

111  
2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N .  
VICTOR M. PASTRANA VARGAS  
EUGENIO SANTIAGO MARCOS  
MARTIN JAIMES PEREZ

DIRECTOR DE TESIS  
ING JACINTO VIQUEIRA LANDA



## **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 está 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.

## OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es concientizar a todo usuario de la energía eléctrica de la situación energética actual y demostrar, mediante algunos procedimientos de evaluación, el beneficio que se puede obtener mediante las medidas de conservación de energía, en la iluminación, en los procesos de conversión electromecánicos y en los procesos de conversión electrotérmicos.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA.

I N D I C E

	PAG.
A) INTRODUCCION	2
1) SITUACION ENERGETICA DE MEXICO	4
2) ASPECTOS GENERALES DE LA CONSERVACION DE ENERGIA	21
3) PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE LAS MEDIDAS DE CONSERVACION DE ENERGIA.	38
4) UTILIZACION EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA.	44
4.1) EN LA ILUMINACION.	55
4.2) EN LOS PROCESOS DE CONVERSION ELECTROMECHANICOS.	69
4.3) EN LOS PROCESOS DE CONVERSION ELECTROTHERMICOS.	89
B) CONCLUSIONES	110
C) BIBLIOGRAFIA	113

## INTRODUCCION

A partir de las últimas dos décadas ha surgido un creciente interés por la conservación de los recursos energéticos; este fenómeno está relacionado con la rápida elevación de los precios del petróleo y en general de la energía durante la década de los 70.

La primera crisis petrolera de 1973 y la subsecuente de 1979 permitieron tomar conciencia de que la forma de uso de los energéticos no renovables podría llevar a la declinación de la producción de los hidrocarburos en lo que resta del presente siglo y a su agotamiento en la primera mitad del próximo.

Se utiliza el término "CONSERVACION DE ENERGIA" según la definición propuesta por la Conferencia Mundial de Energía, para designar todas las acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos; éstas acciones incluyen la racionalización y aumento de eficiencia en el uso de energía mediante la reducción del consumo energético específico, sin sacrificar la calidad de vida humana, utilizando de ser necesario la sustitución de una forma de energía por otra.

La conservación de energía puede considerarse como una fuente de energía alternativa, ya que permite reducir el consumo de energéticos necesarios para una actividad determinada sin una reducción de la actividad económica.

En la primera parte del presente trabajo se expondrá la situación energética de México y los aspectos generales de la conservación de energía, incluyendo los procedimientos de evaluación.

En la segunda parte nos referiremos especialmente a la conservación de energía eléctrica, en razón de sus aplicaciones.

## CAPITULO I

### SITUACION ENERGETICA DE MEXICO

En este primer capítulo presentaremos la información sobre el funcionamiento del sector energético nacional en el periodo de 1965 a 1985 y también la situación energética actual, esto con el fin de permitirnos hacer un diagnóstico de los principales problemas del sector energético de México.

La información de lo anterior procede de los balances de energía, que se publican anualmente por la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal (SEMIP).

Los balances de energía constituyen un marco contable que integra la información estadística relativa a la producción, fuentes de energía primaria, las transformaciones de energía primaria en secundaria, los consumos propios y las pérdidas de energía involucradas en estas transformaciones así como el destino final de la energía por sectores principales de la actividad económica del país.

Es importante definir algunos términos utilizados en los balances de energía.

Fuentes de energía primaria: son aquellas que contienen potencialmente energía y que se encuentran en su estado natural. En esta categoría quedan incluidos los combustibles fósiles, como el carbón mineral, el petróleo crudo y el gas natural; las

substancias fisiónables como el uranio; la energía hidráulica y la energía geotérmica. Deben incluirse también en esta categoría la energía solar y algún día la energía de fusión nuclear.

**Energía secundaria:** es aquella que proviene de la transformación de las fuentes de energía primaria, transformación que tiene por objeto facilitar el transporte y la utilización de la energía. Entre las principales energías secundarias se encuentran los productos obtenidos de la refinación del petróleo crudo, como la gasolina, el diésel, el combustible y los productos derivadas del gas natural como el gas licuado para uso doméstico. Otra energía secundaria importante es la electricidad, que puede obtenerse a partir de la energía liberada por la combustión de combustibles fósiles en una planta termoeléctrica convencional, o de la energía obtenida de la fisión del uranio en una planta nucleoelectrica, o del aprovechamiento de la energía de una caída de agua en una planta hidroeléctrica. La energía eléctrica puede obtenerse también mediante el aprovechamiento directo e indirecto de la energía solar. El hidrógeno podría constituir en el futuro una energía secundaria importante.

**Energía útil:** es la realmente aprovechada por los usuarios mediante una nueva transformación: por ejemplo la energía eléctrica puede convertirse en energía mecánica en un motor eléctrico, en energía térmica en una resistencia; la gasolina puede convertirse en energía mecánica mediante su combustión en un motor de combustión interna.

**Pérdidas de energía:** ocurren durante las actividades que se realizan para suministrar energía, desde la producción hasta el consumo final. Entre otras se mencionan las pérdidas en los gasoductos y oleoductos, en la transformación y almacenamiento de hidrocarburos, en la generación y transmisión de electricidad y en la distribución eléctrica y de gas.

**Eficiencia:** Es el parámetro por medio del cual se mide la utilización de la energía con respecto a la energía suministrada y se cuantifica por medio de la siguiente relación:

$$E = \frac{\text{Energía obtenida}}{\text{Energía suministrada}}$$

**Energético:** Es toda materia que tiene la propiedad potencial de transformarse en energía útil, ya sea por sus características físicas o químicas.

**Combustibles:** Son los materiales que se utilizan en el proceso químico de la combustión, junto con el aire u otro comburente, para generar energía térmica.

**Poder calorífico:** Es la cantidad de energía por unidad de masa que puede obtenerse de un energético, teniendo por ejemplo las siguientes unidades:

$\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg.}}$

o

$\frac{\text{KJ}}{\text{Kg.}}$

El balance de energía puede presentarse en forma de una tabla de valores ordenados e ilustrarse gráficamente mediante la representación de los flujos de energía. En ambos casos se proporciona la información sobre las fuentes de energía primaria, las transformaciones de energía primaria en secundaria, los consumos propios y las pérdidas de energía involucradas en esas transformaciones y el destino final de la energía por sectores principales de la actividad económica del país.

Para realizar un balance de energía las unidades de medición de los diferentes tipos de recursos energéticos deben ser comparables, estableciéndose equivalencias de energía para lograrlo. Por ejemplo, en los combustibles fósiles se establece su poder calorífico, que se determina mediante un calorímetro en el que se mide el calor producido por la combustión completa con oxígeno a presión atmosférica de una masa determinada de combustible.

Para el caso de plantas hidroeléctricas se han utilizado básicamente dos procedimientos para reducirla a una unidad común en los balances energéticos.

1) Considerando la siguiente relación:  $1 \text{ KWh} = 860 \text{ Kcal}$ , que es la equivalencia física entre la energía eléctrica y la energía térmica y se define de la siguiente manera: 860 Kcal es el calor que puede producir un KWh en una resistencia eléctrica y no se toma en cuenta la eficiencia de la conversión de la energía en la planta hidroeléctrica y las pérdidas correspondientes.

2) El otro método consiste en suponer que la energía eléctrica producida en una planta hidroeléctrica se ha producido

en una planta termoeléctrica. haciendo intervenir la eficiencia global de este tipo de planta que es de aproximadamente del 35%. Así se tiene:

$$1 \text{ KWh} = \frac{860}{\text{Eficiencia}}$$

Sustituyendo, Eficiencia = 35% ; tenemos que:

$$1 \text{ KWh} = 2400 \text{ Kcal}$$

Hasta 1985 la equivalencia que se utilizaba en México era:

$$1 \text{ KWh} = 2677 \text{ Kcal.}$$

Para el caso de una planta nucleoelectrica se ha utilizado la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ Kg. de } \text{U}_2\text{O}_5 = 72.5 \times 10^6 \text{ Kcal.}$$

También es usual encontrar la energía de cualquier energético expresada mediante cantidades equivalentes de un energético de empleo muy generalizado como son:

TEC= Toneladas equivalentes de carbón

TEP= Toneladas equivalentes de petróleo

BEP= Barril equivalente de petróleo

En donde:

$$1 \text{ TEP} = 42.2 \times 10^6 \text{ J} = 10.079 \times 10^6 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ BEP} = 6.6 \times 10^6 \text{ J}$$

En la tabla 1.1 se dan los valores de los poderes caloríficos de diferentes energéticos utilizados en México para la elaboración de los balances de energía.

PODERES CALORIFICOS UTILIZADOS EN LA ELABORACION DEL BALANCE DE ENERGIA DE 1980\*

	Kcal/Kg	Kcal/Barril	Densidad
PETROLEO CRUDO LIQUIDOS DEL GAS NATURAL	10,757	1,526,493	0.884
ETANO	12,401	776,664	0.390
GAS LP	12,246	1,051,500	0.540
GASOLINAS	11,164	1,295,700	0.730
KEROSINAS	10,862	1,405,700	0.814
TURBOSINAS	11,249	1,405,700	0.789
DIESEL	10,849	1,469,600	0.852
COMBUSTOLEO	10,193	1,593,000	0.983
ASFALTOS	10,570	1,593,000	0.948
GRASAS	10,173	1,469,600	0.900
LUBRICANTES	10,398	1,469,600	0.889
PARAFINAS	11,164	1,469,600	0.828
AZUFRE	2,211	-	-
CARBON TODO UNO	4,662		
CARBON LAVADO			Kcal/KWh
NACIONAL	5,780	ENERGIA ELEC.PRIM.	2,860
IMPORTADO	7,500	ENERGIA ELEC.SEC.	860
COQUE	6,933		
COQUE DE PETROLEO	7,485		
	Kcal/m <sup>3</sup>		
GAS NATURAL	10,825		
GAS RESIDUAL	8,540		

\*EN LA ESTIMACION DE ESTOS PODERES SE CONSIDERARON LOS PODERES CALORIFICOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE GAS Y PETROLEO CRUDO PRODUCTOS, PONDERANDOLOS DE ACUERDO AL VOLUMEN DE PRODUCCION CORRESPONDIENTE.

TABLA 1.1

## EVOLUCION ENERGETICA DE MEXICO EN EL PERIODO DE 1965-1985

La producción de energía primaria en este periodo, como puede observarse en la figura 1.1, se quintuplicó, con lo que resulta un ritmo de crecimiento medio anual de 8.4%. Dentro de este periodo se observaron tres variaciones en cuanto a su forma de evolución, las cuales son:

De 1965-1972 la producción creció a una tasa media anual de 4.5%; de 1973-1981 la tasa media anual fue de 15.8% y de 1982-1985 se tuvo una disminución de producción de energía primaria a una tasa promedio anual de -2%. Estos cambios en la producción de energía primaria se deben principalmente a la variación en la producción de los hidrocarburos como se verá posteriormente.

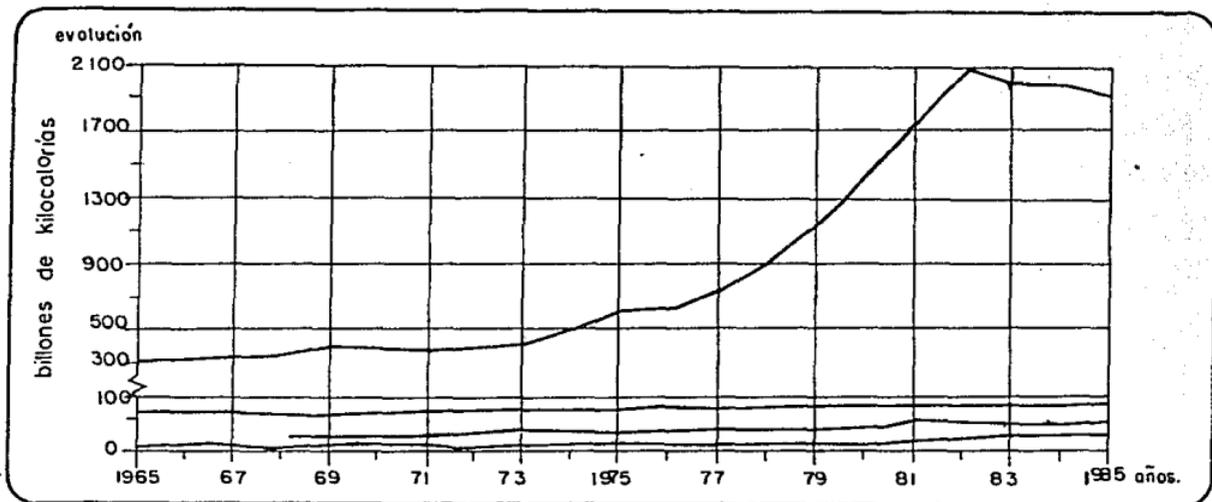
La composición de la producción de energía primaria, está dominada por los hidrocarburos, los cuales representaron en el periodo de 1965-1972 el 75% del total de energía primaria y en el periodo 1973-1985 el 90.4%.

México ha sido básicamente autosuficiente en energía hasta la fecha, ya que las exportaciones han sido mayores que las importaciones, excepto en el periodo de 1970-1973 en el que el país fue deficiente en la producción de petróleo debido a la declinación de los yacimientos conocidos. El descubrimiento de los nuevos e importantes yacimientos en el sureste del país permitió alcanzar otra vez la autosuficiencia a partir de finales de 1973 y producir excedentes para la exportación.

Esa insuficiencia temporal en la producción se debió a dos causas principalmente: Por una parte la política de precios

Figura: 1.1

Producción de energía primaria 1965-1985.



firmes de los productos petroleros nacionales frente a costos crecientes de producción, provocó la falta de recursos financieros suficientes para mantener en forma adecuada las actividades de exploración, explotación y producción; por otra parte la abundancia y bajo precio del petróleo a nivel mundial durante la década de los años sesenta motivó la importación, más que la exploración, para mantener el abastecimiento nacional.

En el inicio de un nuevo periodo presidencial a finales de 1976 se adoptó una nueva política petrolera, tomando el petróleo como pivote del desarrollo del país, mediante la exportación cada vez mayor de petróleo crudo aprovechando el incremento del precio internacional de éste.

El consumo nacional de energía en el periodo de 1965-1985 (que es igual a la oferta de energía primaria menos la energía secundaria exportada) se observa en la figura 1.2, así como la evolución del autoconsumo del sector energético (PEMEX y CFE) y la energía final disponible para el consumo de los diferentes sectores y las pérdidas por transformación y distribución. También observamos el incremento en cuanto al consumo y las pérdidas durante el periodo.

En la figura 1.3 puede verse la evolución del consumo final de energía, desglosado en cuatro sectores: industrial y minero; residencial, comercial y público; transporte y agropecuario.

El sector transporte es uno de los que más ha crecido en cuanto al consumo de energía e incluso entre 1980 y 1982 llegó a rebasar al sector industrial y minero.

Figura. 1.2 Consumo nacional de energía 1965-1985.

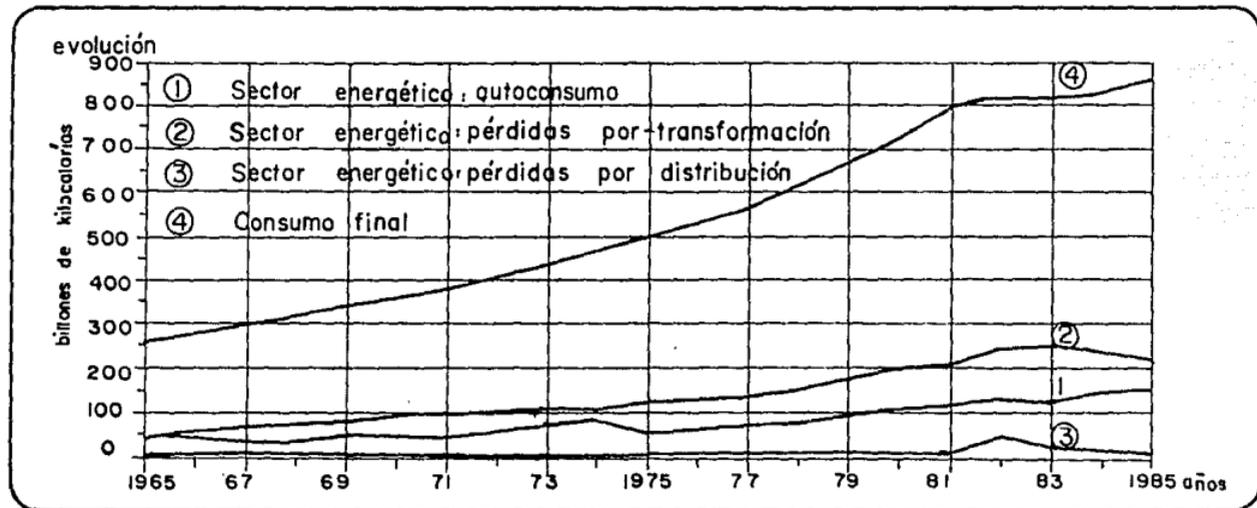
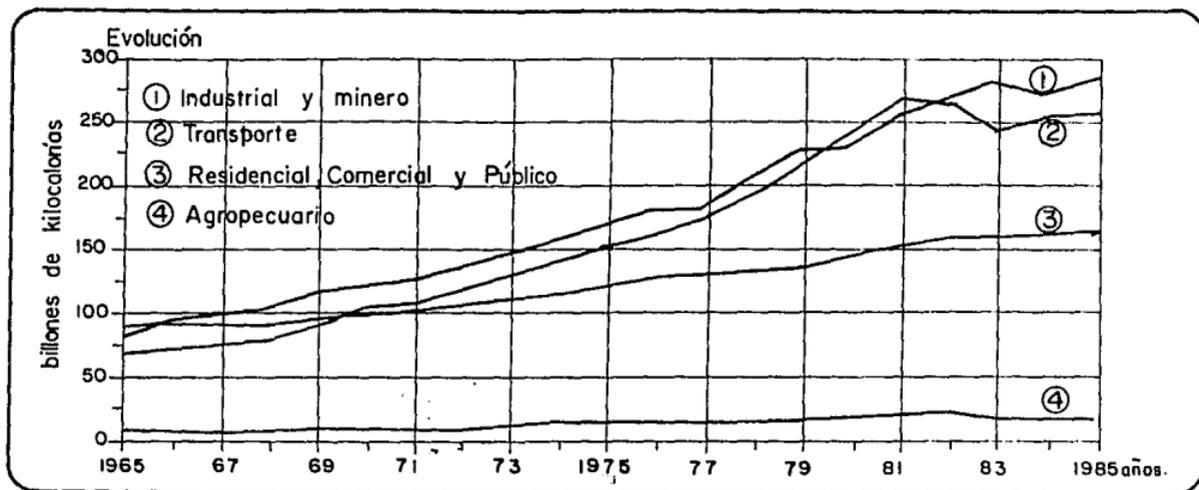


Figura.1.3 Consumo final de energía 1965-1985.



Cabe también mencionar la importancia del gas natural como uno de los principales energéticos del sector industrial en el periodo de 1965-1985 y especialmente la gran demanda en el periodo 1977-1983.

Existen dos indicadores económicos que nos muestran la efectividad con que se utiliza la energía y las tendencias del consumo en el periodo:

El primero se denomina intensidad energética y es la relación entre el consumo nacional de energía (CNE) y el PIB correspondiente a un año determinado y el cual se expresa en Kcal/Peso. En México este indicador mejoró en el periodo de 1965-1970 pasando de 1116.8 Kcal/Peso a 1105.8 Kcal/Peso (Pesos de 1970) posteriormente se incrementó en 1975 y continuó deteriorándose durante la expansión petrolera y la crisis de 1982, lo que muestra una disminución de la eficiencia en la utilización de la energía.

El otro indicador económico es la relación entre la tasa de crecimiento del consumo nacional de energía y la tasa de crecimiento del producto interno bruto en un periodo determinado y se denomina ELASTICIDAD DE ENERGIA - PIB.

En la tabla (1.2) se muestran los valores de la intensidad energética y la elasticidad de energía - PIB para el periodo comprendido entre 1965-85. El valor promedio mundial varía entre 0.9 y 1.0; en México éste se mantuvo en ese rango en el periodo 65-75. Durante la expansión petrolera la elasticidad de energía se eleva a 1.45 lo que indica un mal aprovechamiento de la

energía. En países desarrollados por éste mismo tiempo la elasticidad se redujo a 0.8 mediante programas de conservación de energía .

Durante el periodo de crisis económica en México (80-85) el crecimiento del CNE se redujo a 2.4% pero el crecimiento del PIB se redujo aún más, al llegar a 1.6% lo que corresponde a una elasticidad de 1.5, que es muy desfavorable .

TABLA 1.2  
INDICADORES ECONOMICOS DEL SECTOR ENERGETICO DE MEXICO

INTENSIDAD ENERGETICA					
	1965	1970	1975	1980	1985
Consumo nacional de energía (CNE) 10 <sup>9</sup> Kcal	364846	491256	690181	1079391	1214157
Producto interno bruto (PIB) 10 <sup>9</sup> pesos de 1970	326.6786	444.2714	609.9758	841.8545	912.3341
Intensidad energética: CNE Kcal --- ; ---- PIB peso	1116.8	1105.8	1131.5	1282.2	1330.8

ELASTICIDAD ENERGETICA					
	1965-1970	1970-1975	1975-1980	1980-1985	
Tasa media de crecimiento anual:					
CNE	6.3%	7.0%	9.4%	2.4%	
PIB	6.1%	6.5%	6.7%	1.6%	
Elasticidad: CNE --- PIB	1.03	1.08	1.40	1.50	

## SITUACION ENERGETICA ACTUAL DE MEXICO

A continuación se presenta un resumen del Balance Nacional de Energía de 1986.

En la actualidad el 37% de la energía primaria producida en el país se exporta en forma de petróleo crudo, disminuyendo la disponibilidad futura de este recurso no renovable para el consumo interno; esto no contribuye al desarrollo del país, ya que los ingresos que produce se emplean para el pago del servicio de la deuda externa.

Por otro lado en este Balance Nacional de Energía se muestra la gran dependencia de los hidrocarburos, que para el año de 1986 representó el 85.47% de la oferta de energía primaria al mercado nacional incluyendo en dicha oferta la biomasa (bagazo de caña y leña); de incluirse únicamente los energéticos comerciales los hidrocarburos abarcarían el 90.05% de la oferta de energía primaria. Este porcentaje se obtiene excluyendo la leña de la oferta de energía primaria, que en México solo se utiliza en usos domésticos en las zonas rurales y cuyo consumo se estima con muy poca información.

Del mismo balance se deriva otra información muy importante, que está relacionada con la baja eficiencia en la transformación y el uso de la energía que es característica en el sector energético de México y en la mayor parte de los sectores consumidores.

El consumo propio y las pérdidas del sector energético (que está constituido por PEMEX y CFE, principalmente) alcanza el

31.03% del consumo nacional de energía, es decir para transformar las energías primarias en energías secundarias, el sector energético tiene consumos propios y pérdidas que representan cerca de la tercera parte de la energía disponible para el consumo nacional; como comparación puede señalarse que en el balance energético de Estados Unidos las pérdidas por conversión y transmisión de energía son del orden del 25% de la oferta interna de energía y en Suecia de menos del 20%.

A este elevado consumo de energía por parte del sector energético nacional hay que agregarle la energía no aprovechada, que para 1988 representó una pérdida de  $14.261 \times 10^{12}$  Kcal y que se debe fundamentalmente a la quema de una parte del gas natural asociado al petróleo crudo, por falta de instalaciones suficientes para aprovecharlo hasta el máximo técnicamente posible.

Aunque el gas desaprovechado ha ido disminuyendo en los últimos años, todavía representa en 1988 el 4.4% de la producción de gas asociado.

BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1988

	( 10 <sup>12</sup> KCAL)		
	E. Primaria	E. Secundaria	Total
PRODUCCION NACIONAL	2029.368	---	2029.368
IMPORTACIONES	0.558	44.885	45.265
EXPORTACIONES	-733.627	-62.417	-796.044
MAQUILA (Intercambio neto)	0.0	0.0	0.0
VARIACION DE INVENTARIOS	-12.757	6.060	-6.697
ENERGIA NO APROVECHADA	-14.261	0.0	-14.261
	-----	-----	
	1269.303	-11.672	1257.631
OFERTA INTERNA: 1269.303-11.672=	1257.631		

OFERTA DE ENERGIA PRIMARIA AL MERCADO NACIONAL.

		%
PETROLEO	660.605	52.04 %
CONDESADO	44.513	3.51 %
GAS NO ASOCIADO	46.427	3.66 %
GAS ASOCIADO	320.623	25.26 %
CARBON	32.358	2.55 %
GEOENERGIA	12.034	0.95 %
HIDROENERGIA	53.642	4.23 %
BAGAZO DE CARA	20.459	1.61 %
LEÑA	78.642	6.2 %
	-----	-----
	1269.303	100.00

CONSUMO PROPIO Y PERDIDAS DEL SECTOR ENERGETICO

CONSUMO PROPIO	144.399
PERDIDAS POR TRANSFORMACION:	
COQUIZADORAS	1.991
INDUSTRIA PETROLERA	56.271
CENTRALES ELECTRICAS	175.461
PERDIDAS POR TRANSF.,	
DIST. Y ALMACENAMIENTO	12.116
	-----
	390.238

CONSUMO FINAL DEL MERCADO NACIONAL

		OF. INT. %	CONS. FIN. %
INDUSTRIA	269.552	21.43	31.30
TRANSPORTE	269.555	21.43	31.30
RESIDENCIAL COMERCIAL Y			
PUBLICO	181.649	14.44	21.09
AGROPECUARIO	25.554	2.03	2.46
USOS NO ENERGETICOS			
(PETROQUIMICOS Y OTROS)	144.875	9.13	13.34
	-----	-----	-----
	861.185	68.46	100.00 %
DIFERENCIA ESTADISTICA:	6.198		
COMPROBACION: 861.185 + 390.238 + 6.198 =	1257.621		

Una de las causas principales de la ineficiencia del sector energético en México es la baja eficiencia con que trabajan las refineras de Petróleos Mexicanos, ya que comparando con refineras similares de otros países, como Francia, las refineras de Petróleos Mexicanos consumían en 1984 hasta dos veces más energía que sus similares francesas, por unidad de producto producido.

Por otra parte también se tiene la baja eficiencia de las plantas termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad, aunque la situación ha mejorado en los últimos años.

Por el lado del consumo final de energía sobresale el sector del transporte por su baja eficiencia, cuyo consumo representa el 31.3% del consumo final de energía en 1988. Esta ineficiencia se debe fundamentalmente a la estructura de ese sector, que se caracteriza por el uso excesivo de vehículos particulares en el transporte urbano debido a la insuficiencia de los transportes públicos y por el predominio del transporte de carga por carretera sobre el transporte por ferrocarril, causado en parte por una red ferroviaria insuficiente y anticuada.

En conclusión, del balance nacional de energía se llega a que los dos problemas fundamentales de la producción, transformación y uso de la energía en México son:

a) La excesiva dependencia con respecto a los hidrocarburos como fuente de energía primaria.

b) La baja eficiencia en la producción, la transformación y el aprovechamiento de la energía.

## CAPITULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LA CONSERVACION DE ENERGIA

El término conservación de energía se utiliza para designar todas las acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos, dentro de las cuales se incluye la racionalización del uso de la energía mediante la eliminación de los despilfarros y el aumento de eficiencia en el uso de la energía, sin sacrificar la calidad de vida humana.

El objetivo de la conservación de energía es optimizar la relación global entre el consumo de energía y el crecimiento económico.

Analizando la relación entre consumo de energía y desarrollo económico, es posible lograr un proceso de crecimiento económico con menor consumo de energía, es decir utilizando más eficazmente los energéticos disponibles mediante medidas realizables desde el punto de vista técnico, justificables desde el punto de vista económico, (especialmente si los precios de la energía son elevados) y convenientes desde el punto de vista ecológico, por la reducción de desechos tóxicos u otros contaminantes al medio ambiente, como resultado de la reducción de la energía necesaria.

La conservación de energía puede lograrse generalmente a tres niveles:

El primer nivel corresponde a la eliminación del despilfarro de energía, utilizando adecuadamente las instalaciones existentes.

El segundo nivel corresponde a la modificación de las instalaciones existentes para mejorar su eficiencia energética.

El tercer nivel corresponde al desarrollo de nuevas tecnologías que resulten más eficientes en la utilización de la energía.

La conservación de energía puede considerarse como una fuente de energía alternativa porque permite reducir el consumo de energéticos necesarios para una actividad determinada, sin que esta medida reduzca la actividad económica del país o la calidad de vida de sus habitantes.

#### CONSERVACION DE ENERGIA EN EL SECTOR ENERGETICO

Las medidas de conservación de energía pueden tener un efecto importante en la racionalización de la producción y la transformación de la energía en el sector energético, teniendo en cuenta que este sector, que está constituido casi totalmente por empresas del sector público, absorbe más del 30% del consumo nacional de energía .

En la producción de energía uno de los derroches de energía menos justificables es la quema en la atmósfera de gas natural asociado al petróleo, causado por falta de sistemas de recolección en los campos, por insuficiencia en la capacidad de procesamiento o porque no ha existido la capacidad necesaria de transporte en los ductos nacionales que van a los centros de consumo.

Con precios elevados del petróleo, resulta conveniente utilizar procedimientos de recuperación de los hidrocarburos más eficientes pero más costosos, que con los precios anteriores a 1973 no resultaban rentables.

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

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

La recuperación terciaria o perfeccionada es el nombre genérico que cubre una variedad de técnicas para la recuperación de cantidades adicionales de hidrocarburos.

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

La transformación de energía primaria en energía secundaria, llevada a cabo por el sector energético, puede ser mejorada a través de una mayor eficiencia en las instalaciones. Los dos tipos de instalaciones donde puede obtenerse el mayor ahorro de energía son: las refinerías petroleras de PEMEX y las plantas termoeléctricas de CFE.

Dado que las refinarias consumen energía en forma intensiva, es particularmente importante mejorar en gran medida su eficiencia. En lo que toca a las plantas termoeléctricas es necesario alcanzar una eficiencia razonablemente satisfactoria del orden del 35%.

#### CONSERVACION DE LA ENERGIA EN EL TRANSPORTE

Las disposiciones reglamentarias y acciones concertadas, pueden ser medidas especialmente eficientes en el sector transporte, para disminuir el consumo nacional de energía.

Entre otras, algunas de las acciones que se podrían tomar para dar un mejor uso a la energía son:

1.- Desalentar el uso del automóvil individual en los transportes urbanos, desarrollando un sistema de transporte público eficaz y adecuado.

2.- Fomentar el transporte de carga por ferrocarril, que es más eficiente con respecto al consumo de energía que el transporte por carretera.

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

Para corregir el excesivo consumo de energía en el sector transporte, en el Diario Oficial de la Federación del 21 de diciembre de 1981 se publicó el "Decreto que establece rendimientos mínimos de combustible para automóviles", el cual es preciso actualizar de acuerdo con las condiciones presentes.

## CONSERVACION DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA

El consumo de energía se concentra básicamente en cuatro tipos de industria que representan el 57% del consumo total; esta concentración del consumo de energía facilita la aplicación de medidas de conservación de energía en la industria. Las acciones que pueden llevarse a cabo pueden corresponder a los siguientes cuatro tipos:

1.- Uso más eficiente de la energía disponible con las instalaciones existentes, lo cual se logra manteniendo en buen estado las instalaciones y optimizando los procesos de fabricación.

2.- Usar la energía generada en algunos procesos para utilizarla en otros procesos que requieran energía.

3.- Instalar equipos de producción que utilicen más eficientemente la energía, usando el mismo proceso de producción.

4.- Modificar o cambiar el proceso de producción, de manera que requiera menos energía para producir un producto determinado.

## CONSERVACION DE ENERGIA EN EL SECTOR COMERCIAL Y RESIDENCIAL

En los países de clima frío el ahorro más efectivo de energía se obtiene en la calefacción, mediante un mejor aislamiento térmico de los edificios y un ajuste adecuado de los termostatos.

En México los ahorros que podrían realizarse en este sector están relacionados principalmente con el diseño de los edificios y de los sistemas de iluminación, ventilación, acondicionamiento de aire y calentamiento de agua.

## DEMANDA ELECTRICA RESIDENCIAL EN AMERICA LATINA

Para apreciar la importancia de las medidas de conservación de energía eléctrica, conviene proporcionar información disponible sobre el crecimiento del consumo de electricidad.

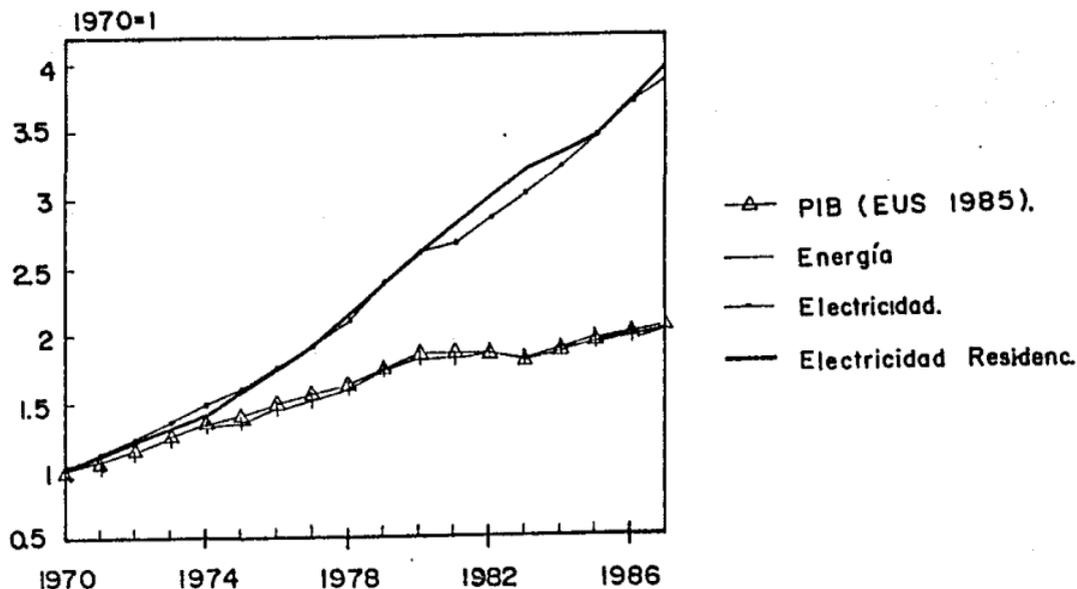
No obstante el lento crecimiento económico en los países latinoamericanos durante la década de los ochenta, la demanda de electricidad ha crecido por arriba del 8% anual, muy por encima del consumo total de energía. Además como se observa en la figura 2.1, este incremento en la demanda eléctrica se debe en gran parte al rápido crecimiento de la demanda eléctrica residencial que ejerce fuerte presión para la expansión de la oferta de potencia eléctrica, ya que el uso residencial de electricidad representa un porcentaje significativo del consumo total eléctrico y es responsable de la demanda pico en varios países.

Para el manejo de estos crecimientos de la demanda las compañías eléctricas estiman duplicar la capacidad instalada para generación de energía eléctrica entre 1987 y el año 2000, para lo cual se requieren grandes cantidades de capital, lo cual se agrava por las dificultades financieras que enfrentan la mayor parte de los países de la región por la enorme deuda externa acumulada a lo largo de los últimos años.

El inquietante deterioro ecológico en la mayoría de los países de América Latina ha dado lugar a una creciente preocupación por parte de la opinión pública acerca de los impactos ambientales de los grandes proyectos de expansión eléctrica. En México la expansión de la capacidad de generación basada en la energía nuclear, se ha convertido en tópico de

Figura: 2.1.

## CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA, ELECTRICIDAD Y PIB EN LATINO AMERICA.



Datos agregados de Argentina, Brasil, México y Venezuela.

debate nacional. En Brasil, por otro lado, la construcción de nuevas plantas hidroeléctricas en la selva del Amazonas está bajo discusión por su potencial impacto negativo en el bosque tropical.

Estos temas de debate se han convertido, ciertamente, en un reto más para los gobiernos y compañías eléctricas, dadas las fuertes restricciones financieras en el área.

A continuación analizaremos la evolución de la electricidad de uso residencial en América Latina, comparando patrones de uso de nueve países para los que se tienen datos disponibles sobre el consumo y la tenencia de aparatos electrodomésticos (Venezuela, Brasil, México, Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala y República Dominicana). Los países examinados son representativos de la diversidad regional en términos de actividad económica, localización geográfica y disponibilidad de recursos energéticos.

#### **IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SECTOR RESIDENCIAL**

En la mayoría de los países de la región, el consumo total de electricidad se incrementó de 1970 a 1987 en una tasa mayor que la del uso total de la energía.

Debido a la recesión económica en la mayor parte de los países de la región, las tasas de crecimiento del consumo de energía han sido sustancialmente menores en los ochentas; en la demanda eléctrica, sin embargo ha continuado su crecimiento con altas tasas.

El uso residencial es un componente importante en el rápido incremento del consumo eléctrico. La porción correspondiente al uso doméstico en el consumo eléctrico total, actualmente entre el 18 y el 44%, sigue creciendo en varios países. En México y en Venezuela las tasas de crecimiento de la demanda eléctrica residencial han sido mayores que el promedio para todos los sectores. (Ver cuadro 2.1).

En los países donde la demanda eléctrica residencial es responsable de la demanda pico, el crecimiento de este sector es fuente de mayor preocupación. Este es el caso particularmente de Argentina y de regiones de Brasil, donde la iluminación eléctrica y el calentamiento de agua determinan la demanda pico vespertina.

Dadas estas condiciones, el mejorar la eficiencia en el uso de la electricidad se vuelve cada vez más importante.

#### COMPONENTES DE LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Debido a que la demanda eléctrica residencial ha crecido más rápido que la población, el consumo per cápita de electricidad se ha incrementado considerablemente. El consumo per cápita varía ampliamente entre países, especialmente cuando se incluyen países de bajos ingresos. (Ver cuadro 2.1).

La demanda eléctrica residencial está determinada por tres componentes principales:

(i) Electrificación; (ii) Tenencia de electrodomésticos; y (iii) Características e intensidad energética de los aparatos.

El primer componente determina el incremento en el consumo eléctrico que resulta de la incorporación de nuevos hogares a la

TABLA 2.1

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LA DEMANDA ENERGETICA

	VENEZUELA (1987)	ARGENTINA (1987)	BRASIL (1987)	MEXICO (1987)	COLOMBIA (1985)
Población, 10E6	18.3	31.5	140.3	81.2	28.8
Urbana	83%	85%	76%	70%	63%
Electrificada	96%	95%	85%	85%	72%
Energía Final, PJ	1128	1363	4773	4001	645
TPCA desde 1970	4.0%	2.1%	4.4%	5.3%	3.7%
Electricidad, GWH	43831	41964	183914	85744	na
% Energía Final	14%	11.1%	13.9%	7.7%	na
TPCA desde 1970	10.2%	4.9%	10.0%	7.3%	na
Electr. Resid., GWH	8498	11280	38597	15777	9363
% Elect.	19%	27%	21%	18%	na
TPCA desde 1970	11.4%	4.9%	9.4%	9.1%	8.8%
Electr. Resid. KWH/cap.	464	358	275	194	325
TPCA desde 1970	6.1%	3.2%	6.9%	5.7%	6.4%
Electr. Resid., KWH/cap elec	484	377	324	228	451

NOTA: Las TPCA (tasa promedio de crecimiento anual) de electricidad residencial para Colombia y Rep. Dominicana corresponden al periodo 1975-1985.

TABLA 2.1 (CONTINUACION)

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA DEMANDA ENERGETICA

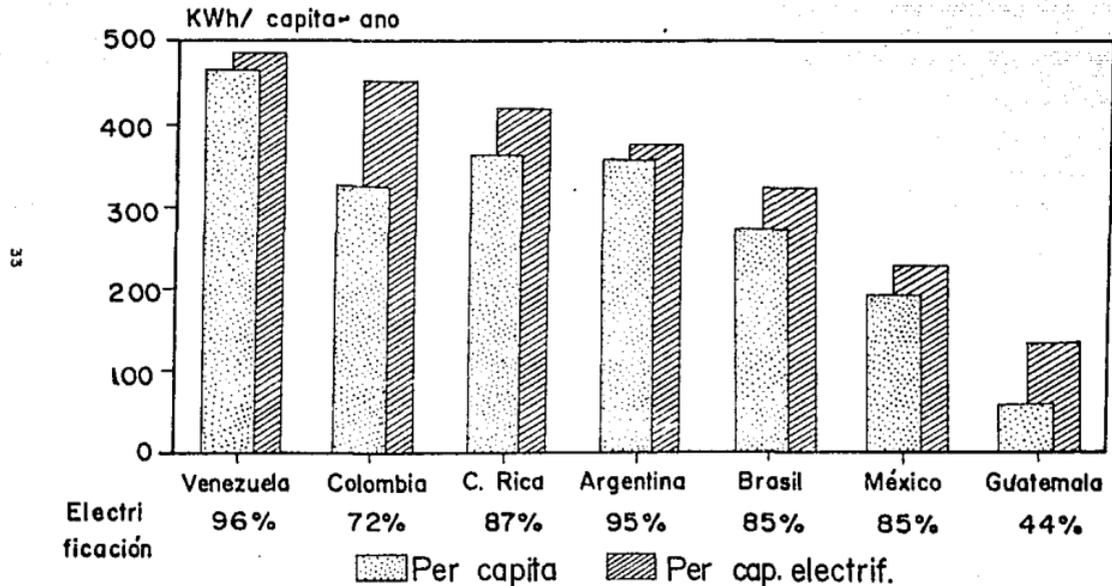
	CDSTA RICA (1985)	ECUADOR (1984)	REP. DOM. (1984)	GUATEMALA (1985)
Población, 10E6	2.6	9.1	6.2	8.0
Urbana	55%	na	na	38%
Electrificada	87%	na	na	44%
Energía Final, PJ	63	202	186	166
TPCA desde 1970	3.5%	7.2%	2.2%	3.6%
Electricidad, GWH	2359	3314	2919	1394
% Energía Final	13%	6%	6%	3%
TPCA desde 1970	11.3%	12.2%	12.6%	3.4%
Electr. Resid., GWH	943	1447	764	476
% Electr.	40%	44%	27%	34%
TPCA desde 1970	na	7.8%	na	na
Electr. Resid., KWH/cap	363	159	126	60
TPCA desde 1970	na	na	na	na
Elect. Resid., KWH/cap elec.	419	na	na	136

red eléctrica. Los otros dos determinan las diferencias en el consumo de electricidad en los hogares. A continuación analizamos la evolución del consumo residencial de electricidad en América Latina en términos de estos tres componentes elementales.

## ELECTRIFICACION

La electrificación es el componente básico estructural de la demanda eléctrica. Tienen acceso a la electricidad 98% de todos los hogares en Venezuela. El acceso también es alto en Argentina (95% en 1987) y en Costa Rica (87% en 1985). En Guatemala, en el otro extremo, solamente un 44% de los hogares hacían uso de la energía eléctrica en 1985 (Ver figura 2.2). El acceso a la electricidad es predominantemente función de la urbanización. La electrificación de los hogares urbanos está muy cerca del 100% en casi todos los países, pero es en las zonas rurales donde se observan las diferencias más significativas. En Brasil, por ejemplo, solamente el 43% de la población rural tenía acceso a la electricidad en 1986, mientras que en Costa Rica y en Venezuela los porcentajes eran de 72 y 79% respectivamente. El limitado acceso a la electricidad en las zonas rurales de Guatemala en las cuales habita el 60% de la población es la razón por la cual el índice nacional de electrificación es tan bajo en este país. En México, poco más del 60% de la población rural que representa cerca del 30% de la población total tenía acceso a la electricidad en 1987.

Figura. 2.2 DEMANDA RESIDENCIAL DE ELECTRICIDAD EN LATINO AMERICA.



D Nota: Datos de 1987; las cifras para Colombia, C.Rica y Guatemala corresponden a 1985.

El ritmo de electrificación de las zonas rurales ha disminuido en años recientes por la combinación de algunos factores, principalmente la recesión económica, la reducción del valor real de los salarios y la dificultad de las conexiones de poblaciones apartadas de la red eléctrica.

En el polo opuesto, la conexión de nuevos usuarios urbanos ocurre muy rápidamente dado el mayor acceso del habitante urbano al dinero en efectivo y el más fácil acceso a las redes de distribución de electricidad.

No existe una relación estrecha entre el nivel de electrificación y la intensidad en el uso de la electricidad. Como se indica en la figura (2.3), la demanda per cápita electrificada en Colombia es el doble de la correspondiente en México, aún cuando la electrificación es mayor en este último país. El nivel de consumo de electricidad es una función del ingreso (y los precios) más que de la electrificación, mientras que esta última está íntimamente relacionada al índice de urbanización y depende grandemente de las prioridades políticas locales. El incremento en el consumo de electricidad se debe a dos factores principalmente, la electrificación y el cada vez mayor consumo de las personas electrificadas.

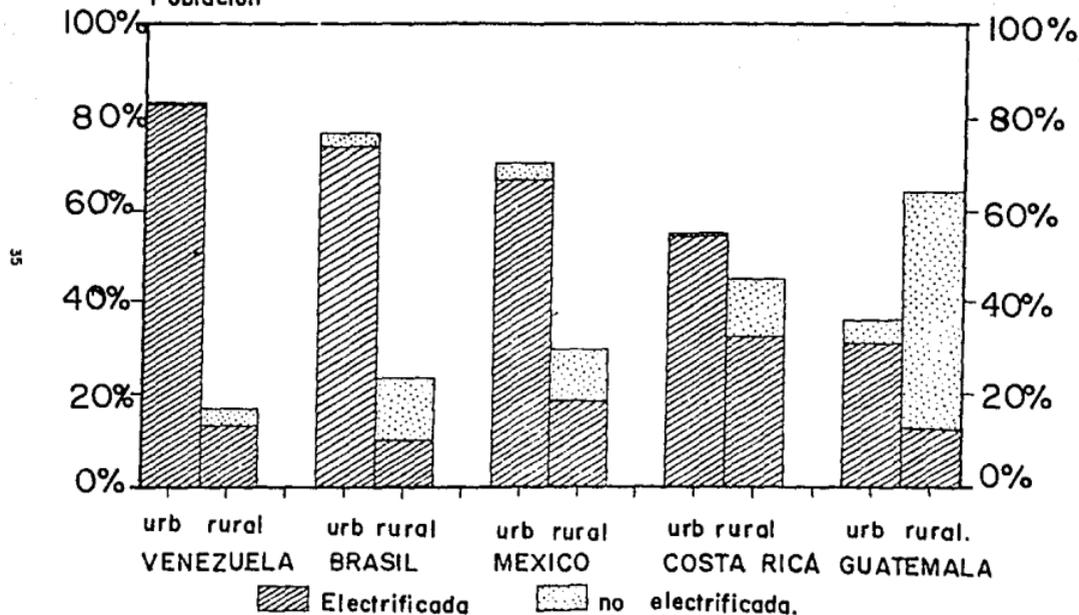
#### TENENCIA DE ELECTRODOMESTICOS E INTENSIDAD ENERGETICA

Los principales usos de la electricidad en los hogares son la iluminación y los aparatos electrodomésticos. La electricidad también es usada para calefacción, climatización y calentamiento

# ELECTRIFICACION URBANA Y RURAL EN LATINO AMERICA

Figura 2.3

Población



de agua. En los países latinoamericanos, la climatización incluye el uso de ventiladores y aparatos de aire acondicionado.

El uso de la electricidad varía sustancialmente entre países, sin embargo los tres usos finales básicos, refrigeración, iluminación y televisión absorben entre el 45 y 55% del consumo en el mayor número de los países.

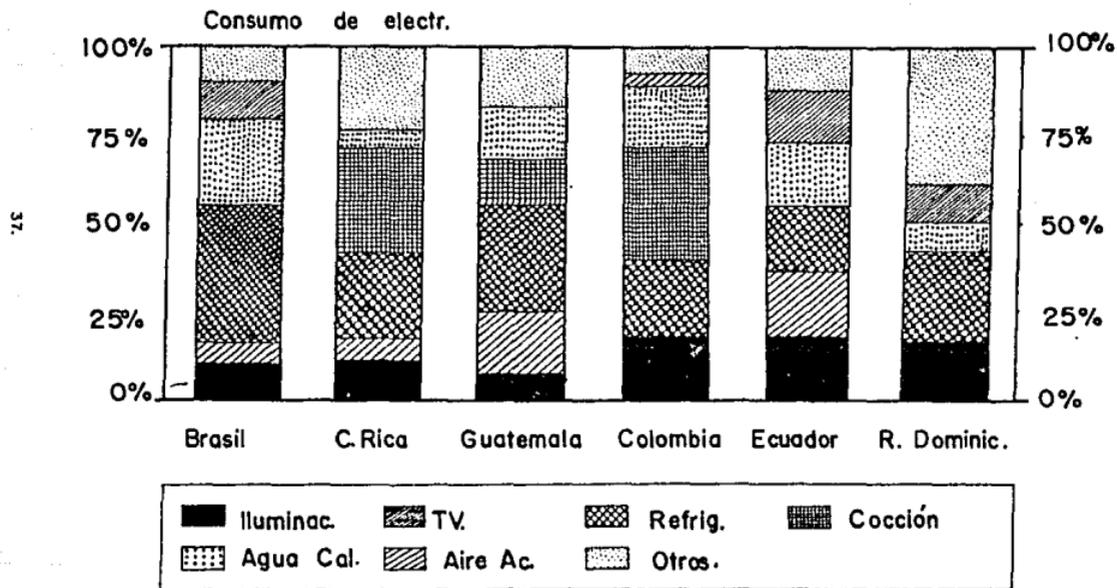
Los patrones de consumo en hogares urbanos son muy distintos a los que se presentan en el medio rural. En las ciudades, la tenencia básica de aparatos incluye, la mayoría de las veces, un refrigerador y/o una televisión, además de la iluminación. A medida que el ingreso aumenta, otros aparatos son adquiridos como son las lavadoras de ropa, secadoras, etc.

En los hogares rurales, en contraste, la electricidad es usada primordialmente para iluminación y para aparatos pequeños (plancha, TV y radio). Dado que los aparatos comprados son de segunda mano y el voltaje en la red eléctrica tiende a ser muy fluctuante, no es sorprendente encontrar mayores consumos en aparatos domésticos usados en hogares rurales que en sus contrapartes urbanas.

Las características de las familias y de las viviendas son, finalmente, factores claves en la determinación de los patrones de uso de electricidad residencial. Familias más grandes implican mayores demandas en los usos finales de electricidad, y viviendas más amplias mayor consumo por iluminación y aire acondicionado.

En la figura (2.4) podemos ver la distribución porcentual de los principales usos finales de electricidad residencial en algunos países de América Latina.

Figura. 2.4 Usos Finales de Electricidad Residencial en Latino America.



Notas: el uso de TV se incluye en "otros" para Colombia y Rep. Dominicana  
 Datos de 1984-5, excepto Brasil 1987.

## CAPITULO III

### PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE LAS MEDIDAS DE CONSERVACION DE ENERGIA

Un procedimiento para realizar los estudios económicos de las medidas de conservación de energía, es el propuesto por A.F.Beijdorft y P. Stuerzinger en un trabajo presentado en la Conferencia Mundial de Energía, el cual consiste en comparar el costo del ahorro de una cantidad determinada de energía obtenido mediante la implementación de medidas de conservación, con el costo de la energía que habría que proporcionar en caso de que no se realizasen dichas medidas de conservación.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Se determina el consumo de energía de la unidad bajo consideración en un periodo de tiempo determinado, generalmente un año.

2.- Se especifican las medidas de conservación de energía y se establece la reducción en el consumo de energía que se obtiene en el periodo considerado y la inversión necesaria para realizar dichas medidas de conservación.

3.- Se calcula la inversión I, necesaria por unidad de energía ahorrada en el periodo de tiempo considerado, dividiendo la inversión requerida para las medidas de conservación por la cantidad de energía ahorrada.

4.- Se calcula el costo de capital C por unidad de energía ahorrada, considerando que las medidas de conservación se financian mediante un préstamo que se amortiza con el pago de n anualidades constantes con una tasa de interés i :

$$C = I ( 1+i )^n$$

5.- El costo de capital C se divide por la cantidad de energía ahorrada durante el periodo considerado de n años ( que está dada por el producto de la cantidad unitaria de energía ahorrada por el número de años ), lo que proporciona el costo unitario de las medidas de conservación por unidad de energía ahorrada.

6.- Se compara el costo unitario de las medidas de conservación con el precio de la energía que habría que suministrar si no se implantasen las medidas de conservación. Evidentemente si ese costo unitario es menor que el precio de la energía, se justifican desde un punto de vista económico las medidas de conservación.

En este método todos los cálculos se hacen en moneda constante y es importante seleccionar adecuadamente la tasa de interés y el periodo de amortización. Cabe señalar que la tasa de interés a moneda constante es igual a la tasa de interés corriente menos la tasa de inflación.

En cuanto a la determinación del periodo de amortización los autores de este método consideran que aunque las medidas de conservación de energía pueden tener efecto durante muchos años, como es el caso del aislamiento térmico de un edificio, deben aceptarse periodos de amortización más cortos que la vida física

de las instalaciones, relacionados con las prácticas financieras usuales y que los autores denominan periodos de vida económica.

Otro criterio económico considerado por los autores citados anteriormente para evaluar las medidas de conservación de energía, es el tiempo de recuperación de la inversión, es decir en que periodo de tiempo los ahorros proporcionados por las medidas de conservación de energía, actualizados a su valor presente de acuerdo con la tasa de interés considerada, son iguales o mayores que la inversión inicial de capital.

Este periodo de recuperación del capital invertido puede determinarse de la siguiente manera:

Sean:

I = inversión inicial para el ahorro de energía

E = energía ahorrada anualmente

C<sub>0</sub> = precio inicial de la energía

i = tasa de interés a moneda constante

p = tasa de aumento del precio de la energía

n = tiempo de recuperación de la inversión en años

Recuérdese que si se invierte una cantidad inicial P a una tasa de interés i durante n años se tiene al final de ese periodo una suma S dada por la siguiente expresión:

$$S = P ( 1+i )^n$$

De donde el valor presente de esa suma es:

$$P = S / ( 1+i )^n$$

Actualizando los ahorros anuales de las medidas de conservación de energía, suponiendo además que el precio real de

la energía aumenta a una tasa anual de  $p$ , e igualando a la inversión inicial, se tiene:

$$\frac{E \cdot C_0 \cdot (1+p)}{(1+i)} + \frac{E \cdot C_0 \cdot (1+p)^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E \cdot C_0 \cdot (1+p)^n}{(1+i)^n} = I$$

La ecuación anterior puede escribirse de la siguiente manera:

$$E \cdot C_0 \cdot \sum_{k=1}^n [(1+p)/(1+i)]^k = I \quad \dots (1)$$

Se trata ahora de despejar  $n$  en esa ecuación, haciendo:

$$X = (1+p)/(1+i)$$

Puede escribirse:

$$S = \sum_{k=1}^n X^k = X + X^2 + X^3 + \dots + X^n \quad \dots (2)$$

Multiplicando la suma  $S$  por  $X$  se obtiene lo siguiente:

$$XS = X^2 + X^3 + X^4 + \dots + X^{n+1} \quad \dots (3)$$

Restando de la ecuación (2) la ecuación (3) se tiene:

$$S - XS = X - X^{n+1}$$

$$S(1-X) = X(1-X^n)$$

Despejando  $S$  :

$$S = X(1-X^n)/(1-X)$$

Sustituyendo  $S$  en la ecuación (1):

$$\frac{E \cdot C_0 \cdot X(1-X^n)}{(1-X)} = I$$

Despejando de la ecuación anterior el término  $X^n$  :

$$X^n = 1 - (I/E \cdot C_0) \cdot ((1-X)/X)$$

Tomando el logaritmo natural de ambos lados de la igualdad

$$n \ln X = \ln (1 - (I/E \cdot C_0) \cdot ((1-X)/X))$$

Despejando n y sustituyendo el valor de  $X = (1+p)/(1+i)$

$$n = \frac{\text{Ln} [ 1 - (1/(E \cdot C)) (i-p)/(1+p) ]}{\text{Ln} [(1+p)/(1+i)]}$$

#### EJEMPLO

En un edificio de oficinas, la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes para iluminación general permite reducir el consumo de 1.1 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) por año en un 30%, o sea un ahorro anual de 0.33TEP, donde :

$$1 \text{ TEP} = 11722.00 \text{ kWh.}$$

La inversión necesaria para realizar ese cambio es de 1000.00 dólares (de 1990).

1.- Calcúlese el costo unitario de las medidas de conservación de energía, considerando una tasa de interés de 8.0% (moneda constante) y un periodo de amortización de 10 años y compárese con el precio de la electricidad que es de 0.10 Dls/KW-H.

2.- Calcúlese el tiempo de recuperación de la inversión en años suponiendo que el precio de la energía eléctrica se mantiene constante.

NOTA: La tasa de interés a moneda constante es igual a la tasa de interés corriente menos la tasa de inflación.

## SOLUCION

1.- Inversión necesaria por unidad de energía ahorrada anualmente es de:

$$0.33 \text{ TEP} = 0.33(11722.00) \text{ kWh.}$$

$$0.33 \text{ TEP} = 3868.26 \text{ kWh.}$$

$$I = \frac{1000}{3868.26} = 0.258 \text{ Dis/kWh.}$$

El costo de capital por unidad de energía ahorrada es:

$$C = 0.258 (1 + 0.08)^{10} = 0.557 \text{ Dis/kWh.}$$

El ahorro de energía en 10 años es de:

$$Ah = (3868.26)(10) = 38682.60 \text{ kWh}$$

El costo unitario de las medidas de conservación es:

$$C = \frac{1000 (1 + 0.08)^{10}}{(3868.26)(10)} = 0.0557 \text{ Dis/kWh.}$$

y haciendo comparaciones se tiene:

$$0.0558 \text{ Dis/kWh} < 0.10 \text{ Dis/kWh}$$

Tiempo de recuperación de la inversión:

$$n = \frac{\ln[1 - (1000/(3868.26 * 0.10))((0.08 - 0)/(1 + 0))]}{\ln[(1 + 0) / (1 + 0.08)]}$$

$$n = 3 \text{ años.}$$

## CAPITULO IV

### - UTILIZACION EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA

En el presente capítulo analizaremos las actividades que han sido realizadas en el campo del uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

Como primera parte veremos, las implicaciones del programa nacional de uso racional de la energía eléctrica, en especial las que se refieren a la preservación de energéticos y a los beneficios para el sector eléctrico, así como para los usuarios industriales.

En la segunda parte veremos el plan elaborado para el área industrial, el cual consiste en la concientización y orientación de los usuarios, organizando una serie de conferencias, cursos y el plan escuela-industria.

### PROGRAMA DE ENERGIA

En la actualidad más de nueve décimas partes de las necesidades de energía del país se satisfacen a base de un recurso natural no renovable: los hidrocarburos. Estos representan en 1968 más de dos terceras partes de la exportación de mercancías y casi la mitad de los ingresos de divisas del país.

En estas condiciones, es de la mayor importancia determinar el lapso durante el cual se mantendrá la auto-suficiencia energética. Este periodo crítico no está definido necesariamente por el agotamiento de las reservas sino por la fecha en que la demanda interna supere a la producción.

Considerando que los hidrocarburos deben ser conservados y al mismo tiempo utilizados para financiar el desarrollo económico, el gobierno instrumentó un conjunto de políticas que integran el programa de energía. Dicho programa establece metas concretas.

Los objetivos específicos del programa son:

- Garantizar el suministro de energía para soportar en forma integral y equilibrado el desarrollo económico.
- Racionalizar la producción y el uso de la energía.
- Diversificar las fuentes de energía primaria, prestando particular atención a los recursos renovables.

México, a pesar de su nivel de industrialización y del clima relativamente favorable, consume más energía por unidad de Producto Nacional Bruto (PNB) que Italia, Alemania, España, Japón, Francia y Brasil entre otros.

Por otra parte las reservas probadas de hidrocarburos son finitas, de tal forma que debemos utilizar la energía eficientemente.

## PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA

Debido al hecho de que la gente tiene la tendencia a identificar el término de " uso racional " como de " menor uso", " restricción en el consumo " o aún el " ahorro " (entendido como el diferimiento de una satisfacción presente para obtener una mayor en el futuro), la primera intención que persigue el programa es que la gente conecte el término "mejor uso", en el sentido de más productividad y utilización más segura. Concretamente lo que se quiere es que se utilice la electricidad de un modo más eficiente.

Los objetivos del programa son:

a) Contribuir a la conservación de las reservas nacionales de energéticos.

La conservación de fuentes de energéticos es en el tiempo presente de primera importancia, porque el desarrollo económico de la nación está relacionado principalmente con la explotación del petróleo.

Por lo tanto, su uso debe ser racionalizado para prolongar su disponibilidad y para asegurar el crecimiento económico del país.

b) Disminuir los requerimientos de financiamiento impuestos por la expansión de los sistemas eléctricos de potencia.

La tasa de crecimiento de la demanda en México es tres a cuatro veces mayor que la de los países desarrollados y la continua expansión de la demanda de energía eléctrica requiere de enormes inversiones, las cuales deben ser satisfechas con financiamientos externos ya que los locales no son suficientes.

Si dicha demanda es satisfecha a través del ahorro de energía por el uso eficiente, las necesidades financieras se reducirían, seguidas por la disminución de costos y de una mayor estabilidad financiera. Todo esto permitiría una mejor atención a las áreas prioritarias, tales como el mejoramiento del servicio industrial y la electrificación rural.

c) Beneficiar a los usuarios con la reducción en el consumo de electricidad.

Los beneficios obtenidos por los usuarios derivados del uso eficiente de la electricidad, se reflejarían directamente en la disminución del costo registrado en sus facturas respectivas.

## EFFECTOS DEL USO INEFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA

### EN EL CONSUMO

El uso descuidado de la energía eléctrica origina desperdicio de hidrocarburos y los retrasa de un empleo en usos más productivos, además de agravar el costo del servicio eléctrico.

El despilfarrar un KW-h, implica el costo de su equivalente en combustible y el costo alternativo de no emplear ese recurso en actividades más provechosas.

Si un usuario evita el despilfarro, se incrementará su eficiencia en el consumo de la energía eléctrica, en cambio el sector eléctrico no obtiene ningún beneficio económico directo por la reducción en el consumo de combustible, al contrario deja de percibir la diferencia entre el costo del mismo combustible y el precio de la tarifa; sin embargo el beneficio que se produce es desde el punto de vista nacional, porque un KWh bien empleado

produce bienes con valores muy superiores y el beneficiado directo es el usuario porque al consumir menos, pagará menos o bien podrá producir mayor número de artículos y obtener una mayor utilidad.

#### EN LA DEMANDA.

Al momento de consumir energía eléctrica se efectúa una demanda por la misma. La suma de los consumos en un momento dado, equivale a la demanda instantánea.

Los patrones de conducta en la utilización de la energía eléctrica por parte de los usuarios originan la curva típica de la demanda de electricidad conocida generalmente como CURVA TIPICA DE DEMANDA DIARIA, como se puede observar en la fig. 4.0.1

En esta curva sobresalen dos picos, uno aproximadamente entre las 10.00 y 13.00 hrs. y el otro, que es la demanda máxima del día, que se da entre las 20.00 y 21.00 horas y se debe principalmente a la carga de alumbrado y en los aparatos televisoras.

La demanda de electricidad es creciente a lo largo del tiempo, tanto por el mayor uso en instalaciones existentes como por la electrificación de nuevos poblados y el suministro a nuevos usuarios.

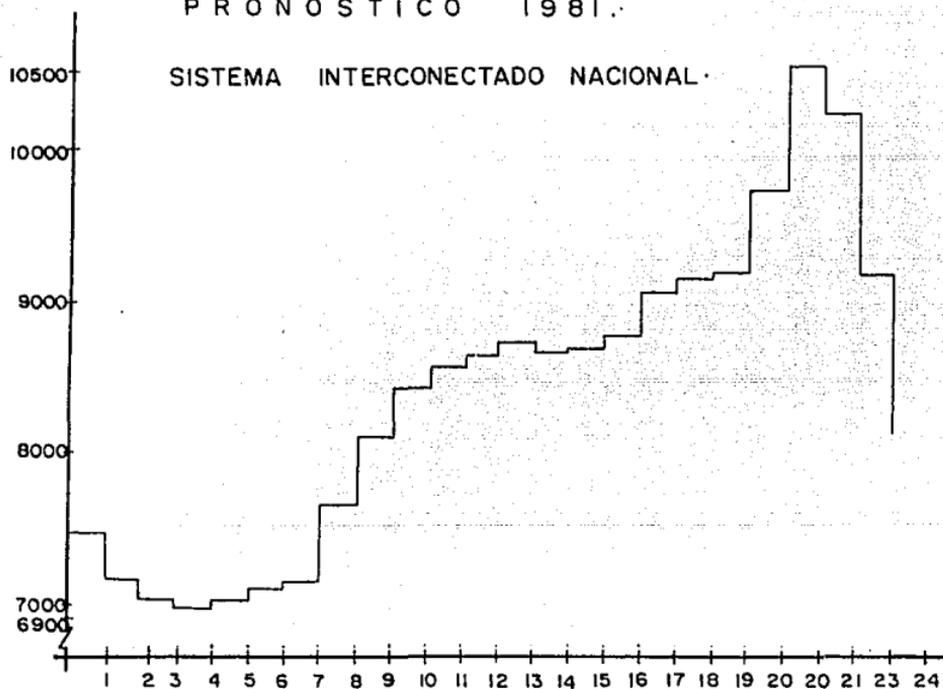
Para llevar a cabo el servicio eléctrico a las poblaciones cada vez más alejadas y satisfacer los incrementos en la demanda de los usuarios actuales, se requiere de cuantiosas inversiones para la instalación de centrales eléctricas, líneas de transmisión, subestaciones y líneas de distribución.

Figura: 4.01.

CURVA DE CARGA HORARIA TIPICA PARA EL VERANO  
DIA HABIL

PRONOSTICO 1981.

SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.



Ante los altos costos financieros el sector eléctrico se enfrenta a la disyuntiva: el usuario paga los costos reales de la energía eléctrica o bien el gobierno continúa subsidiando el precio de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista de una economía libre el subsidio no es recomendable, porque favorece el uso ineficiente de la energía y el despilfarro de los recursos con que cuenta el país.

Para resolver este problema, se considera la búsqueda de otra alternativa, y ésta se encuentra en la promoción del uso racional de la energía eléctrica.

#### COMPARACION DE TARIFAS DE ENERGIA ELECTRICA EN EL PERIODO DE 1970-1988

Los costos y por consiguiente los precios de energía eléctrica dependen de varios factores entre los que se cuentan, en primer término, la mezcla de tecnologías que se emplean para su generación y, en segundo término, factores como economías de escala, patrones de consumo de los usuarios, distancias de transmisión, etc. En el caso de los Estados Unidos, existe un gran número de compañías eléctricas con una amplia variedad de características, por lo que el precio promedio de este energético resulta un buen indicador.

En relación con los precios de la energía eléctrica en México, las tarifas se identifican mediante la siguiente lista:

Número	Tarifa
1	Servicio residencial.
1A, 1B, 1C	Servicio residencial para localidades con clima muy cálido.
2	Servicio general hasta 25 KW de demanda.
3	Servicio general para más de 25 KW de demanda
4	Servicio para molinos de nixtamal y tortillerías.
5	Servicio de alumbrado público.
6	Servicio para bombeo de aguas potables o negras de servicio público.
7	Servicio temporal.
8	Servicio general de alta tensión.
9	Servicio para bombeo de aguas de riego agrícola.
10	Servicio en alta tensión para reventa.
11	Servicio en alta tensión para explotación y beneficio de minerales.
12	Servicio general para tensiones de 66 KV o superiores.

**Comparación de precios de la energía eléctrica en México y en los Estados Unidos**

El la tabla 4.0.1 tenemos la comparación de precios internos y externos de referencia de la electricidad ( pesos constantes de 1987 por millón de calorías ), de donde concluimos lo siguiente:

Tabla: 4.0.1 a

Comparación de precios internos y externos de referencia de la electricidad  
(pesos constantes de 1987 por millón de calorías)

Año	Precios Internos			Precios Externos			P. Interno / P. Externo		
	Comer.	Indus.	Alumb.	Comer.	Indus.	Alumb.	Comer.	Indus.	Alumb.
1970	115.74	50.64	40.56	62.78	29.67	105.58	1.843	1.707	0.384
1971	109.69	48.01	38.32	62.72	30.47	104.43	1.749	1.576	0.367
1972	102.90	44.90	35.98	61.81	30.35	102.74	1.665	1.479	0.350
1973	93.37	41.56	31.81	56.61	28.80	94.27	1.649	1.443	0.337
1974	91.18	40.60	27.27	57.13	31.07	86.39	1.596	1.307	0.316
1975	86.92	38.64	26.74	55.99	33.28	82.16	1.552	1.161	0.325
1976	87.58	40.05	32.13	62.09	37.15	90.27	1.410	1.078	0.356
1977	83.30	46.19	66.03	77.11	46.79	108.23	1.080	0.987	0.610
1978	72.12	40.32	56.79	71.19	44.87	99.67	1.013	0.897	0.570
1979	71.16	39.30	47.26	65.07	42.08	89.80	1.094	0.934	0.526
1980	70.26	40.93	39.95	59.02	38.90	79.38	1.190	1.052	0.503
1981	67.37	38.35	32.04	56.92	38.23	75.52	1.184	1.003	0.424
1982	58.15	33.90	23.50	73.98	52.15	98.60	0.786	0.650	0.238
1983	64.90	43.07	37.13	102.13	70.29	142.68	0.635	0.613	0.250
1984	71.47	43.63	38.80	92.58	63.27	125.64	0.772	0.690	0.309
1985	73.60	44.20	40.00	93.93	65.12	130.23	0.784	0.679	0.307
1986	80.83	45.65	45.09	125.52	86.28	174.63	0.644	0.529	0.258
1987	73.87	41.67	41.67	114.24	77.07	161.82	0.647	0.541	0.257
1988	79.46	45.15	45.48	94.82	63.91	134.18	0.838	0.707	0.339

Los precios de 1988 son estimados.

Tabla - 4 C. ( Continuación ).

Comparación de precios internos y externos de referencia de la electricidad  
(pesos constantes de 1987 por millón de calorías)

Año	Precios Internos			Precios Externos			P. Interno / P. Externo		
	Resid.	Agrícola	Total	Resid.	Agrícola	Total	Resid.	Agrícola	Total
1970	117.42	44.04	69.92	65.60	37.48	49.67	1.790	1.175	1.408
1971	111.09	44.25	66.58	64.79	38.16	50.00	1.715	1.159	1.332
1972	104.44	38.30	62.13	63.70	38.15	49.28	1.638	1.004	1.281
1973	95.34	35.49	56.82	58.58	36.18	45.78	1.628	0.981	1.241
1974	93.50	27.55	53.99	56.72	38.48	46.10	1.648	0.716	1.171
1975	63.53	19.61	49.95	55.64	38.83	48.80	1.501	0.505	1.067
1976	77.42	16.88	49.64	61.91	43.79	51.88	1.251	0.386	0.957
1977	74.17	23.82	54.57	75.90	54.01	64.46	0.977	0.441	0.847
1978	64.36	17.72	47.30	69.97	47.40	60.08	0.920	0.374	0.787
1979	62.45	13.49	45.59	64.06	44.25	55.24	0.975	0.305	0.825
1980	58.38	9.61	45.31	57.89	42.40	50.77	1.008	0.227	0.892
1981	55.97	7.51	42.89	55.60	39.66	48.95	1.007	0.189	0.876
1982	46.84	5.35	36.72	72.07	52.82	64.80	0.650	0.101	0.567
1983	52.64	5.23	44.61	102.58	75.09	90.11	0.513	0.070	0.495
1984	52.66	8.67	45.73	92.97	65.87	81.30	0.568	0.132	0.563
1985	49.73	8.47	45.71	95.48	65.78	83.59	0.521	0.144	0.547
1986	51.16	9.40	47.60	128.64	90.25	112.21	0.398	0.105	0.424
1987	37.96	6.16	41.40	119.20	83.64	102.38	0.318	0.098	0.404
1988	37.14	11.70	44.31	98.85	69.36	84.95	0.378	0.169	0.522

Los precios de 1988 son estimados.

En esta tabla se observa que al principio de los 70s los precios internos de las tarifas comerciales e industriales se mantenían por arriba de los precios externos, hasta que en 1977 la relación de precios internos-externos fué menor a la unidad, indicando que a partir de este año a la fecha los precios internos industriales se abarataron con respecto a los precios externos, así mismo los precios por consumo comercial siguieron esta misma tendencia a partir de 1982, favoreciendo con este abaratamiento el mal aprovechamiento de la energía eléctrica en el país.

En lo referente al alumbrado público la relación de precios es más representativa de un mal manejo de los precios, ya que se observa un deterioro en cuanto a la relación de precios internos-externos, llegando a tener una relación promedio de 0.3 durante el periodo de 1970-1986, indicando que el precio de la energía para el alumbrado público es aproximadamente tres veces más barata que el externo durante este periodo.

En cuanto a la comparación de los precios internos-externos del sector residencial, el posible desperdicio de la energía eléctrica por concepto de costos menores a los externos se reflejó a partir de 1977.

Dentro del sector agrícola esta variación se pudo observar a partir del año de 1973, teniendo el índice más bajo en el año de 1983, siendo el precio interno un 7% del precio externo.

#### 4.1. UTILIZACION EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA ILUMINACION.

##### CONSIDERACIONES TECNICAS

La Eficiencia de las lámparas .- Se denomina así al flujo luminoso emitido por unidad de potencia y se expresa en lómenes/watt.

Las lámparas incandescentes.- Este tipo de lámpara sigue usándose principalmente en casas habitación, no obstante ser el más ineficiente de todos los tipos disponibles a la fecha.

Su baja eficiencia se explica porque la luz que produce es consecuencia de haber calentado un cuerpo hasta la incandescencia, por lo que la mayor parte de la energía eléctrica que consume, la transforma en calor.

No obstante, la lámpara incandescente es muy popular: en primer lugar porque su costo es muy bajo en comparación con los otros tipos de lámparas y, además, porque su instalación no requiere de aditamentos especiales.

Las lámparas fluorescentes.- Después de las incandescentes, son las fluorescentes el tipo de lámpara más común.

Se distinguen fácilmente por su diseño tubular (recto, circular, o en forma de "U" ). Su funcionamiento se basa en la producción de un arco a lo largo del tubo, el cual contiene gas producido por la vaporización de gotas de mercurio. La superficie interna del tubo tiene un recubrimiento de polvo fluorescente.

Cuando se produce el arco, se ioniza el gas provocando la emisión de luz ultravioleta, la cual queda confinada dentro del tubo y únicamente sale la que fué transformada en luz visible por el efecto de los polvos fluorescentes.

Estas lámparas requieren un aparato llamado " balastro ", con el cual se inicia el arco eléctrico y mantiene la tensión requerida para que sigan operando, al mismo tiempo que limita el paso de la corriente. Debe seleccionarse el balastro adecuado, pues de lo contrario habrá un menor rendimiento en lómenes y se reducirá la vida de la lámpara.

En términos generales, las lámparas rectas son más eficientes que las de forma de "U" y estas a su vez son más eficientes que las circulares. Sin embargo, aún estas últimas superan en eficiencia a las incandescentes.

Las lámparas de descarga eléctrica .- Este nombre es compartido por cuatro tipos distintos de lámparas. Se trata de las lámparas de vapor de mercurio, las de aditivos metálicos, las de vapor de sodio a alta presión y finalmente las de vapor de sodio a baja presión. Todas requieren de algún tiempo (de uno a siete minutos) para trabajar a su máxima intensidad después de haber sido conectadas.

En esta categoría general se encuentran las lámparas más eficientes en grados variables. Todas ellas requieren de balastos especiales para funcionar.

Lámparas de vapor de mercurio. - Esta clase de lámparas producen luz cuando la corriente eléctrica pasa a través de una pequeña cantidad de vapor de mercurio. Están formadas por dos cápsulas, una de las cuales envuelve a la otra. La cápsula interior contiene el mercurio y dentro de ella se forma el arco. La exterior tiene fines de protección.

Su larga vida, que va de las 16000 a las 24000 horas, y su bajo costo, las ha hecho ideales para usos de orden industrial y para la iluminación exterior. Su rendimiento de color deja que desear en comparación con las lámparas incandescentes o fluorescentes, pero es suficiente para llevar a cabo muchas actividades. De hecho, una porción significativa de la luz que producen se sitúa en la zona ultravioleta del espectro; sin embargo, un recubrimiento de fósforo permite transformarla en luz visible.

Así es como se han empleado también en áreas de recepción, pasillos, aparadores y otros.

Lámparas de aditivos metálicos. - Su construcción es muy similar a la que caracteriza a las lámparas de vapor de mercurio. La diferencia consiste en que al vapor de mercurio se suman aditivos metálicos de otro tipo. Gracias a ello se consigue una eficiencia de 1.5 a 2 veces mayor que en las lámparas de mercurio, con un rendimiento de color semejante o incluso superior.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión. - Estas son las lámparas más eficientes susceptibles de usarse en interiores. Producen luz cuando la corriente eléctrica atraviesa el vapor de sodio. Como en el caso de las de vapor de mercurio, una cápsula interior y otra envolvente constituyen su estructura.

Gracias a que el vapor está presurizado, la luz generada adquiere un tono áureo-blanquecino en lugar del amarillo que generalmente se asocia al vapor de sodio. Así, sus aplicaciones son múltiples en la industria, el comercio, los servicios turísticos, etc.

Lámparas de vapor de sodio a baja presión. - Estas son las lámparas más eficientes de todas las lámparas existentes.

Desafortunadamente, solo son adecuadas para uso en exteriores pues producen únicamente luz monocromática, amarillenta, de suerte que colores tan diversos como el rojo y el azul parecen ser diferentes tonos de gris.

Su alta eficiencia se expresa claramente en la siguiente cifra: son capaces de producir hasta 183 lúmenes por cada Watt consumido. Sus potencias van de 35 a 180 Watts y sus principales aplicaciones son la iluminación de calles y autopistas, el alumbrado de estacionamientos y áreas bajo control de seguridad; también son idóneas para almacenes y bodegas cuando la apreciación de los colores no es importante.

Las luminarias. - Así se denomina al gabinete que aloja una o varias lámparas. Es muy importante prever que su empleo esté de acuerdo con el tipo de lámparas y el trabajo a desarrollar.

Las luminarias deben ser planeadas para reunir las siguientes condiciones:

- Permitir el paso de la mayor cantidad posible de luz.
- La luz que refleja debe ser confortable.
- Hay que evitar a toda costa que lastime la vista y no debe reflejarse en escritorios, mesas y otros, por lo que es mejor iluminar de lado en relación con la vista.

- dos luminarias donde se consume la misma cantidad de energía y se produce la misma cantidad de luz, no necesariamente proporcionan la misma visibilidad. Las luminarias son dispositivos de control de la luz; algunas dan más luz difusa que evita los reflejos y sombras, mientras que otras concentran la luz directa.

- Si una luminaria no da suficiente luz aún después de instalarle lámparas nuevas y limpiarla perfectamente, se podrá mejorar el nivel de iluminación en el plano de trabajo haciéndola descender.

- Los difusores prismáticos de acrílico y de vidrio transmiten mejor la luz que los de otros materiales. Además, los difusores interiores que hacen rebotar la luz, optimizan aún más el rendimiento de las luminarias.

- Las pantallas del tipo parabólico son mejores debido a que dirigen la luz en forma de rayos paralelos. Esto permite disminuir la potencia de la lámpara para una necesidad determinada de iluminación, en una superficie reducida.

La iluminación localizada .- Es frecuente la creencia de que la iluminación uniforme es más económica y eficiente; tal deducción no es exacta. Al planear un sistema de iluminación debe procurarse que cada área reciba justamente la cantidad de luz que requiere, de acuerdo con su función. Un área de trabajo debe tener el nivel de iluminación necesario de tal manera que los espacios intermedios tengan menos luz pero sin que les falte del todo. Las luminarias que no contribuyan bien a iluminar el campo de una tarea, deben ser eliminadas; lo mismo si se excede el nivel de luz requerido en el área. De esta manera se logran dos importantes ventajas: se ahorra energía, gracias a la eliminación del dispendio en áreas intermedias o que no requieren luz, y se contribuye a un mejor desempeño de cada tarea, ya que mucha o muy poca luz, obstaculiza su desarrollo. Con la iluminación uniforme, lo más probable es que cada área de trabajo específica reciba más o menos luz de la requerida.

El mantenimiento.- El mantenimiento adecuado del sistema de iluminación es fundamental para obtener un funcionamiento eficiente. A continuación se mencionan los puntos fundamentales del mantenimiento:

- Las lámparas, superficies reflejantes y difusores deben limpiarse a conciencia en periodos regulares. En el caso de áreas exteriores y en donde se produzcan humos o polvos, esta regla es fundamental.

- Reemplazar los difusores que pierdan la transparencia y adquieran un tono amarillento o blancuzco; ponga en su lugar difusores de vidrio o acrílico, que nunca se opacan.

- Limpiar con frecuencia los pisos, paredes o techos para que reflejen mejor la luz.

- Limpiar con regularidad las ventanas, domos, tragaluces y elimine cualquier obstáculo que se oponga al paso de la luz natural.

El reemplazo en grupo.- Todas las lámparas tienen un período de vida, dentro del cual su eficiencia disminuye paulatinamente hasta que dejan de producir luz.

Mediante el sistema de reemplazo en grupo, no debe esperarse a que cada lámpara llegue al final de su vida útil sino que la sustitución se efectúa cuando alcanza la vida media útil.

Con ello se obtienen significativos ahorros en costos de mano de obra, ya que si bien el reemplazo individual podría prolongar la vida aprovechable de algunas lámparas, aunque con menor eficiencia, esto no justifica el tiempo y gasto que requiere esta operación. Para llevarlo a cabo debe considerarse el promedio de vida propio el tipo de lámparas de que se trate y reemplazar en grupo determinada área.

Comparación de características.- Una manera rápida de comparar las ventajas de los cuatro tipos de lámparas más usuales se muestra en el siguiente cuadro, en donde se ha supuesto la iluminación de un local de 50 m<sup>2</sup> con un nivel de aproximadamente 950 luxes:

	VAPOR DE SODIO	FLUORES- CENTE	VAPOR DE MERCURIO	INCANDENS- CENTE
Lúmenes totales	47200	50400	49600	47500
Eficiencia (Lum/W)	118	84	62	19
Potencia Equiv. (W)	400	800	800	2500
Potencia Equiv. (%)	100	150	200	625
Lámparas (número) ix	400	8x 75	2x 400	5x 500
Proporción Lámp. x Lámpara	1	8	2	5
Vida útil (horas)	24000	12000	24000	1000
Proporción hora x hora	1	2	1	24
Proporción Por/Reemp.	1	16	2	120

En el cuadro anterior se observa, que una lámpara de sodio a alta presión de 400 Watts, equivale a 8 tubos fluorescentes de 75 Watts c/u; a dos lámparas de vapor de mercurio de 400 W c/u y a 5 lámparas incandescentes de 500 W c/u, pero conviene destacar que por cada lámpara reemplazada de vapor de sodio alta presión, será necesario reemplazar 16 tubos fluorescentes, 2 lámparas de vapor de mercurio o 120 incandescentes, lo que debe favorecer la decisión por los gastos de operación que ello significaría.

A continuación se presenta un esquema elemental para los costos de dos tipos de lámparas; se ha establecido como punto de comparación una lámpara incandescente de 100 Watts con un funcionamiento de 10 horas diarias y un factor de carga de 70%.

	<u>INCANDESCENTE</u>	<u>FLUORESCENTE</u>	<u>DIFERENCIA</u>
Lúmenes	1560	1205	355
Potencia (Watts)	100	20	80
Potencia con balastro (Watts)	100	25	75
Utilización (horas/Día)	10	10	--
Consumo de energía (KWH/año)	365	91	274
Factor de carga (%)	70	70	--
Precio medio (\$/KWH)*	1,5192	1,5192	--
Costo anual de energía (KWH)	554.50	138.25	416.25
Costo de lámpara (\$)	15.00	170.00	-155.00
Costo de balastro (\$)	--	250.00	-250.00
Costo de instalación (\$)	--	300.00	-300.00
Total inversión (\$)	15.00	720.00	-705.00

Período de recuperación de inversión =  $\frac{705.00}{416.25} = 1.69$  años.

\* Agosto de 1982, sin considerar I.V.A.

## INFLUENCIA DEL DISEÑO EN EL CONSUMO DOMESTICO DE ENERGIA ELECTRICA

### ALUMBRADO. METODOLOGIA DE EVALUACION.

Diferencia de consumo de energia eléctrica para el mismo nivel de iluminación entre lámparas incandescentes y fluorescentes.

Dentro de los usuarios de energia eléctrica para los sistemas de alumbrado, existen los que utilizan simultáneamente con el alumbrado un sistema de aire acondicionado y los que utilizan ventiladores ó enfriadores-humidificadores. Ya que de cada KWH consumido por una lámpara incandescente, un 90% se transforma en calor emitido, mientras que una lámpara fluorescente consume solo una cuarta parte de la energia y de esta solo un 60% se transforma en calor, es realmente importante el diseño a través de la lámpara fluorescente para un menor consumo de energia.

Además dado que la eficiencia de los aparatos para refrigeración de aire es de aproximadamente 33% , cada KWH de consumo innecesario provocará un consumo adicional del aparato en un equivalente a tres veces el calor que dicho KWH genere.

El consumo adicional de energia que representa el utilizar lámpara incandescente en lugar de la lámpara fluorescente, se refleja en la facturación del usuario y en las necesidades de generación del sistema eléctrico de potencia, por lo cual es conveniente desde el punto de vista del ahorro de energia llevar a cabo la eliminación del consumo innecesario y la sustitución del alumbrado incandescente por fluorescente.

Además del beneficio que obtiene el usuario por las acciones antes citadas se puede mencionar las siguientes:

a) Para Comisión Federal de Electricidad la liberación de una elevada cantidad de demanda, lo que reditúa en la menor inversión para satisfacer esta demanda y canalizar esa inversión en el mantenimiento de unidades generadoras, de líneas de transmisión y distribución, ampliación del servicios, etc.

b) Para el país, la conservación de los energéticos utilizados en las plantas generadoras.

Para que las acciones mencionadas anteriormente sean llevadas a cabo por los usuarios es necesario realizar promociones que induzcan al consumidor a la reducción en su consumo doméstico.

Para la eliminación del consumo innecesario es recomendable una labor de concientización a todos los niveles, a través de panfletos, carteles, conferencias, etc.

Para la sustitución del alumbrado incandescente por fluorescente, existe la circunstancia comprobada de que el usuario muestra renuencia a instalar dentro de su domicilio lámparas fluorescentes; esto se debe a dos razones: la de tipo económico por su mayor costo inicial en relación con las incandescentes y la que se deriva de las molestias sufridas por los trabajos de acondicionamiento y que también ocasionan gastos.

Por lo tanto, se considera que cualquier campaña carecerá de efectividad mientras no se otorgue un incentivo al usuario, ya sea en efectivo o bien a través de reducciones en las facturaciones, pero que sea lo suficientemente atractivo para inducirlo a la sustitución. Una ayuda efectiva podría ser del 50% del costo total de la sustitución, lo que cumpliría con el objetivo propuesto.

#### EJEMPLO

Evaluación de los consumos presentados mediante el análisis del caso de una casa habitación típica con sistema de aire acondicionado.

- Para fines de análisis se supondrá, de acuerdo con información disponible, una casa habitación típica con 12 lámparas, de las cuales, en promedio, 8 funcionan durante 4 hrs diarias, siendo necesarias solamente 4. Si las lámparas son incandescentes y con potencia de 75 watts, la demanda por alumbrado representa  $8 \times 75 = 600 \text{ w}$  y el consumo mensual por este concepto es de  $600 \times 4 \times 30 \times 10^{-3} = 72 \text{ kwh}$ . Para el tipo de usuario supuesto, el costo de cada kwh era de 8.77 pesos/kwh en septiembre de 1984.

- Acciones recomendadas para el uso más eficiente del consumo doméstico de energía eléctrica.

a) Eliminación del consumo innecesario.- Las 4 lámparas que funcionan sin ser necesarias, consumen mensualmente 36 KWh con un costo de \$316.00 y producen 32 KWh térmicos que para ser eliminados por el aire refrigerado son necesarios 96 KWh con un costo de \$ 842.00 mensuales, por lo que el beneficio, por eliminar este alumbrado innecesario en los cinco meses de verano, es de \$5790.00 para el usuario y de unos 700 Kwh de generación para CFE con un decremento en la demanda instantánea de 1.1 Kw.

- En los meses fuera de verano, en que no se requiere el aire acondicionado, la adopción de esta medida repercute sólo en el consumo de alumbrado, pero con un mayor número de horas por día ( 5 en promedio ); el consumo innecesario por alumbrado es de  $4 \times 75 \times 5 \times 30 \times 10^{-3} = 45$  Kwh mensuales que en los 7 meses restantes representan para el usuario  $45 \times 8.77 \times 7 = 2976.00$  pesos.

b) Sustitución de alumbrado incandescente por fluorescente.- Una lámpara incandescente de 75 watts, equivale a una fluorescente de 20 watts y un balastro de 5 watts; la sustitución de las cuatro lámparas encendidas y necesarias implicaría una disminución de  $(75 - 25) \times 4 = 200$  watts en la demanda y de  $200 \times 4 \times 30 = 24$  KWh mensuales en el consumo, con un costo de \$ 210.00 mensuales, más el consumo de 65 KWh térmicos por el aire refrigerado con un costo de \$570.00 mensuales, arrojan un beneficio de \$3900.00 durante los cinco meses de verano y una disminución de 445 Kwh y 0.75 Kw en la demanda para CFE.

Similarmente a lo expresado en el punto anterior, en los meses fuera de verano la adopcion de esta medida sólo repercute en el consumo de alumbrado con un mayor número de horas, resultando para un promedio de 5 horas diarias ahorros de \$1984.00 durante los siete meses siguientes.

c) Acciones conjuntas a) y b).- Como los dos tipos de acciones anteriores no se oponen entre sí, pueden llevarse a cabo simultáneamente, aunque conviene aclarar que la sustitución física de las lámparas incandescentes por fluorescentes se haría en un número mayor de las cuatro supuestas, ya que las encendidas y necesarias no serán siempre las mismas, de acuerdo con el factor de diversidad.

## 4.2 CONSERVACION DE ENERGIA EN LOS PROCESOS DE CONVERSION ELECTROMECHANICOS.

### USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA EN MOTORES

En este subtema se presentan los puntos principales relacionados con el uso eficiente de la electricidad en los motores.

En la primera parte se muestra la información básica del suministro de energía eléctrica a los diferentes sectores consumidores y se hace una estimación del consumo en ese tipo de equipo a fin de determinar el potencial de conservación de la energía eléctrica.

La segunda parte contiene los aspectos esenciales que se deben considerar para la selección, instalación y operación de los motores eléctricos, con objeto de obtener un uso eficiente de estos. La tercera parte contiene un conjunto de recomendaciones para reducir el consumo de energía en los motores eléctricos.

Finalmente se hablará sobre los motores de alta eficiencia así como del ahorro de energía eléctrica mediante el uso de controladores de velocidad en motores eléctricos.

### INFORMACION BASICA DEL CONSUMO ELECTRICO NACIONAL

Con el fin de establecer un marco de referencia sobre la importancia que tiene el uso racional y eficiente de energía eléctrica en motores, a continuación se presenta la información

básica del consumo en el sector eléctrico nacional, donde se puede observar la importancia que tienen los motores eléctricos en el consumo de energía eléctrica a nivel nacional.

En la figura 4.3.1 se indica el consumo por sectores de la energía eléctrica generada en 1988.

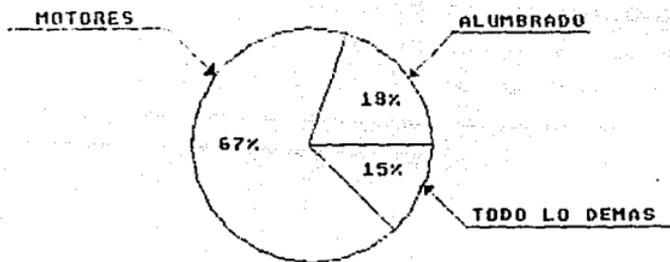


FIGURA 4.3.1 Distribución del consumo de energía eléctrica en 1988.

En base a lo anterior, sabemos que los motores consumen el 67% del total de la energía generada y más del 75% de la energía suministrada a la industria. El 50% de la energía suministrada a motores se consume en la alimentación de motores pequeños y medianos que van desde 1 a 125 C.P y el restante 50%, en la alimentación de motores grandes de 150 C.P en adelante.

#### 4.2.1 Aspectos que se deben considerar en la selección, instalación y operación de los motores eléctricos.

La población de motores de inducción representa más del 95% con respecto al total, por lo tanto sólo se hablará de los motores de inducción tipo jaula de ardilla o de rotor devanado.

Los principales aspectos que se deben considerar en su selección, instalación y operación se indican a continuación:

Compra de un motor para una nueva máquina o para la sustitución de uno que ya esté en operación. Se recomienda se observen los siguientes puntos:

a) Deberá lograrse un servicio satisfactorio desde el punto de vista técnico, económico (por lo tanto eficiente) y de seguridad para las personas.

Se obtendrá un servicio satisfactorio si se hace una buena selección del motor de acuerdo a las necesidades de carga que hay que mover y considerando las condiciones de arranque y la situación específica en que deberá operar.

b) Al seleccionar un motor hay que considerar los siguientes factores:

b.1) Características de la carga y del motor y si la carga será impulsada por acoplamiento directo o por transmisión. El primer caso solo es posible si la carga puede accionarse a la misma velocidad que el motor, como sucede en las bombas centrífugas y compresores. Cuando la transmisión es por banda o cadena deben considerarse la carga adicional sobre el rodamiento del motor y la flexión y torsión sobre la flecha. Los límites recomendados por la NEMA son los siguientes:

POTENCIA MAXIMA A TRANSMITIR POR BANDA O CADENA.

No. de Polcs	Velocidad Sincrona	Caballos de potencia a transmitir.
2	3600	25
4	1800	200
6	1200	125
8	900	100

b.2) Datos básicos para la selección del motor. Los datos básicos que son necesarios conocer de una máquina para seleccionar el motor son:

- Velocidad de operación, ya sea fija o variable.

- Capacidad requerida en caballos de potencia: esta se determinará de acuerdo con la especificación del fabricante o bien por medio de un motor de prueba, midiendo la potencia de entrada en donde la capacidad se calcula con la siguiente expresión:

$$C.P \text{ en la flecha} = \frac{\text{kW de entrada} \cdot \text{Eficiencia del motor}}{0.746}$$

- Par motor necesario en la máquina bajo las siguientes condiciones: par de arranque, par de aceleración, par máximo y par nominal.

c) Definición de los pares del motor de inducción. En la siguiente figura se muestra la curva típica par-velocidad de un motor de inducción, con los diferentes pares que desarrolla. "Par de arranque" es el que desarrolla el motor en el momento en que

se le aplica energía eléctrica en sus devanados y la flecha empieza a girar; también se le llama par a rotor bloqueado. "Par máximo" es aquel que puede desarrollar el motor sin frenarse o sentarse súbitamente. Se presenta alrededor del 80% de la velocidad sincrónica. También se le llama par de desenganche. "Par de aceleración" es la diferencia de pares entre los desarrollados por el motor y los demandados por la carga.

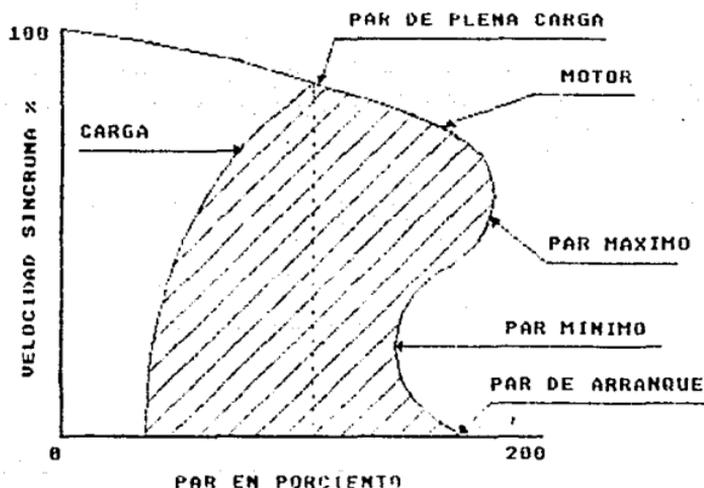
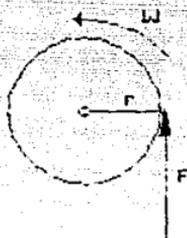


Figura 4.2.2.- Curva típica par-velocidad de un motor de inducción con rotor jaula de ardilla.

d) Características de operación.- Los parámetros que definen las características de operación de un motor son los siguientes: velocidad en revoluciones por minuto (RPM); capacidad en caballos de potencia (C.P); par en kg-m; corriente de arranque

y aumento de temperatura. Todos estos parámetros están interrelacionados. La relación entre potencia, par y velocidad se define como sigue:



$$\text{Velocidad angular} = \omega = 2(\pi)N \text{ Rad/seg.}$$

$$\text{Velocidad lineal} = v = \omega r = 2(\pi)rN$$

Utilizando la relación  $1 \text{ Kgf} = 9.81 \text{ Newton}$

$$1 \text{ Caballo de Potencia} = 746 \text{ W} = 76 \text{ Kgf-m/seg} = 4560 \text{ Kgf-m/min}$$

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v$$

$$\text{Potencia} = F \cdot v = 2(\pi) F \cdot r N = 2(\pi) T N$$

$$\text{Potencia en C.P.} = 2(\pi) T (\text{RPM}) / 4560$$

$$\text{Por lo tanto : C.P.} = \frac{T (\text{RPM})}{726}$$

Donde:

$v$  = velocidad lineal

$F$  = fuerza en kilogramos.

$N$  = velocidad angular en revoluciones por minuto.

$r$  = longitud del radio en metros.

$t$  = tiempo en segundos.

$T$  = par motor en kg-m.

Es muy importante esta ecuación para seleccionar el motor adecuado ya que una misma carga puede ser accionada por motores de 2, 4, ó 6 polos cuando se utiliza la transmisión por banda o cadena y sólo depende de la relación que se escoja en las poleas o catarinas; sin embargo el precio de los motores puede ser muy diferente. Por ejemplo para el caso de una máquina que requiera 10 C.P y una velocidad de 1160 R.P.M., los motores que satisfacen el servicio son los siguientes:

**COMPARACION DE PRECIOS RELATIVOS DE MOTORES PARA ACCIONAR UNA MAQUINA QUE REQUIERE 10 C.P.**

No. de Polos	Velocidad Motor	Relación de Poleas	Velocidad Máquina	Precio Relativo
2	3475	1/3	1158	103%
4	1745	1/1.5	1163	100%
6	1160	1/1	1160	150%

El usuario puede seleccionar un motor de mayor velocidad y obtener una reducción en la inversión de 50%. Solo es necesario comprobar que la flecha es adecuada para transmitir por banda.

c) Sistemas de arranque para los motores de inducción.- Existen cuatro sistemas básicos para el arranque de los motores y son los siguientes: a) Arranque directo através de la línea; b) Arrancador con resistencias en la línea; c) Arrancador para devanado bipartido; d) Arrancador estrella-delta.

La selección del tipo de arranque del motor se hace de acuerdo con sus características y con la capacidad de la fuente alimentadora o del sistema de suministro. En virtud de que la

corriente de arranque de los motores es de 3 a 10 veces mayor que la nominal, esta puede producir altas caídas de tensión en el sistema suministrador y demandar grandes capacidades momentáneas de KVA en el momento del arranque.

En forma general un motor suministrado en baja tensión con capacidad mayor de 10 C.P debe estar provisto con un controlador que reduzca su corriente de arranque.

d) Condiciones ambientales de operación.- Al seleccionar un motor debe tomarse en cuenta las condiciones específicas en que va a operar tales como temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, abuso mecánico por impacto de vibración, contaminantes atmosféricos.

e) Especificación de los motores.- Al solicitar un motor nuevo es conveniente recordar que deben especificarse todas las características tales como las que se muestran en la siguiente clasificación:

#### CLASIFICACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION

i ) Por su construcción eléctrica.

- Jaula de ardilla.
- De rotor devanado.

ii ) Por su construcción mecánica.

- Abiertos a prueba de goteo.
- A prueba de intemperie.
- Totalmente cerrados con sus variantes.
- A prueba de explosión.

iii) Por su tipo de montaje.

- Horizontales.
- Verticales.

iv) Por su tipo de aplicación.

- Usos generales.
- Usos específicos.

v) Por su número de fases.

- Monofásicos.
- Bifásicos.
- Trifásicos.

vi) Por su rango de tensión.

- Normales: 220, 440, 2300, 4000 y 6000 Volts.

vii) Por su clase de aislamiento.

- Aislamiento clase (B) 130°C como estándar.
- Aislamiento clase (F) 155°C.
- Aislamiento clase (H) 180°C.

viii) Por su velocidad.

- 2, 4, 6, 8, 10, y 12 polos.

ix) Por su capacidad en caballos de potencia.

4.2.2 Proyecto de la instalación.- La instalación de los motores deberá realizarse de tal manera que cumpla con los requisitos de las "Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas" (de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) y con los aspectos de eficiencia y economía al seleccionar los calibres de los conductores alimentadores.

Los aspectos que contemplan las "Normas Técnicas" se indican a continuación:

- 1) Protección del circuito alimentador contra cortocircuitos.
- 2) Conductores del circuito alimentador.
- 3) Medio de desconexión.
- 4) Protección del circuito derivado contra cortocircuitos.
- 5) Conductores del circuito derivado.
- 6) Controlador.
- 7) Protección contra sobrecarga.
- 8) Conexión a tierra.

Para la selección del calibre de los conductores alimentadores el procedimiento tradicional es seleccionarlos por: A) Capacidad de conducción de corriente; B) Caída de tensión; C) Sobrecarga y D) Cortocircuito. Un quinto parámetro a utilizar es aquel basado en la operación económica del cable, minimizando las pérdidas de energía a niveles razonables de acuerdo a la inversión inicial tal como se muestra en la figura siguiente:

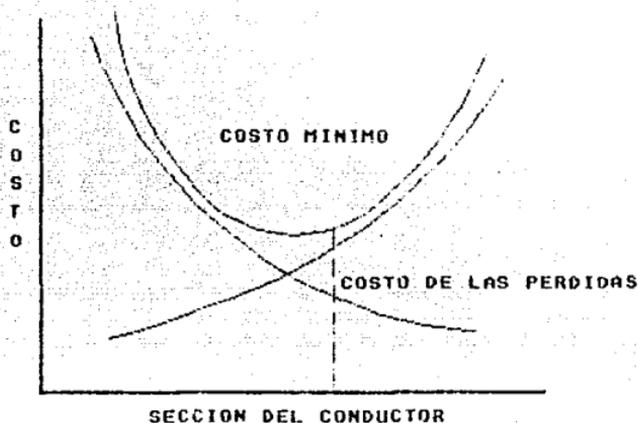


FIGURA 4.2.3.- Selección del calibre económico

#### 4.2.3 Operación Eficiente de los Motores.

En un motor de inducción la potencia se transfiere del estator al rotor por inducción electromagnética a través del entrehierro, transformando la energía eléctrica en mecánica; durante la transformación ocurren pérdidas de tipo eléctrico, magnético y mecánico. Por lo tanto se aprovechará más eficientemente un motor en la medida que se reduzcan las pérdidas.

4.2.3.1 La eficiencia de un motor se calcula por medio de la relación de la potencia mecánica de salida a la potencia eléctrica de entrada o bien entre la potencia de salida más las pérdidas, de donde se observa que entre mayores sean las pérdidas será menor la eficiencia.

La expresión usual para la determinación de la eficiencia en los motores es la siguiente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.746 * \text{C.P. ( salida )}}{\text{Kilowatts ( entrada )}}$$

b

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.746 * \text{C.P. ( salidas )}}{0.746 * \text{C.P. (salida)} + \text{pérdidas}}$$

La eficiencia para un motor normal varía mucho en función de la potencia de salida o carga. En la siguiente figura se muestra una curva típica:

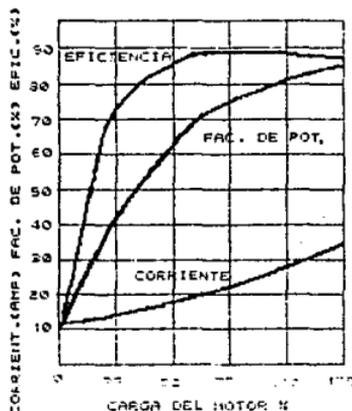


FIGURA 4.2.4.- Curvas típicas de operación para un motor de inducción de 10 c.p. 1800 r.p.m. a 220 v. 3 fases, 60 hz. tipo B.

En la figura se pueden observar tres rangos de variación de eficiencia muy definidas. Para cargas entre 0 y 25% la eficiencia crece linealmente entre 0 y 75%, por lo tanto en esta zona las pérdidas oscilan entre 100 y 25% respectivamente, esto quiere decir que un motor de inducción en condiciones normales nunca se debe operar a menos del 25% de su capacidad nominal, ya que las pérdidas son máximas. Para cargas del 50 al 125% la eficiencia permanece casi estable, ya que su valor varía solamente del 85 al 88%, siendo este último su valor máximo. Por lo tanto las pérdidas varían del 15 al 12%, siendo este el valor mínimo. Por lo tanto es necesario siempre obtener la curva de operación del motor para determinar el rango mínimo en el que debe trabajar y como regla general no se debe operar a menos del 50% de su carga.

4.2.3.2 Pérdidas de un motor de inducción .- Las pérdidas se miden en watts y se han clasificado básicamente en cinco tipos a saber:

I) Pérdidas en el núcleo.- Son debidas a la histéresis y a las corrientes parásitas en el material del núcleo y están en función de las propiedades magnéticas y el espesor de la lámina.

II) Pérdidas por el efecto de Joule en el estator.- Son debidas a la corriente que pasa por el devanado del estator y su valor es igual al producto  $RI^2$  . Estas pérdidas varían también con el cuadro del par de la carga.

III) Pérdidas por el efecto Joule en el rotor.- Es la potencia perdida debido al deslizamiento del rotor. Estas pérdidas están en función de la potencia transmitida a través del entrehierro y varía directamente con el deslizamiento.

IV) Pérdidas por fricción y ventilación.- Es la potencia perdida debido a la fricción en los rodamientos y a la circulación del aire de enfriamiento.

V) Pérdidas indeterminadas.- Todas las pérdidas remanentes se resumen bajo este nombre y se producen por corrientes parásitas que son inducidas por el flujo magnético disperso. Las pérdidas por corrientes parásitas varían con el cuadro de la densidad de flujo  $\delta$  y las pérdidas indeterminadas varían con el cuadro del par de la carga. En la siguiente figura se ilustra una gráfica de pérdidas.

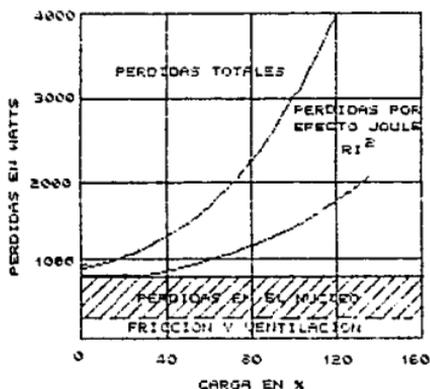


FIGURA 4.2.5.- Curva típica de carga vs pérdidas de un motor de 50 c.p., 3 fases, 60 hz, cuatro polos, tipo B.

En la gráfica se puede observar que las pérdidas en el núcleo y las de fricción y ventilación permanecen prácticamente constantes, mientras que las debidas al efecto Joule crecen en función de la carga.

4.2.3.3 Motores de alta eficiencia.- Ante el incremento del precio de la energía eléctrica, los usuarios deben buscar diversas opciones para mejorar la eficiencia en su uso y consecuentemente reducir el consumo y costo unitario de producción de sus artículos.

Una opción para incrementar la eficiencia en el uso de la energía la han dado algunos fabricantes de motores, al ofrecer en el mercado motores de alta eficiencia. Si bien es cierto que su costo es mayor, éste se puede amortizar rápidamente, inclusive en algunos casos en un tiempo menor a un año. Con el fin de comparar las eficiencias de los motores normales y los de alta eficiencia, se muestra una gráfica en la siguiente figura.

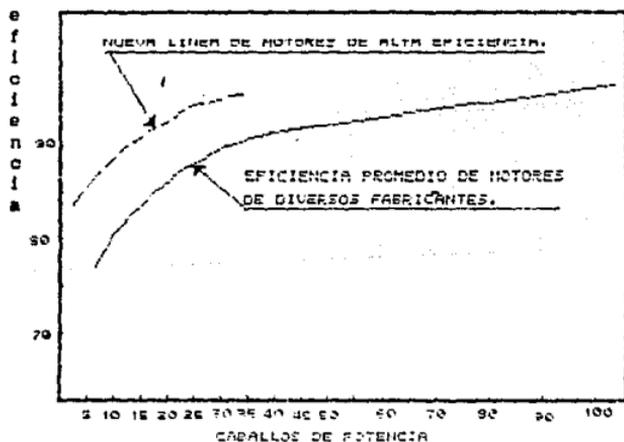


FIGURA 4.2.6.- Curva de las eficiencias publicada por los principales fabricantes de motores en E.U.A (tipo abierto, 1800 r.p.m. diseño B).

De la figura se puede apreciar que el rendimiento de los motores de alta eficiencia es en general de 4 a 5 puntos mayor que el de los motores normales. En forma adicional se observa que los motores de alta eficiencia sólo están disponibles en capacidades hasta de 25 caballos de potencia, esto es así por que de acuerdo a estadísticas del total de motores instalados la mayor capacidad instalada está en los rangos de 5 a 20 caballos de potencia.

Los fabricantes para obtener motores de alta eficiencia, minimizan las pérdidas para lo cual tienen que efectuar cambios en sus diseños entre los que pueden mencionarse los siguientes:

- a).- El uso de laminaciones de acero especial con bajas pérdidas.
- b).- Reducción en el espesor de la laminación.
- c).- Incremento en la longitud de los núcleos.
- d).- Incremento en la cantidad de cobre empleado en el devanado de el estator.
- e).- Diseño óptimo del rotor con baja resistencia.
- f).- Menor entrehierro.
- g).- Diseño óptimo en el ventilador.
- h).- Diseño óptimo por computadora de las partes activas.

La expresión para determinar el tiempo de amortización por la inversión mayor del motor de alta eficiencia se menciona a continuación:

$$\text{Ahorro por año} = 0.746 \text{ HCN} \left( \frac{100}{E_1} - \frac{100}{E_2} \right)$$

$$\text{Años de amortización} = \frac{\text{Precio adicional}}{\text{Ahorro por año}}$$

Donde:

H = Capacidad de caballos de potencia.

C = Costo de la energía ( \$/KWH )

N = Tiempo de operación (hrs/año)

E<sub>1</sub> = Eficiencia del motor normal.

E<sub>2</sub> = Rendimiento del motor de alta eficiencia.

La modificación de diseño y el cambio de materiales adecuados para la manufactura del motor de alta eficiencia, provoca inevitablemente costos de producción mayores comparados con los costos del motor con eficiencia estándar.

Pero si tomamos en cuenta los problemas de disponibilidad de energía y los costos de la misma, llegamos a una sobrada justificación económica del pago adicional que se hace por un motor que será capaz de desarrollar una mayor eficiencia y que por lo tanto consumirá menos energía.

Estos motores tienen un precio mayor que los motores normales, pero el gasto adicional inicial puede ser recuperado en un período razonable de tiempo.

Los gastos de operación más bajos justificarán un precio de compra más alto y generarán ahorros en los costos de energía durante la vida del motor.

### EJEMPLO

Para calcular el ahorro, suponemos que se requiere la adquisición de un motor de 300 c.p., 4 polos, 2300 v. totalmente cerrado a prueba de explosión, para impulsar una bomba en una refinería. El servicio requiere que trabaje continuamente 8400 horas al año (con dos semanas al año de paro por mantenimiento). Se nos presentan dos ofertas con un diferencial de precios de \$ 60,000.00, pero el motor más caro tiene una eficiencia de 94.1% contra 92.8 % que se exhibe el más barato.

De lo anterior puede calcularse:

$$\text{kW (1)} = \frac{0.746 \times 300}{0.928} = 241.18 \text{ motor más barato.}$$

$$\text{kW (2)} = \frac{0.746 \times 300}{0.941} = 237.83 \text{ motor más caro.}$$

Ahorro en la potencia requerida igual a 3.33 kW.

Usando un costo de la energía eléctrica de \$ 1.72 por KWH, el punto de equilibrio económico para la recuperación del sobreprecio pagado para el motor más eficiente, puede calcularse como sigue:

$$\text{Horas al punto de equilibrio} = \frac{\text{sobreprecio en \$}}{\text{kW ahorrado por costo KWH en \$}}$$

$$\text{En nuestro ejemplo} = \frac{\$ 60000.00}{3.33 \times 1.72} = 10476 \text{ horas.}$$

Como el motor trabaja 8400 horas al año, la recuperación suponiendo que el costo de la energía no varía es:

$$\text{Recuperación} = \frac{10476}{8400} = 1.24 \text{ años.}$$

Esto se ilustra en forma general en la figura 4.3.7. Una conclusión obvia de esta figura, es que una vez rebasado el punto de equilibrio, el uso del motor más eficiente empieza a generar ahorros para beneficio del usuario.

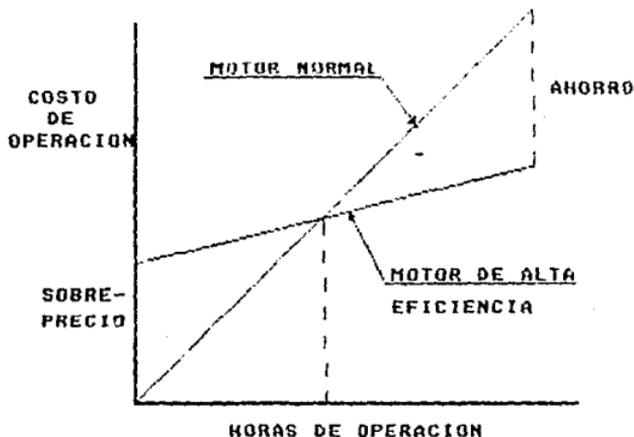


FIGURA 4.2.7.- Comparación de costos de operación de un motor estándar vs un motor de alta eficiencia

## IMPULSORES DE VELOCIDAD VARIABLE

El reciente desarrollo de sistemas impulsores de velocidad variable para motores de corriente alterna emplea lo más avanzado en dispositivos electrónicos para incrementar la eficiencia de operación de dichas máquinas.

Si embargo existen problemas no totalmente resueltos, siendo los principales: costo, eficiencia y confiabilidad. En la actualidad un impulsor de velocidad variable realizado por medios tradicionales (SCR) con una eficiencia del 80%, tiene un costo mayor por caballo de potencia con respecto a un impulsor de velocidad variable realizado con transistores, y además este último puede alcanzar eficiencias hasta del 90%.

Existe una tendencia al incremento del campo de aplicación, en razón tanto de la disminución de costos debido a la innovación tecnológica, como al incremento en el precio de la energía.

Otro de los campos relevantes de aplicación de los impulsores de velocidad variable lo constituyen los sistemas de transportación pública; en este campo, la electrónica de potencia ha mostrado resultados interesantes tanto en el terreno de la eficiencia de operación ( 80 a 90 % ) como en la recuperación de energía mediante frenado dinámico ( hasta 92% ) y en el de la densidad de potencia por unidad de peso del motor, cuando es aplicada en conjunto con máquinas sincrónicas a la propulsión de vehículos de transporte público.

#### 4.3 USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LOS PROCESOS DE CONVERSION ELECTROTÈRMICOS

##### INFLUENCIA DEL CLIMA:

Hay pocos lugares en el mundo donde el clima permite que la vida se desarrolle sin protecci3n de los elementos atmosf3ricos; una de las principales razones de la existencia de los edificios es la necesidad de mejores condiciones ambientales.

En el punto m3s bajo de la escala, un edificio simplemente da cierto grado de protecci3n contra la lluvia y el viento, aunque hay muchos tipos de edificios tradicionales construidos en climas muy diferentes en los que se han desarrollado unas soluciones t3rmicas muy eficaces, logrando grandes mejoras en las condiciones ambientales con un uso muy econ3mico de los elementos naturales.

##### Climas c3licos y secos:

Una casa con patio hace frente al problema de como lograr un espacio fresco en un clima c3lico y seco. Los patios y las edificaciones que lo rodean, durante las noches irradian calor hacia el firmamento, form3ndose así una bolsa de aire frío en los patios y en las habitaciones de la planta baja. Durante el día, cuando el sol empieza a calentarse, la bolsa de aire frío permanece durante un tiempo considerable. Los muros del edificio tienen bastante espesor de forma que la penetraci3n de calor por calentamiento solar directo se produce con un retraso apreciable. De forma ideal, el calor llega al interior durante la noche, cuando la temperatura atmosf3rica es menor, y el calor se puede

eliminar por medio de la ventilación. Los muros se pintan de blanco para que absorban la menor cantidad de calor solar. Además en climas cálidos y secos se puede aprovechar el enfriamiento que produce la evaporación; esta evaporación de agua absorbe cantidades significativas de calor reduciendo la temperatura del aire. Por lo tanto, las fuentes colocadas en el patio sirven para reducir la temperatura del aire así como de atractivo estético.

#### Climas cálidos y húmedos:

En los climas cálidos y húmedos el problema es muy diferente. Durante la noche, las condiciones atmosféricas al no estar despejado el cielo, no permiten que se produzcan radiaciones. El único sistema para mejorar las condiciones térmicas consiste en aumentar la velocidad del aire que incide sobre los ocupantes, por su efecto refrigerante directo y por su enfriamiento derivado de una evaporación más rápida del sudor.

#### Climas fríos:

En latitudes más altas el calor deja de ser el principal problema. Durante el invierno es necesaria una aportación de calor, con lo que el problema consiste en conservarlo, haciendo habitables la mayor parte posible de las habitaciones durante el invierno.

### ACONDICIONAMIENTO DE AMBIENTE

De los diversos sistemas que existen para el acondicionamiento de ambiente, nos referiremos solamente a los dos que son más utilizados: el sistema de refrigeración y el de enfriadores evaporativos.

## Sistemas de refrigeración.

Estos equipos enfrían el aire por diferentes medios y se clasifican según el medio de enfriamiento utilizado en la terminal que acondiciona el ambiente, a saber: unitarios de expansión directa, todo aire, todo agua y aire agua.

Los sistemas unitarios se instalan directamente en el área acondicionada como son los equipos de ventana; en los sistemas todo aire el equipo se encuentra fuera de la zona acondicionada y es únicamente el aire frío el que pasa al ambiente a través de un conducto de suministro; los sistemas todo agua utilizan agua fría para enfriar el ambiente que se desea acondicionar; en el sistema aire-agua la unidad terminal ubicada dentro del ambiente acondicionado recibe aire frío y agua fría.

### Enfriadores evaporativos:

Los equipos de enfriamiento del tipo evaporativo aprovechan el resultado de la aplicación del ciclo adiabático al aire ambiente del local que se pretende acondicionar, en donde a partir de la conservación de la energía el calor sensible se transforma en calor latente.

Los enfriadores evaporativos se han usado con buenos resultados en el Valle Imperial, contiguo a la ciudad de Mexicali y en zonas como Torreón, Coahuila y Chihuahua.

Para determinar el tamaño del enfriador evaporativo se hace uso de la siguiente expresión:

$$CFM = \frac{BTU}{H} \frac{1}{\text{Factor } (T \text{ int.} - T \text{ enfriador})}$$

----- ( calor sensible )

Donde:

CFM = Pies cúbicos por minuto.

BTU

----- = Calor sensible de cada alternativa.

H

Factor = Número específico para cada ciudad cuyos valores oscilan entre 0.8 y 1.08 ( Para Mexicali se utiliza 1.08 ).

T int. - T enf. = Diferencia de temperaturas entre el valor de salida del acondicionador y la temperatura interior deseada.

Para esto se hace uso de la carta psicrométrica.

#### Metodología para calcular la carga de calor de una casa habitación

Para realizar este estudio consideraremos los diferentes parámetros que inciden en el lugar donde se encuentra dicha habitación; para nuestro caso en una localidad con clima cálido como es el caso de Mexicali.

Entre los factores considerados se encuentran: las características climatológicas de la región y las características de la construcción de la casa considerada. Con estos datos se determina la carga de calor de la casa para el día con mayor insolación y después se consideran mejoras como son la agregación de aislamiento en muros y techos y el sombreado de vidrios dando como resultado una menor ganancia de calor.

A continuación se calcula el calor sensible y con este valor se determina el tamaño del equipo de refrigeración para el aire acondicionado o bien el enfriador humidificador. Posteriormente se abordan los aspectos económicos relativos a las inversiones y

los costos anuales de las inversiones y del consumo de energía con el fin de establecer comparaciones entre las diferentes alternativas y de ahí seleccionar la más conveniente para el usuario y para el país.

Método de cálculo de la ganancia de calor a través de los muros, techo y ventanas.

El procedimiento utilizado para determinar la transmisión de calor del medio ambiente hacia el interior de la casa es el siguiente:

1.- Se definen las condiciones de proyecto relativas al medio exterior e interior: temperaturas de bulbo seco y húmedo y humedad relativa.

#### CONDICIONES DE PROYECTO

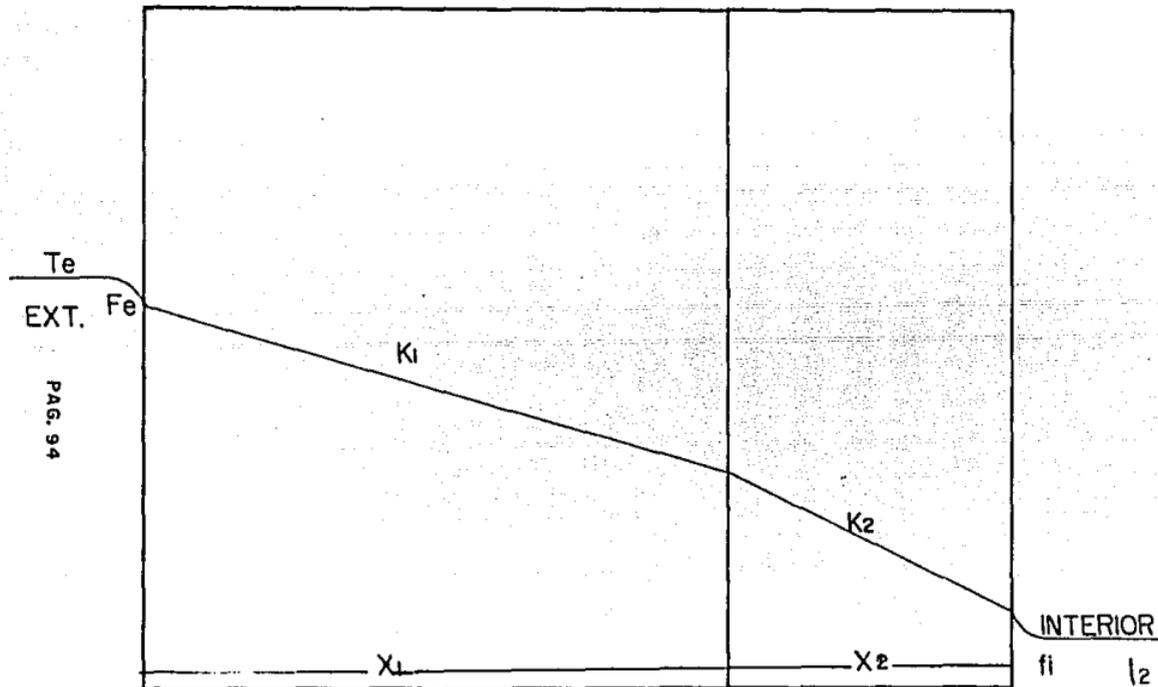
Descripción	B.S. °C	B.H. °C	H.R. %	observaciones.
Exterior	43	28	35	
Interior	26	13	40	
Diferencia	17	15	5	
Presión barométrica	760mm Hg.			Densidad del aire =1.15 kg/m <sup>3</sup>

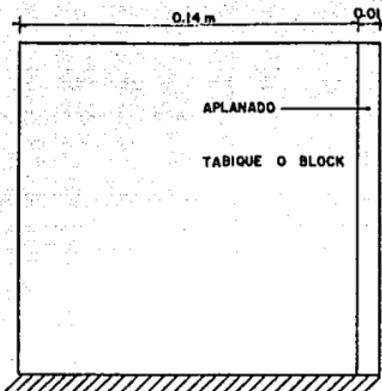
2.- Se calculan los coeficientes de transmisión para los muros, techo y ventanas, considerando la conductividad de los diferentes materiales que intervienen. (ver figs. 4.3.1 y 4.3.2.) y las tablas 4.3.1 y 4.3.2.

El valor del coeficiente de transmisión de calor se calcula con la siguiente fórmula:

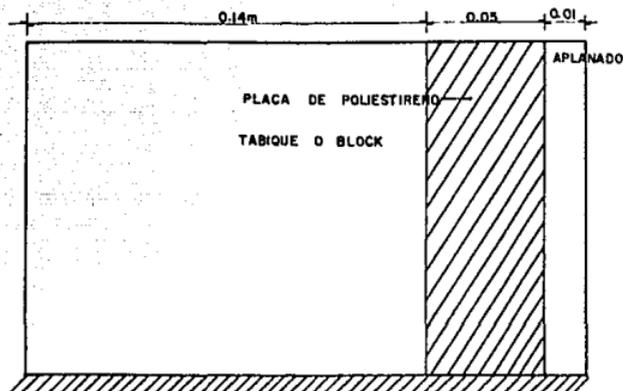
$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_e} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{X_3}{K_3} + \dots$$

VARIACION DE LA TEMPERATURA DEL EXTERIOR HACIA EL INTERIOR.

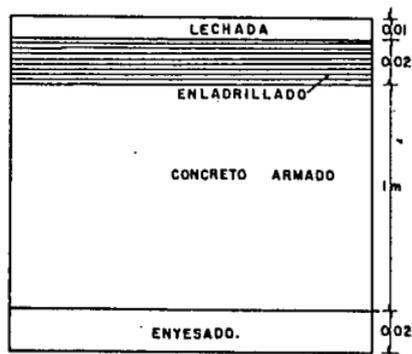




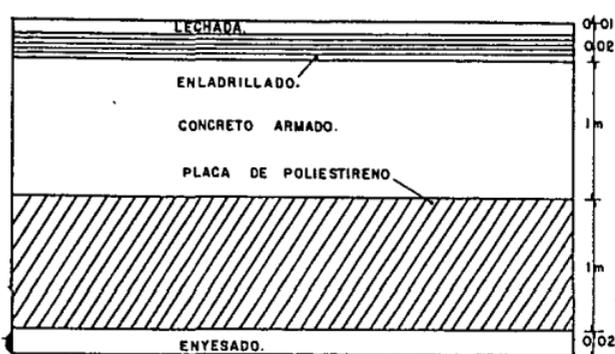
MURO SIN AISLAMIENTO.



MURO CON AISLAMIENTO.



TECHO SIN AISLAMIENTO



TECHO CON AISLAMIENTO.

Donde:

U = Valor de transmisión de calor en Kcal/hr. m<sup>2</sup> °C

X = Grueso del material en metros

K = Coeficiente de conductividad térmica del material en (Kcal m / hr. m<sup>2</sup> °C ).

fi = Valor de convección de calor entre aire y material en el interior.

fe = Valor de convección de calor entre aire y material en el exterior.

TABLA 4.3.1

Coeficientes 'f' de convección entre aire y material

Superficie	Velocidad del viento m/s	Factor f
Exterior	2	20
"	5	25
"	7	30
Vertical interior	-	7
horizontal "	-	5

**TABLA 4.3.2**

Coefficientes de transmisión de calor para muros, techo y ventanas en Kcal/h m<sup>2</sup> °C

Concepto y	1	1	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Suma	
Materiales	f <sub>1</sub>	f <sub>e</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	U	U
<b>Muro:</b>									
Tabique ligero con aplanado de arena cal y cemento.	1	1	0.14	0.01				0.403	2.48
	7	20	0.70	0.75					
<b>Techo:</b>									
Lechada, enladrillado, concreto y yeso.	1	1	0.01	0.02	0.1	0.02		0.354	2.82
	5	20	0.68	0.75	1.5	0.33			
Vidrio 3mm.	1	1	0.003					0.19	5.3
	7	20	0.70						
<b>Muro:</b>									
Con una placa de poliestireno de 5cm.	1	1	0.14	0.01	0.05			2.255	0.443
	7	20	0.70	0.75	0.027				
<b>Techo:</b>									
Con una placa de poliestireno de 10cm.	1	1	0.01	0.02	0.1	0.02	0.1	4.054	0.248
	5	20	0.68	0.75	1.5	0.33	0.027		

3.- Se determinan superficies de muros, techo y ventanas de acuerdo con la tabla 4.3.3.

TABLA 4.3.3

Superficies de muros, ventanas y techo.

Orientación	Dimensiones mxm	Superficie Superficie Superficie	fachada vidrios muro.
SUROESTE			
Fachada	10 X 5	50	
Ventanas	3(0.90 X 1)		
	1(0.75 X 1)		
Puerta	1(0.90 X 2)	5	
Muro		45	
NORESTE			
Fachada	8 X 5	40	
Ventanas	4(0.9 X 1)	4	
Muro		36	
NOROESTE			
Fachada	6.75 X 5 + 3	37	
Ventana	1(0.9 X 1)		
Puerta	1(0.9 X 2)	3	
Muro		34	
SURESTE			
Fachada	6.75 X 5 + 3	37	
Techo		48	

4.- El producto de las superficies consideradas, los coeficientes de transmisión y la diferencia de temperaturas dará la ganancia de calor expresada en Kcal/hr. ( ver tabla 4.3.4 y 4.3.5 ).

$$Q \text{ ---- } = \text{Sup. en (m}^2\text{)} \times U \text{ ( Kcal/hr. m}^2 \text{ }^\circ\text{C )} \times \Delta T \text{ ( }^\circ\text{C )}$$

hr.

TABLA 4.3.4

TRASMISION DE CALOR PARA MUROS, TECHO Y VENTANAS SIN AISLAMIENTO

Muros y Ventanas	Superficie m <sup>2</sup>	Coefficiente de transmisión. Kcal/hr. m <sup>2</sup> °C	Diferencia de temp. de temp. en AT en °C	Trasmisión en Kcal/hr.
SUROESTE				
Muro	45	2.48	17	1897
Ventanas	5	5.3	17	451
NORESTE				
Muro	36	2.48	17	1518
Ventanas	36	5.3	17	360
NOROESTE				
Muro	34	2.48	17	1433
Ventanas	3	5.3	17	270
SURESTE				
Muro (1)	37	1.24	7	321
Ventanas	-	-	-	-
Techo	48	2.82	17	2301
SUMA	212			8551

(1) El lado Sureste tiene colindancia con una casa vecina por lo que el coeficiente de trasmisión se reduce de 2.48 a 1.24 .

(2) El coeficiente de trasmisión de calor se considera el mismo para puertas y ventanas.

TABLA 4.3.5

TRANSMISION DE CALOR PARA MUROS, TECHO Y VENTANAS, CON 5CM. DE AISLAMIENTO DE POLIESTIRENO EN LAS PAREDES Y 10 CM. EN EL TECHO.

Muros y Ventanas	Superficie m <sup>2</sup>	Coefficiente de transmisión en Kcal/hr. m <sup>2</sup> °C	Diferencia de temp. AT en °C	Trasmisión en Kcal/hr.
<b>SUROESTE</b>				
Muro	45	0.443	17	339
Ventanas	5	5.30	17	451
<b>NORESTE</b>				
Muro	36	0.443	17	271
Ventanas	4	5.30	17	360
<b>NOROESTE</b>				
Muro	34	0.443	17	256
Ventanas	3	5.3	17	270
<b>SURESTE</b>				
Muro (1)	37	1.24	7	321
Ventanas	-	-	-	-
Techo	48	0.246	17	200
Suma	212			2468

(1) En el muro Sureste no se utiliza aislamiento porque colinda con una casa vecina.

(2) Se considera que la casa vecina tiene una temperatura de 33°C por lo tanto la diferencia es de 7°C .

El método para calcular la carga de calor por concepto de radiación solar a través de las superficies expuestas a ella se muestra a continuación:

a).- Se determinan tres coeficientes denominados: Coeficiente de protección contra la radiación solar " G " ; Coeficiente de absorción de la superficie que depende directamente del color " A " ; Coeficiente de radiación solar para una superficie opaca " S " .

b).- Se investiga la radiación solar a través de un vidrio sencillo sin protección, la cual varía de acuerdo con la latitud, la orientación y la temporada del año. Se hacen las combinaciones necesarias para que se obtenga la máxima carga por radiación, de preferencia por la tarde del mismo día y a la misma hora.

c).- Con los coeficientes de los muros, techo y ventanas y la radiación solar de la población, se obtiene la radiación por cada metro cuadrado de muro:

$$\text{Radiación en muro: } R_m = S \cdot A \cdot I$$

$$\text{Radiación en vidrio: } R_v = G \cdot A \cdot I$$

d).- Finalmente la radiación se multiplica por el área de la superficie considerada para obtener la ganancia por radiación de cada superficie en Kcal/hr, es decir:

A través del muro

$$Q = F \cdot S \cdot A \cdot I$$

Q = Carga solar a través del muro en Kcal/hr.

F = Superficie del muro en metros cuadrados.

S = Factor de radiación.

A = Coeficiente de absorción de la pared.

I = Radiación que llega al muro.

### A través del vidrio

$$Q = F \cdot G \cdot A \cdot I$$

Q = Carga solar a través del vidrio en Kcal/hr.

F = Superficie del vidrio en metros cuadrados.

G = Coeficiente de protección contra la radiación solar.

A = Coeficiente de absorción a través del vidrio.

I = Radiación solar que llega al vidrio.

En la tabla 4.3.6. se muestran los valores de ganancia de calor debido al efecto de radiación solar sin aislamiento.

TABLA 4.3.6

Orientación	Muro Ventana	Coeficiente de radiación				Radiación Solar Kcal/hr.
		G ó S	A	I	Rm Rv	
SW	45	0.12	0.5	339	20	900
	5	0.95	1.0	339	322	1610
NE	36	0.12	0.5	29	2	72
	4	0.95	1.0	29	28	112
NW	34	0.12	0.5	267	16	554
	3	0.95	1.0	267	254	762
SE	37	0.12	--	--	--	--
Techo	48	0.13	0.8	286	30	1440
Suma	212					5440

La Ganancia de calor por radiación solar con aislamiento se muestra en la tabla 4.3.7.

**TABLA 4.3.7**

Orientación	Muro Ventana m <sup>2</sup>	Coeficientes de radiación				Rm Rv	Radiación Solar Kcal/hr.
		G b S	A	I			
SW	45	0.012	0.5	339	2	90	
	5	0.950	1.0	339	322	1810	
NE	36	0.012	0.5	29	0.2	7	
	4	0.950	1.0	29	28	112	
NW	34	0.012	0.5	367	2	68	
	3	0.950	1.0	287	253	759	
SE	37	0.012	0.5	0	(1)	--	
Techo	48	0.012	0.8	286	3	144	
Suma	212					2790	

(1) La radiación de la pared colindante se considera igual a cero.

Ganancia de calor por radiación solar, con aislamiento y sombreado en los vidrios.

**TABLA 4.3.8**

Orientación	Muro Ventana m <sup>2</sup>	Coeficientes de radiación				Rm Rv	Radiación Solar Kcal/hr.
		G b S	A	I			
SW	45	0.012	0.5	339	2	90	
	5	0.40	1.0	339	136	680	
NE	36	0.012	0.5	29	0.2	7	
	4	0.40	1.0	29	12	48	
NW	34	0.012	0.5	267	2	68	
	3	0.40	1.0	267	107	321	
SE	37	0.012	--	--	(1)	--	
Techo	48	0.012	0.8	286	3	144	
Suma	212					1358	

(1) La radiación de la pared colindante se considera igual a cero.

(2) El sombreado de las ventanas se realiza por medio de la pantalla exterior de tela de plástico de color negro.

### CALOR SENSIBLE

Calor sensible es todo aquel que produce cambio de temperatura en un cuarto y su valor se toma como base para determinar el tamaño del equipo de refrigeración.

En el caso de la casa habitación que hemos planteando podemos tomar los valores de las tablas 4.3.9, 4.3.10 y 4.3.11, que a continuación presentamos:

TABLA 4.3.9

#### CALOR SENSIBLE PARA UNA CASA HABITACION SIN AISLAMIENTO

Concepto:	Kcal/hr.
a.- Transmisión	8551
b.- Radiación solar	5440
c.- Personas que habitan la casa 5*50 (1)	250
d.- Lámparas y cargas eléctricas 1000*0.86 (2)	860
e.- Motores eléctricos 1 HP = 642	642
f.- Otros aparatos ó dispositivos que generen calor	50
Total	15793

(1) Cada persona emite 50 Kcal/hr.

(2) Se considera una carga eléctrica de 1000 Watts, por ejemplo una plancha.

TABLA 4.3.10

CALOR SENSIBLE PARA UNA CASA HABITACION CON AISLAMIENTO:

5 CM. POLIESTIRENO EN LOS MUROS Y 10 CM. EN EL TECHO.

Concepto:	Kcal/hr.
a. - Transmisión	2468
b. - Radiación solar	2790
c. - Personas que habitan la casa 5*50 (1)	250
d. - Lámparas y cargas eléctricas 1000*0.86 (2)	860
e. - Motores eléctricos 1 HP * 642	642
f. - Otros aparatos o dispositivos que generan calor	50
Total	7060

(1) Cada persona emite 50 Kcal/hr.

(2) Se considera una carga eléctrica de 1000 Watts.

TABLA 4.3.11

CALOR SENSIBLE PARA UNA CASA HABITACION CON AISLAMIENTO Y

SOMBREADO EN LOS VIDRIOS, AL 60 % .

Concepto:	Kcal/hr.
a. - Transmisión	2468
b. - Radiación solar	1358
c. - Personas que habitan la casa 5*50 (1)	250
d. - Lámparas y cargas eléctricas 1000*0.86 (2)	860
e. - Motores eléctricos 1HP * 642	642
f. - Otros aparatos	50
Total	5628

(1) Cada persona emite 50 Kcal/hr.

(2) Se considera una carga eléctrica de 1000 Watts.

La carga total de calor en una casa, es la suma del calor sensible, el calor latente y el calor del aire exterior.

El calor latente es el calor cedido ó absorbido por una sustancia a la cual acompaña un cambio en el estado físico del material sin haber cambio en la temperatura del mismo.

En nuestro caso para 5 personas:

$$Q = 5 * 60 = 300 \text{ Kcal/hr.}$$

Este calor corresponde al vapor producido.

El calor del aire exterior es la cantidad de calor que aporta la renovación del aire ambiente.

La cantidad de calor se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = N * V * q * D \quad \text{donde:}$$

Q = Calor aportado por el aire en Kcal/hr.

N = Número de personas que habitan la casa.

V = Volumen del aire de renuevo por persona en m<sup>3</sup>/hr.

D = Densidad del aire a la temperatura considerada Kg/m<sup>3</sup>

q = Calor específico del aire a la temperatura considerada Kcal/Kg.

$$Q = 5 * 25 * 1.15 * 25 = 3800 \text{ Kcal/hr.}$$

En este caso no se consideran las aportaciones de calor latente para fines de selección del equipo de refrigeración porque en vez de ser ganancias, en realidad son pérdidas, ya que el aire interior es más húmedo que el exterior.

### EJEMPLO

Casa habitación, ubicada en Mexicali, Baja California.

Superficie construida 96 m<sup>2</sup>

Número de plantas 2

Orientación del frente SW

#### Notas:

-Se utilizó esta orientación por ser la más crítica de un conjunto habitacional.

-Al frente se le consideraron 10 m<sup>2</sup> de los laterales del cubo de la escalera.

-Las ventanas son de 0.90 \* 0.90 m , y las puertas de 2.0 \* 0.80 m .

#### Condiciones durante el verano

Bulbo	Temperatura	
	Inferior	Superior
Seco	40°C	46°C
Húmedo	27.5°C	28.5°C
Mes más caluroso	Agosto	
Humedad relativa	35%	
Temperatura máxima extrema	47.8°C	
Viento predominante SE.	35 Km/hr.	
Datos recomendables para cálculo según norma	AMICA-2-1955	
Temperatura bulbo seco	43°C	
Temperatura bulbo húmedo	28°C	
Humedad relativa	35%	

**Insolación Máxima**  
24 de agosto 16 hrs.

Orientación	Kcal/hr.
Suroeste	339
Noreste	29
Noroeste	267
Sureste	29
Horizontal	286

Los equipos de refrigeración que se consideran en este caso son los de tipo todo aire. La capacidad de los equipos se obtiene dividiendo la carga de calor sensible entre 3000 para obtener su valor en toneladas de refrigeración.

**TABLA 4.3.12**

Concepto	Unidad	Alternativas			
		Casa sin mejoras.	Con aislamiento	C/ais. y sombreado	C/ais. y sellado
Temp. int.	°C	26	26	26	26
Humedad rel.	%	40	40	40	40
Carga de calor sensible	Kcal/hr.	15793	7060	5828	4972
Cap. eq. de refrigeración	Ton.	5	2	2	2
Demanda KW	KW	7.8 (1)	5.1 (1)	5.1 (2)	5.1 (3)
Energía consumida	KWH	20498	13403	11169	8710

-Factores de carga: (1) 30% (2) 25% (3) 20%

Resumen de capacidad y operación de los equipos de refrigeración para las diferentes alternativas.

De los datos de la tabla 4.3.12 resulta evidente que con mejoras relativamente sencillas para aislar mejor térmicamente una casa habitación puede reducirse el consumo de energía eléctrica hasta al 42% del consumo que se tiene en una casa sin mejoras.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha pretendido dar un panorama de algunas de las deficiencias más notables en cuanto al aprovechamiento eficiente de los energéticos y especialmente de la energía eléctrica.

Los indicadores económicos (elasticidad e intensidad energética) nos muestran el mal aprovechamiento que se hace de la energía en México, dado que se requiere de una mayor cantidad de energía por peso de producto interno bruto que en países desarrollados que ya han implementado medidas de conservación de energía.

Dada la gran dependencia que tenemos con respecto a los hidrocarburos, es importante manejar cuidadosamente los niveles de exportación de petróleo crudo, para poder mantener el mayor tiempo posible la autosuficiencia energética, así como implementar medidas de control y ahorro de la energía desde su obtención y transformación hasta su distribución y utilización, en todos los sectores.

El programa para la conservación de la energía publicado en el segundo seminario sobre uso eficiente de la energía eléctrica de 1981, contienen buenas bases, sin embargo ha hecho falta una mayor divulgación para el conocimiento de la población en general.

Por otro lado, se ha comprobado que estos programas de conservación de energía han funcionado en otros países, disminuyendo la relación del consumo nacional de energía por unidad de producto nacional bruto. La intensidad energética en México es mucho mayor que la de los países que han implementado con éxito programas de conservación de energía.

Tal vez la causa principal en cuanto a los despilfarros de energía se deba al subsidio de ésta, ya que al comparar la evolución de la relación de precios internos-externos entre México y los Estados Unidos, se comprueba que el mal uso de la energía se agrava cuando comienza el abaratamiento de ésta, en relación con los precios externos.

Dentro del uso de la energía eléctrica en el campo de los sistemas de iluminación, existe la necesidad de difundir más la información acerca de los tipos de lámparas existentes en el mercado y demostrar a los usuarios sus altas eficiencias, ya que hoy en día las lámparas más comerciales, que son las incandescentes, son las menos eficientes.

También se puede demostrar que las lámparas fluorescentes, de vapor de sodio y de vapor de mercurio resultan finalmente más económicas, ya que el costo que corresponde a la instalación de estas lámparas es del 75% de lo que corresponde al ahorro de energía que se obtiene al utilizarlas.

En cuanto a motores eléctricos, se pudo observar que estos consumen gran parte de la energía eléctrica suministrada a los sectores consumidores; por esta razón se justifica el tomar medidas para un mejor aprovechamiento de ésta. No obstante que los motores eléctricos son máquinas muy eficientes se encontró que mediante una buena selección, instalación y operación se logra tener un uso más eficiente de éstos. Por otro lado existen

un conjunto de recomendaciones para reducir el consumo de energía en los motores eléctricos, así como la posibilidad de ahorro de energía mediante el uso de motores de alta eficiencia.

Del estudio presentado del uso de energía eléctrica en los procesos de conversión electrotérmicos, observamos que mediante mejoras relativamente sencillas es posible el ahorro de energía en estos procesos. En el ejemplo analizado de una casa habitación encontramos que mediante un mejor aislamiento térmico de ésta podemos obtener ahorros de energía eléctrica hasta de un 50% .

## BIBLIOGRAFIA

1.1 Metodología OLADE para la elaboración de balances energéticos.

Organización Latinoamericana de energía. Serie de documentos OLADE No.8

1.2 Balance nacional de energía 1988

Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.  
México, 1989.

1.3 Balances nacionales de energía 1965-1985.

Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.  
México, 1987.

2.1 Uso eficiente y conservación de la energía en México: diagnóstico y perspectivas.

O. M. Guzmán, A. Yúñez-Naude, M. S. Wionczek.  
El Colegio de México. México, 1985.

2.2 Transporte y Energía.

G. Bazán.

Fondo de Cultura Económica. México, 1988.

2.3 Demanda eléctrica residencial en América Latina.

Andrea N. Ketoff y Omar R. Masera.

Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA.

Octubre de 1989.

3.1 La utilización más eficiente de la energía:

" El recurso invisible ".

Beijdorff, A. F., Stuerzinger, P.

Conferencia Mundial de la energía.

Munich, 1980.

4.1 Programa del uso racional de la energía eléctrica para  
la industria en México

Comisión Federal de Electricidad.

México, 1982.

4.2 Las tarifas y el control de la demanda de energía  
eléctrica.

Ing. Luis R. Figueroa Noriega.

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1984.

4.3 2do. Seminario sobre el uso eficiente de la energía en la industria.

Programa Nacional del uso racional de la energía eléctrica.

Ing. Manuel de Diego Muñoz.

Comisión Federal de Electricidad. Sep. 1981.

4.4 Influencia del diseño en el consumo doméstico de la energía eléctrica. Alumbrado. Metodología de evaluación.

Ing. Luis R. Figueroa Noriega

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1984.

4.5 Evaluación económica en sistemas de iluminación.

Ing. Luis R. Figueroa Noriega.

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1982.

4.6 Influencia del diseño arquitectónico en el consumo doméstico de la energía eléctrica. Acondicionamiento ambiental.

Ing. Luis R. Figueroa Noriega

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1984.

4.7 El uso eficiente de la energía eléctrica en alumbrado y motores.

Ing. Antonio Martínez Mendoza.

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1984.

4.8 Optimización del diseño de los motores eléctricos.

Ing. José L. Flores Mata.

Comisión Federal de Electricidad. Octubre, 1984.

4.9 Precios internos y externos de referencia de los principales energéticos. Período 1970-1988.

Subgerencia de evaluación y estudios económicos.

Comisión Federal de electricidad. Octubre de 1988.