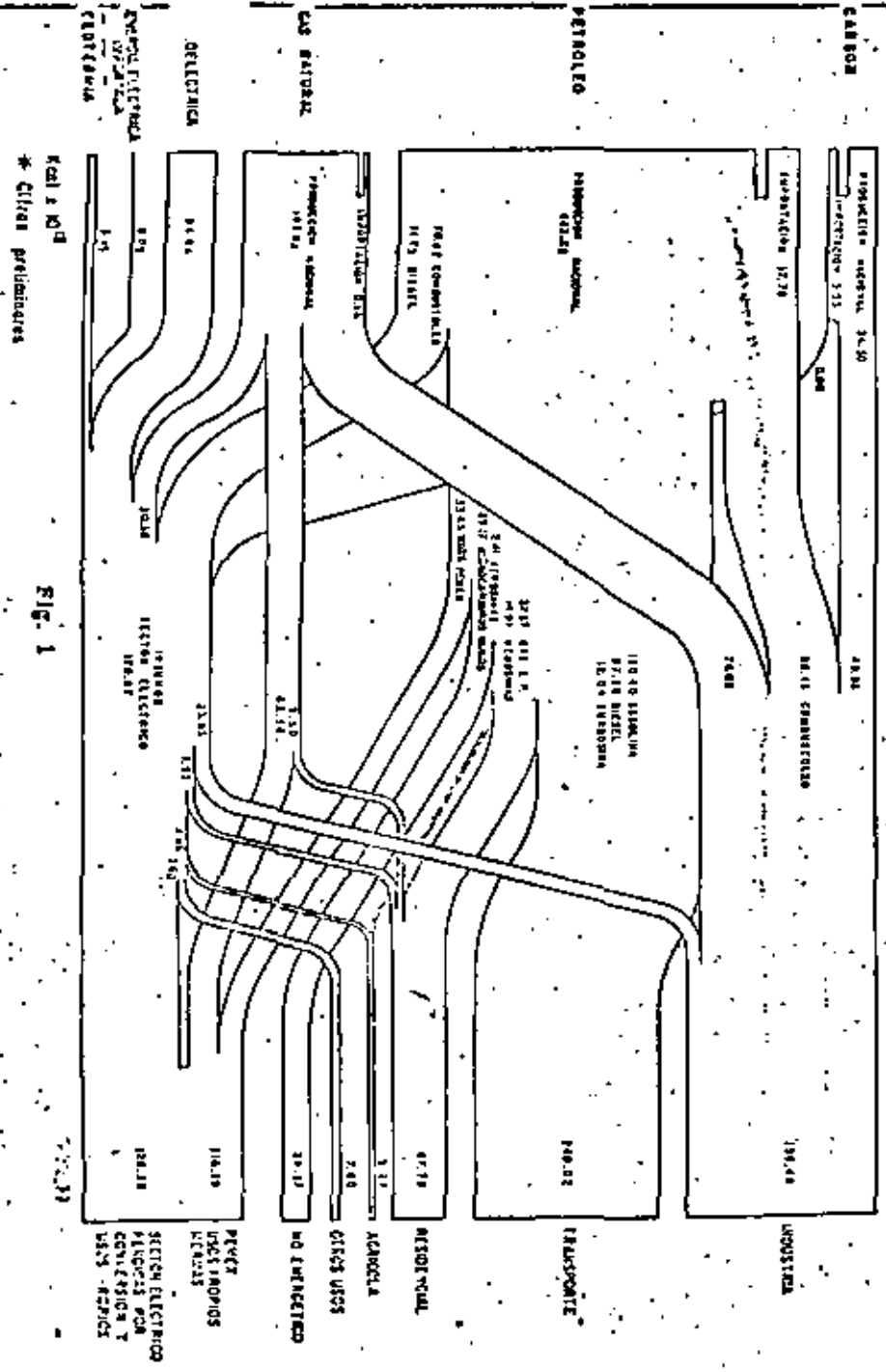


Fig. 1

* Cifras preliminares

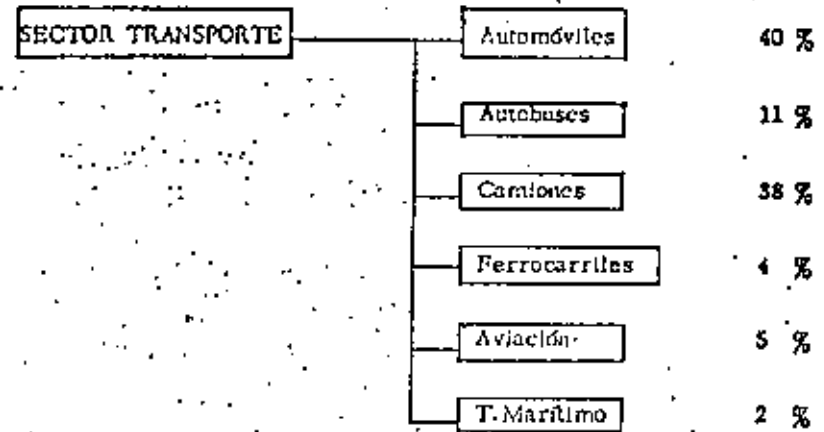
pasajeros y la energía utilizada como carga. Es aquí donde se manifiesta la gran cantidad de energía consumida por el transporte en Estados Unidos, debido en gran parte al sistema de transportación de pasajeros. Así tenemos que el consumo per cápita es cuatro veces más alto en Estados Unidos que en Europa Occidental y cerca de nueve veces más que en el caso de México.

Si se observa el dato referente a Japón, que tiene una economía avanzada, se puede establecer comparativamente que México utiliza una mayor cantidad de energía por pasajero, dato que se ve más claro en el renglón denominado "energía consumida por país" que muestra cómo Japón usa en este propósito solamente un 24% mientras que en México este porcentaje se eleva al 54%.

ESTRUCTURA DEL SECTOR TRANSPORTE EN MEXICO

El sector transporte de México consume básicamente hidrocarburos puesto que la utilización en la energía eléctrica en trolebuses, tranvías y el metro no representa una cantidad apreciable, siendo el metro el mayor consumidor*. La forma en como se distribuye esta energía, por cada sistema de transporte se proporciona en forma de porcentaje en la siguiente figura.

* Su consumo para el año 1978 fué de 340×10^6 Kwh, lo que transformado a kilocalorías y comparándolo con lo que consumió el sector transporte en realidad, no tiene mayor peso.



En lo que respecta a los hidrocarburos, éstos tienen el siguiente destino:

Gasolinas:

Aproximadamente el 70 % de ella se destina a los particulares y 30 % para autobuses y camiones.

Diésel:

Aproximadamente el 84% se utiliza en autobuses y camiones, 12 % para ferrocarriles y el 4 % para transporte marítimo.

METODOLOGIA

Primeramente se calculó la cantidad de energía consumida en el sector transporte, dividiéndolo en los siguientes subsectores:

a) Automóviles.- El cálculo de esta energía se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Carros /per-cápita}) (\text{Población}) (\text{Distancia recorrida})}{\text{Eficiencia}} = \text{energía}$$

Poder calorífico de la gasolina 8.14×10^6 Kcal/m³

b) Masivo.- Se calculó su demanda mediante la elasticidad del subsector, la cual en forma histórica corresponde a un valor de 0.9, que se mantuvo durante el período de estudio; con este dato, y con respecto a la tasa de crecimiento del PIB se calculó la tasa correspondiente en este subsector.

En lo que se refiere a otros modos de transporte, se supuso que tendrían un crecimiento similar al mostrado históricamente aunque hay que mencionar que los datos correspondientes son sumamente pobres y su contribución en el total es pequeña.

Con estos elementos se pudo estructurar el escenario que se denomina escenario base. Posteriormente considerando la eficiencia de cada uno de los modos de transportación se supuso que un 10% de la demanda de energía consumida en el subsector-automóviles podría ser trasladada al transporte masivo, calculado con esto el consumo de energía, el cual se denomina escenario de conservación.

Estos elementos se aplicaron al Modelo Input-Output para conocer las implicaciones que tiene, disminuir la demanda de energía del sector transporte en el resto de la economía nacional.

Como se mencionó antes, estos cálculos se llevaron a cabo dentro de un modelo simple de input-output, utilizando la metodología convencional que, como sabemos, esta metodología ha motivado a muchos investigadores en el campo energético a realizar diferentes trabajos para tener una mejor comprensión de la demanda de energía.

El sistema de input-output permite calcular los niveles necesarios de producción de una economía, en base a una matriz de coeficiente técnico para satisfacer una demanda determinada.

La estructura básica del modelo es la técnica común del sistema input-output, y en donde los trabajos de Leontief se pueden consultar; por brevedad, únicamente proporcionamos su referencia bibliográfica. **

**Leontief W. Input-Output Economics, New York 1966.

El modelo básico tiene la siguiente fórmula:

$$AX + Y = X;$$

$$Y = X - AX$$

$$Y = X(I - A); X = (I - A)^{-1} Y$$

Donde:

A = matriz de coeficientes técnicos

X = vector de producción interna

Y = vector de demanda final.

Describiendo la expresión, lo que interesa en el modelo es el nivel de producción que se obtendría, dado que se modificará el vector final de demanda mediante las medidas de conservación, lo que mostraría los cambios en las producciones que se obtendrían y posteriormente hacer la comparación con respecto a nuestro escenario básico, para esto se usó como base las interrelaciones trabajadas por el Plan de Desarrollo Industrial, el cual está dividido en 45 sectores (tabla 4), y se comparó la información con la proporcionada para el año 1990 descrita en el Plan de Desarrollo Industrial.

Posteriormente en base a la información bibliográfica se pudo obtener los datos referentes al costo y el beneficio de

México I/o sectores

1. Agricultura	Agriculture
2. Ganadería	Cattle-raising
3. Silvicultura	Forestry
4. Pesca	Fishing
5. Minas metálicas	Metallic mines
6. Mineralés no metálicos	Non-metallic minerals
7. Petróleo y Petroquímica básica	Petroleum & basic petrochemicals
8. Matanza de ganado y aves	Cattle and fowl butchering
9. Molienda de trigo y nixtamal	Wheat and Tortilla-corn milling
10. Otros productos alimenticios	Other food products
11. Elaboración de bebidas	Drink production
12. Productos de tabaco	Tobacco products
13. Textiles de fibras blandas	Soft fiber textiles
14. Otras industrias textiles	Other textile industries
15. Calzado, prendas de vestir y otros	Footwear and clothing
16. Madera y corcho	Wood and cork
17. Papel y productos de papel.	Paper and paper products
18. Imprenta, editorial y industrias conexas	Printing and connected industries
19. Industrias y productos del cuero	Leather Industries
20. Fabricación y reparación de productos del hule	Rubber products production and repair
21. Productos químicos básicos	Basic chemical products
22. Fibras sintéticas	Synthetic fibers
23. Abonos y fertilizantes	Fertilizers
24. Jabones y detergentes	Soaps and detergents
25. Productos farmacéuticos medicinales	Medical-pharmaceutical products
26. Perfumes y cosméticos	Perfumes and cosmetics
27. Otras industrias químicas	Other chemical industries
28. Productos minerales no metálicos	Non-metallic mineral products
29. Industrias metálicas básicas	Basic metallic industries
30. Fabricación y reparación de productos metálicos	Metallic products production and repair
31. Construcción y reparación de maquinaria	Machinery construction and repair
32. Construcción y reparación de maquinaria y aparatos eléctricos	Electrical machinery and appliance construction and repair.
33. Construcción y reparación de equipo de transporte	Transportation equipment construction and repair
34. Construcción de vehículos automóviles	Automobile construction
35. Industrias manufactureras diversas	Diversified manufacturing industry
36. Construcción	Construction
37. Electricidad	Electricity
38. Cinematografía	Cinematography
39. Transportes	Transportation
40. Comunicaciones	Communication
41. Comercio	Commerce
42. Alquiler de inmuebles	Filed property rental
43. Servicios de preparación de alimentos	Food preparation services

- 44. Credits, seguros y fianzas Credits, insurances, and securities
- 45. Otros servicios Other services

For a full definition of sectors see reference [1].

pasar de un sistema de automóviles a uno de autobuses, la forma de calcularlo es: considerar la matriz de la economía americana y además hacer un muestreo de una compañía arrendadora de carros en Estados Unidos y de una compañía de autobuses para determinar exógenamente el costo y beneficio de un cambio de esta naturaleza.

La razón de llevar a cabo este análisis mediante este sistema es únicamente con fines ilustrativos ya que se carece de la información necesaria para poder realizar dicho análisis.

Los resultados de estos trabajos se proporcionan en forma de tablas para su mayor comprensión.

RESULTADOS

Los niveles de actividad económica en la matriz no se alteraron significativamente. Los sectores que resultaron influenciados por esta disminución en la demanda fueron: la industria de automóviles (sector 34); fabricación y reparación de productos de hule (sector 20); industria petrolera (sector 7); y el sector de fibras sintéticas (sector 22); pero los cambios fueron sumamente pequeños.

ENERGIA QUE PUEDE SER AHORRADA POR EL CAMBIO EN EL MODO DE TRANSPORTE DE UN SISTEMA A OTRO

De	CAMBIO HACIA			
	Carro	Avión	Autobus	Tren
Carro	_____	+355 000	-200 000-	-633 000
Avión	-355 000	_____	-374 000-	-414 000
Autobus	+200 000	+374 000+	_____	_____
Tren	+633 000	+414 000+	-260 000-	+260 000+

" Signo mas o menos " precediendo a los números, indican respectivamente un incremento o decremento en el uso de energía. "Signo mas o menos " después del número, indican un incremento o decremento en el costo.

Fuente. - Hannon. - Energy Conservation. - University Illinois.

Resultados selectos en costo total, energía e impacto de opciones del consumidor en el transporte. Los datos son expresados en términos de los requerimientos para mover un millón de pasajeros, una milla.

Modo de transporte	Factor de carga	10 ³ US \$ (1971)	Energía 10 ³ BTU	Trabajo
Transporte de Inter-ciudad				
Carro	2.9 gente	55	5 900	3.7
Avión	53%	58	9 800	3.8
Autobús	47%	39	2 700	3.1
Tren	37%	44	4 000	7.2
Transporte Urbano				
Carro	1.9 gente	69	8 900	4.2
Motocicleta	1.1 "	57	4 200	1.5
Autobús	12.0 "	105	5 300	8.3
Bicicleta	1.0 "	26	1 300	1.7

COMPARACION DE COSTOS: AUTOBUS vs CARRO URBANO

Autobús	US \$	Energía 10 ³ BTU	Horas-hombre 10 ⁻⁶
Costo por pasajero	0.396	19.8	31.4
Costo por pasajero-milla	0.105	5.2	8.3
Carro			
Costo por pasajero	0.528	74.1	34.7
Costo por pasajero-milla	0.069	8.9	4.1

RECOMENDACIONES:

- 1).- Promover esta clase de trabajos, con el objeto de lograr un mejor conocimiento del sector transporte.
- 2).- Mejorar la información estadística, ya que hay grandes divergencias en este renglón.

- 3).- Promover una mayor concientización hacia el uso del transporte masivo, a pesar de que los pronósticos y los planes muestran que el vehículo individual continuará dominando la transportación de pasajeros.
- 4).- Observar los avances tecnológicos para mejorar la eficiencia en los automóviles, especialmente en lo que respecta a la forma en que el combustible es convertido y transformado a energía mecánica, siendo este aspecto el más relevante, puesto que el 83% del consumo de combustible se pierde en llantas.
- 5).- Hacer énfasis en cuanto a que los automóviles tengan su relación adecuada respecto al peso, ya que el funcionamiento y eficiencia de un automóvil es proporcional a su peso.
- 6).- Considerar en él, a largo plazo, las alternativas que se mencionan para mejorar la eficiencia energética del sector, que son: vehículos eléctricos y la sustitución de viajes por los medios de comunicación a pesar de que en muchos casos se critica que este sistema deshumaniza.

Los supuestos considerados están totalmente fundamentados por las siguientes políticas:

- a) El 10% de la demanda de energía consumida en el subsector automóviles pueda ser trasladada al transporte masivo.

1a. Política.

Aumento de los precios de los productos petrolíferos en 10% para alcanzar el 70% de los precios internacionales en el año de 1990.

2a. Política.

que está apunto de llevarse a cabo, que es la legislación que está preparando la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial en lo que respecta a automóviles, que busca aumentar la eficiencia de la industria automotriz.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL DE LA
ENERGIA ELECTRICA

ING. MANUEL DE DIEGO MUÑOZ

NOVIEMBRE, 1981

PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL
DE LA ENERGIA ELECTRICA.

- INTRODUCCION
- ANTECEDENTES DEL USO RACIONAL DE LA ENERGIA
- EFECTOS DEL USO INEFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA.
- BENEFICIOS DEL USO RACIONAL DE LA ELECTRICIDAD
- EL PRONUREE

MANUEL DE DIEGO MUÑOZ
Noviembre de 1981.

INTRODUCCION

Entre los indicadores más significativos del grado de desarrollo de los países, se encuentra el relativo a la disponibilidad de energía para mejorar el nivel de vida de sus habitantes e impulsar su actividad productiva, por lo tanto, es imperativo hacer uso racional de los energéticos, con el fin de aprovechar eficientemente los recursos con que cuenta el país, para así asegurar en la medida de lo posible, un futuro más estable y una franca proyección de desarrollo.

El Ejecutivo Federal publicó en el mes de febrero del presente año el Programa de Energía elaborado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Entre sus objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Satisfacer necesidades nacionales de energía primaria y secundaria.
- Racionalizar su producción y uso de energía.
- Diversificar fuentes de energía primaria.

Como todos sabemos, la energía se encuentra en forma primaria en el poder calorífico del petróleo, el carbón y otros combustibles y en forma potencial en el vapor endógeno de la tierra y en el agua de las presas de las Centrales Hidroeléctricas; sin embargo, para el aprovechamiento de estas fuentes de energía, es esencial la participación del Sector Eléctrico.

Dada la importancia económica y social de los resultados que se esperan obtener del cumplimiento de las disposiciones legales citadas, la Subdirección de Operación de la Comisión Federal de Electricidad, siguiendo instrucciones de la Dirección General, promueve y coordina a través de la dependencia coordinadora del Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica (PRONURRE), las actividades que corresponde realizar al Sector Eléctrico.

Estas actividades están orientadas hacia el logro de los siguientes objetivos:

- 1.- Contribuir a la preservación de los recursos energéticos del país, indispensables para asegurar el progreso de la nación.
- 2.- Permitir a la Comisión Federal de Electricidad una aplicación más racional de sus recursos, a fin de acelerar la atención de necesidades prioritarias que aun permanecen insatisfechas, con el consiguiente beneficio a la economía nacional y al bienestar de sus habitantes.
- 3.- Crear conciencia en el usuario sobre la importancia de evitar el desperdicio de energía eléctrica, inspirado en los dos objetivos anteriores y en su propio beneficio económico.

A fin de ilustrar la importancia económica de tales objetivos, baste señalar que cada uno por ciento de ahorro obtenido conjuntamente en la demanda de energía y de potencia, representa para el país alrededor de mil quinientos millones de pesos al año por concepto de combustible y de costo financiero de la inversión liberada y que esta cifra aumenta según sea el ritmo de crecimiento de aquellos factores.

Es de capital importancia señalar que el Programa busca un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica mediante su utilización en forma segura y eficiente y así lograr un beneficio mayor en favor del país y de la productividad y bienestar de sus habitantes. Para lograr lo anterior, hace hincapié en evitar los desperdicios en el consumo, que de ninguna manera debe considerarse como el único objetivo:

El Sector Eléctrico, al tener en sus manos la responsabilidad de garantizar un buen servicio a un costo mínimo en beneficio de los usuarios, y a su vez la de concientizarlo respecto a hacer un uso racional del mismo, requiere proyectar una buena imagen ante el público, y por lo tanto, la participación activa y consciente de todo su personal.

Esto es un reto al que hay que dar respuesta por medio de una campaña interna de tipo motivacional dirigida a los empleados del sector, tanto para hacer un uso más racional de sus recursos, como para tomar las medidas adecuadas, a nivel institucional, enfocadas a combatir el desperdicio de energía; para esto hemos elaborado un Plan en el que participa todo el Sector Eléctrico en forma práctica y directa. Para ello existe en principio un programa de capacitación de instructores y expositores, los cuales tendrán a su cargo llevar el mensaje de uso racional a través de conferencias de carácter interno.

Con el objeto de ampliar el universo de participantes en el Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica, se celebró un convenio con el Patronato Nacional de Promotores Voluntarios, dando como resultado que nuestras campañas cuentan ahora con el valioso apoyo de la Unidad de Promoción Voluntaria del Sector Eléctrico en el campo específico del sector doméstico, comercial y de servicios. También algunas entidades oficiales participan en nuestras actividades, con franco espíritu de colaboración.

En cuanto al sector de usuarios mayores, pretendemos que a través de los organismos que los agrupan, como son sus Cámaras y Asociaciones, podamos establecer una campaña permanentemente encaminada a crear conciencia sobre la importancia del uso racional de la energía eléctrica y a propiciar el intercambio de ideas y experiencias para lograr los mejores resultados posibles.

1.- ANTECEDENTES DEL USO RACIONAL DE LA ENERGIA.

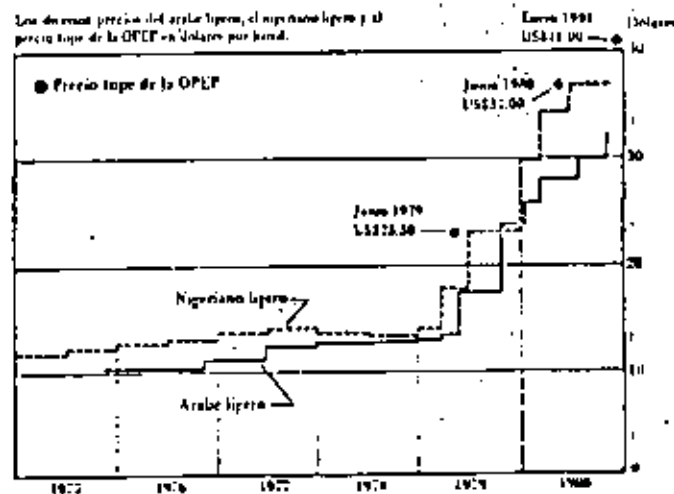
Aunque el término de "Uso Racional" es suficientemente claro, se ha visto que con frecuencia es interpretado en dos formas equivocadas. La primera de ellas dándole la connotación exclusiva de "ahorro", que en el mejor de los casos, se toma en su acepción de "sacrificio de la satisfacción de tener un bien presente para obtener una satisfacción mayor en el futuro"; y la segunda de ellas en el sentido de "restricción" ó "racionamiento", provocados sin duda, por su similitud fonética.

Por lo tanto, es necesario mencionar que lo que se pretende es un mejor uso de la energía evitando, desde luego, sus pérdidas y desperdicios; pero sobre todo, buscando sea empleada en forma segura y provechosa para el país.

Los resultados ya obtenidos en los países donde se han instaurado programas de uso racional, muestran la viabilidad de los mismos y su importancia económica. En nuestro caso, aunque más por salvaguardar recursos financieros que energéticos y más para acelerar nuestro desarrollo que para evitar dependencias políticas, se considera muy trascendente el Programa por la magnitud que representan sus posibles resultados.

La inquietud mundial por la crisis de energéticos se inició aproximadamente hace once años, período en el que el precio medio internacional del petróleo ha cambiado de 7.5 dólares por barril que tenía en 1969 hasta 34 dólares por barril en el año de 1980, lo que representa un incremento anual de 27%. A partir de entonces se tomó conciencia de que los recursos son finitos.

CUADRO No. 1
PRECIOS DEL PETROLEO CRUDO





Con el fin de establecer un marco de referencia de la intensidad del consumo de la energía eléctrica en nuestro país, en la Figura No.1 se presentan los valores de diversos países.

Repercusiones del precio del petróleo:

El aumento constante del precio del petróleo se ha reflejado en precios crecientes de otros bienes de consumo y de bienes de capital y entre ellos los equipos materiales y maquinaria que se utilizan en los procesos industriales y en las empresas de servicio público de energía eléctrica.

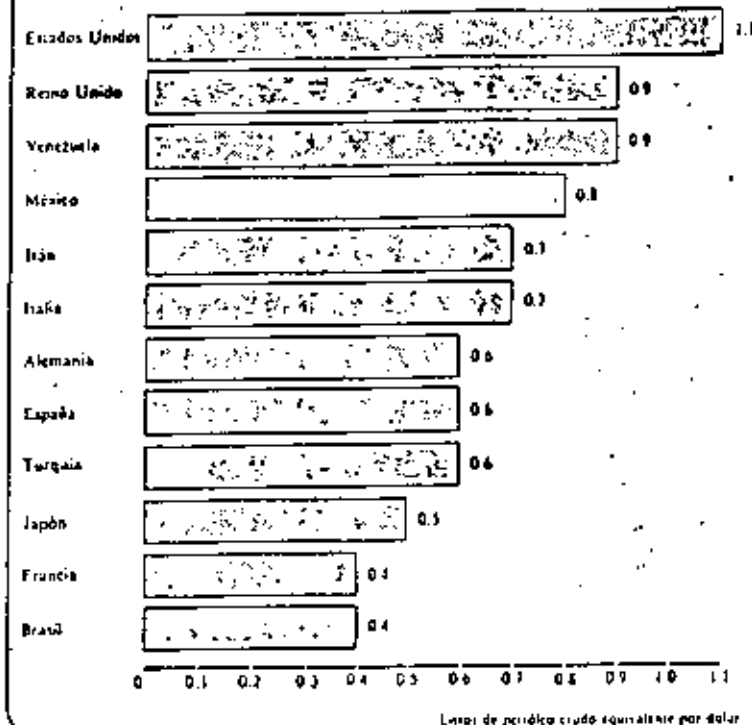
Como resultado de la escasez de energéticos a nivel mundial y el aumento de precio, en diversos países se han avocado a la realización de estudios sobre la conservación de energía y racionalización en el uso de la energía en los diferentes sectores del quehacer humano.

En Estados Unidos, Canadá, España y otros países europeos se han elaborado programas haciendo énfasis en el control de la demanda de energía como un factor que garantiza un suministro adecuado de la misma y ya se dejan sentir los efectos de esta política con resultados altamente satisfactorios.

A manera de ejemplo se pueden mencionar los resultados del documento intitulado "Actividad energética en los Estados Unidos durante 1980" en donde se reporta que se mejoró la balanza de oferta-demanda de energéticos con respecto a varios sectores importantes de la economía y que el consumo de energía de ese país disminuyó aproximadamente en 3%



Consumo de energía primaria por unidad de producto interno bruto en países seleccionados, 1978



Nota: Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Figura 1

El consumo de energía que hace referencia la gráfica incluye lo que proviene de todas las fuentes primarias de energía en los países seleccionados. El producto interno bruto es la suma del valor de los bienes y servicios que están disponibles en un tiempo determinado. La relación entre el consumo de energía por unidad de producto interno bruto y el de otros países puede ser un indicador de la eficiencia energética de un país. En el caso de México, por ejemplo, el consumo de energía por unidad de producto interno bruto es menor que el de los países seleccionados que se muestran en la gráfica.

durante el año de 1980. La disminución de consumo se debió sobre todo al incremento de la eficiencia en el uso de energéticos. Las diez industrias norteamericanas que consumen mayor cantidad de energéticos mejoraron la eficiencia de su utilización en 15.4% de 1972 a 1979.

México ha elaborado su Programa de Energía, el cual se encuentra dentro del marco del Plan Nacional de Desarrollo Industrial, con el objetivo principal de apoyar al desarrollo económico nacional. La estructura de la demanda de energía primaria por destinos principales, se indica en la figura No. 2.

El Programa contiene metas concretas para el año 1990 y con un horizonte de referencia al año 2000.

Dentro de las metas para el año 1990, se encuentran las correspondientes al crecimiento económico, a la producción de energía, a la estructura de la demanda y a la contribución de las políticas del Programa al ahorro de energía primaria.

El pronóstico de la demanda interna de energía primaria para el año 1990 con la proyección base, es de 5.4 millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente, y el valor correspondiente con la proyección del Programa, es de 4.4 (Mbdpe), por lo que la meta de reducción en el consumo total de energía primaria por medio del uso racional, es de 1.0 (Mbdpe). Esto representa un 19% con relación al total.

ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA POR PRINCIPALES DESTINOS, 1979.

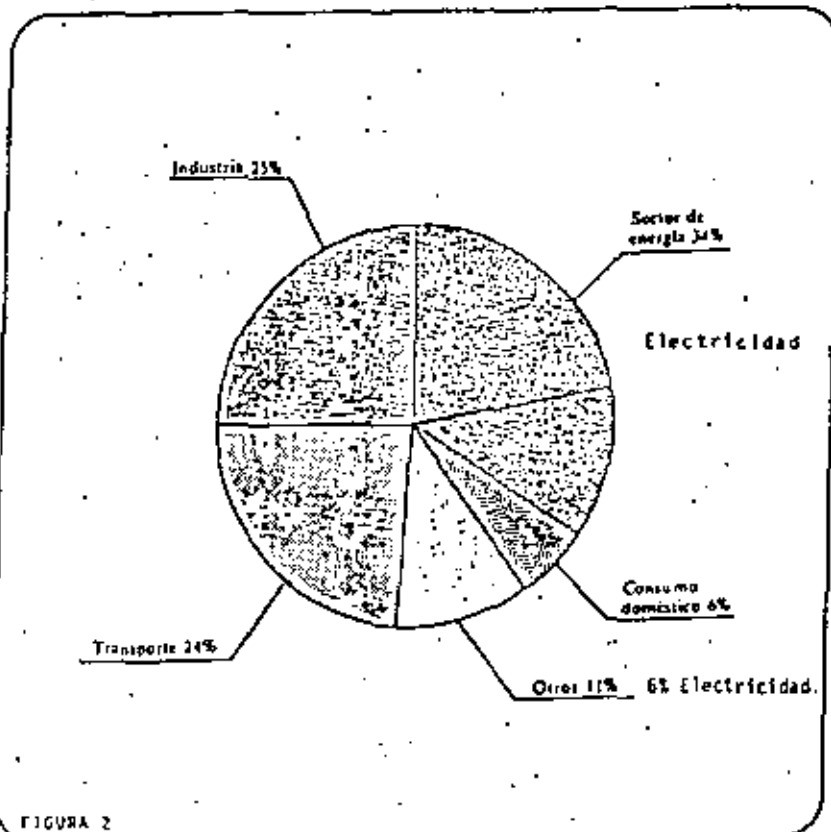


FIGURA 2

El sector eléctrico es el principal consumidor de energía primaria del país. Este incluye la refinación de petróleo, la generación de electricidad y la cogeneración de carbón, además de que el consumo de energía primaria en los usos secundarios a través de la red de transmisión. La industria y los transportes son los otros grandes consumidores. Es importante que para reducir los costos asociados en el consumo doméstico se racionalice el uso. Por último, los sectores agrícola, comercial y de servicio público, así como los usos energéticos, absorben la parte complementaria.



Al sector eléctrico corresponde reducir su consumo (mejorando la eficiencia) en 13% para el mismo año de 1990, lo que equivale a consumir 208 Twh en vez de los 239 Twh pronosticados con la proyección básica.

2.- EFECTOS DEL USO INEFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA.

En el consumo:

El uso inconsciente o descuidado de la energía eléctrica, origina desperdicio de hidrocarburos y los retrasa de un empleo en usos productivos además de gravar el costo del servicio eléctrico.

El desperdicio de un kilowatt-hora, implica el costo de su equivalente en combustible y el costo alternativo de no emplear ese recurso en actividades más provechosas.

Cuando un usuario disminuye el consumo por efecto del incremento de la eficiencia, el sector eléctrico, visto como empresa, no obtiene ningún beneficio económico por la reducción en el consumo de combustible, al contrario deja de percibir la diferencia entre el costo del mismo combustible y el precio de la tarifa; sin embargo, el beneficio que se produce es desde el punto de vista nacional, porque un kilowatt-hora bien empleado produce bienes con valores muy superiores y el beneficiado directo es el usuario porque, al consumir menos, pagará menos, o bien podrá producir mayor número de artículos y obtener una mayor utilidad.



En la demanda:

Al momento de consumir energía, se efectúa una demanda por la misma. La suma de los consumos en un momento dado, - equivale a la demanda instantánea.

Los patrones de conducta en la utilización de la energía eléctrica, por parte de los usuarios, dan como resultado - la curva típica de demanda de electricidad, conocida generalmente como curva típica de carga, tal como se presenta en la Figura No. 3.

La demanda de electricidad es creciente, tanto por el mayor uso en instalaciones existentes, como por la electrificación de nuevos poblados y el suministro a nuevos usuarios. En la Figura No.4 se muestra la demanda, la energía necesaria y las ventas totales para el período histórico 1976-1980 y en pronósticos hasta el año 1990.

Nuestro país ha sostenido durante un largo período una alta tasa de crecimiento en la utilización de la energía eléctrica, de hecho se ha mantenido en el rango de 10% de incremento anual promedio. Por lo que se pronostica que la capacidad instalada de 15 millones de KW en 1980, llegará a 100 - millones de KW para el año 2000, y de los 62,000 millones de KWH de generación de energía, se generarán 550,000 millones de KWH para el año 2000, es decir, el Sector Eléctrico deberá satisfacer en el año 2000 aproximadamente nueve veces la energía del año de 1980.



Para llevar el servicio eléctrico a las poblaciones cada vez más alejadas y satisfacer los incrementos en la demanda de los usuarios actuales, se requiere de cuantiosas inversiones para la instalación de centrales eléctricas, líneas de transmisión, subestaciones y líneas de distribución.

A manera de ejemplo, se puede mencionar que para el período 1980-1989, se tiene programada una inversión del orden de 395,000 millones de pesos (pesos de diciembre de 1980), considerando únicamente los conceptos anteriormente citados.

La planeación y construcción de las obras eléctricas deben ser adecuadas para tomar en cuenta las previsiones necesarias para satisfacer la demanda y no entorpecer el desarrollo del país, pero es evidente que el costo de la operación y del capital, puede incrementar el precio de la energía hasta alcanzar niveles insospechados, por lo que el problema en realidad, es de tipo económico.

En los últimos años el costo del dinero se ha incrementado notablemente hasta límites increíbles, ya que en la actualidad los bancos están ofreciendo el 17% de interés sobre los depósitos de dinero a plazo fijo de 2 años. Sin embargo, con el fin de evaluar el costo financiero que en un año determinado podría tener la inversión de 395,000 millones de pesos, mencionados anteriormente, se puede aplicar una tasa de interés relativamente baja del 18%, lo que resultaría en un gasto de 71,000 millones de pesos.



CURVA DE CARGA HORARIA TÍPICA PARA EL VERANO, DÍA MARTES,

P R O M O S T I C O 1 9 8 1.

SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

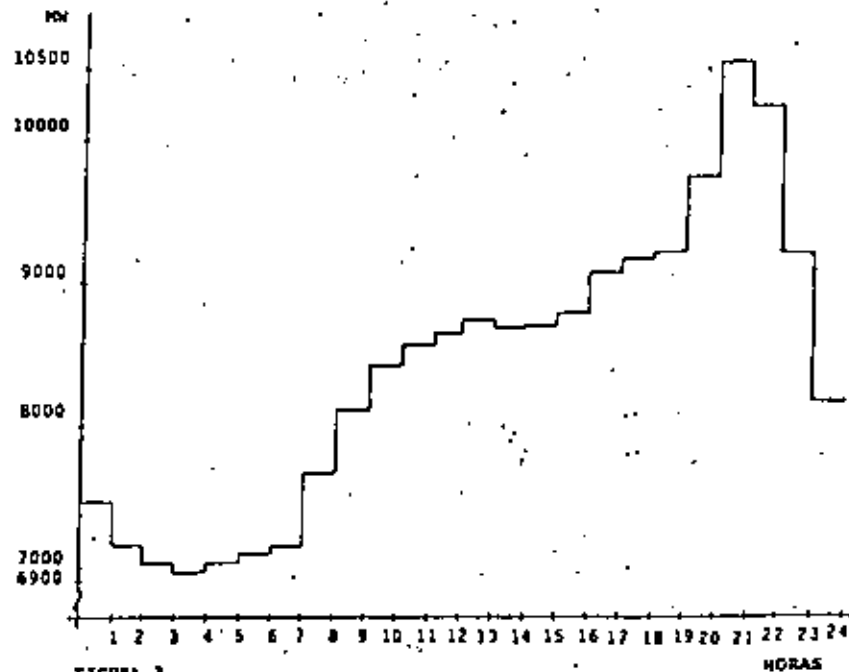


FIGURA 3

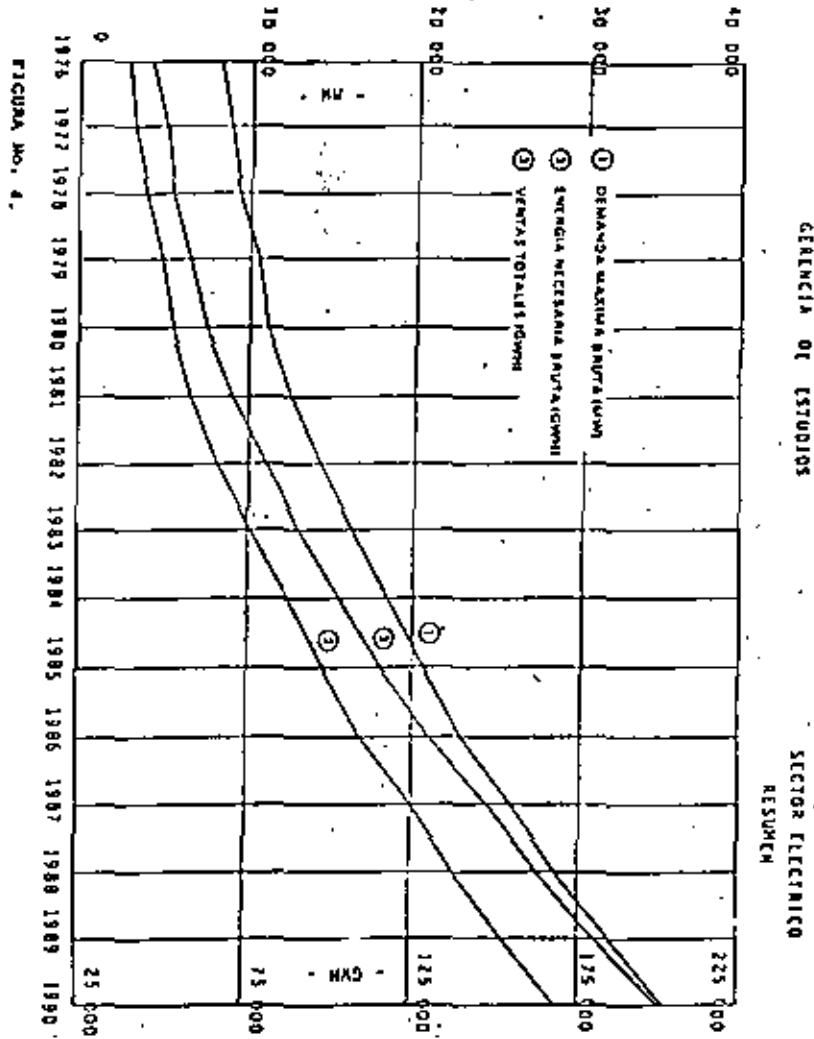
Ante estos costos financieros, el Sector Eléctrico se enfrenta a la disyuntiva: el usuario paga los costos reales de la energía eléctrica, o bien el Gobierno continúa subsidiando el precio de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista de una economía libre, el subsidio no es recomendable, porque favorece el uso ineficiente de la energía eléctrica y el despilfarro de los recursos con que cuenta el país.

Para resolver el problema anterior, se considera que debe buscarse otra alternativa, y ésta se encuentra en la promoción del uso racional de la energía eléctrica.

1.- ENFUECOS POR EL USO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA.

En casi todos los servicios suministrados se hace un uso ineficiente de la energía eléctrica, sin embargo, se desconoce en que áreas específicas está ocurriendo, y lo que es más importante, qué cantidades de energía podrían liberarse en cada grupo de usuarios si se tomaran medidas tendientes a mejorar su uso eficiente. A continuación se analizará qué posibilidad tienen algunos grupos a través del siguiente cuadro:



CUADRO No. 2

Estructura del consumo de energía eléctrica y número de usuarios de cada sector, durante el año de 1980.

S E C T O R	Consumo GWH	%	Usuarios Miles	%
Industrial (*)	17 918	34.5	43.00	0.4
Gran Industria	10 643	20.5	00.09	-
Doméstico	10 038	19.3	8401.00	85.5
Servicios y pequeño comercio.	4 392	8.5	1193.00	12.3
Alumbrado Público	1 666	3.2	24.00	0.3
Bombas	5 685	10.9	50.00	0.5
Minas	1 612	3.1	0.31	-
T o t a l	51 954	100.0	9711.40	100.0

(*) Incluye gran comercio.

Posibilidades en el Sector Industrial:

Como se puede observar, el sector industrial y el gran comercio ofrecen mayores posibilidades de influir positivamente al mejorar su eficiencia en el uso del recurso, porque su consumo es del 55% del total, y el número de usuarios es reducido, apenas el 0.4%.

Por informes de otros países y de algunas empresas en México, se sabe que se puede aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica en un rango de 10 a 15% en las plantas industriales. El incremento en la eficiencia reduce el consumo de energía y consecuentemente el pago de la misma.

Esta reducción de consumo ha permitido a algunas industrias mantener constante el gasto anual en pesos por concepto de energía eléctrica, a pesar del incremento en las tarifas de la electricidad.

El consumo de los dos primeros grupos del Cuadro No.2, es la cantidad de 28 561 GWH, con un importe de 19 000 millones de pesos para 1980. Si el ahorro fuera tan sólo del 10%, ésto representaría un beneficio adicional de 1 900 millones de pesos para la industria, considerando que la disminución fuera proporcional.

Beneficios en el Sector Doméstico a través de la promoción del alumbrado fluorescente.

En el sector doméstico con un 19% de consumo, el número de usuarios representa el 85.5%, lo que implica mayores recursos para su atención. Para fines del presente año contará con nueve millones de usuarios, por lo que si se considera una demanda promedio, exclusivamente por alumbrado, del orden de 260 watts por usuario, la demanda será de 2340 Megawatts. Si la sustitución de las lámparas incandescentes por las fluorescentes fuera en proporción de un foco de 75 watts por una lámpara circular autoroscable de 22 watts y con la misma intensidad luminosa, se obtendría una disminución del 70% de la demanda, lo que representa un total de 1638 MW, que aliviaría el pico de la curva típica de carga en aproximadamente 17%.

Aún considerando resultados más conservadores, la ventaja económica salta a la vista, si sólo se lograra que un usuario cambiara un foco de 75 watts por una lámpara fluores-

cente a 22 watts, se estaría reduciendo el pico en 51 w. por 9 millones de usuarios, que equivale a 477 MW, o sea, aproximadamente el 4% de la demanda total. Ahora bien, tomando como base un costo promedio de \$70,000.00 por KW (índice obtenido de dividir el presupuesto anual de inversiones entre el incremento anual de la demanda), el ahorro por cada KW, sería de 70 millones de pesos y el ahorro total ascendería a 33 390 millones de pesos. El costo financiero de esta inversión al 18% anual, sería de 6,010 millones de pesos, por lo que es evidente lo ventajoso -- que resultaría dirigir esfuerzos para lograr el uso de las lámparas fluorescentes en el sector doméstico.

Consumo de energéticos:

El consumo de energía en el Sector Eléctrico durante el año de 1980, fué de 126 204 teracalorías, con un valor interno a precios nacionales de 5 361 millones de pesos. Si a raíz de las campañas de uso eficiente de la energía eléctrica se pudiera disminuir el 10% del consumo, ello representaría 536 millones de pesos de reducción en el costo de generar la electricidad. Para el país, el valor de este ahorro sería de 5 o 6 veces más, si se considera a precios internacionales.

Evaluación de la disminución del pico de la demanda:

Se ha elaborado un estudio para evaluar la disminución del valor del pico en la demanda para el período 1980-2000.

La reducción de la demanda en 10% significa una reducción de 3 736 MW, que equivale a un ahorro en inversión de --- 56 040 millones de pesos correspondientes al costo de las centrales eléctricas diferidas (considerando \$15,000.00 por KW instalado). El costo financiero correspondiente asciende a 10,087 millones de pesos a una tasa de interés del 18%.

En resumen, el incremento de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica traerá como consecuencia una reducción, tanto en el consumo, como en la demanda de electricidad, con el consiguiente beneficio económico para los usuarios y la reducción de costos para el Sector Eléctrico. Esta reducción de costos podría traducirse en menores precios en las tarifas de energía eléctrica, ya que el Sector Eléctrico no persigue el lucro en la prestación de servicios.

4.- EL PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA.

El PRONUREE es un organismo coordinador, entendiéndose por coordinación la utilización de un conjunto de métodos y técnicas que permitan asegurar la unidad de acción en la administración.

PRONUREE mantiene una política de puertas abiertas a las sugerencias, iniciativas e ideas creativas que aporten las áreas involucradas, ya que éstas debidamente orientadas y desarrolladas, ayudarán a la consecución del fin último que es la promoción del uso óptimo de la energía eléctrica.

El PRONUREE persigue el mejor uso de la energía eléctrica por parte de los usuarios, reducir las pérdidas y aumentar la eficiencia para mejorar la productividad y el bienestar presente y futuro de los mexicanos.

Por lo expuesto anteriormente, en todo momento debe quedar claro que el Sector Eléctrico reconoce y asume la responsabilidad de suministrar la energía eléctrica con la calidad que el servicio requiere y de satisfacer su creciente demanda, incluyendo en ésta la correspondiente a los núcleos de población aún no electrificados.

Por otra parte, el usuario debe percatarse de su responsabilidad al hacer uso de la energía, ya que de hecho, no importa lo que pague por ella, sino el perjuicio que causa al país al malgastar sus recursos.

Organización:

La estructura de PRONUREE está formada por una coordinación general auxiliada por el Área de Programación y Control para el manejo de información, tanto interna como externa. Desde el punto de vista operativo, es apoyada por dos áreas, una de las cuales es la Coordinación de Usuarios Menores - que atiende a tres sectores: Usuarios Domésticos, Servicio a Comercio y Turismo y Entidades Oficiales. Otra área operativa es la Coordinación de Usuarios Mayores, de la cual dependen dos áreas auxiliares: Servicios Públicos y Agricultura y Medidas Internas.

En relación con el conocimiento científico-técnico y social que, por la índole propia del trabajo que se desarrolla es requerido, la Coordinación General descansa sobre el Área de Coordinación Técnica y Apoyos que cuenta a su vez, con tres áreas auxiliares: Producción de Impresos - proyección, Documentación - Oficios - Informes - Boletín y Distribución de Impresos y materiales.

Campañas:

La misión fundamental del programa, es motivar al usuario a hacer un uso racional de la energía eléctrica, por lo que su función principal es la comunicación. Todos los esfuerzos deben encaminarse a lograr que sea lo más amplia en su alcance, así como lo más efectiva en su contenido y en su forma, a fin de poder contar, no sólo con la comprensión, sino con la colaboración de un número tal de personas que permita resultados significativos en el menor plazo posible. Todo ésto se puede lograr mediante campañas específicas para cada tipo de usuario, a fin de tomar en cuenta los intereses del receptor y sus reacciones ante diferentes estímulos tendientes siempre a que se realice una buena comunicación.

Se ha dado preferencia a la comunicación personal dada su mayor eficacia y la posibilidad de cubrir con ella grandes núcleos de población, mediante "pirámides" reproductoras; sin embargo, es indispensable para asegurar ambos aspectos, que se cuiden fundamentalmente la selección, la capacitación y el aprovechamiento de los expositores, así como la adecuación de los materiales auxiliares a utilizar como apoyos.

Como medios complementarios, cabe desde luego, considerar la difusión aislada de algunos de los materiales auxiliares; la utilización de medios masivos podrá ser contemplada cuando existan condiciones particularmente favorables.

El Programa prevé fundamentalmente cuatro tipos de campañas: la de Usuarios Menores que incluye a grupos infantiles, unidades habitacionales y clubes de servicio; la de Usuarios Mayores que abarca industria, comercio y servicios; la de Campaña Interna que incluye a empleados e instalaciones propias, y la escolar, que incluye educación primaria, secundaria y escuelas superiores.

Campaña Industrial:

Tiene una importancia especial la campaña industrial por los resultados que se pueden esperar de ella. Para llevarla a efecto se está realizando una planeación cuidadosa - que comprende, entre otros puntos, los siguientes:

- Evaluación de la situación actual de la industria por sectores, desde el punto de vista de utilización de energía eléctrica por tonelada de producto terminado.
- Análisis de métodos y procesos de fabricación por sectores, a fin de determinar los puntos de menor eficiencia o causas de desperdicio de la electricidad, para elaborar las recomendaciones y medidas específicas para el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica.
- Determinación de las metas a las que se puede llegar para cada sector industrial, en cuanto al consumo de electricidad.

- Medios y materiales auxiliares para la difusión de ideas, experiencias y resultados.
- Cursos introductorios y de especialización sobre el uso racional de la electricidad.
- Seminarios, Simposium y Congresos.
- Concursos regionales y nacionales sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Plan de Universidades y Escuelas Superiores e Industrias.
- Asignación de responsabilidades. Formación de Comités en las industrias.
- Guías para monitoreo y para instalaciones.
- Planeación y programas de medidas.
- Evaluación de resultados.
- Recomendaciones para realizar mejoras en el diseño de equipos y aparatos manufacturados en la industria.
- Recomendaciones al usuario para el uso de los aparatos, equipos y máquinas eléctricas.

Para lograr lo anterior, se plantean las siguientes acciones en el orden que se indican:

- a) Capacitación del personal del Sector Eléctrico involucrado.
- b) Organización y habilitación de cuerpos de instructores y asesores, preferentemente encuadrados en las asociaciones profesionales.
- c) Instrumentar la Campaña a través de las Cámaras y Asociaciones que agrupan a los usuarios mayores.
- d) Realizar visitas a las instalaciones de los usuarios.
- e) Recopilación y clasificación de experiencias que pueden ser aprovechadas por diversos grupos de usuarios (Banco de Información).
- f) Edición de boletines de información, guías y manuales basados en las experiencias obtenidas y las investigaciones realizadas por entidades como el IIE, IEE, CONACYT, etc.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- PROGRAMA DE ENERGIA. 1981
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 2.- SECTOR ELECTRICO NACIONAL. ESTADISTICAS 1965-1980.
- 3.- RESULTADOS DE EXPLOTACION DEL SECTOR ELECTRICO.
1979 - 1980.
- 4.- BOLETIN No. 7 DEL I.E.E. DE JULIO DE 1981 (EE.UU.)
- 5.- BOLETIN DE ENERGETICOS DE ENERO DE 1981 DE LA
COMISION DE ENERGETICOS.
- 6.- TRABAJOS DE LA 1a. REUNION NACIONAL DE COORDINADORES DEL "PRONUREE".
- 7.- DESARROLLO DEL MERCADO 1981, DEL SECTOR ELECTRICO.
- 8.- PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELECTRICO.
Periodo 1979-1989.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

EFICIENCIA ENERGETICA EN LA INDUSTRIA

ING. PANTALEON GOCHIS N.

NOVIEMBRE, 1981

EFICIENCIA ENERGETICA EN LA INDUSTRIA

- I - PLANTEAMIENTO
- II - MEDIDAS DE AHORRO
 - a) - EDIFICIOS, LOCALES Y ADMINISTRACION
 - b) - PROBLEMAS CLASICOS DEL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA.
 - c) - USO APROPIADO DEL CALOR, COMBUSTION, CONFINAMIENTO Y RECUPERACION.
- III - EJECUCION.

Ing. Pantaleón Gochis N.
México, D. F., 1981.

PLANTEAMIENTO

- I.- Toda industria requiere de un examen técnico periódico - el cual se puede iniciar a través de un examen de costos que nos guiará a ciertas etapas que puedan ser críticas en materia de fugas de dinero: alternativas en adquisición de materia prima y optimización de transporte, pasos innecesarios por lo obsoleto del equipo que provoca personal y uso innecesario de energía, falta de mecanización en la administración que a su vez redunde en costos subsiguientes de edificios, muebles, etc.

La lista sería larga y dependería de cada industria en particular, por lo cual sería humanamente imposible enumerar todas las fugas, y es más conveniente y práctico enfocar un sólo asunto a la vez; en esta ocasión se pretende únicamente analizar la reducción de costos mediante el cercenamiento de los desperdicios de energía, un pecadillo del que por pequeñas omisiones hemos sido todos culpables en mayor o menor escala. Por energía nos referiremos al uso del petróleo, gas, electricidad, y por excelencia, al uso de recursos no renovables cada día más escasos y más caros.

II.- Identificación y medidas de ahorro.

Con el objeto anterior se ha dividido simplísticamente el uso de la energía en tres áreas con el fin de identificar su empleo y conocer posibles pérdidas innecesarias de la misma; a continuación examinaremos locales, edificios y administración, en segundo lugar ciertos problemas clásicos en el uso de la electricidad, y en último lugar el uso apropiado del calor.

- a) En primera instancia, qué podemos mejorar en los edi-

ficios y locales?

A continuación algunos puntos de fugas y sus soluciones.

En primer lugar el alumbrado, del cual se abusa desde la casa más humilde hasta la empresa más poderosa; -- para el uso innecesario del mismo, apagarlo; en oficinas, pasillos, bodegas, talleres, estacionamientos, anuncios luminosos, caminos de acceso, baños, salas -- juntas, en fin en todas las áreas en donde no sea verdaderamente necesario; ¿cuál es el objeto de mantener iluminados oficinas y estacionamientos cuando se han terminado las horas de labor? ¿baños, salas de juntas y pasillos de uso esporádico?, ¿anuncios o señales luminosas que muy poca gente vea a las dos de la mañana?

Para un uso eficiente del alumbrado, utilizar luz solar por eléctrica donde sea posible, adecuar la altura y mantenimiento de las lámparas para un flujo luminoso adecuado, cambio de incandescentes por sodio, -- mercurio o fluorescentes para mejor eficiencia, uso de colores más claros en techos y paredes para reducir el número de luminarias y costos del mantenimiento de las mismas.

En segundo término el aire acondicionado, en algunas ocasiones demasiado frío o demasiado caliente; disminuir flujo de aire; si es necesario por la bondad del clima, apagarlo; si tenemos fugas de aire, sellarlas; pérdidas de calor por muros y bóvedas, utilizar donde sea posible aislantes térmicos; si es por las ventanas, utilizar cristales reflejantes para evitar la entrada del calor, o dobles cristales para evitar la fuga del mismo. El mantenimiento adecuado del

equipo, sus ductos y filtros es vital para el funcionamiento eficiente del mismo.

- b) El siguiente punto y probablemente más lucrativo es -- corregir errores en el uso de la electricidad. Examinaremos en primer término el bajo factor de potencia, el cual es penalizado por la Comisión Federal de Electricidad cuando es inferior al 85% por razones que a continuación veremos.

Hipotizemos una instalación eléctrica destinada únicamente para alimentar una industria con un factor ideal de 100%; el generador, transformador elevador, línea de transmisión, subestación receptora y alimentador -- se diseñarán a exactamente la capacidad máxima requerida por la industria en cuestión; supongamos ahora -- que por un descuido dicha industria consumirá la misma energía pero a un factor de potencia de 70%, la -- cual representa un aumento en la corriente eléctrica de 40%; obligándonos a: aumentar en 40% el tamaño del generador y su transformador elevador, aumentar en un 40% la capacidad de una línea de transmisión ya sea -- por conductor o nivel más elevado de voltaje, aumentar en 40% de capacidad la subestación receptora y el alimentador.

El caso anterior multiplicado por miles de industrias significa una muy apreciable cantidad de miles de -- millones de pesos para Comisión Federal de Electricidad, además de las pérdidas de cobre que van en razón cuadrática de la corriente; existe además la necesidad de suplir aproximadamente dos terceras partes de dichas pérdidas con combustible. El bajo factor de -- potencia también obliga a nuestra hipotética industria a ampliar capacidades en su transformador, inte-

rruptor, cables, barras de potencia, etc., en un que - y soportar pérdidas adicionales que se reflejarán en su facturación.

¿Cómo detectar si estamos trabajando con un bajo factor de potencia? Sencillamente en la facturación mensual; con un poco de historial de dicha facturación - es posible deducir en cuánto necesitamos corregir la instalación para tener un factor de potencia adecuado. ¿En dónde vamos a corregir? Lo más usual son motores funcionando muy por debajo de su capacidad de placa, - lo cual implica una adecuación del motor a la potencia requerida; si lo anterior no es posible, tendremos que instalar capacitores para neutralizar en lo posible la corriente inductiva. Cabe la pena mencionar que cualquier aparato eléctrico que consuma corriente inductiva es causa de la disminución del factor de potencia y será conveniente adaptarle capacitores.

En segundo lugar una alta demanda en la fábrica también obliga a ampliar el equipo eléctrico además de costos adicionales de facturación; mediante algunas medidas de repartición horaria de cargas es posible disminuir la demanda: carga de baterías, calentamiento de agua, trabajos de mantenimiento, cargas de aire comprimido, transporte de materiales, etc. todos - estos procesos mencionados pueden realizarse fuera de la hora de la propia demanda máxima mediante su reanudo de actividades.

Un examen del recibo de energía eléctrica nos revela que los primeros KWH por cada KW de demanda son los más caros, además de un cargo fijo por demanda máxima; al disminuir ésta, disminuimos el cargo fijo y pasa-

mos más rápidamente al renglón donde los KWH tienen un precio más atractivo. No es terriblemente difícil tomar horariamente nuestras propias lecturas de los Watthorímetros y llevar un record de los equipos que estuvieron trabajando a determinadas horas; pueden obtenerse conclusiones muy interesantes y ahorros substanciales en esta forma.

- c) En el concepto del calor, lo enfocaremos en la siguiente forma: combustión, confinamiento y recuperación. La combustión debe ser precisa y vigilada tan frecuentemente como se pueda; la falta de aire provoca pérdidas de combustible útil además de la contaminación; el exceso involucra mover mayores masas de aire que a su vez cuestan energía, y el depositar en la atmósfera un mayor volumen de aire que es portador de una mayor cantidad de calorías; la solución consiste en vigilar los gases de escape los cuales deberán tener un pequeño exceso de oxígeno, digamos 11 por peso. La eficiencia de calderas se debe calcular diariamente y ajustar quemadores tan frecuentemente como sea necesario.

En el confinamiento se vigila que no tengamos pérdidas; instalar, reemplazar o mejorar aislamientos térmicos en calderas, tuberías, trampas de vapor, depósitos de agua caliente, máquinas con proceso de caldeo, líneas de condensado; operar el equipo en condiciones mínimas de temperatura o calidad de vapor y eliminar fugas de agua, vapor y aire comprimido.

En la recuperación se pretende que los gases de escape vayan tan fríos como sea posible para evitar fuga de calorías mediante el aprovechamiento de las mismas como: calentamiento de aire y combustible para una mejor combustión, precalentamiento de agua en calderas, calentamiento de agua para proceso, calefacción y ba-

non, calderos de materiales de proceso, etcí

III.- Ejecución y recomendaciones.

En algunos casos que se han tratado va acompañado el problema con la solución, o ésta es tan evidente que no requiere de recomendaciones técnicas como el caso del alumbrado. Habrá, sin embargo, que emprender campañas con el personal a base de charlas, letreros alusivos y establecimiento de competencias entre turnos con el fin de lograr las metas fijadas.

En el caso eléctrico requerirá un poco de trabajo no necesariamente técnico y que en su mayor parte podrán ser resueltos por el ingeniero de la planta o por el ingeniero asesor; en muchas ocasiones un simple ampermetro de género es más que suficiente y en casos más complicados que ameriten mediciones más finas siempre existirán empresas que puedan dar la asesoría necesaria o realicen directamente las mediciones.

En el manejo del calor se requiere un poco de sentido común y en ocasiones un poco de termodinámica; existen en el mercado analizadores de gases para la combustión, y detectores de temperatura para encontrar puntos de fuga de calor a continar; el proceso de recuperación pudiera necesitar de estudios más detenidos si llegasen a ser complicados por instalación u operacionalmente, pero casi siempre es conveniente un estudio que pudiera rendir beneficios por la reducción de costos que representa.

REDUCCION EN LOS COSTOS DE LA ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE LA ADMINISTRACION DE LA DEMANDA.

I N D I C E .

INTRODUCCION

NECESIDAD DE REDUCCION DE LA DEMANDA .

FACTOR DE CARGA

ADMINISTRACION DE LA DEMANDA

REDUCCION EN EL COSTO DE LOS CARGOS FIJOS

REDUCCION EN EL COSTO DE LA ENERGIA CONSUMIDA

AHORRO TOTAL Y CONCLUSION .

AUTOR: ING. FIDENCIO ACUSA D.

**REDUCCION DE LOS COSTOS DE LA ENERGIA ELECTRICA
A TRAVES DE LA ADMINISTRACION DE LA
DEMANDA.**

INTRODUCCION

Con frecuencia se pueden ver, en la literatura especializada, artículos relativos a las formas e incentivos que se tienen disponibles para reducir la demanda máxima de los consumidores, como medio de aliviar la presión creciente sobre las instalaciones de generación y distribución de energía eléctrica existentes, y también para atenuar la urgente necesidad de poner en servicio nuevas instalaciones.

Por lo que se refiere a las formas, generalmente las recomendaciones provienen de fabricantes de equipos y dispositivos que permiten la administración automática de la demanda, principalmente desconectando a ciertas horas del día algunas cargas pre-seleccionadas que no son vitales para la actividad que se desarrolla.

En cuanto a los incentivos, por lo general se utilizan las tarifas para hacer atractiva para el cliente una disminución de su demanda, haciendo que por este medio pueda reducir las facturaciones mensuales que paga por la energía eléctrica consumida.

En las líneas que siguen se tratará de hacer un examen de las posibilidades que existen en nuestro país para inducir a algunos consumidores a vigilar y reducir su demanda máxima como un recurso de CFE para aliviar la presión sobre las instalaciones.

Se mencionarán algunas de las formas en que se puede reducir la demanda, y valiéndonos de un ejemplo se tratarán de ilustrar las economías que es posible obtener a través de

las tarifas para consumo de energía eléctrica en vigor.

NECESIDAD DE REDUCCION DE LA DEMANDA

Entre todo lo que se ha venido diciendo en los últimos años, respecto a la llamada "crisis energética", destaca cada vez con más insistencia la necesidad de racionalizar el uso de la energía. Esto se refiere principalmente al ahorro de los recursos naturales que producen energía; pero muy bien puede también aplicarse a una administración inteligente del consumo, tendiente a reducir la demanda máxima.

Por lo que se refiere a CFE y al suministro de energía eléctrica, teóricamente, si se reduce la demanda máxima, se reducirá el equipo eléctrico de reserva requerido por el sistema de suministro; al mismo tiempo se pueden aplazar o diferir las necesidades de instalar equipo adicional para satisfacer el aumento creciente de la demanda.

FACTOR DE CARGA

Normalmente las empresas de suministro de energía eléctrica en todo el mundo cobran una penalización al consumidor por lo que se conoce como un bajo Factor de Carga en la utilización de la energía.

El Factor de Carga es un indicador de la relación entre la demanda máxima ocurrida en un período de tiempo determinado y la energía total consumida en ese mismo período.

Expresa el grado de variación de la demanda.

$$F. C. = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda Máxima}} = \frac{E/h}{L_{max}}$$

en que:

L_{max} = Demanda máxima promedio en periodos de 15 o 30 minutos.

E = Energía total bajo la curva (KWH) para el periodo considerado.

h = Número de horas en el periodo.

Se puede consumir la misma cantidad de energía (KWH) a -- distintos valores de Factor de Demanda; pero cuando éstos -- es bajo se tiene una utilización ineficiente de las instalaciones, ya que aunque gran parte de ellas no se utilizan durante lapsos de tiempo prolongados, se exige sin embargo que permanezcan en operación para hacer uso de -- ellas en cualquier momento que se desea.

Como se dijo con anterioridad, el consumidor puede lograr ahorros a través de un alto Factor de Carga en su consumo, pero esto depende en gran parte de la estructuración de -- la tarifa correspondiente. En algunos casos, por ejemplo en los E.U.A., se dice que un consumidor, ya sea comercial o industrial, puede aspirar a un ahorro hasta del 20% en el pago de sus recibos por consumo de energía eléctrica, a través de una buena administración de su demanda. -- Es decir, que tomando ciertas medidas adecuadas para desconectar ciertas cargas no indispensables a ciertas horas del día, la misma cantidad de energía utilizada le puede costar hasta 20% menos de lo que le constaría sin dicha -- administración.

Lo anterior es posible porque las tarifas están estructuradas de tal forma que el costo de los KWH consumidos en un período determinado (generalmente un mes), depende del Factor de Carga con que éstos sean utilizados.

Esta situación se ilustra en la Fig. 1.

La curva sólida muestra el comportamiento normal de la -- demanda cuando no se ejerce ningún control sobre la misma. Se puede ver que el pico de la demanda máxima ocurre hacia las 20 hs. La curva punteada muestra cómo sería la demanda si se administrara el consumo a manera de reducir o eliminar los picos.

En ambos casos se ha utilizado la misma cantidad de energía (KWH), pero las tarifas están estructuradas de manera-

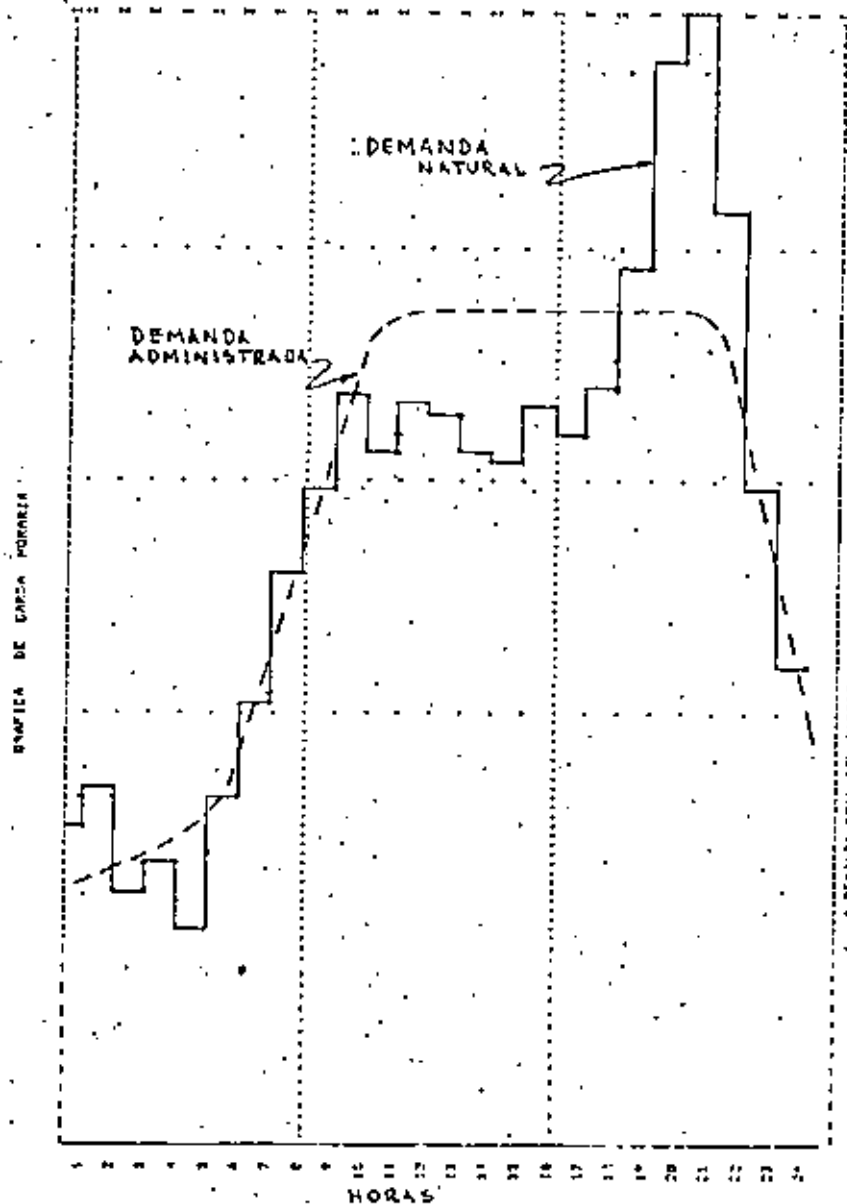


FIG Nº 1

que, si se administra la demanda de acuerdo con la curva-punteada, el consumidor pagará menos por la misma energía consumida.

Es fácil ver que cuando se opera de acuerdo con la curva-punteada, se necesitará menos equipo en operación y en reserva para abastecer el suministro, que cuando se opera de acuerdo con la curva sólida.

ADMINISTRACION DE LA DEMANDA

Por lo general, la demanda máxima se determina a intervalos de 15 minutos o media hora durante el mes; así que -- desde el punto de vista del ahorro en dinero para el usuario, éste puede desconectar a ciertas horas, algunas cargas que previamente haya seleccionado por no ser esenciales, para lograr que su demanda no sobrepase cierto límite.

La Administración de la demanda máxima no implica necesariamente un ahorro en el consumo de energía, pero como -- se mencionó con anterioridad, sí resulta de gran beneficio para la operación de las instalaciones ya que permitirá ampliar los márgenes que se tengan para sacar los equipos de servicio y darles un mantenimiento adecuado. Por otra parte, como ya dijimos, también se puede tener un alivio en el ritmo y volumen con que se tengan que realizar -- las nuevas inversiones para hacer frente a la creciente -- demanda.

Es probable que, con efecto secundario, si se tenga también un ahorro en el consumo de energía al tenerse que desconectar cargas no esenciales con el propósito de reducir la demanda máxima.

Con el fin de establecer un plan de desconexión de equipo para reducir la demanda, se requiere un conocimiento previo del equipo que se tenga instalado y de la forma o régimen al que cada elemento deba trabajar.

En términos generales, de lo que se trata es de no emplear

la energía eléctrica en las horas de demanda máxima, para trabajos y servicios que se puedan realizar en horas de menor demanda.

En algunos casos se podrá reprogramar la operación total de la planta con objeto de reducir la demanda máxima. De hecho esta sería la forma más sencilla de administración del consumo, en la que no se requiere la compra de equipo adicional ni erogaciones excesivas para vigilancia de un programa.

En algunos casos vale la pena llevar una gráfica de la demanda en el transcurso del día o de la semana para poder evaluar las posibilidades de ahorro. Si la gráfica muestra picos prolongados, ello será un indicio de que se pueden obtener ahorros reprogramando la operación de algunas cargas, de manera que entren en operación únicamente en las horas en que el resto de la demanda se reduce.

Las cargas que por lo general son susceptibles de desconexión programada son por ejemplo: equipos de aire acondicionado, sistemas de calefacción, alumbrado general, calentadores de agua, bombas de agua, ventiladores, bandas transportadoras y elevadores para almacenamiento de materiales, cargadores de baterías, etc.

REDUCCION EN EL COSTO DE LOS CARGOS FIJOS

A continuación se presenta un ejemplo del uso programado del equipo para reducir la demanda máxima, tomado del manual de la Comisión de Energéticos.

En el caso que se presenta, no se disminuye la energía eléctrica utilizada, suponiendo que se tiene el mismo equipo siempre en operación, pero sí se reducirá el cargo por demanda máxima pagado a la empresa de suministro, y como se verá más adelante, también se reduce el costo-

de la energía consumida.

Considérese por ejemplo que en una planta hay 12 hornos eléctricos de 30 KW; cada uno toma su carga máxima de 30 KW por espacio de 2 horas después de que se enciende y luego se mantiene en 10 KW para conservar la temperatura. Todos los hornos tendrán un ciclo de encendido, calentamiento y enfriamiento cada 24 horas. Si se programa su uso, de tal manera que no se tengan más de dos hornos en su ciclo de encendido simultáneamente, se lograrán los siguientes ahorros.

Cuando todos los hornos se encienden simultáneamente:

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima} &= 12 \text{ hornos} \times 30 \text{ KW/horno} \\ &= 360 \text{ KW.} \end{aligned}$$

Cuando sólo se encienden dos hornos simultáneamente y los otros 10 están en su período de calentamiento:

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima} &= 2 \text{ hornos} \times 30 \text{ KW} + \\ &10 \text{ hornos} \times 10 \text{ KW} = 160 \text{ KW.} \end{aligned}$$

La reducción de la demanda máxima será de:

$$360 - 160 = 200 \text{ KW}$$

Tomando como base la tarifa No. 3 de CFE, el consumidor se podría teóricamente ahorrar:

$$58.8366 \times 200 = \$ 11 767.32 \text{ mensuales,}$$

por concepto de cargos fijos dependientes de la demanda contratada.

Esto es sólo teóricamente, ya que según esta misma tarifa la demanda mínima contratada no puede ser inferior al 60% de la carga conectada. En este caso la demanda mínima sería:

$$0.6 \times 360 = 216 \text{ KW}$$

y la reducción sería de sólo 144 KW.

De todas maneras se podría tener un ahorro de

$$58.8366 \times 144 = \$ 8 472.47 \text{ mensuales.}$$

REDUCCION EN EL COSTO DE LA ENERGIA CONSUMIDA

Independientemente del ahorro en el cargo fijo que mencionamos arriba, el consumidor puede obtener además un ahorro en el costo de la energía consumida ya que como se verá en seguida, el costo de los KWH va descendiendo a medida que el cliente mejora su factor de carga a través de una reducción de la demanda máxima.

Volviendo nuevamente a nuestro ejemplo, supongamos que entre los hornos y el equipo restante de que se compone la planta, se tiene un consumo mensual de 150 000 KWH. Vamos a calcular el pago mensual que deberá hacer el cliente, de acuerdo con la tarifa No. 3, primero con una demanda base de facturación de 360 KW y luego con una D.B.F. de 216 KW.

En esta tarifa, los cargos adicionales por energía consumida son como sigue:

\$ 0.9806 por cada uno de los primeros 90 KWH por KW de demanda base de facturación.

\$ 0.8405 por cada uno de los siguientes 180 KWH por KW de demanda base de facturación.

\$ 0.7005 Por cada KWH adicional a los anteriores.

Como puede verse, a medida que aumenta la demanda base de facturación, aumenta la cantidad de KWH que se cobran a un precio más elevado.

Con la demanda de 360 KW se tendrá:

90 x 360	=	32 400 KWH	a	0.9806	=	31 771.44
180 x 360	=	64 800 KWH	a	0.8405	=	54 464.40
		52 800 KWH	a	0.7005	=	36 986.40
		150 000 KWH			=	\$ 123 222.24

Cargo fijo independientemente del consumo:

$$58.8366 \times 360 = 21 181.18$$

TOTAL \$ 144 403.42



Cuando la demanda base de facturación es de 216 KW, tendríamos:

90 x 216	=	19 440 KWH	a	0.9806	=	19 062.86
180 x 216	=	38 880 KWH	a	0.8405	=	32 678.64
		91 680 KWH	a	0.7005	=	64 221.84
		150 000 KWH				\$ 115 963.34

El cargo fijo será:

50.8366 x 216	=	12 788.71
		<u>12 788.71</u>
	TOTAL	\$ 128 672.05

AHORRO TOTAL Y CONCLUSION

El ahorro total será de:

$$144 403.42 - 128 672.05 = \$ 15 731.37 \text{ mensuales.}$$

Como puede verse, con sólo administrar el consumo a manera de reducir la demanda base de facturación, se puede tener un ahorro anual de 188 766.44 pesos en el costo de la energía.

FIDENCIO ACUSA DELGADO.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA ENERGIA EN
CENTRALES TERMOELECTRICAS**

ING. HUGO HIDALGO CRUZ

NOVIEMBRE, 1981

APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA ENERGIA
EN CENTRALES TERMOELECTRICAS

- INTRODUCCION
- IMPACTO ECONOMICO POR PERDIDA DE EFICIENCIA
- EQUIPOS CON MAYORES PERDIDAS DE ENERGIA
- RECOMENDACIONES

HUGO HIDALGO CRUZ
Octubre de 1981

APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA ENERGIA EN CENTRALES
TERMOELECTRICAS

INTRODUCCION.-

Una Central Termoeléctrica es una instalación compleja por la cantidad y diversidad de equipos que la conforman, así -- como los diferentes procesos que en ella intervienen, y las varias formas de conversión de energía que participan en el proceso de producción de la energía eléctrica.

En el diagrama de la Figura No. 1 se representa esquemáticamente el arreglo de una unidad generadora que para propósitos ilustrativos diremos que se trata de una unidad de 100 - MW de capacidad que entre sus parámetros más importantes y a los cuales voy a referirme más adelante se pueden mencionar los siguientes:

Flujo de vapor sobrecalentado	921 Ton/Hr
Presión vapor sobrecalentado/recalentado	160/40.7 Kg/cm ² a.
Temp.vapor sobrecalentado/recalentado	538/538°C
Flujo de combustible	67894 Lt/Hr.
Presión absoluta en el condensador	57.15 mm Hg.ab.
Régimen Térmico	2263 Kcal/KWH
Eficiencia	38%

El diagrama corresponde a un ciclo termodinámico Rankine regenerativo con un recalentamiento que es el normalmente utilizado en las centrales termoeléctricas y debe el nombre de regenerativo al hecho de utilizar parte del vapor que ya sea



lizó trabajo mecánico en la turbina para ceder calor al agua de alimentación que entra a la caldera pasando por los calentadores de agua de alimentación que en este caso son 7, de los cuales 5 son de baja presión (incluido el desgasificador) y 2 de alta por encontrarse sujetos a la presión de descarga de la bomba de agua de alimentación que en este caso es de 241 Kg/cm², contribuyendo de esta manera a un incremento de la eficiencia del ciclo. Se ha determinado que el número práctico de calentadores es de entre 7 y 8. Quisiera esto decir, que considerar más de 8 calentadores representa una inversión que no será rentable por el incremento de eficiencia que se obtiene del ciclo.

Aún cuando la capacidad de las unidades generadoras puede ser variable dentro de los rangos de 150 a 1000 MW, la tendencia a utilizar presiones y temperaturas como las indicadas en este caso ha sido práctica común, a pesar de que existen equipos operando con presiones superiores a los 300 Kg/cm² y temperaturas hasta de 650°C, valores que a pesar de lograr un mayor rendimiento desde el punto de vista termodinámico, plantea serios problemas, tanto en la selección de equipos y materiales, como en la operación y mantenimiento de los mismos, que finalmente se traducen en mayores costos.

IMPACTO ECONOMICO QUE REPRESENTA LA PERDIDA DE 1% DE LA EFICIENCIA

Considerando las grandes cantidades de combustible que consume una unidad de esta capacidad (del orden de 60,000 lts/Hr), resulta interesante investigar cuánto representa una pérdida



del 1% de la eficiencia del ciclo termodinámico debido a una mala operación; inadecuado mantenimiento de la instalación o defectos en la calidad de los equipos, de los diseños y de la construcción misma.

Al pasar de un valor de 38 a 37% de eficiencia se tiene un régimen térmico de:

$$R.T. = \frac{860}{0.37} = 2324 \text{ Kcal/KWH; en lugar de 2263}$$

Este aumento unitario de calor representa a su vez un incremento en el consumo de combustible de 1836 lt/hr, que en un año y con una disponibilidad de la unidad de 75% con un factor de planta de 80%, arroja el siguiente valor:

$$W = 8760 \times 0.75 \times 0.8 \times 1836 = 9.65 \text{ millones de litros por año}$$

que traducido a pesos considerando un precio nacional del combustible de 0.65 \$/lt, arroja un valor de 6 millones 273 mil pesos.

Si consideramos precio del combustible a valor internacional esta cifra se incrementa en 5 veces aproximadamente.

EQUIPOS EN LOS QUE PUEDEN PRESENTARSE LAS MAYORES PERDIDAS DE ENERGIA

EL GENERADOR DE VAPOR.- Es en este componente en donde se pierde y libera a través de la chimenea y de manera normal

aproximadamente el 12% de la energía total aportada al ciclo. Es factible que por una operación deficiente; por falta de instrumentación; por falta de mantenimiento y por mala calidad de equipo, factores que pueden presentarse aislados o -- simultáneamente, este 12% se incremente a valores de 14 y -- hasta 15% de esa energía, con la consiguiente repercusión, -- en costos de producción como se mostró anteriormente.

EL CONDENSADOR DE VAPOR. -- En este equipo se lleva a cabo la condensación del vapor de descarga de la turbina, proceso -- en el que tiene lugar el intercambio de una considerable cantidad de energía que el vapor cede al agua de circulación y -- que representa valores superiores al 35% de la energía total que se maneja en el ciclo que nos ocupa en condiciones normales de operación. Si se permite que el interior de los tubos se ensucie, reduciendo la capacidad de los mismos para -- una adecuada transferencia de calor, o bien si por alguna razón la cantidad de agua que se hace pasar es insuficiente, o se tiene falta de ventiladores en la torre de enfriamiento, la presencia de una o más de estas condiciones afectará la -- eficiencia del ciclo en valores cercanos al 1% y dependiendo de las condiciones extremas que se alcance, este valor puede aumentar considerablemente como puede apreciarse en la figura NO. 2.

Me he referido a los dos principales equipos en donde con -- frecuencia la eficiencia se pierde considerablemente, además de estos equipos principales, existen como mencioné al principio, una gran cantidad y variedad de equipos auxiliares y

componentes menores, en los que frecuentemente se presentan -- condiciones que a través del tiempo originan pérdidas de energía equivalentes o superiores a las que se presentan en los equipos principales. Como ejemplo se pueden citar los siguientes:

Equipos Auxiliares y Componentes Menores. --

- Bombas
- Ventiladores
- Compresores
- Intercambiadores de calor
- Motores eléctricos
- Reductores o incrementadores de velocidad
- Válvulas
- Bridas
- Tuberías

En los que puede existir una o más de las siguientes condiciones de operación:

- Instrumentación deficiente
- Vibraciones fuera de límites normales
- Desgaste excesivo en sus partes
- Altas temperaturas de aceites
- Desalineamiento
- Desbalanceo
- Rozamiento
- Fugas
- Aislamiento defectuoso
- Incrustación en intercambiadores
- Otras



RECOMENDACIONES

Una forma efectiva de evitar o minimizar estas pérdidas de energía, consiste en la formulación y aplicación de programas permanentes de capacitación de personal, implementación de procedimientos administrativo; de operación y mantenimiento tanto preventivo como correctivo y mayor; de pruebas de comportamiento y de Seguridad e Higiene Industrial, con el correspondiente análisis y acciones que en cada caso hay que establecer.

Por la naturaleza del suministro de servicio eléctrico y particularmente por las condiciones de nuestro Sistema se tiene la necesidad de operar el conjunto de instalaciones de manera que a nivel nacional se tenga el máximo aprovechamiento de la energía que se maneja, tanto la proveniente de los energéticos primarios (agua y geotermia), y secundarios (combustible, carbón y gas natural) que se consume, como la eléctrica que se produce, proceso que requiere la aplicación de técnicas refinadas que arrojen los costos mínimos de producción, transformación y transmisión.



EQUIPOS

- Intercambiadores de calor
 - para enfriamiento de aceite lubricante
 - para calentamiento de agua de alimentación
 - para condensación del vapor
- Motores eléctricos varios hasta potencias de 6000 Hp.
 - alta presión.- BAA
 - baja presión.- BAC
 - para condensado
 - dosificación de sustancias químicas
- Bombas de todo tipo
 - para aire de servicio
 - para aire de Instrumentos
- Compresores
 - de tiro forzado para aire
 - recirculadores de gases
 - para enfriamiento de agua en torres
- Ventiladores
- Instrumentación, control y protección de todo el proceso.

PROCESOS TERMODINAMICOS

- Evaporación
- Sobrecalentamiento
- Recalentamiento
- Condensación

CONVERSION DE ENERGIA

- Calorífica del combustible
- Cinética del vapor
- Mecánica en turbina
- Eléctrica en generador

$$\eta = 288$$

$$R.T. = \frac{850}{0.37} = 2324 \text{ Kcal/KWH}$$

$$\eta = 378$$

$$R.T. = \frac{860}{0.38} = 2263$$

$$\text{DIFERENCIA} = 61 \text{ Kcal/KWH}$$

$$\text{CONSUMO HORARIO} = \frac{61 \times 300,000}{9,967} = 1836 \text{ litros}$$

$$\text{CONSUMO ANUAL} = 8760 \times 0.75 \times 0.80 \times 1836$$

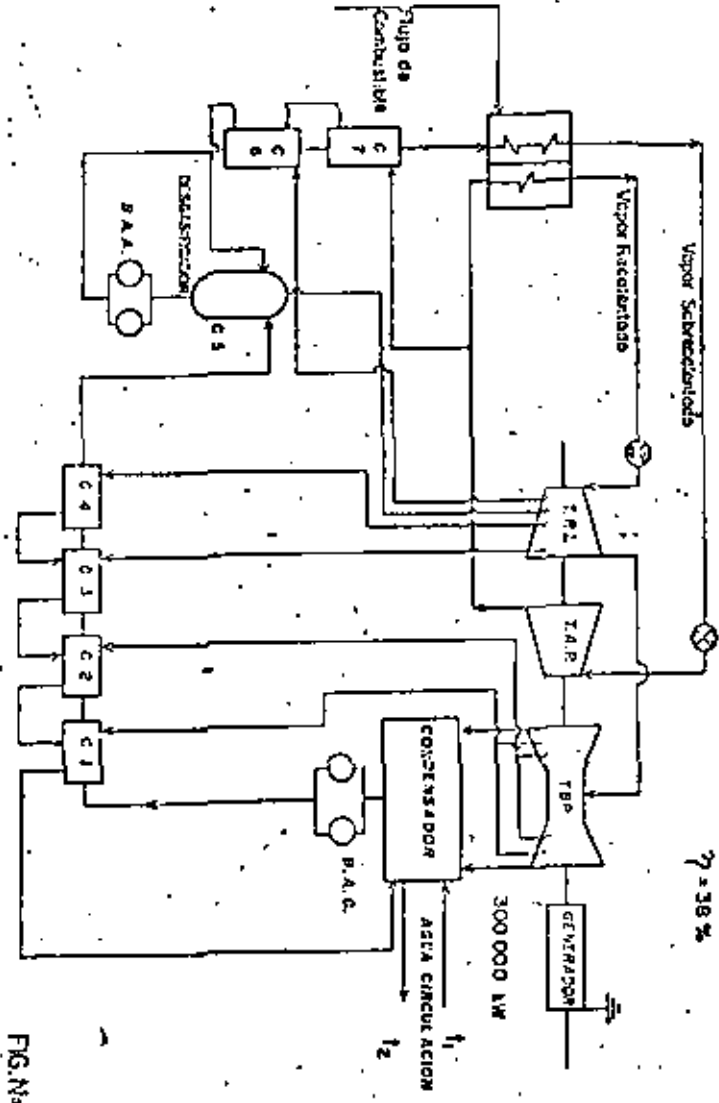
$$\text{ANUAL} = 9.65 \text{ millones de litros}$$

$$\text{COSTO MEDIO} = 0.65 \text{ \$/lit}$$

$$\text{COSTO ANUAL} = 9.65 \times 10^6 \times 0.65$$

$$= 62778,500$$

FIG. No. 1



RENTEN TERMINO = 2263 $\frac{\text{k Cal}}{\text{KWH}}$

$\eta = 38\%$

DIAGRAMA DE UNA UNIDAD TERMOELECTRICA GENERADORA

GENERA DE GENERACION Y TRANSMISION

1.5 2.0 2.5 3.0 $\frac{\text{P}_x}{\text{inch H}_2\text{O}}$
 PRESION DEL ESCAPE

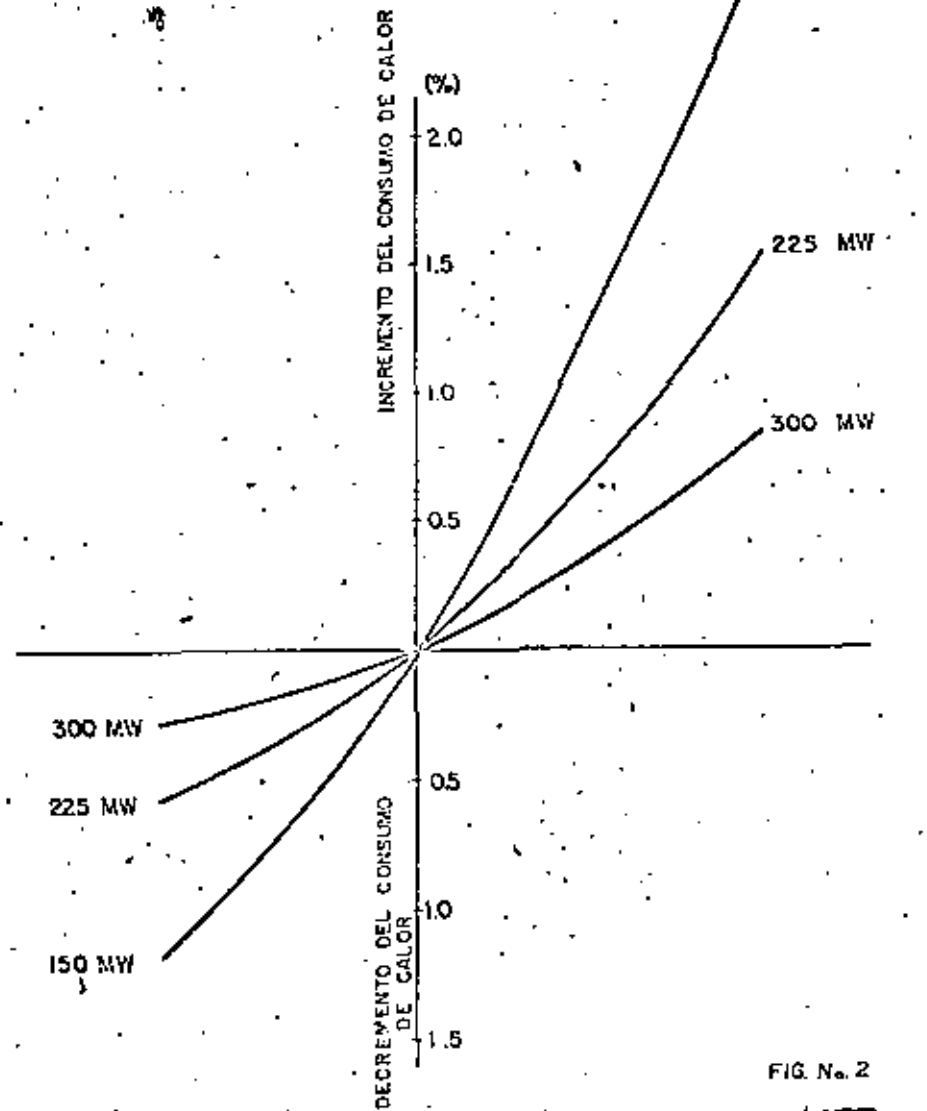


FIG. No. 2



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA
EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS MEDIANTE EL
MANEJO ADECUADO DEL ENERGETICO PRIMARIO**

ING. MARCOS H. HERNANDEZ D.

NOVIEMBRE, 1981

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN CENTRALES
 TERMOELECTRICAS MEDIANTE EL MANEJO ADECUADO
 DEL ENERGETICO PRIMARIO

AUTOR: ING. MARCOS H. HERNANDEZ D.

I N D I C E

I.-	Introducción	1
II.-	En la Recepción del Producto	5
	a) Ejemplo que resalta la importancia de des- contar fondos muertos en carros - tanque.	
III.-	En su Manejo Interno	8
	a) En el Trasiego	
	b) En la Combustión.	
	1) Temperatura de Atomización.	
	2) Analisis de Gases de Combustión	
IV.-	Otras Formas de Conservación de Energía	13
	a) Aislamiento de Líneas de Vapor.	
	b) Fugas de Vapor en líneas o en trampas.	

I N T R O D U C C I O N

Al hablar de conservación y uso eficiente de energía en Centrales Termoeléctricas resulta obvio hablar de la conservación y eficiencia de ésta en cada uno de los procesos involucrados en el proceso global de generación de Energía Eléctrica, puesto que se trata de un ciclo termo dinámico y el uso eficiente de la energía en el mismo es el propósito intrínseco a cualquier ciclo de transformación. Por tanto acercarse a ese propósito determinará una mejor operación del mismo.

En las Centrales Termoeléctricas de vapor los dos insumos energéticos básicos e indispensables son el agua y el combustible y a ellos conviene prestarles la atención necesaria para su conservación y adecuación requerida por el proceso de generación: Es por este motivo que nos referiremos a ellos dando algunas ideas y sugerencias que permitan acercarse al propósito establecido. La conservación y uso eficiente del agua y del combustible constituye actualmente, un requisito de primordial importancia al tratarse de recursos finitos y de uso creciente y acelerado. El control de estos energéticos debe comenzar desde la fuente de suministro donde debe cuantificarse exactamente la cantidad y la calidad obtenida. Para el caso del agua y combustible recibido por ducto se logra el primer punto mediante la instalación de medidores de flujo en la línea de suministro, y el 2o. punto mediante una toma de muestras situada en el tanque destinado para la recepción del producto a efecto de realizar los análisis físicos y químicos pertinentes. Para

el combustible tendrá también que instalarse un registro de temperatura en la línea de suministro para efectuar el ajuste de volumen por efecto de la temperatura. Es por todos conocido que dichos análisis para el caso del agua orientan sobre el tipo y extensión del tratamiento químico de purificación y para el caso del combustible el contar con estas determinaciones de laboratorio permitirían conocer el coeficiente de dilatación o expansión, útil, en la recepción del producto para el empleo de la tabla de temperatura adecuada para la corrección del volumen de combustible, dando mayor validez a datos rutinarios sobre existencias, consumos y arribos. Conociendo la viscosidad, punto de escurrimiento y densidad podríamos determinar la temperatura necesaria del combustible (pesado) para el logro de la fluidez requerida para las operaciones de trasiego. Esto determinaría la cantidad y régimen térmico del vapor auxiliar necesario para tal propósito. Aquí como en el caso de la cuantificación o medición de los volúmenes de petróleo existentes, consumidos y recibidos es necesario conocer la temperatura promedio del combustible en los tanques de almacenamiento. Esta medida ahorraría vapor y combustible al utilizar únicamente el necesario y por ende se ahorraría en el costo del agua blanda producida. Lo que cobra aún mayor importancia cuando el vapor para auxiliares (trasiego de combustible) es surtido de la línea de vapor principal (agua desmineralizada). No obstante habría la necesidad de instalar termómetros en varios puntos sobre la línea de vapor y sobre la de combustible para

asegurar el calentamiento determinado. El conocimiento de la temperatura de precalentamiento para máxima eficiencia en la atomización permitiría su logro, con el consecuente beneficio debido al aumento de área de contacto entre las partículas de combustible y las del aire, favoreciéndose la oxidación completa. (Esta temperatura es función directa de la viscosidad).

Otro aspecto de primordial importancia en la conservación y uso eficiente de la energía lo encontramos en el control de la combustión, donde su principal parámetro de control es el porcentaje de exceso de aire. Su determinación se logra mediante el análisis de los gases de combustión por medio del aparato denominado Orsat o mediante un analizador de combustible y oxígeno. Sin embargo para conocer el peso del combustible sin quemar es necesario conocer el análisis químico del mismo.

Además es necesario contar con equipo confiable para la medición de los flujos de combustible, agua, aire alimentado, vapor producido y medidores de temperatura del aire de entrada (Después del calentador de vapor y antes del precalentador rotativo) así como medición de temperatura de los gases de escape de la caldera. Esta es la única forma práctica actual que permite establecer las relaciones aire - combustible adecuadas, proteger a los precalentadores de aire alejándonos de la temperatura de rocío, asegurando que el proceso de combustión se mantenga bajo un control eficiente.

Amen de las ventajas en ahorros de energía resalradas — por las breves consideraciones anteriores que mejoran la operación y por ende la vida útil y confiable del equipo, el contar con dichos análisis oportunamente permite elaborar los reportes de eficiencia del generador con los datos del combustible real manejado lo que da importancia relevante a los mismos al constituirse como una forma de controlar el consumo de energía. Existen otras formas de conservación y uso eficiente de la energía que están relacionadas con rutinas operatorias necesarias y que incluyen el drenar el agua de los tanques de almacenamiento, drenar el condensado de los cambiadores de calor recirculándolo, vigilar el aislamiento térmico de estos y de todas las líneas que manejan fluidos a regímenes térmicos superiores al ambiente y evitar fugas de agua, vapor y combustible en todo el sistema.

II.- EN LA RECEPCION

VARIABLES DE CONTROL

Coeficiente de dilatación
Temperatura
Nivel o flujo
Registro de calidad

El conocimiento de estas variables permitirán medición exacta de los suministros, consumos y existencias.

Entrega por ducto.- Medidores integradores de flujo y registro de temperatura.

Entrega por auto y carro tanque.- Revisar nivel en los mismos descontando el fondo muerto y registrando temperatura para el ajuste de volumen pertinente (coeficiente de expansión).

Destinar un solo tanque de almacenamiento para la recepción del producto a fin de lograr un registro oportuno de la calidad y cantidad del mismo.

a) Ejemplo que resalta la importancia de descontar fondos muertos en carros - tanque.

CALCULO DEL VOLUMEN DE BUNKER C REMANENTE EN LOS CARROS TANQUE DE FERROCARRIL.

BASE DE CALCULO: 10 488 GAL/TANQUE

DATOS

φ Tanque = 2.30 m.

L = 10.00 m.

θ = 43° = 0.7504 rad.

a = 1.15 m.



$$A = \frac{1}{2} a^2 \theta - \frac{1}{2} (2 a \text{ sen } \frac{1}{2} \theta) a \text{ cos } \frac{1}{2} \theta$$

como sen 2x = 2 sen x cos x

$$A = \frac{1}{2} a^2 \theta - \frac{1}{2} a^2 \text{ sen } \theta$$

SUSTITUYENDO

$$A = \frac{1}{2} (1.15)^2 (0.7504) - \frac{1}{2} (1.15)^2 \text{ sen } 43^\circ$$

$$A = 0.4962 - 0.4509 = 0.0452 \text{ m}^2 \quad 0.6819$$

$$V = A \cdot L = 0.0452 \times 10 = 0.452 \text{ m}^3$$

$$= 452 \text{ l.}$$

$$V \text{ remanente/carro} = 452 \text{ l.}$$

Número de carros - tanque descargados en 1980.

De dicha capacidad 17,733 c-t.

$$452 \text{ l/c-t} \times 17,733 \text{ c-t} = 8 \text{ 015 316.0 l.}$$

Considerando el precio/litro de combustible actual de — 0.474 \$/l. resulta.

$$0.474 \$/l \times 8\ 015\ 316\ l = \$ 3\ 799\ 259.80$$

Que es el costo anual del combustible no aprovechado.

$$V \text{ Remanente por c-t de } 20\ 000 \text{ gal.} = 750\ l.$$

No. de c-t de esa capacidad en el mismo periodo 7 875 c-t.

$$7\ 875 \text{ c-t} \times 750\ l = 5\ 906\ 250\ l.$$

$$\text{Costo: } 0.474 \$/l \times 5\ 906\ 250\ l.$$

$$= \$ 2\ 799\ 562.50$$

Costo total: \$ 6 598 822.30 del combustible no aprovechado

Considerando el costo del combustible a precio internacional tenemos $4.90 \$/l \times 13\ 921\ 566\ l. = \$ 68\ 215\ 673.40.$

III.- EN SU MANEJO INTERNO:

a) En el trasiego:

VARIABLES DE CONTROL

Flujo y temperatura del combustible.

Flujo y temperatura del vapor.

Viscosidad del combustible

Temperatura de solidificación

Temperatura de Ignición.

Aquí se precisa conocer la temperatura promedio del combustible en los tanques de almacenamiento a fin de establecer la cantidad y régimen térmico del vapor necesario para lograr la fluidez adecuada en el manejo del combustible. por tanto se requiere de medidores de flujo y temperatura en las líneas de vapor y combustible. Esto permitiría ahorros de combustible y agua al generar únicamente el vapor necesario.

b) En la Combustión:

VARIABLES DE CONTROL

Temperatura del precalentamiento para la atomización adecuada $T_{ef}(M)$
 Temperatura de ignición
 Analisis de gases de combustión para determinar porcentajes de exceso de aire adecuado.
 Flujos de agua, vapor, aire y combustible.
 Temperatura del aire de entrada y de los gases de salida

El efectuar lo anterior permitiría contar con un parámetro indispensable para el control y uso eficiente de la energía en una central termoeléctrica, es decir se elaborarían los reportes de eficiencia con el combustible real manejado dando importancia relevante a los mismos. Al constituirse el registro de ellos como una de las formas más indicadoras sobre el estado y confiabilidad del equipo.

1) TEMPERATURA ADECUADA PARA LA ATOMIZACION DEL PETROLEO.

Tres calderas tenían una generación combinada de 90 800 kg/h de vapor. La relación aire combustible era ajustada manualmente para mantener claros los gases de combustión. Esta práctica resultó en aproximadamente 15% de exceso de aire usando combustible (bunkers c) y alimentandolo a la temperatura especificada de 88°C. Al adquirir combustible con diferente especificación, fué necesario ajustar el porcentaje de exceso de aire a fin de mantener claros los gases de salida. Al verificar un análisis de gases se encontró que el porcentaje de exceso estaba entre 25 y 30 por ciento, es decir 15% mas de exceso lo que disminuía la eficiencia de las calderas.

El representante del fabricante de quemadores y calderas determinó que la falla se encontraba en la temperatura de inyección del combustible, la que tendría que elevarse a 104°C para que la viscosidad del nuevo combustible inyectado fuera igual que la anterior. De la fig. 1 los ahorros de combustible estimados al reducir el exceso de aire de 30 a 15 por ciento es de 1%. Con temperatura en la chimenea de 316°C. Con las calderas operando 7200 h/a un 80% de eficiencia y consumiendo 555 k cal/kg de vapor tenemos:

REQUERIMIENTO DE ENERGIA

$$90\ 800\ \text{kg/h} \times 555\ \text{k cal/kg} = 50\ 394\ 000\ \text{k cal/h}$$

$$50\ 394\ 000\ \text{k cal/h} \times 7200\ \frac{\text{h}}{\text{a}} \times \frac{1}{0.8} = 453\ 546 \times 10^6\ \frac{\text{k cal}}{\text{a}}$$

Con un ahorro estimado del 1% en combustible tenemos:

$$453\ 546 \times 10^6\ \frac{\text{k cal}}{\text{a}} \times 0.01 = 4535.5 \times 10^6\ \frac{\text{k cal}}{\text{a}}$$

Costo de combustible subsidiado actual.

$$\$ 45.25/10^6\ \text{k cal}$$

$$45.25\ \$/10^6\ \text{k cal} \times 4535.5 \times 10^6\ \text{k cal} = \$205,231.37$$

Que es el ahorro en el costo de producción.

A precio internacional sería.

$$1467.55/10^6\ \text{k cal} \times 4535.5 \times 10^6\ \text{k cal}$$

$$= \$2'120,604.77$$

2) EL ANALISIS DE LOS GASES DE COMBUSTION COMO UNA FUNCION QUE DETERMINA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Una caldera diseñada para producir 921 052 kg/h de vapor con medidores de flujo y control de combustión no había producido mas de 736 842 kg/h de vapor en un periodo de 2 meses; se recurrió al servicio técnico para verificar los controles de combustión, encontrándose que en los gases de salida no existía exceso de oxígeno y estaba presente un 40 por ciento de combustible sin quemar. Por tanto se aumentó la proporción de aire a combustible hasta que en los gases de salida se tuviera cero por ciento de combustible no quemado llegando a la producción de diseño (921 052 kg/h de vapor), se encontró que la causa que originaba la falla en el control de combustión era la condensación de humedad en el tubo que iba al controlador de flujo de aire, ocasionando una respuesta incorrecta. Durante los 2 meses en los que la caldera produjo solo el 80% de su capacidad, su consumo de combustible fue, sin embargo, el necesario para una producción de ciento por ciento. Es decir 67,580 kg/hr. de combustóleo ó 57,087 kg/h de gas natural.

Pérdidas de combustible: (Durante esos 2 meses)

$$\text{Combustóleo.} - 0.2 \times 67580\ \text{kg/h} \times 24\ \text{h/día} \times 60\ \text{días}$$

$$= 19,463\ 040\ \text{kg.} \times \frac{1\ \text{l}}{0.98\ \text{kg}} = 19'860\ 245\ \text{l.}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas Natural} & 0.2 \times 57\,087 \text{ kg/h} \times \frac{24 \text{ h} \times 60 \text{ días}}{\text{día}} \\ & = 16\,441,056 \text{ kg} \times \frac{1.}{0.60} \\ & 27\,401\,760 \text{ l.} \\ & \underline{27\,401\,76 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Pérdidas económicas por la pérdida de combustible a precios actuales (subsidiados). Si se usó combustóleo:

$$19\,860\,245 \text{ l} \times 0.474 \text{ \$/l} = \$9\,413,756 \text{ 10}$$

Si se usó gas natural:

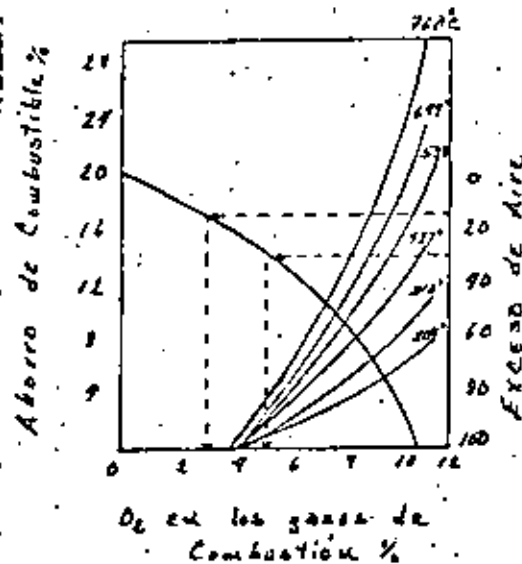
$$27\,401.76 \text{ m}^3 \times 0.074 \text{ \$/m}^3 = \$2,028.44$$

Pérdidas en energía

$$\begin{aligned} \text{Para combustóleo} & 19\,463\,040 \text{ kg} \times 10\,400 \text{ k cal/kg.} \\ & = 202\,415.61 \times 10^6 \text{ k cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para gas.} & 27\,401.76 \text{ m}^3 \times 9\,000 \text{ k cal/m}^3 \\ & = 246\,615\,840 \text{ k cal} \end{aligned}$$

Fig 1



IV.- OTRAS FORMAS DE CONSERVACION DE ENERGIA

- a) Drenar el agua de los tanques de almacenamiento de combustible.
- b) Drenar el condensado de los cambiadores de calor recirculandolo.
- c) Vigilar el aislamiento térmico de cambiadores de calor.
- d) Vigilar el aislamiento térmico de todas las líneas que manejan fluidos a regimenes térmicos superiores al ambiente.
- e) Evitar fugas de agua.
- f) Evitar fugas de vapor.
- g) Instalación inspección y reparación de las trampas de vapor.
- h) Evitar fugas de combustible.
- i) Mantener limpios los tubos de las calderas.
- j) Eliminar fugas en líneas de aire comprimido.
- k) Reducir la presión del aire comprimido al nivel mínimo necesario.
- l) Reemplazar los controles dañados y obsoletos.
- m) Registrar diariamente la eficiencia de las calderas.

a) AISLAMIENTO DE LINEAS DE VAPOR

De una inspección efectuada en una planta, se encontró que había sin recubrir 37 m. de tubería de 25.4 mm (1") de diámetro y 20 m. de tubería de 50.8 mm. (2") de diámetro que manejan vapor de 14.1 kg/cm² (200 psig). Así como 15 m. de tubería de 152.4 mm. (6") que transportaba vapor a 17.6 kg/cm² (250 psig).

Determinando las pérdidas de calor de la fig. 1 tenemos:

$$\text{Línea de 1} = 37 \text{ m}/30.5\text{m} \times 125 \times 10^6 \text{ k cal/año.}$$

$$\text{Línea de 2} = 20 \text{ m}/30.5\text{m} \times 225 \times 10^6 \text{ k cal/año.}$$

$$\text{Línea de 6} = 15 \text{ m}/30.5\text{m} \times 540 \times 10^6 \text{ k cal/año.}$$

$$\text{Total calor perdido} = 152 + 148 + 266 = 566 \times 10^6 \text{ k cal/año.}$$

Aislando dichas tuberías y suponiendo una eficiencia en el recubrimiento del 95% se tendrá un ahorro de: (se supone un costo de 115 \$/ millón de kcal)

$$\text{Ahorro: } 566 \times 10^6 \text{ k cal} \times 0.95 \times 115/10^6 \text{ kcal}$$

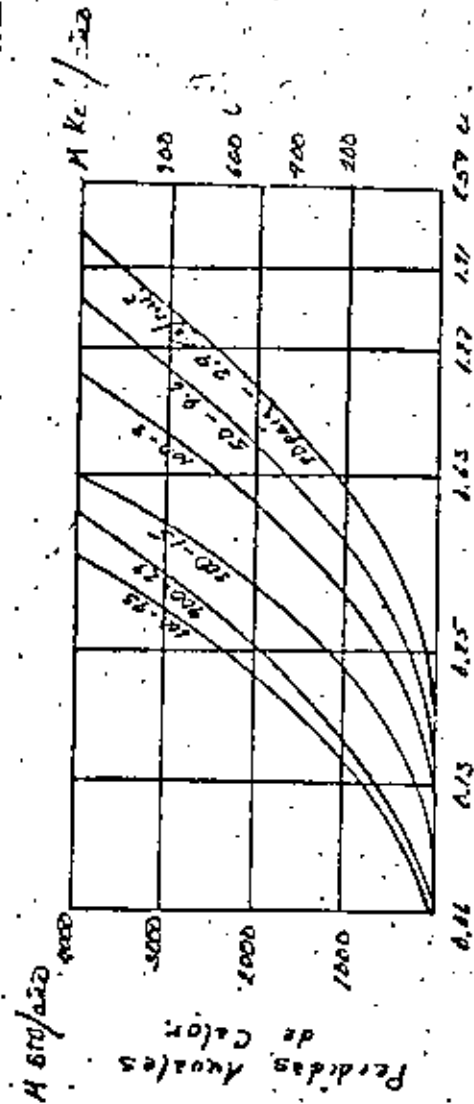
$$= \$61.835.50$$



d) EVITAR FUGAS DE VAPOR EN LINEAS O EN TRAMPAS

En una planta donde el vapor tiene un costo de 115×10^6 kcal y en la que un programa de inspección reveló que existía una fuga en una trampa de una línea de vapor de 8.0 kg/cm^2 (100 psig aprox). El orificio era de 6.3 mm (0.63 cm). De la grafica sig: (Fig. 2) observamos que las pérdidas de vapor alcanzaban 530×10^6 kcal/año reparando dicha fuga se tendrá un ahorro de:

$$530 \times 10^6 \text{ kcal/año} \times \$115.00/10^6 \text{ kcal} \\ = \$ 60.950/\text{año}$$





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y-USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**PROBLEMA DE LOS ENERGETICOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA
SUSTITUCION Y AHORRO
CONSERVACION DE EENRGIA
POSIBILIDAD DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO**

Dr. Fernando Schutz

NOVIEMBRE, 1981

PROBLEMA DE LOS ENERGETICOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA.

DR. FERNANDO SCHUTZ
Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

Al enfrentarnos al problema del desarrollo de la Industria Siderúrgica, se supone tratamos de alcanzar un objetivo, el cual, está sujeto a ciertas limitaciones propias del país con algunos elementos que tienen un cierto grado de incertidumbre. Con el fin de alcanzar ese objetivo a través del tiempo, deberemos establecer alguna estrategia, además de considerar posibles decisiones tácticas.

Un objetivo para la Industria Siderúrgica podría ser, por ejemplo, el hacerla altamente productiva, técnicamente eficiente, rentable y lugar de realización para el personal administrativo, técnico y obrero que en ella labora; adicionalmente, debemos considerar los recursos con que se cuenta, como son: materias primas, energéticos, personal capacitado y capital; sabiendo que la disponibilidad de algunas de las materias primas y energéticos presenta un grado de incertidumbre.

Los elementos estratégicos consideran qué decisiones y medidas deberán ser adoptadas para alcanzar el objetivo, así por ejemplo, se podría considerar si conviene desarrollar la Industria Siderúrgica exclusivamente por proceso de Reducción-Horno Eléctrico; ó, si conviene buscar altas producciones a través de Altos Hornos, con la posibilidad de tener que importar materias primas como se ha hecho en el Japón; ó bien, si la solución adecuada es continuar empleando y desarrollando las dos técnicas. Una decisión táctica en este caso, podría ser, aprovechar instalaciones ya existentes para agregar Altos Hornos con bajas inversiones, aunque ya se hubiere pensado desarrollar la Industria a través de proceso de Reducción-Horno Eléctrico.

De lo anterior se concluye que los energéticos son recursos que van a acelerar ó detener el desarrollo de la Industria Siderúrgica; que la disponibilidad de los mismos va a ir cambiando a través del tiempo; que en caso de escasez, esto significa tenerlos que importar en un mercado donde los precios se han incrementado fuertemente los últimos años; y que si existe una relativa abundancia, esto debe representar una oportunidad para fortalecer la Industria de manera que se exporten productos terminados y no energéticos primarios.

Con el fin de mostrar un panorama a través del tiempo de la localización de la Industria Siderúrgica dentro del Sistema Energético Nacional, se presenta la Figura 1, que muestra dicho Sistema para los años de 1960, 1973 y 1985.

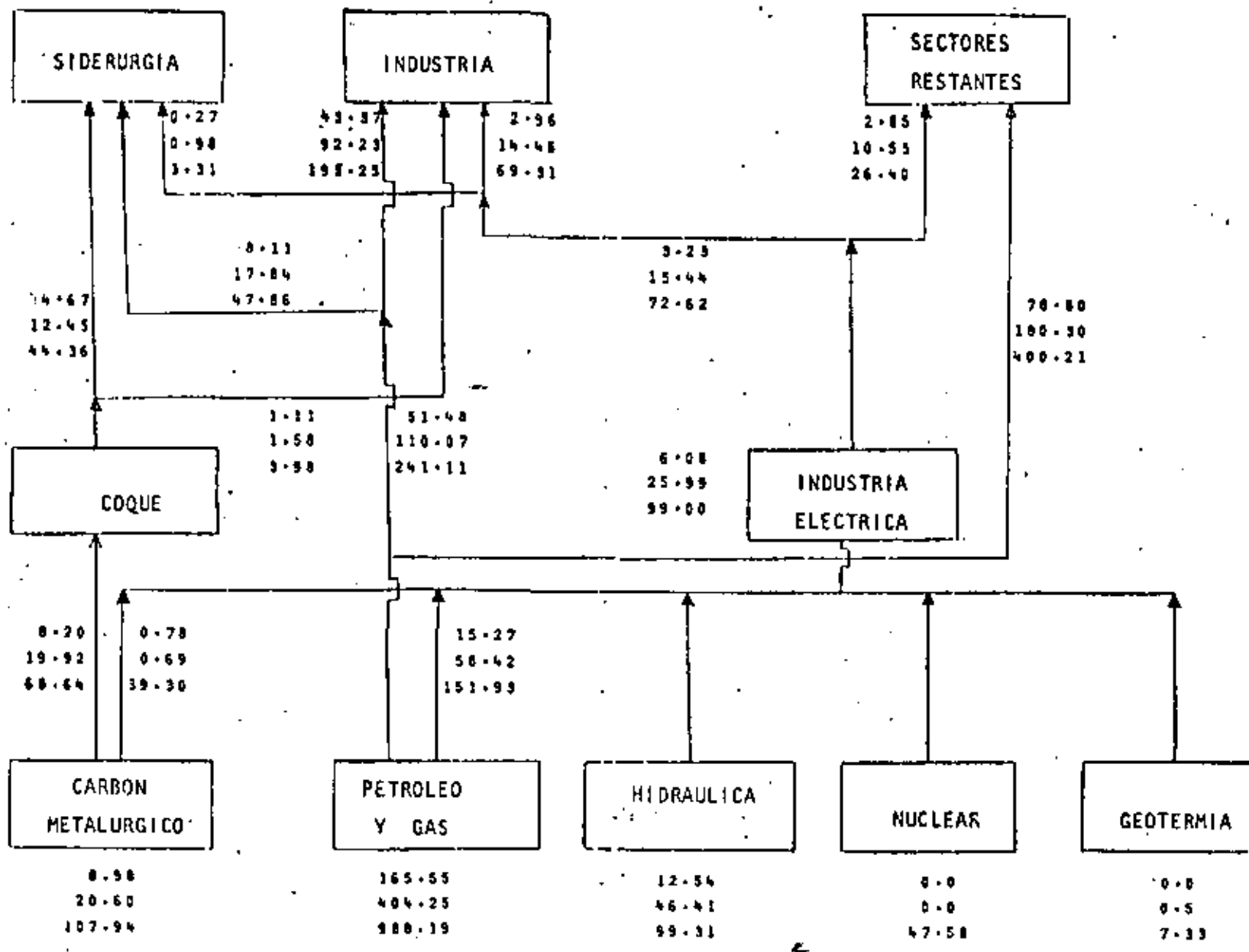


FIGURA 1.

* Los valores están en Kílocalorías por 10¹².

De la Figura 1 se obtuvieron los Cuadros I, II, y III con las siguientes características:

C U A D R O I

Energético	Año 1960		1973		1985	
	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%
Electricidad	0.27	2.08	0.98	3.13	3.31	3.49
Coque	4.67	35.78	12.45	39.82	44.36	46.42
Gas + Comb.	8.11	62.14	17.84	57.05	47.86	50.09
Total	13.05	100.00	31.27	100.00	95.53	100.00

En el Cuadro I se tienen los valores y porcentos de los consumos de los energéticos secundarios, se observa en los porcentos como a través del tiempo ha ido habiendo un desplazamiento de los hidrocarburos (gas y combustóleo) por la electricidad y el coque; el incremento porcentual que se presenta en el coque de 1973 a 1985 se debe principalmente a la entrada de SICARTSA la cual no operaba en 1973.

5

El Cuadro II presenta un resumen de los valores y participación porcentual de la producción de los energéticos primarios en los años considerados.

C U A D R O I I

Energético	Año 1960		1973		1985	
	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%
Carbón	8.98	4.80	20.60	4.37	107.94	8.64
Hidrocarburos	165.55	88.50	404.25	85.69	988.19	79.04
Hidráulica	12.54	6.70	46.41	9.84	99.31	7.94
Geotermia	0.00	0.00	0.50	0.10	7.33	0.58
Nuclear	0.00	0.00	0.00	0.00	47.58	3.80
Total	187.07	100.00	471.76	100.00	1250.35	100.00

El Cuadro anterior muestra entre los puntos más relevantes los siguientes:

1°.- La gran dependencia que ha existido de los hidrocarburos.

2°.- El apoyo que realizó la energía hidráulica en el intervalo que va de 1960 a 1973, así como paulatino decaimiento para 1985.

3°.- La posible emergencia del carbón empleado en la industria eléctrica.

4°.- Los síntomas de diversificación del sistema energético, al empezar a emplear energéticos primarios como la geotermia y los reactores nucleares.

C U A D R O I I I

Año	1960		1973		1985	
	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%	KcalX10 ¹²	%
Electricidad	1.02	6.47	3.72	9.48	12.57	10.18
Coque	6.63	42.07	17.67	45.04	62.99	51.04
Gas + Comb.	8.11	51.46	17.84	45.48	47.86	38.78
Total	15.76	100.00	39.23	100.00	123.42	100.00

En el Cuadro III se tienen los consumos de energía -- primaria en que incide la Industria Siderúrgica, las consideraciones que se hicieron son: que para obtener una Kilocaloría eléctrica se requieren 3.8 Kilocalorías primarias, y que para obtener un Kilogramo de coque se requieren 1.42 Kilogramos de carbón, con sus respectivos poderes caloríficos.

Esto, se traduce en el sentido de que por cada Kilocaloría eléctrica que se logre ahorrar, produciéndola por -- gas de Alto Horno ó gas de coque, ó gases de hornos de ace ración, se economizan 3.8 Kilocalorías de energía primaria.

C U A D R O I V

A ñ o	P o r c e n t a j e
1960	8.42
1973	8.31
1985	9.61

Combinando los resultados obtenidos en el Cuadro II y III, se obtiene la participación de la Industria Siderúrgica en el consumo total de energía primaria, para los años considerados; los resultados se muestran en el Cuadro IV.

Otro resultado derivado de la Figura 1 se presenta en el Cuadro V, que muestra la variación porcentual de los consumos de cada energético con respecto al total de la energía consumida en la Industria..

C U A D R O V.

Año	Electricidad .	Coque	Gas + Comb.
1960	8.35 %	80.79 %	15.75 %
1973	6.34 %	88.73 %	16.20 %
1985	4.56 %	91.76 %	19.84 %

Los valores del cuadro muestran una reducción porcentual, debido fundamentalmente al incremento mayor en consumos de energía eléctrica que se presenta en el resto de la Industria; por otro lado, el coque y el gas indican una mayor participación de la Siderurgia dentro del Sector Industrial.

Habiendo considerado la localización de la Industria Siderúrgica en el sistema energético, se examina a continuación, de manera más directa, las características unidas

a los siguientes aspectos del problema energético:

- a) Disponibilidad
- b) Sustitución
- c) Ahorro

La disponibilidad de los energéticos no renovables, dentro de un país corresponde a un concepto cambiante, el cual se ve incrementado de acuerdo a nuevos descubrimientos y que disminuye de acuerdo al consumo; es claro, que esta disponibilidad también puede ser regional.

Con respecto a México, se presentan en el Cuadro VI los recursos energéticos tanto en reservas probadas, como en reservas potenciales; los valores que se tienen en el Cuadro son BPCE (barriles de petróleo crudo equivalente), toneladas en los casos que procede y kilocalorías.

De estos energéticos primarios se puede decir que, dadas las posibilidades de sustitución, todos ellos son importantes. Sin embargo, para la Industria Siderúrgica y especialmente en el caso de México, el carbón y el gas natural son primordiales por su doble carácter de materias primas y energéticos.

Se estima que de acuerdo a las tasas actuales de consumo, las reservas probadas del carbón podrán abastecer la

Industria Siderúrgica en los próximos 20 años.

Los problemas de reserva y abastecimiento del carbón han sido muy estudiados y, evidentemente, el consenso general ha sido el de tratar de desarrollar una gran industria alrededor de este energético; sin embargo, los resultados no han sido todo lo satisfactorio que se hubiera querido.

Algunas de las recomendaciones que se han hecho tratando de acelerar el desarrollo de esta Industria, han sido las siguientes:

- 1) Aumentar el precio del carbón.
- 2) Ampliar las áreas de exploración y buscar a mayor profundidad.
- 3) Emplear métodos más eficientes de extracción.
- 4) Establecer una política más activa de exploración y desarrollo carbonífero.

Por otra parte, CFE ha elaborado proyecciones en las que se busca tener una mayor producción de energía eléctrica empleando plantas que quemen carbón; estas proyecciones se muestran en el Cuadro VII. Los resultados en las exploraciones hechas por CFE no han sido muy satisfactorias en el sentido de pensar dar un fuerte impulso a la Industria Eléctrica, y se estima que inicialmente sólo se instale una planta con capacidad de 1 200 MW en Río Escondido*.

* Actualmente ya existe el proyecto de otros 1 200 MW.

C U A D R O V I

RECURSOS ENERGETICOS DE MEXICO

Energéticos	Reservas Probadas	Reservas Potenciales	Unidades
Hidrocarburos	85.0	200.0	BPCEX10 ⁹
	109.0	226.33	KcalX10 ¹⁵
Carbón	4.2	40.0	BPCEX10 ⁹
	840.0	8 000.0	Ton
	5.386	51.29	KcalX10 ¹⁵
Uranio	0.64	12.0	BPCEX10 ⁹
	8 000.0	150 000.0	Ton U ₃ O ₈
	0.82	15.39	KcalX10 ¹⁵
Hidroeléctrica	0.05	----	BPCEX10 ⁹
	83.0	----	KWeH/año
	0.0641	----	KcalX10 ¹⁵
Geotermia	0.0035	0.035	BPCEX10 ⁹
	6.0	6.0	KWeH/año
	0.0045	0.0449	KcalX10 ¹⁵

CUADRO VII

PARTICIPACION ENERGETICA EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD
EN PORCIENTO

Energético	1975	1982	1990	2000
Hidrocarburo	61.4	60.0	32-61	12-32
Hidroeléctrica	36.7	22.0	15-24	15-16
Geotermia	1.4	2.0	2- 3	2- 7
Carbón	0.5	8.0	16-17	15-16
Nuclear	0.0	8.0	4-24	30-57
Gen. Elect. Anual (TWH)	41.0	100.0	200.0	430.0

Se estima que el esfuerzo por desarrollar la Industria del carbón ha de continuar, y es de esperar que los esfuerzos aunados de las Industrias Siderúrgica y Eléctrica lleguen a fructificar. Por el momento, existen áreas de cooperación que es conveniente sean aprovechadas de manera que redunde en beneficio del sistema energético. Como ejemplo de ésta cooperación se tienen los carbones mixtos que exis...

ten en los terreros de las plantas lavadoras, tanto en --- AHMSA como en Fundidora Monterrey, los cuales representan un potencial energético susceptible de ser usado por la industria eléctrica antes de que se quemen en el lugar que se encuentran.

En relación al gas natural, se considera que las re--servas garantizan un abastecimiento del energético durante los próximos 30 a 40 años.

17

Sustitución y Ahorro.

El problema de sustitución es un problema relativamente complejo que presenta muchas manifestaciones. Tomando el punto de vista económico se puede decir que sustitución implica -- que la función de producción admite cambios parciales o totales de un insumo por otro, a la vez que se obtiene el mismo producto.

Como un primer ejemplo de sustitución total, en la siderurgia se presenta la diferencia en insumos que existen entre - el proceso de reducción - horno eléctrico y el proceso a base de alto horno. De acuerdo al cuadro VIII que presenta -- los consumos específicos de energía en los procesos mencionados, es evidente que el carbón se elimina cuando se sigue la reducción - horno eléctrico y por el otro lado al seguir el proceso de alto horno se elimina prácticamente el uso de hidrocarburos, en la elaboración del arrabio, sobre todo porque es posible aprovechar los gases de coquización y alto horno.

Otro ejemplo de sustitución energética, se tiene en el horno de aceración BOF el cual se ha supuesto que su gran aceptación se debió a su ahorro de energía como lo haría pensar el cuadro VII ya presentado, al compararlo con el Siemens-Martin.

Lo anterior no es correcto ya que más bien se ha presentado una sustitución de energéticos como se muestra a continuación.

Consumo total de energía aproximado hasta el arrabio.

Del Sinter

80-85Kg/Ton de Sinter (Coque)	=	566 780
15m ³ /Ton de Sinter (Gas de coque)		<u>63 000</u>
		629 780

Del Arrabio

600Kg/Ton de Arrabio (Coque)	=	4 000 800 Kcal
90m ³ /Ton de Arrabio (Gas de coque)	=	378 000 Kcal
50 l/Ton de Arrabio (Comb.)	=	500 000 Kcal
10m ³ /Ton de Arrabio. (G. Nat.)	=	84 600 Kcal
35kwh/Ton de Arrabio (Elect.)	=	30 101 Kcal
		<hr/>
		4 993 501 Kcal

Considerando que para obtener una tonelada de arrabio se emplee 1.25 ton. de sinter, y si se incluye otra serie de consumos, se puede llegar a un valor estimativo de 6 000 000 Kcal/Ton de Arrabio.

Por otra parte, si se examina la operación de un horno Siemens-Martin, se pueden presentar los consumos específicos de energía y materiales en la forma siguiente.

En Energía

70 Kwh/Ton de Acero	=	60 202.1 Kcal
635 100 Kcal/Ton de Acero (Comb.)	=	635 100.0 Kcal
604 500 Kcal/Ton de Acero (Gas)	=	604 560.0 Kcal
		<hr/>
		1 299 862.1 Kcal

En Materiales

556 (Kg/Ton de Acero) de metal líquido
376 (Kg/Ton de Acero) chatarra

Considerando ahora un horno BOF los consumos específicos son los siguientes.

En Energía

41 Kwh / Ton de Acero	=	35 272 Kcal
25 266 Kcal/Ton de Acero (diesel)	=	25 266 Kcal
22 000 Kcal/Ton de Gas Mat.	=	22 000 Kcal
		<hr/>
		82 538 Kcal

En Materiales

935 (Kg/Ton de Acero) de metal líquido

130 (Kg/Ton de Acero) de chatarra

Evidentemente el consumo de energía directo del horno BOF es muy inferior al que se presenta en el horno de hogar abierto, sin embargo la diferencia de metal líquido (935-556 = 379 Kg/Ton) que hay que proporcionar al horno BOF tiene un alto contenido energético que para este caso sería de 2 274 000 Kcal/Ton; cantidad mayor a las 1 300 000 Kcal/Ton que se consumen en el horno de hogar abierto. En resumen se puede decir que se ha presentado una sustitución de hidrocarburo por coque y electricidad ya que hay que hacer notar, que el oxígeno del horno BOF consume unas 500 Kcal/Ton.

Existen diversas formas para mejorar la eficiencia en el consumo de energía en las cuales se presenta sustitución, entre algunas de estas prácticas se tienen las siguientes:

- 1) Mayor empleo de material aglomerado en el alto horno.
- 2) Reducción de cenizas en el coque.
- 3) Desulfurización externa.
- 4) Inyección de combustible y oxígeno al alto horno.

Aunque algunas de estas prácticas ya se realizan, conviene estar actualizando la información de consumos, costos, etc. de manera que se obtenga el máximo aprovechamiento.

Pasando a los ahorros de energía, se definen éstos como el aprovechamiento que se ha producido de una u otra forma y que no se ha empleado de una manera correcta o total. Entre una de las prácticas más importantes que conducen a estos ahorros, se tienen las siguientes:

- 1) Recuperación de gases del alto horno.
- 2) Recuperación de gas de coque.
- 3) Recuperación de gases de salida de hornos BOF.
- 4) Apagado seco del coque.

Otros aspectos que conducen a ahorros de energía pueden ser los cambios tecnológicos, entre éstos se pueden mencionar - los siguientes:

- 1) Horno eléctrico de mayor capacidad.
- 2) Empleo de colada continua.
- 3) Altos hornos más modernos.

CUADRO VIII CONSUMOS ESPECIFICOS DE ENERGIA

PROCESO DE ALTO HORNO

Etapa	Coque	Gas de Coque	Combustóleo	Gas Natural	Electricidad	Gas Alto Horno
Sinter	80-85 Kg	15 m ³	10 l		45 Kwh	
Arrabío	600 Kg	90 m ³	50 l	10 m ³	20-35 Kwh	480 m ³
B.O.F.					20-30 Kwh	
Siemens-Martin			100-130 l	50-75 m ³	50-70 Kwh	

PROCESO REDUCCION-HORNO ELECTRICO

Reducción				380 m ³		
Acería Eléctrica					620 Kwh	

Conclusiones:

Se recomienda establecer programas específicos con objetivos que tengan en cuenta los problemas tanto generales como propios del sector siderúrgico que conduzcan a un mayor aprovechamiento de los energéticos. Teniendo un programa que podría comprender los siguientes puntos:

- 1) Determinar los consumos de energía en la planta y actualizarlos con cierta periodicidad.
- 2) Examinar qué tan eficiente es el uso de la energía.
- 3) Determinar en qué partes se puede mejorar la eficiencia - (Por sustitución, ahorro ó mejor tecnología).
- 4) Establecer los pasos a seguir para lograr las mejoras.
- 5) Establecer el ahorro de energía y el costo que implica mejorar la eficiencia.
- 6) Ejecutar los cambios en aquellas cosas que sea rentable y controlar que se obtengan los resultados previstos.

CONSERVACION DE ENERGIA

Generalidades.

Históricamente se ha considerado que el problema fundamental de energía en México ha sido el de proporcionar la demanda de los diversos usuarios requiriendo Carbón, Hidrocarburos y Electricidad. Dicho fundamento se ha basado en el criterio de que una escasez de los energéticos representa un freno en el desarrollo económico. Sin embargo en la actualidad surge el aspecto de finitud de estos recursos; diversas estimaciones consideran que a las tasas de consumos actuales y en término de las reservas probadas tanto el carbón como los hidrocarburos, se habrán terminado en los primeros años del siglo XXI.

Entre las diversas maneras de enfrentar el problema anterior se tiene que recurrir a otros recursos como son las plantas Hidráulicas, Nucleares y Geotérmicas; otro aspecto es la conservación la cual puede permitir alargar la vida de los energéticos no renovables.

Se considera que la conservación de energía representa la medida más económica para retrasar el agotamiento de los combustibles fósiles y permitir el acceso a tecnologías de alto costo en Capital, como son nucleares y geotérmicas. Esencialmente se cuenta con cuatro métodos para la conservación de energía que son los siguientes:

- a) Eliminación de desperdicios de Energía.
- b) Cambio a procesos menos intensivos en el uso de energía.
- c) Reducción de las actividades consumidoras de energía.

d) Mejorar la eficiencia de las actividades consumidoras de energía.

Así por ejemplo: El desperdicio de energía se puede eliminar con medidas que en general son sencillas como son:

- i) Reparar fugas de agua caliente.
- ii) Reparar vidrios rotos en zonas climatizadas.
- iii) Apagar aquellas luces que no se están necesitando.

Un cambio a procesos menos intensivos en energía se puede ilustrar con:

- i) Empleo de un mayor transporte masivo en lugar de individual.
- ii) Reciclaje de materiales.

Por otra parte, una reducción en actividades consumidoras de energía implica esencialmente un cambio en estilo de vida a uno con menor dependencia de la misma, ejemplo:

- i) Menor dependencia de automóviles, aviones, etc.
- ii) Reducir horas nocturnas de comercio.

Por último, la mejoría en la eficiencia se puede lograr en:

- i) Procesos industriales.
- ii) Sistemas de calentamiento y refrigeración.

Se estima que tomando medidas adecuadas para la conservación de energía se obtendría un ahorro de un 5% anual de la energía que tiene proyectada consumir en los próximos años.

En la siguiente tabla se presentan diversas medidas de conservación de energía. Se considera que algunas de estas medidas podrían proporcionar un ahorro de 5%. Sin embargo, el desarrollo de estas medidas puede llevar varios años.

Medidas de Conservación de Energía

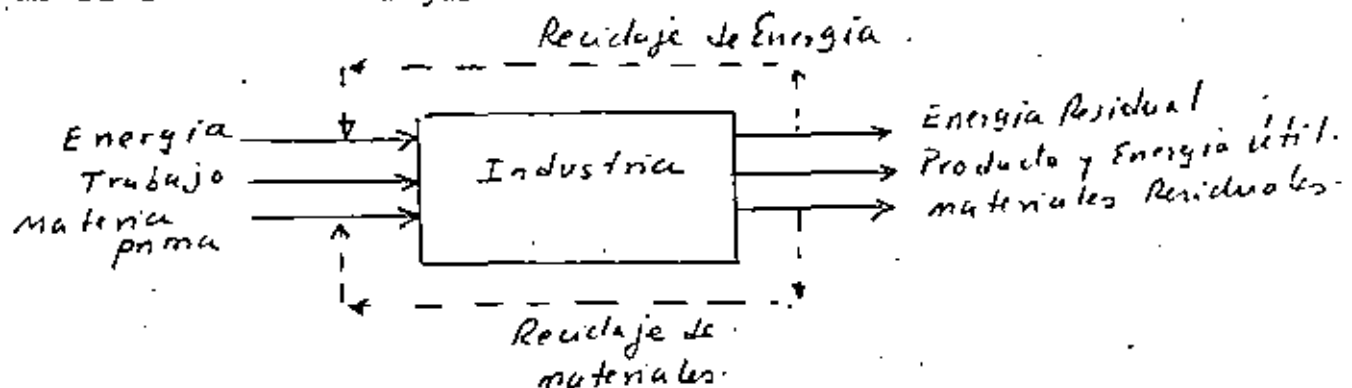
Concepto	Potencial de ahorro a corto plazo como un % del total dedicado al concepto
<u>I. Residencial</u>	
a) Iluminación	5%
b) Calentamiento Solar	5%
<u>II. Industria</u>	
a) Procesos de Vapor	5%-10%
b) Reciclaje de Materiales	2%
c) Esquema de Energía total (cogeneración)	4%-10%
<u>III. Transporte</u>	
a) Transporte masivo del 10% del pasaje Urbano	5%
b) Carros pequeños y eficientes	4%
c) Aumentar movimiento de carga y pasajeros por trenes	4%
<u>IV. Comercial</u>	
a) Aire Acondicionado	0.5%
b) Calentamiento Solar	4%
c) Diseño de Edificios	1%

Los esquemas de conservación de energía contribuyen individualmente de una manera que parece poco significativa al ahorro de energía. Sin embargo, la suma de todos estos ahorros puede -- llegar a ser muy significativa al establecer el ahorro total. Para valorar la importancia del concepto y en términos de los consumos actuales, se puede establecer que si se obtuviera un ahorro de 5% del consumo total de energía que se tiene actualmente, esta energía ahorrada sería mayor que la que se obtiene del carbón y de las plantas Hidráulicas. El reto de la planificación de la conservación de energía es convencer a los usuarios que, la suma de ahorros al sumarse representa un ahorro importante a nivel nacional. Por otra parte, estos ahorros al examinarse a largo plazo son muy significativos.

EFICIENCIA DEL USO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

La industria en México consume en forma aproximada un 33% del total de energía consumida en el país. En general, se puede decir que dicho sector a contado con hidrocarburos en forma abundante y económica.

El empleo de la energía en un proceso industrial se representa esquemáticamente en la siguiente figura. Se puede decir que la industria buscará minimizar sus costos en energía, trabajo y materias primas con el fin de producir de la forma más económica bienes y servicios. Como una medida conducente a los ahorros se tiene el reciclaje de materiales y energía, como se tiene en la figura.



El principal empleo de la energía que se tiene en la industria es para la obtención de calor en forma directa (altos hornos, hornos para vidrio, hornos de cemento, etc.); vapor para el proceso (refinerías, ingenios, fábricas de papel, cervecerías, etc.), y fuerza eléctrica (grandes molinos, trenes de laminación, compresores, etc.). Por lo tanto, se puede pensar que principales medidas para lograr ahorros de energía se dirijan a un uso más eficiente del calor; así como un mayor mantenimiento en el aislamiento de líneas que conducen vapor, etc.

En el caso de México las industrias que tienen mayor importancia en el Consumo de Energía son:

- Siderúrgica
- Ingenios Azucareros
- Cemento
- Vidrio
- Química
- Minero Metalúrgica
- Textiles
- Pulpa y Papel

A las industrias anteriores convendría agregar a Petróleos Mexicanos y a la Industria Eléctrica.

Se considera que los principales programas de administración de energía en estas industrias deberían cubrir los siguientes aspectos:

- i) Control y registro de procesos de vapor.
- ii) Recuperación del calor residual.
- iii) Sustitución de combustibles.
- iv) Control de aislamiento.
- v) Reemplazo y mantenimiento de equipo.

PLAN PARA CONSERVACION DE ENERGIA

A continuación se presenta un plan de Conservación de Energía que se propuso en Estados Unidos y que se pretende alcanzar para el año de 1985, no obstante que diversas características -- del sistema Energético son muy diferentes; resulta interesante observar las medidas consideradas y los ahorros esperados que se presentan a continuación.

Conjunto de Objetivos para la Conservación de Energía en Estados Unidos en 1985

Concepto	Ahorro Anual de Energía (En Quad = 10^{15} BTU.)
1. Aprovechamiento de productos residuales para reciclaje y generación	2.0
2. Mejora en la eficiencia de Conversión y transmisión Eléctrica	0.5
3. Aprovechamiento del calor residual de plantas eléctricas para calefacción	1.0
4. Mejoría en eficiencia de aire acondicionado	0.5
5. Nuevos automóviles con no menos de 27 millas por galón de promedio	3.0

6. Mejora de la eficiencia Industrial 3.0

7. Conservación en edificios, calefacción y refrigeración 2.0

8. Revisión de los precios de carga eléctrica en horas de pico por empresas eléctricas 1.0

T O T A L 13.0

POSIBILIDADES DE AHORRO
DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA
DEL CEMENTO

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION DE CONSERVACION
DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.

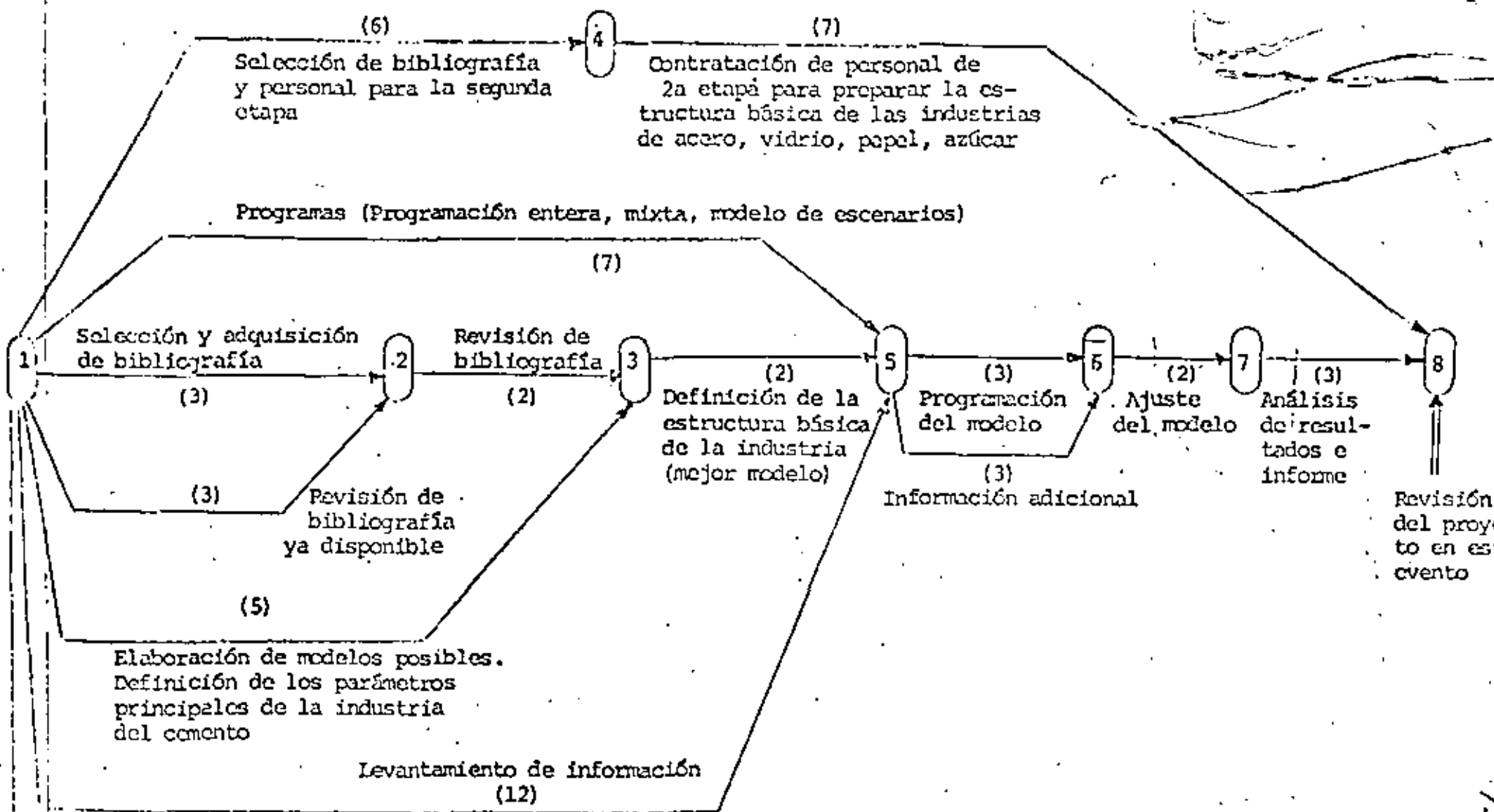
El presente estudio representa parte de un conjunto de investigaciones que realiza el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) para la Comisión de Energéticos, tratando de establecer las posibilidades de conservación de energía en las principales ramas industriales que tienen productos con una alta intensidad de energía; esta conservación, se busca que sea un ahorro real en la energía y no algo que pueda afectar el nivel de producción ó la calidad del producto.

Las principales ramas industriales que se han considerado, son las siguientes:

Cemento
Acero
Pulpa y Papel
Azúcar
Vidrio
Química
Minerales no ferrosos
Minero-metalúrgica
Textil y
Tortilladoras.

La forma en que se ha estado conduciendo la investigación, se muestra en la Figura 1, que representa el diagrama de actividades correspondiente al estudio de la Industria del Cemento.

PROYECTO: DEMANDA DE ENERGETICOS EN EL SECTOR INDUSTRIAL



Fecha de inicio:

1a. etapa (150 días)
 (20 semanas)

Objetivo 1a. etapa: Elaboración del modelo de demanda correspondiente a la industria del cemento

FIGURA 1

De estas actividades, faltan por concluir la recabación de cuestionarios de algunas plantas, sin embargo, ha sido ya posible establecer algunos resultados que se explican a continuación.+

EMPLEO HISTORICO DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

Las necesidades de energéticos en una planta de cemento son una función de la edad y capacidad de la planta, del tipo de proceso usado y del tipo de materias primas que recibe. Adicionalmente, se puede considerar que cada planta de cemento es única, y que tiene que ser considerada en términos de su situación específica; por lo tanto, un análisis del consumo de energía en la industria del cemento debe reconocer que el consumo de energía de una planta específica depende de sus características propias.

El análisis del consumo de energía en la Industria del Cemento se dividirá en tres áreas:

- 1º Perfil de los medios de producción existentes.
- 2º Combustibles usados en la Industria del Cemento.
- 3º Energía empleada por tonelada de cemento producida.

+ La encuesta que se realizó a las plantas fué con la cooperación de la Cámara Nacional del Cemento.

1° PERFIL DE LOS MÉDICOS DE PRODUCCIÓN EXISTENTES.

Analizando, inicialmente, la capacidad de producción versus que a partir de 1960, la capacidad promedio ha aumentado sensiblemente como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Capacidad promedio por planta en México.

A ñ o	Número de Plantas	Capacidad promedio por Planta (toneladas/año)
1960	20	182 250
1965	22	221 500
1970	27	317 510
1975	27	484 900

En la Tabla II se muestra la capacidad promedio por planta y la capacidad promedio por horno en 1972, para un conjunto de países. Los países están ordenados de acuerdo al promedio por planta. Se observa en la Tabla que la capacidad promedio por planta del Japón es un poco más de 4.5 veces la capacidad promedio por planta en México, además de ser ésta la menor de todas las capacidades promedio de los países considerados. Algunas de las causas principales que explican estas diferencias entre países se analiza más adelante.

Tabla II. Capacidad Promedio de Plantas y Hornos (1972)

P a í s	Capacidad de Plantas (1000 Tons./año)	Capacidad de Horno (1000 Tons./año)
Japón	1 765	480
Francia	690	275
Reino Unido	555	204
Alemania	510	265
España	510	220
Estados Unidos	490	186
Italia	465	210
México	384	133

Pasando al aspecto de las edades de los equipos, en la Tabla III. se tiene una comparación de los hornos de Japón, Estados Unidos y México.

Tabla III. Distribución por Edad de Hornos para México, Japón y Estados Unidos.

A ñ o	J a p ó n		M é x i c o		E. U.	
	No	% del Total	No	% del Total	No	% del Total
1900-44	48	20%	7	8%	138	31%
1945-54	22	9%	24	28%	77	17%
1955-64	112	47%	21	25%	151	34%
1965-75	50	24%	53	39%	76	18%
T o t a l	240	100%	85	100%	444	100%

La Tabla anterior, muestra que en general las industrias de México y el Japón pueden considerarse jóvenes; ya que México ha instalado casi un 40% de su capacidad total en los últimos 10 años, ó un 64% en los últimos 20 años; Japón, por otro lado, ha instalado el 24% de su capacidad total en los últimos 10 años y el 71% en los últimos 20 años; no así, Estados Unidos que en los últimos 20 años ha instalado un 52% de su capacidad total.

Con respecto a los procesos, el tipo de materias primas localizado en México, ha llevado al empleo generalizado del proceso seco, lo cual, radunda en un ahorro de energía. En la Tabla IV. se muestra la variación que ha venido sufriendo la producción de Clinker en los últimos 10 años de acuerdo a proceso seco ó húmedo.

Tabla IV. Producción de Clinker en México por Proceso.

	Proceso Húmedo.	Proceso Seco.
1965	16.5%	83.5%
1970	10.5%	89.5%
1975	8.0%	92.0%

Un perfil del porcentaje de los procesos empleados en las industrias cementeras de los países considerados, se

muestra en la Tabla V., para el año de 1972; Alemania tiene el más alto porcentaje de sus hornos de cemento empleando proceso seco, la diferencia en México es muy pequeña y si se observa la Tabla IV. se vé que en 1975 el promedio de proceso seco es mayor en México. En el Reino Unido, -- por otra parte, más de las tres cuartas partes del cemento es producido en proceso húmedo, y se puede decir que, con excepción del Reino Unido y Estados Unidos, el resto de los países han adoptado el proceso seco; en Estados -- Unidos se ha mostrado una tendencia a partir de 1970 a -- adoptar también el proceso seco.

Tabla V. Distribución de Hornos Secos y Húmedos por País (1972)

	H u m e d o	S e c o
Francia	42.7%	57.3%
Alemania	9.0%	91.0%
Italia	21.8%	78.2%
España	26.6%	73.4%
Reino Unido	78.9%	21.1%
Japón	27.7%	72.3%
México	10.0%	90.0%
Estados Unidos	59.0%	41.0%

2º COMBUSTIBLES EMPLEADOS POR LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

En la fabricación del cemento se puede considerar que un 80% de la energía es consumida en la etapa de cocción dentro del horno en el cual se queman combustibles fósiles, principalmente en el caso de México, petróleo ó gas. El 20% de la energía restante se consume en las etapas de trituración y molido de materias primas y en la molturación del Clinker. El análisis que se presenta a continuación se enfoca principalmente en el consumo de energía de tipo fósil, es decir, la energía tomada en el horno.

La tendencia del consumo de combustibles en la industria del cemento en México a partir de 1960 se muestra en la Tabla VI.:

Tabla VI. Empleo de los combustibles en la Industria del Cemento en México.

	Petróleo + Gas Natural (10 ¹² Kcal/año).
1960	5.590
1965	7.033
1970	10.868
1973	13.405

Siguiendo un estudio de la tendencia mundial del uso de combustibles fósiles dentro de los hornos de clinkerizado, es posible observar que en aquellos países donde se consumía carbón, éste combustible fué abandonado a favor del petróleo y gas natural, con preferencia a éste último, como puede observarse en la Tabla VII. para Alemania.

Tabla VII. Empleo Porcentual de Combustibles en Alemania.

A ñ o	C a r b ó n	P e t r ó l e o	Gas Natural
1962	67%	35%	0%
1967	24%	71%	5%
1972	4%	70%	26%
1975	2%	70%	28%

Sin embargo, debido a la creciente alza de precios en el petróleo y gas natural a nivel mundial, las tendencias anteriores se han detenido e incluso existen intentos de volver al carbón.

En el caso de México, las posibilidades del uso del carbón en este momento, parecen estar muy limitadas debido a las reservas de gas y petróleo anunciadas por PEMEX.

Sin embargo, la existencia de yacimientos cercanos a algunas plantas cementeras podría estimular su uso, no obstante que la experiencia que se tiene en el manejo del carbón es poca.

3º ENERGIA EMPLEADA POR TONELADA DE CEMENTO PRODUCIDA

Durante los últimos 20 años las industrias del cemento en Japón, Europa y México han mejorado el proceso tanto en sus procesos secos como húmedos. Los nuevos sistemas de cocido han mejorado la eficiencia en la producción del cemento reduciendo el consumo de energía por tonelada producida, y a través de una creciente productividad del horno.

En la Tabla VIII. se muestra cómo ha venido decreciendo el consumo de energía por tonelada en Estados Unidos, México, Japón y Alemania.

Tabla VIII. Consumo Promedio de Energía en los Hornos por Tonelada de Cemento Producida (Kcal/Ton)

A ñ o	México	E.E.U.U.	Japón	Alemania
1960	1 810 000	1 715 000		
1961	1 800 000	1 692 000		
1962	1 752 000	1 638 000		
1963	1 721 000	1 672 000	1 216 000	
1964	1 709 000	1 632 000		
1965	1 675 000	1 649 000		
1966	1 642 000	1 635 000		
1967	1 624 000	1 656 000	1 075 000	
1968	1 590 000	1 611 000		
1969	1 583 000	1 546 000	1 008 000	
1970	1 534 000	1 635 000		
1971	1 531 000	1 540 000	957 000	921 000
1972	1 521 000	1 503 000		856 000
1973	1 400 000	1 508 000	942 000	912 000

En el caso de México, se nota que en base al consumo de energía de 1950, se ha producido una reducción del 18% hasta el año de 1973. Esta reducción, se puede considerar que se ha debido fundamentalmente a las instalaciones más modernas que se construyeron en ese período, a base de precalentadores.

FACTORES DE PRODUCCION, ECONOMICOS Y DE DISTRIBUCION.

Con el fin de aclarar algunos índices anteriores, se presenta a continuación aspectos relativos a la producción del cemento a nivel mundial, además de ciertos puntos relevantes de la economía relacionados con las industrias y los patrones de distribución de la industria del cemento.

En la Tabla IX., se tiene la distribución porcentual de la producción mundial de cemento para 1972.

Tabla IX. Producción de Cemento por País (1972).

País	Porcentaje de la producción de Europa Occidental	Porcentaje de la producción Mundial.
Alemania	21.6%	6.6%
Italia	17.0%	5.2%
Francia	15.3%	4.7%
Reino Unido	9.9%	3.0%
España	9.2%	2.8%
Total de los cinco países	73.0%	22.3%
Estados Unidos		11.5%
Japón		10.5%
Canadá		1.4%
México		1.2%
Resto del mundo		53.5%

La producción mundial considerada es de 715 000 000 de toneladas en 1972.

Pasando a los factores económicos, en la Tabla X se -- muestran las tasas del crecimiento anual promedio de producto interno bruto (PIB) para los cinco países Europeos considerados; así como para Japón, Estados Unidos, Canadá y México.

Tabla X. Crecimientos Económicos por país.

País	Producto interno Bruto 1960 - 1970	Producto interno Bruto per-cápita 1960 - 1970
Francia	5.7%	4.6%
Alemania	4.7%	3.6%
Italia	5.4%	4.5%
España	7.0%	5.9%
Reino Unido	2.8%	2.2%
Japón	10.7%	9.6%
Estados Unidos	4.3%	3.0%
Canadá	5.5%	3.7%
México	8.5%	5.0%

Debido a que el crecimiento del PIB no es suficiente - para determinar el mejoramiento en el estandard de vida. El estandard de vida de un país se mide por medio del producto interno bruto per-cápita. Conforme la población crece, incrementos proporcionados en la producción de bienes y servicios deben ocurrir si se quiere mantener el mismo estandard de vida e incrementos mayores se deben presentar si se quiere aumentar el PIB per-cápita. En la Tabla X., aparece el PIB per-cápita, además del PIB.

La Tabla anterior muestra sensiblemente la diferencia de México con el resto de los países, debido a sus altas tasas de natalidad; es decir, a pesar de observarse un -- crecimiento notorio en su producto interno bruto, ésto no refleja un alto PIB per-cápita.

Siendo la industria de la construcción una de las fundamentales para el progreso económico, al incrementarse la actividad de la construcción se expande la producción del cemento. El rápido crecimiento económico de algunos países Europeos y del Japón, así como en México, han producido un crecimiento notorio en la producción del cemento. La Tabla XI. muestra el nivel de la producción de cemento en los países estudiados.

Pasando a los patrones de distribución, se sabe que el embarque del cemento está influenciado por la densidad de población, la localización de las plantas, y la disponibilidad de cada tipo de transporte. Estos factores son determinantes como se verá más adelante sobre las posibilidades de tener un cierto tipo de planta y por ello de ad-

Tabla XI. Producción Mundial del Cemento (miles de Tons.).

PAIS	1963	1972	TASA DE CRECIMIENTO 1963 - 1972
ALEMANIA	31,281	46,828	4.5 %
FRANCIA	19,764	33,126	5.9
ITALIA	24,246	36,829	4.7
REINO UNIDO	15,463	19,855	2.8
ESPAÑA	7,846	21,386	10.9
EUROPA OCCIDENTAL.	130,745	216,620	5.8
ESTADOS UNIDOS	64,788	81,811	2.6
CANADA	6,943	10,000	4.1
MEXICO	3,680	8,602	9.7
JAPON	32,743	72,921	9.2
TOTAL MUNDIAL	411,400	715,000	6.0

quirir una cierta tecnología. La densidad de población -- varía ampliamente de país a país, como se muestra en la Tabla XII.

Los patrones de distribución para el cemento están afectados por el costo y tipo de transportes disponibles y prácticas de embarque. El cemento se embarca ya sea a granel ó en bolsa. La distribución a granel se ha venido -- popularizando mientras que el empleo de los sacos ha ido declinando. El embarque a granel aprovecha el beneficio --

Tabla XIII. Densidad de Población por País 1971 (por Km²).

PAÍS	1 9 7 1
JAPON	286
ALEMANIA	242
REINO UNIDO	231
ITALIA	182
FRANCIA	95
ESPAÑA	69
MEXICO	27
ESTADOS UNIDOS	23

de economías de escala en el transporte, reducción de manejo y la eliminación de materiales para espacar y el equipo requerido para embolsar. El porcentaje del cemento embarcado a granel y el método de embarque, se muestran en la Tabla XIII.

Debido a que el cemento es un bien con poca variación de una marca a otra, y especialmente debido a su baja relación valor/peso, las plantas de cemento tienden a ser localizadas dentro de distancias de 150 a 300 Km. de sus mercados principales. Para distancias mayores, el costo de transporte se hace excesivo con respecto al valor del producto. Para compañías que tienen acceso a transportes marinos más económicos, las áreas de mercado pueden extenderse considerablemente. En general, sin embargo, las ---

compañías de cemento compiten entre sí, en el área geográfica donde se localizan sus plantas.

Tabla XIII. Embarque de Cemento a Granel por País y Tipo de Transporte (1973).

PAIS	TIPO DE TRANSPORTE			
	PORCENTAJE DEL TOTAL EMBARCADO.	CARRETERA	TREN	AGUA
FRANCIA	62 %	90 %	7 %	.3 %
ALEMANIA	76	95	3	2
ITALIA	56	97	2	1
ESPAÑA	47	79	10	11
REINO UNIDO	76	74	23	3
TOTAL EUROPA	62	86	9	5
ESTADOS UNIDOS	92	83	16	1
JAPON	86	53	17	30
CANADA	89	94	6	-
MEXICO	35	25	5	5

La Tabla anterior muestra claramente que en México no se ha podido aprovechar la ventaja que representa el embarque a granel. Por otra parte el movimiento total por agua es muy bajo, ya que la proporción que se mueve en sa

cos es sólo de un 2% aproximadamente; esto se debe fundamentalmente a que los principales mercados como son las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara no se localizan donde existan vías fluviales que puedan ser empleadas.

En resumen, podemos decir que aunque ha existido un crecimiento notorio de la industria del cemento impulsada por el crecimiento económico, se han desarrollado una gran cantidad de pequeños mercados, producto de una área geográfica grande y las restricciones establecidas por el transporte; el problema también se ha manifestado en los Estados Unidos.

Una muestra de la importancia de estos factores se tiene en el mismo Japón, donde en un área no superior al estado de California, se tiene una producción superior a la de todos los Estados Unidos.

Las observaciones anteriores permiten también aclarar los resultados obtenidos en la Tabla III, es decir, las bajas capacidades promedio son resultado de baja densidad de población, así como un área geográfica relativamente grande y la existencia de pocos mercados que puedan ser abastecidos por medios marítimos.

Se comentó al desarrollar el empleo histórico de la energía en la industria del cemento, que las necesidades energéticas de una planta son función de la edad, de la capacidad, del tipo de proceso usado y de las materias primas que recibe; se encontró que, en general, las plan-

tas en México son modernas, que sus capacidades promedio son bajas, y que se tienen procesos secos con precalentadores que son altamente eficientes; falta pues, de considerar los aspectos relacionados con las materias primas.

En la siguiente sección, se analizan las posibilidades de ahorro de energía a través de materias primas, así como las perspectivas que se abren a la industria del cemento debido a la alza de precios en los energéticos.

MATERIAS PRIMAS Y ALZA DE PRECIOS EN LOS ENERGETICOS

La Tabla XIV muestra la producción de diversos países por tipo de cemento para 1972.

Tabla XIV. Producción de Cemento por Tipo 1972.

PAIS	[PORTLAND] PURO	[PORTLAND CON MATERIAS AGREGADAS]	[DIFERENTE AL PORTLAND]
FRANCIA	39 %	57 %	4 %
ALEMANIA	78	21	1
ITALIA	60	40	-
ESPAÑA	94	2	4
REINO UNIDO	98	2	-
JAPON	91	9	-
ESTADOS UNIDOS	93	7	-
CANADA	97	3	-
MEXICO	88	12	-

Los datos anteriores muestran claramente una gran tendencia al empleo de aditivos en el cemento; a continuación se define lo que es una puzolana y que materiales se ajustan a esta definición. Se dice que una puzolana es un material aluminoso-silíceo ó silíceo el cual, en si mismo, no posee propiedades cementílicas ó son muy bajas, pero - el cual, al ser dividido finamente y en presencia de humedad, reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que tienen propiedades cementílicas.

Diversos materiales se ajustan a la definición anterior, de entre ellos, cabe destacar a las escorias de los altos hornos, y a las cenizas que se obtienen de quemar combustibles ó carbón en plantas térmicas.

Cabe destacar que excepto el cemento tipo III de alta resistencia, y que en México no representa más del 12% de cualquiera de los otros cementos, se puede sustituir con uno elaborado con cenizas ó escorias.

Debido a que las puzolanas naturales son materiales de origen volcánico, esto establece un amplio potencial, para algunas zonas de la República: es evidente que no es suficiente con localizar las zonas de origen volcánico, - sino que además, deberán ser probadas las características de esas puzolanas. Con respecto a las escorias de altos hornos, es necesario que estos residuos se proporcionen - granulados, y la planta siderúrgica necesitará también -- ejercer un control de calidad de sus escorias.

Las cenizas provenientes de las plantas térmicas, se pueden emplear en la mayoría de los casos directamente.

Los ahorros obtenidos al utilizar algunos de estos aditivos llegan a ser hasta de 200 Kcal/K^m.

En resumen, establecer mapas de las áreas donde existen puzolanas aprovechables y buscar una mayor relación entre las plantas térmicas y siderúrgicas con la industria cementera, podría redundar en un mayor aprovechamiento de la energía.

Finalmente, se analizan las implicaciones que pueda tener dentro del mercado de la construcción, que es el mercado fundamental del cemento, el alza de precios de los energéticos.

Como es sabido, aproximadamente 30% del valor de los insumos del cemento son de los energéticos, por lo cual, un aumento de precios podría considerarse muy perjudicial. Sin embargo, esto no es así, ya que si la elevación de precios en la energía resulta pareja, esto va a favorecer al concreto e indirectamente, al cemento, logrando así penetración en los mercados del acero, ladrillos, asfalto, aluminio y vidrio, que son materiales más intensivos en energía, como se muestra en la Tabla XV.

Adicionalmente, al tener México disponibilidad de energéticos, esto hace que el cemento se convierta en un producto altamente competitivo a nivel internacional, adqui-

Tabla XV. Requerimientos de Energía para la fabricación de algunos materiales básicos de la construcción.

Material	Tons. de Petróleo/Tons. de materia
Aluminio	5.6
Cobre	1.2
Acero	1.0
Polietileno	3.2
PVC	2.0
Papel y Cartón	1.4
Vidrio	0.5
Cemento	0.18
Concreto	0.02

riendo así perspectivas de exportación muy significativas.

Cabe notar aquí, que los Estados Unidos, uno de los posibles compradores, está importando y muestra tendencias a aumentar sus importaciones, como se muestra en la Figura 2.

Evidentemente, las importaciones no necesariamente tendrán que ser a Estados Unidos, y se tienen otros posibles compradores en los países de Centro y Sudamérica, como Venezuela.

COMERCIO EN 1970 1974 1980
 E.E. U.U. 75 millones 81 millones 110 millones

IMPORTA
 CIONES.

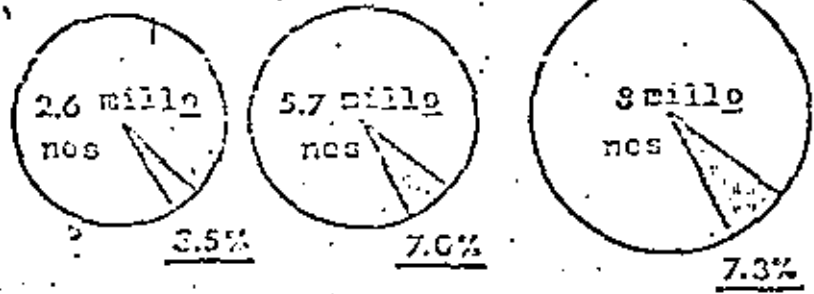


Figura 2. Importaciones como una parte del mercado del
 Cemento en Estados Unidos.

RESULTADOS ESTADÍSTICOS.

En términos de resultados estadísticos se consideran entre los más relevantes los siguientes:

- a) Estadísticas principales de molienda en materias primas.
- b) Características de los hornos.
- c) Estadísticas principales de molienda final.
- d) Consumos específicos de energía por proceso energético y departamento.
- e) Proyección del consumo de energía y del consumo específico de energía.

Se observa que los incisos a), b) y c) corresponden a las tres etapas del proceso de producción de cemento donde se presentan los consumos mayores de energía ya sea en energía eléctrica ó de combustibles fósiles, el inciso d) presenta un análisis que permite comparar los consumos de energía de acuerdo a proceso seco, seco con precalentador y humedo para cada energético y dentro de cada etapa ó departamento del proceso de producción. Por último en el inciso e) se examina el posible comportamiento futuro del consumo específico de energía de todo el rector.

a) ESTADÍSTICAS PRINCIPALES DE MOLIENDA EN MATERIAS PRIMAS.

En la tabla XVI se presentan las estadísticas de molienda de materias primas en el año de 1977. La observación principal que se considera es el gran empleo de molienda de bolas en todos los procesos, cabe señalar que en Europa la práctica con molienda de rodillos se efectuó desde hace tiempo y se ha empezado a emplear en E.U.

Tabla XVI Estadísticas de Molienda de Materias Primas.

(Proceso seco)	Molienda de ciclo cerrado con bolas	100%
(Proceso húmedo)	Molienda de ciclo abierto con bolas	100%
	Molienda con molinos de rodillos	0%
	Número aproximado de molinos instalados	55
	Potencia aproximada de los molinos instalados (HP)	85 000
	Consumo específico de los molinos en México (Kwh/Ton)	22,27
	Consumo anual de energía eléctrica en molinos (1977 Kcal)	38×10^{10}
	% del consumo total de energía eléctrica	25%

La importancia de un sistema de Molinos de rodillos en esta etapa, es que la potencia necesaria para moler es de 70% a 80% de la necesaria en un molino de bolas. (Dependiendo del material): Se considera por ello conveniente que para futuras instalaciones en México se tome en cuenta los molinos de rodillos.

b) CARACTERÍSTICAS DE LOS HORNOS.

La tabla XVII presenta la relación que existe entre capacidad de producción de los hornos, de acuerdo al tipo de proceso, para el caso de hornos de proceso seco y con precalentador se ha hecho una desagregación mayor incluyendo el número de etapas.

Por otra parte la tabla XVIII muestra los consumos específicos de energía de acuerdo a cada proceso y para la etapa de piroprocesamiento, indicando además que porcentaje representan este consumo del consumo total.

Tabla XVII. Características de los Hornos.

	No de hornos	Cap en Ton/día	% del Total
Hornos con 4 etapas	20	23 472	57.15%
Hornos con 3 etapas	2	250	.60%
Hornos con 2 etapas *	8	5 140	12.40%
Hornos con 1 etapa	3	1 920	4.66%
Hornos secos sin precalentador	18	6 773	16.45%
Hornos húmedos	9	3 598	8.74%
Total	<u>60</u>	<u>41 153</u>	<u>100.00%</u>
Capacidad promedio de los hornos:		685.88 Ton/día	
		205.7 X 10 ³ Ton/año	

* Incluye un horno Lepol de precalentador de parrilla.

Tabla XVIII Consumos específicos por Proceso.

	Kcal/Ton	% del Consumo Total
Proceso húmedo	1 898 900	93.82%
Proceso seco	1 243 900	89.52%
Proceso con precalentador	924 660	86.39%

Las estadísticas anteriores muestran claramente las ventajas del proceso seco con precalentador, y a pesar de que durante los últimos 10 a 15 años se han hecho la mayoría de las instalaciones en precalentadores, se considera que los mayores ahorros de energía en la industria del cemento actualmente se pueden lograr, en el perfeccionamiento de precalentadores - que están en uso, como agregar mayor número de etapas en aquellos casos que sea posible, este ahorro podría fácilmente llegar a un 50% del consumo total.

c) ESTADÍSTICAS PRINCIPALES DE MOLIENDA FINAL.

Las estadísticas de molienda final en 1977 se tienen en la tabla XIX. En esta tabla se presentan dos grupos de valores, el primero de ellos corresponde a los resultados de examinar 24 de las 28 plantas existentes en México, y el segundo grupo trata de estimar la influencia de las 4 plantas restantes.

Tabla XIX Estadísticas de Molienda Final (1977).

C o n c e p t o	Valor de la Encuesta	Valor Estimado
Número de molinos	72	78
Molinos de bolas	100 %	100 %
Molinos de circuito cerrado	90.3%	91.1%
Molinos de circuito abierto	9.7%	8.9%
Potencia de Molinos (H.P.)	119 787	123 000
Consumo eléctrico específico (KWH/TON)	43.8	43.8
Consumo eléctrico total (KCAL)	48.43×10^{10}	50.00×10^{10}
% del consumo total eléctrico	31.65%	32.0%

Los aspectos más sobresalientes de la tabla anterior son: el gran porcentaje que representan los molinos de circuito cerrado, así como un consumo específico eléctrico, de 43.8 Kwh/ton que se considera bueno y que es inferior al que presenta un país como Estados Unidos que es de 47 Kwh/ton.

d) CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGÍA POR PROCESO, ENERGÉTICO Y DEPARTAMENTO.

La Tabla XX presenta los consumos de energía por tonelada de cemento producido de acuerdo a los procesos, húmedo, seco y secon con precalentador considerando además los consumos de cada energético en particular, Electricidad, Diesel, Gas, y Combustible y Explosivos, y por otro lado cada etapa principal del proceso de producción, estas son: Extracción, Trituración, Secado molienda y homogeneización, Calcinación y molienda final.

Los resultados muestran claramente la gran economía en consumo de energía que se tiene en el proceso seco con precalentador, también resulta evidente la importancia que tiene la etapa de calcinación; hacia la cual se deben dirigir los esfuerzos de ahorro de energía. La figura 3 muestra barras comparativas de los tres procesos, indicando también, el porcentaje que se encuentra operando de acuerdo al proceso.

Tabla XX Consumos Específicos de Energía por Proceso, Energético y Departamento.
(Kcal/Ton de Cemento)

Tipo de Proceso	Extracción	Trituración	Secado, Molienda Homogeneización	Calcinación	Molienda Final	Total
HUMEDO						
Electricidad	709	1 331	71 422	23 812	38 108	135 382
Diesel	11 310					11 310
Gas y Combustóleo				1 874 683		1 874 683
Explosivos	2 000					2 000
Subtotal	14 019	1 331	71 422	1 898 495	38 108	2 023 375
SECO						
Electricidad	1 322	2 452	31 171	24 021	40 027	98 992
Diesel	2 586					2 586
Gas y Combustóleo			66 020	1 219 943		1 285 963
Explosivos	2 000					2 000
Subtotal	4 108	2 452	97 191	1 243 964	40 027	1 389 541
PRECALENTADOR						
Electricidad	1 322	2 452	31 171	23 482	40 027	98 453
Diesel	2 586					2 586
Gas y Combustóleo			66 020	901 178		967 198
Explosivos	2 000					2 000
Subtotal	4 108	2 452	97 191	924 660	40 027	1 070 237

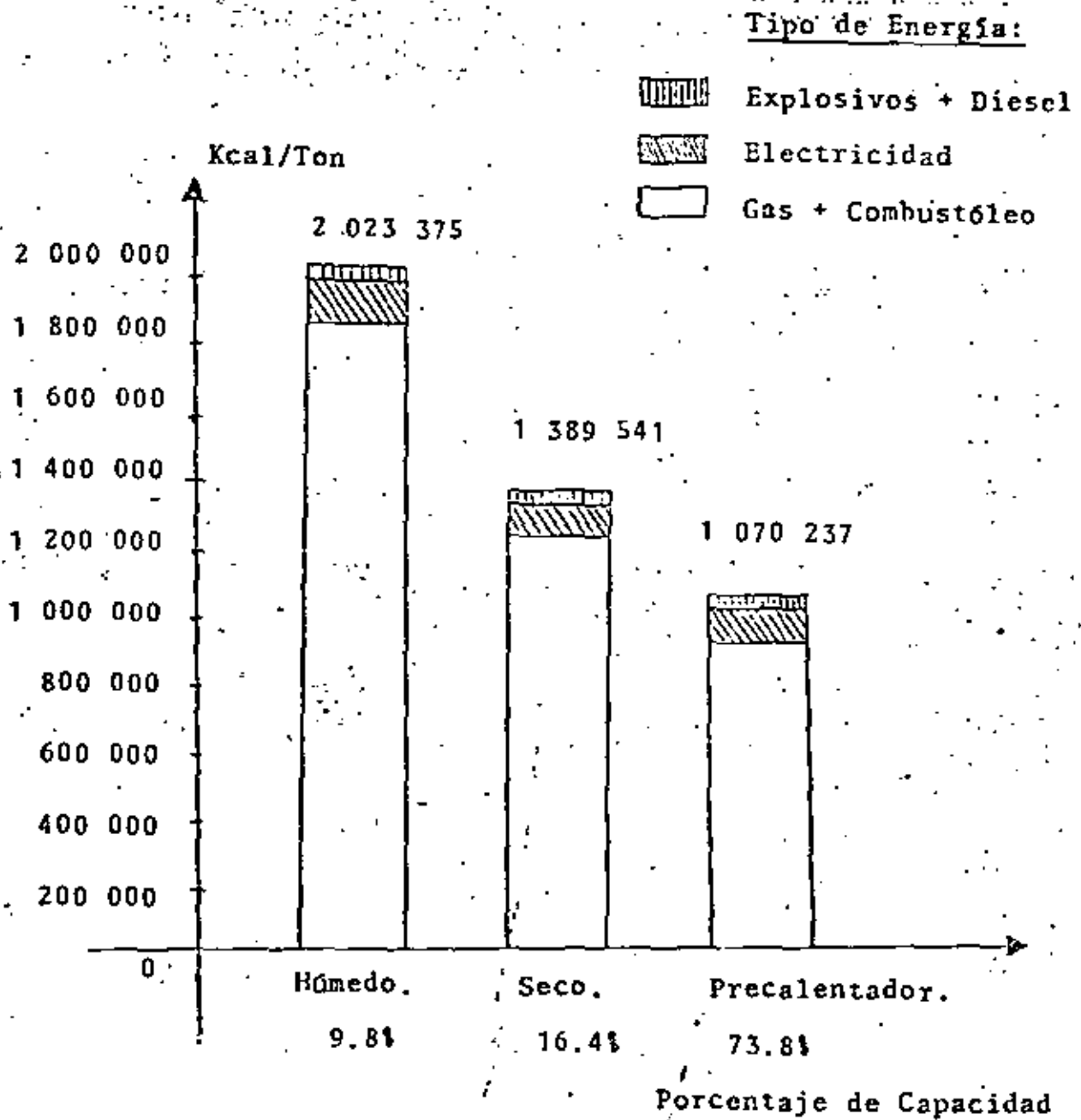


Figura 3 Consumos de Energéticos de Acuerdo al Proceso.

e) PROYECCION DEL CONSUMO DE ENERGIA Y DEL CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA.

de acuerdo a un estudio de la Cámara Nacional del Cemento la proyección de la producción de cemento en México para 1978 a 1990 será como se encuentra en la tabla XXI; por otra parte el Instituto Mexicano del Petróleo publicó la pro-

Tabla XXI Proyección de producción de cemento

1978 - 1990

<u>A ñ o</u>	<u>T o n e l a d a s</u>
1978	13 680 000
1979	15 150 000
1980	16 565 000
1981	18 020 000
1982	19 600 000
1983	21 325 000
1984	23 190 000
1985	25 220 000
1986	27 400 000
1987	29 800 000
1988	32 400 000
1989	35 410 000
1990	38 500 000

yección de demanda de energéticos de la industria del cemento de 1978 a 1990 como se tiene en la tabla XXII.

Tabla XXII Proyección de demanda de energéticos de la
Industria del Cemento 1978-1990 (10^{12} Kcal/año)

Año	Energía Eléctrica	Combustibles	Total
1978	1.531	19.565	21.096
1979	1.689	21.033	22.722
1980	1.863	22.612	24.475
1981	2.055	24.307	26.362
1982	2.268	26.130	28.398
1983	2.502	28.090	30.592
1984	2.760	30.195	32.955
1985	3.046	32.461	35.507
1986	3.356	34.891	38.247
1987	3.696	37.501	41.197
1988	4.076	40.311	44.387
1989	4.486	43.331	47.817
1990	4.946	46.571	51.517

De los resultados anteriores se han calculado los consumos específicos de energía para electricidad y combustibles fósiles, estos cálculos se presentan en la tabla XXIII y en forma gráfica en la figura 4.

Tabla XXIII Proyecciones de consumos específicos en kilocalorías por tonelada de cemento producido (Kcal/Ton).

<u>Año.</u>	<u>Energía Eléctrica</u>	<u>Combustibles</u>	<u>Total</u>
1978	111 915	1 430 190	1 542 105
1979	111 485	1 388 316	1 499 801
1980	112 466	1 365 046	1 477 512
1981	114 039	1 348 890	1 462 929
1982	115 714	1 333 160	1 448 874
1983	117 327	1 317 233	1 434 560
1984	119 016	1 302 069	1 421 085
1985	120 777	1 287 113	1 407 890
1986	122 481	1 273 394	1 395 875
1987	124 026	1 258 422	1 382 448
1988	125 802	1 244 166	1 369 968
1989	126 723	1 224 039	1 350 762
1990	128 467	1 209 636	1 338 103

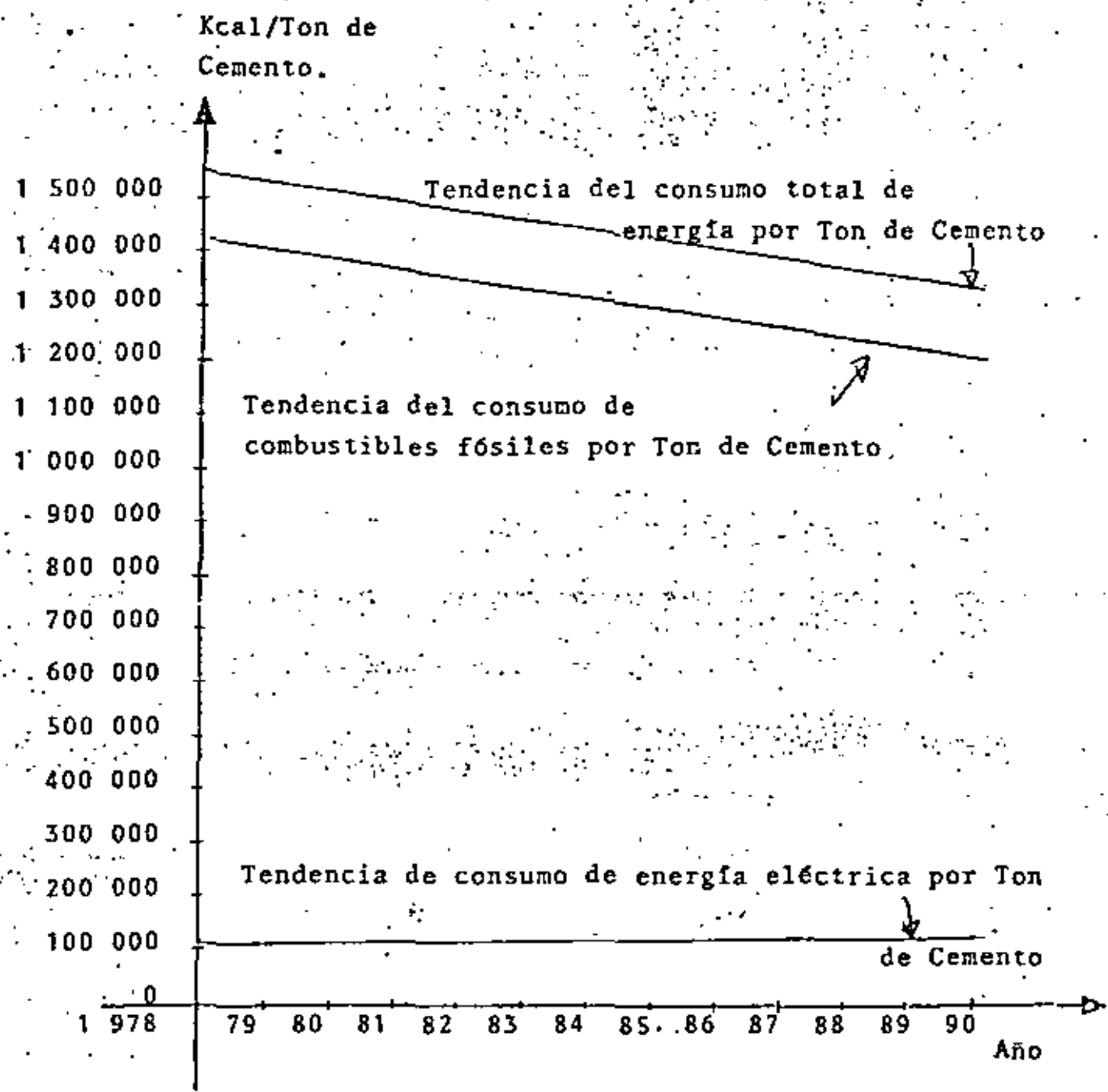


Figura 4. Proyecciones de Consumos Específicos (Kcal/Ton).

Analizando la tabla XXIII se observa que en 12 años se lograra reducir 204 Kcal/Kg lo cual corresponde a un 13.2% del consumo presente;

Esta importante reducción se considera es efecto que nuevas instalaciones en que se aprovechara la economía de escalas, así como un uso casi sistemático del empleo de precalentadores.



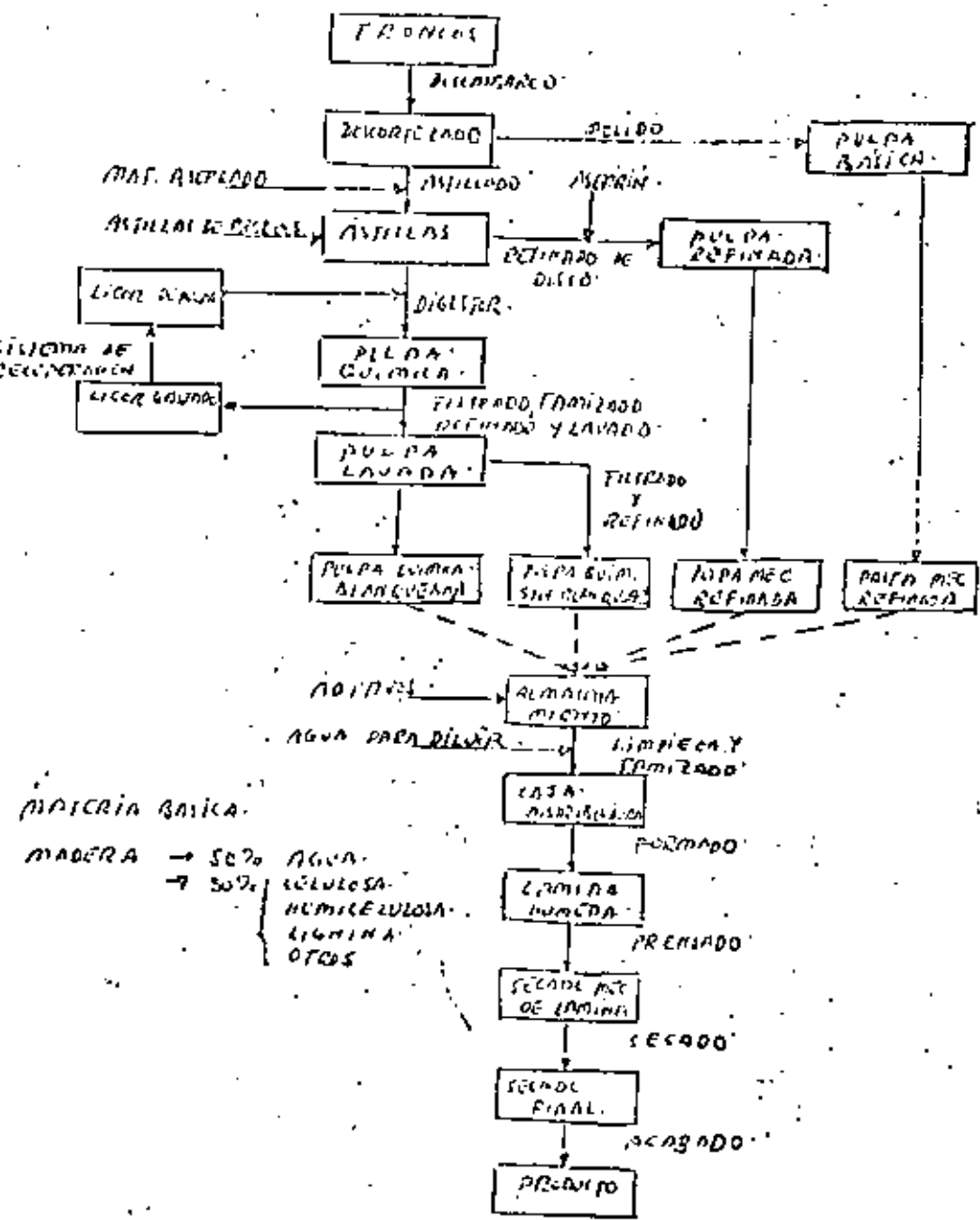
**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

C O M P L E M E N T O

M. EN I. FERNANDO SCHUTZ ESTRADA

NOVIEMBRE, 1981



Características de Mercados Regionales del Cemento para México

Mercado	# de plantas	Capacidad Promedio Cap. Anual (ton)	% del total C.	Kent (kg. 100 PUNTA)
A.P., Est. de Mex., H. de J.	6	930 000	40.0%	(1044)* 1157
Toluca	2	935 000	6.3%	1100
Nvo Leon	3	550 000	11.9%	1300
Explotación	3	610 000	13.2%	970
Otros	14	224 000	28.6%	1284
Total	28	496 000	100.0%	1182

OPERACIONES BASICAS EN LA FABRICACION DEL PAPEL.

Las condiciones previas han desarrollado una industria con las siguientes características:

a) La industria es moderna, al grado de que más del 50% de la producción se realiza con equipos que entraron en operación después de 1910.

b) El que la industria del cemento se haya desarrollado en los últimos años y el tipo de materias primas disponibles en el país han propiciado una gran producción a base de proceso seco con precalentadores de suspensión.

c) La capacidad promedio (por planta) del país es comparable a la observada en diversos países europeos, aunque difiere con industrias como la de Japón.

d) La estructura del Mercado, ha propiciado ~~plantas~~ ~~plantas~~ plantas promedio altas, alrededor de los mercados de alto consumo (más de 900,000 toneladas) y capacidades promedio pequeñas en los mercados de bajo consumo (menos de 300,000 toneladas).

CONCLUSIONES:

Desde el punto de vista de desarrollo económico y estructura de mercado se puede decir que:

a) El desarrollo económico del país, ha permitido que durante los últimos 25 años la producción de cemento crezca con una tasa media anual de 9%.

b) Dado el consumo actual per capita observado en el país, y el crecimiento seguido en otros países, se puede suponer que el crecimiento de la producción del cemento mantendrá un ritmo histórico por lo menos otros 15 u 20 años más.

c) La Ciudad de México, junto con el Estado de México han representado el principal consumidor del cemento, continuando en importancia las ciudades de Guadalajara, Monterrey y la Exportación.

d) 14 de las 28 plantas que actualmente están en operación abastecen los cuatro mercados antes mencionados, mientras que las 14 plantas restantes abastecen el resto de la República.

Por otra parte las características mencionadas de la industria se han reflejado sobre la condición energética en la forma siguiente:

a) El desarrollo histórico ha propiciado que la industria actual sea 25% más eficiente en consumo de energía que lo que era en 1960.

b) El consumo específico actual de hidrocarburos es cercano a los 1150 Kcal/Kg. lo cual hace que la industria se encuentre un 15% del consumo observado en países con industria eficiente como Japón y Alemania Federal.

c) Las 11 plantas que abastecen a los principales centros, tienen un consumo específico de aproximadamente 1075 Kcal/Kg., mientras que las 14 restantes tienen un consumo específico de 1284 Kcal/Kg.

d) El transporte a Granal no ha sido aprovechado.

A futuro se presentan los siguientes puntos relacionados con el aspecto energético:

a) La industria del cemento basada en un crecimiento promedio de menor al 2% anual y empleando tecnologías modernas continuara reduciendo sus consumos promedio con una tasa de 1.0% a 1.5% hasta llegar a los 1000 Kcal/Kg.

b) Una mayor elaboración de cementos con materias agregadas (en particular puzolanas y escorias de alto horno), permitirán mejorar los consumos específicos de energía.

c) El consumo específico de energía eléctrica que actualmente es de 115 Kcal/Kg se incrementará a 130 ó 135 Kcal/Kg para el año de 1990.

d) La entrada en operación de plantas con precalcinadores permitirán emplear energéticos de bajo poder calorífico como son: coque de petróleo y basura.

e) La localización de nuevas plantas cercanas a las costas, permitirá ampliar los mercados.

*Compartir a
B/W/10/10/10*

1-2 PERDIDAS PRINCIPALES DE ENERGIA EN EL
PIROPROCESAMIENTO

En esta sección se examinan las pérdidas principales de energía en forma de calor que se presentan en el piroprocesamiento; la valorización exacta de estos datos para la industria del cemento en México, quedan fuera de la información obtenida en la encuesta. Se considera que el llegar a determinar estos datos implica una serie de mediciones en cada planta.

Las pérdidas principales consideradas son las siguientes:

- A). Pérdidas de calor en gases de salida.
- B). Pérdidas de calor por radiación y convección.
- C). Pérdidas por evaporación de agua.
- D). Pérdidas en polvos.
- E). Pérdidas en calor no recuperable del Clinker.

Una explicación breve y forma de reducir estas pérdidas se presenta a continuación.

A). Pérdidas de calor en gases de salida.

Esta es la pérdida principal que se presenta en los hornos, siendo de unas: 220 Kcal/Kg en el proceso húmedo, 370 Kcal/Kg en el proceso seco, y 180 Kcal/Kg en el caso del precalentador.

Para contrarrestar ésta pérdida, se recomienda, para aquellos hornos sin precalentador, el uso de cadenas o cruces llegando incluso a tener un sistema denso de cadenas. Otra forma de aprovechar estos gases en procesos secos es emplearlos en el secado de las materias primas.

B). Pérdida de calor por radiación y convección.

Esta pérdida es de unos 50 Kcal/Kg en procesos húmedos. En procesos secos sin precalentadores, es de unas 80 Kcal/Kg. Como se observa, las pérdidas en un horno húmedo son menores que en los hornos secos, no obstante la mayor longitud de un horno húmedo con respecto a un seco para una producción dada. Esta característica de menor pérdida es debido a que en general, las temperaturas a lo largo del horno húmedo son menores, excepto en la zona de cocción.

En general, se recomienda para estas pérdidas una selección de refractarios de buena vida y baja conductividad térmica, así como un adecuado mantenimiento.

C). Pérdidas por evaporación de agua.

Esta pérdida es fundamental en el proceso húmedo, pudiendo ser las necesidades totales de calor de 1.640 Kcal/Kg si es que se tiene un 40% de humedad en la mezcla; se considera que una práctica adecuada en tratar esta humedad, pueda redituar beneficios hasta de 150 Kcal/Kg.

Para los procesos secos, con o sin precalentador, esta pérdida es inferior a 10 Kcal/Kg.

D). Pérdidas en polvos.

En el proceso húmedo, ésta pérdida puede ser de unas 35 Kcal/Kg, y en el caso en que se realimenten los polvos, la pérdida se puede reducir a unas 10 Kcal/Kg.

Para procesos secos de horno largo, la pérdida puede llegar a 50 Kcal/Kg si no se tiene cuidado de ella. Sin embargo, con el uso de cadenas y la realimentación de los polvos, se puede reducir a unas 20 Kcal/Kg. En hornos con precalentadores éstas pérdidas andan en 15 Kcal/Kg y se reducen mediante la práctica de realimentar los polvos, salvo aquellos

que contienen exceso de álcalis, para lo cual, no emplean derivadores.

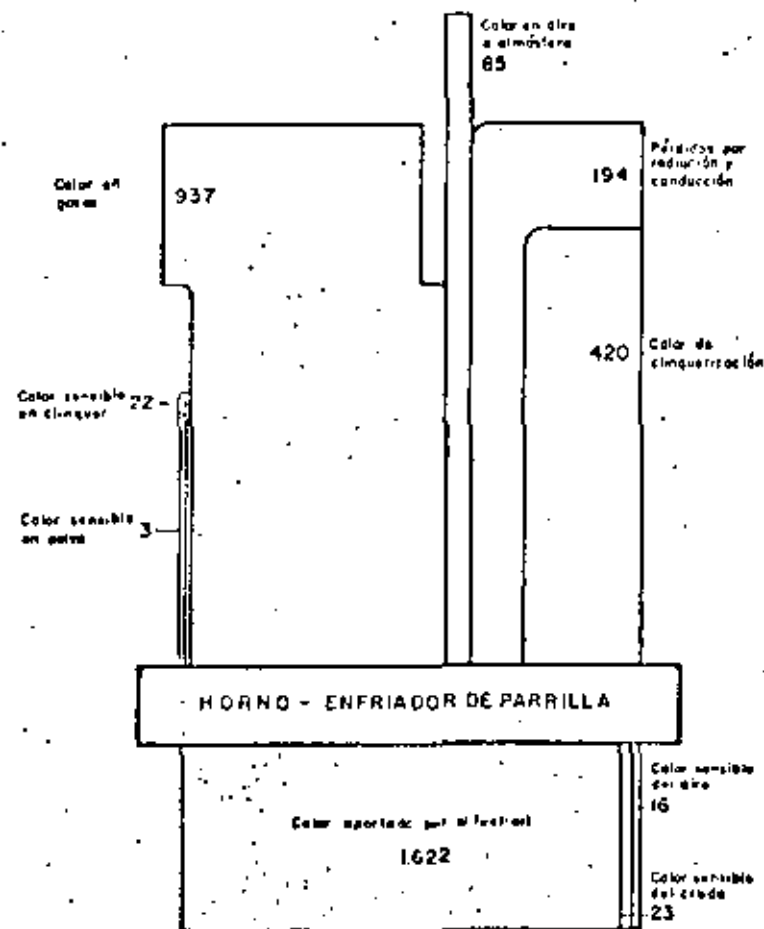
E). Pérdidas de recuperación del calor del Clinker.

Esta pérdida es baja comparada con las anteriores, y en general, va de 10 a 25 Kcal/Kg para todos los procesos. En general, el calor que se puede recuperar en estos casos, solo se puede usar en secado y eso bajo circunstancias favorables.

FIGURA 18. Hornos vía húmeda con enfriador de parrilla.

BALANCE DE CALOR

Base: 3 hornos de capacidad nominal 400, 340, 650, 400 y 358 t clínquer/a.

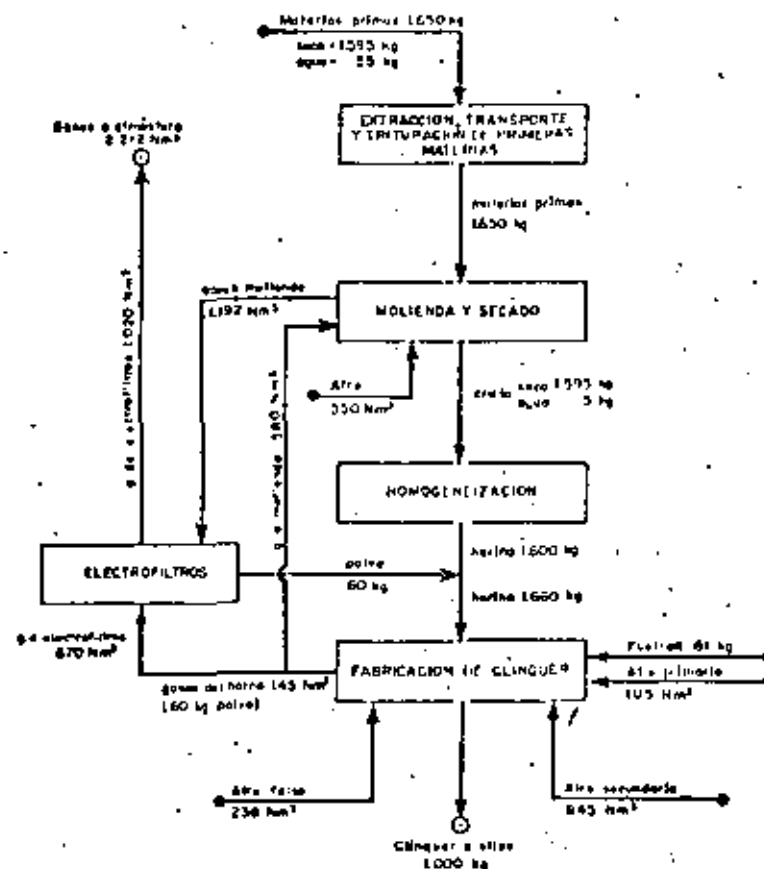


Valores en kcal/kg clínquer

FIGURA 13. Hornos vía seca precalentador 4 etapas. Enfriador de estibillo.

BALANCE DE MATERIA

Base: 7 hornos de capacidad nominal superior a 2 000 t clínquer/a.



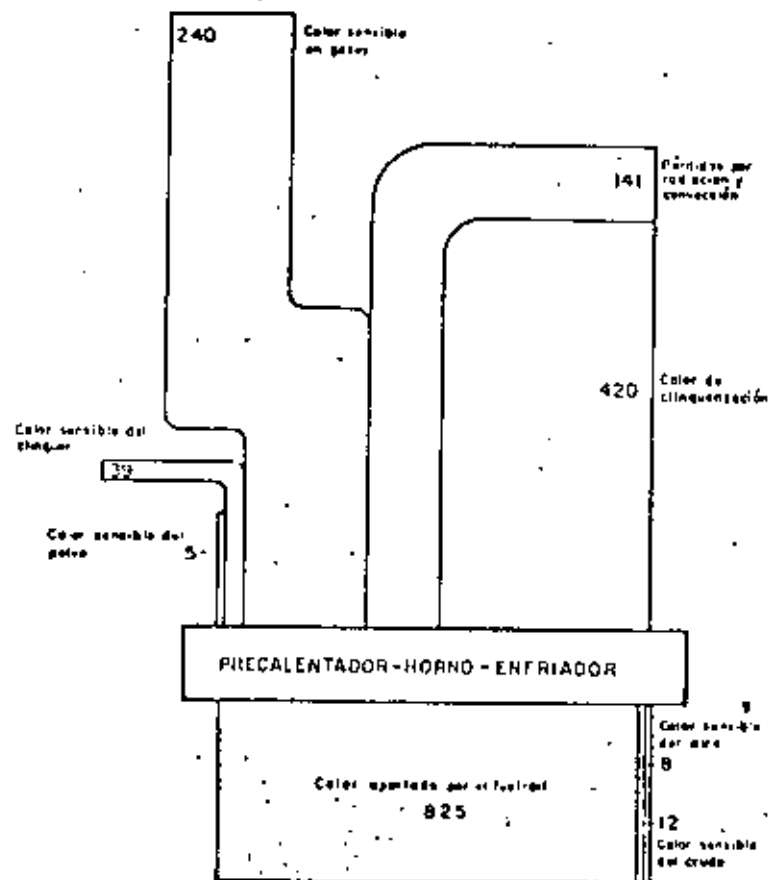
NOTA: El polvo recogido en electrofiltros en otras instalaciones se reincorpora al proceso en un punto distinto al representado en esta gráfica.

7.3 BALANCE DE CALOR DE LOS HORNOS

Figura 19 Hornos vía seca. Precaentador 4 etapas enfriador de satélite.

BALANCE DE CALOR

Base: 7 hornos con capacidad nominal superior a 2000 t clínquer/año



Valores en kcal/kg clínquer



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**ASPECTOS AMBIENTALES DE LA EXPLOTACION DE
RECURSOS ENERGETICOS**

ING. JORGE A. LIZARRAGA ROCHA

NOVIEMBRE, 1981

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE.

Por: Jorge A. Lizárraga Rocha
Coordinación de Ingeniería Ambiental
Instituto de Ingeniería, UNAM.

R E S U M E N

Se hace una presentación de los principales problemas que la generación y utilización de recursos energéticos pueden causar al medio ambiente, destacando aquellos que por su probabilidad de ocurrencia y magnitud son los más importantes. Al mismo tiempo se plantean las medidas de prevención y control aplicables para mitigar o evitar los posibles impactos ambientales.

Se analizan los siguientes recursos energéticos;

- Petróleo
- Carbón
- Energía hidráulica
- Energía nuclear
- Energía geotérmica
- Energía eólica
- Energía solar

Además, se hace una presentación general de la relación entre

generación y utilización de recursos energéticos y medio ambiente en la América Latina y El Caribe.

PETROLEO

La historia del petróleo como energético es relativamente corta; al aparecer en escena, como energético, después de la revolución industrial, hizo necesaria la introducción de métodos avanzados de exploración, producción y mercado.

La producción petrolera del mundo procede de relativamente pocas áreas, principalmente en los Países Árabes, Norte y Centroamérica y de la Unión Soviética. Además, los Países Árabes, últimos productores, sólo consumen una mínima parte de lo que producen, y sus grandes excedentes de petróleo, junto con la completa ausencia de éste en muchas de las naciones industrializadas del mundo, generan un vasto comercio internacional del petróleo y sus derivados.

Con la crisis de los energéticos de los años 1973 y 1974, se usó aún más de manifiesto la gran importancia del petróleo

para las actividades humanas, y el gran poder que representa el poseerlo y la gran debilidad que produce el no poseerlo y tenerlo que importar.

El petróleo es actualmente el principal energético del mundo, llegando a representar el 50% de las fuentes de energía en muchos países.

1.1 EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DEL PETROLEO.

El petróleo se encuentra atrapado en los pequeños espacios o poros entre los granos de las rocas, como agua en una esponja; con el tiempo, el agua y el petróleo rellenan los espacios vacíos de las rocas hasta saturarlos. La roca porosa es "coronada" por una capa impermeable de roca, si esta capa rocosa toma la forma de domo, entonces los fluidos, especialmente el agua y en muchos casos el petróleo, se acumulan debajo de ella. El petróleo se separa gradualmente del agua y se reacomoda en la parte superior de la estructura acumulándose en la roca porosa, debajo de la capa rocosa impermeable, y sobre la capa de agua de la roca porosa. Esto es lo que se conoce como campo petrolífero. El gas natural también se encuentra en este campo ya sea disuelto en el petróleo o como una capa de gas sobre el depósito de petróleo, este gas se conoce como gas asociado.

En un pozo petrolero nuevo, generalmente se tiene suficiente presión del gas natural para forzar el flujo del petróleo hacia la superficie; aun cuando este no sea el caso, el agua asociada con el depósito de petróleo se encuentra bajo presión

y forzará su salida hacia la superficie. Conforme se continúa la producción, la presión se verá reducida y la mayor parte del petróleo, en algunos casos hasta el 80% se quedará adentro del depósito lo que hace necesario el uso de otros métodos para extraerlo. Entre los métodos más comunes se encuentran la inyección de agua o gas por medio de pozos de inyección, y el uso de sistemas mecánicos de bombeo.

Al salir a la superficie, el petróleo crudo es separado del gas y del agua antes de ser enviado a la refinería. El gas es procesado por enfriamiento bajo presión para remover condensables y para separar los gases que pueden presentar licuefacción por presión (propano y butano) de aquellos que requieren refrigeración (metano y etano).

Los medios más utilizados para el transporte de petróleo son los buques-tanque; en la actualidad se cuenta con un número apreciable de buques-tanque con capacidad de 200,000 toneladas de peso muerto y con algunos de más de 300,000 tons. El transporte con buque-tanque se enfrenta a varias limitaciones, entre las cuales se incluyen su maniobrabilidad, diseño ingenieril, condiciones geográficas de los lugares de donde salen y adonde llegan y riesgos de accidentes, entre otros.

La conducción de petróleo en forma líquida por tubería es relativamente sencilla; los problemas de este tipo de conducción incluyen su total inflexibilidad para ser cambiadas a nuevas fuentes de abastecimiento o a nuevos consumidores, la

gran inversión de capital que requieren para su construcción y mantenimiento, y otros.

Una vez en la refinería el petróleo es procesado para poder ser utilizado en las diferentes actividades industriales y domésticas. La destilación de petróleo crudo produce gran diversidad de productos refinados que se clasifican como sigue:

1. Petróleo de primera destilación, con punto de ebullición de 200°C (4-12 átomos de carbono en total)
2. Petróleo de segunda destilación, con punto de ebullición entre 185 y 345°C (12-20 átomos de carbono de contenido). Ejemplos de estos productos son: querosena, aceites para calefacción, gas-avión, aceites para motor diesel y otros.
3. Gasoil, obtenido con temperaturas de ebullición entre 345 y 540°C (29 a 36 átomos de carbono) y que permite producir ceras, aceites lubricantes y gasolina por pirólisis catalítica.
4. Aceites residuales.

La composición exacta de un producto refinado específico, depende de la naturaleza del petróleo bruto del que se ha obtenido y de las modalidades del proceso de destilación.

Los derivados del petróleo son utilizados en actividades en las cuales no necesariamente se usan como combustibles, tal es el caso de las materias primas para la industria petroquímica; las principales fuentes de abastecimiento son la nafta y los gases olefínicos, principalmente etileno.

1.2 ASPECTOS AMBIENTALES DE LA EXTRACCIÓN, PROCESAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE PETRÓLEO.

Una de las primeras actividades que se lleva a cabo después

de descubrir un manto petrolífero es el desmonte y desyerbe de la zona donde se pretende trabajar. Muchas veces estas actividades tienen que ser realizadas en áreas extensas, ocasionando la migración, y a veces la desaparición de especies que dependen del estrato arbustivo para su supervivencia. Al mismo tiempo, la construcción de caminos de acceso hacia los mantos recién descubiertos requiere de desmonte y desyerbe de corredores de tráfico.

Durante las actividades de perforación de los pozos productores y auxiliares, se pueden presentar disturbios y/o contaminación de los acuíferos y cuerpos de agua cercanos a las zonas perforadas.

Los principales yacimientos de petróleo y gas en México, en la zona sureste del país, se encuentran en regiones de alta productividad de flora y fauna; lo cual las hace muy frágiles a los cambios en sus ecosistemas introducidos por las actividades de preparación y explotación.

Durante la extracción del petróleo y gas natural, se tienen emisiones de contaminantes a la atmósfera, entre ellos se cuentan los hidrocarburos y compuestos azufrosos principalmente.

En las actividades de extracción en el mar, los problemas ambientales causados afectan directamente al ecosistema marino, presentándose la migración y desaparición de especies comerciales en las zonas cercanas a los pozos en explotación;

además, en caso de accidentes el control de los desechos vertidos al mar son muy difíciles de controlar. Por otro lado, cabe mencionar que la extracción del petróleo en campos localizados en el mar, ha tenido un impacto ambiental relativamente pequeño a nivel global, se ha aceptado que estas actividades contribuyen cuando más con un 2% de la contaminación del mar por hidrocarburos.

A nivel local, los problemas y sus consecuencias son mayores y más drásticos. En México se tuvo la experiencia del pozo Ixtoc I, el cual estuvo ardiendo y derramando petróleo durante el periodo del 3 de junio de 1979 al 9 de marzo de 1980, derramándose un total de más de 800 000 barriles. A pesar de la gran magnitud del accidente, los estudios realizados hasta el momento señalan que desde el punto de vista biológico, no fue dañada grandemente la vida marina de la zona ya que las especies marinas, que tiene una gran capacidad sensitiva para percibir cambios en el medio acuático, huyeron de la zona de influencia del Ixtoc I; además, algunos crustáceos fueron contaminados pero no en grados ni niveles peligrosos. Sin embargo, además de las pérdidas económicas producidas por dicho accidente, es necesario hacer una evaluación completa de los impactos ambientales producidos por él.

Durante el transporte del petróleo desde los yacimientos hacia las refinerías y centros de consumo, los problemas ambientales que se presentan pueden ser muy variados, dependiendo del

tipo de transporte utilizado. En la actualidad los medios más utilizados son los buques-tanque y la conducción por tubería. Durante las operaciones normales de los buques-tanque se vierten cantidades variables de desechos al mar que afectan directamente a los micro y macroorganismos expuesto a ellos. Los accidentes en que se han visto involucrados buques-tanque transportando petróleo crudo, han provocado problemas de contaminación marina que hasta la fecha no han podido ser cuantificados en su verdadera magnitud e importancia.

La conducción por tubería presenta el problema de que al tenderse las líneas de tubos se altera grandemente el hábitat por donde estas pasan, modificando los hábitos de migración y procreación de diversas especies, pudiendo ocasionar su eventual desaparición. En caso de rupturas en las tuberías y de fugas, las emisiones pueden causar graves problemas a los ecosistemas expuestos a ellas.

En los procesos de refinación del petróleo se emiten los siguientes contaminantes al aire:

- Monóxido de carbono, CO
- Oxidos de azufre, SO₂
- Oxidos de nitrógeno, NO_x
- Hidrocarburos, HC
- Aromáticos
- Partículas
- Acido sulfhídrico, H₂S

Una vez en la atmósfera, algunos de estos contaminantes se

van involucrados en una serie de reacciones fotoquímicas que resultan en la formación de smog fotoquímico y otros contaminantes secundarios perjudiciales al ambiente.

Entre los contaminantes que se descargan en los desechos líquidos de las refinerías están:

- Hidrocarburos, HC
- Coque
- Ácidos orgánicos
- Sales inorgánicas
- Ácido sulfhídrico, H₂S
- Grasas y aceites
- Fenoles
- Sólidos suspendidos
- Sulfuros
- Solventes
- Otros compuestos que provoquen niveles altos de DQO

Además, el suelo se puede ver afectado por los derrames de petróleo, y el ambiente sensorial por ruidos y olores provenientes de las actividades de refinación de petróleo crudo:

El transporte del petróleo crudo y derivados refinados del petróleo pueda traducirse en la emisión de hidrocarburos al aire y cuerpos de agua, así como de refinados si se llegan a presentar accidentes durante estas actividades.

Al utilizarse los derivados del petróleo como combustible, se emiten principalmente diversas cantidades de los siguientes contaminantes al aire:

- Monóxido de carbono, CO
- Óxidos de nitrógeno, NOx

- Óxidos de azufre, SO₂
- Hidrocarburos

Las cantidades emitidas dependen de las condiciones de operación y mantenimiento de las calderas y de los equipos quemadores utilizados.

1.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES

Durante la etapa de explotación, se pueden utilizar baterías de compresoras para recuperar el gas de las baterías de separación, y con ello eliminar quemadores de campo en áreas de producción.

La contaminación por aceite derivada de las actividades de explotación se puede controlar confinando los aceites en represas especiales que permitan su recuperación posterior.

En la explotación marina, cuando se produce la contaminación por derrames, accidentes en pozos, baterías de separación o de olzoductos, que no pueden preverse y por tanto no permiten la instalación de ningún equipo de control, se combaten con equipo especial como lanchas recolectoras, bombas flotantes y materiales absorbentes.

Para controlar las emisiones de óxidos de azufre en los procesos de refinación, se pueden instalar paralelas a las refinerías, previos estudios de factibilidad y económicos, plantas desulfuradoras para reducir el contenido de azufre de las gasolinas, querosenas y diesel, y recuperarlo como producto comercial. En México ya se tiene este tipo de control en las

refinerías de Salamanca, Madero, Minatitlán y Tula.

Para el control de los residuos líquidos emitidos en los procesos de refinación se consideran adecuados los tratamientos fisicoquímicos, conocidos también como terciarios.

La emisión de contaminantes al aire durante la combustión de los derivados del petróleo se puede controlar con una operación y mantenimiento adecuados de los equipos de combustión, y en caso necesario con la instalación de equipos lavadores de gases.

2. CARBÓN.

El uso del carbón como energético industrial se inició en la Gran Bretaña en los siglos XVII y XVIII con la industria del hierro. La sociedad carbón-hierro fue un importante estímulo para la Revolución Industrial, y la maquinaria de hierro propulsada por el motor de vapor que usaba carbón como combustible se volvió la base de una nueva era.

Durante el siglo XIX, el carbón fue la fuente energética más importante para procesos industriales en Gran Bretaña, y con forma Estados Unidos y Europa Occidental se fueron industrializando, la producción de carbón tomó gran importancia en estos países.

Durante el siglo XX el carbón se ha visto fuertemente competido por el petróleo como el combustible principal, particularmente en los Estados Unidos de América.

Se han observado las siguientes tendencias en el uso del carbón:

1. La generación de electricidad ha sido la actividad más importante del uso del carbón a pesar de la competencia del petróleo.
2. El uso del carbón como combustible ha declinado, esto se debe a la demanda de combustibles "convenientes", siendo los sólidos los menos convenientes.
3. La gasificación del carbón alcanzó un máximo a mediados de los años 50 y desde entonces ha presentado una declinación continua. Esto se debió al uso más generalizado cada vez del gas natural y del petróleo.
4. La industria que utiliza las mayores cantidades de carbón es la industria del acero, que lo utiliza en forma de coque.
5. Los ferrocarriles han dejado de utilizar el carbón como combustible con la introducción del motor de diésel.
6. El mercado doméstico del carbón se ha perdido con la proliferación de estufas de gas, petróleo y eléctricas.
7. En los Estados Unidos y en la Gran Bretaña se está impulsando el uso del carbón debido a la crisis petrolera que sufren esos países, y a las grandes reservas con que cuentan.

2.1 ASPECTOS AMBIENTALES DE LA EXTRACCIÓN Y USO DEL CARBÓN

La práctica aceptada de extracción de minerales ha sido, y sigue siendo en algún grado, el extraerlos en la forma más barata posible de los depósitos accesibles sin importar los costos ambientales resultantes: corrientes de agua sedimentadas y contaminadas, tierras convertidas en improductivas después de la extracción, y la generación de grandes cantidades de desechos sólidos.

La minería superficial consiste simplemente en remover la

cubierta que tienen los depósitos minerales y recuperación del mineral en cuestión.

El método de extracción del carbón más utilizado en la actualidad es por medio de la minería a cielo abierto, para la cual existen cuatro pasos básicos.

1. Preparación del sitio. Tala de árboles, desmontado y limpieza del área; construcción de caminos de acceso y estructuras necesarias, incluyendo áreas para la disposición de desechos sólidos.
2. Remoción y disposición de la capa que cubre las vetas.
3. Excavación y cargado de material.
4. Transporte del mineral a las plantas procesadoras o directamente al mercado.

Además de los efectos nocivos de la minería superficial, la zona adyacente a estas actividades se ve deteriorada por las grandes cantidades de desechos sólidos que se generan en este tipo de operación.

En una investigación realizada por la Oficina de Minas de los Estados Unidos de América, se estimó que aproximadamente 52700 km² habían sido afectados por la extracción superficial de carbón hasta 1965, esta superficie es casi equivalente en área a la del Estado de Campeche. Aun cuando se han regenerado una parte de las tierras afectadas, por medios naturales o por el hombre, en los Estados Unidos aún quedan aproximadamente 33000 km² afectados por la extracción del carbón, por regenerar, aproximadamente el área del Estado de Puebla.

Los impactos causados por la extracción del carbón son significativos para la geología y topografía de la zona ya que el objetivo principal es la extracción del mineral, siendo estos impactos inevitables. Los impactos en la calidad del suelo son también de magnitud considerable pues al abandonar los socavones, se da origen a zonas no aptas para el crecimiento de vegetación en ellas.

Las probabilidades de contaminación de los recursos hidráulicos al explotar yacimientos de carbón se consideran como bajas. Similarmente, la contaminación del aire durante dichas actividades es mínima y casi exclusivamente en forma de partículas en las zonas de trabajo.

El impacto causado a la vegetación es inevitable debido a las labores de preparación y extracción; además, estos impactos afectan directamente a la población faunística que depende del estrato arbustivo para su supervivencia. Otro impacto sobre la fauna es el ruido causado por las máquinas y por las detonaciones, agravando la migración de especies.

En los procesos de pulverización y molido del carbón se tienen emisiones de partículas, las cuales pueden ser transportadas por el aire a zonas cercanas a las plantas procesadoras y depositadas en el suelo, corrientes de agua, vegetación y materiales. Se ha especulado bastante sobre el hecho de que estas partículas contienen productos cancerígenos para el ser humano.

Al participar el carbón en procesos de combustión, como los de las plantas termoeléctricas, en la siderurgia, o en la combustión directa en sus usos domésticos, se producen materiales contaminantes que contienen monóxido de carbono, azufre en sus diversas formas, partículas y otros productos nocivos a la salud y bienestar humanos.

2.2 MEDIDAS DE MITIGACION.

Durante la etapa de extracción, los impactos se pueden mitigar confinando las áreas de extracción mientras estas estén siendo explotadas, y rellenando, reforestando y/o creando áreas verdes en ellas una vez que los yacimientos sean agotados y abandonados.

Las prácticas adecuadas en los procesos de pulverización y molido de carbón son las mejores medidas de mitigación para los impactos generados por estas actividades. Además, se puede ayudar al control de partículas fugitivas manteniendo húmedas las pilas de carbón.

Las medidas de control para procesos de combustión en que se utilice carbón como combustible incluyen, entre otras, la operación y mantenimiento adecuados de los equipos quemadores, el lavado de los gases transportadores de contaminantes, y el atrapado de partículas (cenizas) en precipitadores electrostáticos con eficiencias altas; además, se deben diseñar sistemas de disposición final, que en ocasiones pueden presentar problemas serios para su manejo.

3. ENERGIA HIDROELECTRICA.

La tecnología para la generación de energía hidroeléctrica es bastante estándar; básicamente consiste en detener el flujo del agua en una presa y desviarle hacia un aparato mecánico para convertir la energía cinética del agua en energía rotacional, que entonces puede ser convertida en energía eléctrica por un generador. La elección del aparato mecánico en particular depende de la altura a que el agua va a caer.

La eficiencia de generación de electricidad en una planta hidroeléctrica es muy alta, en el orden de 80 a 90%, comparada con plantas termoeléctricas que operan con eficiencias de alrededor de 40%.

La materia prima (agua) es casi gratis y puede ser utilizada para otros usos después de que ha pasado por la planta hidroeléctrica; sin embargo, las instalaciones hidroeléctricas

requieren de inversiones altas, pero sus costos de operación son relativamente bajos.

3.1 ASPECTOS AMBIENTALES.

Aun cuando la producción de energía hidroeléctrica es esencialmente limpia y no contaminante, puede presentar varios efectos nocivos al ambiente. El primero es puramente estético, por su naturaleza las instalaciones hidroeléctricas están ubicadas en regiones montañosas, y por lo tanto escénicas, que se ven afectadas por la presencia de las estructuras necesarias para la generación de electricidad. Otro efecto es el de que las presas presentan grandes pérdidas por evaporación debido a la formación de un área constantemente expuesta a los rayos solares, este efecto, asociado con cambios químicos en el agua aceleran la sedimentación en ellas. El depósito de sedimentos acorta la vida útil de las presas, lo cual hace que la energía hidráulica obtenida no pueda ser considerada un recurso infinito.

Al bloquear las presas el flujo de sedimentos, también están bloqueando el flujo de nutrientes en las corrientes de agua, el ejemplo clásico es la Presa Aswan en Egipto, que acumula el agua del Nilo en el lago Nasser; los nutrientes que antes eran depositados a lo largo del Nilo durante las inundaciones de verano, actualmente son depositados en el lago Nasser, y los granjeros del Nilo se han visto forzados a utilizar fertilizantes químicos por primera vez, con los riesgos que

estos traen para la ecología del lugar.

Algunos de los efectos negativos asociados con los grandes proyectos hidroeléctricos incluyen:

1. Degradación del ecosistema en general.
2. Erosión
3. Usos del suelo.
4. Desplazamiento de la población.
5. Incremento en la incidencia de enfermedades tropicales.
6. Desequilibrio de otras actividades productivas de la región.
7. Pérdida de agua por evaporación.
8. Inundación de zonas boscosas, entorpeciendo la pesca y navegación, eutrofización de aguas.
9. Pérdida de nutrientes.

4. ENERGIA NUCLEAR

El principal factor que hace tan importante el uso de la energía nuclear como fuente energética es que representa una fuente de radioactividad con un potencial de destrucción muy alto, lo que ha provocado que muchos países se opongan al desarrollo y crecimiento de la industria nuclear. Dicha oposición se ha centrado en varios aspectos incluyendo entre otros la seguridad de los reactores, la posible utilización de materiales con fines bélicos, y la disposición final de los desechos radioactivos.

Las plantas nucleares son similares a las plantas que utilizan energéticos fósiles en que ambos sistemas generan vapor para mover turbinas conectadas a generadores que producen electricidad, la única diferencia es que éstas usan energéticos nucleares.

4.1 SEGURIDAD

Existen tres aspectos de la seguridad de plantas nucleares que deben ser considerados: el aislamiento físico del área para protegerse de los efectos nocivos de la radiación durante operaciones normales, o después de una falla o accidente en el reactor; disposición de los desechos radioactivos; y, en caso de falla, que se tomen las medidas preventivas apropiadas inmediatas, y automáticamente si es posible, para asegurar la reparación de la falla o que el reactor sea desconectado.

4.2 ASPECTOS AMBIENTALES

La generación de energía eléctrica por medio de reactores nucleares presenta, además de complicados problemas técnicos, problemas socioeconómicos y ambientales muy complejos.

La ubicación de una planta nuclear puede traer como consecuencia la despoblación del área por el temor a accidentes y, en menor escala, por los riesgos que tiene la operación de este tipo de instalaciones.

En el año de 1978 ya se presentó el primer conato de accidente nuclear en la Planta Nuclear de la Isla de las Tres Millas en Pensilvania, Estados Unidos. Este accidente puso de manifiesto que la operación de los reactores nucleares no es tan segura como se había predicado.

Otra consecuencia de la ubicación de una planta nuclear es la limitación en los usos del suelo cercanos a ella.

Entre los problemas de contaminación proveniente de una planta nuclear se cuentan las de agua y aire que pueden tener consecuencias muy graves para la ecología del lugar, sin embargo, el peor problema ambiental detectado hasta el momento es la disposición final de los desechos radioactivos que se generan en este tipo de operaciones.

4.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Hasta ahora no se ha establecido un método adecuado para la disposición final de los desechos radioactivos, para este fin se utilizan métodos tales como enterrar los desechos en recipientes a prueba de fugas, colocados en verdaderas fortalezas de concreto; se han lanzado desechos radioactivos al mar, en recipientes supuestamente a prueba de fugas y con resistencias prolongadas; sin embargo, ninguno de estos métodos ofrece una solución permanente a la disposición de los desechos radioactivos generados en actividades relacionadas con el uso de la energía nuclear.

5. ENERGIA GEOTERMICA

La energía geotérmica es una de las manifestaciones naturales de la energía más antiguas que se conocen, y se observa en el brote de aguas termales, geisers, lodos calientes, volcanes activos, etc. Es el calor natural de la tierra.

La energía geotérmica se encuentra dispersa como energía interna de la materia del subsuelo, por lo que debido a su dispersión no ha podido ser explotada económicamente, excepto en algunos lugares en los cuales se halla concentrada y a poca profundidad, almacenada en la roca, el agua y el vapor del subsuelo. Estos lugares son conocidos como campos geotérmicos y en ellos los gradientes de temperatura son muy grandes, se han encontrado gradientes de temperatura de $2.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ e incluso temperaturas de 100°C a 10 m de profundidad, comparados con los gradientes normales que son de aproximadamente $1^{\circ}\text{C}/30\text{ m}$.

Los campos geotérmicos se encuentran generalmente en zonas volcánicas, fallas tectónicas y en las márgenes de las placas continentales, y son más fácilmente aprovechables en estos lugares dada su cercanía con la superficie terrestre.

El hecho de que existan tales campos hace factible la extracción y explotación de la energía geotérmica, la cual se efectúa por convección natural del vapor o agua en aquellos campos constituidos por una mezcla de agua-vapor, y por inyección de agua en los campos geotérmicos de roca caliente, agua que absorbe el calor de las rocas y lo lleva a la superficie.

El problema principal para el aprovechamiento de la energía geotérmica no es su extracción, puesto que en la mayoría de los casos aflora a la superficie en forma natural en los volcanes, geisers, fumarolas, etc., sino su control y transporte.

Existen fundamentalmente dos clases de campos geotérmicos: aquellos en los que se extrae vapor y agua, ya sea separados o mezclados; directamente del subsuelo; y aquellos en los que la energía se almacena en las rocas y es necesario utilizar algún agente que sustraiga la energía del subsuelo y la lleve a la superficie, como puede ser el agua. Dentro de la primera clase se pueden encontrar dos tipos: el de vapor dominante y el de agua supercaliente. En el caso de ser de vapor dominante, se alimenta a la planta directamente con el vapor sustraído del pozo geotérmico, haciéndose pasar a una turbina que se encuentra interconectada con un generador eléctrico, el

vapor residual y el agua de condensado se desechan o se aprovechan en una planta química para la extracción de sales.

En el tipo de agua supercaliente, que es el más común, se utiliza un método de explotación similar al anterior, pero en este caso se hace pasar la mezcla agua-vapor a través de un separador, el cual elimina gran parte del agua extraída del pozo, y se hace pasar el vapor directamente hacia la turbina. En este tipo de campos se tiene agua a altas presiones y temperaturas que pueden llegar a los 350°C, conteniendo sólidos en solución en proporciones de 1 a 300 g/l. Estos sólidos son comúnmente NaCl, KCl, sílice, bicarbonatos y cloruros de calcio.

Debido a las altas presiones, temperaturas y sales disueltas, los vapores y fluidos son altamente corrosivos, por lo que es recomendable utilizar algún método alternativo, o ciclo, para la generación de energía eléctrica, pudiéndose evitar daños a las tuberías y turbinas, o bien pudiéndose aprovechar temperaturas y presiones bajas.

5.1 ASPECTOS AMBIENTALES DE LA GEOTERMIA

En este caso se tiene una contaminación muy importante por el calor desprendido al no ser aprovechado en su totalidad, ya que el condensado residual y el agua de extracción son primeramente enfriados y luego arrojados a lagos artificiales o cuerpos de agua para la evaporación del agua. Esto trae como consecuencia un desequilibrio del ambiente característico del

lugar; además existe la contaminación por ruido, producido en altos niveles. Es posible que también a largo plazo sobrevenga un desequilibrio geológico alrededor de los campos geotérmicos, que podría provocar temblores que afectaran a la zona o a otras zonas lejanas a la extracción. Aunque se argumenta que la energía geotérmica es una de las pocas formas de energía limpias, se ve que pueda ser muy peligroso el hecho de que los vapores con sales escapen a la atmósfera y sean arrojados en zonas lejanas al precipitarse como lluvia.

Entre los contaminantes que se han detectado en los desechos líquidos están el sílice, arsénico y boro; además de elementos que hacen variar las condiciones de salinidad, pH, alcalinidad y dureza de los cuerpos de agua que reciban dichos desechos.

Las emisiones al aire provenientes de las operaciones de extracción de energía geotérmica consisten principalmente de óxidos de azufre y ácido sulfhídrico, además de los problemas de ruido ya mencionados.

5.2 MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTOS ASISTENCIALES

Las emisiones de gases (H_2S y SO_2 principalmente) a la atmósfera durante la extracción de la energía geotérmica, antes de su conversión a energía eléctrica, no pueden ser controlados por los sistemas conocidos a la fecha. Es decir, este impacto no puede ser mitigado utilizando los recursos con que se cuenta en la actualidad.

El ruido generado se puede amortiguar en forma parcial con el uso de silenciadores en la boca de los pozos de extracción.

La medida de control más adecuada, hasta el momento, para los desechos líquidos generados durante las operaciones de extracción de energía geotérmica, es su reinyección a los pozos productores.

6. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es originada por la diferencia de temperaturas en la atmósfera que provoca la radiación solar. Esto da lugar a diferencias de presión, lo que acumula energía potencial que es liberada como energía cinética del viento. La extracción de la energía del viento se efectúa por medio de sistemas aerodinámicos conversores que transforman la energía cinética del aire en energía mecánica de rotación. Esta puede utilizarse directamente o convertirse a otras formas de energía, por ejemplo eléctrica mediante un generador.

La mecánica de un molino de viento es sencilla, el viento mueve las aspas que a su vez mueven al eje, el cual hace girar cualquier cosa que se le conecte, ya sea una piedra de molino para moler granos, una bomba para extraer agua o bien una turbina para producir electricidad.

En los molinos de viento para la generación de energía eléctrica existen dos problemas principales por resolver:

1. No producen energía constantemente. El viento no sopla todo el tiempo con la misma velocidad. La mejor forma en que se ha solucionado esto es utilizando además del molino un generador común.
2. El costo de la energía eléctrica producida por un molino de viento es varias veces más cara que la producida por otras fuentes energéticas. Se espera que esta proporción baje en la medida que aumente el precio de otros tipos de energéticos y se hagan más económicos los sistemas de generación basados en la energía eólica.

La energía eólica es una fuente alternativa de energía en etapa de investigación para satisfacer la demanda futura. En aplicaciones en gran escala, su uso con una fuente de energía de respaldo, donde el sistema de aprovechamiento de energía eólica funciona solo como un economizador de combustible, tiene el inconveniente de duplicar la inversión al tener que adquirir dos equipos. De la misma forma un sistema de almacenamiento representa una inversión adicional que no produce energía, sino que en realidad la consume.

6.2 PERSPECTIVAS DE DESARROLLO

Algunas de las aplicaciones potenciales de la energía eólica, económicamente viables son:

- Bombas de pequeños volúmenes de agua para uso doméstico, pecuario y agrícola en pequeña escala en

el medio rural. La tecnología ya es conocida y está siendo aplicada en el norte del país y en la Península de Yucatán.

- Bombeo de grandes volúmenes de agua para irrigación.
- Aerogeneradores de 1 a 15 kv, ya en uso en la Unión Soviética, Cuba, Europa y Estados Unidos de América.
- Alimentación de pequeñas cargas de alumbrado o comunicaciones en lugares remotos.
- Fuentes de energía suplementaria a un sistema eléctrico centralizado.

Los principales programas de investigación en el mundo están siendo realizados en Estados Unidos de América, Suecia y Rusia.

En México en los últimos 15 años se ha trabajado en forma esporádica en este tema, los trabajos realizados no formaban parte de un programa coherente con objetivos concretos. En febrero de 1977 se inició en el Instituto de Investigaciones Eléctricas en Palmira, Morelos, dentro de la División de Fuentes de Energía, un programa para el aprovechamiento de la energía eólica, que es continuación de los trabajos realizados en la CFE de 1965 a 1975.

6.3 ASPECTOS AMBIENTALES DE LA GENERACION DE ENERGIA EOLICA

La utilización de este tipo de energía presenta la gran conveniencia de que, al no requerir procesos de utilización de materia prima otra que el viento, no se generan desechos ni contaminación ambiental. Uno de los pocos problemas que se podrían presentar sería el del aspecto estético, al construir

estructuras que no irían de acuerdo con el paisaje de la zona donde se localicen.

7. ENERGIA SOLAR

De todas las fuentes alternativas de energía, es la solar la que quizás ofrezca más ventajas: no produce contaminación del ambiente, está distribuida, con menor o mayor intensidad sobre toda la tierra, no requiere de tecnología muy sofisticada, es un recurso ilimitado, tiene gran variedad de aplicaciones tales como generar electricidad, secado de granos, desalación de aguas, etc.

Las dificultades en el aprovechamiento de la energía solar son básicamente dos: la captación y el almacenamiento. Se requieren grandes superficies de captación de la radiación solar para satisfacer altas demandas de energía; además, la energía solar no es aprovechable en días nublados y la cantidad que se puede almacenar puede no satisfacer los requerimientos para un intervalo grande de tiempo.

México es un país particularmente rico en energía solar ya que se encuentra dentro del cinturón de insolación anual máxima, formado por los paralelos 35°N y 35°S. La parte noroeste del país es de las más ricas del mundo en cuanto a niveles de energía solar disponible y por tanto de las más prometedoras para su utilización.

7.1 PERSPECTIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Varios de los equipos para el aprovechamiento de la energía solar se encuentran en fases avanzadas de investigación y desarrollo; incluso algunos pueden considerarse competitivos en costos frente a las alternativas energéticas convencionales.

Esto no implica que a corto o mediano plazo su empleo esté generalizado, ni que se haya logrado un dominio de los aspectos teóricos y prácticos involucrados en su aprovechamiento. Aun para los equipos más probados se deberán resolver diversos problemas de acuerdo con nuevas etapas de su desarrollo; estos problemas pueden agruparse en dos categorías: técnicas y socioeconómicas. Las primeras se refieren a las características de nuevas escalas de aplicación de los equipos, condiciones reales de operación y mantenimiento, uso de materiales locales, fabricación e instalación fuera del laboratorio, etc. El segundo grupo es más importante y su solución requiere del análisis de los factores que influyen en la aceptación y difusión de la tecnología así como la evaluación de su impacto socioeconómico.

7.2 ASPECTOS AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Similarmente al aprovechamiento de la energía eólica, la energía solar ofrece la gran ventaja de que no produce contaminantes que dañen el ambiente. Para generar cantidades grandes de energía eléctrica se requieren grandes áreas para los colectores, lo cual se puede traducir en una modificación del paisaje en los lugares donde convenga instalar este tipo de captadores.

8. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN LA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Esta sección es un resumen de los puntos más sobresalientes presentados por el Dr. Francisco Szekely en el capítulo II, páginas 3 a 26 de su ponencia "Consecuencias ambientales del desarrollo energético en América Latina y El Caribe" sustentada en Quito, Ecuador en julio de 1980.

8.1 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

Los países de América Latina y El Caribe (ALyEC) cuentan con diferentes tipos de recursos energéticos; en la tabla 8.1 se muestran las reservas probadas de diferentes recursos energéticos de los países de la región, en ella se observa que México y Venezuela cuentan con las mayores reservas de petróleo y gas, Brasil es el líder en reservas de carbón, mientras que el uranio se encuentra en varios lugares, principalmente en Argentina y el propio Brasil. Además, en la tabla 8.1 se

observa que el potencial hidroeléctrico de la región es grande y existe en casi todos los países.

TABLA 8.1 RECURSOS ENERGÉTICOS DE ALyEC

PAIS	Petróleo X 10 ⁶ bbl	Carbón 10 ⁹ ton	Gas 10 ⁹ m ³	Uranio ton	Hidroeléctricidad 10 ⁷ Kwh
Argentina	2 500	251	212	17 800	148
Barbados	1	---	---	---	---
Bolivia	350	---	311	---	128.4
Brasil	880	1 400	26	18 200	900.5
Colombia	960	33.9	113	---	334.3
Costa Rica	---	---	---	---	30.9
Cuba	---	---	---	---	6
Chile	440	294	79	---	197
Ecuador	1 640	232.5	142	---	150
El Salvador	---	---	---	---	16
Granada	---	---	---	---	---
Guatemala	16	---	---	---	36
Guyana	---	---	---	---	40.8
Haití	---	---	---	---	3.8
Honduras	---	---	---	---	30
Jamaica	---	---	---	---	2.4
México	35000	439.7	2125	4 700	97
Nicaragua	---	---	---	---	20
Panamá	---	---	---	---	27.4
Paraguay	---	---	---	---	47.1
Perú	770	118	142	---	286
República Dominicana	---	---	---	---	1
Surinam	---	---	---	---	23
Trinidad y Tobago	2 500	---	170	---	1
Uruguay	---	---	---	---	7.5
Venezuela	18000	640	1 218	---	304
AMERICA LATINA	63057	3209.1	17413	40700	2838.8

8.2 REQUERIMIENTOS DE RECURSOS

Para producir y utilizar energía, se deben de satisfacer algunos requerimientos básicos; dichos requerimientos, presentados en la tabla 8.2, son de naturaleza tanto física como

tecnológica y socioeconómica. Las naciones de ALyEC han experimentado deficiencias continuas de capital y conocimiento tecnológico para el aprovechamiento de sus propios recursos energéticos.

TABLA 8.2 REQUERIMIENTOS PARA PRODUCIR ENERGIA

Requerimientos físicos	Disponibilidad de recursos energéticos. Disponibilidad de agua y suelo. Necesidades de movilidad y producción. Requerimientos de suelos en el sitio de generación (para disposición de desechos, para abastecimiento de energía).
Requerimientos tecnológicos	Conocimientos. Personal entrenado. Evaluación de impactos ambientales.
Requerimientos económicos	Necesidades identificadas por el hombre como miembro de la sociedad. Análisis Beneficio/Costo (Cuantitativo y Cualitativo). Inversiones de capital.
Requerimientos sociales	Control sobre los recursos. Aspectos de salud y legales. Satisfacción de las necesidades de la sociedad.

8.3 GENERACION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA.

8.3.1 Efectos en el medio físico.

Uno de los problemas más conocidos asociado con la generación de energéticos es el producido por la refinación del petróleo. En las figs 1 a 4 se muestra la ubicación de las principales refinerías en operación actualmente en ALyEC; como complemento

FIGURA 1
UBICACION Y CAPACIDAD DE LAS REFINERIAS DE
PETROLEO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE 8, 9, 10, 11, 12, 13

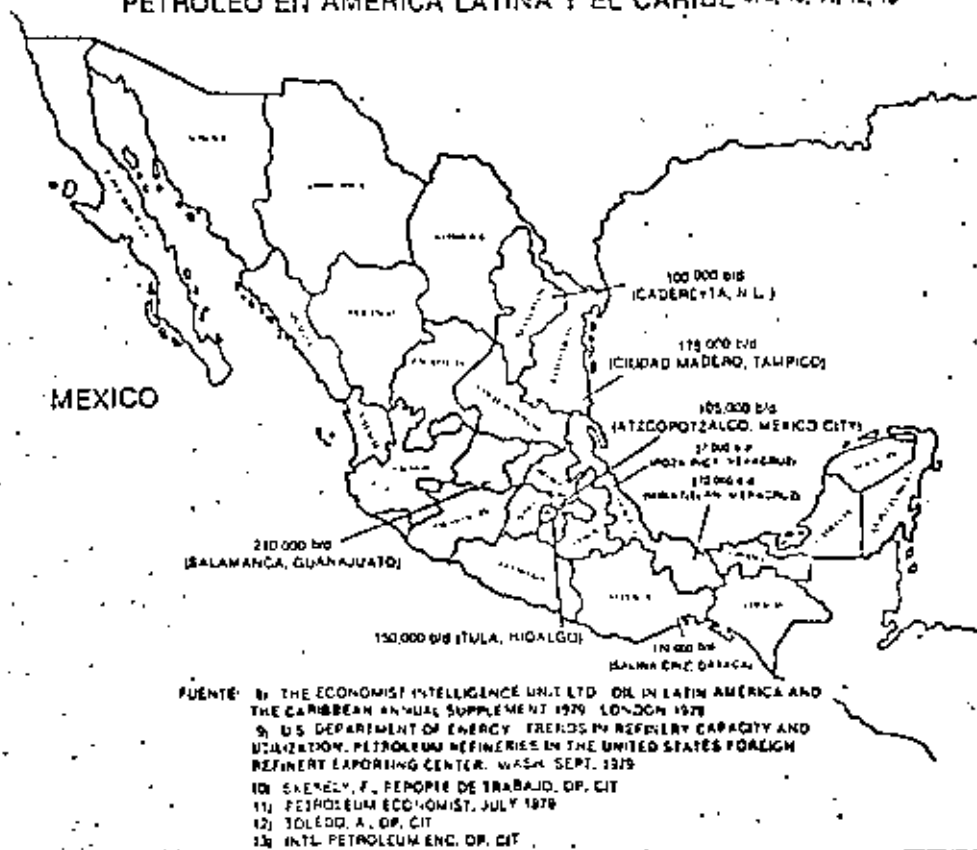
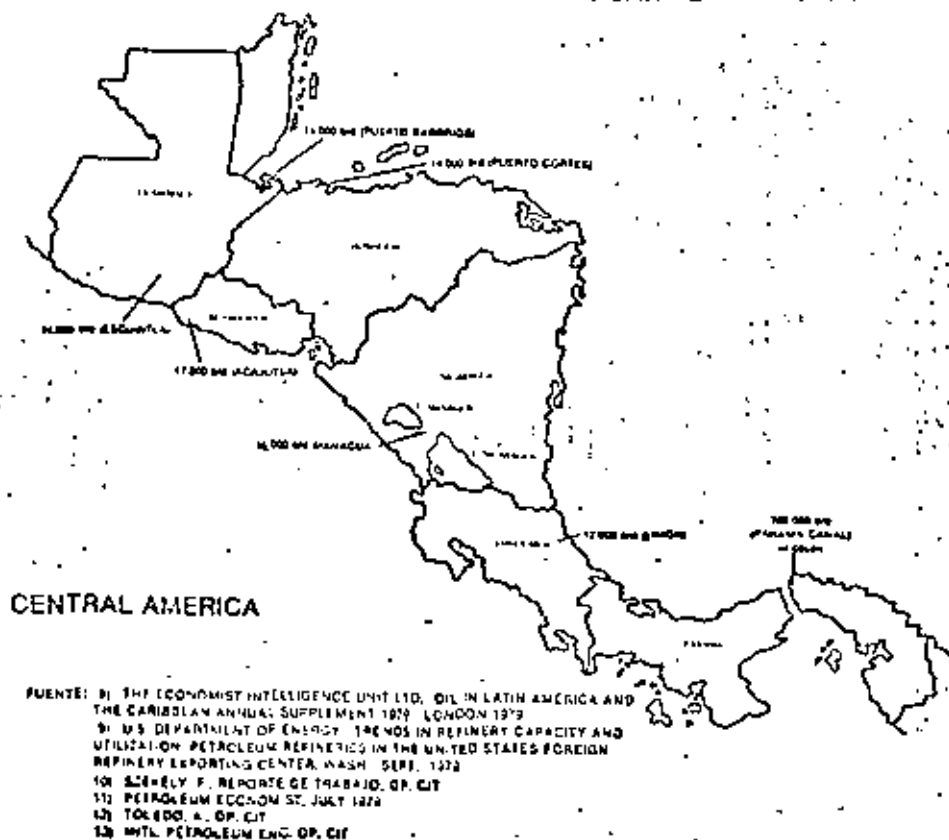


FIGURA 2
UBICACION Y CAPACIDAD DE LAS REFINERIAS DE
PETROLEO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE 8, 9, 10, 11, 12, 13



a dichas figuras, en la tabla 8.3 se muestran las ubicaciones de esas refinerías y los ecosistemas acuáticos que han sido o están siendo afectados por su operación, así como las ciudades que utilizan o están cerca de dichos ecosistemas acuáticos.

TABLA 8.3 IMPACTO AMBIENTAL EN ECOSISTEMAS ACUATICOS POR LA REFINACION DE PETROLEO EN ALYEC

PAIS	LOCALIDAD	CAPACIDAD 10 ³ bbl/día	SISTEMA ACUA- TICO AFECTADO	CIUDAD MAS AFECTADA
México	Salamanca	210 000	Río Laja	Salamanca
	Tula	150 000	Río Moctezuma	Tula
	Cd. Madero	173 000	Río Pánuco	Cd. Madero/ Tampico
	Acapulzalco Minatitlán	105 000 270 000	Río Los Remedios Río-Coatzacoalcos	Cd. de México Minatitlán
Guatemala	Escuintla	14 000	Río San José	Escuintla
	Puerto Barrios	11 000	Bahía de Amatique	Puerto Barrios
Honduras	Puerto Cortés	14 000	Río Uluá	Puerto Cortés
El Salvador	Acajutla	15 000	Océano Pacífico	Acajutla
Nicaragua	Managua	16 000	Lago de Managua	Managua
Costa Rica	Limón	9 900	Bahía de Moín	Limón
Panamá	Colón	100 000	Mar Caribe	Colón
Cuba	Habana	40 000	Bahía Habana	Habana
	Santiago de Cuba	80 000	Mar Caribe	Santiago de Cuba
	Cabaiguan	40 000		
Jamaica	Kingston	33 500	Bahía Kingston	Kingston
República Dominicana	Bonao Nagua	30 000 16 000	Océano Atlántico	Nagua
Puerto Rico	Peñuelas	270 800	Mar Caribe	Peñuelas/Tablao
Islas Vírgenes	St. Croix	700 000	Mar Caribe	Christiante
Antigua	St. John	16 000	Mar Caribe	St. Johns

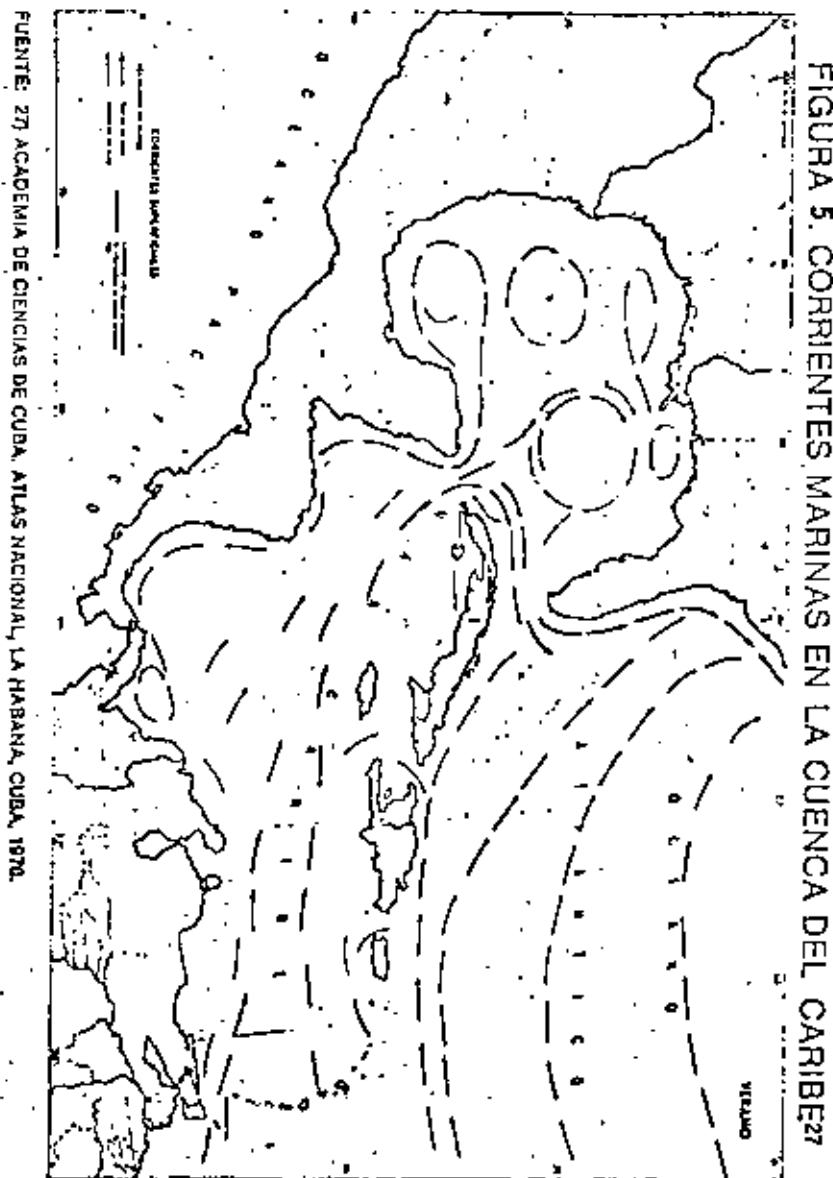
TABLA 8.3 Cont....

PAIS	LOCALIDAD	CAPACIDAD 10 ³ bbl/día	SISTEMA ACUA- TICO AFECTADO	CIUDAD MAS AFECTADA
Martinique	Fort de France	11 000	Bahía de Fort de France	Fort de France
Trinidad	Point Fortin Pointe-a-Pierre	335 000 100 000	Golfo de Paria Mar Caribe	Point Fortin Pointe-a-Pierre
Antillas Neerlandesas	Curacao	370 000	Mar Caribe	Willemstad
	Aruba	440 000	Mar Caribe	Oranjestad
Colombia	Barranca Bermeja	150 000	Río Magdalena	Barranca Bermeja
	Cartagena	50 000	Mar Caribe	Cartagena
Venezuela	El Cardón	348 000	Golfo de Venezuela	Maracaibo
	Amuay	630 000	Golfo de Venezuela	Maracaibo
	Morón	30 000	Mar Caribe	Morón
	El Palito	105 000	Mar Caribe	El Palito
	Tucupita	10 000	Río Orinoco	Tucupita
	Puerto La Cruz	165 000	Mar Caribe	Puerto La Cruz
Ecuador	Esmeraldas	55 000	Río Esmeraldas	Esmeraldas
	La Libertad	28 000	Océano Pacífico	Salinas
Perú	Iquitos	1 000	Río Ucayali	Iquitos/Tambiyaco
	Talara	80 000	Océano Pacífico	Talara
	Conchón Paapiños	2 500 100 000	Océano Pacífico Apurimac	Lima Pampas
Chile	Concón	69 000	Océano Pacífico	Valparaíso
	Concepción	75 000	Océano Pacífico	Concepción
Uruguay	La Teja	44 000	Río La Plata	Montevideo
Bolivia	Sta. Cruz	50 000	Río Piray	Sta. Cruz
	Cochabamba	25 000	Río Grande	Cochabamba
Brasil	Paulinia	340 000	Río Tiete	Sao Paulo
	Dugue de Caixas	256 000	Bahía de Guanabara	Río de Janeiro
	Cubatato	163 000	Río Tiete	Cubatato/Santos
Argentina	Buenos Aires	113 000	Río La Plata	Buenos Aires
	Campana	90 000	Río Paraná	Buenos Aires
	La Plata Luján	267 000 113 000	Río La Plata Río La Plata	Buenos Aires Buenos Aires

Es necesario hacer notar la alta concentración de operaciones petroleras en el Caribe. Las islas del Caribe, además de ser identificadas como sistemas ecológicos frágiles, tienen economías básicamente dependientes en dos industrias principales: pesca y turismo. Ambas industrias dependen 100% de una preservación adecuada de los ecosistemas marinos del Mar Caribe. Uno de los problemas más severos que enfrenta esta región es cuando el petróleo refinado en el Caribe debe ser transportado a otros lados, lo cual generalmente se hace en buques-tanque. Hasta 1980, habían ocurrido más de cuatro accidentes de consideración a buques-tanque (hundimientos); este problema requiere de atención especial ya que el petróleo derramado viaja sobre la superficie del agua del océano. En las figs 5 y 6 se muestran los flujos de las corrientes en el Mar Caribe, debiéndose considerar además el viento que juega un papel muy importante en el transporte de derrames de petróleo; se observa que un derrame ocurrido en Trinidad puede llegar hasta México y Cuba.

0.3.2 Desforestación.

Una forma ineficiente de obtener energía es quemando madera; sin embargo, esta práctica es muy común en ALYEC, entre las razones para esto están: 1) representa la forma más barata y fácil para satisfacer las necesidades de energía de sociedades rurales pobres; 2) muchas prácticas agrícolas tradicionales de la región están basadas en el principio de fertilización de suelos por medio del humus que resulta del quemado de



bosques; 3) la madera es explotada con el fin de producir carbón, que a su vez es utilizado en los sectores doméstico y siderúrgico; 4) la explotación industrial de los bosques, en continuo incremento, se está realizando sin considerar en forma apropiada los aspectos ambientales.

8.3.3 Impactos socioeconómicos.

Entre los impactos positivos de la generación y utilización de energía en ALyEC se tienen:

- 1. Incrementos en la productividad
- 2. Modernización
- 3. Control de inundaciones
- 4. Aumento de sistemas de irrigación
- 5. Transporte más rápido
- 6. Avances en el sector salud
- 7. Otros.

Fuente que la generación de energía, así como su uso, requieren de modificaciones de los ecosistemas, se ha encontrado que algunos de estos cambios no siempre han sido benéficos, siendo la principal razón que en este tipo de actividades se tienen subproductos indeseables en algunos de sus procesos. Entre dichos subproductos se cuentan: desplazamientos de la población, emisiones de calor, ruido, radiación, contaminación del agua, contaminación del aire, etc, que son una carga fuerte para los ecosistemas en general y para el hombre en particular.

En América Latina han sido especialmente significativos los efectos socioeconómicos ligados con el desplazamiento de la

FIGURA 6. CORRIENTES MARINAS EN LA CUENCA DEL CARIBE27



FUENTE: 27 ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA, ATLAS NACIONAL, LA HABANA, CUBA, 1970.

población por la construcción de presas hidroeléctricas; así, en la construcción de los sistemas Itaipú-Yacireta y Encarnación, 120 000 campesinos fueron desplazados en Brasil, Argentina, Uruguay y Paraguay.

En México, la presa Nezahualcóyotl desplazó a más de 20 000 gentes, muchas de las cuales buscaron introducirse ilegalmente en los Estados Unidos de América.

Además, la construcción de presas grandes en ecosistemas tropicales, como la presa La Fortuna en Panamá, produce condiciones ideales para la proliferación de esquistosomiasis en las zonas tropicales de ALyEC.

B.4 PREVENCIÓN Y CONTROL DEL DETERIORO AMBIENTAL

El desarrollo energético de países del Tercer Mundo es una necesidad imperante para mejorar la calidad de la vida de sus habitantes. Por otro lado, es necesario adoptar estrategias de desarrollo que tomen en consideración los aspectos ambientales; para alcanzar estas metas se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Es muchos más eficiente y económico invertir en la prevención de problemas ambientales que gastar recursos para remediar situaciones adversas.
2. Los efectos ambientales del desarrollo energético deben ser considerados como inherentes al proceso de generación y utilización de energía, por lo que su prevención debe ser considerada en los lugares donde se lleven a cabo estas actividades.

3. Deben buscarse tecnologías ambientalmente adecuadas que hagan compatible el manejo de los recursos ambientales y las eficiencias energéticas necesarias.

4. El desarrollo energético debe ser encaminado a satisfacer las necesidades de la mayoría de los habitantes de ALyEC.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA PARA LA ELABORACION DE ESTOS APUNTES

- ANES. Memorias de la III reunión latinoamericana, V reunión nacional de energía solar. Guadalajara, Jal. Sept-Oct 1981.
- PNUD-PNUMA-OLADE. Energy Alternatives in Latin America. Study of the Capabilities for the Use of Non-Conventional Energy Sources. Quito, Ecuador. 1979.
- WAES. Energy: Global Prospects 1985-2000. McGraw Hill Book Company. MIT. 1977.
- Szekely, Francisco. La Negociación del petróleo en América latina y El Caribe. Preparado para OLADE. The University of Texas. 1980.
- Szekely, Francisco. Environmental Consequences of Energy Development in Latin America and the Caribbean. Seminario: Energía y Desarrollo. Quito Ecuador. Julio 15-18, 1980.
- Lizárraga Rocha, Jorge A. Apuntes del curso Recursos Energéticos. Curso impartido por el autor en la Universidad Autónoma Metropolitana. Enero 1980.
- Castellanos, Alfonso y Escobedo Margarita. La energía solar en México: situación actual y perspectivas. Centro de Ecodesarrollo. México. 1980.
- Lizárraga Rocha, Jorge A. Aspectos ambientales de la explotación de recursos energéticos. Ponencia presentada en el Seminario sobre contaminación ambiental. Mérida, Yuc. Marzo 1981.



CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

Modificaciones*

- hoja 1 por pagina 2
- hoja 2, 3, y 4 por pagina 20
- hoja 5 por pagina 23
- hoja 6 y 7 por paginas 27 y 28
- hoja 8 por pagina 32
- hoja 9 por pagina 35

hojas, las que se incluyen en esta sección
páginas las que se incluyeron en las notas **ASPECTOS AMBIENTALES
DE LA EXPLOTACION DE RECURSOS ENERGETICOS**, por el Ing Jorge A
Izarraga R. entregadas el 13 de nov 1981.

Noviembre 1981

estos traen para la ecología del lugar.

Algunos de los efectos negativos asociados con los grandes proyectos hidroeléctricos incluyen:

Degradación del ecosistema en general.

Al construir grandes embalses para la generación de energía hidroeléctrica, se cambian en forma sustancial y definitiva aspectos tales como el drenaje natural de la zona, regímenes de escurrimientos superficiales, transporte de sedimentos, calidad de las aguas, modificación del microclima de la región, proliferación de malezas acuáticas indeseables, pérdida de recursos forestales en algunos casos, proliferación de especies faunísticas indeseables, alteración de rutas de migración de la fauna, afectación de cadenas alimenticias, afectación a especies en peligro de extinción, y otros.

Uso del suelo.

Al ser inundadas grandes extensiones para la formación del embalse, los suelos afectados pasarán a ser de uso acuícola en algunos casos y en otros no serán utilizados más que para almacenar el agua que posteriormente se utilizará para la generación de electricidad.

Desplazamiento de la población.

La población establecida en el futuro vaso de las presas deberá ser desplazada, sufriendo con ello cambios en sus formas de vida, ocupación, actividades productivas, patrones culturales, etc.

1. PETRÓLEO

La historia del petróleo como energético es relativamente corta; al aparecer en escena, como energético, después de la revolución industrial, hizo necesaria la introducción de métodos avanzados para su exploración, producción y mercado.

La producción petrolera del mundo procede de relativamente pocas áreas, principalmente en los Países Árabes, Norte y Centro América y de la Unión Soviética. Además, los Países Árabes, importantes productores, sólo consumen una mínima parte de lo que producen, y sus grandes excedentes de petróleo, junto con la completa ausencia de éste en muchas de las naciones industrializadas del mundo, generan un vasto comercio internacional del petróleo y sus derivados.

Con la crisis de los energéticos de los años 1973 y 1974, se puso aún más de manifiesto la gran importancia del petróleo

Incremento en la incidencia de enfermedades tropicales.

Las aguas casi estancadas de los embalses en zonas tropicales y subtropicales, ofrecen condiciones propicias para la proliferación de insectos transmisores de enfermedades tropicales, los cuales una vez establecidos son muy difíciles de erradicar.

Desequilibrio de otras actividades productivas de la región.

La presencia de los grandes embalses produce un desequilibrio en las actividades productivas de la región al inundar zonas que anteriormente se utilizaban en actividades agrícolas, ganaderas o silvícolas; además, algunos pobladores de la región pudieran dedicarse, en forma temporal o definitiva, a la pesca si esta encuentra condiciones propicias para su desarrollo en los embalses, abandonando o descuidando otras actividades productivas de la región.

Pérdida de agua por evaporación.

Los embalses presentan un área muy grande expuesta a la evaporación, lo cual se traduce en altas pérdidas de agua debidas a este fenómeno, y que eventualmente pueden llegar a afectar el microclima de la región.

Eutroficación de las aguas en el embalse.

El depósito de sedimentos en las presas, y por tanto de los nutrientes que contienen, provocará condiciones propicias para la eutroficación de los cuerpos de agua formados. Aun cuando este efecto se presenta a largo plazo, es un fenómeno inevitable en este tipo de embalses.

4. ENERGIA NUCLEAR

El principal factor que hace tan controversial desde el punto de vista ambiental el uso de la energía nuclear como fuente energética es que representa una fuente de radioactividad con un potencial de destrucción muy alto, lo que ha provocado que muchos grupos se opongan al desarrollo y crecimiento de la industria nuclear. Dicha oposición se ha centrado en varios aspectos incluyendo entre otros la seguridad de los reactores, la posible utilización de materiales con fines bélicos, y la disposición final de los desechos radioactivos.

Las plantas nucleares son similares a las plantas que utilizan energéticos fósiles en que ambos sistemas generan vapor para mover turbinas conectadas a generadores que producen electricidad, la única diferencia es que éstas usan energéticos nucleares.

Entre los problemas de contaminación proveniente de una planta nuclear se cuentan las de agua y aire que pueden tener consecuencias muy graves para la ecología del lugar, sin embargo, el peor problema ambiental detectado hasta el momento es la disposición final de los desechos radioactivos que se generan en este tipo de operaciones.

4.1 MEDIDAS DE MITIGACION

Hasta ahora no se ha establecido un método adecuado para la disposición final de los desechos radioactivos, para este fin se utilizan métodos tales como enterrar los desechos en recipientes a prueba de fugas, colocados en verdaderas fortalezas de concreto; se han lanzado desechos radioactivos al mar, en recipientes supuestamente a prueba de fugas y con resistencias prolongadas; sin embargo, ninguno de estos métodos ofrece una solución permanente a la disposición de los desechos radioactivos generados en actividades relacionadas con el uso de la energía nuclear.

Una alternativa viable para la eliminación del problema de los desechos radioactivos es la ofrecida por los reactores de cría, sin embargo, este tipo de reactores no ha sido desarrollado y estudiado completamente por lo que es necesario esperar a que se tenga la seguridad de que sería la solución buscada para la utilización de la energía nuclear como medio de generación de electricidad en sistemas centrales a gran escala.

lugar; además existe la contaminación por ruido, producido en altos niveles. Aunque se argumenta que la energía geotérmica es una de las pocas formas de energía limpias, se ve que puede ser peligroso el hecho de que los vapores con sales escapen a la atmósfera y sean arrojados en zonas lejanas al precipitarse como lluvia.

Entre los contaminantes que se han detectado en los desechos líquidos están el silicio, arsénico y boro; además de elementos que hacen variar las condiciones de salinidad, pH, alcalinidad y dureza de los cuerpos de agua que reciben dichos desechos. Las emisiones al aire provenientes de las operaciones de extracción de energía geotérmica consisten principalmente de óxidos de azufre y ácido sulfhídrico, además de los problemas de ruido ya mencionados.

5.2 MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Las emisiones de gases (H_2S y SO_2 principalmente) a la atmósfera durante la extracción de energía geotérmica, antes de su conversión a energía eléctrica, no pueden ser controlados por los sistemas conocidos a la fecha. Es decir, este impacto no puede ser mitigado utilizando los recursos con que se cuenta en la actualidad.

El ruido generado se puede amortiguar en forma parcial con el uso de silenciadores en la boca de los pozos de extracción, sin embargo dicho amortiguamiento es mínimo permitiendo el proble-

La medida de control más adecuada, hasta el momento, para los desechos líquidos generados durante las operaciones de extracción de energía geotérmica, es su reinyección en pozos no productores, los cuales cumplan con ciertas características de permeabilidad, y que no estén conectados con los productores para evitar un abatimiento de la temperatura en estos últimos.

estructuras que no irían de acuerdo con el paisaje de la zona donde se localicen; además, en las cercanías de los generadores y algunas veces a varios kilómetros a la redonda, se han detectado problemas de ruido causados por el sonido de baja frecuencia que se produce al operarlos.

7.2 ASPECTOS AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Similarmente al aprovechamiento de la energía eólica, la energía solar ofrece la gran ventaja de que no produce contaminantes que dañen el ambiente. Para generar cantidades grandes de energía eléctrica se requieren grandes áreas para los colectores, lo cual se puede traducir en una modificación del paisaje en los lugares donde convenga instalar este tipo de colectores.

Por otro lado, y en general, la energía consumida en la producción de equipos solares rebasa la energía captable en su vida útil; además, el consumo de materiales en dicha producción es extensivo, lo que impactaría, de usarse en gran escala, las industrias extractivas y de manufactura, con las consecuencias previsibles en el ambiente.