



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Departamento de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

**Conservación y Uso Eficiente de
Energía**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N :

**GABRIEL ENRIQUE BRIHUEGA VELAZQUEZ
MARIO ALEJANDRO DELGADILLO MARQUEZ
LEANDRO A. PENA CONTRERAS**

DIR. ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA



México, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPITULO 1

RELACION ENTRE CONSUMO DE ENERGIA Y DESARROLLO ECONOMICO	1
1.1.- Bosquejo histórico.....	2
1.2.- Coeficiente de energía.....	3
1.3.- Factores tecnológicos y factores estructurales.....	4
1.4.- Modelo matemático de la relación entre consumo de energía y desarrollo económico.....	4
1.5.- Modelo matemático de la relación entre consumo de energía desarrollo económico y precio de energía.....	8
1.6.- Participación de la energía en la formación del costo final de los bienes y servicios producidos.....	11

CAPITULO 2

EVOLUCION HISTORICA DEL CONSUMO DE ENERGIA, SITUACION ACTUAL EN MEXICO Y ANALISIS DE LAS NECESIDADES FUTURAS DE ENERGIA.	14
2.1.- Evolución histórica del consumo de energía.....	15
2.2.- Evolución reciente del consumo mundial.....	16
2.3.- Evolución reciente del consumo nacional de energía.....	19
2.4.- Situación actual en México.....	19
a).- Balance nacional de energía.....	19
b).- Oferta al mercado nacional.....	20
c).- Consumo propio y pérdidas del sector energético.....	21
d).- Consumo final del mercado nacional.....	21
2.5.- Análisis de las necesidades futuras de energía.....	31

CAPITULO 3

CONSERVACION DE LA ENERGIA Y DIVERSIFICACION DE LA OFERTA ENERGETICA	40
3.1.- Definición de conservación de la energía.....	41
3.2.- Diversificación de la oferta energética.....	42
3.3.- Recursos energéticos convencionales de México.....	45
3.4.- Recursos energéticos renovables no convencionales de México..	49
3.5.- Análisis de las fuentes alternativas de energía.....	51
3.6.- Conclusiones y comentarios.....	55

CAPITULO 4

USO EFICIENTE DE ENERGIA EN EL SECTOR ENERGETICO	57
4.1.- Generalidades.....	58
4.2.- Uso eficiente de energía en la refinación.....	58
4.2.a.- Como se mide la eficiencia energética.....	59

4.2.b.- Mejoras en las unidades de operación.....	62
4.2.c.- Generación de vapor y de electricidad.....	63
4.2.d.- Optimización general al interior de la refinería.....	63
4.2.e.- Optimización de las refinerías y medio ambiente.....	65
4.2.f.- Generación combinada de energía y calor.....	65
4.2.g.- Utilización del calor de bajo nivel.....	67
4.2.h.- Evaluación de nuevas propuestas.....	68
4.3.- Uso eficiente de energía en plantas termoeléctricas.....	70
4.3.a.- Como se incrementa la eficiencia total.....	71
4.3.b.- Ciclos más eficientes para centrales eléctricas de vapor..	72
4.3.c.- Disminución de pérdidas en plantas termoeléctricas.....	75
4.3.d.- Medición del comportamiento de la generación termoelec- trica.....	81
4.3.e.- Eficiencia de diferentes plantas.....	85

CAPITULO 5

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL	87
5.1.- Introducción.....	88
5.2.- Bosquejo histórico.....	89
5.3.- Situación actual.....	91
5.4.- Programas de conservación de energía en la industria.....	109
5.5.- Ejemplo de estudios de conservación de energía en la industria: Estado de operación de calderas.....	113

CAPITULO 6

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL	127
6.1.- Introducción.....	128
6.2.- Distribución de la energía eléctrica en el sector residencial y comercial en las áreas urbanas y rurales.....	130
6.3.- Uso final de los energéticos en el sector residencial y comercial.....	131
6.4.- Hacia un programa de uso racional de energía.....	131
6.5.- Una guía rápida para mejorar la eficiencia de energía en el sector residencial y comercial.....	138
6.6.- Aplicaciones prácticas para la conservación de la energía en el sector comercial.....	139

CAPITULO 7

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTE	149
7.1.- Panorama general.....	150
7.2.- El problema del transporte en México D.F.....	156
7.3.- Selección de políticas para mejorar la eficiencia de energía en el sector transporte.....	161

7.4.- Autotransporte Federal.....	162
7.5.- Transporte aéreo.....	167
7.6.- Sistema de ferrocarriles.....	168
Bibliografía.....	170

CAPITULO 1

RELACION ENTRE CONSUMO DE ENERGIA Y DESARROLLO ECONOMICO

CAPITULO 1

RELACION ENTRE CONSUMO DE ENERGIA Y DESARROLLO ECONOMICO

1.1.- Bosquejo histórico.

Antiguamente en las comunidades primitivas, en la producción, - solo se utilizaba energía humana y animal. Después el hombre comenzó a idear la forma de aprovechar la energía que le proporcionaba la naturaleza en la madera, el carbón o incluso la proveniente del agua o del viento. Así es como en épocas anteriores a la revolución industrial se utilizan hornos para fundir metales o para cocer el pan, se crean también molinos de viento y de agua; además se aprovecha la fuerza del viento para transporte marítimo, desarrollándose de esta forma el comercio en gran escala.

En la revolución industrial se observa un intenso desarrollo tecnológico con el cual se comienzan a desarrollar y fabricar algunas máquinas, incrementando con esto la capacidad de producción; dichas máquinas funcionaban por medio de la energía que les proporcionaba el carbón, el cual era de bajo consumo en comparación con las reservas existentes en aquella época.

A fines del siglo XIX se descubre el petróleo como energético, mismo que sustituye gradualmente al carbón en funciones similares; - paralelamente se desarrollan gran parte de las industrias pesadas, - que como se sabe, hoy en día se toman como indicadores para medir el desarrollo industrial y económico de cualquier país. Se desarrollan después industrias del tipo ligero como son las de construcción mecánica y electrónica.

Podemos ver pues, basándonos en la información histórica, que - el consumo de energía y el desarrollo económico guardan entre sí una estrecha relación.

En la figura 1.1 podemos observar esta relación para diferentes países.

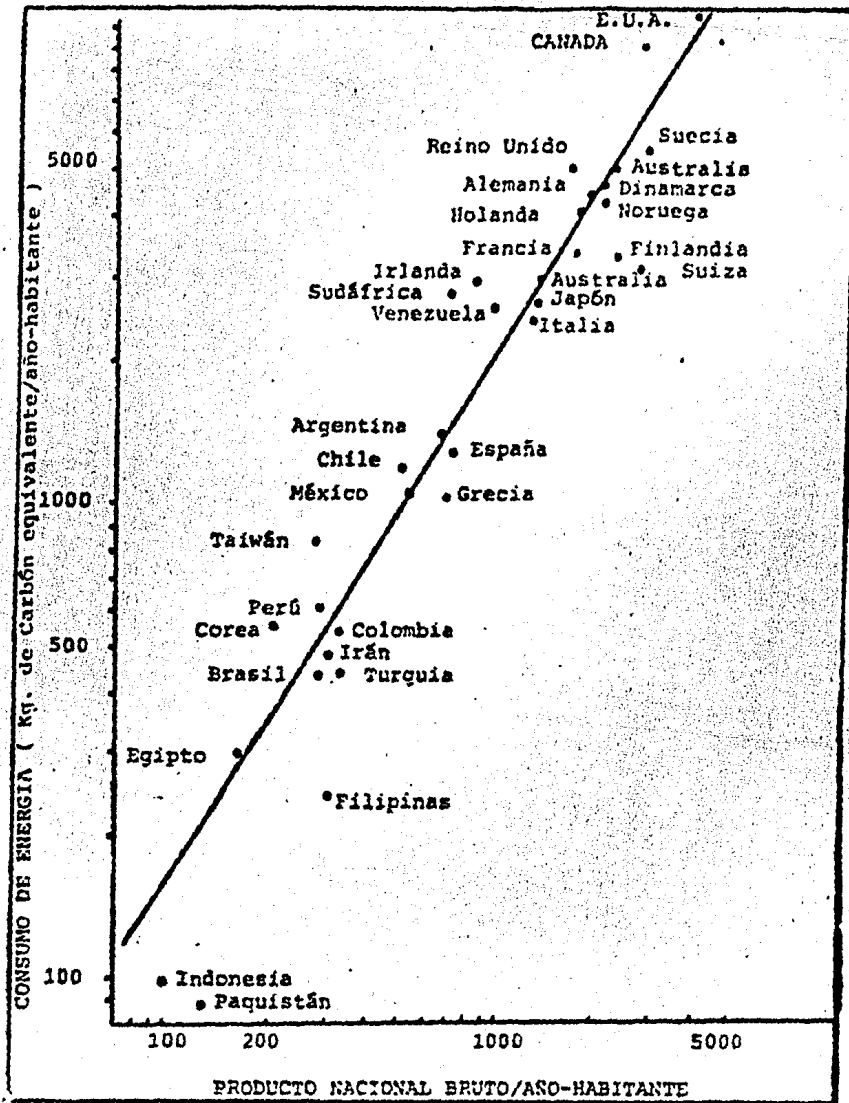


Figura 1.1.- Gráfica que muestra la relación entre consumo de energía por habitante y producto nacional bruto por habitante en el año 1968.

FUENTE: Investigación económica.

1.2.- Coefficiente de energía.

Basándonos en la información anterior podemos decir que la relación entre el consumo de energía y desarrollo económico es cuantificable para un determinado año mediante la expresión:

$$E(n) = C_E V(n) \quad \dots 1$$

donde:

- $E(n)$.- Consumo de energía primaria en el año n , expresado en unidades físicas (BTU, kcal. etc.).
- $Y(n)$.- Actividad económica en el año n , expresada por el producto nacional bruto (PNB) o por el producto interno bruto (PIB) (en pesos, dólares, etc.).
- C_E .- Constante de proporcionalidad denominada coeficiente de energía.

Esta constante de proporcionalidad C_E expresa la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto nacional bruto o de producto interno bruto.

Como se puede apreciar en la figura 1.2 los primeros lugares en cuanto a la magnitud de este coeficiente los ocupan países que de una u otra forma cuentan con grandes reservas de algunos energéticos; entre estos países está México con un tercer lugar, lo cual indica la ineficiencia y desperdicio en el uso de la energía que se tiene en nuestro país en comparación con otros países, algunos de estos en condiciones de desarrollo económico similares a las nuestras, como es el caso de Brasil.

1.3.- Factores tecnológicos y factores estructurales.

Existen dos tipos de factores que se deben de tomar en cuenta para una mejor evaluación de la relación entre el consumo de energía y la economía; estos son:

- a).- Los que conciernen a la estructura de la economía nacional por sector y rama; es decir, a la naturaleza de las actividades económicas, las cuales generan el producto nacional bruto (PNB) y que se denominan factores estructurales.
- b).- Los que se refieren a la forma en que se utiliza la energía, es decir, al tipo de tecnología utilizada para obtener los productos; estos factores se denominan factores tecnológicos.

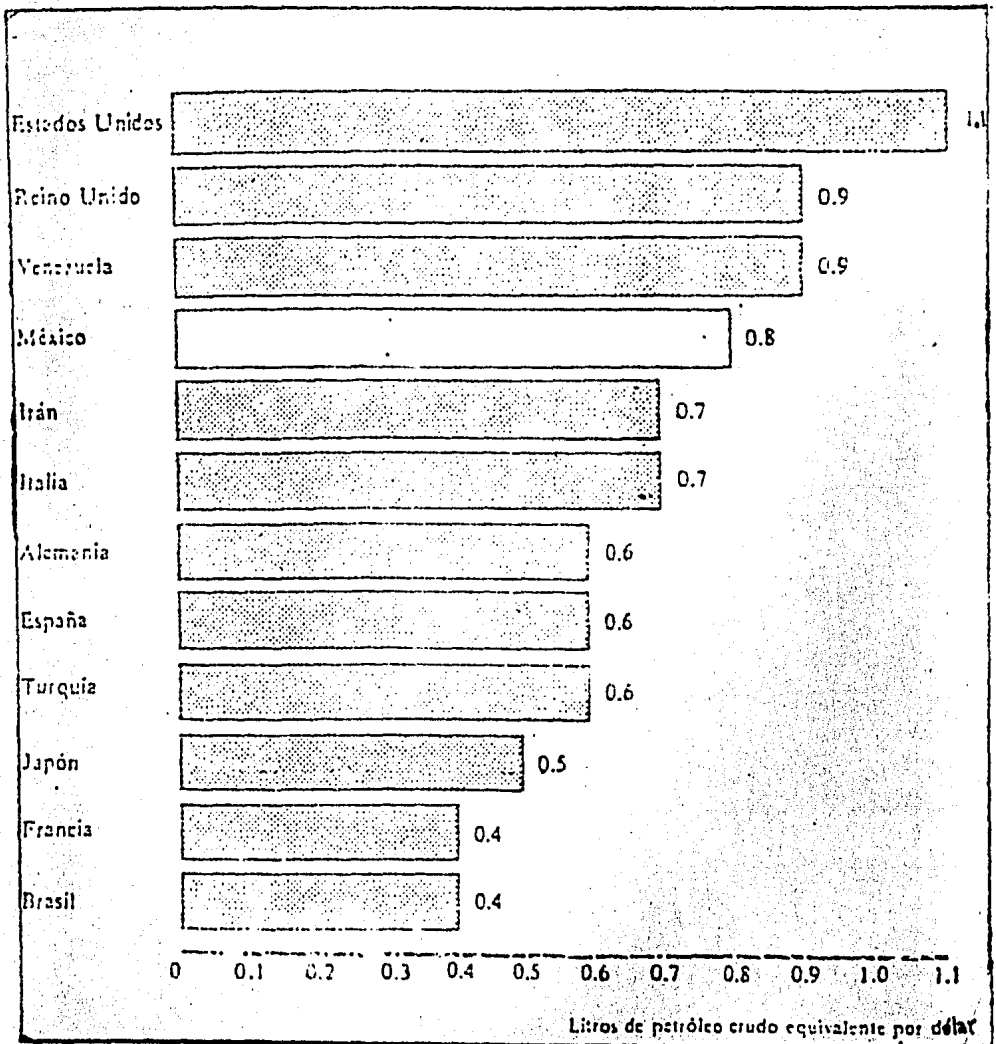
Más adelante se analizan las relaciones existentes entre estos factores con el consumo de energía y el desarrollo económico.

1.4.- Modelo matemático de la relación entre el consumo de energía y desarrollo económico.

Durante mucho tiempo se utilizó la siguiente expresión, cuando

Figura 1.2.- Consumo de energía primaria por unidad de producto interno bruto en países seleccionados, 1978.

FUENTE: Programa de Energía.



los precios de la energía se mantienen constantes:

$$\frac{E_n}{E_0} = \left(\frac{Y_n}{Y_0} \right)^\alpha \quad \dots 2$$

donde:

E_n .- demanda de energía en el año n .

E_0 .- demanda de energía primaria en el año de referencia 0 .

Y_n .- PNB ó PIB para el año n .

Y_0 .- PNB ó PIB para el año de referencia 0 .

α .- elasticidad energía-PNB.

Esta ecuación nos indica que la variación del consumo de energía es proporcional a una cierta potencia de la variación del producto bruto. Vale la pena anotar que como α es positiva, mientras menor sea su valor, mayor es el grado de eficiencia en el uso de la energía.

Este coeficiente de elasticidad energía-PNB se puede determinar fácilmente haciendo uso de la información estadística disponible. Dicho coeficiente de elasticidad generalmente es menor en los países industrialmente desarrollados que en los países en vías de desarrollo, mismos que tienden, a medida que se desarrollan, a una disminución de la elasticidad energía-PIB, siendo un indicador importante del grado de industrialización.

Podemos considerar que un valor promedio del coeficiente de elasticidad energía-PNB es igual a 1; en tal caso la ecuación 2 se reduce a:

$$E_n = \left(\frac{E_0}{Y_0} \right) Y_n = C_{E_0} Y_n \quad \dots 3$$

Esta expresión indica que el consumo de energía es directamente proporcional a la actividad económica. Para este caso C_{E_0} es la constante de proporcionalidad denominada coeficiente de energía antes mencionada.

La elasticidad energía-PIB, según estudios recientes, oscila alrededor de 0.35 para países con elevado grado de industrialización.

Si consideramos la elasticidad energía-PIB α constante durante un periodo en la ecuación 2

$$\frac{\bar{E}_n}{E_0} = \left(\frac{Y_n}{Y_0} \right)^\alpha$$

donde E_0 , Y_0 son constantes y E_n , Y_n , son funciones del tiempo y tomamos logaritmos:

$$\log \frac{\bar{E}_n}{E_0} = \alpha \log \frac{Y_n}{Y_0}$$

Derivando con respecto al tiempo

$$\frac{d}{dt} \log \frac{\bar{E}_n}{E_0} = \alpha \frac{d}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0} + \frac{d\alpha}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0}$$

$$\frac{1}{E_n} \frac{d\bar{E}_n}{dt} = \alpha \frac{1}{Y_n} \frac{dY_n}{dt} + \frac{d\alpha}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0}$$

La ecuación anterior puede escribirse, utilizando la notación econométrica usual, de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta \bar{E}_n}{E_n} = \alpha \frac{\Delta Y_n}{Y_n} + \Delta \alpha \log \frac{Y_n}{Y_0}$$

Considerando un periodo en que la elasticidad puede considerarse constante como se dijo: $\Delta \alpha = 0$

$$\frac{\Delta \bar{E}_n}{E_n} = \alpha \frac{\Delta Y_n}{Y_n} \quad \dots 4$$

donde:

$\frac{\Delta \bar{E}_n}{E_n}$.- tasa de crecimiento de la demanda de energía en el periodo considerado.

$\frac{\Delta Y_n}{Y_n}$.- tasa de crecimiento del PNB o del PIB en el periodo considerado.

Así podemos definir la elasticidad energía-PNB como la relación entre las tasas de crecimiento del consumo de energía y del producto bruto.

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta \bar{E}_n}{E_n}}{\frac{\Delta Y_n}{Y_n}} \quad \dots 5$$

En la figura 1.3, que fue tomada del Programa de Energía de México, podemos ver la variación de este coeficiente para México, la cual nos indica que de acuerdo con la industrialización y el desarrollo -- que ha tenido el país no se ha hecho nada aún para disminuir este coeficiente de elasticidad energía-PIB, sino por el contrario, se ha ido incrementando hasta llegar a un valor de 1.7, el cual corresponde al doble, para el mismo periodo, que el de algunos países industrializados.

Para encontrar una relación que nos permita explicar el por que de estos valores tan alarmantes de la elasticidad, debemos analizar -- la influencia de los precios en el consumo de energía, los cuales, como se verá más adelante inciden directamente en la disminución del -- consumo de los energéticos.

1.5.- Modelo matemático de la relación entre consumo de energía, desarrollo económico y precio de energía.

Para tomar en cuenta el efecto de los precios de la energía se -- modifica la ecuación 2 de la siguiente manera:

$$\frac{\bar{E}_n}{E_0} = \left(\frac{Y_n}{Y_0} \right)^{\gamma} \cdot \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{\beta} \dots 6$$

donde:

P_n .- precio de la energía primaria estimada para el año n.

P_0 .- precio de la energía primaria en el año de referencia.

γ .- coeficiente de elasticidad energía-ingreso. Este coeficiente es un número positivo, lo que quiere decir que al crecer el producto bruto, crece el consumo de energía.

β .- coeficiente de elasticidad energía-precio. Este coeficiente es un número negativo, lo que indica que al aumentar el precio, el consumo de energía disminuye.

E_n , E_0 , Y_n , Y_0 , tienen el mismo significado que en la ecuación 2.

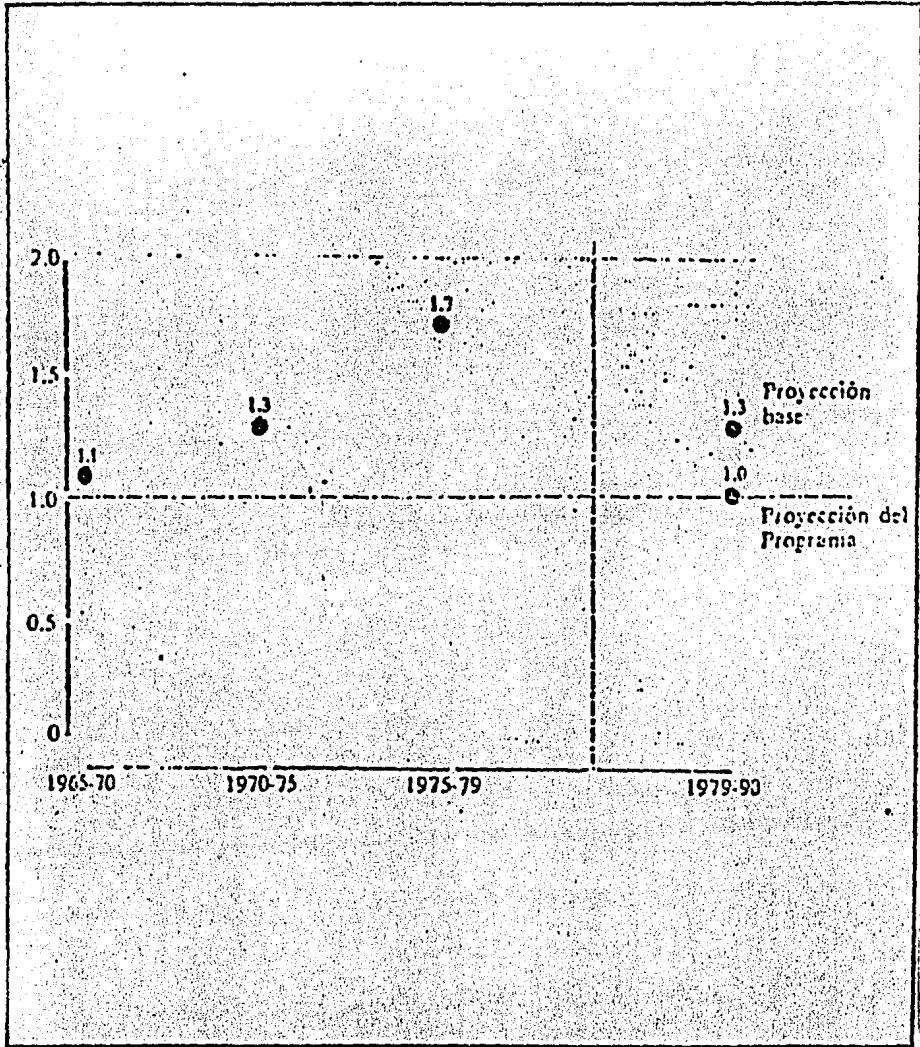
El coeficiente de elasticidad β (energía-precio), para los países desarrollados oscila entre -0.5 cuando se analiza a corto plazo y hasta -0.8 cuando se hacen análisis a largo plazo.

El coeficiente γ es igual al ya mencionado coeficiente α cuando los precios de la energía permanecen constantes.

En la ecuación 6:

Figura 1.3.- Relación entre las tasas de crecimiento de la demanda interna de energía primaria y del producto interno bruto, - 1965-79 y proyecciones a 1990.

FUENTE: Programa de Energía.



$$\frac{E_n}{E_0} = \left(\frac{Y_n}{Y_0}\right)^\gamma \cdot \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^\beta$$

$E_n, Y_n, P_n, \gamma, \beta$, son funciones del tiempo E_0, Y_0, P_0 , son constantes.

Tomando logaritmos

$$\log \frac{E_n}{E_0} = \gamma \log \frac{Y_n}{Y_0} + \beta \log \frac{P_n}{P_0}$$

derivando con respecto al tiempo

$$\frac{d}{dt} \log \frac{E_n}{E_0} = \gamma \frac{d}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0} + \frac{d\gamma}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0} + \beta \frac{d}{dt} \log \frac{P_n}{P_0} + \frac{d\beta}{dt} \log \frac{P_n}{P_0}$$

de donde

$$\frac{1}{E_n} \frac{dE_n}{dt} = \gamma \frac{1}{Y_n} \frac{dY_n}{dt} + \frac{d\gamma}{dt} \log \frac{Y_n}{Y_0} + \beta \frac{1}{P_n} \frac{dP_n}{dt} + \frac{d\beta}{dt} \log \frac{P_n}{P_0}$$

utilizando la notación econométrica usual:

$$\frac{\Delta E_n}{E_n} = \gamma \frac{\Delta Y_n}{Y_n} + \Delta \gamma \log \frac{Y_n}{Y_0} + \beta \frac{\Delta P_n}{P_n} + \Delta \beta \log \frac{P_n}{P_0}$$

Si consideramos un periodo para el cual γ y β se puedan considerar constantes, entonces: $\Delta \gamma = 0$; $\Delta \beta = 0$.

entonces se tiene

$$\frac{\Delta E_n}{E_n} = \gamma \frac{\Delta Y_n}{Y_n} + \beta \frac{\Delta P_n}{P_n} \quad \dots 7$$

donde:

$\frac{\Delta P_n}{P_n}$.- tasa de crecimiento de los precios de energía primaria en el periodo en estudio.

$\frac{\Delta E_n}{E_n}, \frac{\Delta Y_n}{Y_n}$, fueron definidos en la ecuación 4.

γ, β .- igual que en la ecuación 6.

Podemos concluir así, que de acuerdo con este modelo la demanda de energía es afectada directamente por los precios y que con un aumento de estos disminuirá el consumo de energía.

1.6.- Participación de la energía en la formación del costo final de los bienes y servicios producidos.

El evaluar esta participación nos permitirá dar una idea de como afecta al sector productivo lo expuesto anteriormente

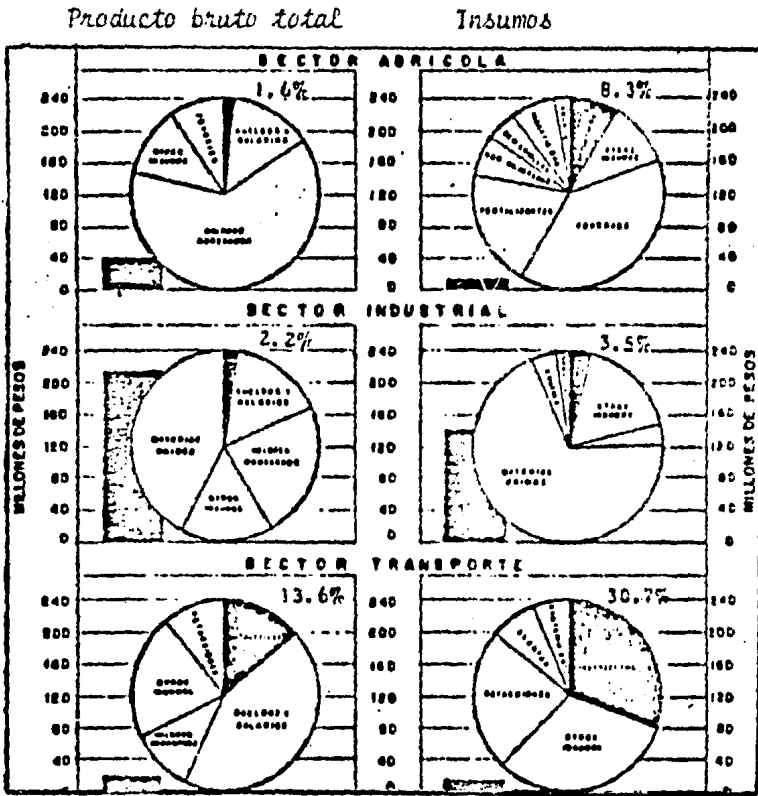


Figura 1.4.- Participación de la energía en el producto bruto total y en los insumos por sectores económicos.

FUENTE: IX Censo Industrial, 1970.

En la figura 1.4 se muestran, comparativamente, la composición del valor de los insumos y del producto bruto total del sector agrícola, industrial y de transporte.

El valor monetario de la energía, considerado como un componente

del costo de producción industrial, es mucho menor que su valor económico; aún cuando el valor de la energía tiene una incidencia reducida en los costos industriales, es un insumo indispensable en el proceso productivo, siendo su escasez un factor limitante definitivo en el proceso de crecimiento.

La imagen falsa que sobre la importancia de la energía se tiene si se analiza su participación exclusivamente en el valor de la producción, se acentúa aún más si se tiene en cuenta que esa participación ha ido disminuyendo con el tiempo. Mientras que en 1965 el consumo de energía representó el 2.4% del valor de la producción industrial, en 1970 esta proporción se redujo al 2.2%; también, su participación en el total de los insumos se vio menguada de 3.9% en 1965 a 3.6% en 1970. El análisis simple de estas cifras hace parecer como si la energía perdiese importancia, lo cual está muy lejos de ser cierto. En realidad, su importancia económica aumenta conforme se moderniza la industria y se hace un insumo indispensable para el proceso productivo.

Los dos factores que han influido preponderantemente para que la energía participe cada vez menos en la formación de los indicadores antes mencionados son:

- a) La diferencia de los incrementos de los precios en los productos industriales y los incrementos en los precios de los energéticos.
- b) El mejoramiento constante de la tecnología que hace que pueda utilizarse cada vez menor cantidad de energía por unidad producida, no queriendo decir con esto que se esté haciendo el uso más eficiente posible de los energéticos, pero que de cualquier manera se está mejorando.

La demanda de energía en el sector industrial y su evolución dependen principalmente de dos factores ya mencionados anteriormente que son: la eficacia con que se utiliza la energía (factores tecnológicos) y las características estructurales del propio sector (factores estructurales).

La estructura interna del sector industrial no permanece constante, sino que evoluciona a medida que la economía progresa, dando lugar a cambios en la participación de determinadas ramas industriales, lo que modifica el esquema del consumo de energía del sector, así como las relaciones entre dicho consumo y el nivel de producción. La moder-

nización tecnológica que en diversos grados experimentan las ramas industriales influye de una manera importante en la estructura del consumo. En efecto, a medida que una estructura industrial avanza y se moderniza, aumenta el grado de mecanización, lo que produce generalmente un aumento en el consumo de energía y una disminución relativa de la fuente de trabajo ocupada por unidad producida; al mismo tiempo, la tendencia al aumento del consumo de energía se contrarresta por una mayor eficiencia en su uso debido en parte al aprovechamiento de las economías de escala, mejoras a equipos y sistemas productivos, resultando de tal forma un insumo menor de energía por producto.

Es difícil determinar la forma en que todos los factores influyen sobre el consumo de energía en el sector productivo y en la economía de un país, así como cuantificar cada uno de ellos; generalmente lo único que se puede establecer con cierto grado de exactitud son las relaciones entre los distintos volúmenes de producción y sus respectivos consumos de energía.

CAPITULO 2

EVOLUCION HISTORICA DEL CONSUMO DE ENERGIA, SITUACION ACTUAL EN MEXICO
Y ANALISIS DE LAS NECESIDADES FUTURAS DE ENERGIA.

CAPITULO 2

EVOLUCION HISTORICA DEL CONSUMO DE ENERGIA, SITUACION ACTUAL EN MEXICO Y ANALISIS DE LAS NECESIDADES FUTURAS DE ENERGIA.

2.1.- Evolución histórica del consumo de energía.

En el capítulo anterior se hizo un breve análisis histórico del consumo de energía en el mundo; la experiencia nos indica que el consumo de energía ha ido acompañado de la sustitución de unos energéticos por otros; esta sustitución esta asociada a los ya conocidos factores estructurales (o económicos) y a los factores tecnológicos.

La participación en el mercado de energía de los diferentes energéticos aumenta y después disminuye en forma logística (según C. Marchetti).

La participación de cada uno de los diferentes energéticos la podemos expresar mediante el siguiente modelo matemático:

$$\ln \left(\frac{F}{1-F} \right) = kt + c \quad \dots 1$$

donde F es la fracción del mercado total capturado por el nuevo energético, t el tiempo, k y c son constantes.

En la figura 2.1 podemos apreciar la aplicación de este modelo al proceso de sustitución de los principales energéticos primarios en el mundo.

Las líneas onduladas representan los datos históricos y las líneas rectas la adaptación del modelo a los datos.

Para el caso de México, E. López Vancell aplicó el modelo, como se puede observar en la figura 2.2, con el ajuste (líneas gruesas y rectas) a los datos históricos (líneas finas y quebradas).

La conclusión que se obtiene de la aplicación de este modelo es que la conducta de un submercado de energía queda definida por los siguientes factores:

a). Los lapsos de tiempo en que los diferentes energéticos logran por primera vez una participación mínima crítica en el mercado (entre el 2% y el 3%)

b).- La tasa de penetración de cada uno de estos energéticos, durante el lapso en que logró esta participación en el mercado.

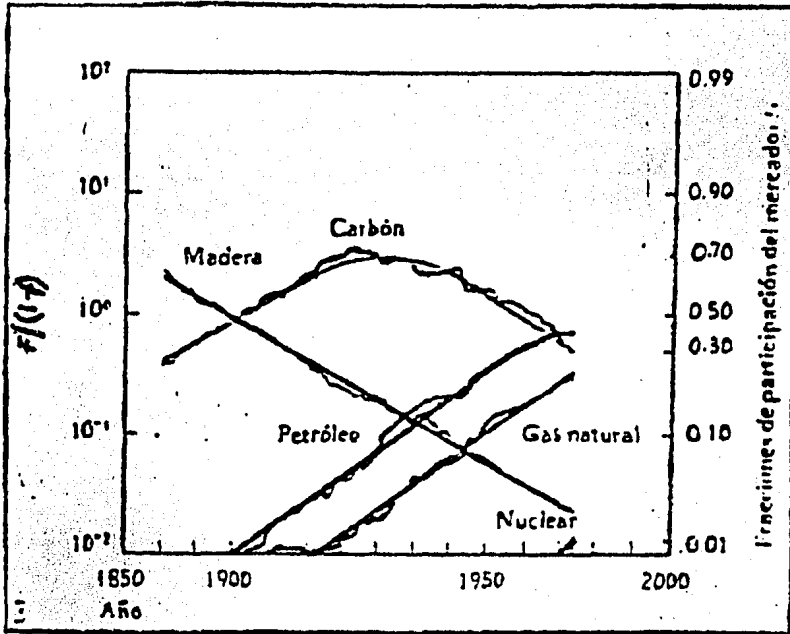


Figura 2.1.- Esquema de la historia de la sustitución de energía primaria en el mundo

Fuente: Second status report of the IIASA project on energy systems.

Este modelo logístico se puede utilizar para hacer algunas proyecciones a futuro, como se verá más adelante.

2.2.- Evolución reciente del consumo mundial de energía.

En el periodo de 1960 a 1976 todas las fuentes de energía primaria tuvieron aumentos en su consumo en cantidades absolutas, como se puede observar en la tabla 2.1. El aumento más importante que se observa es el del gas natural y petróleo cuyo consumo casi se triplica y crece a una tasa media anual de más del 6.5 %. La electricidad primaria tiene también un importante crecimiento, (de casi 3 veces con una tasa media anual de 6.34%.

En lo que corresponde a los combustibles minerales sólidos (carbón, lignito, turba) se observa un crecimiento lento que con una tasa del 2% anual aumenta 1.39 veces en el periodo en estudio.

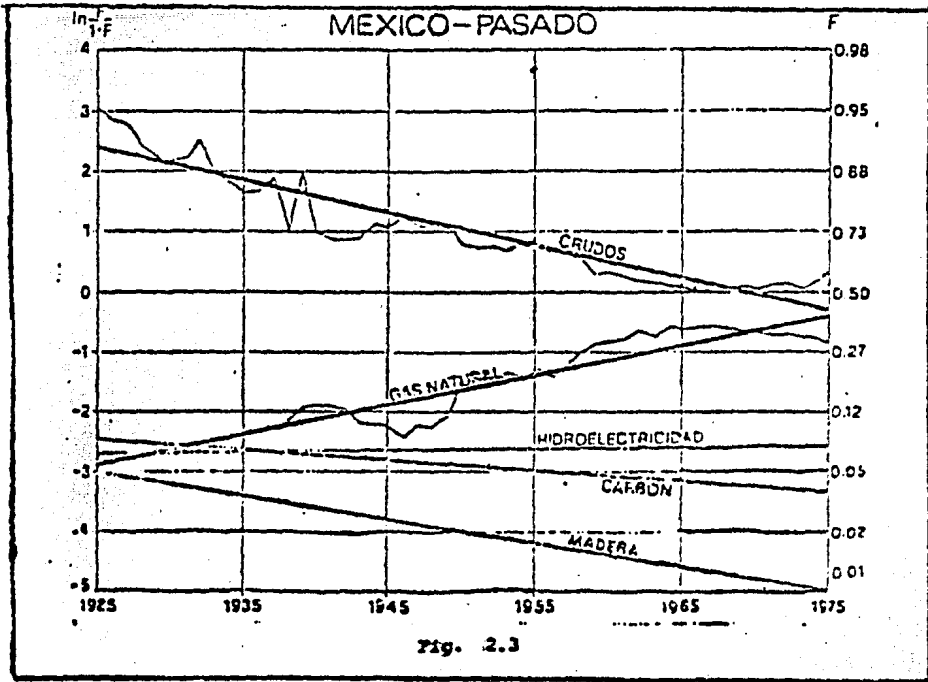


Figura 2.2.- Aplicación del modelo logístico en el mercado de energía para México.

Fuente: Boletín IIE, noviembre 1977.

Los energéticos no comerciales como son la leña, los desechos animales y vegetales, aumentan a una tasa media anual de casi el 2%.

La importancia relativa de los diferentes energéticos primarios se modificó en este periodo.

En 1960 el carbón era el principal energético primario a nivel mundial y representaba el 40% del mercado; el petróleo de segunda importancia con una participación del 28% y en tercer lugar estaba el gas natural con el 12%.

Para 1976 se invierten los papeles y el petróleo pasa al primer lugar con 38.6% del mercado total de energía y el carbón es desplazado al segundo lugar con 28%, después está el gas natural con una participación del 17%. La participación de la leña, que en 1960 era más importante que la electricidad, se reduce del 10% al 5.6% y la de --

los desechos vegetales y animales del 5% al 4.4%. De cualquier manera los energéticos no comerciales, que generalmente no se toman en cuenta en muchos balances energéticos, representaban en 1976 el 10% del consumo de energía primaria a nivel mundial.

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA MUNDIAL					
	1960		1976		Tasa de crecimiento anual
	10 ⁶ TEP	%	10 ⁶ TEP	%	%
COMBUSTIBLES MINERALES SOLIDOS	1359.41	40.16	1886.88	27.97	2.07
PETROLEO	947.29	27.96	2605.47	38.62	6.53
GAS NATURAL	415.08	12.26	1163.67	17.25	6.65
ELECTRICIDAD PRIMARIA	153.49	4.53	410.21	6.08	6.34
LEÑA	333.43	9.85	380.63	5.64	0.83
DESECHOS VEGETALES	176.63	5.22	299.93	4.44	3.36
T O T A L	3385.33	100.00	6746.79	100.00	4.40

Fuente: Fish, J.R. "Évolution des consommations d'énergie dans le monde. Une rétrospective 1960-1976". Electricité de France. Paris, 1980.

Tabla 2.1.- Evolución de la estructura del consumo de energía primaria mundial.

A nivel regional se observan diferencias de acuerdo con el nivel de desarrollo industrial.

En los países industrializados de economía de mercado se tuvo en dicho periodo una evolución similar a la mundial pero más acentuada, en donde los hidrocarburos satisfacen las dos terceras partes de las necesidades de energía primaria y los energéticos no comerciales representan solamente el 1.8% de la energía primaria.

En los países industrializados de economía planificada los hidrocarburos aumentaron también su participación pero solo alcanzan el 52% del mercado y el carbón pasa su participación al 42%.

En los países del tercer mundo los energéticos comerciales ocupan el 65% del mercado, el uso de la leña disminuye al 20% en 1976, de 33% que ocupaba en 1960. Vale la pena anotar que existen diferencias importantes entre los países del tercer mundo. En África la madera sigue siendo el energético más importante con una participación del 56%. En los países de economía de mercado de Asia el petróleo se convierte en el energético principal cubriendo el 28%, la participación de la leña baja al 22%. En los países de economía planificada de Asia, como por ejemplo China, el carbón continúa siendo importante, cubriendo el 63% en 1976 de 54% que cubría en 1960, el petróleo alcanza el 13% en 1976 de 5% que tenía en 1960. América Latina con una dependencia muy importante del petróleo, pasando de 38% en 1960 a 48% en 1976; el gas natural y la electricidad primaria tienen una participación importante de 11% y 10% respectivamente; la leña baja a 18% en 1976 de 35% que ocupaba en 1960.

2.3.- Evolución reciente del consumo nacional de energía.

Del mismo estudio podemos observar la evolución de la estructura del consumo de energía para México para el mismo periodo (1960-1976), condensándola en la tabla 2.2.

Se pueden observar tasas de crecimiento importantes para: combustibles minerales sólidos, petróleo, gas natural y electricidad primaria; una tasa menor para los desechos vegetales, en cambio el consumo de leña ha ido disminuyendo. Es importante también apreciar cómo el petróleo aunado al gas natural ocupan las tres cuartas partes de la participación total de este consumo energético.

2.4.- Situación actual en México.

Basandonos en los balances de energía publicados por la Comisión de Energéticos, podemos describir el panorama actual de la energía en México y como ha ido cambiando en los últimos años (ver figura 2.3 y tabla 2.3 adjuntas).

De estos balances energéticos podemos obtener cuatro importantes indicadores para dar un panorama de la energía en México.

2.4.a.- Balances de energía (1970-1981).

La gráfica 2.1 nos muestra la producción nacional de energía además del incremento del porcentaje que se ha tenido en cuanto a la ex

portación se refiere; como se puede ver dicho porcentaje pasa de un 8.06% en 1970 a un 37.7% en 1981. Aunque este gran volumen de exportación sea de vital importancia para el desarrollo y la economía de nuestro país, nos hace analizar si la energía que hoy exportamos no nos hará falta en el futuro. Por otro lado las importaciones se han mantenido constantes en el mismo periodo en estudio y a nivel muy reducido, pero dada la abundancia de nuestros recursos energéticos - cabe pensar que podríamos lograr una autosuficiencia total en esta materia.

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA EN MEXICO					
	1960		1976		Tasa de crecimiento anual
	10 ⁶ TEP	%	10 ⁶ TEP	%	%
COMBUSTIBLES MINERALES SOLIDOS	1.279	4.91	6.072	6.47	7.51
PETROLEO	13.867	53.20	35.671	56.71	6.06
GAS NATURAL	3.790	14.56	12.212	19.41	7.59
ELECTRICIDAD PRIMARIA	1.246	4.79	3.969	6.31	7.51
LEÑA	2.959	11.37	2.583	4.11	-0.85
DESECHOS VEGETALES	2.687	11.09	4.395	6.99	2.66
TOTAL	26.028	100.00	62.902	100.00	5.67

Fuente: Frish, J.R. "L'évolution des consommations d'énergie dans le monde. Une retrospective 1960-1976". Electricité de France. Paris, 1980.

Tabla 2.2.- Evolución de la estructura del consumo de energía primaria en México.

2.4.b.- Oferta al mercado nacional

Como se puede observar en la gráfica 2.2, aparece como indicador importante la dependencia con respecto a los hidrocarburos, la cual pasa del 86.3% en 1970 al 91.7% en 1981. Dado el volumen de exportaciones así como la oferta al mercado nacional de estos energéticos, existe el riesgo del agotamiento de nuestras reservas probadas en el transcurso del presente siglo. A partir de esta información se debe de pensar en una diversificación de las fuentes de energía,

dado el valor absoluto de algunas fuentes de energía renovables han mantenido casi constante su oferta en el mismo periodo y que incluso su participación en el total llegó a bajar en el año de 1980. De desarrollar también otras fuentes de energía y explotárlas, sería otro recurso; estas fuentes de energía serían: la proveniente del carbón y la geotermia, para con esto depender en menor grado de los hidrocarburos.

2.4.c.- Consumo propio y pérdidas del sector energético.

Como tercer indicador tenemos las pérdidas que se tienen en el sector energético, tal es el caso de plantas termoeléctricas, refinarias, plantas petroquímicas, etc., así como su consumo propio, que aunque se han mantenido dentro de un cierto nivel en cuanto al porcentaje de la oferta al mercado nacional siendo del 40.78% en 1970 y pasando al 42.6% en 1981, nos podemos dar cuenta de que en México se hace cada vez más crítico el uso ineficiente de la energía en este sector y que no han influido en nada los factores tecnológicos para hacer un mejor uso y aprovechamiento de la energía, sino por el contrario se ha ido acentuando la ineficiencia en la generación debido a la abundancia que se tiene actualmente en materia de hidrocarburos y los bajos precios de los mismos. Más adelante se hará mención de algunas estrategias para la disminución y ahorro en el consumo de energía en el sector energético.

En la gráfica 2.3 se puede apreciar lo mencionado anteriormente.

2.4.d.- Consumo final del mercado nacional.

Como último indicador tenemos el consumo final de energía en el mercado nacional. Para este consumo podemos observar su cambio en los últimos años así como la composición por sectores en las gráficas 2.4 y 2.5.

Se puede observar cómo el transporte ha acaparado la mayor parte del consumo de energía siendo del 38.22% del consumo final en 1970 y pasando hasta un alarmante 41% en 1981, lo que está muy por encima del consumo de energía en la industria.

En lo que respecta al sector industrial, su consumo de energía no solo es menor que el del transporte, sino que además ha ido disminuyendo relativamente con el tiempo; pasa de absorber un 37.63% en --

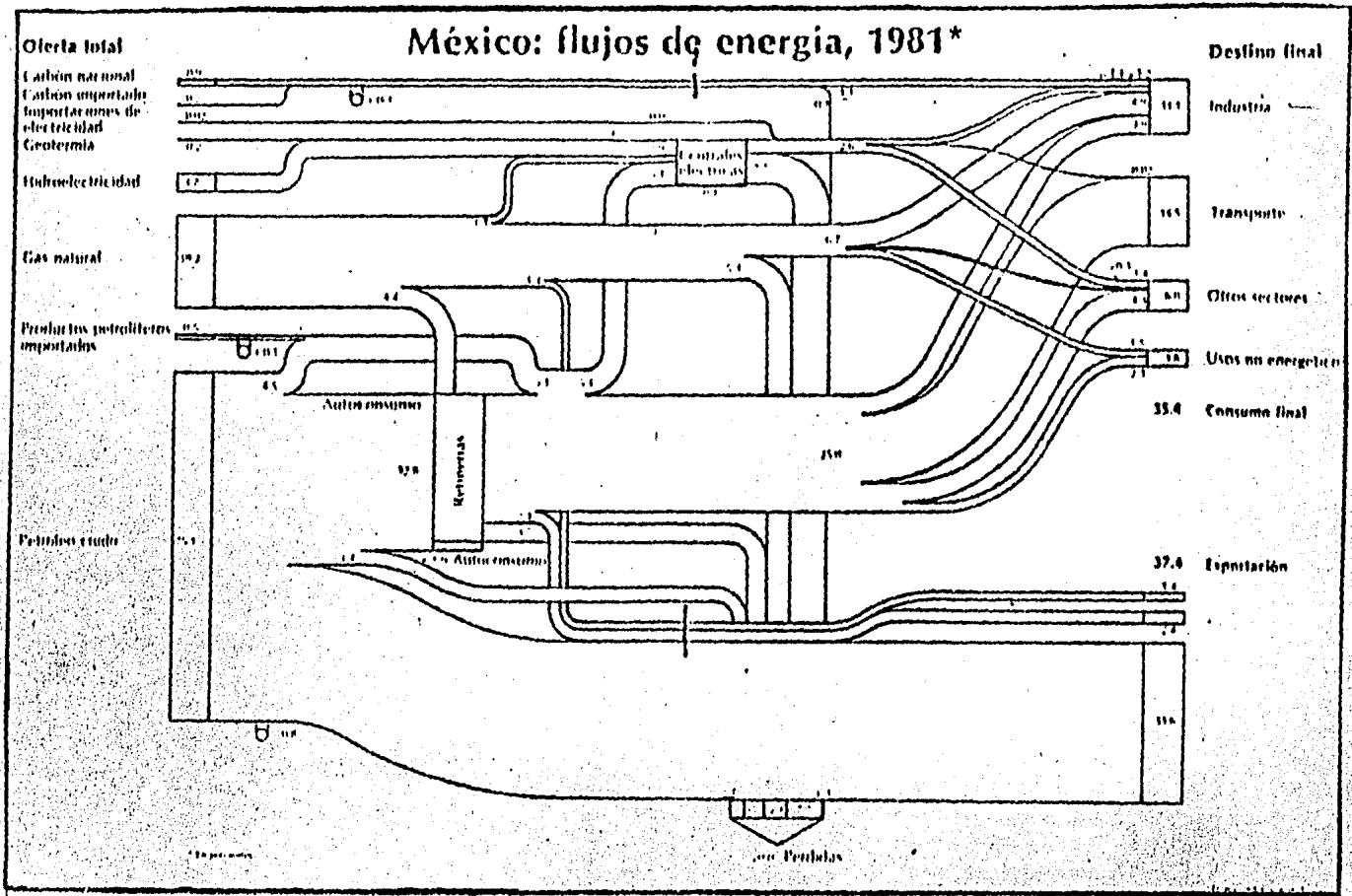


Figura 2.3. - Balance de energía 1981.

FUENTE: Comisión de energéticos.

Tabla 2.3.- BALANCE NACIONAL DE ENERGIA (1970-1981) (Real $\times 10^{12}$)

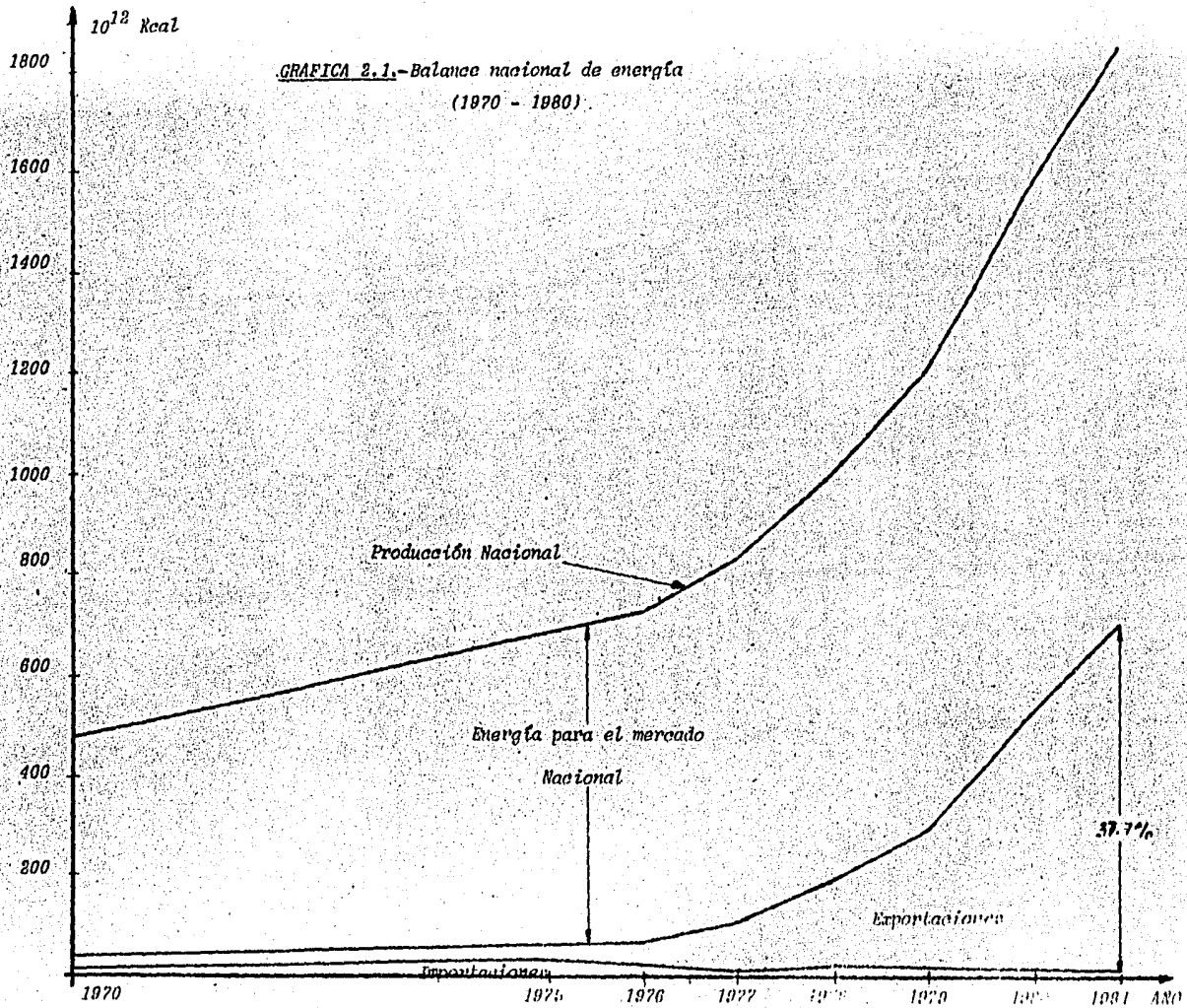
	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
PRODUCCION NACIONAL	475.668	678.712	730.828	830.903	1008.755	1203.339	1547.859	1837.871
IMPORTACIONES	16.206	35.893	21.437	10.946	21.772	20.652	14.465	13.708
EXPORTACIONES	-38.383	-62.857	-67.965	-113.253	-200.441	-295.464	-512.934	-692.883
VARIACION DE INV.	-0.376	-10.622	0.184	-0.134	3.307	-8.082	-9.119	-12.194
ENERGIA PARA EL MERCADO NACIONAL + PERDIDAS	453.115	641.126	684.484	728.522	833.393	920.445	1040.271	1146.502
<u>OFERTA AL MERCADO NACIONAL</u>								
	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
PETROLEO	246.955	388.746	467.699	471.515	528.452	571.842	674.349	722.348
GAS NATURAL	144.392	183.978	185.180	178.082	233.774	270.113	290.406	329.119
CARBON	13.566	21.226	17.027	21.035	24.897	24.026	24.259	22.054
E. HIDROELECTRICA	48.042	47.239	52.557	56.099	46.577	51.472	47.874	69.937
ELEC. IMPORTADA	0.160	0.327	0.240	0.046	0.046	0.052	0.776	0.288
GEOTERMIA	0.000	1.630	1.781	1.746	1.734	2.940	2.617	2.758
TOTAL	453.115	641.126	684.484	729.523	833.182	920.445	1040.271	1146.502

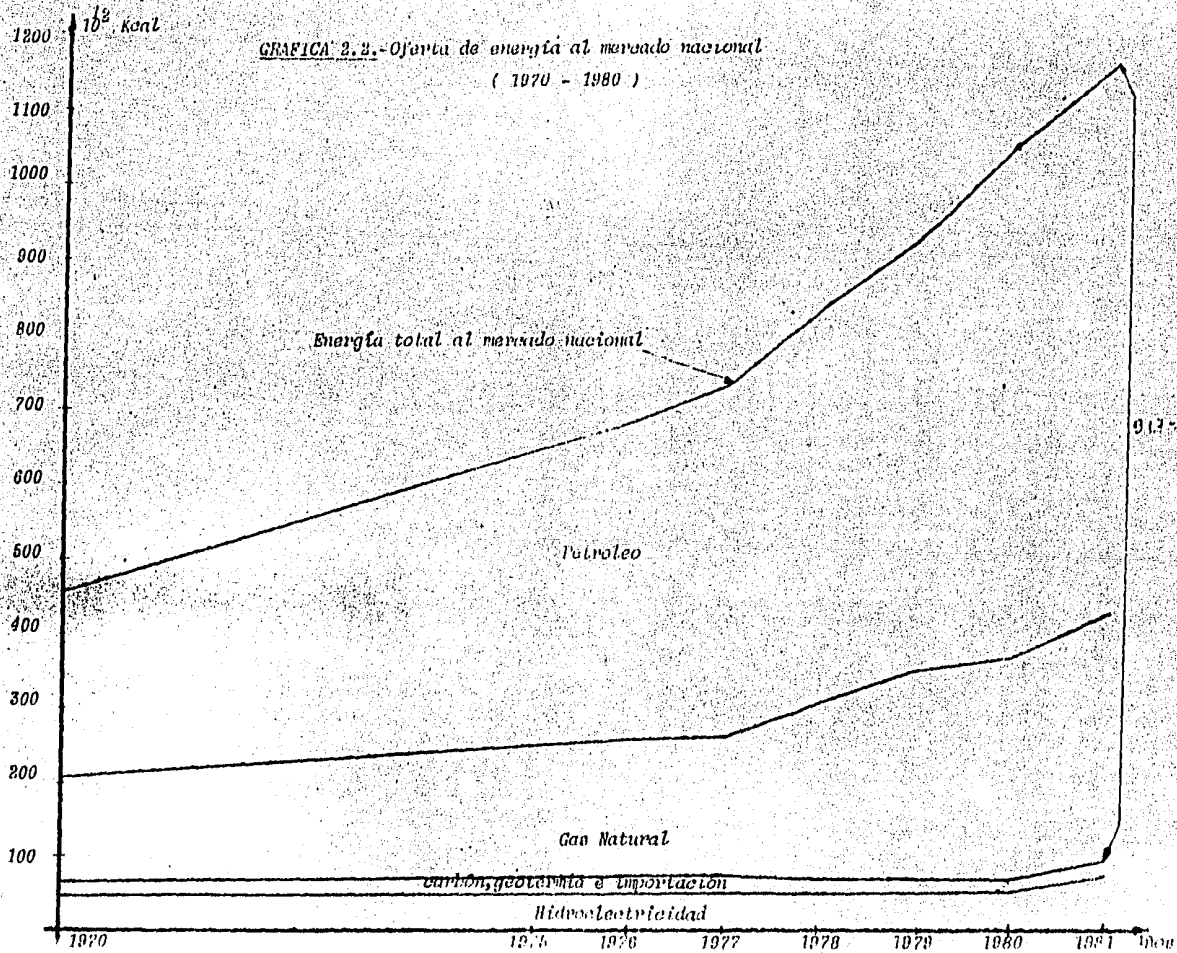
CONSUMO PROPIO Y PERDIDAS DEL SECTOR ENERGETICO

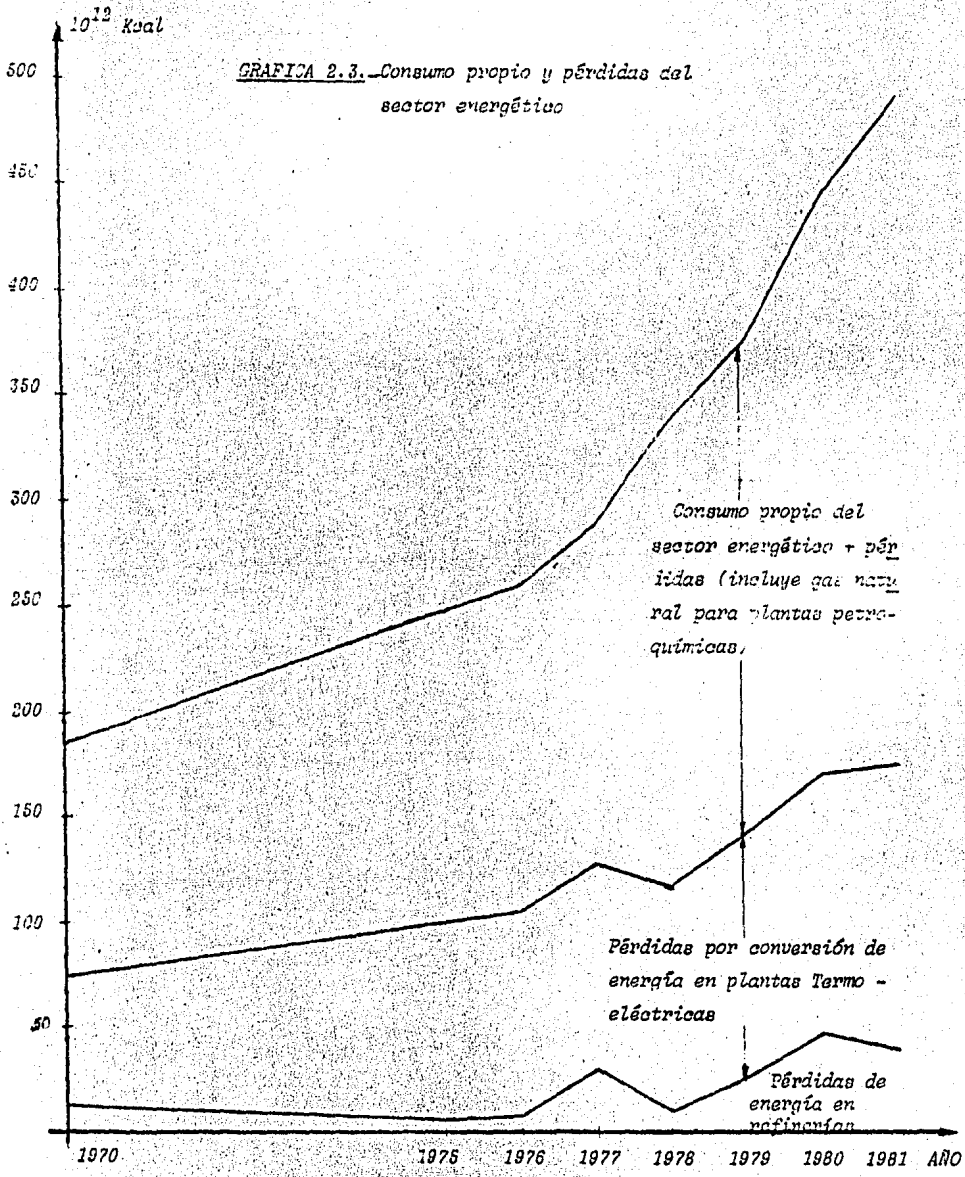
	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
CONSUMO PROPIO DEL SECTOR								
ENERGETICO MAS PERDIDAS - (Incluye gas nat. para -- plantas petroquímicas)	110.349	147.739	153.800	159.633	220.349	231.900	274.119	314.460
PERDIDAS POR CONVERSION DE ENERGIA EN PLANTAS TER MOELECTRICAS.	61.901	93.463	98.410	98.198	108.027	117.354	123.769	135.821
PERDIDAS DE ENERGIA EN REFINERIAS	12.563	6.504	7.584	29.834	8.828	26.329	46.679	38.948
TOTAL	184.813	247.506	259.794	287.665	337.204	375.583	444.567	489.229

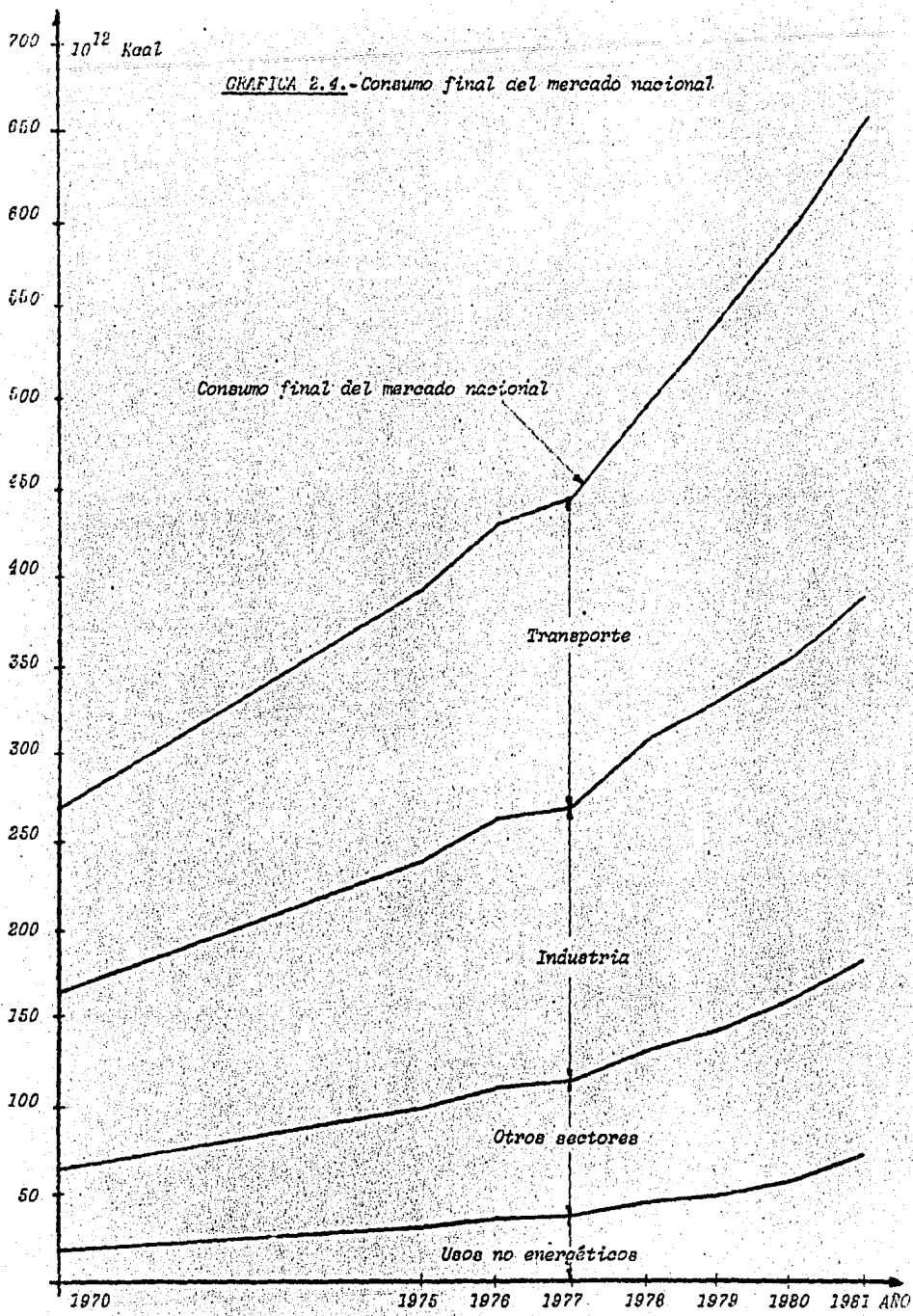
CONSUMO FINAL DEL MERCADO NACIONAL

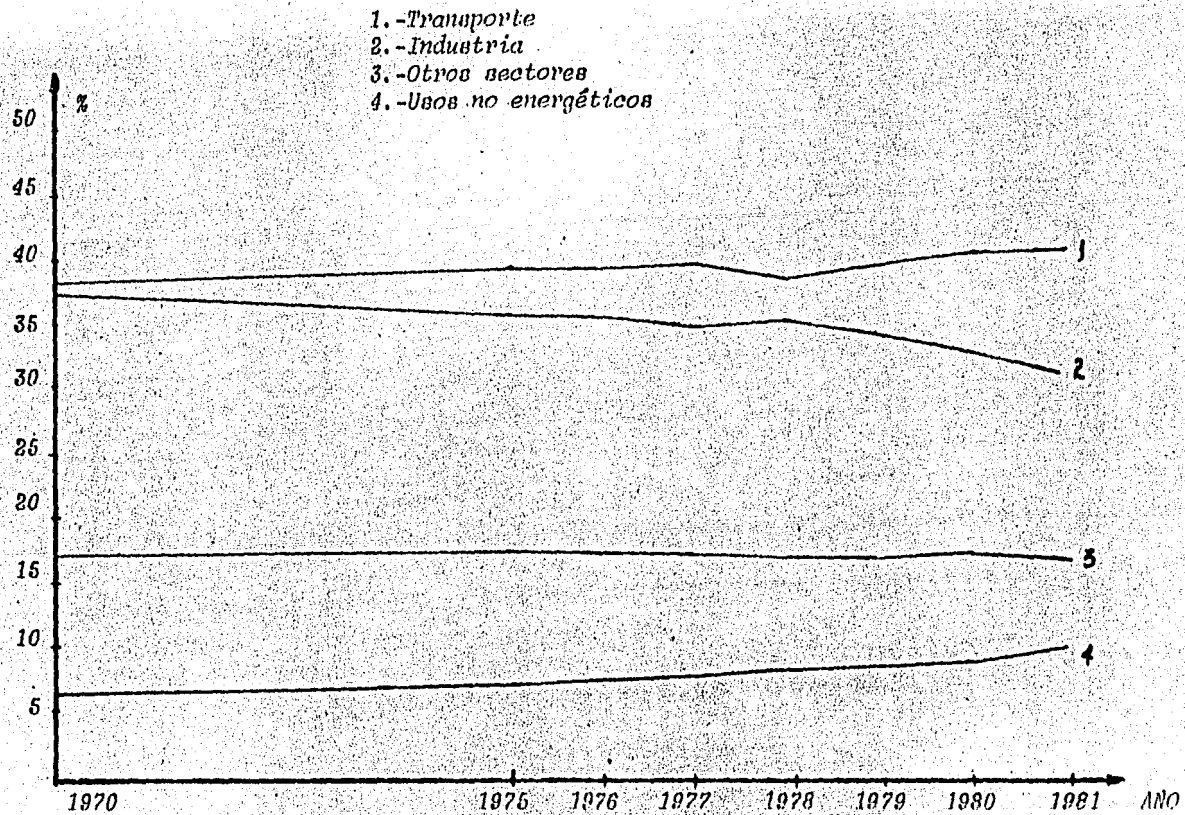
	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
INDUSTRIA	100.922	139.993	152.952	154.656	174.817	186.057	194.156	204.998
TRANSPORTE	102.508	154.172	166.814	175.458	190.436	215.723	241.883	269.436
OTROS SECTORES	46.464	68.844	74.575	76.796	86.068	93.422	103.659	110.735
USOS NO ENERGETI- COS	18.261	29.812	35.067	37.138	44.574	49.425	55.867	71.750
TOTAL	268.155	392.821	429.408	444.048	495.895	544.627	595.565	656.919











GRAFICA 2.5.- Consumo final de energía por sector en %

1970 a un 31.2% en 1981. Esto no quiere decir que se esté haciendo un mejor uso de la energía en este sector, pero que sí detecta la baja industrialización y además el alto porcentaje que ocupan los otros sectores consumidores de energía.

En el sector residencial y comercial se aprecia una baja relativa en cuanto a la participación de los sectores mencionados y que al igual que el anterior no se debe de tomar como punto a favor en el uso más eficiente de la energía.

Respecto al uso final por sectores mencionaremos también más -- adelante algunas estrategias para hacer un mejor uso de la energía.

2.5.- Análisis de las necesidades futuras de energía.

Anteriormente se mencionó el notable crecimiento que existe en el consumo de los hidrocarburos. El consumo de energéticos ha crecido históricamente en México a una tasa media anual del orden del 7%, lo cual quiere decir que el consumo se verá duplicado cada diez años. En los años recientes esta tasa aumentó a casi el 11% anual.

Considerando que se conserva la tasa histórica del consumo de energía, la Comisión de energéticos realizó una proyección a futuro del consumo, que se muestra en la figura 2.3.

Podemos apreciar que según este estudio el consumo de energía para el año 2000 será de 3500×10^{12} Kcal., que es mayor en casi 5 veces que el consumo en 1978.

Si suponemos que en el año 2000 la población será de 120 millones de habitantes, el consumo por habitante será en ese año de 29.17×10^6 Kcal/hab, el cual está un poco debajo del que se tiene en países desarrollados actualmente.

La Comisión de Energéticos estima, en una de sus publicaciones, que el consumo de los hidrocarburos en México crecerá a una tasa promedio anual del 6.6%; de aquí la importancia de una diversificación en la oferta energética mediante la participación de nuevas fuentes de energía primaria, cuyo crecimiento deberá ser acelerado.

En la figura 2.4, que es una gráfica publicada por la Comisión de Energéticos, se aprecia la producción petrolera anual posible para dos relaciones de reservas de producción, considerando unas reservas de 50 919 millones de barriles y una exportación igual al 10% --

del consumo interno, que está por debajo de los planes actuales del gobierno. Podemos ver que la producción de hidrocarburos, en la hipótesis favorable, comienza a declinar en el año 2002.

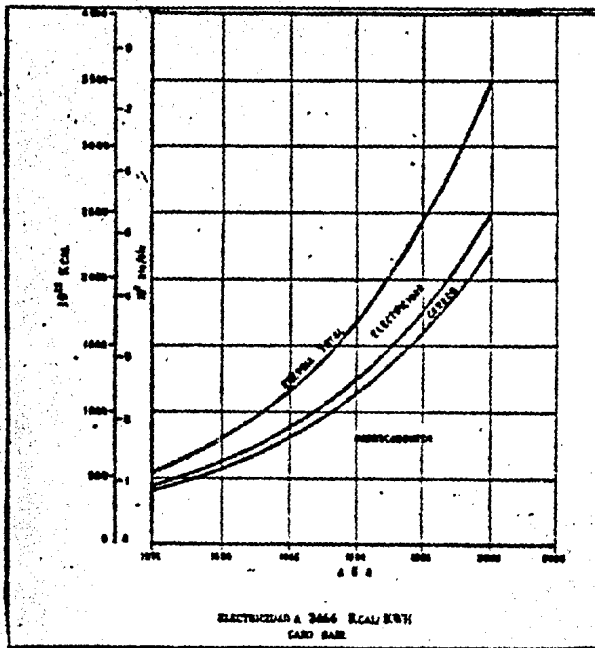


Figura 2.3.- Consumo total de energía en México (proyección).

Fuente: Comisión de Energéticos.

Podemos hacer otro cálculo de la duración de las reservas probadas de hidrocarburos partiendo de las siguientes bases:

- a).- El consumo interno en 1981 fue de 670.80×10^6 barriles/año, y se supone una tasa de crecimiento media anual de 6.6%,
- b).- Las exportaciones se mantendrán al nivel de las contratadas para el año de 1981 y que fueron de 505.82 millones de petróleo crudo equivalente y 300 millones de pies cúbicos diarios de gas natural.

Como se puede observar en la gráfica de la figura 2.5 las reservas probadas de 72 000 millones de barriles se agotarían en 29 años, o sea en el año 2010.

El cálculo anterior no toma en cuenta que la explotación petrolera requiere que la relación entre reservas probadas y la producción

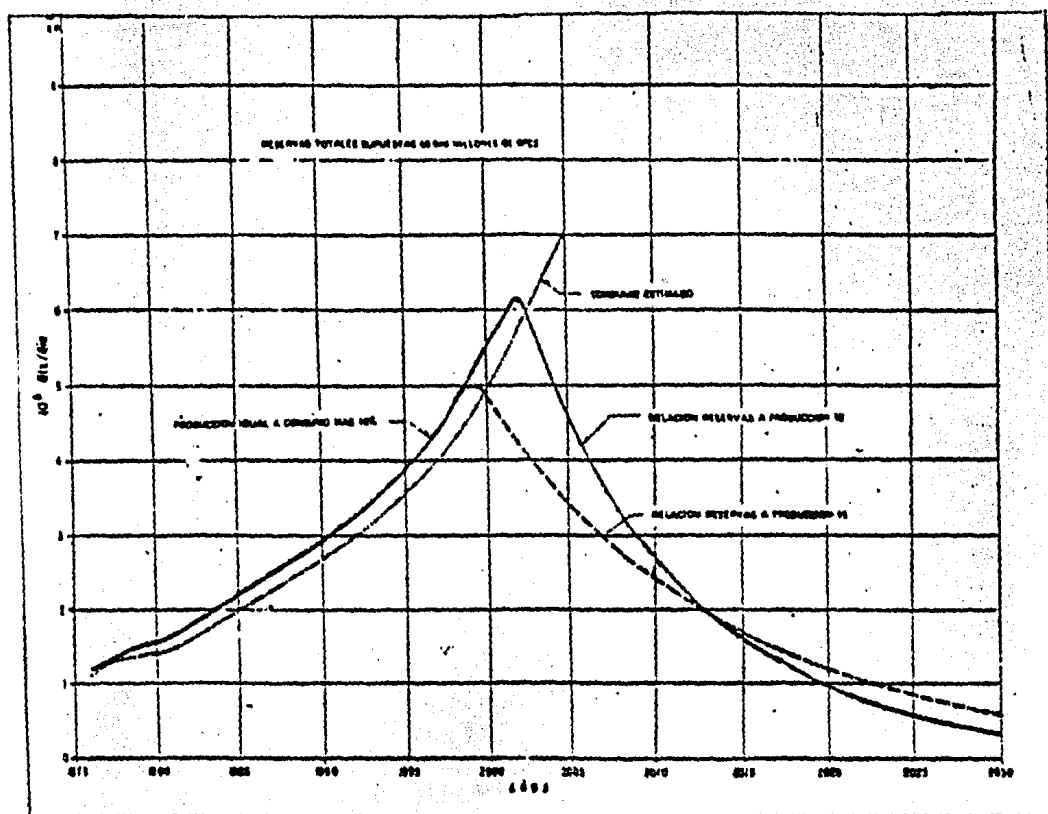


Figura 2.4.- Proyección de la producción de hidrocarburos.

Fuente: Comisión de Energéticos.

anual no descienda por debajo de un nivel crítico, que según el Plan de Energía, se alcanza cuando las reservas representan una vida de - 15 años en relación con la extracción anual. En consecuencia, la producción de hidrocarburos empezará a declinar mucho antes del agotamiento de las reservas, como se puede ver en la figura 2.6, tomada del Programa de Energía.

Por otro lado ya mencionamos la aplicación del modelo logístico, el cual se puede aplicar al futuro, tomando como ejemplo un informe elaborado por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados, el cual analiza la penetración de otras fuentes de energía,

tales como la energía solar y la energía nuclear. Como puede verse - en la figura 2.7, la energía nuclear alcanza su participación del 1% en 1970 en el mercado mundial de energía, con una tasa de penetración igual a la de las fuentes de energía convencionales; por lo que concierne a la energía solar se supone que alcanza la participación del 1% en el año 2000 y que su tasa de penetración será igual que la de la energía nuclear.

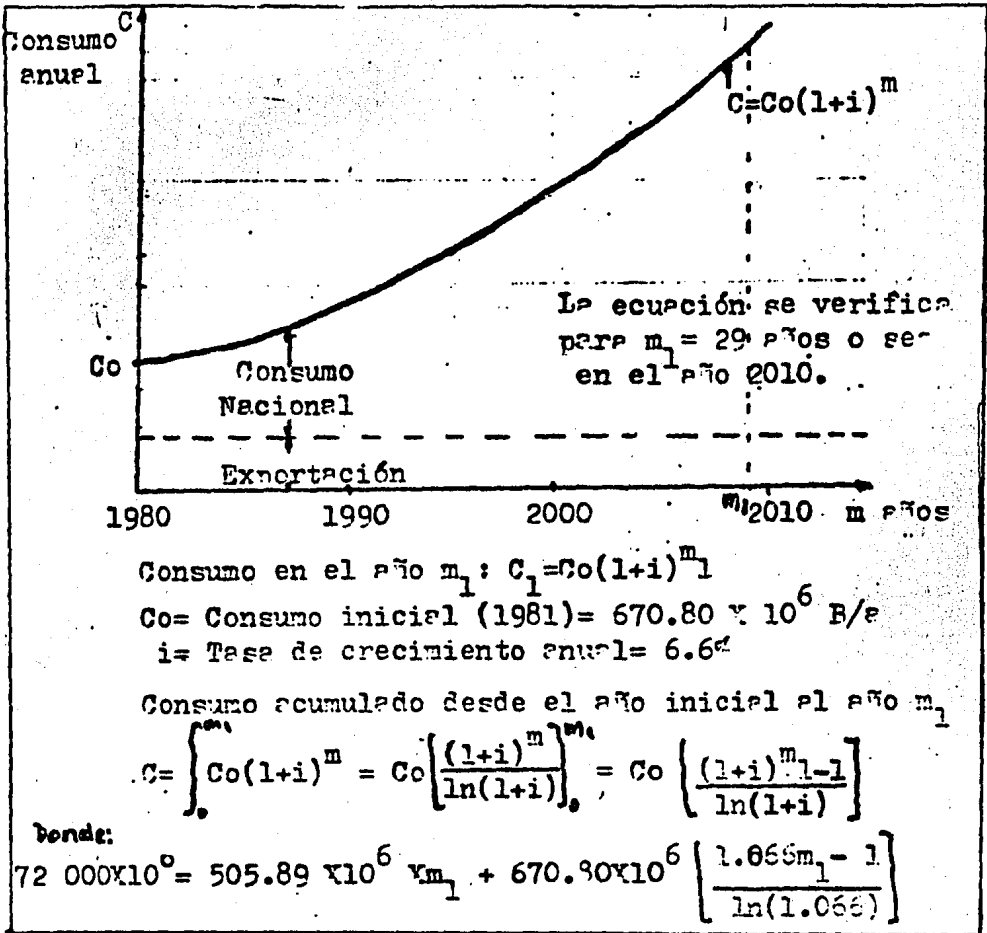


Figura 2.5.- Duración teórica de las reservas de hidrocarburos de México.

Este tipo de resultados depende de sus hipótesis de partida, trayendo como consecuencia diferentes escenarios que indican la necesidad de establecer modelos de planeación energética a largo pla-

zo así como la toma de decisiones en el marco de la evolución del sector energético.

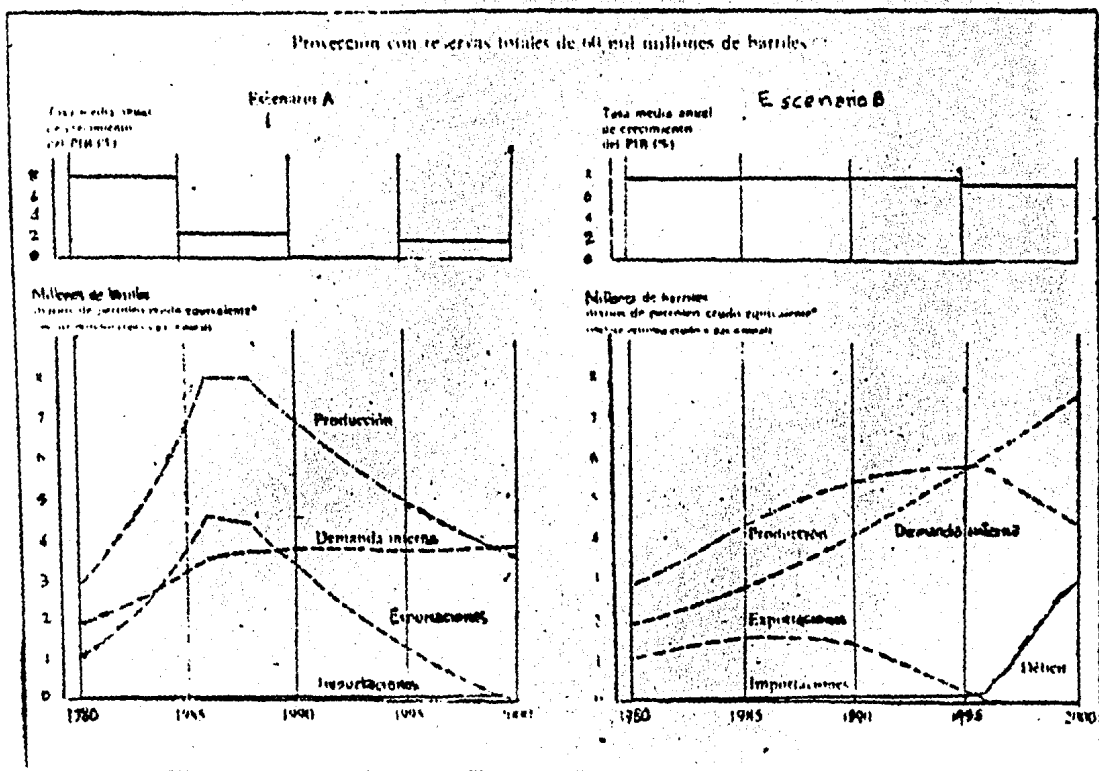


Figura 2.6.- Crecimiento económico y producción de hidrocarburos.
Fuente: Programa de Energía.

El ya conocido modelo logístico fue aplicado para el caso de México por E. López Vancell y C. Vélez Ocoñ.

Para la aplicación del modelo, los autores se basan en las predicciones presentadas por la Comisión de Energéticos en el estudio "Propuesta de lineamientos de Política Energética", pero suponiendo una menor demanda eléctrica, reduciendo la capacidad nuclear a 10 000 MW y las plantas de carbón a 5000 MW, aumentando la generación hidroeléctrica en 50%. Además suponen la introducción de una nueva fuente de energía, que bien podría ser una combinación de energía de fusión nuclear y energía solar, captando en el año 2000 el 1% del mercado.

En la tabla 2.3 se muestra la participación de los diferentes energéticos primarios en la oferta de energía, de acuerdo con la proyección citada.

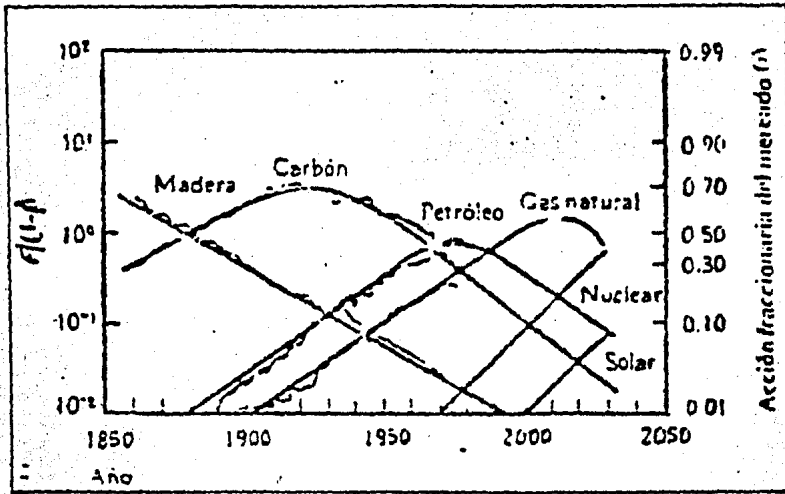


Figura 2.7.- Ejemplo que utiliza la historia de la sustitución de la energía primaria mundial de 1860 a 1975 para proyectar las participaciones en el mercado hasta 2030.

Fuente: IIASA.

PROYECCION DE LA OFERTA ENERGETICA AL AÑO 2,000		
Energía Primaria	Consumo anual 10 ¹² K col.	Fracción del mercado %
Petróleo	506	15.1
Gas Natural	2,045	61.0
Carbón	290	8.6
Nuclear (fisión)	168	5.0
Hidráulica y geotermia	312	9.3
"Solar"	33	1.0
	<u>3,354</u>	<u>100.0</u>

Tabla 2.3

Fuente: Comisión de Energéticos.

Los resultados anteriores son entonces aplicados al modelo matemático obteniendo así el panorama a futuro para los diversos energéticos, con lo que se obtiene la figura 2.8 para un escenario solar.

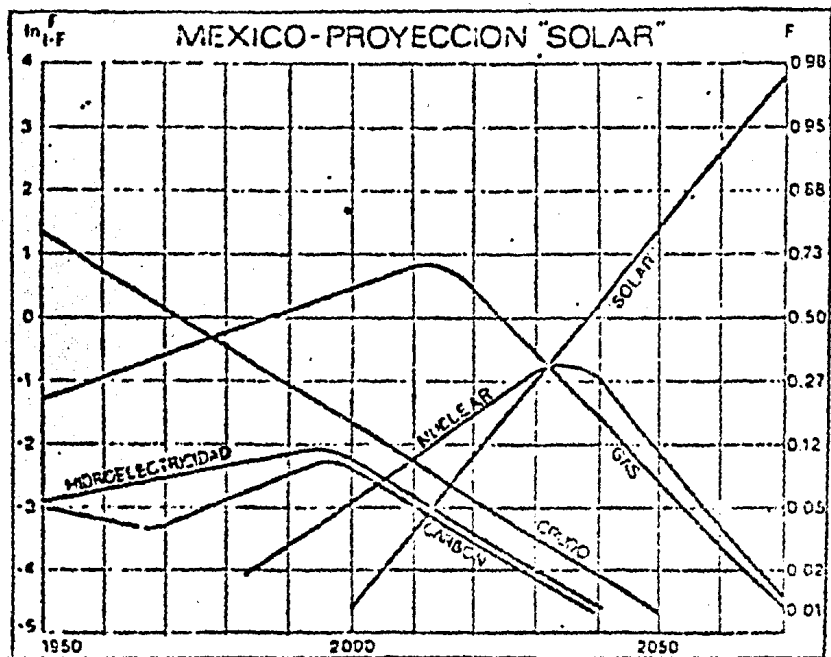


Figura 2.8.- Proyección de la participación de las diferentes fuentes de energía primaria en el mercado para el futuro.

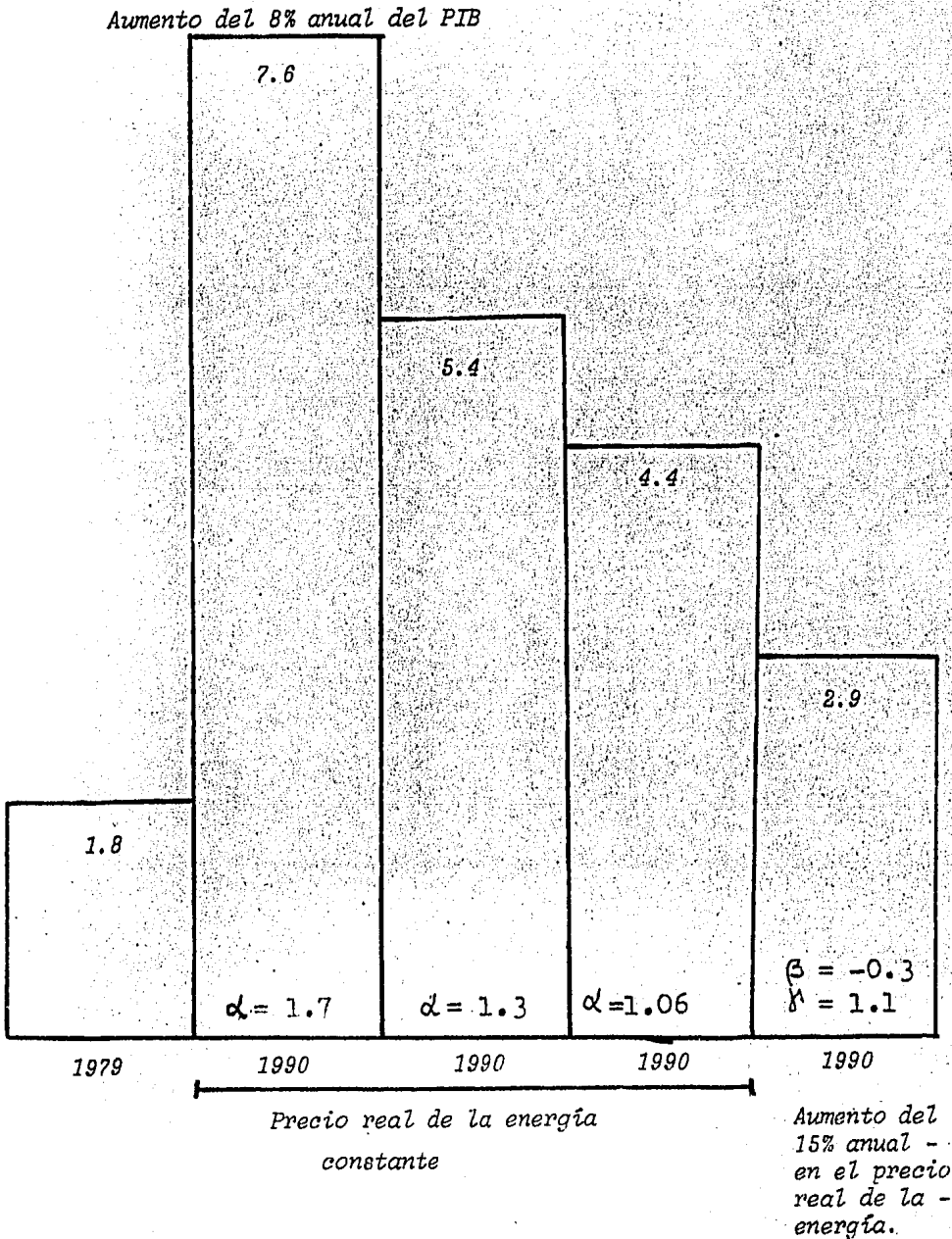
Fuente: Boletín IIE, noviembre 1977.

Ante todas las situaciones mencionadas, se hace evidente la necesidad de crear políticas energéticas para poder hacer frente a las necesidades futuras de energía, mediante la elaboración de programas de conservación de energía que permitan reducir el crecimiento futuro en el consumo de los energéticos, pero de alguna manera sin que se altere el crecimiento económico del país y mediante programas de diversificación de la oferta energética.

Puede aplicar el modelo matemático de la relación entre consumo de energía y desarrollo económico, tomando en cuenta la variación de los precios de la energía. En un estudio elaborado para una sesión sobre energéticos en el Colegio Nacional se hicieron los cálculos del consumo de energía en México para el año 1990, para varios valo-

res de las elasticidades energía-ingreso y energía-precio. Los resultados son mostrados en la figura 2.9. Podemos observar que de continuar las tendencias actuales, la demanda de energía en 1990 sería de más de 4 veces la de 1979. Una forma más conveniente sería implementar la política de uso racional de energía y de precios de la energía propuesta por el Programa de Energía. La demanda de energía en 1990 - para el mismo crecimiento económico supuesto del 8% anual, sería de 2.9 millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente, que es sólo 1.6 veces mayor que la de 1979.

FIGURA 2.9. Pronósticos de la demanda futura de energía en México (1979-1990)
 (Millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente)



CAPITULO 3

CONSERVACION DE LA ENERGIA Y DIVERSIFICACION DE LA OFERTA ENERGETICA.

CAPITULO 3

LA CONSERVACION DE LA ENERGIA Y LA DIVERSIFICACION DE LA OFERTA ENERGETICA.

3.1.- Definición de conservación de la energía.

De acuerdo con la XI Conferencia Mundial de Energía, celebrada en Munich, Alemania, del 8 al 11 de septiembre de 1980 se define como sigue: "La conservación de energía agrupa todas las acciones que aseguran el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos; estas acciones incluyen el ahorro y la racionalización del uso de la energía, además de la sustitución de una forma de energía por otra". Su razón principal es encontrar el punto óptimo de la relación existentes entre el consumo de energía y el desarrollo económico.

Partiendo de la definición anterior podemos distinguir dos puntos importantes para la conservación de energía:

- dejar de utilizar la energía o utilizarla en menor cantidad para un determinado fin.
- hacer el trabajo más eficiente utilizando el mismo tipo de energía o sustituyéndola por otro tipo.

3.2.- Diversificación de la oferta energética.

Como ya hemos mencionado, una de las maneras de conservar la energía es la de sustituir una forma de ésta por otra, es decir, diversificando la oferta energética mediante la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de energía, especialmente fuentes renovables.

Como ya es conocido, en México la mayor parte de la oferta de energía primaria ha sido a base de hidrocarburos.

La tabla 3.1 tomada de los balances de energía nos muestra la composición de la oferta energética primaria así como su reciente evolución, de los años 1975 a 1981. Se puede notar la gran dependencia -- que se tiene de los hidrocarburos y de inmediato se puede pensar en lo grave del problema si se toma en cuenta que dichos energéticos se encuentran clasificados en los llamados recursos no renovables y que como ya se indicó anteriormente existe el riesgo del agotamiento de

estos energéticos en un futuro cercano.

Energía primaria (%)	1970	1977	1979	1980	1981
Petróleo	56.81	64.72	62.12	64.82	63.0
Gas Natural	28.69	24.4	29.34	27.92	28.7
Carbón	5.31	2.8	2.61	2.33	1.9
Hidroelectricidad	7.37	7.9	5.59	4.6	6.1
Geotermia	0.25	0.23	0.32	0.25	0.2
Energía primaria total (Kcal)	641.26 $\times 10^{12}$	728.52 $\times 10^{12}$	920.44 $\times 10^{12}$	1040.3 $\times 10^{12}$	1146.5 $\times 10^{12}$
Aumento respecto al año anterior (%)		6.5	10.4	13.01	9.6

Tabla 3.1.- Evolución de la composición de la oferta energética primaria en México.

Fuente: Boletín Energéticos

Ante esta situación el Programa de Energía plantea entre sus principales objetivos el de "diversificar las fuentes de energía primaria, prestando particular atención a los recursos renovables"; además agrega que "la diversificación es la única manera en que se puede evitar el aumento en la dependencia de los hidrocarburos. Sin embargo, es importante señalar que no es posible disminuir apreciablemente tal dependencia durante los próximos diez años. Dentro del marco tecnológico actual, las mayores oportunidades de diversificación se presentan en la generación de electricidad, aunque hay posibilidades en los otros sectores".

Para lograr estos objetivos el Programa de Energía plantea las actividades que a continuación se resumen:

Petróleo y gas natural.- "La producción deberá cubrir la demanda interna, cualquiera que esta sea, y generar un excedente exportable de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente 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 de barriles diarios en 1985 y de 4.1 millones de barriles diarios en 1990. La de gas natural ascendería a 4 300 millones y a 6 900 millones de pies - cúbicos diarios en esos años, respectivamente.

Por otro lado debido a que la producción de petróleo crudo genera gas asociado, una parte del cual, hasta la fecha, ha sido liberado a la atmósfera, el Programa de Energía establece la reducción de los factores que obligan a este desperdicio, y una vez cumplida esta meta se propone incrementar el consumo de gas en el sector energético en lugar de combustible.

Carbón.- De acuerdo con el Programa de Energía las reservas probadas de carbón coquizable son actualmente alrededor de 1500 millones de toneladas "in situ", equivalentes a más de 1000 millones de toneladas 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 de toneladas 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 de esta actividad minera.

Por lo que hace a la utilización de carbón en 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 carboeléctrica con capacidad final de 1200 MW y se prevé la construcción de dos plantas más, de 1400 MW cada una, durante la presente década. En 1990 estos 4000 MW de capacidad de generación contribuirán con casi el 11% de la generación bruta de electri-

cidad 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 realiza en nuestro país".

Uranio.- El Programa de Energía reconoce que las actuales reservas probadas de uranio sólo alcanzan para la vida útil de la planta nucleoelectrica 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 en dicho Programa reforzar los programas de Uramex en materia de explotación de uranio de México. En cuanto al programa nucleoelectrico, anunció que la primera unidad de Laguna Verde, entrará en servicio en 1983 con una capacidad de 654 MW y la segunda unidad con la misma capacidad en 1984. Señaló que se instalará una unidad más que deberá estar en servicio antes de 1990, con lo que México contará en ese año con una capacidad nucleoelectrica instalada del orden de 2500 MW. Además de esas dos plantas que deberán estar en operación en 1990, se propone iniciar la selección de sitios y tecnologías para así poder cumplir con el objetivo planeado en el Programa de Energía: tengan instalados a fines de este siglo los 20 000 MW de capacidad nuclear. Como es bien sabido, este programa nucleoelectrico ha quedado en suspenso debido a la actual crisis económica.

Energía hidroeléctrica.-El potencial hidroeléctrico identificado de acuerdo al más reciente estudio de la Comisión Federal de Electricidad, permitirá 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 68 746 GWh/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 teórico es mucho 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 para el aprovechamiento de este recurso, que consiste en llegar a 620 MW de capacidad en 1990 en lugar de los 150 en servicio en 1980.

Energía solar.- El Programa de Energía señala: "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 plazo su participación en el 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, con la llamada energía solar pasiva, consistente en diseñar los espacios habitacionales de manera que se aproveche mejor este recurso. A más largo plazo, si los esfuerzos tecnológicos en este campo tienen éxito, dicha parte contribuirá a sentar las bases para el desarrollo de sistemas eléctricos -- descentralizados que utilicen un recurso permanente, ampliando así la gama de opciones energéticas".

3.3.- Recursos energéticos convencionales de México.

Hasta aquí solo hemos mencionado los planes del Programa de Energía para diversificar la oferta energética.

Expondremos ahora los recursos energéticos con que cuenta México, según informaciones recientes, así como un pequeño panorama de las opciones energéticas de nuestro país.

En la tabla 3.2 se resume esta información con los datos de las reservas probadas de los diferentes energéticos primarios con que cuenta México además de los recursos potenciales de los mismos, para así poder evaluar estos recursos y plantear una diversificación en la oferta de energía primaria a corto y mediano plazo. No se incluyen las -- fuentes no convencionales de energía que son principalmente: la energía solar, la biomasa y la fusión nuclear; pero aunque pueden jugar un papel importante a largo plazo, para sustituir principalmente a los hidrocarburos en la mayoría de sus utilidades en cuanto a energía se

RECURSOS ENERGETICOS DE MEXICO

TABLA 3.2

I. RECURSOS NO RENOVABLES
(CANTIDADES RECUPERABLES)

RECURSO	TIPO DE INFORMACION	CANTIDAD	EQUIVALENTE TERMICO KCAL	CONSUMO EN 1981 KCAL
HIDROCARBUROS	RESERVAS PROBADAS	72 000 X 10 ⁶ B	109 907 X 10 ¹²	1051.5 X 10 ¹²
	RECURSOS ADICIONALES	178 000 X 10 ⁶ B	271 716 X 10 ¹²	
CARBON NO COQUIZABLE	RESERVAS PROBADAS	514 X 10 ⁶ TON	2396 X 10 ¹²	0.0
	RECURSOS ADICIONALES	2007 X 10 ⁶ TON	9357 X 10 ¹²	
URANIO	RESERVAS PROBADAS	8300 TON	602 X 10 ¹²	0.0
	RECURSOS ADICIONALES	2400 TON	174 X 10 ¹²	
GEOTERMIA	RECURSOS POTENCIALES	11 860 GWH	1180 X 10 ¹²	2.8 X 10 ¹²

II. RECURSOS RENOVABLES

RECURSO	TIPO DE INFORMACION	CANTIDAD	EQUIVALENTE TERMICO KCAL/ANO	GENERACION EN 1981 KCAL
HIDROELECTRICIDAD	POTENCIAL IDENTIFICADO	171866 GWH	492 X 10 ¹²	69.9 X 10 ¹²

CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA PRIMARIA EN 1981: 114.5X10¹² KCAL

refiere, no será sino hasta el siguiente siglo cuando comiencen a participar en gran medida en la oferta energética. Se analizará más adelante la capacidad de estas fuentes para generar energía.

En lo que se refiere a los hidrocarburos, hasta ahora constituyen en México recursos energéticos más importantes clasificados en los no renovables. Sin embargo el Programa de Energía establece la ampliación de reservas de nuevos recursos energéticos que hasta la fecha no han sido debidamente explorados, ya que se habla venido poniendo interés especial en la exploración y explotación de los hidrocarburos.

Para el caso del carbón, de los 1 400 millones de toneladas de reservas probadas de carbón "todo uno", 1 000 millones corresponden a -- carbón coquizable, las cuales están destinadas para su utilización en la industria siderúrgica; los 400 millones restantes están destinadas a la generación de energía eléctrica. Además cabe señalar que tanto -- las reservas probadas de carbón como las potenciales son más cuantiosas que las de uranio, en caso de que este se utilizara únicamente en reactores térmicos.

En lo referente a uranio, los datos de la tabla 3.2 solo se refieren al empleo en reactores térmicos convencionales, sin la realización del reprocesamiento del combustible irradiado. Como es conocido este tipo de reactores utiliza como material fisible U^{235} , del cual el uranio natural contiene solo el 0.7% y el restante 99.3% es de U^{238} no fisiónable. Debido a que las reservas de uranio son limitadas, se considera que de seguir utilizando exclusivamente este tipo de reactores para la generación de energía eléctrica, el uranio se agotaría antes que el petróleo, lo que significa que la energía de fisión nuclear jugaría un papel de transición dentro del panorama de generación de energía eléctrica.

Ante esta situación algunos países están empezando a desarrollar los reactores de cría, con lo que se podrá utilizar casi toda la energía contenida en el uranio, multiplicando así el potencial energético de estos recursos por un factor de sesenta. En este tipo de reactores de cría el combustible se compone de plutonio (obtenido del procesamiento del 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 U^{238} no fisiónable en plu-

tonio, que sí es fisiónable, diseñándose así reactores de manera de -- que produzcan más plutonio a partir de U^{238} del que consumen, constituyendo de esta manera una fuente de calor que se aproveche para generar electricidad y al mismo tiempo una fábrica de material fisible a partir de uranio natural.

En cuanto a la geotermia, los recursos que aparecen en la tabla -- se refieren a una estimación de la energía eléctrica que podría obtenerse de los procesos hidrotérmicos de altas temperaturas, que son los que se pueden explotar, con la tecnología actualmente conocida, para -- obtener vapor de características adecuadas para su utilización en plantas termoeléctricas.

Del informe de Grupo Técnico sobre Energía Geotérmica de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables se tomó la siguiente información con objeto de establecer el marco de desarrollo de la energía geotérmica en México, así como sus perspectivas futuras.

"El desarrollo de la energía geotérmica en México ha tenido un -- fuerte impulso en los últimos decenios, en especial con la instalación de la planta geotérmica en Cerro Prieto, en el Estado de Baja California Norte. Su capacidad actual es de 150 MW. La generación de electricidad mediante esta fuente puede jugar un papel significativo en el desarrollo energético del país y contribuir al ahorro y a la sustitución de los hidrocarburos, según se hace constar en el Plan Global de Energéticos del gobierno. Actualmente, está en proceso de construcción una ampliación en la planta de Cerro Prieto que constara de una unidad 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 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 verse en la tabla 3.3, en 1980 México estaba entre los 6 países más desarrollados en el campo de la energía geotérmica; de --

acuerdo con los programas energéticos nacionales, en el año 2 000 será el segundo en importancia a nivel mundial en relación a la capacidad instalada de energía geotérmica".

Sumamos a esta otra información obtenida del artículo "El potencial energético en América Latina" escrito por el Subsecretario de -- Asuntos Internacionales del Departamento de Energía de los Estados -- Unidos, el señor Henry E. Thomas, quien confirma lo expuesto anteriormente y hace notar también la importancia de otra región geotérmica de México, situada en los Azufres, Michoacán, siendo esta la segunda región más importante de México. El señor Thomas señala que "la producción de electricidad próxima a iniciarse tendrá una capacidad de 25 MW" además agrega que parte de estas regiones de explotación se están efectuando exploraciones en siete nuevas regiones.

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 energía geotérmica a través de los pozos en un campo en explotación.

La energía hidroeléctrica, es el único recurso energético renovable incluido en la tabla 3.2, que se puede considerar como un aprovechamiento indirecto de la energía solar.

Podemos apreciar en la tabla 3.2 que el potencial de México pendiente por explotar es importante, ya que en el año de 1980 únicamente se utilizó el 9.7% del potencial identificado.

3.4. Recursos energéticos renovables no convencionales de México.

Energía solar.- México, debido a 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, ya que en algunas regiones del país se tienen radiaciones directas hasta de 1.2 KW/m^2 , además de que la insolación llega a alcanzar importantes valores en número de días/año.

Energía eólica.- De numerosos estudios hechos por la División de Fuentes de Energía del Instituto de Investigaciones Eléctricas, principalmente destaca el "estudio preliminar y potencial de la Ventosa Oax., para el aprovechamiento de la energía eólica", el cual dice que: " el lugar -- nombrado es el que cuenta con las condiciones de mayor intensidad de -

viento a lo largo del año".

Se instalaron dos estaciones anemográficas cercanas a esa zona - obteniéndose tres diferentes frecuencias a lo largo del año, las cuales registraron sus respectivas velocidades.

PAIS	1980	1985	1990	1995	2000
Estados Unidos	923	1 674	4 374	4 974	5 824
Filipinas	446	556	1 725	1 225*	1 725*
Italia	440	440	560	620	800
Nueva Zelanda	202	191	212	382	382*
Japón	161	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	4 803	12 267	14 367	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 período de sesiones, 11 de diciembre de 1980.

Tabla 3.3.- Capacidad instalada de energía eléctrica obtenida de energía geotérmica en MW.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas señala lo favorable de esta zona para la instalación de grandes aerogeneradores que se conectarán a la red eléctrica existente. En la tabla 3.4 se presentan los datos de generación para los tres diferentes escenarios considerados en el estudio.

Biomasa.- Como se apunta en el estudio "Alternativas Energéticas de América Latina": "En pocos países de la región existen datos relativos al consumo de fitomasa y casi ninguno de ellos se considera en los balances y planificación energética. Datos indirectos sobre deforestación pueden ser indicativos pero es evidente que un esfuerzo serio de cuantificación queda por hacer.

Escenarios	Baja capacidad			Mediana capacidad			Alta capacidad		
	2 MW	3 MW	4 MW	2 MW	3 MW	4 MW	2 MW	3 MW	4 MW
Capacidad/unidad	2 MW	3 MW	4 MW	2 MW	3 MW	4 MW	2 MW	3 MW	4 MW
Total de unidades	65	65	65	130	130	130	230	230	230
Capacidad total instalada MW	130	195	260	260	390	520	460	690	920
Capacidad disponible (10% fuera) MW	117	175.5	234	234	351	468	414	621	828
Generación anual (kWh) (3500 kWh/kW)*	409.5x10 ⁶	614.25x10 ⁶	819x10 ⁶	819x10 ⁶	1 228.5x10 ⁶	1 638x10 ⁶	1 449x10 ⁶	2 173.5x10 ⁶	2 858x10 ⁶

* Factor de planta de 40%.

Tabla 3.4.- Escenarios de generación eléctrica en gran escala con SCEE, en la región de "La Ventosa", Oax.

Fuente: IIE

Respecto a la existencia de materiales para alimentar digestores no -- hay estimaciones fundamentales sobre la potencialidad del recurso."

Para el caso de México, según estudios del Instituto Mexicano del Petróleo, el consumo de combustibles vegetales ha ido decreciendo en importancia relativa aunque en valor absoluto casi no ha variado. Se estima que en 1972 fué del orden del 3.9% del consumo nacional de energéticos, usado principalmente en el sector doméstico, reducido en los centros urbanos por el uso de gas licuado y tractolina.

Vale la pena anotar que México usa productos vegetales como energético en el sector industrial, tal es el caso de bagazo de caña como combustible en los ingenios azucareros.

3.5.- Análisis de las fuentes alternativas de energía.

Hasta aquí hemos descrito las propuestas del Programa de Energía así como los recursos actuales de nuestro país, para poder crear un panorama que nos permita plantear la solución de la diversificación de la oferta energética.

El principal problema, donde existe una gran divergencia de opiniones, es saber cual o cuales son las fuentes alternativas de energía más viables y las formas mediante las cuales se implementará su desarrollo.

Las dificultades comienzan al considerar que cualquier política

energética a desarrollarse debe ser válida por 20, 30 ó 40 años, lo que plantea serias dificultades para su estudio, tanto en el campo técnico como económico.

Desde el punto de vista económico, en lo referente a la inversión y costos de los diferentes tipos de plantas, se podrían plantear alternativas. En la tabla 3.5, tomada del Programa de Energía, se muestran las diferencias existentes para los diferentes sistemas de generación. Para este caso las que menos se antoja escoger son las plantas nucleoelectricas y las plantas termoeléctricas a base de combustóleo, si este se cotiza a precio internacional, pero ¿acaso optar por una alternativa depende solo de este punto de vista?

Otro factor es el de beneficio social, del cual tenemos que analizar las dificultades para establecer incentivos adecuados y no obligatorios para evitar el despilfarro de energía y permitir las bases de una política adecuada de subsidios.

Influyen también los datos técnicos a utilizar y lo referente a la confiabilidad de estos, ya que por ejemplo, la Comisión de Conservación de la Conferencia Mundial de Energía dice que en el año 2020, el 31% de la energía primaria será de origen nuclear y que el Departamento de Energía de los Estados Unidos publica que en el año 2000 la generación anual fotovoltaica será de 100,000 MW eléctricos.

La mayoría de estos datos proceden de países industrializados con base en condiciones económicas y sociales actuales. Con estas bases y las suposiciones sobre el desarrollo de tecnologías alternativas, se crean posibles escenarios para el año 2000 ó 2020. Pero en los países como México, en vías de desarrollo, no pueden utilizarse directamente estos modelos, ya que su situación económica y tecnológica es muy diferente.

Por ejemplo en los países industrializados no se utilizan combustibles vegetales para cocinar mientras que en África, Asia y Latinoamérica esta fuente representa un porcentaje importante de la energía primaria total utilizada. Sin embargo la situación se agrava cuando los países en desarrollo hacen sus predicciones de escenarios y no contabilizan esta fuente de energía y su posible sustitución.

Para la planeación en materia energética es imprescindible esta-

TABLA 3.5.-Costos estimados de generación eléctrica para nuevas plantas.

Fuente: Programa de energía.

	Geo- térmica	Carbo- eléctrica	Hidro- eléctrica	Nucleo- eléctric	Termo- eléctrica a base de combustible
Total	0.37	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

blecer una buena cuantificación de las reservas de energía, ya que muchos países no conocen sus potenciales reales de petróleo, carbón, uranio, energía hidráulica geotérmica, de insolación, y de desechos agrícolas y animales entre otros, llegando así a cometer errores como el de tratar de instalar sistemas de bombeo fototérmico en alguna zona -- geotérmica.

Suponiendo ahora que ya se tiene cuantificada la energía primaria existente, el problema siguiente es el de establecer un balance energético apropiado. Se deberá de tratar de llegar a la energía útil, y no solo a la energía secundaria para así establecer las diferencias entre los diferentes procesos tecnológicos.

Ya se habló sobre los planes del Programa de Energía para las -- fuentes de energía convencionales, entre las cuales destaca la generación de energía eléctrica en plantas nucleares, planteándose ya algunas objeciones para llevar a cabo estos planes: tal es el caso de la -- inversión elevada en divisas, de los costos, de la dependencia en el -- extranjero, etc., que son importantes en estos tiempos en que la economía del país está en crisis. Entre otros podemos mencionar el de la incapacidad de procesar completamente el combustible, lo que traería -- grandes problemas de dependencia exterior.

Para el caso de la electricidad de origen hidráulico, se notan -- programas muy poco ambiciosos por parte del gobierno. Se antoja pues, proponer un programa hidroeléctrico de mayor magnitud tratando de aprovechar en mayor proporción el potencial identificado, siendo no solo -- esto un punto favorable, sino que además se tendrían grandes ahorros -- desde el punto de vista de la necesidad de divisas extranjeras para inversión y de los costos de operación, además de una menor dependencia del extranjero.

En lo que concierne a la participación de la fuentes de energía -- no convencionales sobresale por su importancia a largo plazo la energía solar.

La energía solar tiene dos características que dificultan su aprovechamiento eficiente: la dispersión y la intermitencia. Aunque a largo plazo se la considera como una fuente de energía muy importante se estima que su desarrollo para convertirla en un sistema práctico y --

eficiente será lento. Los principales problemas actuales son los altos costos y la falta de un método de almacenamiento adecuado.

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

Por otra parte, puede utilizarse energía solar por medio de fuentes indirectas tales como: la energía del viento, la energía de las olas, el gradiente térmico de los océanos en las regiones tropicales o por la fermentación anaeróbica de los desechos agrícolas y animales para la obtención de gases combustibles, además de otros usos como es el caso de la desalinización de aguas.

Las aplicaciones más prometedoras a corto plazo corresponden al calentamiento de agua. Se están también realizando con éxito algunas instalaciones para la climatización de casas y establos, tanto con sistemas pasivos como activos, así como la producción de calor a bajas temperaturas para procesos industriales. Está utilizándose también esta forma de energía para el secado de granos, tabaco, pescado y otros productos. Hoy en día existen en México un gran número de fabricantes de calentadores solares, cuyo principal uso hasta la fecha, ha sido en el calentamiento de albercas y agua para uso doméstico, permitiendo con esto grandes ahorros en el consumo de gas doméstico.

No cabe duda que México puede tener un gran desarrollo en este campo, si de sabe aprovechar sus grandes recursos.

3.6.- Conclusiones y comentarios.

Debemos hacer notar que los procesos tecnológicos no tienen que depender de una sola fuente de energía primaria, puesto que se pueden combinar distintos energéticos primarios para la obtención de energía útil.

Desde el punto de vista técnico se proponen las siguientes recomendaciones:

- Todo proceso tecnológico se debe de enmarcar dentro de una realidad socioeconómica.

- Los métodos para evaluar los balances energéticos deben ser mejorados. Se debe utilizar el del contenido energético e incluir no sólo la energía secundaria sino la energía útil.

- No se pueden tener soluciones únicas para sustituir el petróleo.

- Se debe hablar de tecnologías apropiadas tanto para el lugar geográfico como para la aplicación específica.

- Cuando se planean soluciones a largo plazo, se debe de considerar la investigación tecnológica que se está desarrollando.

Respecto al último punto podemos afirmar que la mayor parte de las necesidades energéticas de México mantendrán su dependencia de la tecnología petrolera durante bastante tiempo; la figura 3.1 muestra la contribución de esta tecnología para el desarrollo de nuevas fuentes de energía.

Tecnologías del Petróleo	Fuentes alternas de energía							
	Carbón	Esquistos arenas	Biomasa	Hidrógeno	Geotermia	Fisión	Solar	
Exploración	Prospección Evaluación Caracterización		0	0	Prospección Caracterización Evaluación		0	
Explotación	0	0	0	0	Tecnologías perforación Tecnologías Producción	0	0	
Refinación	Procesos tratamiento Procesos separación		0	0	Obtención de fluidos secundarios de trabajo	0	0	
Petroquímica	Proceso gasificación Gas de síntesis		Procesos petroquímicos Reformación Metano		Gas natural Hidrógeno	Obtención de fluidos secundarios de trabajo	Obtención de agua pesada	0
Ingeniería	Transporte Sistemas reaccionantes		Almacenamiento Sistemas de separación		Proc. super F. Ing. corrosión	Transporte	Calderas Ing. estructuras	
	Ingeniería básica y de detalle							

Figura 3.1.- Contribución de la tecnología del petróleo al desarrollo de otros energéticos.

Fuente: Ciencia y Desarrollo, Conacyt.

Hay que subrayar que por ahora estas tecnologías seguirán dependiendo de insumos de origen petrolero, con la idea de que en el futuro sean operables con insumos de origen no convencional.

CAPITULO 4

USO EFICIENTE DE ENERGIA EN EL SECTOR ENERGETICO

CAPITULO 4

USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR ENERGETICO.

4.1.- Generalidades.

Hemos mencionado anteriormente el elevado porcentaje (más del 40% de la oferta de energía primaria al mercado nacional) empleado en dicho sector. La mayor parte de ésta es usada en el propio consumo del sector energético, la restante es debida a las pérdidas que se tienen en la conversión en refinerías y en plantas termoeléctricas. Los valores de este consumo los podemos observar en los Balances de Energía, así como en las gráficas 2.2 y 2.3 del capítulo 2.

Se pretende pues, con este trabajo, hacer un análisis mencionando algunos factores que influyen directamente, así como los que influyen de manera indirecta, para mejorar el uso eficiente de la energía en este sector, además de hacer mención de las principales causas que ocasionan las cuantiosas pérdidas.

4.2.- Uso eficiente de la energía en la refinación.

Debido a la falta de información por parte de las instituciones encargadas de esta parte del sector energético (Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo) fue necesario auxiliarnos para la realización de esta parte de un artículo del Boletín "Energéticos", - tomado de Energy Optimization in Refineries, Shell Technology, 1981.

El combustible a precios internacionales puede llegar a representar hasta un 50% de los costos totales de refinación. Se debe al cada vez más elevado costo de la energía, la considerable atención que se presta actualmente tanto en el diseño como en la operación de refinerías.

La conservación de la energía es sólo uno de los diversos factores de la optimización económica total de las refinerías, misma que depende además de la utilización más eficiente del capital, de los recursos humanos y de los insumos disponibles. Sin embargo, debido a los acontecimientos recientes, sobresale la conservación de la energía como principal atractivo económico. Para lograr un uso más eficiente

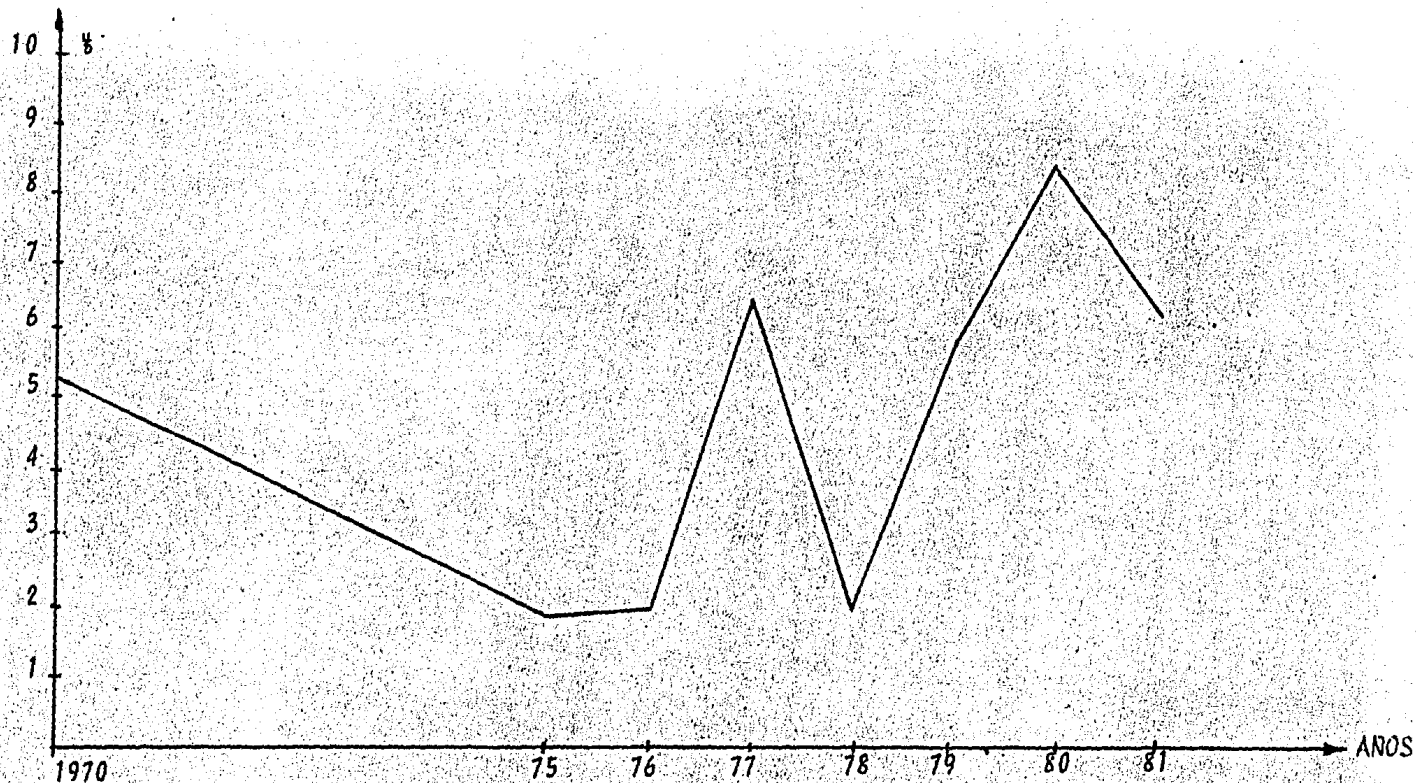
te de energía deberán intervenir mejoras tecnológicas, de equipo y de personal.

Las opciones fáciles y a corto plazo se pueden poner en marcha, con una inversión reducida y las opciones a largo plazo requerirán mayor inversión de capital y un considerable esfuerzo.

4.2a.- Cómo se mide la eficiencia energética.

Una refinería con instalaciones limitadas en lo relativo a procesamiento, consume como combustible cerca de un 4% de los hidrocarburos recibidos. En las refinerías de mayor complejidad, donde una cantidad importante de productos pesados es transformada en productos ligeros, aceites lubricantes y otros productos especiales, el combustible utilizado puede ser superior a un 10%. En la gráfica 4.1 podemos apreciar este porcentaje y su variación en los últimos años para el caso de México. Al determinar el uso eficiente de energía no basta con medir la cantidad total utilizada por una refinería, cifra que resulta de la -- cantidad de productos que sale de ella más el equivalente de petróleo de la electricidad adquirida. Existe la necesidad de un sistema que relacione el consumo de energía con los procesos empleados y con los productos elaborados. Las refinerías de la empresa Shell han encontrado un sistema para este fin: el sistema de índices corregidos de energía y pérdidas conocido como CEL (Corrected Energy and Loss Index System). El índice CEL relaciona el uso de energía en una refinería existente con una refinería hipotética de la misma capacidad y consumo de combustible, operada bajo una utilización promedio de energía para el año -- 1972. Un índice CEL de 80 muestra, por lo tanto, un uso de energía 20% menor que el de una refinería idéntica operada según el promedio superior en un 10%. Así como los índices CEL dan una base para la medición y comparación del funcionamiento de las diferentes refinerías, las correcciones que se aplican son utilizadas para homogeneizar las refinerías de complejidad diversa sobre una misma base de comparación. Bajo el sistema CEL, las pérdidas de hidrocarburos, que generalmente ascienden a un 10% de la factura total de energía, son tratadas como parte -- de la energía consumida.

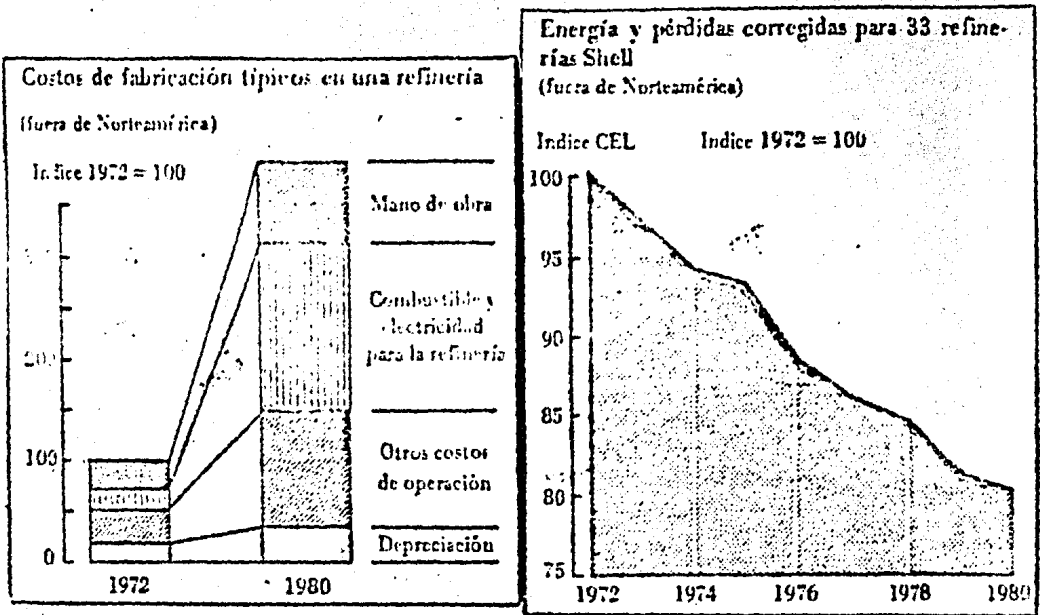
Tomando como base este sistema, 33 refinerías lograron un ahorro del 20% que representó cerca de 2.5 millones de toneladas de combusti-



GRAFICA 4.1. VARIACION DE LAS PERDIDAS EN LAS REFINERIAS EN LOS ULTIMOS AÑOS, EN %

Fuente: Balances de energía.

ble al año, en el periodo 1972-1980.



Una parte comparativa de este ahorro (5%) se vendió como combustible. El resto se consumió como combustible en plantas existentes, - siendo utilizado bajo niveles de conservación más elevados y como insumo en nuevas plantas de procesamiento secundario para transformarlo en gasolina, gasóleo y aceites lubricantes, viéndose incrementados de esta manera la eficiencia energética y el valor agregado, mientras -- que el consumo de energía por unidad de crudo recibido se mantuvo casi a un mismo nivel (cerca de un 7.6% de peso de crudo procesado, en promedio).

Esta mejora en el uso de energía se logró en varias etapas del - funcionamiento de las refinerías, las cuales pueden jerarquizarse de - la siguiente forma:

- un 40% fué debido a un menor consumo de combustible en los hornos de procesamiento;
- un 24% fué debido a menores pérdidas de hidrocarburos;
- un 14% fué el resultado de un menor consumo de vapor en las unidades

de operación,

- un 10% fué debido a un menor consumo de vapor en los patios de tanques;
- un 10% se debió a una menor cantidad de vapor abastecido a unidades auxiliares e instalaciones;
- un 2% fué debido a un encendido más eficiente en las calderas.

Cabe destacar que más de la mitad de las mejoras de eficiencia se obtienen mediante la afinación en las unidades y un mejor mantenimiento, y menos de la mitad se debe a gastos de capital para cambiar equipo.

4.2b.- Mejoras en las unidades en operación.

Los aumentos adicionales en el uso eficiente de energía resultan de cientos de pequeñas mejoras, las cuales pueden reducir el uso actual de energía en más de 20% en los próximos años. En ello influirán 3 factores principales. En primer lugar, habrá cambios importantes en los ámbitos operacionales y tecnologías para optimizar las condiciones de operación gracias al uso de los microprocesadores y de las computadoras. En segundo lugar pueden lograrse avances en los aspectos de limpieza y mantenimiento. Una cierta proporción de las necesidades totales de calor para operaciones se obtiene mediante el reciclaje de calor dentro de la planta por medio de cambiadores de calor que se ensucian, por lo tanto se vuelven ineficientes durante su operación. Su eficiencia puede normalizarse por medio de una limpieza más frecuente y eficaz. Las refinerías también tienen extensos sistemas de distribución de vapor que pueden volverse más eficientes mediante un buen aislamiento y la remoción de los líquidos resultantes de la condensación en las tuberías por medio del uso de separadores de vapor más modernos. En tercer lugar la ineficiencia del equipo más viejo puede disminuir a través de la reposición selectiva y la instalación de maquinaria mejorada. Esto es particularmente cierto para el equipo utilizado para la generación de calor y electricidad.

No obstante estas posibilidades, en la actualidad no es redituable utilizar las amplias cantidades de calor de bajo contenido térmico (flujos de temperatura inferiores a los 150°C) que están disponibles. Sin embargo, dado el avance de las bombas de calor apropiadas,

el potencial para recuperar la energía se verá considerablemente mejorado.

El incentivo para efectuar tales mejoras se ha visto acentuado - por la relación cambiante entre equipos y costo de energía. Entre - - 1980 y 1985, se prevé un ahorro total de energía de un 20% y tal vez se pueda lograr un ahorro adicional de 20% para el decenio entrante.

4.2c.- Generación de vapor y electricidad.

En una refinería promedio, el 78% de la energía total es utilizada para la generación de calor, 20% para generación de energía de las bombas y de los compresores, y el 2% restante es consumido en reacciones químicas. La energía necesaria es suministrada por el combustible para los hornos de procesamiento (61%), por el combustible para la generación de vapor a presión de 18 atmósferas (27%), y por el combustible para la generación de electricidad (12%).

En la actualidad, 45% de las necesidades totales de electricidad en una refinería proviene de la red de distribución pública. El resto es generado por las turbinas de condensación de vapor (4%), por las turbinas de contrapresión (49%) y por las turbinas de gas (2%). Mediante la combinación de la generación de vapor y electricidad se pueden lograr mejoras importantes en la eficiencia (cogeneración).

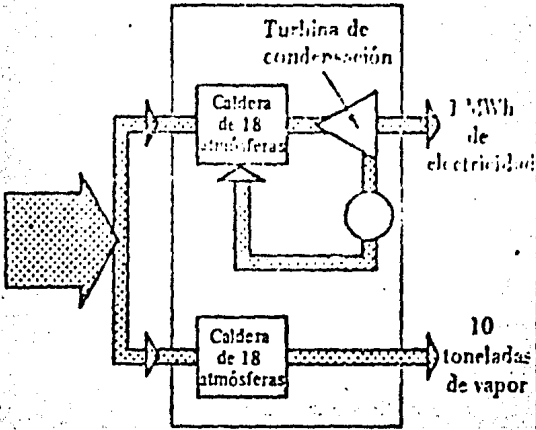
4.2d.- Optimización general en el interior de la refinería.

En muchas refinerías aún hay una variedad de mejoras posibles al sistema total de energía. A través de una mejor administración de la energía y de la elevación del nivel de integración de los sistemas de calefacción y las compañías de servicio eléctrico, pueden obtenerse logros substanciales.

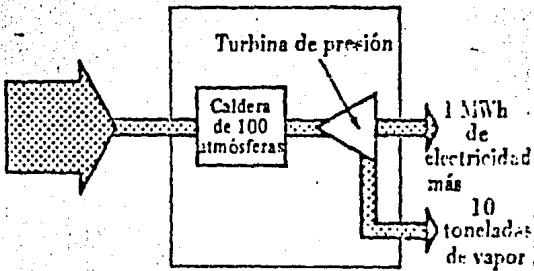
En las refinerías existentes se está efectuando un uso creciente de las computadoras y las técnicas matemáticas avanzadas para calcular programas óptimos y para dar a los operadores una mejor calidad de información para el manejo del sistema energético de refinación en la forma más económica, sin alterar la seguridad de funcionamiento general. Los programadores de las refinerías utilizan técnicas de programación lineal, para llegar a un programa óptimo de producción en la refinería.

Ejemplos de generación de vapor y electricidad

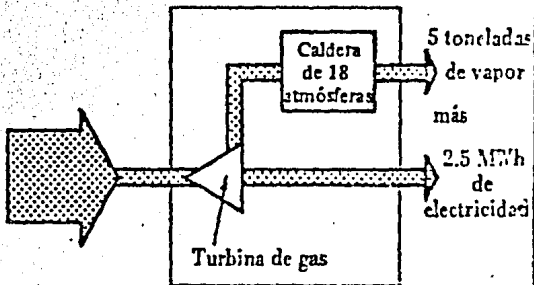
a) Generación separada de calor y electricidad



b) Generación combinada de calor y electricidad



ó



Nota: La producción total de energía de estos sistemas se basa en una equivalencia de 11 toneladas de vapor = 3 MWh

Estas técnicas también pueden ser utilizadas para optimizar el patrón de generación y demanda de energía. Su éxito depende, en buena medida, de la disponibilidad y de la precisión del equipo de medición y de la presencia de personal lo suficientemente capacitado para interpretar la información obtenida de las computadoras y traducirla en recomendaciones prácticas.

Las variables principales para un modelo energético de refinerías son:

- los requerimientos de electricidad y de vapor (a varios niveles de presión) en relación con los productos sujetos a transformación;
- los costos del combustible (gas, asfalto, gasóleo) y de la electricidad (a varios niveles de demanda);
- las capacidades de las instalaciones y del equipo.

Del total del combustible quemado en las refinerías, cerca del -- 30% debe ser asignado para la generación de vapor y electricidad. Por lo tanto, queda claro que las compañías de servicio eléctrico juegan un papel muy importante en el ejercicio de optimización.

También debe considerarse la vinculación de los modelos de energía con los modelos de programación de las refinerías. La generación de energía constituye un factor de costos tan importante que vale la pena investigar una representación más detallada del consumo de combustible de las unidades de la refinería que se enfrentan a legislaciones ambientalmente rigurosas.

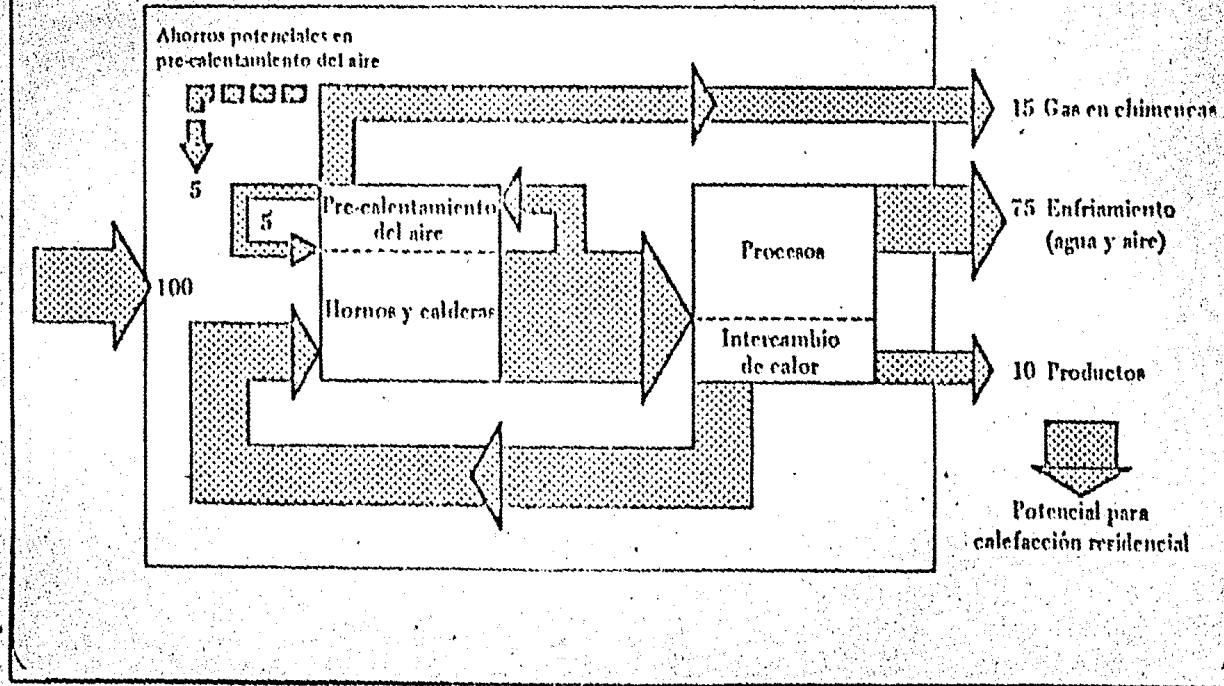
4.2e.- Optimización en las refinerías y medio ambiente.

Si la optimización energética como un todo pudiera lograrse en estrecho vínculo con los factores ambientales, sería técnicamente posible alcanzar avances considerables en la utilización de la energía. -- Hasta donde lleguen esos avances dependerá de circunstancias de lugar -- tales como el clima, la localización y las actitudes de los gobiernos locales, de las compañías de servicio eléctrico y de los clientes potenciales.

4.2f.- Generación combinada de energía y calor.

La demanda de electricidad y calor en las refinerías es tal que -- la eficiencia teórica óptima para una generación integrada de calor y energía requerirla de una producción de electricidad muy por encima de

Flujos de calor en una refinera (en porcentajes)



las necesidades de la propia refinería. De allí que la venta de electricidad se presente como una opción interesante para el futuro.

Desde luego que las refinerías pueden diseñar sus sistemas para satisfacer únicamente sus propias necesidades de electricidad. Por ejemplo, si una refinería genera para este propósito una combinación de energía y calor (en lugar de adquirir su electricidad de la red pública), ahorrarla cerca del 6% si empleara turbinas de vapor y hasta 10% si la elección fuera de turbinas de gas. Si los sistemas se diseñaran para utilizar las turbinas de gas hasta el nivel óptimo, basados en el supuesto de que la electricidad excedente se vendería, teóricamente existiría la posibilidad de una mejora en el ahorro de 30%. Para lograr este punto óptimo una refinería con capacidad de 5 millones de toneladas/año tendría que vender electricidad a un nivel de alrededor de 80MW, mientras que una refinería grande de 20 millones de toneladas/año podría encontrar una justificación económica para colocar en el mercado más de 300 MW.

Existe una serie de razones por las cuales la concretización de tales posibilidades puede ser lenta:

- la mayoría de las plantas generadoras de electricidad tiene todavía una vida bastante duradera;
- deben establecerse arreglos comerciales apropiados entre las refinerías y las compañías de electricidad;
- los operadores de las compañías eléctricas pretenden abastecimientos garantizados mientras que los refinadores buscan mantener flexibilidad.

4.2g.- Utilización del calor de bajo nivel.

En la refinación del petróleo el calor se genera a altas temperaturas mediante la combustión. Este calor, cuando es utilizado en el proceso térmico, se transforma (o degrada) pasando a una temperatura más baja y es diluido después en el agua o en el aire de enfriamiento. El calor a una temperatura de menos de 100 a 150 °C es utilizable en una refinería tan sólo a pequeña escala, pero es particularmente aceptable para usos tales como la calefacción residencial o de invernaderos.

Sin embargo, la utilización del calor de bajo nivel tiene ciertas limitaciones: depende del clima y si se quiere evitar costos de distri

bución prohibitivos debe ser usado en un radio de 20 kms. en torno a la refinería. Los proyectos de recuperación de calor de bajo nivel no son todavía atractivos económicamente para la refinería considerada aisladamente. Conforme se incrementan los niveles de conversión, algunas refinerías producen exceso de gas, lo que hace inútil una mayor conservación energética. A menos de que el gas (metano y etano) sea integrado a la red nacional de gas o a la industria local, la conservación energética en esas refinerías implica la liberación de componentes residuales de combustible sumamente pesados y de alto grado de viscosidad. Para lograr que estos componentes alcancen a satisfacer las especificaciones comerciales normales para la venta de combustibles, es necesario que sean mezclados con valiosos productos de destilación. Por lo tanto, hay un interés intrínseco por encontrar nuevas formas para disponer de ese gas adicional fuera de las refinerías y consumir el combustible internamente, y ésta es otra área donde podría llegar a necesitarse un esfuerzo de cooperación en el futuro.

Adicionalmente, el consumo de energía en las refinerías puede estar fuertemente influido por las exigencias de calidad por parte de los clientes. Por ejemplo, un nivel más alto de octanaje para gasolina o un bajo contenido de azufre para combustible requerirá mayor conversión y, por ello, mayor cantidad de energía. Las especificaciones acerca de productos petrolíferos que no son técnicamente necesarias pueden llegar a requerir grandes cantidades de energía y, por lo tanto, deben quedar excluidas; a este respecto, se han logrado resultados interesantes mediante el establecimiento, por ejemplo, de tipos de gasóleo para verano y para invierno, o de dos o más grados de gasolina.

4.2h.- Evaluación de nuevas propuestas.

Los proyectos de conservación de energía generalmente consiguen su aceptación dado que, pese a tener un bajo nivel de rentabilidad, éste se da por periodos prolongados, de 20 años o más. Por consiguiente, es extremadamente importante que en un mundo cambiante dichos proyectos sean considerados muy cuidadosamente. Debe desarrollarse un plan piloto para el futuro con base en la búsqueda de un mínimo de --

error. Cualquier proyecto que forme parte de este plan debe ser probado teniendo en cuenta su capacidad para adaptarse a situaciones cambiantes. En estudios de esa naturaleza, es importante el papel que juegan los modelos energéticos y las técnicas matemáticas de optimización. Por ejemplo, los diseños se optimizan actualmente sobre la base de un tipo de valores para electricidad, combustible, vapor de presión media, vapor de baja presión, agua, aire, etc... En la práctica, esto raramente es aplicable puesto que los valores casi siempre tienen un estrecho margen de validez. La única forma viable de afinar la información básica de datos necesarios para llevar a cabo extensiones en refinerías, es por medio de las mejoras en las mediciones y del uso de un modelo adecuado energía/utildad. Además, han de establecerse los valores para -- combustible y para compañías de servicio eléctrico, así como su margen de validez.

Las medidas para la elaboración y el uso de modelos han tenido -- avances considerables y están convirtiéndose en una característica común a toda la refinería.

Se ha establecido una meta para 1985 de índice CEL de 65 para 33 -- refinerías de la Shell fuera de Norteamérica. Esto será difícil de alcanzar en unas refinerías pero en otras, índices CEL mucho más bajos -- son no sólo técnicamente factibles sino además económicamente atractivos. Esta meta implica que únicamente el 65% de los requerimientos energéticos proyectados en 1972 serán necesarios. Existe la posibilidad de que los índices CEL puedan reducirse aún más, de existir factores económico y ambientales favorables. Una meta de 50 para 1990 es una posibilidad genuina.

No obstante la creciente automatización, la contribución de la inteligencia humana y su inventiva serán vitales para el logro de las metas. La conservación energética está completamente vinculada a la capacitación y a la motivación de personal de la refinería, ya sean operados, trabajadores de mantenimiento, equipo técnico ó directores. Encontrar a las personas adecuadas para hacerse cargo del desarrollo y la -- instrumentación de las nuevas propuestas podría venir a demostrar que -- ése es uno de los cuellos de botella del esfuerzo universal en favor de la conservación energética.

La mayoría de estos modelos no son sólo aplicables a los sistemas de refinación, por el contrario, podemos afirmar que son de vital importancia para cualquier sistema energético; tal es el caso de las - - plantas termoeléctricas y que además de los parámetros mencionados, se debe de prestar más atención en la construcción y diseño de la planta, así como hacer una evaluación de las diferentes alternativas, para poder decir que se está haciendo un uso más eficiente de energía.

4.3.- Uso eficiente de energía en plantas termoeléctricas.

Dentro del panorama de generación de energía, destacan las centrales termoeléctricas con generación a partir de vapor. En la tabla 4.1 - se puede ver que este tipo de plantas es el más usado en nuestro país. Dentro de la problemática operativa resalta en forma muy importante man tener el uso de los combustibles dentro del marco de una generación eco nómica y confiable.

	1 9 7 7	1 9 7 8	1 9 7 9	1 9 8 0*	1 9 8
T O T A L	12092	13992	14298	14625	17396
TERMOELECTRICA					
VAPOR	5063	6456	6716	6616	7786
CICLO COMBINADO	720	720	720	540	1223
TURBOGAS	1266	1267	1259	1190	1539
COMBUSTION INTERNA	246	249	234	137	118
HIDROELECTRICA	4722	5235	5219	5992	6550
GEOTERMIA	75	75	150	150	180

Tabla 4.1.- Capacidad de generación por tipo de planta MW.

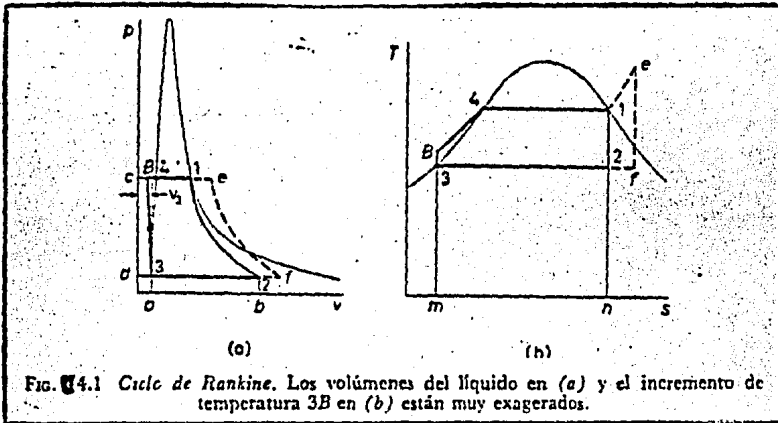
Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Las principales estrategias seguidas por los diseñadores de este tipo de centrales para optimizar el uso de los combustibles ha sido - el buscar el incremento en la eficiencia de los ciclos termodinámicos, la eficiencia mecánica y eléctrica de los diversos equipos, pero para lograr este objetivo son necesarias cuantiosas inversiones de capital para el mejoramiento tecnológico del equipo.

4.3a.- Como se incrementa la eficiencia total.

Las centrales o plantas termoeléctricas de generación a partir de vapor, basan su funcionamiento en el ciclo Rankine ó ciclo de expansión

completa. La figura 4.1 muestra los procesos en los planos vp y sT . El vapor sale de la caldera en el estado 1, se mueve hacia la máquina, -- donde se expandiona isentrópicamente (ciclo ideal) hasta el punto 2 y pasa el condensador (o a la atmósfera). El agua circulante condensa el vapor hasta un líquido saturado en 3, desde cuyo estado es bombeado -- isentrópicamente para introducirlo en la caldera en un estado B de líquido subenfriado. Obsérvese el proceso irreversible de mezclar agua fría a la temperatura T_B con el agua caliente de la caldera a la temperatura $t_4 = t_1$. El líquido comprimido en B se calienta hasta que se vuelve saturado en 4, después de lo cual, se transforma en vapor en 1, y el ciclo principia nuevamente. Si el vapor se sobrecalentara antes de que saliera del generador de vapor el ciclo Rankine correspondiente -- sería e-f-3-B-4-e.



El ciclo Rankine puede analizarse ya sea considerando el ciclo en su conjunto, o bien estudiando cada uno de los elementos individuales del equipo, como en la figura 4.2. El ciclo que se muestra en la figura 4.1 tiene el calor añadido a presión constante B-4-1:

$$Q_A = h_1 - h_B \quad \text{Kcal/kg}$$

representado por el área m-B-4-1-2-n en el plano sT . [El calor rechazado:

$$Q_R = h_2 - h_3 \quad \text{Kcal/Kg}$$

representado por el área n-2-3-m. [como $W_{\text{neto}} = Q_A - Q_R$, el trabajo

neto del ciclo es:

$$w_{\text{neto}} = h_1 - h_B - (h_2 - h_3) = h_1 - h_2 + h_3 - h_B \quad \text{Kcal/Kg}$$

representado por las áreas 1-2-3-B-4, figura 4.1. A partir del diagrama de energía de la figura 4.2 el trabajo real de la bomba es

$$x_p = \frac{v_{f3} (p_B - p_3)}{\eta_B} \quad \text{Kcal/Kg}$$

$$w_p = \frac{(h_B - h_3)}{\eta_B} \quad \text{Kcal/Kg}$$

con esta expresión el trabajo neto queda:

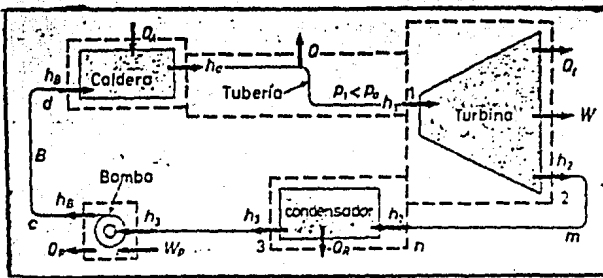


Figura 4.2

$$w_{\text{neto}} = h_1 - h_2 - w_p \quad \text{Kcal/Kg}$$

Eficiencia del ciclo.

El rendimiento térmico de un ciclo es W/Q_A ; entonces tenemos que:

$$\eta = \frac{(h_1 - h_2) - (h_B - h_3)}{h_1 - h_B}$$

haciendo las sustituciones necesarias y sumando y restando h_3 en el denominador tenemos

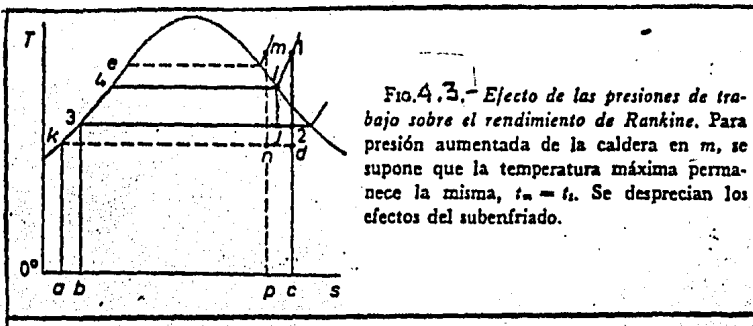
$$\eta = \frac{(h_1 - h_2) - w_p}{(h_1 - h_3) - w_p}$$

Para tener un incremento en la eficiencia del ciclo Rankine se pueden hacer las siguientes modificaciones:

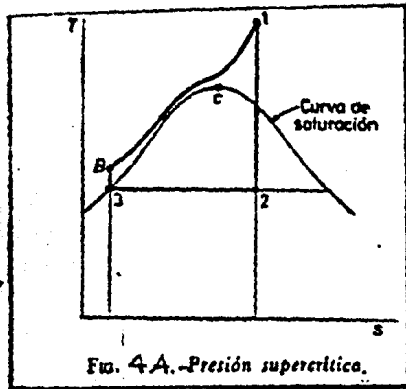
1.- Disminuir la temperatura del condensador, figura 4.3. El calor rechazado es menor, el trabajo será mayor y por lo tanto habrá un incremento del rendimiento. La única limitación para este mejoramiento es la naturaleza, puesto que el sumidero de calor debe ser de origen natural. Debido a que la segunda ley de la termodinámica dice que no habrá ganancia neta si se recurre a un enfriamiento artificial, nos conformaremos pues con una temperatura algo mayor de 10°C que es la del agua de condensación procedente de ríos, lagos, etc. y que además dependerá de la estación en que nos encontremos, teniendo una mayor eficiencia en las estaciones o épocas de frío.

2.- Aumentando la presión en la caldera, la línea de evaporación se levanta, por ejemplo de 4-1 hasta e-m, figura 4.3, la cantidad de calor rechazado disminuye en la cantidad c-d-n-p, la diferencia de los valores añadidos b-3-4-1-c y a-ke-m-p, es pequeña; el rendimiento térmico aumenta.

3.- Aunque no sea evidencia a partir del diagrama sT, el consumo de vapor sobrecalentado, por ejemplo el ciclo 1-2-3-4 en lugar de i-j-3-4, mejora el rendimiento térmico. De hecho la mejora en el rendimiento térmico real puede ser de un mayor porcentaje que la del ciclo ideal correspondiente. Las pequeñas partículas de agua en el vapor (debido a su calidad) que pasan a altas velocidades por las paletas o álabes de la turbina, además de tener un efecto de erosión sobre éstas, reducen el rendimiento de la transformación de energía. Se puede ver que cuanto mayor sea la presión para la temperatura inicial dada, más húmedo estará el vapor de escape, (punto n contra punto d).



4.- Sabemos que cuanto mayor sea la temperatura media a la cual se añde calor, permaneciendo constante la temperatura de escape, mayor será el rendimiento térmico. Con este motivo algunas de las mayores centrales eléctricas tienden a ser proyectadas para la presión supercrítica, figura 4.4. Con la temperatura en 1 tan alta como la práctica lo admita o los materiales que se vayan a usar.



Se puede observar que el calor no se añde a temperatura constante. Una expansión isentrópica a partir del estado 1, conduce a una calidad baja en 2 y a las dificultades ya mencionadas anteriormente. Esta situación es evitable si se utiliza el recalentamiento, como veremos a continuación.

4.3b.- Ciclos más eficientes para plantas termoeléctricas a partir de vapor.

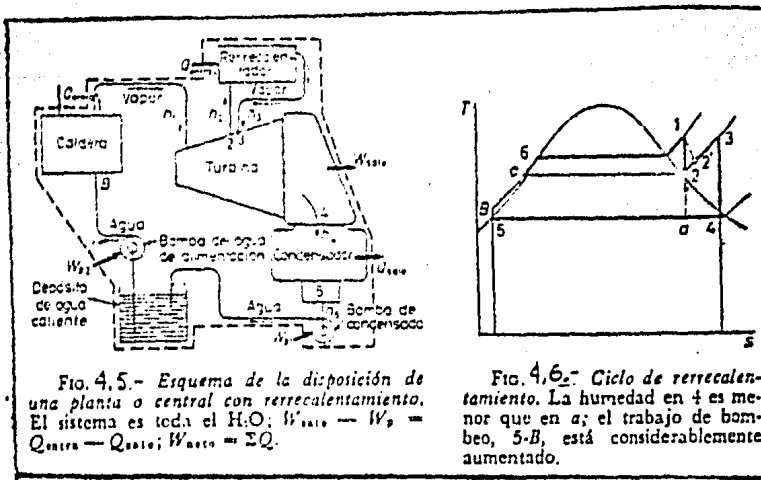
Ciclo con recalentamiento.

Va dijimos que a medida que la presión aumenta se alcanza un punto en el que el vapor de las etapas o saltos de baja presión se vuelve demasiado húmedo; podemos entonces recalentar el vapor después de una expansión parcial con lo que resulta un rendimiento térmico mejorado.

La figura 4.5 nos muestra las características principales del ciclo de recalentamiento y la figura 4.6 nos muestra dicho ciclo en el plano sT .

El calentamiento tiene lugar en la caldera y en el recalentador a lo largo de B-6-1. Después de la expansión isentrópica 1-2 el vapor sale de la turbina y es recalentado de 2 a 3, después se expande de nuevo en 3-4, se condensa, 4-5. En 5, el líquido saturado se bombea a -

a caldera como un líquido comprimido, hasta B.



Haciendo el mismo planteamiento que en el ciclo sencillo tenemos que el trabajo neto del ciclo es:

$$W_{neto} = h_1 - h_2 - h_3 - h_4 - w_p \quad \text{Kcal/Kg} \quad \text{y el calor añadido es}$$

$$Q_A = h_1 - h_5 + h_3 - h_2 - w_p$$

así que el rendimiento térmico será

$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_A}$$

el cual es mayor que el del ciclo sencillo.

Ciclo regenerativo.

Si pudiéramos diseñar alguna forma por la cual se pudiese calentar el agua a la temperatura de la caldera mediante un intercambio de calor reversible dentro del sistema, se podría tener un rendimiento bastante alto. Como hipótesis para lograr este calentamiento de agua, se muestra el sistema representado en la figura 4.7, en el cual el rotor de la turbina está rodeado por una envolvente hueca. Pero aunque esto se pudiera conseguir en la práctica de manera aproximada, no lo podríamos utilizar, debido a la baja cantidad de vapor durante las últimas etapas de expansión cerca del punto 2.

Un efecto similar es obtenido mediante la extracción de vapor en varios puntos de la expansión, utilizando tanto como sea posible la energía del vapor extraído en lugar de absorber la de todo del vapor. Es así como una parte del vapor que continúa expansionándose y realizando trabajo, no se condensa excesivamente. La figura 4.8 nos muestra esquemáticamente el ciclo regenerativo con tres calentadores - - abiertos o sea de mezcla, y la figura 4.9 su respectivo diagrama sT. Es fácil observar que con las mismas analogías que los ciclos analizados anteriormente:

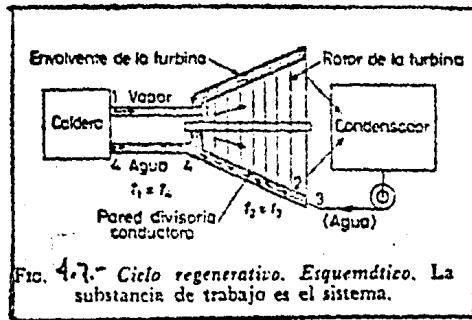


FIG. 4.7.- Ciclo regenerativo. Esquemático. La sustancia de trabajo es el sistema.

$$W_{\text{neto}} = h_1 - h_2 + (1 - m_1) (h_2 - h_3) + (1 - m_1 - m_2) (h_3 - h_4) + (1 - m_1 - m_2 - m_3) (h_4 - h_5) - W_p \quad \text{Kcal/Kg y además que:}$$

$$Q_A = h_1 - h_9 - W_{p4} \quad \text{Kcal/Kg}$$

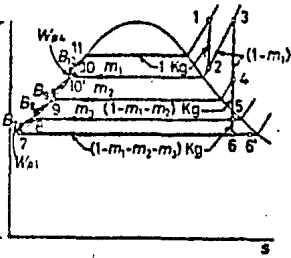
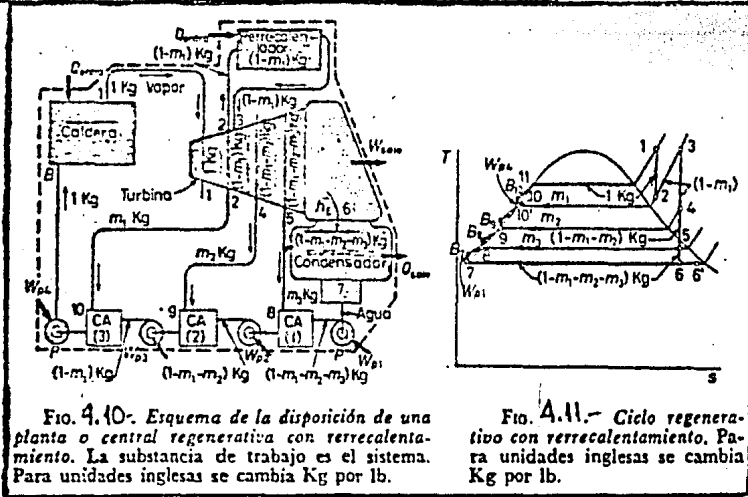
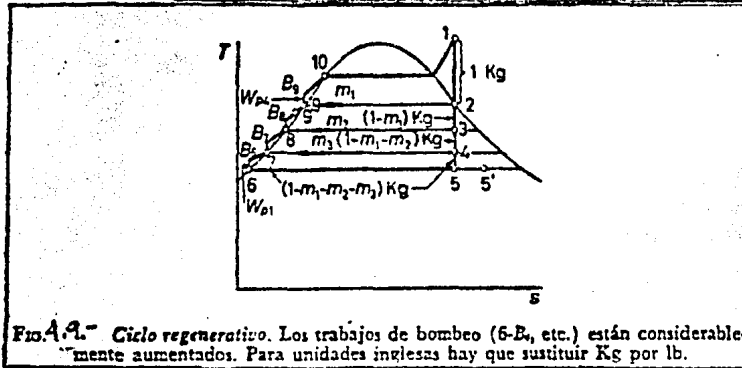
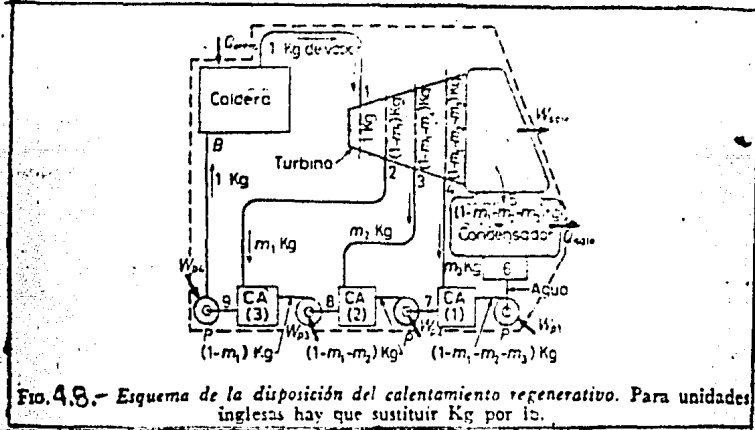
La eficiencia se calcula de la misma forma que para los ciclos anteriores, pero si tomamos en cuenta el tamaño de las plantas que utilizan este sistema, un pequeño aumento en la eficiencia origina un gran ahorro de energía.

Ciclo regenerativo con recalentamiento.

Para conseguir la ventaja de vapor más seco en las etapas de baja presión de la turbina y para aprovechar el aumento significativo del rendimiento que obtenemos a partir del calentamiento regenerativo del agua de alimentación, se suelen utilizar juntos el recalentamiento y la regeneración.

Para ilustrar este ciclo contamos con las figuras 4.10 y 4.11 de donde podemos obtener la eficiencia al igual que con los ciclos an-----

teriores.



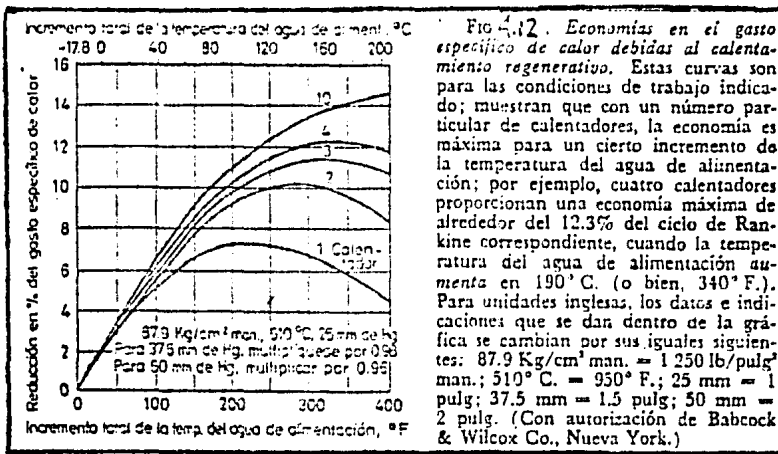
$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_A} \quad \text{donde}$$

$$W_{\text{neto}} = h_1 - h_2 + (1-m_1) (h_3 - h_4) + (1-m_1 - m_2) (h_4 - h_5) + (1-m_1 - m_2 - m_3) (h_5 - h_6) - W_p \quad \text{Kcal/Kg}$$

4

$$Q_A = h_1 - h_{10} + (1 - m_1) (h_3 - h_2) - W_{p4} \quad \text{Kcal/Kg}$$

En un ciclo real se llegan a tener hasta nueve etapas de calentamiento de agua de alimentación. El uso de cada etapa conduce a un rendimiento térmico, mostrado en la figura 4.12. Sin embargo, las ventajas económicas en cuanto a la inversión y mantenimiento, entre otras, disminuyen a medida que añadimos calentadores.



Todas las tendencias anteriormente mencionadas pueden notarse en las unidades de operación de la Comisión Federal de Electricidad de algunas de sus centrales termoeléctricas, las cuales se enlistan en la tabla 4.2 para cuatro diferentes capacidades.

Se puede observar que al variar los diferentes parámetros se varía también la eficiencia del ciclo, lo que corrobora lo expuesto anteriormente.

4.3c.- Disminución de pérdidas en plantas termoeléctricas.

De todas las pérdidas que se tienen en las plantas termoeléctricas quizás las más significativas son las del generador de vapor y dentro de éstas destacan las pérdidas de energía que se tienen en la chimenea debido a la gran cantidad de energía que se llevan los gases producto de la combustión. Esta energía es aprovechable mediante la

instalación de sobrecalentadores y de recalentadores, para aumentar la temperatura del vapor; economizadores, para aumentar la temperatura del agua de alimentación antes de entrar al horno de la caldera; de precalentadores de aire, necesario para la combustión, aumentando como ya vimos la eficiencia del ciclo y trayendo consigo un menor consumo de combustible. Pero aún con el equipo anterior, todavía se libera bastante energía, que bien podría ser aprovechada en el calentamiento de agua, para alimentar algún sistema de calefacción ya sea para la misma planta o para alguna población cercana.

Dentro de las modificaciones mencionadas para mejorar la eficiencia existen ciertas limitaciones tales como condiciones más críticas y esfuerzos más severos en varios equipos de la planta, principalmente en el generador de vapor, trayendo como consecuencia indisponibilidad en las unidades y paros forzados. Debido a la baja calidad de combustible se originan, por ejemplo en las zonas de alta temperatura, que ciertos compuestos de vanadio se depositen en sobrecalentadores y recalentadores, provocando ensuciamiento y disminuyendo así el área de transferencia de calor, teniendo que aumentar la temperatura de los gases y disminuyendo la eficiencia. Otro inconveniente es la corrosión que se presenta en cierta parte del equipo, sobretodo en las zonas de baja temperatura (precalentador de aire), donde se alcanzan las temperaturas de rocío de ciertos ácidos, atacando a los materiales de estos equipos. La solución a estos problemas son paros programados para hacer el mantenimiento correspondiente a la planta, para que pueda trabajar en mejores condiciones, teniendo como principal resultado una mejor eficiencia.

Otras pérdidas en los generadores de vapor son:

- las debidas a la humedad del combustible, que se evitan mejorando su calidad,
- las que se deben a la humedad del aire para la combustión, evitables mediante una mejor localización de la planta,
- las debidas a una combustión incompleta, se eliminan mediante una mejor aislamiento.

Otras pérdidas se disminuirán considerablemente mediante:

- la optimización en el aislamiento de las tuberías y accesorios,
- un mejor sellado en las uniones,
- como ya dijimos, los cambiadores de calor son susceptibles de ensuciarse, por lo que se hace necesario un constante mantenimiento,
- en la turbina, evitar las fugas, además de las pérdidas por radiación mediante un mejor aislamiento.

4.3d.- Medición del comportamiento de la generación termoeléctrica.

La manera de medir el comportamiento de una planta ó central termoeléctrica está basada en los siguientes conceptos:

- Capacidad efectiva.- Es la capacidad real máxima de una unidad generadora después de descontar a su capacidad de placa la degradación permanente.
- Capacidad efectiva promedio de una unidad, central generadora o grupo de centrales en un periodo determinado. Es la que resulta de considerar la entrada o salida de una unidad en el periodo en cuestión.
- Factor de planta.- Se refiere a la relación entre la generación real y la máxima posible en un periodo determinado, calculada esta última con la capacidad efectiva promedio de la central.
- Consumo específico.- Se define como la relación entre el consumo calorífico y la generación en un periodo determinado (Kcal/KWh, KJ/KWh, etc.). Es un índice de la eficiencia de una central generadora.

En las tablas 4.3 y 4.4 podemos apreciar algunos de estos factores y su evolución reciente por tipo de centrales. Además, se agrega una tabla con los ciclos técnicos de mantenimiento, dada la importancia que estos deben de tener.

Optimización en la operación y el control.

Al igual que las refinerías, el uso de las computadoras y de los microprocesadores juegan un papel importante, debido a la disminución del error humano en el centro y operación de los sistemas y equipos existentes en la planta, además de contar con informaciones y almacenamiento de datos más precisos, obteniéndose una optimización en el funcionamiento de la planta.

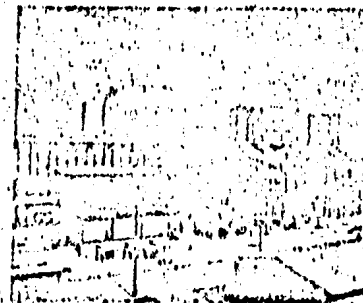
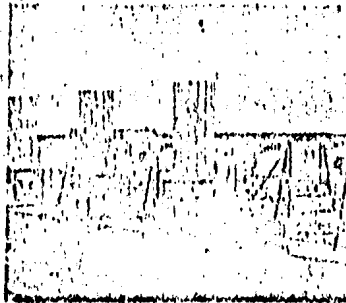


RESUMEN ANUAL POR TIPO DE GENERACION DE:
FACTOR DE PLANTA Y CONSUMO ESPECIFICO
CENTRALES TERMoeLECTRICAS
PERIODO 1977-1900

Tabla 4.3.

TIPO DE GENERACION	FACTOR DE PLANTA (%)					CONSUMO ESPECIFICO (KCAL/KWH)				
	1977	1978	1979	1980	PROMEDIO	1977	1978	1979	1980	PROMEDIO
VAPOR MAYOR	63.9	65.3	60.9	63.9	63.4	2610	2587	2591	2632	2606
CICLO COMBINADO	43.3	52.6	49.0	69.1	53.5	3010	2671	2740	2269	2626
VAPOR MENOR	60.6	67.9	68.3	71.1	67.2	3472	3380	3391	3395	3401
TURBO JET	16.0	36.0	28.2*	26.3	26.6	3006	3465	3744*	3056	3058
TURBO GAS	18.0	30.3	39.8	39.6	32.7	4886	4287	4203	4203	4306
DIESEL	12.2	18.4	20.3	20.4	17.9	2526	2678	2619	2621	2615
CENTRALES RETIRADAS	14.3	40.0	35.8	—	28.5	4274	4133	4207	—	4018
TOTAL	52.9	59.5	59.7	61.0	58.6	2920	2868	2882	2866	2881

* La información de algunas unidades T) (Parque, Industrial y Tepachula) se encuentra contenida en el tipo TG

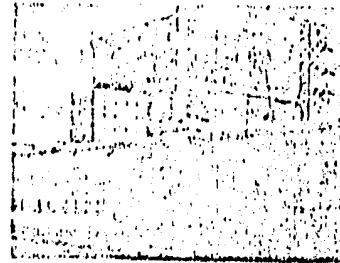
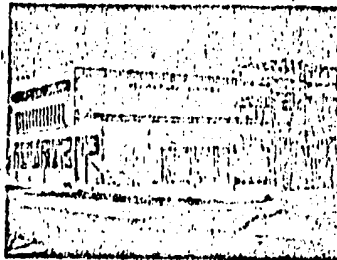
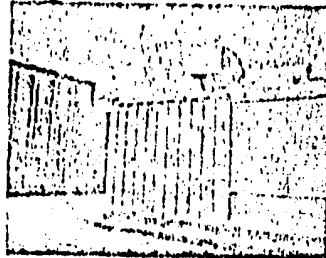


**RESUMEN ANUAL POR TIPO DE GENERACION DE:
 CAPACIDAD, GENERACION Y CONSUMO CALORIFICO
 CENTRALES TERMoeLECTRICAS
 PERIODO: 1977-1980**

Tabla 4.4.

TIPO DE GENERACION	CAPACIDAD EFECTIVA PROMEDIO (MW)				GENERACION ANUAL (GWH)				CONSUMO CALORIFICO ANUAL (KCAL X 10 ¹¹)			
	1977	1978	1979	1980	1977	1978	1979	1980	1977	1978	1979	1980
VAPOR MAYOR	3373	4039.6	4803	5129.5	18886.5	23092.1	25630.3	28730.7	4928.8	5973.9	6641.9	7561.3
CICLO COMBINADO	540	540	540	540	2046	2488.2	2317.3	3266.9	615.9	664.5	635.4	741.3
VAPOR MENOR	1148	1208	1242.2	1290	6098.2	7180.4	7430.9	8052.3	2117.0	2426.7	2519.5	2733.7
TURBOJET	392	392	360*	411	550.8	1237.5	889.6*	946.6	198.6	428.9	333.1*	365.1
TURBOGAS	574	566	639	755.2	905.1	1500.6	2225.5	2617.3	442.2	643.3	935.4	1100.3
DIESEL	42	42	42	42	58.2	67.6	74.8	76.3	14.7	18.1	19.6	20.0
CENTRALES RETIRADAS	119.7	98.6	73	—	149.5	345.5	229.2	—	63.9	142.8	96.4	—
TOTAL	6188.7	6886.2	7424.2	8148.7	28694.3	35911.9	38797.6	43690.1	8381	10298.2	11181.3	12521.7

*En algunas unidades T1 (Parque, Industrial y Tlapachula) se encuentra contenida en el tipo 1G



CICLOS TEÓRICOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS DE LARGA DURACION VAPOR Y CICLO COMBINADO

Tipo de Generación	Duración del Ciclo (años)	Tipo de Mantenimiento				Indisponibilidad Anual, mt:		
		Mayor		Menor		%	días/año	
		M	F	M	F			
CC	Vapor	4	2	1	1	3	<u>10,416</u>	<u>38.0</u>
	Vapor	4	2	1	1	3	<u>13,541</u>	<u>49.4</u>
	TG	4	1	4	—	—		

M: Duración del mantenimiento en meses/año.
 F: Frecuencia durante el ciclo.
 mt: Tasa teórica anual de ISP.

Con esta información se tienen los elementos para comparar los mantenimientos reales con aquellos que teóricamente resultarían deseables.

4.3e.- Eficiencia de diferentes plantas.

Ciertos países productores de petróleo, como es el caso de México, han optado por el equipo menos caro para sus sistemas de generación, - que no son necesariamente los más eficientes.

Las ventajas económicas de plantas de ciclo combinado con turbinas gas/vapor comparada con las plantas de vapor o de gas pueden ser explicadas en simples términos.

Los costos de generación son determinados por tres diferentes parámetros que además son independientes entre sí:

- 1.- Inversión inicial, es decir, costos de ingeniería, compras de equipo e instalación.
- 2.- Costo de combustible.
- 3.- Costo de mantenimiento de equipo y personal de operación.

En la figura 4.13, se muestran los rangos de inversión inicial para diferentes plantas generadoras. Como se puede apreciar, hay grandes diferencias entre varios tipos aplicados hoy en generación térmica. -- Sin embargo, la planta menos cara no es necesariamente la más económica.

El costo de combustible depende del tipo y calidad usado, del precio de compra, y a la larga, del consumo (eficiencia) del sistema de generación. No todos los combustibles pueden ser usados en los diferentes tipos de planta. Los combustibles sólidos en general tienen restricciones en su aplicación. Similares restricciones existen para residuos de petróleo de baja calidad. Solo las turbinas de vapor pueden ser utilizadas en el presente para estos combustibles. Para estos casos las plantas generadoras a partir de vapor son las más económicas.

Sin embargo, si el combustible es apropiado para operar una máquina de combustión interna, se usa la turbina de gas. Una ventaja es la alta eficiencia en una planta de ciclo combinado. En la figura 4.14 se comparan los rangos de eficiencia para diferentes sistemas de generación. La mayor eficiencia se obtiene en el ciclo combinado. No hay -- otro proceso avanzado usando turbina de gas o turbina de vapor solamente que mejore el funcionamiento más que la combinación de estos dos ciclos termodinámicos, el ciclo abierto del gas y el ciclo cerrado para el vapor/agua.

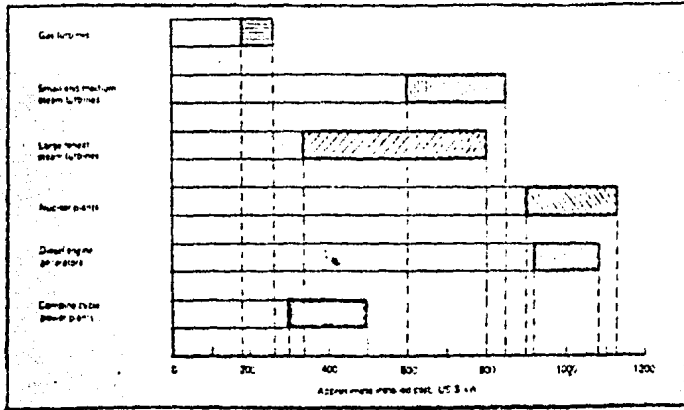


Figura 4.13.- Costos de instalación de los diferentes tipos de plantas.

Fuente: Modern Power Systems.

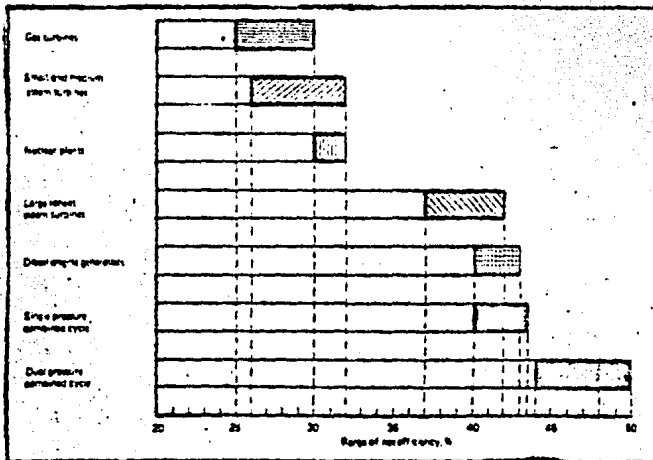


Figura 4.14.- Eficiencia de varios tipos de plantas de generación.

Fuente: Modern Power Systems.

El tercer parámetro, mantenimiento y costo de personal, pudiera ser ignorado con modernas instalaciones. El costo de los operadores en particular ha llegado a ser nulo cuando el control automático es completamente aplicado a la par con el monitoreo de equipo.

Las unidades modernas de hoy pueden ser operadas por solo dos personas por turno.

CAPITULO 5

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

CAPITULO 5

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

2.1.- Introducción.

El proceso de desarrollo económico de México se ha caracterizado por un alto consumo de energía por unidad de producto generado.

La relación entre las tasas de crecimiento de la demanda interna de energía primaria y del PIB (producto interno bruto), ha mostrado una tendencia creciente, de 1.1 durante la década de los 60's a 1.5 en el periodo 1970-75 y 1.7 en la segunda mitad de esa década.

La industria y los transportes definieron en buena medida ese comportamiento.

En esta sección nos enfocaremos a presentar algunos aspectos importantes del sector industrial, que dentro de la estructura del consumo final del mercado nacional, absorbe el 32.6% del total, contra 40% del sector transporte, 17.4% otros sectores y el 9.4% de usos no energéticos.

La evaluación de la demanda de energía en el sector industrial es tuvo determinada por dos factores: el cambio observado en la estructura industrial y el deterioro relativo de los precios internos de los combustibles.

Ahora bien, con respecto al primero, en los últimos años la participación de las ramas productoras de los bienes intermedios, de consumo duradero y de capital, se incrementó substancialmente.

En 1960 representaron cerca del 25% del PIB manufacturero, mientras que en 1980 alcanzaron casi un 50% del total.

El segundo de los factores, la disminución en términos reales de los precios de los energéticos, fomentó, en gran parte, la selección y uso de tecnologías más intensivas que otras en energía, dentro de las ramas industriales más dinámicas. En esta línea, cabe resaltar que los precios de gas natural, del combustible y de la electricidad disminuyeron en cerca del 50%, entre 1960 y 1980 con respecto a otros bienes y servicios.

Los programas de energía y sobre todo las políticas económicas del país en los últimos años, han propiciado fijar más la atención industrial en los consumos e impacto económico de los energéticos en el costo de la producción.

La participación de la energía en la formación del costo final de los bienes y servicios producidos, permite dar una idea sobre la forma en que un aumento de precios afectaría directamente a las diferentes ramas productivas.

Finalmente debemos considerar que el valor monetario de la energía, considerado como un componente del costo de producción industrial, es mucho menor que el valor económico; aún cuando el valor de la energía tiene una incidencia reducida en los costos industriales, es un insumo indispensable por el proceso productivo, siendo su escasez como ya mencionamos, un factor limitante definitivo en el proceso de crecimiento.

5.2.- Bosquejo histórico.

Dentro de este análisis enfocaremos nuestro trabajo en un plano histórico que nos llevará a presentar y analizar nuestra situación actual.

Si la importancia de la participación de la energía en el valor de la producción se analiza exclusivamente en esa línea, se tendrá una imagen falsa de su contribución en virtud de que su participación ha ido disminuyendo con el tiempo.

En el capítulo I se expusieron las causas y diferentes factores que originaron la disminución de la participación de la energía en la formación del costo total de los bienes y servicios producidos.

Con objeto de analizar con mayor detalle la participación de la energía en el valor de la producción y en el de los insumos de la industria, se presenta un desglose por grupos de industrias, en 1965 y 1970. (tablas 5.a y 5.b).

La industria química participo en 1970 con el 9.1% del valor total de la energía consumida por el sector industrial, superada tan sólo por la industrias metálicas básicas, industrias textiles, papel y celulosa.

El consumo final del mercado nacional durante los últimos años por -

fuerza de energía ha sido; como se muestra en la tabla 5.c.

Tabla 5.a.	ENERGIA	
	Participación en el valor de la producción (%)	
	1965	1970
Productos alimenticios	2.6	2.3
Bebidas y tabacos	1.3	1.2
Mat. para construcción	11.0	10.0
Metálicas básicas	5.7	5.2
Automotriz	1.0	1.2
Química	-	-
Textil y papel	2.7	2.7

Tabla 5 .b.	ENERGIA	
	Participación en insumos (%)	
	1965	1970
Productos Alimenticios	3.5	3.2
Bebidas y tabacos	2.3	2.3
Mat. para construcción	22.0	19.0
Metálicas básicas	9.2	7.9
Automotriz	2.6	2.7
Química	2.1	2.6
Textil y papel	4.2	4.2

Tabla 5.c.	1970	1975	1981
Combustibles sólidos	1.07	1.37	1.88
Productos petrolíferos	16.16	24.7	43.15
Gas	5.41	6.55	11.48
Electricidad	1.73	2.77	4.56
-Consumo final total-	24.37	35.39	61.07

(millones de toneladas de petróleo crudo equivalente)

Analizando en forma global el consumo final de energía del mercado nacional, el sector industrial registró una participación en % con respecto al total de: 37.6% en 1970, 35.6 en 1975 y 32.6 en 1980.

Lo cual quiere decir que la participación relativa ha ido disminuyendo, en el periodo 1970-1980.

La participación específica en el consumo de cada tipo de energético se indica a continuación; en la tabla 5.d.

Respecto a su uso final en la industria en 10^6 ton. de petróleo crudo equivalente, tenemos la tabla 5.e.

Tabla 5.d.	1970	1975	1980
	%	%	%
Combustibles sólidos	11.35	10.45	10.61
Productos petrolíferos	30.58	39.89	33.26
Gas	50.01	40.71	45.57
Electricidad	8.01	9.41	10.54

Tabla 5.e.	1970	1975	1981
	Combustibles sólidos	1.07	1.37
Productos petrolíferos	2.86	5.16	6.67
Gas	4.67	5.32	8.43
Electricidad	0.75	1.23	2.08
Total:	9.35	13.08	19.06

Esto significa un aumento de casi 104% en el consumo total de energía en el sector industrial, para el mismo periodo se nota una baja en la participación relativa en cuanto al consumo de la oferta de energía al mercado nacional, debido a que el sector transporte acapara este pequeño porcentaje de disminución relativa del consumo de energía en la industria y no siendo de ninguna manera un indicador de mejoramiento de eficiencia en su uso.

En la siguiente tabla podemos darnos cuenta de cuál era la distribución energética en el sector industrial en 1977 por tipo de industria. (tabla 5.f).

La información registrada en la tabla citada nos da una buena idea de cuáles son las principales industrias que, dentro del sector industrial, contribuyen en gran parte al consumo final de energía al mercado nacional.

Podemos decir que la proporción de la participación en el año de 1977 se ha mantenido casi constante durante los últimos años y hasta 1980.

5.3.- Situación actual.

La ligera baja de los precios internacionales del petróleo y la

consecuente política gubernamental de ajuste económico, con reducción de subsidios que se otorgan a ciertos bienes y servicios, implicó como consecuencia una modificación en política de precios y tarifas internas, orientada por criterios de costo-precio-utilidad razonable, - permitiendo sólo los ajustes estrictamente necesarios, para una adecuada relación precios-salarios, tendiente a sanear las finanzas, a - disminuir presiones sobre el aparato productivo y combatir la inflación.

Tabla 5.1.

Consumo de energía del sector industrial (1977).		
Industria	Consumo de Energía (10^{12} Kcal)	Participación %
Azucarera	20.855	17.57
Siderúrgica	20.144	16.97
Cementera	15.265	12.86
Química	14.624	12.32
Papelera	8.925	7.52
Vidrio	6.258	5.27
Textil	4.379	3.69
Alimenticia	2.886	2.43
Otras	25.355	21.37
TOTAL:	118.691	100.00

El sector industrial es el más consciente del costo de la energía y reacciona bien ante las variaciones del costo de la misma.

Aunado a estos cambios, ha aumentado aún más el interés por el fortalecimiento de los grupos especializados en el uso de la energía en los diferentes sectores de la economía.

En nuestro país, como consecuencia de este fenómeno se han seguido formando grupos abocados al estudio del uso de la energía en sus -- instalaciones, integrándose a la lista ya existente de grupos que iniciaron este trabajo, como:

Celanese Mexicana	en 1973
Industrias Resistol, S.A.	en 1975
Condumex	en 1977
FASE	en 1979

Todos ellos, enfocados a trabajar con programas específicos como: "Programa de Conservación y Ahorro de Energía", "Comité para el consumo de energéticos", etc.

Variación de los precios de los energéticos.

Las figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, muestran la variación de los precios de la electricidad, el combustible pesado, el gas natural y el diesel durante 1983.

Es importante hacer notar los fuertes incrementos en los costos unitarios de los diferentes combustibles que van desde un 200% en electricidad, hasta incrementos del 314% en el gas natural.

Por otra parte, es notoria la corta frecuencia de variación de estos precios, siendo muy significativos muchas veces en intervalos de un mes a otro.

Avances en programas de conservación de energía.

La gráfica 5.5, nos muestra algunos de los avances en materia de ahorro y conservación de energía en Celanese Mexicana, como respuesta a esa necesidad de intensificar cada vez más los trabajos en el industrial.

La reacción industrial en este ramo debe de incrementarse aún más en la construcción de sus nuevas plantas y reactivar ordenadamente esta labor en las plantas ya instaladas, en donde generalmente se le da una baja prioridad de nuevas inversiones para mantener en línea ascendente el uso eficiente de energía.

Considerando los aspectos precedentes, se estima la posibilidad de ahorro de energéticos en el sector industrial en un porcentaje que fluctúa entre el 30% y el 40%.

En el ámbito gubernamental, se ha otorgado una prioridad a la planificación energética, que concede una relevancia particular al estudio del consumo de energía en nuestro país.

Aún con este apoyo que antecede a nuestra crisis actual, es labor del Gobierno Federal la fijación de políticas en materia de consumo ener

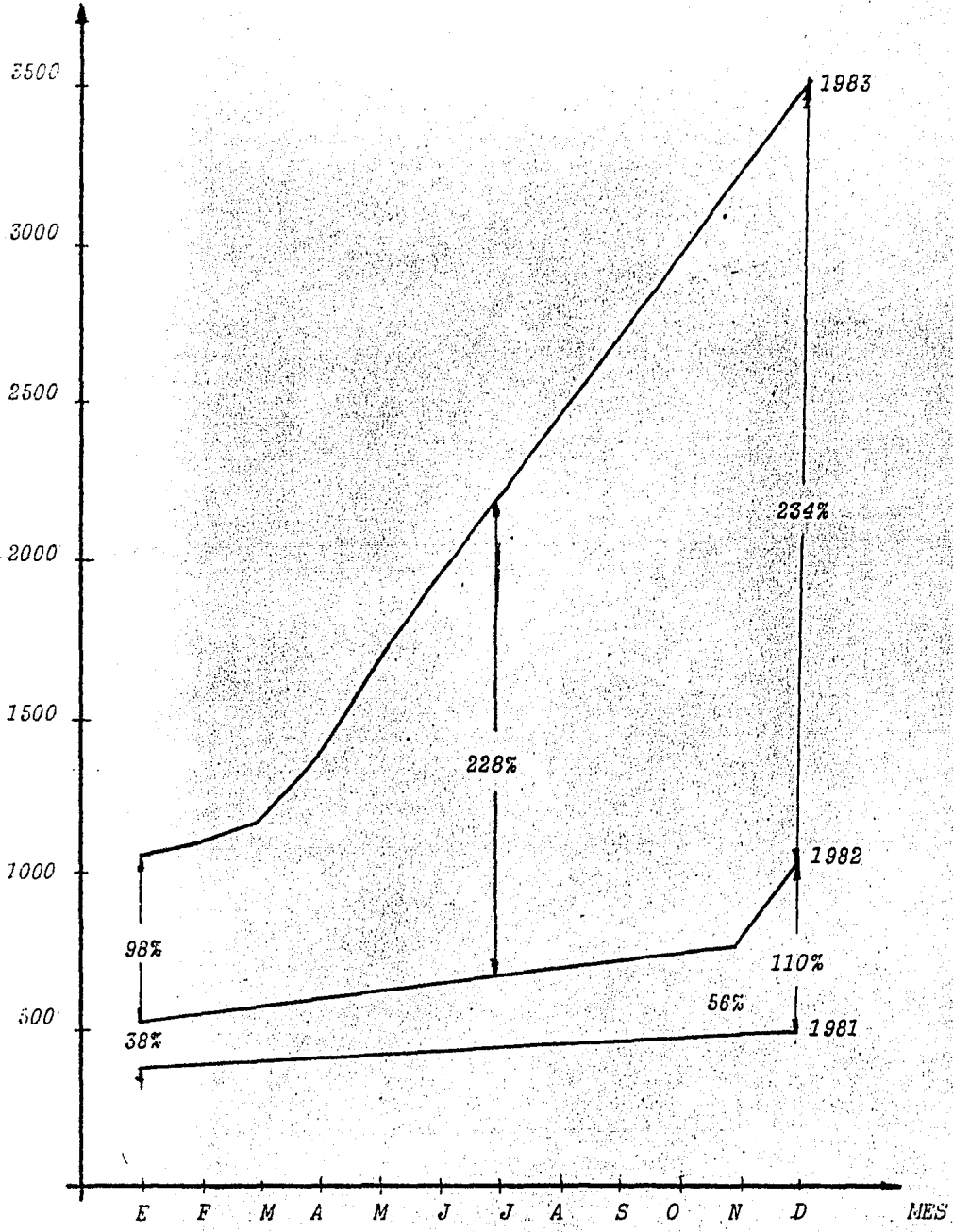
Tabla 5.1. Tendencia de los precios de la energía.

M E S	JUNIO 1962								
	COMBUSTIBLE PESADO (*)			COMBUSTIBLE LIGERO (*)			GAS NATURAL (*)		
	(\$/M ³)	% MENSUAL	I	(\$/M ³)	% MENSUAL	I	(\$/M ³)	% MENSUAL	I
ENERO	1058.26	BASE	100	1229.57	BASE	100	1.662	BASE	100
FEBRERO	1111.30	6.01	105	1291.30	5.02	105.02	1.639	4.93	105
MARZO	1166.96	6.00	110.3	1355.65	4.90	110.25	1.722	5.06	110
(1-6) ABRIL	(1225126)			(1473.48)			(1.008)		
(7-30) ABRIL	(1426.00)			(1661.00)			(2.252)		
ABRIL (PROMEDIO)	1305.85	10.76	131	1613.60	19.02	131.22	2.162	25.55	130
MAYO	1607.0	21.73	159.4	1965.00	21.79	159.01	2.774	26.31	170
JUNIO	1948.0	15.47	104.1	2269.00	15.47	104.54	3.206	10.01	111
JULIO	2209.0	13.40	208.7	2573.00	13.40	209.56	3.017	15.01	114
AGOSTO	2470.0	11.02	233.4	2077.00	11.02	233.90	4.339	13.60	270
SEPTIEMBRE	2731.0	10.57	260.1	3101.00	10.57	250.71	4.061	12.03	221
OCTUBRE	2992.0	9.56	202.7	3405.00	9.56	283.47	6.303	10.74	315
NOVIEMBRE	3253.0	8.72	307.4	3709.00	8.72	300.16	5.904	9.68	373
DICIEMBRE	3514.0	8.02	332.1	4093.00	8.02	332.00	6.426	0.34	471
PROMEDIO ANUAL	2133.0			2404			3.669		

ESTADÍSTICO
DIARIO
(\$ M\$)

FIGURA 5.1. COMBUSTIBLE: COMBUSTOLEO PESADO

(GRAFICA COSTO UNITARIO VS. TIEMPO)



COSTO
UNITARIO
(\$/M³)

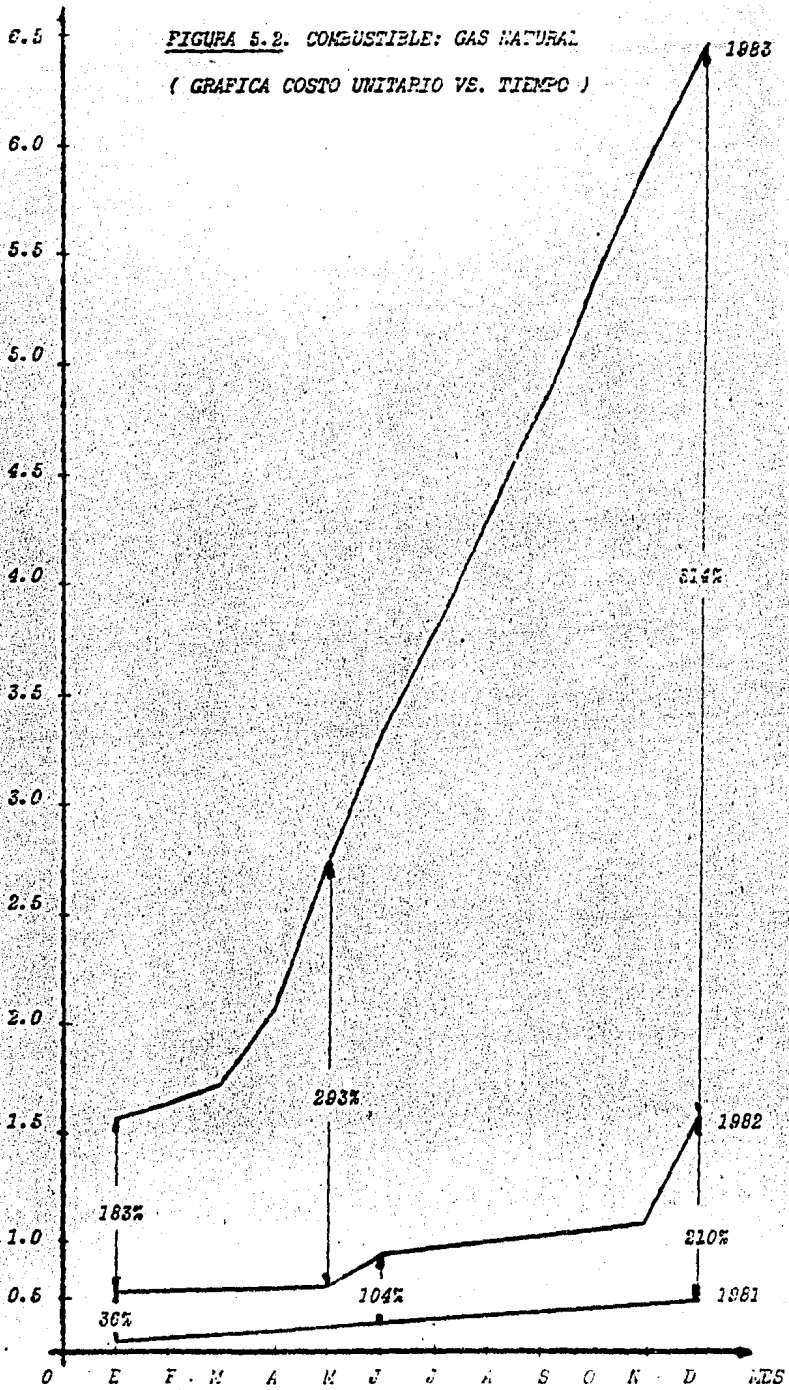


FIGURA 5.3. COMBUSTIBLE : DIESEL

(GRAFICA COSTO UNITARIO VS. TIEMPO)

COSTO
UNITARIO
(\$/M³)

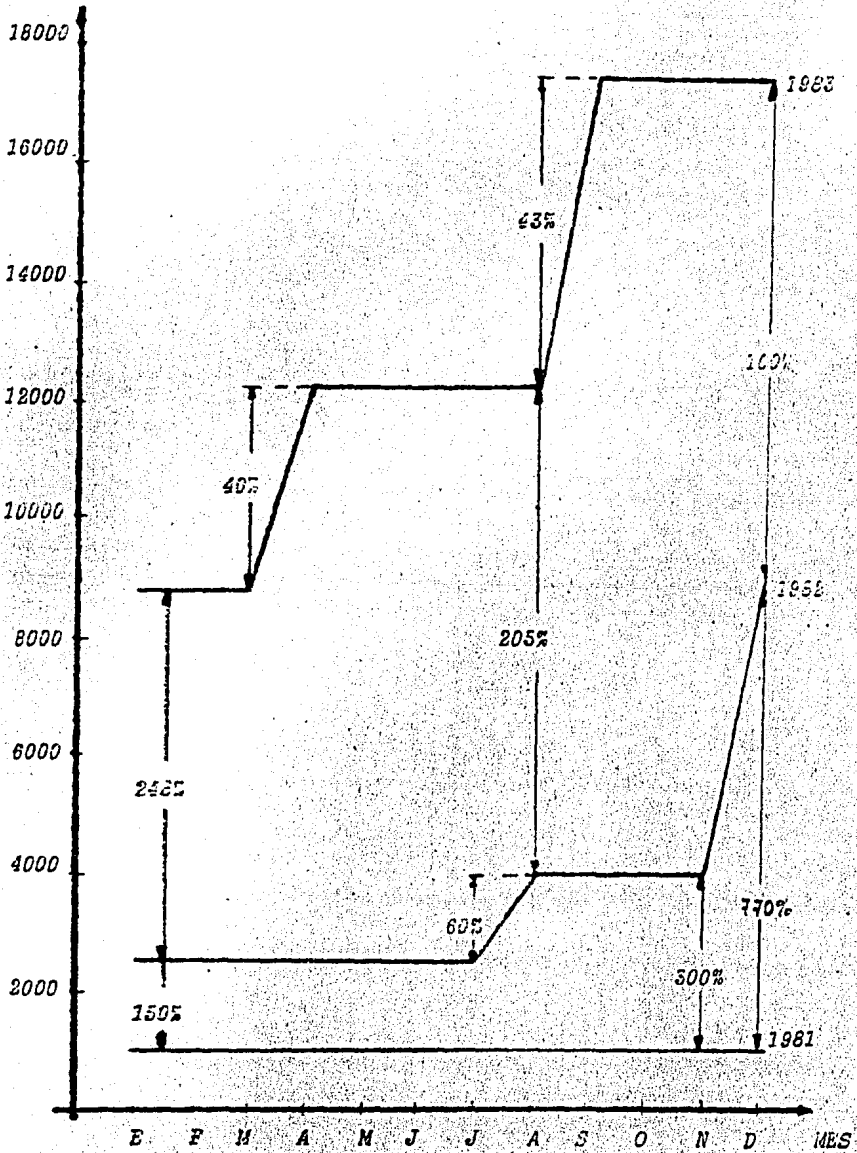
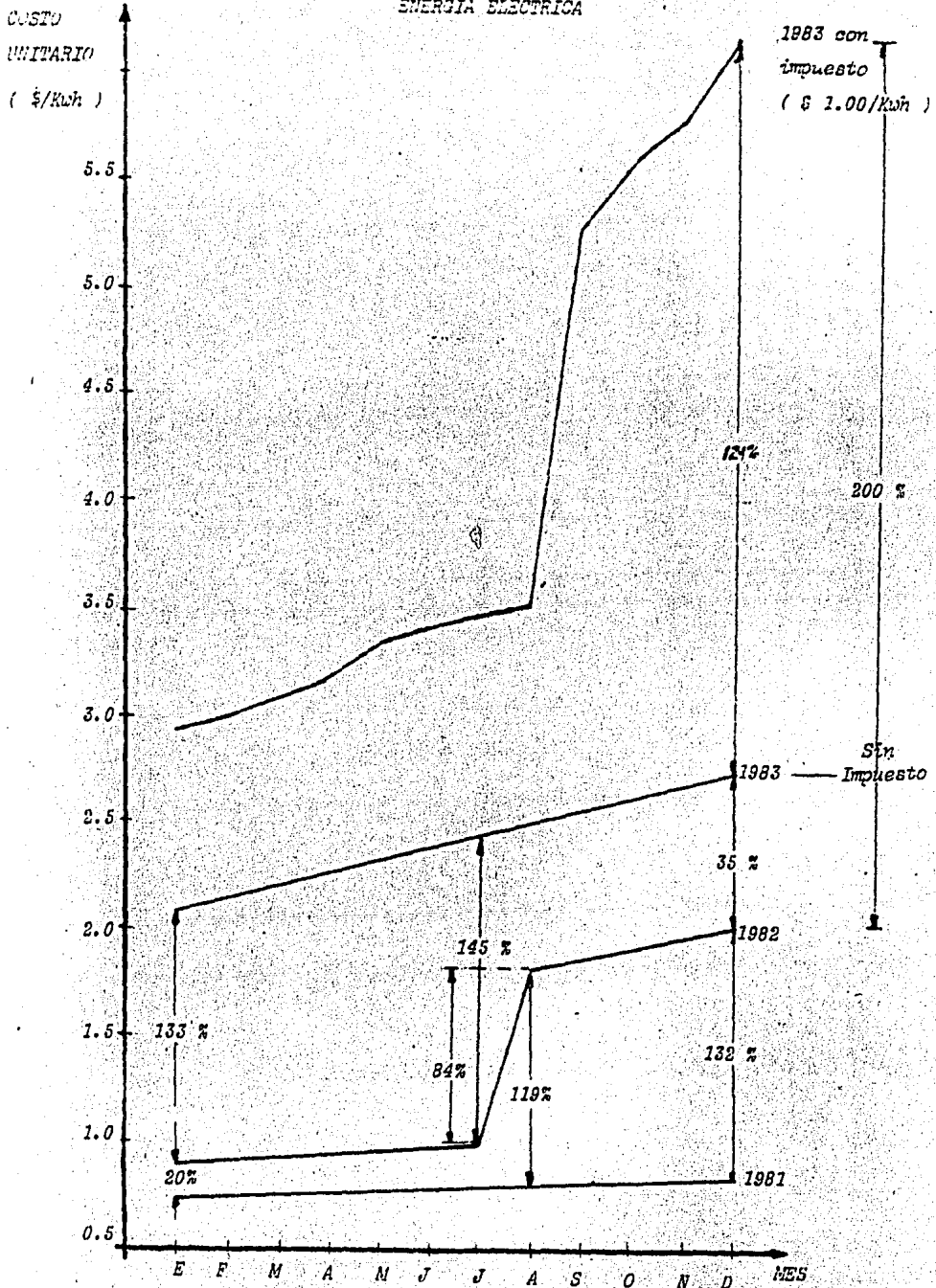


FIGURA 5.4. GRAFICA COSTO UNITARIO VS. TIEMPO
ENERGIA ELECTRICA



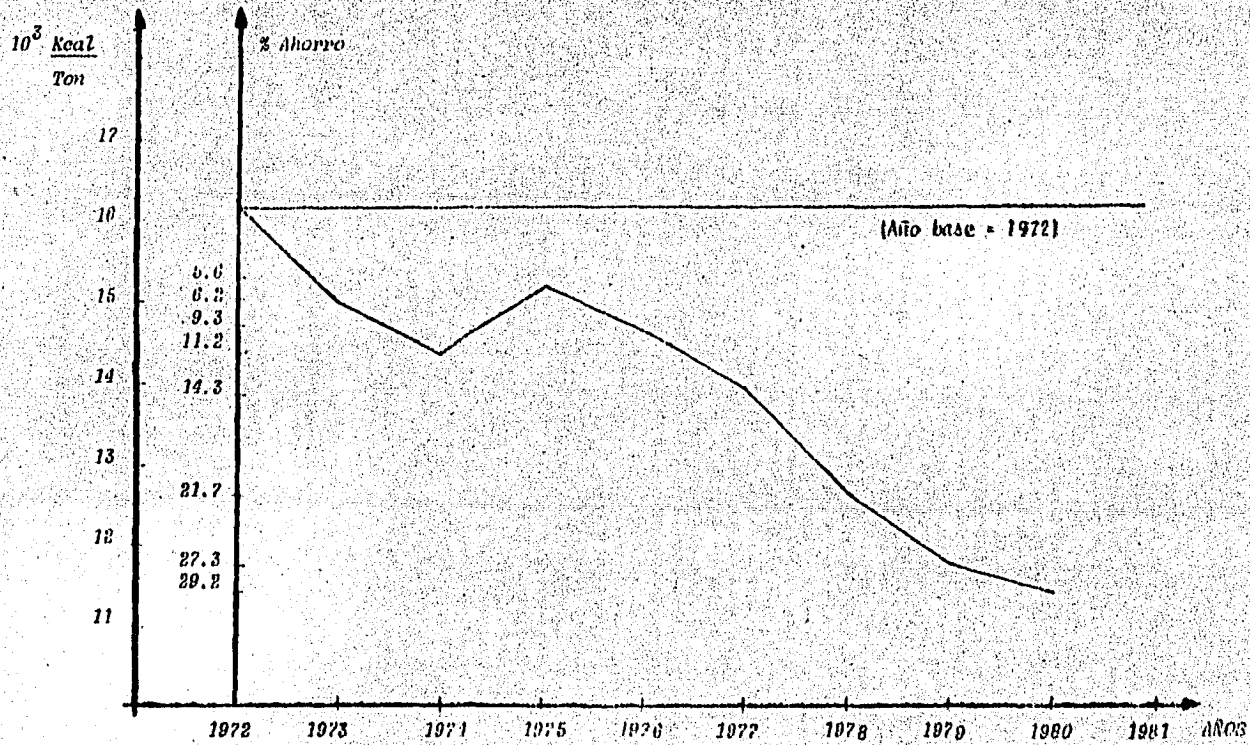


FIGURA 6.5.- Resultados del programa de conservación y ahorro de energía de CEMEX (Enero, 1982)

gético y fundamentarla sobre sólidas bases.

Una de las encuestas más recientes de los consumos energéticos industriales se generó durante los meses de agosto a octubre, 1982, dando información muy valiosa referente a 1981, a través de la SEPAFIN, mediante encuestas realizadas en diferentes industrias.

En virtud de que la información, estudios de los destinos de la energía y las investigaciones técnico-económicas sobre el tema, son bastante escasas en nuestro país, nos apoyaremos en la información generada en 1982.

Para dar mayor importancia a estos números, es necesario señalar tres aspectos:

- 1.- La industria constituye, después del sector energético y el sector transporte, el tercer más grande consumidor de energía en nuestro país.
- 2.- El consumo de energía en el sector industrial, por tipo de energético, tiene las siguientes características:
 - a).- Integra el total del consumo de combustibles sólidos en todo el país.
 - b).- Representa poco menos de la sexta parte del total nacional de requerimientos de productos petrolíferos.
 - c).- El consumo de gas de la industria significa alrededor de las tres cuartas partes de las necesidades nacionales de ese energético.
 - d).- En electricidad representa casi la mitad del consumo nacional.
- 3.- Por otro lado, la industria depende en cerca de 80% de los hidrocarburos.

Las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, nos muestran cifras representativas del comportamiento industrial con relación al consumo de energía, valor de la energía y de la producción, desarrollado para cada tipo de industria.

La tabla 5.1 nos muestra datos interesantes que se resumen en el cuadro 5.1.A que se presenta a continuación.

El cuadro 5.1.A indica claramente los 5 tipos de industrias que registran una mayor participación en el consumo energético dentro del sector industrial, sobresaliendo las industrias Siderúrgica, Azucarera,

Tabla 5.1. Encuesta sobre consumo de energía en industria, 1981.
Información general por sectores.

CONCEPTOS	SECTORES								
	SIDERUR- GIA	MINERO METALURGIA	CEMENTO	VIDRIO	PAPEL	QUIMICA	ALIMENTOS Y BEBIDAS	OTROS	TOTAL
CONSUMO DE ENERGIA									
VOLUMEN -10 ⁹ KCAL-	58568.8	17554.2	20617.5	6643.0	10861.2	24001.8	3644.6	4645.4	146536.9
VALOR -MILLONES DE PESOS-	10252.0	3733.7	2686.2	727.0	1415.0	1337.0	507.0	1064.6	23723.3
PRODUCCION									
VALOR -MILLONES DE PESOS-	50616.2	38547.7	28100.8	18640.8	24777.7	68456.2	40206.4	125339.7	394705.6
TASA DE UTILIZACION DE LA PLANTA	65.7	73.1	67.5	58.2	73.6	75.7	72.3	72.4	71.0
VENTAS									
VALOR -MILLONES DE PESOS-	92684.9	64436.2	27199.5	23128.7	36762.6	84118.2	46674.3	178953.4	553957.8
EMPLEO									
OBREROS	52473	33206	9378	17113	15012	31184	12427	69124	233917
EMPLEADOS	16417	8350	3174	6046	5183	12358	4189	21308	77025
SUMA	68890	41556	12552	23159	20195	42942	16616	84532	310442
HORAS-HOMBRE TRABAJADAS -MILLONES-	117.4	82.1	21.8	46.6	46.1	74.2	37.0	197.0	622.1

Química, del Cemento y Minero-metalúrgica.

De la misma tabla 5.1, obtenemos datos aún más importantes que nos muestran el impacto del costo de la energía en relación del costo de la producción.

Cuadro 5.1.A

Tipo de industria	Consumo de energía 10 ⁹ Kcal	€
Siderúrgica	58,558.8	33.7
Azucarera	27,200.0	15.6
Química	24,007.8	13.8
Cemento	20,617.5	11.9
Minero-metal	17,534.2	10.1
Papel	10,867.2	6.2
Vidrio	6,643.0	3.8
Otras	4,545.4	2.7
Alim. y bebidas	3,644.6	2.2
TOTAL:	173,736.5	100

Cuadro 5.1.B

Tipo de industria	\$ Energía/ \$ Producción
Siderúrgica	20.25
Minero-metalurgia	9.7
Cemento	9.6
Papel	5.71
Química	4.9
Vidrio	3.9
Alimentos y bebidas	1.26
Otras	0.85
Azucarera	†

† No hay registros.

El cuadro 5.1.5 nos muestra la contribución porcentual de los costos de la energía en los costos de producción, mostrando un fuerte impacto en la industria siderúrgica, minero-metalúrgica y del cemento.

La tabla 5.2 nos muestra el origen de la energía que consume cada uno de los tipos de industria, siendo notoria la participación energética (en forma global) del gas natural y de combustible, así como de coque en la industria siderúrgica o la electricidad en la minero-metalúrgica y otras.

La tabla 5.3 resume el destino de la energía consumida por tipo de energético y sectores, en cuatro grandes grupos:

- 1.- Combustibles de uso directo en la producción que representan el 63.2% del consumo total de energía del sector industrial.
- 2.- Combustibles destinados para producir vapor que va a las unidades productivas, que representan el 21.2% del consumo total.
- 3.- Combustibles utilizados para generar electricidad con el 7.3% del total.
- 4.- Electricidad comprada con una participación del 8.3%.

Se consideraron combustibles base:

Gas natural

Gas L.P.

Combustible

Diesel

Coque

Otros

La tabla 5.4 presenta el valor de la energía comprada por tipo de energético y sector en millones de pesos.

Estos valores tienen vital importancia, en función del porcentaje de contribución de la energía comprada por cada tipo de industria, con relación al valor de la producción como por ejemplo en el sector siderúrgico.

Finalmente, en la tabla 5.5 se presentan una serie de indicadores que nos muestran el impacto de los consumos energéticos en el sector industrial por tipo de industria, como son:

Kcal por tipo de energético/Kcal de consumo total; Electricidad comprada/electricidad consumida total; 10^9 Kcal/millón de ventas; 10^9 --

Tabla 5.2. Encuesta sobre consumo de energía en la industria, 1981.
Origen de la energía consumida por sectores (10⁹ Kcal).

C O N C E P T U S	S E C T O R E S								TOTAL
	SIDERUN- GIA	MINERO METALURGIA	CEMENTO	VIDRIO	PAPEL	QUIMICA	ALIMENTOS Y BEBIDAS	OTROS	
TOTAL	58568.8	17554.2	20617.5	6643.0	10861.2	24001.9	3644.6	4645.4	146536.9
ENERGIA COMPRADA	55481.1	17352.7	20617.5	6643.0	8739.6	22201.7	3644.6	4645.4	139924.5
GAS NATURAL	30926.0	8838.1	9203.7	6119.6	3686.2	13591.0	2604.9	3538.5	78508.0
GAS L.P.	8.1	4.1	0.0	3.2	16.7	6.1	77.1	36.0	151.3
COMBUSTIBLES	3136.9	3165.1	9538.3	0.0	4080.0	6601.5	638.7	178.6	27339.0
DIESEL	805.1	877.1	108.9	82.5	19.0	466.8	28.7	77.1	2465.3
CARBON	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
COKE	17619.4	1291.4	0.0	0.0	0.0	200.6	0.0	40.9	19152.3
ELECTRICIDAD	2985.5	3097.4	1760.6	426.5	434.3	1858.5	295.0	736.5	12094.3
OTROS	0.0	72.7	5.9	11.3	2.5	77.2	0.2	37.8	207.5
COMBUSTIBLES AUTOGENERADOS	3087.8	201.6	0.0	0.0	2122.6	1200.1	0.0	0.0	6612.0

Tabla 5.3. Encuesta sobre consumo de energía en la industria, 1981.

Destino de la energía consumida por tipo de energético y sectores (10⁹ Kcal)

CONCEPTOS	SECTORES								
	SIDERUR- GIA	HIERO METALURGIA	CEMENTO	VIDRIO	PAPEL	QUIMICA	ALIMENTOS Y BEBIDAS	OTROS	TOTAL
COMBUSTIBLES DE USO DIRECTO EN LA PRODUCCION	46389.9	10162.4	18788.0	6146.6	575.5	7239.2	964.4	2271.2	92537.1
GAS NATURAL	24561.5	5581.4	9195.5	6050.1	459.0	5376.4	816.2	2062.3	54102.3
GAS L.P.	8.1	4.1	0.0	3.2	16.7	6.0	77.1	36.0	151.2
COMBUSTOLEO	1763.0	2393.1	9520.1	0.0	79.0	1306.1	54.9	25.7	15141.9
DIESEL	499.6	760.7	71.4	82.1	18.3	295.1	16.1	68.5	1811.8
COKE	17619.4	1291.4	0.0	0.0	0.0	200.6	0.0	40.9	19152.3
OTROS	1938.3	131.6	0.9	11.3	2.5	55.0	0.2	37.8	2177.5
COMBUSTIBLES UTILIZADOS PARA PRODUCIR EL VAPOR QUE VA A LAS UNIDADES PRODUCTIVAS	4169.3	2939.8	68.8	69.5	6673.2	13522.0	2082.7	1540.0	31065.3
GAS NATURAL	2491.8	2850.6	8.2	69.5	2597.1	7697.0	1498.8	1455.8	18668.9
GAS L.P.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
COMBUSTOLEO	788.5	61.4	18.1	0.0	2778.5	4519.9	583.8	192.9	8923.1
DIESEL	26.4	21.1	37.4	0.0	0.6	112.5	0.1	6.7	205.2
CARBON	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
OTROS	862.7	0.0	5.0	0.0	1297.0	1177.2	0.0	0.0	3341.9
COMBUSTIBLES UTILIZADOS PARA GENERAR ELECTRICIDAD.	5024.0	1354.6	0.1	0.4	2678.3	1377.1	302.5	22.2	10759.2
GAS NATURAL	3872.7	406.1	0.0	0.0	630.0	517.6	290.0	20.4	5736.8
GAS L.P.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COMBUSTOLEO	585.4	710.6	0.0	0.0	1222.5	755.5	0.0	0.0	3274.0
DIESEL	279.1	95.4	0.1	0.4	0.1	58.8	12.5	1.8	448.3
CARBON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTROS	286.8	142.6	0.0	0.0	825.6	45.2	0.0	0.0	1300.1
ELECTRICIDAD COMPRADA	2985.5	3097.4	1760.6	426.5	934.3	1858.5	295.0	736.5	12094.3

Tabla 5.4. Encuesta sobre consumo de energía en la industria, 1981.

Valor de la energía comprada por tipo de energético y sectores. (millones de pesos)

C O N C E P T O S	S E C T O R E S								TOTAL
	SIDERUR- GIA	MINERO METALURGIA	CEMENTO	VIDRIO	PAPEL	QUIMICA	ALIMENTOS Y BEBIDAS	OTROS	
T O T A L	10191.6	3726.8	2686.2	727.0	1415.8	2844.7	507.0	1064.6	23163.8
GAS NATURAL	1743.6	590.0	492.8	323.4	191.7	715.8	173.6	182.8	4413.7
GAS L.P.	2.0	1.1	0.0	0.6	5.7	1.2	19.0	7.5	37.2
COMBUSTOLEO	187.3	219.2	525.1	0.0	278.0	361.6	45.9	10.7	1625.8
DIESEL	97.7	98.3	17.0	9.8	2.2	35.5	3.3	9.1	292.9
CARBON	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
COKE	5421.0	375.8	0.0	0.0	0.0	78.1	0.0	28.3	5903.1
ELECTRICIDAD	2662.0	2416.4	1649.8	391.7	936.8	1626.3	267.1	812.3	10762.6
OTROS	78.1	25.2	1.4	1.5	1.4	6.3	0.1	13.8	127.7

Tabla 5.5. Encuesta sobre consumo de energía en la industria, 1981.

Indicadores del consumo energético por sectores.

INDICADORES	S E C T O R E S								
	SIDERUR- GIA	MINERO METALURGIA	CEMENTO	VIDRIO	PAPEL	QUIMICA	ALIMENTOS Y BEBIDAS	OTROS	TOTAL
DEL TIPO DE ENERGETICOS CONSUMIDOS									
-KCAL POR TIPO DE ENERGETICO/ KCAL DE CONSUMO TOTAL-									
T O T A L	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GAS NATURAL	52.8	50.3	44.6	92.1	33.9	56.6	71.5	76.2	53.6
GAS L.P.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.1	0.8	0.1
COMBUSTIBLE	5.4	18.0	46.3	0.0	37.6	27.5	17.5	3.8	18.7
DIESEL	1.4	5.0	0.5	1.2	0.2	1.9	0.8	1.7	1.7
CARBON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COKE	30.1	7.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.9	13.1
ELECTRICIDAD	5.1	17.6	8.5	6.4	8.6	7.7	8.1	15.9	8.3
OTROS	5.3	1.6	0.0	0.2	19.6	5.3	0.0	0.8	4.7
ELECTRICIDAD COMPRADA/ELECTRICIDAD CONSUMIDA TOTAL	73.9	95.8	100.0	100.0	67.7	80.1	75.8	98.7	84.6
DEL CONSUMO GLOBAL									
10 ⁹ KCAL/MILLON DE VENTAS	0.6	0.3	0.8	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.3
10 ⁹ KCAL/OBRERO	1.1	0.5	2.2	0.4	0.7	0.8	0.3	0.1	0.6
10 ⁹ KCAL/HORA-HOMBRE x 10 ³	0.9	0.2	0.9	0.1	0.2	0.3	0.1	0.0	0.2
DE LAS COMPRAS DE ENERGIA									
ENERGIA COMPRADA/VALOR DE LA PRODUCCION	20.1	9.7	9.6	3.9	5.7	4.2	1.3	0.8	5.9
DE LA AUTOSUFICIENCIA ENERGETICA									
ENERGIA PRODUCIDA/ENERGIA COMPRADA -KCAL-	5.6	1.2	-0.0	-0.0	24.3	5.3	-0.0	0.0	4.7

Kcal/obrero.

Estos índices tendrán importancia en función de los intereses particulares de cada industria, aunque de hecho, dentro del sector industrial se persigue detener los incrementos de los consumos energéticos para elevados costos de producción.

Por otra parte, la misma tabla nos muestra cuáles son las áreas de energía a las que se debe de prestar especial atención en cuanto a la optimización del uso de energéticos en cada tipo de industria.

5.4.- Programas de conservación de energía en la industria.

Los programas de conservación y uso eficiente de energía que se han ido generando en la industria representan, una herramienta que permite a la industria el uso racional de la energía, con su consecuente variación en los costos de producción.

Se conocen también los resultados derivados de la aplicación de programas de uso racional de energía, a través de medidas simples de operación y mantenimiento, tales como: eliminar alumbrado en almacenes y estacionamientos; desconectar equipo innecesario durante la noche o los fines de semana; optimizar programas de mantenimiento para operar el equipo adecuadamente; planear los programas de producción por minimizar el empleo de la energía y mejorar el control de calidad para eliminar la producción de desechos.

En esta sección, se presenta un programa tipo a seguir, el cual establece las etapas de implantación de una serie de medidas para el uso racional de energía y sugiere formas específicas para reducir su consumo en las industrias.

Objetivo del Programa:

Obtener un aprovechamiento óptimo de la energía, usando eficientemente los energéticos en todas sus instalaciones, buscando la manera de reducir su consumo, así como reemplazar los caros y escasos por aquellos más baratos y abundantes.

Metas:

- Cuantificar los consumos unitarios de servicios (unidad de servicio/ unidad de producción).
- Diagnosticar el potencial de ahorro industrial.

- Reducir el consumo de servicios por optimizaciones de procesos, co rrección de fugas, eliminación de desperdicios.
- Plantear proyectos de energía.
- Cada meta estará de acuerdo a las necesidades específicas inmediatas o a futuro de cada industria.

Medios:

- Disponibilidad de recursos humanos asignados al área de conservación y uso eficiente de energía, formar comisiones o comités de -- energía.
- Información adecuada de comportamientos y consumos específicos de energía en la industria.
 - Manuales de ingeniería
 - Especificaciones de equipos
 - Procedimientos operativos
- Instrumentación suficiente para la detección de parámetros los sistemas:
 - Medidores de flujo
 - Analizadores de gases
 - Pérdidas de energía por superficie
 - Medidor de factor de potencia
 - Kilowatt-horímetros
 - Termómetros
 - Manómetros, etc.

Programa de acción:

Según la definición de objetivos de cada industria y los avances que se tengan en cada una de ellas, se propone trabajar dentro del programa con dos etapas específicas:

- I.- Programa de ahorro y conservación de energía.
- II.- Programa de uso eficiente de energía.

La primera etapa: "Ahorro y conservación de energía", considera las acciones tendientes a reducir y recuperar la energía desperdiciada, que para lograrlo requiere de simples variaciones prácticas a los equipos, según los sistemas de procesos.

La segunda etapa: "Uso eficiente de energía", está orientada a me jorar el uso de los servicios, analizando y presentando las mejores -

oportunidades para reducir el consumo específico de energía.

Requiere la participación de grupos especializados en el área.

En la primera etapa se presentan dos fases de trabajo:

Fase I:

Se enfoca básicamente al trabajo de eliminación de desperdicios.

- Fugas de vapor
- Fugas de agua y aire
- Corrección del factor de potencia
- Uso de recubrimientos aislantes
- Fortalecer la organización asignada a estos trabajos

El cumplimiento y avances registrados en esta fase son de vital importancia para el inicio de la Fase II.

Fase II:

En esta fase se orienta el trabajo a "estudios específicos".

- Iluminación
- Generación y distribución de vapor
- Trampas de vapor y retorno de condensados
- Recuperación y tratamiento de aguas
- Aislamientos óptimos
- Consumo de energía por unidad de producto
- Reciclaje de materiales
- Justificación de inversiones

Estas dos fases comprenden el programa de ahorro y conservación de energía.

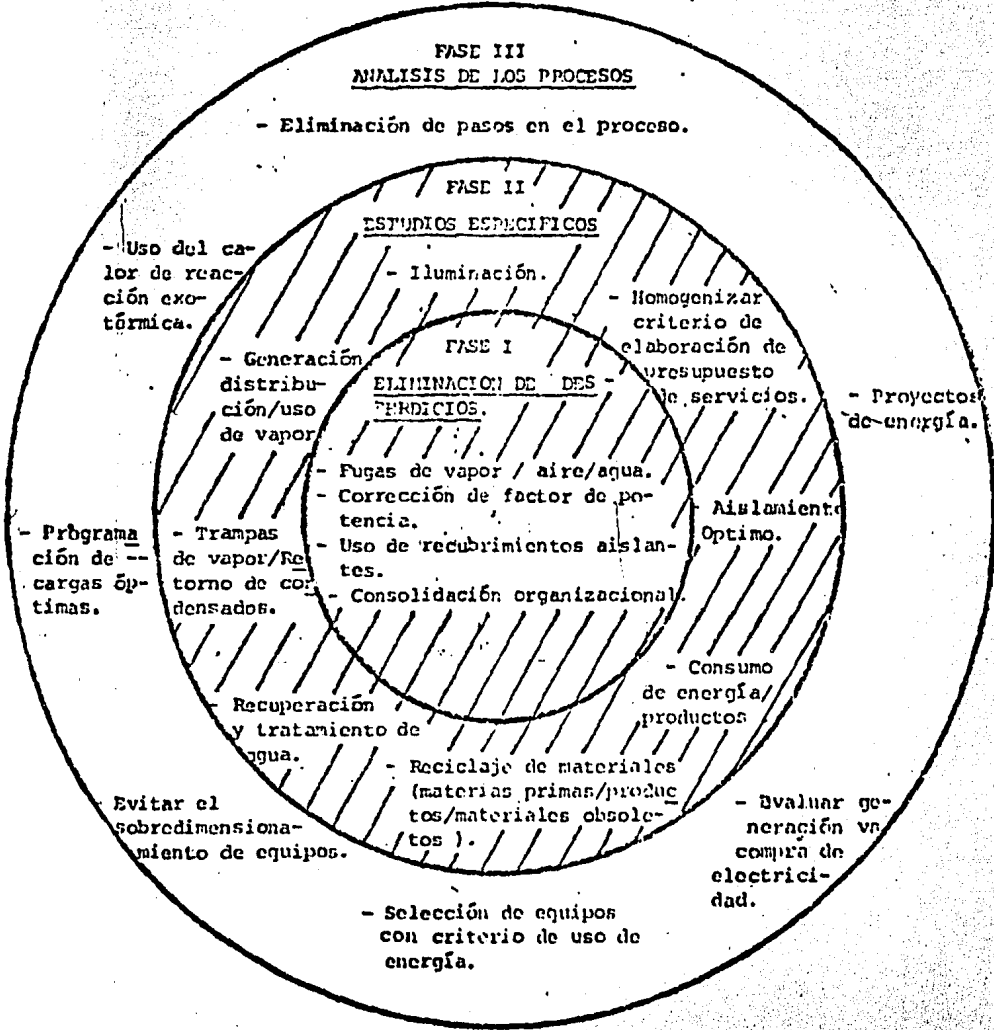
Para la segunda etapa: Programa de uso eficiente de energía, se propone trabajar con una tercera fase, además de las fases I y II.


Fase III:


Análisis de procesos

- Modificación y/o eliminación de pasos en el proceso.
- Aprovechamiento de calor de las reacciones exotérmicas.
- Programación de cargas óptimas.
- Dimensionamiento adecuado de equipos.
- Evaluación de proyectos de cogeneración.
- Incorporación del criterio de uso de energía a la selección de equipos y accesorios.

Figura 5.6. Desarrollo del área en cada una de las plantas. &



 Todas las plantas

 Plantas grandes consumidoras de energía.

- Planteamiento de proyectos de energía.

En la figura 5.6 presenta un resumen gráfico del programa de acción, con las dos etapas: "Ahorro y conservación de energía" y "Uso eficiente de energía" en sus tres fases:

- I. Eliminación de desperdicios
- II. Estudios específicos
- III. Análisis de procesos.

Para el cumplimiento de los objetivos del programa, es necesario plantear una organización a nivel Comisión de Ahorro y Conservación de Energía Industrial.

Funciones de la Comisión:

- Elaborar los programas de conservación y uso eficiente de energía.
- Ejecución y control de las actividades a desarrollar en las industrias.
- Reportar avances, recomendaciones y resultados.

Integrantes: Gerentes de planta, pudiendo delegar la coordinación de la comisión a los departamentos de: Ingeniería, Mantenimiento y Producción de cada una de las áreas productivas.

Responsables: Todos y cada uno de los trabajadores de las industrias.

Los éxitos logrados por los programas dependerán de la participación, seriedad y responsabilidad con que se ejecuten los mismos, dependiendo de cada tipo de industria.

5.5.- Ejemplo de estudios para la conservación de energía en la industria.

Estado de operación de calderas.

I.- Asunto:

Determinación del estado de operación de una caldera.

II.-Objetivo:

Establecer métodos para determinar, de una manera precisa, parámetros relacionados con el estado de operación de una caldera.

III.-Política:

Es política de la compañía que se haga un aprovechamiento óptimo de la energía; por tal motivo, deberán conocerse las condiciones

de operación de las calderas para poder mantenerlas trabajando a su máxima eficiencia.

IV.- Consideraciones teóricas:

Aspectos técnicos:

A).- Eficiencia de operación, (Nop):

La eficiencia de operación de una caldera es la relación entre el calor aprovechado por el fluido (agua y vapor) y el calor que suministra el combustible al mismo en una hora.

$$Q_s = C_c \times PCS \quad (1)$$

$$Q_r = W_r \times (h_v - h_a) \quad (2)$$

$$Nop = \frac{Q_r}{Q_s} \times 100 \quad (3)$$

$$Nop = \frac{W_r \times (h_v - h_a)}{C_c \times PCS} \times 100 \quad (4)$$

donde:

Q_s = Calor suministrado por el combustible, Kcal/h.

C_c = Consumo de combustible por hora, l/h.

PCS = Poder calorífico superior del combustible, Kcal/l.

Q_r = Calor transmitido al fluido, Kcal/h.

W_r = Vapor entregado por hora (evaporación real), kg/h.

h_v = Entalpia del vapor a la presión de operación, Kcal/kg.

h_a = Entalpia del agua de alimentación, Kcal/Kg.

B).- Capacidad de evaporación nominal, (W_n); Teórica, (W_t) y Real, (W_r).

1.- Puesto que expresar la capacidad de una caldera (kg/h de vapor seco saturado), involucra indicar las condiciones particulares de operación, es costumbre expresarla como su capacidad de evaporación bajo condiciones de presión absoluta al nivel del mar (1.033 Kg/cm² ó 14.696 lb/plg²) y con agua de alimentación a 100° C (212°F), llamándole a esta, - capacidad de evaporación nominal.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$W_n = 15.65 Ncc \quad (5)$$

donde:

W_n = Capacidad de evaporación nominal, Kg/h.

N_{cc} = Número de caballos caldera del equipo, CC.

La constante de la ecuación 5, proviene de la definición de - caballo caldera, a saber:

"Un caballo caldera, según A.S.M.E., es la capacidad de una - caldera que puede evaporar 15.65 Kg/h de agua de alimentación (a 100°C), hasta vapor seco saturado de la misma temperatura. Si el calor latente de vaporización del agua a 100°C es igual a 540 Kcal/Kg, entonces la capacidad de transferencia de calor de una caldera, de un CC, es:

$$15.65 \text{ Kg/h} \times 540 \text{ Kcal/Kg} = 8450 \text{ Kcal/h C.C.}$$

2.- La capacidad de evaporación de una caldera bajo condiciones reales de presión y temperatura del agua de alimentación, se llama capacidad, de evaporación teórica y se calcula de la - siguiente forma:

$$W_t = \frac{W_n}{F_e} \quad (6)$$

$$F_e = \frac{h_v - h_a}{540} \quad (7)$$

donde:

W_t = Capacidad de evaporación teórica, Kg/h.

F_e = Factor de evaporación, adimensional.

3.- Se le llama evaporación real (W_r), a la cantidad de vapor - que en promedio, produce una caldera, Kg/h.

C).- Porcentaje de carga, (R) y rendimiento, (r).

1.- Se le llama porcentaje de carga a la relación entre la evapo- ración real y la capacidad de evaporación nominal o equivalente. Se calcula usando las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{W_r}{W_n} \times 100 \quad (8)$$

De la ecuación (6). $W_n = W_t \times F_e$

$$R = \frac{W_r}{W_t \cdot F_e} \times 100 \quad (9)$$

2.- Se le llama rendimiento a la relación entre la evaporación real y la capacidad de evaporación teórica, bajo condiciones reales de presión de operación y temperatura del agua de alimentación. Se calcula como sigue:

$$r = \frac{W_r}{W_{Te}} \times 100 \quad (10)$$

de la ecuación (9)

$$\frac{W_r}{W_{Te}} \times 100 = R' F_e \quad (11)$$

Por tanto, la relación que guardan el porcentaje de carga y el rendimiento es:

$$r = R' F_e \quad (12)$$

V.- Procedimiento:

Eficiencia de calderas.

A).- Método directo.- La definición de la eficiencia de operación de una caldera se fundamenta en la medición de la energía que aprovecha el fluido de trabajo y la que suministra el combustible. Se define como el cociente entre ambos términos:

$$N_{op} = \frac{Q_r}{Q_s} \times 100 = \frac{W_r (h_v - h_a)}{C_c \times PCS} \times 100$$

B).- Método indirecto.- Es complementario del método directo y nos manifiesta la pérdida de calor que se tiene por la chimenea. En él se consideran pérdidas "estándar" por convección y radiación (en base a la capacidad nominal de la caldera).

$$N_{ind} = 100 - (\%Q_{ch} + \%Q_{cr}) \quad (13)$$

donde:

N_{ind} = Eficiencia por el método indirecto, %.

$\%Q_{ch}$ = Porcentaje de pérdidas de calor por la chimenea, %.

$\%Q_{cr}$ = Porcentaje de pérdidas de calor por convección y radiación, %.

1.- Pérdidas de calor por la chimenea.

Los sistemas de generación de vapor requieren exceso de aire de combustión para minimizar los riesgos de acumulación de mezclas gaseosas explosivas (debidas a combustible no quemado) y para pre-

venir la formación de CO (debida a combustión incompleta).

La mayor pérdida de energía que sufre una unidad de generación es debida al calor que absorbe el aire de combustión al pasar de la temperatura ambiente a la temperatura de la chimenea; a su vez, los gases de la combustión se llevan una cantidad considerable de energía por la elevada temperatura que tienen a la salida de la caldera.

El mantener un exceso de aire o de combustión, superior al recomendado, ocasiona erogaciones adicionales (por concepto de combustible) que incrementan el costo del vapor.

La información de campo requerida para el cálculo de Q_{ch} es:

- a).- Análisis volumétrico de gases de combustión ($\%CO_2$, $\%CO$, $\%O_2$ y $\%N_2$). El análisis puede efectuarse con un analizador de gases tipo portátil o con un analizador de gases tipo Orsat convencional.
- b).- Temperatura ambiente en el cuarto de calderas
- c).- Temperatura de los gases de combustión. (Esta temperatura la proporcionan directamente los dos primeros analizadores).

1.1.- Cálculo de las pérdidas de calor por la chimenea.

Mediante la diferencia de temperaturas de los gases de combustión y el cuarto de calderas:

$$DT = T_{gc} - T_{cc} \quad (14)$$

donde:

T_{gc} = Temperatura de los gases de combustión, °F.

T_{cc} = Temperatura ambiente en el cuarto de calderas, °F.

Y el porcentaje de CO_2 en los gases de combustión. El porcentaje de pérdidas de calor por la chimenea se obtiene de tablas.

2.- Pérdidas de calor por convección y radiación, (Q_{cr}).

El cálculo de Q_{cr} implica mediciones con equipos especiales, de los que no siempre se dispone.

Generalmente existen tablas con información que relacionan la capacidad nominal de la caldera (en CC) con la pérdidas "están-

dar" de calor por convección y radiación.

3.- Cálculo del porcentaje del exceso de aire de combustión.

Como se menciona en el inciso 1 del método indirecto, es importante mantener un exceso de aire adecuado para minimizar las pérdidas de energía por la chimenea.

Con los valores del análisis volumétrico de los gases de combustión y la siguiente relación se obtienen valores aproximados del porcentaje de exceso de aire:

$$\% \text{ exceso} = \frac{\%O_2 - \frac{\%CO}{2}}{0.264 \left(\%N_2 - \frac{\%CO}{2} \right)} \times 100 \quad (15)$$

Existen tablas que contienen valores recomendados del % exceso para diferentes combustibles.

VII.- Ejemplo (aplicación de conceptos):

Determinar:

- a).- Eficiencia de operación
- b).- Capacidad nominal y teórica.
- c).- Rendimiento y porcentaje de carga.
- d).- Porcentaje de pérdidas: por la chimenea y por convección y radiación.
- e).- Porcentaje de exceso de aire.
- f).- Porcentaje de purga, calor que sale con la purga de la caldera y vapor recuperado en el separador ("flash")
- g).- Ahorro que se obtiene al incrementar la eficiencia de operación de 71% a 80%.

Información de campo (promedio):

- a) Presión de operación: 86 psig.
- b) Temperatura de agua de alimentación: 60 °C.
- c) Temperatura del cuarto de calderas: 30 °C.
- d) Temperatura de los gases en la chimenea: 220 °C.
- e) Vapor generado: 15 000 Kg/h (seco y saturado).

f) Consumo de combustible: 1 320 lt/h (combustible pesado No. 6 0.3% de S).

g) Análisis volumétrico de gases: CO₂, 8%; O₂, 7%; (no hay CO - presente).

h) Sólidos totales de agua de alimentación: 200 ppm.

i) Presión del separador agua-vapor, de purgas: 30 psig.

Información adicional:

a) Capacidad nominal de la caldera: 800 CC.

b) Ubicación de la caldera: Monterrey N.L.

c) Temperatura del agua de repuesto: 20 °C.

1.- Cálculo de la eficiencia de operación:

$$Nop = \frac{Q_r}{Q_s} \times 100 = \frac{W_r (h_v - h_a)}{C_c \times PCS} \times 100$$

Datos:

$$W_r = 15\ 000\ \text{Kg/h}$$

$$C_c = 1\ 320\ \text{lt/h}$$

$$PCS = 9\ 754\ \text{Kcal/lt}$$

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_{man} = 86\ \text{psig}; P_{atm} = 715\ \text{mm Hg}$$

$$P_{abs} = 86\ \text{psig} + 715\ \text{mm Hg} \times \frac{14.7\ \text{psig}}{760\ \text{mm Hg}}$$

$$P_{abs} = 100\ \text{psig} = 7.029\ \text{Kg/cm}^2$$

en tablas de vapor con $P = 7.029\ \text{Kg/cm}^2$

$$h_v = 660\ \text{Kcal/Kg}$$

$$\text{para } T_a = 60^\circ\text{C}$$

$$h_a = 60\ \text{Kcal/Kg}$$

Sustitución:

$$Q_r = W_r \times (h_v - h_a)$$

$$Q_r = 15\ 000\ \text{Kg/h} \times (660 - 60)\ \text{Kcal/Kg}$$

$$Q_r = 9\ 000\ 000\ \text{Kcal/h}$$

$$Q_s = C_c \times PCS$$

$$Q_s = 1\ 320\ \text{lt/h} \times 9\ 754\ \text{Kcal/lt}$$

$$Q_s = 12\ 637\ 680\ \text{Kcal/h}$$

$$Nop = \frac{Qn}{Qs} \times 100$$

$$Nop = \frac{9\,000\,000 \text{ (Kcal/h)}}{12\,637\,680 \text{ (Kcal/h)}}$$

a).- $Nop = 71\%$

2.- Cálculo de la capacidad nominal y teórica:

$$Wn = 15.65 \text{ Ncc}$$

$$Wt = \frac{Wn}{Fe}$$

$$Fe = \frac{hv - ha}{540}$$

Datos:

$$Ncc = 800 \text{ CC}$$

$$hv = 660 \text{ Kcal/Kg}$$

$$ha = 60 \text{ Kcal/Kg}$$

de tablas con $ta = 60^\circ \text{ C}$ y $Pabs = 7.029 \text{ Kg/cm}^2$:

$$Fe = 1.114 \text{ } \delta$$

$$Fe = \frac{hv - ha}{540} = \frac{(660-60) \text{ Kcal/Kg}}{540 \text{ Kcal/kg}} = 1.111$$

Sustitución:

$$Wn = 15.65 \text{ Kg/h} \cdot \text{CC} \times 800 \text{ CC}$$

$$Wn = 12\,520 \text{ Kg/h}$$

$$Wt = \frac{Wn}{Fe} = \frac{12\,520 \text{ Kg/h}}{1.111}$$

$$Wt = 11\,269 \text{ Kg/h}$$

b).- $Wn = 12\,520 \text{ Kg/h}$

$Wt = 11\,269 \text{ Kg/h}$

3.- Cálculo del rendimiento y porcentaje de carga:

$$\eta = \frac{Wn}{Wt} \times 100$$

$$R = \frac{W_h}{W_n} \times 100$$

Datos:

$$W_h = 15\,000 \text{ Kg/h}$$

$$W_t = 11\,269 \text{ Kg/h}$$

$$W_n = 12\,520 \text{ Kg/h}$$

Sustitución:

$$r = \frac{15\,000 \text{ Kg/h}}{11\,269 \text{ Kg/h}} = 133\%$$

$$R = \frac{15\,000 \text{ Kg/h}}{12\,520 \text{ Kg/h}} = 120\%$$

$$c). - \begin{matrix} r = 133\% \\ R = 120\% \end{matrix} \quad (1)$$

(1) Actualmente las calderas tienen el rendimiento y el porcentaje de carga superiores al 100% debido a que al desarrollarse las primeras unidades se consideró que una caldera, (de 1 CC de potencia) debería tener la capacidad de evaporar 15.65 Kg/h de agua (desde 100°C hasta vapor de 100°C).

4.- Cálculo del porcentaje de pérdidas de calor.

a) Estimación de las pérdidas por la chimenea.

$$DT = T_{gc} - T_{cc}$$

Datos:

$$T_{gc} = 220^\circ\text{C} = 428^\circ\text{F}$$

$$T_{cc} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\% \text{CO}_2 = 8\% \text{ Vol.}$$

Sustitución:

$$DT = (428 - 86)^\circ\text{F}$$

$$DT = 342^\circ\text{F}$$

Se entra a tablas con $DT = 342$ y $\% CO_2 = 8\%$ y se obtiene:

$$\underline{\% Q_{ch} = 18\%}$$

b) Estimación de las pérdidas de calor por convección y radiación.

Datos:

Se entra a tablas con $N_{cc} = 800$ CC y se obtiene:

$$\underline{\% Q_{cr} = 1.0\%}$$

$$d). - \% Q_{ch} = 18\% \\ \% Q_{cr} = 1\%$$

c) Cálculo de la eficiencia de operación por el método indirecto:

$$N_{ind} = 100 - (\% Q_{ch} + \% Q_{cr})$$

$$N_{ind} = 100 - (18 + 1)$$

$$\underline{N_{ind} = 81\%}$$

5.- Cálculo del porcentaje de exceso de aire:

$$\% \text{ exceso} = \frac{\% O_2 - \frac{\% CO}{2}}{0.264 \% N_2 - (\% O_2 - \frac{\% CO}{2})} \times 100$$

Datos:

$$\% O_2 = 7\% \text{ Vol.}$$

$$\% CO = 0\% \text{ Vol.}$$

$$\% CO_2 = 8\% \text{ Vol.}$$

$$\% N_2 = 100 - (\% CO_2 + \% CO + \% O_2)$$

$$\% N_2 = 100 - (8\% + 0\% + 7\%)$$

$$\% N_2 = 85\%$$

Sustitución:

$$\% \text{ exceso} = \frac{7 - 0/2}{0.264 (85) - (7 - 0/2)} \times 100$$

$$\% \text{ exceso} = 45.34\%$$

$$d).- \% \text{ exceso} = 45.34\%$$

6.- Cálculo del porcentaje de purga:

La American Boiler Manufacturer Association, recomienda límites para la concentración de sólidos en calderas en función de la presión de operación. Los cálculos que efectuaremos se basan en estas recomendaciones:

6.1.- Cálculo del porcentaje de purga:

Y = Porcentaje de purga en base al vapor generado, %

X = Porcentaje de purga en base al agua de alimentación, %.

ca = Concentración de sólidos del agua de alimentación, ppm.

cb = Concentración de sólidos del agua en la caldera, ppm.

$$Y = \frac{c_b}{c_b - c_a} \times 100$$

$$X = \frac{Y}{Y + 100} \times 100$$

datos:

$$c_a = 200 \text{ ppm}$$

de tablas con la presión de operación de la caldera Pop = 86 psig.

$$c_b = 3500 \text{ ppm}$$

$$W = 15\,000 \text{ Kg/h}$$

Sustitución:

$$Y = \frac{200}{3500 - 200} \times 100$$

$$Y = 6\% \text{ (de acuerdo al vapor generado)}$$

$$X = \frac{6}{6 + 100} \times 100$$

$$X = 5.7\% \text{ (en base al agua de alimentación)}$$

por último:

$$\text{Gasto de purga} = V \cdot W_r = .06 \times 15\,000$$

$$\text{Gasto de purga} = 900 \text{ Kg/h. (purga continua).}$$

6.2.- Cálculo del calor que sale de la caldera con la purga.

La pérdida de calor debida a la purga de calderas crece rápidamente a medida que aumenta el régimen de purga. Se pueden obtener ahorros considerables si ésta se regula para mantener la concentración de sólidos en su valor óptimo.

Se puede obtener mediante un nomograma la pérdida de calor debida a la purga (la cual es, básicamente, líquido saturado a la presión de operación de la caldera), y es la solución gráfica de la ecuación:

$$Q_p = (h_{lb} - h_{lr}) (W_r / (1 - X)) - W_r$$

donde:

Q_p = pérdida de calor debido a la purga, BTU/h.

h_{lb} = Entalpía del líquido a la presión de operación, BTU/lb.

h_{lr} = Entalpía del agua de repuesto, BTU/lb.

W_r = Cantidad de vapor que está produciendo la caldera, lb/h.

X = Régimen de purga expresado como porcentaje del agua de alimentación, %.

Datos requeridos:

$$P_{op} = 100 \text{ psia}$$

$$T_{ar} = \text{Temperatura del agua de repuesto} = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$$

$$W_r = 15\,000 \text{ Kg/h} = 33\,070 \text{ lb/h}$$

$$X = 5.7\%$$

del nomograma se obtiene:

$$\underline{Q_p = 500\,000 \text{ BTU/h}}$$

Como puede observarse, al mantener el régimen de purga operando a su nivel óptimo ($X=5.7\%$ en este caso), se minimizan las pérdidas de calor.

Sin embargo, es factible recuperar gran parte de este calor introduciendo la purga a un tanque separador ("flash") en el que se obtendrá una cantidad de vapor de baja presión, la cual se de-

termina como a continuación se indica:

6.3.- Cálculo del vapor recuperado en el separador.

Al igual que en el inciso anterior, podemos conocer este valor mediante otro nomograma, para lo cual necesitamos conocer:

Presión del separador = 30 psig.

Presión de la caldera = 86 psig.

Gasto de purga = 900 Kg/h

del nomograma:

% de vapor de purga = 7%

por último:

Vapor recuperado = 63 Kg/h

Gasto de purga = 900 Kg/h

f).- $Q_p = 500\ 000\ \text{BTU/h}$

Vapor recuperado = 63 Kg/h

7.- Ahorro que se obtiene al incrementar la eficiencia de operación de 71% a 80%

Un incremento en la eficiencia de operación de una caldera se traduce en un ahorro de combustible (para una capacidad constante de generación de vapor); por tanto, la disminución en el consumo de combustible para un cambio de eficiencia de 71% a 80% se calcula de la siguiente manera.

$$Nop = \frac{Q_r}{Q_s} \times 100$$

$$Q_s (71\%) = 12\ 637\ 680\ \text{Kcal/h}$$

$$Q_r (71\%) = 9\ 000\ 000\ \text{Kcal/h, pero}$$

$$Q_s (80\%) = (Q_r / Nop) \times 100$$

$$Q_r (80\%) = Q_r (71\%) = 9\ 000\ 000\ \text{Kcal/h}$$

$$Q_s (80\%) = (9\ 000\ 000 / 0.80) \times 100\ \text{Kcal/h}$$

$$Q_s (80\%) = 11\ 250\ 000\ \text{Kcal/h}$$

Ahorro de combustible:

$$Ac = (Q_s (71\%) - Q_s (80\%)) / PCS;$$

$$Ac = (12\ 637\ 680 - 11\ 250\ 000) \text{Kcal/h} \times \frac{1}{9574 \frac{\text{Kcal}}{\text{lt}}}$$

$$\underline{Ac = 145 \text{ lt/h}}$$

Ahorro de energía:

$$Ae = Q_s (71\%) - Q_s (80\%);$$

$$Ae = (12\ 637\ 680 - 11\ 250\ 000) \text{Kcal/h}$$

$$\underline{Ae = 1\ 387\ 680 \text{Kcal/h}}$$

CAPITULO 6

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y COMERCIAL

CAPITULO 6

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y COMERCIAL.

6.1.- Introducción.

Los sectores residencial y comercial representan una parte de cierta importancia en el consumo de energía en México.

Una gran proporción del consumo de energía de este sector se emplea bajo la forma de calor y muchas veces irracionalmente como en el caso de la cocción de los alimentos. En algunos países es común el empleo de cocinas eléctricas para la cocción de los alimentos y el calentamiento de agua. Sin embargo, en el caso de México sería irracional quemar derivados del petróleo para producir calor, producir vapor y obtener electricidad la cual posteriormente se degrada para utilizarla como calor, cuando sin la necesidad de una cadena de procesos como el indicado, puede obtenerse calor quemando por ejemplo gas en cilindros o distribuido por tuberías urbanas.

Los calentadores familiares merecen un comentario especial. En su mayoría elevan la temperatura del agua a 80-90°C. Sin embargo, esta agua se destina en el hogar generalmente para la higiene y se emplea a una temperatura de 40-45°C.

Dos campos importantes de ahorro de energía en este sector, en los países de climas extremos, son el aislamiento térmico de edificios y el control de temperatura. Parece ser que en México no existen normas vigentes para el control de temperatura y así acontece que los edificios se acondicionan térmicamente a niveles no deseados por sus usuarios y sobrepasan los niveles de comodidad.

La instalación de sistemas de control de temperaturas, fundamentalmente en los grandes edificios con calefacción o aire acondicionado, supondría un ahorro de energía considerable al evitar excesos de calor o frío, en partes no deseadas y acondicionar térmica y adecuadamente las partes más expuestas. El perfeccionamiento de los sistemas de refrigeración y calefacción implicará la recuperación de calor residual que se pierde, mediante bombas de calor u otros medios.

El estudio de la iluminación de los edificios también merece especial atención; debe darse particular importancia a la iluminación natural y a sistemas de iluminación artificial altamente rentables. Los tubos fluorescentes se utilizan en gran escala en el sector comercial e industrial, pero sin embargo su impacto en el sector residencial es muy limitado. En efecto, se emplean solamente en cocinas y cuartos de baño y muy escasamente en dormitorios y lugares de recepción; en donde sí se instalan es con fines de iluminación indirecta. El ahorro de energía en grandes oficinas podría lograrse disminuyendo el grado general de iluminación, muchas veces demasiado abundante en áreas en que no se necesita y concentrando ésta en los puntos en que realmente sea necesaria.

El sistema central o único de control de iluminación para edificios no es conveniente a los efectos del ahorro y resulta más adecuada su descentralización por pisos y aún mejor por áreas de pisos. -- Sería conveniente en estos edificios y oficinas integrar los sistemas de iluminación y acondicionamiento térmico utilizando el calor recuperado en los aparatos luminosos o de los sistemas de refrigeración en verano para reducir las necesidades totales de energía.

Otro aspecto a ser considerado en el sector residencial-comercial tiene relación con el uso de aparatos electrodomésticos. Hoy en día, por lo menos en zonas urbanas y para núcleos numéricamente importantes de población, es común el empleo de refrigeradores, aparatos de televisión y radio, equipos de sonido, aspiradoras, lavadoras y secadoras de ropa, lavadoras de vajillas y equipos auxiliares de cocina que funcionan en base a energía eléctrica. Estos aparatos son comprados generalmente por su costo inicial más que por su costo de funcionamiento. De aquí que sus fabricantes se hayan despreocupado por su rendimiento energético y hayan concentrado sus esfuerzos en producir aparatos de bajo costo inicial.

En defensa de los usuarios de estos aparatos deben establecerse normas que exijan que los mismos presenten una placa que indique el consumo de energía y quizás también fuera prudente establecer normas mínimas de rendimiento.

6.2.- Distribución de la energía eléctrica en el sector residencial en las áreas urbanas y rurales.

Para conocer en forma aproximada como se encuentra distribuida la energía eléctrica en México, conviene dar algunos datos que proporcionan los estudios realizados por COPLAMAR, mismos que fueron publicados en 1982 en el tomo 3 titulado "Vivienda" del libro "Necesidades Esenciales de México", debiéndose tomar en cuenta que, como lo muestra la gráfica 6.1, el uso final de la electricidad en el sector residencial representa una parte considerable.

En 1960, el total de viviendas provisionadas de energía eléctrica fue de 6 409 096, mientras que en 1970, fue de 8 367 400. Del total presentado en 1960, quedó distribuida la energía eléctrica de la siguiente manera: 3 123 598 en el área urbana y 3 285 498 en el área rural; mientras que en 1970, 3 285 498 en el área urbana y - - 3 455 736 en el área rural.

Del total nacional en 1970, el porcentaje de las viviendas que contaban con energía eléctrica fue: en el área urbana el 80.8% mientras que en el área rural el 27.8%.

Otro dato importante, que cabe señalar, es la densidad de viviendas en los mismos años.

En 1960, de las 6 409 096 que contaban con energía eléctrica, - 3 568 629 contaban con un solo cuarto, es decir, el 55.68%, porcentaje bastante alto, donde se refleja la situación económica de la mayoría de los usuarios.

En el año de 1970, de las 8 367 400 viviendas el 53.86% tenían un solo cuarto, lo que denota la baja electrificación en ese año.

Por otro lado, según estudios realizados por la Secretaría de Programación y Presupuesto, el consumo de energía eléctrica promedio por habitante en los últimos años se presenta a continuación:

	1970	1972	1974	1976	1978	1979
Ventas totales (GWh)	21757	26413	32212	38211	45424	49429
Consumo prom. hab. MWh/cons.	4.1	4.4	4.6	4.9	5.3	5.4

Siendo en el sector residencial de la siguiente manera:

	1970	1972	1974	1976	1978	1980
Ventas totales (GWh)	3583	4432	4168	4142	4441	5214
Consumo prom. hab. MWh/cons	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0

6.3.- Uso final de los energéticos en los sectores residencial y comercial.

De acuerdo con los balances de energía realizados por la Comisión de Energéticos, la gráfica 6.1 muestra el consumo final de los diferentes tipos de energéticos en el sector residencial y comercial. Se puede apreciar que el petróleo ocupa casi las tres cuartas partes del consumo de energía de este sector.

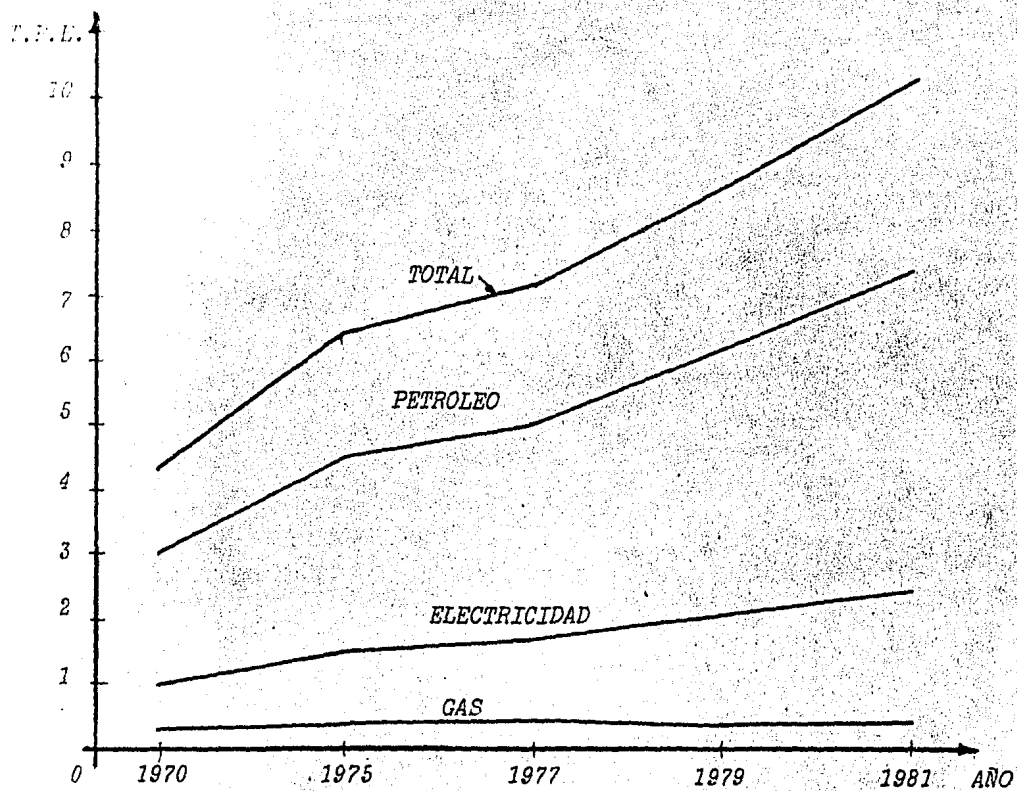
Por otro lado, en lo referente al consumo total de energía en nuestro país el sector residencial y comercial ha mantenido su participación constante de alrededor de 17% del consumo final total y de alrededor del 10% en el consumo de la oferta al mercado nacional en los últimos años. Dicho porcentaje es mostrado a continuación:

	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
% Consumo final total	17.3	17.5	17.3	17.3	17.4	17.1	17.4	16.9
% Oferta al mercado nacional	10.2	10.7	10.9	10.5	10.3	10.1	9.96	9.7

Como se puede apreciar este porcentaje bajó en el año de 1981, pero no por que se este haciendo un mejor uso de la energía sino por la mayor captación en el consumo de los energéticos por otros sectores, como es el caso del sector transporte.

6.4.- Hacia un programa de uso racional de energía.

La energía tenderá a ser cada día más cara. Debido a los costos elevados así como a la inseguridad en el suministro de combustibles,



GRAFICA 6.1. *Uso final de los energéticos en el sector residencial comercial.*

las empresas han comenzado a introducir nuevos sistemas de operación.

Algunas compañías han encontrado que utilizando un sistema racional de energía puede ayudar en gran escala a disminuir su empleo y reducir con esto los costos, sin afectar la producción. Se ha visto que se puede reducir el empleo de energía entre un 15 y 30 por ciento, y en algunos casos más que eso, obteniendo así ahorros significativos - en los costos de producción.

Un hecho inegable es que algunos de los energéticos tienden, a largo plazo, a dejar de obtenerse, debido al agotamiento de los recursos disponibles.

Por ello se hace necesaria la aplicación de un programa de uso racional de energía, a través de medidas simples de mantenimiento y operación, tales como:

- 1.- Reducir o eliminar alumbrado innecesario en almacenes y estacionamientos.
- 2.- Desconectar equipo no utilizado durante la noche y los fines de semana.
- 3.- Optimizar programas de mantenimiento para operar el equipo adecuadamente.
- 4.- Planear los programas de producción para minimizar el empleo de energía.
- 5.- Mejorar el control de calidad para reducir la producción de desechos.

Para implementar estas medidas es necesario efectuar algunas inversiones que contribuirán a limitar el exagerado crecimiento de la demanda de energía.

En el año de 1977, la Comisión de Energía, en el libro "Manual de procedimientos para el uso eficiente de energía en la industria y el comercio", dice que el fin de este es "estudiar y promover el empleo adecuado de los recursos energéticos, de acuerdo con las disponibilidades y reservas, en función de las necesidades que a corto y largo plazo requiera el desarrollo económico y social del país, para lo cual se considera indispensable concientizar a los principales sectores consumidores sobre el uso racional de energía".

Todos estos casos están basados en experiencias industriales y comerciales. Los cálculos tienen por objeto indicar los pasos clave -

para hacer las estimaciones de los posibles ahorros de energía y beneficios económicos resultantes y por lo tanto, no se presentan los análisis de energía para su aplicación.

Los costos de combustibles, vapor y energía eléctrica, varían - en los diferentes ejemplos, puesto que para poder cuantificar objetivamente los beneficios económicos, es necesario tomar en cuenta los costos locales y la época que se trate para poder elaborar los cálculos del proyecto. Los costos que se presentan en los ejemplos son -- aproximados.

Medidas de ahorro de energía.

Los factores que se deben considerar en la evaluación de las medidas de ahorro de energía incluyen el estudio cuidadoso para su aplicación, ya que algunas medidas pueden ser contraproducentes para la eficiencia del proceso o sistema completo. También hay que considerar que el equipo existente tiene límites de operación que deben ser tomados en cuenta.

Edificios y locales.-

Las sugerencias para una acción inmediata son las siguientes:

- 1.- Reducir el exceso de aire de ventilación artificial.
- 2.- Aumentar la reflexión de luz en paredes y techos. Para este caso es necesario cambiar el color de techos y paredes por los más claros posibles.
- 3.- Mantener apagados los equipos de aire acondicionado cuando el clima natural lo permita y durante las horas en que no se labore.
- 4.- Reducir las superficies de vidrio en los edificios en lugares donde el aire acondicionado sea indispensable.
- 5.- Disminuir la temperatura excesiva del agua caliente en los servicios.
- 6.- Instalar apagadores de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc.
- 7.- Ahorrar energía empleando eficientemente los enfriadores de agua y cafeteras.
- 8.- Uso programado de elevadores para ahorrar energía.
- 9.- Usar agua fría para asearse cuando sea posible.
- 10.- Instalar controles de tiempo en los equipos de aire acondicionado.
- 11.- Limpiar los condensadores de los refrigeradores en los equipos de

aire acondicionado, para reducir el consumo de energía de los compresores. Verificar el tratamiento del agua de enfriamiento.

12.- Utilizar aire acondicionado únicamente en áreas de trabajo.

13.- Emplear radiadores para zonas definidas en lugar de calentar toda el área circundante.

14.- Evitar el funcionamiento simultáneo de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

15.- Reducir el calentamiento empleando vidrios polarizados o colocando cortinas en las ventanas.

16.- Eliminar lámparas eléctricas ineficientes (como focos incandescentes) y cambiarlas por luminarias de alta eficiencia (sodio, mercurio o fluorescente).

17.- Utilizar controles de tipo fotocelda en el alumbrado exterior y reducir al mínimo de seguridad el nivel de iluminación.

18.- Reducir o eliminar el alumbrado general en aquellos sitios donde la luz natural suministra una iluminación suficiente y reducir la iluminación en las áreas de trabajo al mínimo necesario desde el punto de vista de seguridad.

19.- Adecuar la altura de las lámparas.

20.- Recuperar el calor del agua caliente doméstica que va al drenaje.

Energía eléctrica.-

1.- Seleccionar los motores eléctricos para una eficiencia máxima de operación.

2.- No emplear energía eléctrica en las horas de alta demanda, en trabajos y servicios que puedan realizarse en horas de menor demanda, -- programar la demanda para evitar los picos.

3.- Disminuir la resistencia de los conductores eléctricos aumentando su calibre, hasta un valor económico para reducir pérdidas por calentamiento.

4.- Minimizar la longitud de los conductores, buscando las mejores rutas.

5.- Proporcionar mantenimiento y lubricación adecuada a los equipos accionados por motores.

6.- Considerar las pérdidas de energía así como las cargas iniciales y el aumento de carga en la selección del tamaño de los transformado-

res.

7.- Emplear motores de velocidad múltiple o variable para cargas variables en bombas, sopladores y compresores.

8.- Optimizar el tamaño del motor con la carga para mejorar el factor de potencia y la eficiencia.

Otros servicios.-

1.- Suspender el agua de enfriamiento cuando no sea necesaria.

2.- Cuando sea posible, reducir los viajes y emplear en su lugar el teléfono.

3.- Verificar mensualmente las lecturas de los medidores de agua con objeto de detectar si existen fugas en el sistema.

4.- Emplear válvulas controladoras de flujo en los equipos para optimizar el uso del agua.

5.- Cambiar motores y bombas dimensionadas con exceso y ajustarlas a los tamaños óptimos.

Programación.-

1.- Reducir la temperatura de los sistemas de calentamiento cuando los equipos estén en reserva.

2.- Emplear el equipo más eficiente a su máxima capacidad y usar el menos eficiente sólo cuando sea necesario.

3.- Disminuir la operación de los equipos que se mantienen como reserva.

4.- Reducir el tiempo de operación del equipo al estrictamente necesario.

Manejo de materiales.-

1.- Desconectar las bombas transportadoras, elevadores, etc.. Cuando no se estén usando.

2.- Ajustar y dar mantenimiento a los motores para una operación más eficiente.

3.- Emplear equipo de tamaño y capacidad óptima.

4.- Emplear alimentadores por gravedad cuando sea posible.

5.- Mejorar los sistemas de lubricación.

Embarques, distribución y transporte.-

1.- Programar un mantenimiento regular y eficiente para los motores de los camiones.

- 2.- Mantener apagados los motores de los vehículos mientras se mantienen en espera, cargando y descargando.
- 3.- Adecuar el tamaño de los vehículos al trabajo que desarrollan.
- 4.- Eliminar el alumbrado en las partes altas de material apilado.
- 5.- Optimizar las rutas de los vehículos repartidores para disminuir el kilometraje recorrido; programar los envíos.
- 6.- Apagar el equipo durante la hora de comida.
- 7.- Considerar el uso de autos y camiones de carga de tamaño interme-dio o económico en las compañías vendedoras y de transporte.

Prácticas comerciales.-

- 1.- Apagar el aire acondicionado o la calefacción en las horas en que no se trabaja.
- 2.- Apagar las luces, máquinas de escribir eléctricas y otros equipos similares cuando no se usen.
- 3.- Reducir el alumbrado interior al nivel mínimo necesario.
- 4.- Reducir la temperatura del agua caliente en los baños a 45°C.
- 5.- Pedir a los compradores que lleven la mercancía consigo cuando -- sea posible.
- 6.- Reducir la iluminación de los lotes de autos usados después de media noche.
- 7.- Eliminar o reducir las luces de los anuncios y letreros exteriores y evitar anuncios móviles eléctricos, después de las 0 horas.
- 8.- Siempre que sea posible, emplear luz natural en lugar de artifi-cial.
- 9.- Mantener puertas y ventanas cerradas para mantener el calor o aire acondicionado.
- 10.- Reunir varios envíos o entregas.
- 11.- Reducir el alumbrado interior y exterior de edificios y áreas cir-cundantes al nivel mínimo de seguridad, excepto cuando se estén efec-tuando trabajos de vigilancia especial.
- 12.- Emplear fuentes de luz más eficientes.
- 13.- Usar colores claros en los acabados de techos, paredes, pisos y decoración.
- 14.- Mantener limpios los reflectores y lámparas.
- 15.- Instalar apagadores por áreas para tenerlas a oscuras cuando no

se estén empleando.

16.- Retrasar el encendido del equipo de calentamiento y aire acondicionado hasta que sea estrictamente necesario.

17.- Revisar el sistema de ventilación de la sala de conferencias y - apagarlo cuando no se necesite.

18.- Instalar medidores de tiempo en los apagadores de áreas de poco uso.

6.5 Una guía rápida para mejorar la eficiencia de la energía en los sectores residencial y comercial.

Los resultados aproximados son indicados por:

+++ (muy efectivo)

++ (efectivo)

+ (Probablemente no muy efectivo o poco económico).

Estos resultados contienen grandes elementos de subjetividad y - no deberán tomarse con absoluta certeza. +++ Guía de administración - de calor (operación de calentadores en edificios con oficinas y super - mercados).

+++ Mejorar el control de ventilación y aire acondicionado (cerrar de noche, mejorar aire de circulación, control de humedad).

+++ Mejorar calentadores (aislamiento de calentadores, reducción de las tasas de encendido, aislamiento de ductos).

+++ Integración de diseño de edificios nuevos (aislamiento de techos, - paredes, pisos, ventanas y cribado de viento).

++ Reducción de aspiración (sellado de ventanas, puertas cerrado de - - puertas).

++ Recuperación de calor desperdiciado (usando efluentes aire-agua pa - ra precalentamiento incluyendo aire fresco).

++ Termostato de habitación (para máxima utilización de incidencia de calor).

++ Mejorar eficiencia de alumbrado (reemplazando oportunamente bulbos y tubos fluorescentes, instalación de ajuste orientadores de las - lámparas).

++ Mejorar dispositivos domésticos (mejorar aislamiento, reducir capa - cidad de calentamiento en hornos, refrigeradores, reducir consumo - de agua en máquinas lavadoras, semiconductores en TV).

- +Aislamiento en edificios (aislamiento de paredes por dentro y por fuera, aislamiento de baño).
- +Bombas para calentamiento (aire-agua, agua-agua, preferentemente para ser usadas en aplicaciones bivalentes).
- +Doble y triple encristalado.
- +Aumentar rendimiento de motores eléctricos (motores controlados electrónicamente).

6.6.- Aplicaciones prácticas para la conservación de la energía en el sector comercial.

1.- Disminuir la ventilación.

Se puede obtener un ahorro de energía al disminuir la ventilación forzada en edificios, sin sobrepasar los límites permitidos de seguridad.

La cantidad de aire que descarga un ventilador centrífugo es directamente proporcional a su velocidad de rotación y, por lo tanto, - la ventilación forzada de un edificio puede reducirse disminuyendo la velocidad del ventilador.

La figura 6.1 muestra el flujo de aire del ventilador centrífugo contra la potencia requerida para manejar cierto volumen; ambos están expresados en porcentaje.

Por ejemplo, en un edificio de $4\ 250\ m^3$ que se había planeado -- originalmente para que tuviera cinco cambios de su volumen de aire -- por hora, se requería el empleo de un motor de 10 HP (con carga de -- 9.83 HP) que accionaba un ventilador de 61 cm. a una velocidad de -- 915 rpm, con volumen de descarga de $354\ m^3/min$.

Posteriormente se observó que sólo eran necesarios 4 cambios, o sea, lo correspondiente al 80% del diseño original.

Se le hicieron adaptaciones a la polea para reducir la velocidad del ventilador a 915×0.80 , o sea 732 rpm.

La figura 6.1 muestra que al reducir la velocidad del ventilador a 80% de su capacidad, la potencia requerida será solamente del 50%, suponiendo una eficiencia en el motor de 77%.

Potencia requerida a la capacidad total:

$$P_T = 9.83 \times 0.746\ KW/HP \times 1/.77 = 9.524\ KW$$

Potencia requerida a 50% de la capacidad:

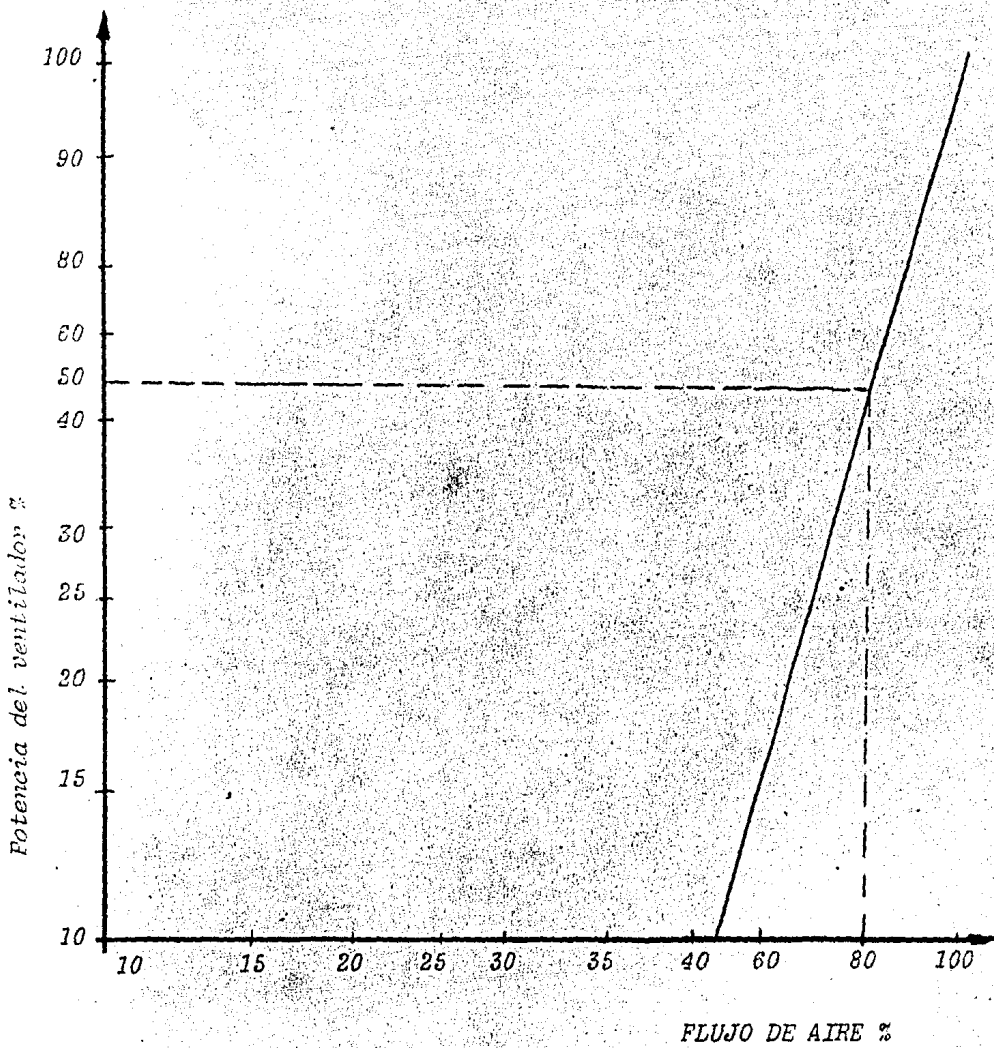


FIGURA 6.1. Disminución de potencia resultante de la reducción de la velocidad del ventilador (basado en las leyes de funcionamiento de ventiladores).

$P_{50\%} = 9.83 \text{ HP} \times 0.50 \times 0.746 \text{ KW/HP} \times 1/0.77 = 4.762 \text{ KW}$ Ahorros de electricidad:

$A = (9.524 - 4.768) \times 8760 \text{ hrs/año} = 41\,715 \text{ KWh/año}$ Si se requieren 2520 Kcal/KWh generado

$A = 41\,715 \text{ KWh/año} \times 2520 \text{ Kcal/KWh} = 105 \times 10^6 \text{ Kcal/a.}$

Si los costos de electricidad son de \$ 4.00/KWh

Ahorros anuales monetarios = $41\,715 \text{ KWh/a} \times \$ 4/\text{KWh}$

" " " = \$ 166 860.00

Subgerencias basadas en el ejemplo anterior.

Determinar si el número de cambios de volúmen de aire por hora su ministrado mediante el sistema de ventilación puede ser reducido sin afectar las condiciones de seguridad y comodidad. Cuando los ventiladores sean accionados por poleas, la reducción de velocidad se puede lograr con el cambio adecuado de Estas. Si el motor opera a menos del 50% de su capacidad, su eficiencia puede ser muy pobre y su factor de potencia alto. En tales casos se recomienda consultar a los fabricantes de motores para determinar las eficiencias eléctricas y los factores de potencia a bajas capacidades. En algunos casos trabajar a más bajas capacidades redundan en grandes ahorros.

Nota: Reducir la ventilación equivale a disminuir las necesidades de energía para calentamiento y enfriamiento.

2.- Reducir el acondicionamiento de aire cuando no se trabaja.

En una fábrica con una área de 446 m^2 para oficinas y $9\,300 \text{ m}^2$ para manufactura, donde se utilizaba el acondicionamiento de aire en forma continua, se obtuvieron ahorros considerables al eliminar el clima artificial cuando no era indispensable.

El aire acondicionado se desconectaba por las tardes, al terminar las labores. La temperatura interior aumentaba paulatinamente en las tardes, debido al calor retenido en las paredes, llegando a su máximo alrededor de las 23 hrs., y a partir de entonces comenzaba a disminuir a debido a la baja temperatura nocturna. A las 8 hrs., el aire en los locales tenía una temperatura adecuada para desarrollar las labores, y en ese momento empezaban a funcionar los equipos de aire acondicionado.

La reducción del acondicionamiento de aire trajo como consecuen-

cia un ahorro de 826 000 KWh de energía eléctrica durante la temporada en que se requiere su servicio.

Consumo anual = 236 KWh x 6000 h/a x \$ 4.00

= \$ 5 664 000 por año.

Ahorro anual = 826 000 KWh/año x \$ 4.00/KWh

= \$ 3 304 000/año

Sugerencias:

Revisar las condiciones de operación de los equipos de aire acondicionado.

Estudiar la posibilidad de parar los equipos durante horas en que no se trabaje. Considerar la posibilidad de mantener temperaturas ligeramente más altas en el aire acondicionado.

3.- Ahorro de energía en el uso de elevadores.

Los elevadores son una fuente de consumo importante de energía eléctrica, particularmente cuando se emplean en lugar de escaleras en viajes de uno o dos pisos. Aún cuando los elevadores tienen normalmente 300 watts o más de alumbrado fluorescente, solo se requieren 30, y la mayoría de las veces estas lámparas permanecen encendidas las 24 horas durante los 365 días del año, lo que representa un desperdicio de 2 600 KWh/año; esto se traduce en \$ 10 400.00/año, por elevador, de energía eléctrica.

Sugerencias:

Se pueden lograr ahorros de energía rápidamente, aplicando algunas de las siguientes medidas:

Cuando existan 2 elevadores (o más) juntos, que sirvan al mismo edificio, déjese fuera de servicio uno o más, en las horas de menos servicio con lo cual se logrará que haya más pasajeros por viaje.

Recomendar a los empleados que usen las escaleras cuando tengan que desplazarse solo 1 ó 2 pisos en lugar de utilizar elevadores.

Como medida adicional se puede reducir la iluminación de éstos - al mínimo permitido por la seguridad.

4.- Eliminar alumbrado innecesario.

Se puede conservar energía reduciendo o eliminando las luces innecesarias. En una fábrica que opera 8 hrs. por día y 5 días por semana, se identificaron ahorros de cerca de \$ 3,800,000 anuales. La plan-

ta consistía de 446 m² para oficinas y 9 300 m² de operación. Ambas áreas estaban alumbradas por un total de 2 200 lámparas fluorescentes de 2.4 m. de longitud (110 watts más 10 watts por balastro). En esta planta se acostumbraba dejar encendidas todas las lámparas, de lunes a viernes, 24 hrs., por día; 250 días por año.

Se implantó un plan para las horas no laborables que consistía en proveer la iluminación necesaria solamente para mantenimiento y seguridad. Esta medida de apagar luces innecesarias dió como resultado mantener las luces encendidas solamente 10 hrs., por día, 250 días -- por año.

Se lograron ahorros anuales de electricidad de cerca de - - - \$ 3 696 000, además de los \$ 103 000 en los costos por reemplazo de lámparas, dando un ahorro total de \$ 3 800 000 por año.

Los ahorros de electricidad debidos a la medida de conservación de energía se calculan como sigue:

Ahorros anuales de electricidad

$$A = (24-10)h/d \times 250 \text{ d/a} \times 120 \text{ W/lámpara} \times 2\,200 \text{ lam.}$$

$$= 924\,000 \text{ KWh/año}$$

Si el costo de electricidad es de \$ 4.00/KWh

Ahorros anuales en los costos de electricidad

$$A_A = 924\,000 \text{ KWh/a} \times \$ 4.00/\text{KWh}$$

$$= \$ 3\,696\,000$$

Ahorros anuales de energía

$$A_E = 924\,000 \text{ KWh/a} \times 2520 \text{ Kcal/KWh}$$

$$= 2\,328.5 \text{ Mcal/año}$$

Deben agregarse a los costos de electricidad en los diferentes programas, los costos por concepto de reemplazo de lámparas; estos dependen, entre otras cosas, del ciclo de operación. Los costos anuales por reemplazo de lámparas fluorescentes se calculan como sigue:

Costo anual = (P+h) x (cd/L) x n por reemplazo donde:

P.- precio de reemplazo de lámpara.

h.- costo de mano de obra.

c.- horas de vida de la lámpara por periodo de operación (horas por encendido) estimados de la figura 6.2.

d.- número de periodos de operación por año.

L.- vida promedio de la lámpara por 3 hrs. de encendido.

n.- número de lámparas.

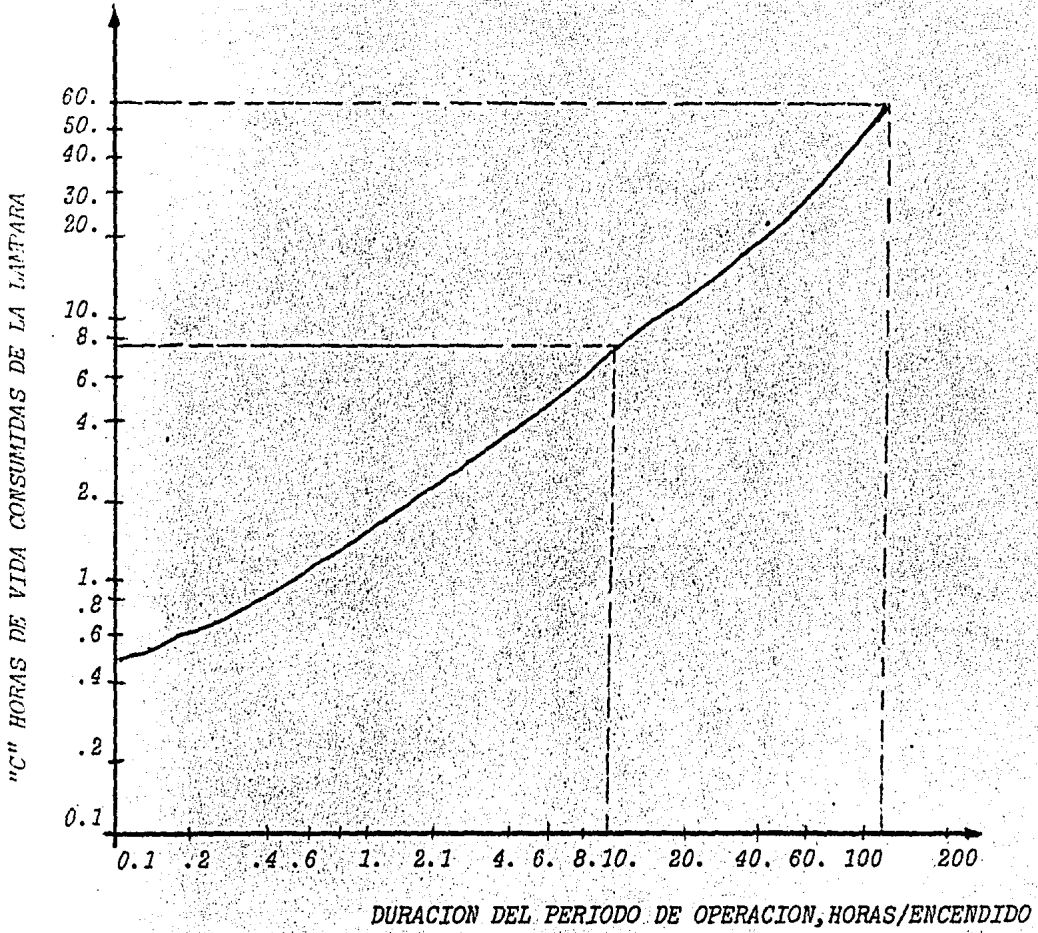


FIGURA 6.2.- Horas de vida consumidas de la lámpara en cada periodo de operación (basado en datos de la referencia 1).

En este ejemplo se considera un costo de mano de obra (h) de --- \$100/H, el precio P es de \$400 por lámpara, una vida promedio (L) de 12 000 hrs., y como ya se mencionó el número de lámparas (n) es de -- 2 200.

En el antiguo plan donde se tenía $5 \times 24 = 120$ hrs., por semana de operación, de la figura 6.2 se encuentra que $c = 60$ h, aproximadamente. Habla 50 periodos de operación por año.

Costo de reemplazo:

$$C_R = (100+400) \text{ \$/lámpara} \times 60 \text{ h/periodo} \times 50 \text{ periodos} \times 2\,200 \text{ --} \\ \text{lámparas/12\,000 h.} \\ = \$ 275\,000/\text{año}$$

En el nuevo plan 250 periodos (d) de 10 horas., cada uno, de la figura 6.2 $c=7.5$ h.

Costo de reemplazo (nuevo):

$$C_N = (100+400) \text{ \$/lámpara} \times 7.5 \text{ h/periodo} \times 250 \text{ periodos} \times 2\,200 \text{ -} \\ \text{lámparas/12\,000 h.} \\ = \$ 171\,875/\text{año}$$

Ahorros netos:

$$= \$ 275\,000 - \$ 171\,875 \\ = \$ 103\,125/\text{año}$$

Ahorro anual total:

$$A_T = \$ 3\,696\,000 + \$ 103\,125 \\ = \$ 3\,799\,125$$

Como muchas veces los costos de la electricidad son más altos -- que los empleados aquí, es obvio que los ahorros resultantes serán mayores.

Sugerencias:

Revísese el alumbrado y elimínesse el innecesario. Cuando no se - labora, manténganse encendidas sólo las luces necesarias para la segu- ridad de la planta y el servicio de vigilancia. Si es posible, prográ- mense todos los servicios de vigilancia para que se efectúen simultá- neamente por áreas, instálense más apagadores para aumentar el control de las luces.

5.- Desconexión de lámparas fluorescentes.

La desconexión de las luces durante las horas de descanso puede

representar ahorros atractivos en potencia y energía. Sin embargo, debe de considerarse un aspecto negativo consistente en la reducción de vida de las lámparas fluorescentes al sufrir encendidos más frecuentes. Una consideración más importante es entonces la evaluación del tiempo de equilibrio, o sea el balance entre el ahorro de energía eléctrica y el costo resultante de reducir la vida de la lámpara.

Ejemplo:

Una industria utiliza 1 000 lámparas fluorescentes de 110 watts, que están encendidas 10 hrs., por día, 250 días al año; se harán cálculos con base en un costo del KWh de \$ 4.00; un costo de reemplazo por mano de obra de \$ 100/lámpara y un precio por cada lámpara dado por la siguiente tabla:

Watts de la lámpara	Watts de la lámpara y la balastro	Precio por lámpara	Vida promedio en hrs.
40	46	\$ 300	18 000
75	82	\$ 375	12 000
110	120	\$ 400	12 000

Ahorros de energía:

Apagando una hora durante la comida las luces, el ahorro de energía sería de:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de energía} &= 1 \text{ h/día} \times 250 \text{ días/año} \times 1000 \text{ lámparas} \times 120 \text{ watts} \\ &= 30\,000 \text{ KWh/año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro en costos} &= 30\,000 \text{ KWh/año} \times \$4.00/\text{KWh} \\ &= \$120\,000/\text{año} \end{aligned}$$

Costo de reemplazo:

La siguiente fórmula permite calcular el costo con que participa un día de uso de la lámpara en el reemplazo de la misma:

$$R = (P+h) \times (C_1 + C_2) / L$$

siendo:

p.- precio por lámpara.

h.- mano de obra por reemplazo.

L.- vida promedio de la lámpara en periodos de operación de 3 hrs.

C_1, C_2 - Vida parcial de la lámpara consumida diariamente en cada intervalo encender-apagar. (Ver figura 6.2 para su evaluación).

Para una operación continua de 10 hrs., sin apagar las lámparas - durante la comida, $C_1 = 7.5$ h y $C_2 = 0$ (por haber un ciclo diario).

$$\begin{aligned}\text{Costo de reemplazo} &= (400+100) \text{ \$/lámpara} \times (7.5+0)/12000 \\ &= 0.3125 \text{ \$/lámpara-día.} \\ &= 0.3125 \text{ \$/lámpara-día} \times 1000 \text{ lámparas} \times 250 \text{ días/} \\ &\quad \text{año} \\ &= \$ 78\ 125/\text{año}\end{aligned}$$

Si la operación consiste en dos ciclos de 4.5 hrs., separados por una hora con las lámparas apagadas ($C_1 = 4$ y $C_2 = 4$)

$$\begin{aligned}\text{Costo de reemplazo} &= (400+100) \times (4+4)/12000 = 0.33333 \\ &= 0.33333/\text{lámpara-día} \times 1000 \text{ lámparas} \\ &\quad \times 250 \text{ días/año.} \\ &= \$ 83\ 333.333/\text{año}\end{aligned}$$

El costo adicional de reemplazo provocado por el hecho de apagar una hora diaria el alumbrado es de:

$$\$ 83\ 333 - \$ 78\ 125$$

$$\text{Costo adicional} = \$ 83\ 333 - \$ 78\ 125 = \$ 5\ 208/\text{año}$$

El ahorro global sería (energía-reemplazo adicional)

$$\begin{aligned}A &= \$ 120\ 000/\text{año} - \$ 5\ 208/\text{año} \\ &= \$ 114\ 792/\text{año}\end{aligned}$$

6.- Reducción de la iluminación exterior.

Un centro comercial redujo el consumo de energía eléctrica en - - 56 400/mes utilizando en forma más adecuada su iluminación externa.

El área del centro comercial era de 335 893 m², de los cuales - - aproximadamente 271 142 m² se utilizaban para estacionamientos externos de los clientes y para almacenamiento de material y equipo. El - - área exterior tenía un total de 2 250 luces que variaban en tipo, desde lámpara colgante hasta arbotantes. El sistema de iluminación existente fue objeto de un estudio detallado durante un periodo considerable de tiempo durante el cual se tomaron en cuenta factores tales como la distribución de las luces, o lámparas, de las cuales algunas estaban conectadas a relojes o fotoceldas y otras estaban conectadas solas, en pares o en grupos. Como resultado de este estudio, en la actualidad

se utilizan solo 1 401 del total de 2 250 existentes y de estas, 1230 operan desde que empieza a oscurecer hasta las 22 hrs., o sea media hora después de que las tiendas cierran, 38 funcionan hasta las 23 - hrs., y 133 funcionan toda la noche. Este plan proporciona iluminación adecuada, aunque no uniforme, para las necesidades nocturnas y de seguridad. Sin embargo, no se han tenido quejas ni se ha registrado aumento alguno en la frecuencia de accidentes o vandalismo.

Método para calcular las necesidades de iluminación.-

La cantidad de luz que se recibe de cualquier sistema de iluminación normal con una potencia determinada se puede calcular como sigue:

$$F = \frac{N \times L \times D}{A}$$

donde:

F.- pies-bujías de iluminación.

N.- número de unidades de iluminación del mismo tipo y wataje.

L.- luz en lámenes de un determinado tipo de unidades y de wataje.

D.- factor de depreciación, usar 0.7.

A.- área iluminada en pies².

Empleo de energía (KWh)

KWh = N x W (watts) x tiempo de uso (h)/1000 watts/KW. Costo de la energía en pesos

C = energía consumida (KWh) x costo unitario según tarifa local - - - (\$/KWh).

La iluminación que se recomienda para los estacionamientos es de 1 a 2 pies-bujías.

Sugerencias:

Analícese la iluminación exterior para determinar si pueden eliminarse o relocalizarse de ciertas lámparas sin estar por debajo del límite adecuado para la seguridad.

CAPITULO 7

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTE

CAPITULO 7

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTE

7.1.- Panorama general.

El desarrollo llevado a cabo en el país en lo que concierne al transporte fué vigoroso hasta antes de la devaluación a fines de 1982 del peso mexicano con respecto al dolar.

Incrementos bastante altos aparecen en la producción de equipo de transporte. Por ejemplo, de 1977 a 1978 fué de 31.9%; sucede lo mismo en la fabricación de automóviles cuyo incremento para igual periodo fué de 29.3%. Los anteriores incrementos disminuyeron para subsecuentes años, cayendo a sus valores más bajos actualmente.

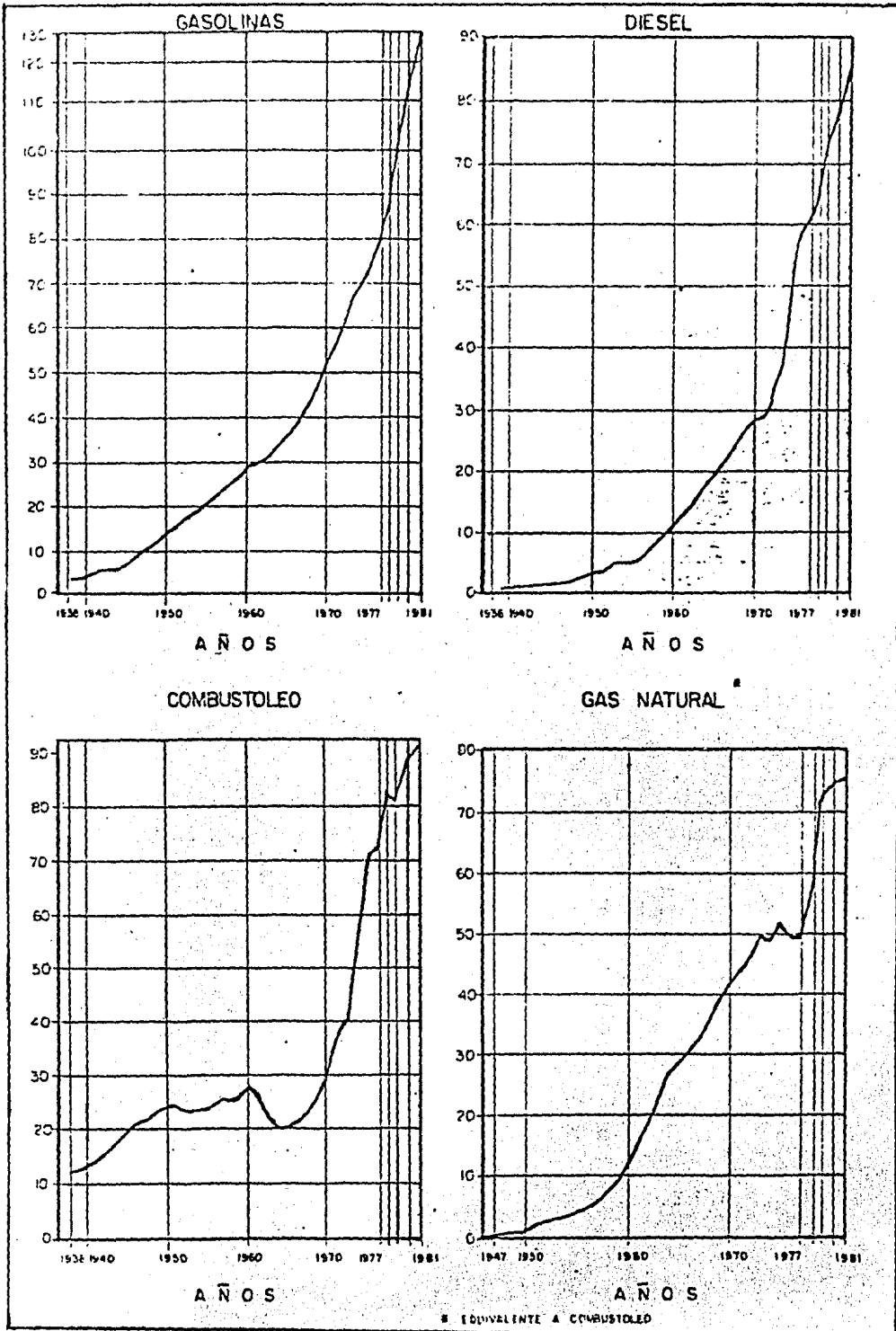
Ahora bien, junto a ese intensivo desarrollo en el transporte también existía una abundante disposición de los energéticos. Estas dos consideraciones permiten entender las causas que hacen posible el alto porcentaje de energía que consume el transporte con respecto a los demás sectores.

El valor de la energía utilizada en el transporte en México es muy importante. Durante los últimos 10 años este sector ha consumido en promedio el 39% aproximadamente de la energía disponible para uso final en el mercado nacional, sobrepasando siempre a otros sectores importantes como lo es por ejemplo el industrial. Por tal motivo, crear sistemas de conservación y uso eficiente de energía en este sector resultaría en beneficios ahorros económicos.

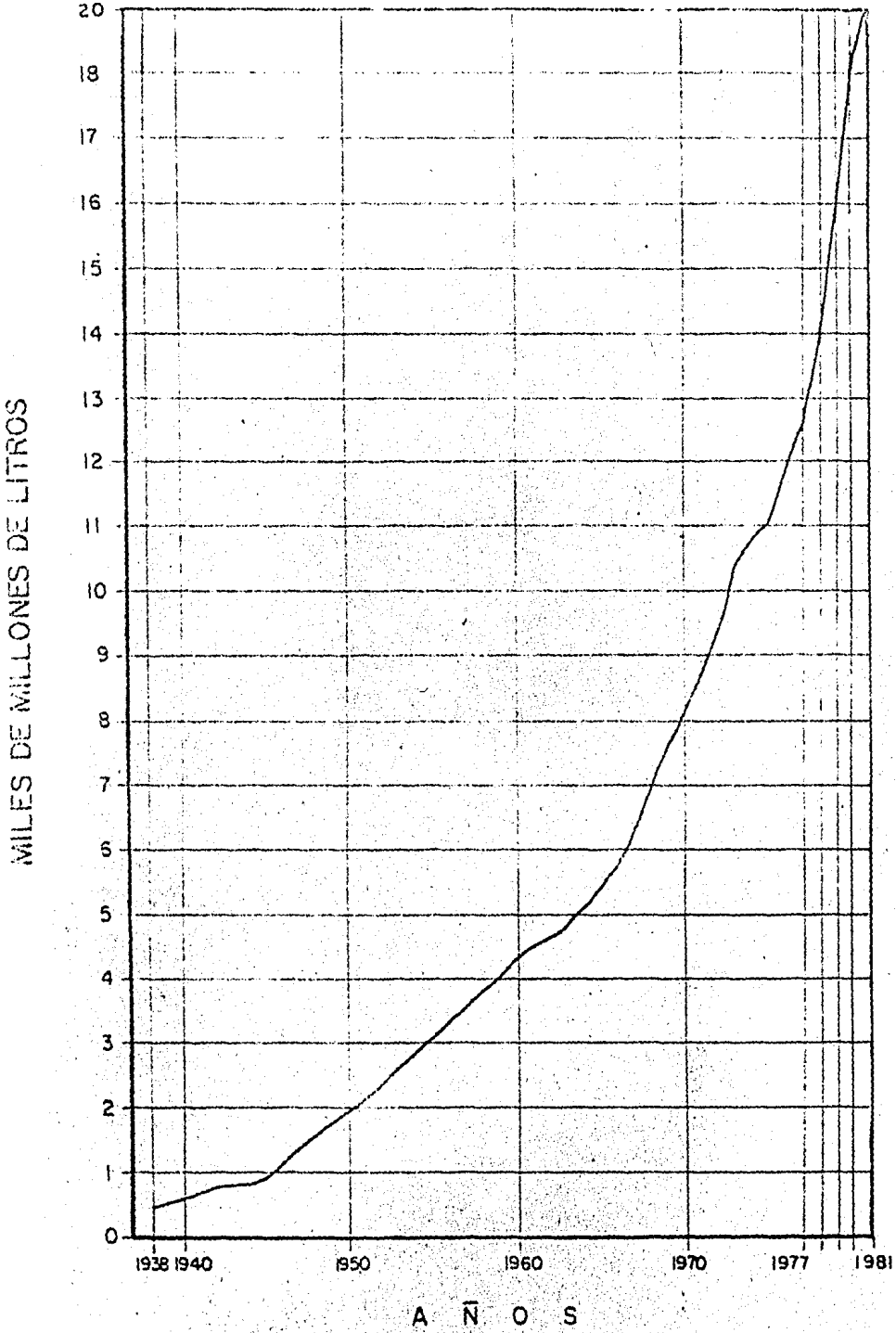
Efectuando un análisis preliminar se puede inducir que en México existe un gran derroche de energía y éste se hace notable en el transporte.

Atendiendo a las gráficas de la figura 7.1 se puede apreciar que en la producción de PEMEX de los principales productos petrolíferos, el de mayor valor es el de las gasolinas-casi 130 millones de barriles- en el año de 1981; si a este valor agragamos el porcentaje de diesel utilizado para transporte, concluimos que más o menos un 70% del volúmen de los principales productos petrolíferos tienen su fin

Figura 7.1.- Volúmen de ventas interiores de los principales productos petrolíferos (millones de barriles).



VENTAS DE GASOLINAS AUTOMOTRICES



VENTAS DE GASOLINAS AUTOMOTRICES

(Valor en Millones de Litros)

(Valor en Millones de Pesos)

AÑO	GASOLINA		MEXOLINA		SUPERMEXOLINA		GASOLMEX	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
1938	466	78						
1939	523	87						
1940	577	101	5	1				
1941	654	115	30	6				
1942	716	126	40	8				
1943	736	136	74	16				
1944	731	149	83	19				
1945	792	173	135	33				
1946	881	191	280	72				
1947	975	212	458	129				
1948	715	174	873	250				
1949	330	88	1 437	470				
1950	179	54	1 689	640	49	23		
1951	201	61	1 901	798	71	33		
1952	205	65	2 097	797	119	56		
1953	206	67	2 243	858	151	71		
1954	221	81	2 454	1 009	189	94		
1955	219	86	2 637	1 312	196	118		
1956	202	82	2 895	1 437	239	146	10	8
1957	89	53	3 150	1 561	285	199	53	44
1958			3 161	1 564	480	334	152	128
1959			2 200	1 062	1 640	1 211	178	159
1960			812	361	3 250	2 382	336	281
1961			605	262	3 513	2 573	420	355
1962			553	242	3 454	2 525	517	443
1963			660	280	3 479	2 543	657	568
1964			410	177	3 906	2 862	867	758
1965			435	195	3 874	2 888	1 103	953
1966			441	200	3 953	2 895	1 037	957
1967			425	191	4 151	3 036	1 288	1 193
1968			427	192	4 203	3 092	1 714	1 551
1969			463	214	4 048	3 007	2 323	2 047
1970			514	245	3 969	2 963	2 772	2 458
1971			510	392	4 007	2 972	3 223	2 887
1972			475	229	4 292	3 187	3 728	3 431
1973			432	209	4 232	3 151	4 176	3 844
1974			322	152	3	4		
1975			203	97				
1976			112	54				
1977								
1978								
1979								
1980								
1981								

VENTAS DE GASOLINAS AUTOMOTRICES

(Volumen en Millones de Litros)

(Valor en Millones de Pesos)

(Continuación)

AÑO	PEMEX 100		NOVA		EXTRA		TOTAL	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
1938							466	75
1939							523	87
1940							582	102
1941							684	121
1942							756	134
1943							810	152
1944							814	162
1945							927	206
1946							1 140	267
1947							1 333	341
1948							1 528	424
1949							1 767	558
1950							1 917	717
1951							2 173	892
1952							2 421	918
1953							2 600	996
1954							2 864	1 184
1955							3 052	1 516
1956							3 340	1 673
1957							3 577	1 857
1958							3 793	2 026
1959							4 018	2 432
1960							4 398	3 024
1961							4 538	3 180
1962							4 624	3 240
1963							4 796	3 391
1964							5 185	3 797
1965							5 412	4 006
1966	392	335					5 823	4 387
1967	484	415					6 348	4 836
1968	588	511					6 932	5 346
1969	720	634					7 554	5 902
1970	858	761					8 113	6 427
1971	972	875					8 712	7 126
1972	909	946					9 404	7 793
1973	935	983	595	766	65	121	10 435	9 044
1974			9 134	11 767	1 331	2 439	10 790	14 362
1975			10 028	12 893	829	1 517	11 060	14 507
1976			10 913	14 662	879	1 680	11 905	16 396
1977			11 680	20 447	814	2 049	12 494	22 496
1978			12 805	22 229	835	2 120	13 640	24 349
1979			14 592	25 045	1 213	3 058	15 805	28 103
1980			16 554	27 671	1 528	3 790	18 082	31 461
1981			19 755	32 374	800	1 962	20 555	34 336

en combustibles para autos, camiones, autobuses, trailers y en general vehículos automotores. Esto quiere decir que con el uso racionalizado de los energéticos de estos vehículos, se lograría una disminución considerable en la extracción de petróleo destinado a combustibles.

Cuando hablamos de transporte debemos considerar que el grueso -- del consumo de energía en este sector lo absorben los automóviles, -- puesto que componen la mayor parte de los vehículos automotores.

No se tienen datos precisos y recientes que muestren la cantidad de éstos que circulan en el país, pero en el año de 1981 se vendieron 577 mil automotores --cifra mayor que la alcanzada en años anteriores--. En países desarrollados las cifras de ventas son mayores pero no ocurre el nivel de acumulación anual de vehículos como en México. En nuestro país la vida del automóvil es larga; debido a las condiciones socioeconómicas de la población, los vehículos no se desechan con la facilidad con que se realiza por ejemplo en los Estados Unidos.

La industria automotriz en México ocupa el tercer lugar en importancia dentro de la actividad económica del país, sólo superada por -- el sector eléctrico y petrolero.

Cuatro de las seis empresas armadoras (Ford, Volks-wagen, Chrysler y General Motors, todas de capital transnacional) se encuentran -- entre las primeras doce de la industria nacional.

Analizando la anterior información, desde un punto de vista de -- producción económica es alentadora, pero si nos detenemos un poco se encuentra que no es muy reconfortante para la conservación de energía. No olvidemos que las empresas Ford, Chrysler y General Motors son industrias que producen en el país vehículos con motores de 6 y 8 cilindros.

Fue en este momento de crisis, cuando por fin el gobierno ha tomado medidas para detener la aparición de más autos con 8 cilindros. De acuerdo con el Decreto de racionalización del autotransporte, publicado el pasado 15 de septiembre, se prohíbe la incorporación de -- motores de 8 cilindros en los automóviles a partir de noviembre de -- 1984 y en camiones comerciales (pick up) a partir de noviembre de -- 1985.

Esta medida efectiva (aunque tardía), será de cierto valor para

la conservación de la energía, sin embargo creemos que podría ser un poco más severa, por ejemplo que esta restricción abarcara no totalmente, pero sí en un porcentaje adecuado, la incorporación de los motores de 6 cilindros.

En los antecedentes fundamentales de la problemática de la industria automotriz que la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial da a conocer en justificación al decreto para la racionalización de este sector, encontramos el siguiente párrafo:

"Durante las últimas dos décadas la industria automotriz en nuestro país ha venido fabricando los vehículos de acuerdo con patrones de producción prevalecientes a nivel internacional. Ello debido a la independencia de los mercados de vehículos y de sus componentes. Sin embargo, existen ciertas necesidades específicas de transporte colectivo de pasajeros y mercancías que permanecen insatisfechas.

Los automóviles que se producen en el país, por lo general, no son los más convenientes en cuanto al tamaño, rendimiento de combustible y estandarización que requiere el país. Además, es frecuente su venta con accesorios superfluos, lo que redundará en precios más altos en perjuicio del consumidor".

En definitiva, conservar y usar eficientemente la energía en el transporte será posible solamente con acciones (como el decreto nombrado) que ponga en marcha el gobierno de México. Sin lugar a dudas dependiendo de la actitud de éste, por medio de sus vías legales, será como se logre la validez de cualquier medida y/o norma para el ahorro de energía en el transporte.

7.2.- El problema del transporte en México, D.F.

La ciudad de México ha tenido un crecimiento exponencial en su población y con ello las necesidades de sus habitantes se han ampliado. Tal es el caso del transporte.

La población económicamente activa en el D.F., representa un porcentaje considerable de la población total, que es más de 15 millones, comparada con los estados de la república. Se explica entonces la gran importancia que tienen los servicios de transporte para hacer posible el traslado de personas hacia los centros productivos.

Desgraciadamente, el crecimiento de la ciudad de México en todos

sus aspectos ha sido bastante deforme, y ello se refleja en la imposibilidad de brindar suficientes servicios de transporte.

Por ejemplo, se estima que un millón de habitantes en el D.F. utilizan para trasladarse desde sus hogares al empleo aproximadamente cuatro horas, problema que podemos enfocar de dos maneras. La primera - sería sociológicamente, es decir la distancia entre fábrica, oficina, etc., a casa es demasiado grande; sólo se encuentran dos formas de reducirla: que la persona que la recorre cambie su centro de trabajo o - se mude a una colonia cercana a donde presta sus servicios; dos soluciones difíciles y en la mayoría imposibles de realizar. Si la capacidad económica no es suficiente, no se puede elegir el lugar donde habitar; así como tampoco donde laborar.

Se considera entonces que los recursos económicos determinan de alguna forma el cotidiano traslado de los muchos habitantes de la ciudad de México.

Obviamente que si se intentara corregir el problema desde un punto de vista sociológico, reconstruyendo la ciudad en su mal desarrollo, sería muy beneficioso para la conservación de energía en el transporte. Sin embargo, el rediseño de una ciudad es casi imposible por su alto costo, además que un análisis de esta clase no viene al caso en este trabajo.

El segundo enfoque que tratamos es el de la ineficiencia en las vías de comunicación ciudadinas. Y cuando hablamos de ello imaginamos inmediatamente las continuas aglomeraciones que existen en las calles a horas claves, durante las cuales se trasladan la mayoría de las personas para llegar o salir de su empleo.

Se puede pensar en el gran desperdicio de combustible que ocasionan los congestionamientos de tránsito como un problema bastante difícil de tratar. La gran cantidad de automóviles existentes en el D.F. - además de ocasionar grandes derroches de energía, provocan la contaminación del ambiente.

La razón de los continuos embotellamientos en las vías que conducen a las partes centrales de la ciudad son comprensibles desde el punto de vista estadístico. Más del 52% de la población trabaja en la de-

legación Cuauhtémoc y el grueso de los habitantes vive en los alrededores de la zona central de la metrópoli.

Pero hay que dejar bien claro que es el excesivo número de automóviles lo que hace intransitable al D.F. Tan sólo en los primeros 6 meses de 1981 las 7 principales armadoras de automóviles vendieron en esta zona metropolitana 59,427 vehículos de pasajeros, comparado con - - 104,361 en las 31 entidades federativas restantes. El D.F., absorbe el 40% de la producción de automóviles en México.

La falta de buenos servicios públicos de transporte durante los últimos años ha incitado a muchos ciudadanos a tener como objetivo importante poseer un automóvil propio, una gran mayoría lo ha logrado. De tal manera, tal persona pretende librarse de las molestias que aparecen en sus traslados diarios.

Otra consecuencia de la escasez de transporte colectivo (como autobús, trolebús y en general todo aquel que no utilice automóvil sedán) es el crecimiento de la demanda en autos colectivos o "peseros". En los últimos 4 años el número de este tipo de vehículos ha aumentado considerablemente. Por desgracia este servicio no es eficiente, hablando en unidades de energía por pasajero, comparado con lo que sería el autobús; además de que el espacio que ocupa en una avenida o calle por pasajero es mayor que el del autobús, es decir, para transportar a un igual número de personas se requiere de 6 ó 7 autos colectivos.

El aumento de este tipo de transporte colectivo no llevará más -- que a usos ineficientes de combustible; aunado a ello se tendrán más vehículos que aglomerarán las vías, efecto que provocará el desperdicio de combustible. La única solución para evitar que continúen apareciendo mayor número de "peseros" es la creación de nuevos servicios de transporte con autobuses, sobre todo, que sean capaces de satisfacer las demandas de los miles de pasajeros, y sin que por ello tenga que sacrificarse la rapidez y comodidad con que se realice.

Es claro que la ciudad de México se ha saturado de alguna manera de automóviles particulares, y lo que es peor, el porcentaje de estos que conducen a una sola persona es considerable y absurdo. Esto hace del automóvil un tipo de transporte ineficiente: consume una cantidad

de combustible por pasajero en valor aproximado de 2.2 veces el consumo por el autobús.

La ineficiencia se acrecenta por el estado en que funcionan una buena cantidad de automóviles. El mantenimiento, cuyo objetivo es la correcta combustión (carburación, afinación, etc.) en muchos casos es mínimo.

En este aspecto la Dirección General de Policía y Tránsito del D.F., se supone que multa a quienes no mantienen sus máquinas en condiciones adecuadas, puesto que malas combustiones llevan con frecuencia al deterioro del medio ambiente. Sin embargo, consideramos que para terminar con este tipo de vehículos se necesitaría no tan solo duplicar, sino quintuplicar mínimamente el personal autorizado a esta vigilancia.

Evitar congestionamientos de tránsito en la ciudad es reducir el consumo innecesario de combustible en los autos y camiones. El gobierno federal, no con el fin de lograr el uso eficiente de los combustibles, sino más bien de agilizar las vías de comunicación ciudadinas, ha diseñado y puesto en marcha ciertos planes.

Tal es el caso de la construcción de los ejes viales hace pocos años, así como la red ortogonal de autobuses (Ruta 100).

Además, por supuesto, de la ampliación del sistema de transporte colectivo (metro). Dicho tipo de servicio proporciona uso eficiente de la energía y da solución a muchos problemas de transporte público. Su importancia en México ha sido determinante, sólo basta saber que trasladada a 3.8 millones de pasajeros diariamente. Se planea construir 19 líneas más, y tenerlas en completo funcionamiento para el año 2010. La creación de un METRO ágil y versátil (extendido por toda la ciudad) -- originará un gran ahorro de energía. Sin embargo, el costo de un sistema de este tipo es muy elevado, lo que limita la posibilidad de obtenerlo a corto plazo.

Si el METRO absorbiera un porcentaje de pasajeros que se trasladan en autos propios y/o autos de servicio colectivo (peseros), se evitarían vías de comunicación más eficaces y por lo tanto se evitarían congestionamientos. Esta idea sin embargo es de no muy fuerte peso en la realidad, puesto que para empezar algunas líneas del METRO saturan

su servicio en horas clave, entonces ¿ que persona desearía dejar su -
automóvil para trasladarse en METRO? ¿ quién cambiaría el hábito de -
usar "pesero" por el incómodo ambiente que proporciona este sistema de
transporte eléctrico cuando está sobrecargado?

Debemos considerar que queda mucho por hacer en el METRO, pero --
sostenemos nuevamente que éste puede ofrecer una verdadera solución al
transporte público y con ello la posibilidad de conservar la energía -
representada por los combustibles utilizados en los vehículos.

Ahora bien, hablemos de agilizar las vías de comunicación comunes
(avenidas, calles, etc.) no disminuyendo el tráfico, sino por otros me
dios, como por ejemplo convertirlas en vías rápidas, ampliar avenidas,
crear nuevas vías, utilizar sistemas de semáforos sincronizados, en --
fin, tratar de crear diseños o modelos que logren un tráfico dirigido
convenientemente y así evitar al máximo conflictos de tránsito.

Con respecto a los anteriores ejemplo, excluyendo el último (sis-
temas de dirección-tráfico computarizado), parecería bastante complica
do llevarlos a cabo, puesto que actualmente el 40% del área de la ciu-
dad de México está dispuesta en avenidas, ejes viales, vías rápidas, -
calles y en general cualquier vía para tránsito de automóviles. Diría-
mos que la ciudad está a punto de saturarse (sino es que ya lo está) -
de espacios otorgados a vehículos, tanto para traslado como para su --
circulación.

Además de la inconveniencia arriba señalada, sobre mejorar y cre-
ar vías de comunicación en la ciudad, hay también otra objeción, el --
costo, ya que sería demasiado caro implementar construcciones que re-
quieren altas inversiones.

Intentando concluir a partir del análisis anterior, en donde se -
da a conocer la situación del transporte en la ciudad de México, dire-
mos que el uso eficiente y la conservación de energía en este sector -
se lograría desalentando el manejo del automóvil. Las medidas propues-
tas para obtener ahorro de energía deberán estar dirigidas en este sen
tido.

Si no se detiene el uso del automóvil, para 1985 habrá 3.5 millo-
nes de estos en el D.F. y zonas aledañas, en una relación de siete ha-
bitantes por cada vehículo automotor.

Sin embargo, al tomarse medidas lo suficientemente determinantes para evitar el traslado con automóvil del ciudadano, también se debe - ofrecer un sistema colectivo de transporte seguro, eficaz y lo más cómodo posible, reconociendo que eso no es fácil de cumplir. Por ejemplo, en 1982 del Departamento del Distrito Federal destinó una tercera parte del presupuesto anual (50 000 millones de pesos) al transporte colectivo y no bastó para satisfacer la demanda de los ciudadanos.

7.3.- Selección de políticas para mejorar la eficiencia de energía en el transporte.

1).- Incrementar el precio de la gasolina.

Se debe desalentar el uso del automóvil permitiendo que el valor - del precio de la gasolina sea real, es decir, que el porcentaje del subsidio disminuya a un valor mínimo o se cancele totalmente. Puesto que se corre el riesgo de acentuar el elitismo en el transporte y con ello consecuencias sociales, la decisión de cuánto incrementar el precio de la - gasolina debe ser tomada considerando todos los aspectos que pueden estar involucrados: productivo, social, político, etc.

2).- Producir autos eficientes en el consumo de gasolina.

Será importante disminuir la producción de autos de más de seis cilindros, y dar alicientes a las marcas de automóviles compactos. Quitar cualquier subsidio que se de a empresas que fabriquen autos no compactos.

3).- Cambiar alguna parte de tráfico a modos más eficientes en lo - que se refiere a combustible.

a).- Adoptar políticas que consigan cambiar vehículos que transportan a una sola persona por un tipo de transportación colectiva. Maximizar pre - cios e incentivos en el servicio para utilizar el transporte público -- dentro de las porciones más altamente desarrolladas de las áreas urbanas.

b).- A través del desarrollo de boletos familiares planeados, ajustes - de rutas y juiciosas aplicaciones de subsidio, buscar llevar a cabo una política de cambio en los viajes entre ciudades de autos privados a autobuses y trenes.

c).- Cambio de tráfico de autocamiones a trenes. Incrementar la acción - de la política pública sobre las vías férreas para mejorar la eficiencia y calidad de sus operaciones prácticas.

d).- Ajustar impuestos sobre autocamiones para compensar completamente los costos incurridos sobre el público, incluyendo congestionamientos y deterioro del medio ambiente.

e).- Considerar estímulos para que el transporte entre dos puntos, que normalmente son servidos por autobús, sea preferiblemente utilizando el servicio por tren.

4).- Dar incentivos para crear un sistema de autocompartido en áreas urbanas.

El auto-compartido consiste en aprovechar la capacidad del automóvil y así transportar un mayor número de pasajeros. Esto se logra, haciendo que las personas que realizan similares traslados cotidianos por separado, intenten usar un sólo vehículo de los 3 ó 4 que normalmente utilizarían. Así, para fomentar este sistema se pueden sugerir las siguientes actitudes.

- Dar a los autos compartidos de tres ó más pasajeros prioridad en tráfico y en uso de áreas restringidas.
- Dar prioridad para estacionamiento libre y descuento sobre el pago del mismo cuando se requiera.
- Técnicas de restricción de uso del automóvil.
- Altos precios de licencias requeridas para entrar a áreas definidas de alta densidad a horas específicas.
- Sobrecargos de estacionamiento en áreas de alta densidad a horas específicas.
- Peaje en las bocacalles en áreas de alta densidad especificadas.

5).- Reducción marginal o manejo no esencial.

- Impuestos elevados a autos no compactos.
- Incremento de la eficiencia del vehículo. Esto significa reducir peso y tamaño de la máquina para los autos de pasajeros.

7.4.- Autotransporte Federal.

El autotransporte federal agrupa tanto empresas privada como para estatales y es el principal modo de transporte en México, tanto de pasajeros como de carga. Traslado durante 1981 el 96% de los pasajeros y el 80% de la carga terrestre; con una flota de 26 000 unidades movilizó 1 240 millones de pasajeros y su tasa media anual de crecimiento en los

últimos 5 años fué del 12%. En ese mismo periodo se pasó de transportar una carga total de 380 millones de toneladas en 1977 a 276 millones de toneladas en 1981 con una tasa media anual de crecimiento del 10% (véase tabla 7.1).

De 85 mil unidades motrices en 1977 la oferta aumentó a 117 mil -- en 1981, de las cuales 50 mil corresponden a carga regular y 67 mil a carga especializada.

En 1978 participó con el 3.8% del Producto Interno Bruto y obtuvo el 76.3% de valor bruto en la producción generada por el sector transporte.

La demanda de autotransporte público federal a la industria automotriz alcanza el 30% de la producción de camiones de dos y tres ejes, el 80% de tractocamiones y el 95% de autobuses integrales.

Durante el periodo 1977-1981 estuvo vigente el Programa de Desarrollo de Autotransporte Federal, el cual permitió al sector transporte satisfacer mejor la creciente demanda de pasajeros y bienes.

Este programa logró la adecuación, según lo planeado, de la oferta y la demanda a través del otorgamiento de permisos basados en estudios socioeconómicos previos y a la celebración de convenios.

Lo anterior es bastante beneficioso para el aprovechamiento adecuado de los energéticos en el autotransporte federal, puesto que de alguna forma se racionalizó el uso de equipos, al evitar tanto su utilización excesiva como la subutilización.

Por otra parte, en lo que concierne al consumo de energía del autotransporte federal, en el año de 1981 utilizó el 32.8% del combustible diesel producido. Muy diferente sucedió con el consumo de gasolina donde sólo alcanzó el 2.8% del consumo total.

Es importante notar los porcentajes de combustibles diesel y gasolina entre el transporte de personas y bienes. Para el mismo año, 1981, el transporte de carga absorbió el 89% de la gasolina utilizada en el autotransporte federal, correspondiendo el restante 11% al transporte de pasajeros. (Véase tabla 7.2).

En la tabla 7.3 se ve que el consumo de gasolina ha disminuido a partir de 1976 en el autotransporte federal de pasajeros y a partir de

Tabla 7.2.- Consumo de combustible del auto-transporte público federal, 1981.
(miles de litros)

	DIESEL	%	GASOLINA	%
CARGA	2,305,022	57.8	530,306	07.0
PASAJE	1,609,532	42.2	65,764	11.0
T O T A L	3,914,554	100.0	596,070	100.0
PORCENTAJE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR EL A.T.P.F. EN RELACION A LAS VENTAS TOTALES DE GASOLINA Y DIESEL.				
	DIESEL		GASOLINA	
CARGA	19.0		2.5	
PASAJE	13.0		0.3	
T O T A L	32.0		2.8	
VENTA DE COMBUSTIBLE EN 1981 (1) GASOLINA 21,055.1 MILLONES DE LITROS. DIESEL 12,146.7 MILLONES DE LITROS.				
(1) FUENTE: SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE. PEMEX.				

Tabla 7.3.- Combustible utilizado por el autotransporte público federal de carga
(miles de litros).

AÑO	GASOLINA	DIESEL
1970	991,493	562,264
1971	976,276	645,436
1972	947,155	727,262
1973	919,664	818,869
1974	918,795	889,869
1975	851,744	1,019,609
1976	807,788	1,119,800
1977	758,800	1,246,735
1978	715,585	1,416,656
1979	605,169	1,675,635
1980	630,568	2,035,712
1981	530,906	2,305,022

Tabla 7.3.- Combustible utilizado por el autotransporte público federal de pasajeros.
(miles de litros)

AÑO	GASOLINA	DIESEL
1970*	240,349	330,226
1971*	249,641	404,995
1972*	231,617	447,137
1973	219,602	478,913
1974	203,314	520,931
1975	235,907	759,615
1976	171,671	679,734
1977	179,584	882,197
1978	155,679	993,602
1979	140,026	1,233,950
1980	101,987	1,451,257
1981	65,764	1,680,532

* Sólo incluye los servicios: primera, segunda y mixto.

1977 en el de carga, lo cual se debe al impulso dado al motor diesel para autobuses y tractocamiones. Creemos convenientemente que la disminución el uso del motor de gasolina en el auto transporte federal continúe, puesto que resultará un ahorro económico y también se conservará combustible.

7.5.- Transporte aéreo.

Normalmente, la mercancía que se transporta en aviones es aquella que tiene un alto valor en relación al peso, por ejemplo la plata. Las principales exportaciones de México por aire, son artículos perecederos, autopartes, componentes textiles, artículos electrónicos semiterminados y artesanías.

Las aerolíneas Mexicana de Aviación y Aeroméxico transportaron entre ambas, un total de 101 000 toneladas en 1981, tanto en operaciones domésticas como internacionales.

Debido al ritmo de crecimiento alcanzado en el país hasta antes de la crisis actual, apareció una fuerte demanda en el transporte de mercancías dentro de la República Mexicana y hacia el extranjero durante el periodo 1976-1981. En estos mismos cuatro años se incrementó el equipo de vuelo de las líneas aéreas mexicanas, ampliando la oferta de sus servicios.

La flota actual de Aeroméxico - 39 aviones- representa un 95% de incremento en la relación a la cantidad que tenía a finales de 1975.

Aeroméxico tuvo en 1976 la cifra de 56, 193, 632 Km volados, y en 1981 alcanzó 10183,050,972, es decir, un aumento del 48%.

En lo que respecta a la carga transportada, Aeroméxico en el periodo 1976-1981 llevó en promedio un total de 125,900 toneladas de carga entre los 32 aeropuertos servidos en el territorio nacional, y de 50,000 toneladas de carga internacional.

La anterior información indica que la industria de transporte aéreo en México se ha desarrollado rápidamente y por tal motivo se debe vigilar que tenga un uso racional de energía representada por los combustibles.

Algunas sugerencias que se hacen al respecto son:

- Reducción de velocidades de crucero.
- Optimización de altitudes de crucero.

- Optimización de los perfiles de ascendencia y descendencia.
- Minimización de las operaciones de ingeniería realizadas en tierra - cuando el avión está funcionando.
- Incrementar el uso de rutas óptimas.
- Transportar el cupo completo de pasajeros por avión.

7.6.- Sistemas de ferrocarriles.

A finales del sexenio pasado, se comenzó a trabajar para tener un servicio eficiente de transporte por ferrocarriles, el cual en las últimas décadas había estado muy descuidado.

Entre 1867 y 1898 se logró construir en México más de la mitad de la red ferroviaria nacional. Para 1900, más de 13, 000 Km. de vías atravesaban el país. En este siglo se construyeron otros 12,000 Km. de vías. La red ferroviaria mexicana actual tiene casi la misma extensión que en 1910. En los últimos 4 años, por ejemplo, se han construido menos de 250 Km. de nuevas vías.

Desde el primer cuarto del presente siglo, los ferrocarriles comenzaron una lenta declinación cuando los camiones, los automóviles y los aviones empezaron a sustituir a los lentos y tal vez poco confiables trenes de pasajeros y de carga. El equipo se fue haciendo anticuado, casi no se construyeron nuevas líneas y las instalaciones para manejo de materiales, carga y almacenamiento cayeron muy por debajo de la demanda. Una gran parte del sistema funcionaba con una sola vía en lugar de dos. Con el énfasis que se dio a la construcción de carreteras y al desarrollo de la aviación, los ferrocarriles fueron descuidados y se desalentaron las inversiones. En 1969 se transportaron 35 millones de pasajeros, en 1981 sólo 16 millones.

Pero esto, sin embargo, cambió favorablemente con el inicio de la explotación de los nuevos y ricos yacimientos petrolíferos mexicanos, y cuando se disparó la demanda de transporte.

En 1981 se inició un programa a 8 años que prevé invertir 120,000 millones de pesos en mejorar la red ferroviaria y modernizar el sistema de comunicación así como la construcción de nuevas instalaciones para carga y pasaje. "El plan a ocho años incluye la reparación de mil ochocientos kilómetros de vías, la incorporación de 2000 Km de vías electrificadas y la construcción de 1 170 km de nuevas vías y 1020 de vías do-

bles". Actualmente la red ferroviaria nacional cuenta con más de 26,000 km y cubre casi todo el territorio nacional. Los ferrocarriles mexicanos tienen 1,400 locomotoras que arrastran unos 45,000 vagones, 43,000 de ellos de carga y el resto de pasajeros y en 1980 transportaron más de 55 millones de toneladas de carga.

La revitalización de los ferrocarriles mexicanos está concentrada en la carga y no en los trenes de pasajeros. Únicamente transportaron 2% del total de 1,151 millones de pasajeros que se desplazaron por los medios de transporte público federal en 1980.

Consideramos que si se cumple con este programa se conservará - - energía, puesto que los ferrocarriles absorberán cargas que corresponden actualmente a tipos de transporte que son menos eficientes en cuanto a consumo de combustible por unidad de carga.

Dirigentes de Ferrocarriles Nacionales calculan que se transportará por este medio más del 30% de la carga cuando el sistema esté operando nuevamente a plena capacidad. Creemos que se debe de alentar el uso del ferrocarril, pero antes se debe de tener el sistema adecuado que -- Ferrocarriles Mexicanos piensa ofrecer. Es seguro que el cambio de ---- transporte de cualquier tipo hacia el ferrocarril sería inmediato si es te último se revitalizara.

La anterior lo demuestra el auge que hubo en transportación ferroviaria en 1980, pero por no contar con un sistema ferroviario adecuado, este incremento en la demanda de transporte congestionó totalmente el sistema.

En conclusión, es muy importante que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes cumpla con sus planes ya que Ferrocarriles Nacionales debe jugar un papel importante dentro del sistema nacional de transporte y así permitir racionalizar combustible en otro tipo de transporte - (autobús, trailers, avión, etc.).

BIBLIOGRAFIA

- Babcock & Wilcox. "Steam, its generation and use". Babcock & Wilcox. 38 ed., 1971.
- Beijdorff A. y Stuerzinger P. "Improved energy efficiency: the invisible resource". 11 th World Energy Conference. Munich 1980.
- Chemical Engineering. "Calculation and shortcut desbook". Mc Graw - Hill, Inc. New York, U.S.A.
- Chevalier V. y Fabre M. "Dificultades asociadas a la elaboración e interpretación de balances energéticos". Revista investigación económica No. 148-149, Abril-Sept, pp. 33-84. Facultad de Economía, UNAM. México 1979.
- Centro Nacional de Control de Energía. "Un análisis retrospectivo del comportamiento de la generación termoeléctrica a base de hidrocarburos en el Sistema Eléctrico Nacional, periodo 1977-1980". Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1981.
- Comisión de Energéticos. "Manual de procedimientos para el uso eficiente de energía en la industria y el comercio". SEPAFIN, México, 1977.
- Comisión de Energéticos. "Propuesta de los lineamientos de política energética". SEPAFIN, México 1976.
- Coplamar. "Necesidades esenciales de México. Tomo 3, "Vivienda". 1a. edición, México 1982.
- Cristina G. y Mettler D. "El Sauz, 230 MW combined cycle plant improves Mexico's efficiency". Brown, Boveri & Company Ltd. Switzerland. Modern-Power Systems Vol. 2 No. 9, England, Oct. 1982.
- Dominguez R. "Ejemplos de uso eficiente de energía en la industria química". Curso Conservación y uso eficiente de la energía. División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1982.

-Eight World Petroleum Congress. "Transportation, conservation and general topics". Applied Science Publishers, 1971.

-Excelsior. "Programa de racionalización de la industria automotriz". Pp. 35-A, 23 de sept. de 1983, México.

-"El sector eléctrico". SEPAFIN. México, 1981.

-"Energéticos". Boletín informativo del sector energético. Comisión de Energéticos, SEPAFIN, México.

Año 3 No. 8, agosto 1979.

" 4 " 5, mayo 1980.

" 4 " 8, agosto 1980.

" 4 " 11, nov. 1980.

" 5 " 7, julio 1981.

" 5 " 11, nov. 1981.

" 6 " 1, enero 1982.

" 6 " 11, nov. 1982.

-Faires V. "Termodinámica". UTEHA, 2a. Ed., México 1973.

-Huidobro J. "Política energética". Información Científica y Tecnológica, vol. 5, No. 8, pp.32-34. Conacyt. México 1983.

-Hidalgo H. Repercusión del diseño y de las características de los materiales en el aprovechamiento eficiente de los combustibles en centrales termoeléctricas". Curso Conservación y uso eficiente de energía. División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1982.

IES "Manual de iluminación". Sociedad de Ingenieros de Iluminación. - New York, U.S.A. 1972.

-IIE. Estudio preliminar del potencial de La Ventosa, Oaxaca, para el

aprovechamiento de la energía eólica". Boletín IIE Vol. 4 No. 8/9, - Agosto/Sep 1980, pp. 46-57. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 1980.

-Kernan J.R. "Ejemplos de Conservación de Energía". Conservación de la energía a través de su utilización efectiva. Oficina Nacional de Publicaciones especiales de Normas No. 403, Vol 2.

-Large D.B. "Hidden waste". The Conservation Foundation. U.S.A. 1976.

-López Vancell E. y Vélez Ocon C. " Proyección del mercado de energía en México". Boletín IIE, México, Nov. 1977.

-Lorenzi Otto de. "Combustion Engineering superheaters". Combustion - Engineering Inc. New York U.S.A.

-Melo S. y Manjarrez A. "La tecnología petrolera en las opciones energéticas en México". Revista Ciencia y Desarrollo, No. 50 año IX, pp. 18-27. Conacyt. México 1983.

-Marchentti C. "On strategies and fate". Second Status Report of IIA-SA. Proyection Energy Systems. International Institute for applied - Systems Analysis. Laxemburg (Austria) 1976.

-Martin J.M. "Crecimiento económico y consumo de energía". Revista Investigación Económica No.148-149 Abril-Sept, pp. 49-63. Facultad de Economía, UNAM. México 1979.

-Martínez M. "Fuentes alternativas de energía". Revista Investigación Económica, No. 148-149, Abril-Sept., pp. 367-372. Facultad de Economía, UNAM. México 1979.

-Mc Donald A. "Energy in a finite world". Informe elaborado por el grupo a cargo del Programa de sistemas de Energía del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). Laxemburg (Austria). May 1981. Reproducción en la Revista Ciencia y Tecnología Conacyt.

-Notielectrónica. "Como hacer economías en electricidad" Boletín Ca -

niece, año 18, marzo-abril. México 1983.

-National Petroleum Council. "Energy conservation in USA". USAANP -- Council. U.S.A. 1974.

-PEMEX. "Anuario estadístico 1981". IMP. México 1982.

-PEMEX. "Anuario estadístico 1982". IMP. México 1983.

-Ponce A. "Características y aspectos centrales de la política energética para México". Revista Investigación Económica, No. 148-149, abril-sept, pp. 253-279. Facultad de Economía, UNAM. México 1979.

-Póstigo L: "El mundo de la energía". Edit. Ramos Sopena, España 1975.

-"Programa de desarrollo de autotransporte federal 1977-1982". Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Autotransporte Federal. México 1977.

-"Programa de Energía". Diario Oficial, 4 de febrero de 1981. México.

-"Programa de Energía. Metas y proyecciones al año 2000 (Resumen y conclusiones)". SEPAFIN. México 1981.

-Progreso. "El transporte urbano". Revista económica interamericana. Marzo 1982.

-Rechel R. "Transportation policies and energy conservation". The Conservation Foundation 1976.

-Rudawitz D. "Reports on energy conservation in industry". National Bureau of Standards, Special publication No. 405, vol. II.

-SELMEC "Manual de calderas". México 1976.

-SELMEC "La industria automotriz en el centro de la crisis". Año 20, no. 4, agosto 1983.

-Severs W.H. "Energía mediante vapor, aire o gas". Edit. Reverte Mexicana S.A. 5a. ed., México 1976.

-Schutz F. "Energía en la industria". Curso Conservación y uso eficiente de energía, División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1982.

-Transporte Moderno de México

"Ultimos informes sobre la industria aerocarguera" jun-jul 1982.

"Resolviendo los problemas de transporte de la ciudad más populosa del mundo". abril-mayo 1981.

"Ultimos informes sobre Ferrocarriles Mexicanos". Feb-mar 1982.

"Consolidará México su industria automotriz". oct-nov 1982.

"Foco en el transporte mexicano. Un vistazo a la industria mexicana del transporte". Agosto-sept. 1982.

-UNO MAS UNO. "Pronostica SECOFIN una recuperación de la industria automotriz para 1986". México, 23 de sept. de 1983.

- Viqueira J. "México en la encrucijada energética". Representaciones y Servicios de Ingeniería. México 1981.

-Viqueira J. "Y después del petróleo? (necesidad de una política a largo plazo)". Representaciones y Servicios de Ingeniería. México 1980.

-Viqueira J. "Análisis de las opciones energéticas de México". Representaciones y Servicios de Ingeniería. México 1977.

-Viqueira J. "La planeación del Sector Eléctrico y la política nacional de energía" Revista Ingeniería, no. 4, pp. 55-67. Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1979.

-Viqueira J. "Evolución histórica del suministro de energía"; "Metodología para el análisis energético: Balances de Energía"; "Relación entre el consumo de energía y desarrollo económico"; "La conservación de energía y la diversificación de la oferta energética". Curso Conservación y uso eficiente de la energía. División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1982.

-Wunsch A. "Combined cycle plants offer major economic advantage in middle east". BBC Brown Boveri & Company Ltd., Switzerland. Modern Power Systems vol. 3, no. 5, may. England 1983.

-Yaberldawn L.H. "Energy saving by increasing boiler efficiency". Noyes Data Corporation. Park Ridge. New Jersey, U.S.A. 1979.