

3  
2ej.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLAN

**METODOLOGIA Y FACTIBILIDAD DE AHORRO ENERGETICO**

**DENTRO DE LA INDUSTRIA MEXICANA.**

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
p r e s e n t a n

**CARLOS ALBERTO ALVAREZ ROCA**  
**JOSE ANTONIO BARAJAS CORONADO**  
**RAUL KATT SANTANA**

Asesor de Tesis:  
Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

Cuautitlán Izcalli, Estado de México 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## INDICE:

### Introducción.

#### 1.- Situación Económico Energética del País

- 1.1.- Hasta 1988
- 1.2.- Consumo de Energía por Sector.
- 1.3.- Planes y Estrategias Sobre Ahorro Energético

#### 2.-Diagnóstico Energético Preliminar.

- 2.1.- Organizar Recursos.
- 2.2.- Recursos humanos/Estructuración del tiempo.
- 2.3.- Instrumentación.
- 2.4.- Identificar los datos requeridos.
- 2.5.- Reunir datos.
- 2.6.- Administrador /Coordinador de Energía.
- 2.7.- Ingeniero de Planta.
- 2.8.- Personal de Operación y Producción.
- 2.9.- Flujo de materia prima y Energía a través de la Planta.
- 2.10.-Sistemas de mayor consumo de Energía.
- 2.11.-Pasos para la realización de un estudio energético.
- 2.12.-Diagrama de flujos de proceso.
- 2.13.-Inventario de Equipos consumidores de Energía Eléctrica.
- 2.14.-Evaluación de datos:
- 2.15.-Estimación de potencial de ahorro Energético.
- 2.16.-Programa de administración de Energía de la Planta.

#### 3.-Diagnóstico Energético Eléctrico Detallado.

##### 3.1.-Factor de Potencia.

- 3.1.1.-Causas del bajo Factor de Potencia.
- 3.1.2.-Ventajas de la corrección del F.P..
- 3.1.3.-Como hacer una revisión del F.P..
- 3.1.4.-Corrección del F.P..
- 3.1.5.-Ejemplos de mejora del F.P..

### **3.2.-Control de Demanda.**

- 3.2.1.-Control de Demanda a través de la reducción de carga.
- 3.2.2.-Importancia del perfil de carga.

### **3.3.-Selección de motores de tamaño adecuado.**

- 3.3.1.-Clasificación de los motores eléctricos de uso general por su potencia.
- 3.3.2.-Selección del motor correcto.
- 3.3.3.-Ejemplos de ahorro con el cambio de un motor.

### **3.4.-Iluminación**

- 3.4.1.-Rendimiento luminoso.
- 3.4.2.-Curvas fotométricas.
- 3.4.3.-Tipos de Lámparas.

- 3.4.3.1.-Lámparas de incandescencia.
- 3.4.3.2.-Lámparas de descarga.
- 3.4.3.3.-Lámparas de vapor de Sodio.
- 3.4.3.4.-Lámparas de vapor de Mercurio.
- 3.4.3.5.-Lámparas fluorescentes.

### **3.4.4.-Proyectos de alumbrado.**

- 3.4.4.1.-Métodos de Iluminación.
- 3.4.4.2.-Tipos de alumbrado.
- 3.4.4.3.-Cálculo aproximado del nivel de Iluminación.
- 3.4.4.4.-Elección de luminarias.
- 3.4.4.5.-Niveles de Iluminación recomendados.

### **3.5.- Tarifas Eléctricas.**

- 3.5.1.-Introducción.
- 3.5.2.-Cargos (Cobros).
- 3.5.3.-Tarifa 8 y Tarifa 12.
- 3.5.4.-Tarifa Horaria.
  - 3.5.4.1.-Introducción.
  - 3.5.4.2.-Que es la Tarifa Horaria.
  - 3.5.4.3.-Como se mide la Energía para la Facturación con la Tarifa Horaria
  - 3.5.4.4.-Facturación de la Tarifa Horaria y su comparación con la Tarifa 12 Normal.

**4.- Recomendaciones para la mejor Utilización de la Energía Eléctrica en la Industria**

**4.1.-Ejemplos sobre ahorro de energía eléctrica.**

**4.2.-Casos Prácticos de estudios de Factibilidad de ahorro de energía eléctrica en la Industria Mexicana**

**5.- Conclusiones.**

**6.- Apendices.**

**Bibliografía.**

## INTRODUCCION.

## **INTRODUCCION.**

El Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, ha convocado a los usuarios de energía del país para la realización de un Programa Nacional de Ahorro y Uso Eficiente de la misma. En el esfuerzo participan los diversos niveles de gobierno y los sectores gubernamental, paraestatal, privado y social.

El ahorro y uso eficiente que se integró con este programa, implicó un cambio en la política energética del país, al introducir el manejo directo e intencionado de variables e instrumentos de política que inciden sobre la demanda.

Para la realización de los trabajos se cuenta con el apoyo de especialistas europeos proporcionados por la Comunidad Económica Europea. Estos estudios son parte de los análisis de la demanda de energía final y sus interrelaciones con la oferta de energía primaria y secundaria y la planeación energética. Se distinguen, además, los parámetros que permiten explotar posibles alternativas para enfrentar situaciones de cambio tecnológico y estructural, derivadas del proceso de modernización industrial.

El conocimiento detallado del uso de la demanda energética en algunas de las importantes empresas de cada rama industrial (industria siderúrgica, del papel, cementera, azucarera, del vidrio, etc.) proporciona, así mismo, un valioso apoyo para la planeación energética del país, así como para el establecimiento de medidas concretas, a nivel de planta industrial, que incrementen la eficiencia de la utilización de la energía.

Los análisis que se han realizado en algunos otros países (principalmente en España) para conocer el potencial de ahorro en el sector industrial, mostraron que podían obtenerse valores entre un 20 y 30 % de ahorro energético en la industria.

Los estudios que se realizan sobre el ahorro de la energía se basan en una auditoría energética, la cual se puede definir como:

El conjunto de acciones encaminadas a identificar las áreas en que una Planta Industrial o un Edificio consume energía y detectar las oportunidades de ahorro de energía existentes.

Hay una relación directa entre el costo de realización de una auditoría energética (el monto gastado en la recolección y análisis de los datos) y las oportunidades de ahorro de energía que pueden encontrarse. De manera que la primera decisión a tomar para ejecutar este tipo de trabajo es establecer la disponibilidad de recursos existentes, ya sean recursos humanos, técnicos o económicos; lo cual determinará el alcance, precisión y tipo de auditoría.

Dependiendo del tipo de instalación que será sometida a una auditoría energética, se hará énfasis en los sistemas de mayor consumo. En el proceso de fabricación si se trata de una Planta Industrial o en los sistemas de alumbrado, ventilación, aire acondicionado, aislamiento de techos y paredes si se trata de un Edificio.

El uso eficiente de la energía en el medio industrial, es de vital importancia, debido al aumento en los precios de los energéticos, al menos a corto y mediano plazo, así como a la escasez potencial de combustibles fósiles al irse abatiendo las reservas. Se ha comprobado que se requiere producir, por cada unidad energética consumida, tres veces más de esta.

Debido a que, actualmente, la demanda de energéticos crece a un ritmo acelerado y las fuentes existentes no pueden absorber dicho incremento, el costo de la producción energética se eleva y repercute en la economía del industrial. Si se continúa solventando este desarrollo desmedido puede presentarse una situación de racionamiento de la energía. Con el fin de evitar lo anterior se ha implantado un plan de ahorro de energía para fomentar el uso racional de esta ofreciendo, a las Empresas una mayor ganancia y precios de competencia en el mercado.

La problemática anteriormente expuesta refleja el interés de los participantes en este campo (relativamente nuevo en nuestro país) para el desarrollo de una ponencia útil para brindar alternativas aplicables en el campo del ahorro de la Energía.

Como el tema de ahorro de energía (entendiendo por energía cualquier forma en que esta se manifieste) es muy extenso, el enfoque que se le dará al presente estudio, es únicamente hacia el área eléctrica (ahorro de energía eléctrica), por lo tanto de ahora en adelante cuando en el presente trabajo se hable de auditoría energética o ahorro de energía se debe tener en cuenta que se trata única y exclusivamente en el área o especialidad eléctrica.



La presente tesis se encuentra compuesta por un total de cinco capítulos:

En el primero se explica la situación económica energética del país en 1988 así como los planes y estrategias que se están implementando tanto en el sector privado como en el público para el ahorro de energéticos en forma general.

Quizá pueda pensarse que estos datos no son representativos a la fecha, sin embargo el hecho de presentar esta información es debido a que se puede tomar como nivel indicativo de los parámetros de consumo de energía sectorial con valores reales que se tienen a la fecha. Por otro lado esta información proporcionará puntos de comparación sobre la representatividad de la energía eléctrica con respecto al consumo total de energía en un determinado sector, y así al aplicar planes sobre ahorro en materia eléctrica, saber si estos realmente son importantes o no.

En el segundo capítulo se explica lo que es un estudio energético preliminar y las variables a tomar en cuenta para la realización de una auditoría energética así como la intercomunicación que se debe de tener entre todo el personal que labora dentro de la planta.

Para el tercer capítulo este estudio preliminar se hace ahora mas detallado, explicándose mas a fondo las alternativas que se pueden tomar en los diagnósticos energéticos dentro del área eléctrica como pueden ser corrección del factor de potencia, correcto dimensionamiento de los motores eléctricos, cambios de tarifa eléctrica, etc.

El cuarto capítulo se refiere a las recomendaciones (Medidas de Ahorro Energético "MAE") que se pueden poner en práctica, ejemplificando algunas de ellas con situaciones reales. Además de mostrar algunos casos concretos de la realización de un estudio energético en materia eléctrica en donde se muestra la relación que existe entre esta con todos los factores a considerar en un proceso productivo para lograr la puesta en marcha de alguna medida de ahorro energético.

El último capítulo es referente a las conclusiones, puesto que después de realizar este estudio se tiene una concepción diferente de lo que se puede lograr al ahorrar energía.

Además se anexa una bibliografía en la que se puede obtener parte de la información que se utilizó como base para realización de este estudio porque como ya se dijo gran parte de lo que aquí se menciona se obtuvo gracias al contacto directo con auditores expertos en la materia.

**CAPITULO No. 1**

**SITUACION ECONOMICO ENERGETICA  
DEL PAIS.**

## CAPITULO No. 1

### SITUACION ECONOMICO ENERGETICA DEL PAIS

#### 1.1 HASTA 1988

En 1988, la producción de energía primaria en México sumó 2029.4 billones de kilocalorías, registrando una disminución del 0.7 % en relación a la cifra del año anterior, lo cual se debió básicamente a la menor producción de petróleo crudo, que observó un decremento del 1.0 % al pasar de 1420.9 en 1987 a 1406.0 billones de kilocalorías en 1988; la producción de gas asociado se mantuvo prácticamente en los mismos niveles del año anterior, registrando 332.6 billones de kilocalorías y los condensados se incrementaron 6.3 %, al pasar de 43.3 a 46.0 billones de kilocalorías de 1987 a 1988. Por su parte, el gas no asociado disminuyó de 49.6 a 46.9 billones de kilocalorías, es decir un 5.4 %. En conjunto, la producción total de hidrocarburos mostró un decremento anual del 0.8 %.

En relación a las demás fuentes de energía, estas registraron un aumento de 0.6 %. La producción de carbón mineral aportó 32.8 billones de kilocalorías, cifra 10.7 % inferior a la del año anterior; la biomasa en conjunto (leña y bagazo de caña) sumó 99.4 billones de kilocalorías, cantidad menor en 1.7 %; la geotermia registró una variación anual de 4.6 %, al pasar de 11.5 a 12.0 billones de kilocalorías.

Debido a la mayor disponibilidad de agua en los embalses, la hidroenergía aumentó 13.2 % al pasar de 47.4 a 53.6 billones de kilocalorías.  
(Cuadro No. 1)

En términos de la estructura por fuente de la producción de energía primaria, se observa que los hidrocarburos en 1988 mantuvieron su aportación en los mismos niveles que durante 1987, 90.3 %, sumando 1831.5 billones de kilocalorías; el carbón mineral mostró un decremento en su contribución al pasar de 1.8 a 1.6 %, el bagazo de caña bajó su aportación de 1.2 a 1.0 %; la geotermia mantuvo la misma participación que en 1987, ubicándose en 0.6 %. Por el contrario, la energía aumentó su aportación en 0.3 puntos porcentuales al pasar de 2.3 a 2.6 %. La leña aumentó de 3.8 a 3.9 %.

A continuación se desglosa el consumo de energía durante el año de 1988 en el sector industrial puesto que a éste sector esta encaminado el presente estudio.

**CUADRO No. 1 : PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA**

	1987		1988		VARIACION PORCENTUAL 1988/1987
	Kcal E 12	%	Kcal E 12	%	
<b>TOTAL</b>	2043.157	100.0	2029.395	100.0	-0.7
CARBON	36.703	1.8	32.769	1.6	-10.7
PETROLEO CAUDO	1420.866	69.5	1406.052	69.3	-1.0
CONDENSADOS	43.274	2.1	45.982	2.3	6.3
GAS ASOCIADO	332.747	16.3	332.601	16.4	-0.0
GAS NO ASOCIADO	49.585	2.4	46.896	2.3	-5.4
HIDROENERGIA	47.378	2.3	53.642	2.6	13.2
GEOENERGIA	11.501	0.6	12.034	0.6	4.6
BAGAJO DE CAÑA	23.782	1.2	20.777	1.0	-12.6
LEÑA	77.321	3.8	78.642	3.9	1.7

Fuente: balances nacionales de energía, 1987-1988

## 1.2 CONSUMO DE ENERGIA POR SECTOR.

### SECTOR INDUSTRIAL

Atravez de la concertación y la participación de diversas cámaras y agrupaciones industriales del país, se logró recopilar la información del consumo de combustibles y electricidad de 13 ramas industriales, con lo cual se identifica ya el 83.0 % de los requerimientos energéticos de este sector, en tanto que en el año anterior (correspondiente a 1987) con las mismas ramas se identificó el 75.9 %, la diferencia entre un año y otro se debe a una mayor cobertura en algunas ramas como: cemento, siderurgia y minería.

Así, para la realización de este análisis se contó con las cifras de la industria petroquímica básica, siderurgia, química, azúcar, cemento, celulosa y papel, fertilizantes, hule, aluminio, vidrio, minería, construcción, y automotriz.

### PETROQUIMICA BASICA.

La petroquímica básica aumentó su consumo de energía al pasar de 48.9 a 51.5 billones de kilocalorías de 1987 a 1988, lo que arrojó una variación anual de 5.2 %. Como resultado de lo anterior, su participación en el consumo total del sector industrial fue de 19.1 %, cantidad superior en 1.9 puntos porcentuales respecto al año anterior.

Por tipo de energético, el gas natural representó la mayor parte con 98.6 %, seguido de la electricidad con 1.2 % y el 0.2 % restante fue combustóleo.

El gas natural utilizado como energético en la petroquímica básica representó el 43.1 % del gas consumido por el sector industrial en su conjunto, lo que significó también 21.3 % de la producción total de gas residual de refinerías.

La producción bruta total de productos petroquímicos básicos en 1988 ascendió a 15.5 millones de toneladas, requiriendo 3.3 millones de kilocalorías por tonelada producida, cifra 6.3 % inferior a la observada en 1987.

## SIDERURGIA.

La industria siderúrgica participó en 1988 con el 19.2 % del consumo total del sector industrial (el consumo de energía de esta rama no incluye refinación), porcentaje equivalente a 51.6 billones de kilocalorías, cantidad que resultó similar a la registrada en 1987.

La estructura del consumo energético de la rama estuvo conformada por 49.2 % de gas natural (47.0 % en 1987), 24.9 % de coque (32.4 en 1987) y 12.2 % de electricidad (8.9 % en 1987), que en su conjunto representaron 86.3 % del total de esta industria, y el 13.7 % restante lo aportaron principalmente el combustible, gas licuado y diesel con 11.9, 1.0 y 0.8 % respectivamente.

La cantidad de gas natural consumido por esta rama económica representó 21.6 % del gas requerido por el sector industrial en su conjunto; asimismo, el consumo de coque significó el 94.7 % del total de ese energético. En cuanto a la electricidad, la siderurgia consumió el 15.2 % de la energía eléctrica usada por todo el sector industrial.

La producción de acero en 1988 ascendió a 7.6 millones de toneladas, lo que significó un consumo de 6.6 millones de kilocalorías por tonelada, cantidad que resultó 1.9 % inferior a la registrada en 1987.

## AZUCAR.

La industria azucarera disminuyó sus requerimientos de energía en 1.6 %, al pasar de 30.0 a 29.6 billones de kilocalorías de 1987 a 1988. Ese consumo significó 11.0 % del total del sector industrial.

El principal energético que se utilizó en esta rama fue el bagazo de caña de azúcar, que por un equivalente de 18.8 billones de kilocalorías representó 63.6 % del total en 1988 contra 69.3 % en 1987. El otro combustible empleado fue el combustible que sumó 10.8 billones de kilocalorías (36.4 % del total), cantidad 16.7 %, superior que la de 1987. La cantidad de combustible utilizado representó 16.9 % del consumo total del sector industrial y 4.2 % del consumo nacional.

Cabe mencionar que la electricidad usada por esta rama fue autogenerada en sus plantas mediante los energéticos señalados.

La producción de azúcar durante 1988 ascendió a 3.6 millones de toneladas, para lo cual requirió 8.3 millones de kilocalorías por tonelada de azúcar, relación 3.7 % superior a la registrada el año anterior.

#### QUIMICA.

La información obtenida para esta rama industrial comprende principalmente la producción de fibras, elastómeros, plásticos, resinas sintéticas, colorantes y pigmentos y productos químicos básicos.

El consumo de energía de esta industria aumentó en 1.8 %, al pasar de 28.3 a 28.9 billones de kilocalorías. Esta cantidad representó 10.7 % del consumo total del sector industrial al concluir 1988 y fue superior en 0.7 puntos porcentuales en relación a 1987.

Por tipo de energético el gas natural representó en 1988 el 39.9 % (40.2 % en 1987), el combustible 40.0 (39.9 % en 1987), gas licuado 10.0 (10.1 para el año anterior), la electricidad 8.3 (8.1 % para 1987) y complementando el diesel el 1.8 %, contra 1.7 % durante 1987.

#### CEMENTO.

En 1988 la industria cementera utilizó el 9.4 % del consumo energético de la industria nacional sumando 25.4 billones de kilocalorías, cantidad 6.6 % mayor a la registrada en 1987.

El combustible fue el energético más utilizado con una participación de 78.6 % del total (82.6 % en 1987), el gas natural aportó un 10.4 % (7.7 en 1987) y la electricidad un 10.2 % (9.7 el año anterior).

Los 19.9 billones de kilocalorías de combustible utilizadas por esta rama significaron 31.2 % del consumo industrial de ese producto, así como el 7.7 % del consumo nacional.

La relación de energía por unidad de producción en esta rama durante 1988 fue de 1.1 millones de kilocalorías por tonelada de cemento producida, cantidad que guarda los mismos niveles que en 1987.

## CELULOSA Y PAPEL.

La industria de la celulosa y papel disminuyó su consumo de energía en 4.3 % al pasar de 11.7 billones de kilocalorías en 1987 a 11.2 en 1988. Esta rama participó con 4.2 % del total de la energía consumida en el sector industrial.

Por tipo de energético, el combustible representó la parte mayoritaria con 48.8 % del total, teniendo un equivalente de 5.5 billones de kilocalorías, el gas natural participó con 39.1 %, la electricidad 11.5 y el restante 0.6 % fue diesel.

El consumo de combustible significó el 8.6 % de los requerimientos industriales y 2.1 % del consumo nacional de este producto.

Para producir las 3.4 millones de toneladas de celulosa y papel se requirieron 3.3 millones de kilocalorías por tonelada, cifra 5.7 % inferior a la alcanzada durante 1987.

## MINERIA.

Para la extracción y beneficio de minerales metálicos y no metálicos (no se incluye minerales ferrosos y carbón), la industria minera consumió durante 1988 un total de 10.6 billones de kilocalorías, cifra que significó 3.9 % de la energía usada por el sector industrial en su conjunto.

La estructura del consumo de energía estuvo integrada por 32.8 % de electricidad, 31.5 % de gas natural, 19.2 % de diesel, 11.5 % de combustible y el 5.0 % restante lo conformaron el coque y gas licuado con 4.8 y 0.2 % respectivamente. Cabe mencionar que los derivados de los hidrocarburos, que en su conjunto participaron con 62.4 %, fueron empleados en su mayor proporción para la autogeneración de energía eléctrica.

El consumo de electricidad de esta rama representó el 8.4 % del total empleado por la industria nacional, el gas significó 2.8 % y el diesel el 29.0 %. La producción de 16.1 millones de toneladas de minerales requirió de 657.7 miles de kilocalorías por tonelada producida durante 1988\*.

\* Se quitaron las relaciones de variación con el año anterior debido a que se incremento la cobertura de la rama.



## VIDRIO.

En 1988 la producción de vidrio utilizó 19.0 % menos energía, 7.3 billones de kilocalorías (contra 9.0 en 1987). Este consumo representó 2.7 % de la energía empleada por el sector industrial en su conjunto.

Esta rama industrial es intensiva en el uso del gas natural, que por un equivalente de 5.6 billones de kilocalorías participó con 77.0 % (85.0 % en 1987) de su consumo de energéticos. El 23.0 % restante, se integró por 8.4 % de electricidad, 3.0 % de coque, 1.2 % de diesel, 10.3 % de combustóleo y 0.1 % de gas licuado.

Con respecto al consumo de gas natural del sector industrial y del consumo nacional, el uso de este producto en la industria vidriera, representó 4.8 y 2.3 % respectivamente en 1988.

Durante 1988, la producción de vidrio sumó 2.9 millones de toneladas y la relación de energía por tonelada resultó de 2.5 millones de kilocalorías por tonelada producida, frente a 2.9 millones en 1987.

## FERTILIZANTES.

La rama de los fertilizantes en 1988 aumentó su consumo de energía 5.1 % al pasar de 3.0 a 3.1 billones de kilocalorías de 1987 a 1988, cantidad que representó 1.2 % del total registrado por el sector industrial.

La estructura energética de esta rama estuvo conformada por el gas natural que participó con 2.2 billones de kilocalorías, que significó el 72.0 % (71.4 para 1987) del total, la electricidad contribuyó con el 14.1 %, el combustóleo aportó el 10.8 % y el restante 3.1 % lo constituyó el diesel.

En este caso el gas natural que usó la rama representó 1.9 % del consumo industrial y 1.1 % del consumo nacional de ese producto.

La producción total de fertilizantes alcanza 4.0 millones de toneladas que al compararla con su consumo de energía resulta una relación de 773.2 miles de kilocalorías por tonelada de producción, cifra 1.9 % superior en relación al año anterior.

## **INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.**

La industria automotriz(1) aumentó sus requerimientos de energía en 6.8 % al pasar de 1.1 a 1.2 billones de kilocalorías de 1987 a 1988 respectivamente. El consumo del último año representa 0.4 % del sector industrial en su conjunto.

Por tipo de energético, el más consumido en esta rama fue la electricidad, seguido por el gas natural que representaron 49.0 y 46.3 % del total respectivamente, complementándose con el 3.3 % del gas licuado y el 1.4 % restante por el combustible.

Durante 1988, la producción total de esta industria ascendió a 512.8 miles de vehículos, que requirieron un promedio de 2.3 millones de kilocalorías por unidad.

## **ALUMINIO.**

La industria del aluminio(2) aumentó 24.7 % su consumo de combustibles y electricidad al usar 1.1 billones de kilocalorías en 1987 y 1.4 en 1988. El empleo de energía del último año representó 0.5 % del consumo del sector industrial.

Por tipo de energético, la electricidad fue la más utilizada al representar 75.8 % del total (90.3 % en 1987). Los combustibles complementarios fueron el gas natural que aportó el 23.4 % (8.7 % para 1987), diesel 0.7 % y el gas licuado el 0.1 % restante. El consumo de energía eléctrica de esta rama significó el 2.6 % del consumo total del sector industrial.

Durante 1988 la producción de aluminio primario ascendió a 68.3 miles de toneladas, por lo que para producir y transformar cada unidad de producto se emplearon 20.9 millones de kilocalorías.

(1) Incluye el ensamble y armado de vehículos automotores, así como la fundición y vaciado para la producción de motores.

(2) Fabricación del lingote primario, fundición, laminación, extrusión, estiraje y producción de derivados.

## **HULE.**

El consumo de energía observado en esta actividad económica se refiere, esencialmente, a la fabricación de llantas y algunos productos como empaques y juntas de hule entre otros, para lo cual se empleó un total de 1.1 billones de kilocalorías en 1988, cifra superior a la registrada durante 1987 en un 18.3 %, y equivalente a 0.4 % del consumo industrial.

Durante 1988, el 60.3 % de su consumo lo constituyó el gas natural (63.0 % en 1987), en tanto que la electricidad participó con 20.3 % (19.1 % el año anterior), el combustible participó con el 12.2 %, el diesel con el 6.9 y el gas licuado con el 0.3 % del total.

## **CONSTRUCCION.**

La industria de la construcción durante 1988 consumió, para sus actividades de movimiento de tierra, mezcla y bombeo de cemento, vibradores y compresores de aire, principalmente, un total de 0.9 billones de kilocalorías de diesel y electricidad que representaron el 77.0 % y 23.0 %; con relación al consumo del sector industrial, en su conjunto esta rama participó con el 0.3 %. Cabe señalar que esta industria utilizó gran cantidad de energía en el transporte de materiales a las obras que realiza, sin embargo, este consumo se asigna al consumo de energía en el sector transporte.

## **OTRAS RAMAS INDUSTRIALES.**

La energía empleada en otras actividades industriales resultó de 45.8 billones de kilocalorías en 1988, cifra que representó 17.0 % del total. En este sentido, queda por precisar a nivel de rama el destino del 11.8 % de combustible, 8.8 de gas natural, 52.3 de electricidad, 56.3 de diesel y 99.4 % de kerosinas. (Ver Cuadro No.2).

**CUADRO No. 2 : CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL 1988**  
(BILLORES DE KILOCALORIAS)

<b>SECTOR INDUSTRIAL Y MINERIA</b>	<b>COQUE</b>	<b>CAS LICUADO</b>	<b>KEROSINAS</b>	<b>DIESEL</b>	<b>COMBUSTOLEO</b>
ALUMINIO	----	0.002	---	0.010	0.001
SIDERURGIA	12.859	0.525	0.004	0.401	6.145
HULE	----	0.003	---	0.079	0.139
CONSTRUCCION	----	---	---	0.698	---
AUTOMOTRIZ	----	0.039	---	---	0.016
PETROQUIMICA B.	----	---	---	---	0.113
AZUCAR	----	---	---	---	10.776
MINERIA	0.506	0.026	---	2.032	1.218
FERTILIZANTES	----	---	---	0.098	0.336
CEMENTO	----	---	---	0.214	19.927
QUIMICA	----	2.872	---	0.546	11.520
CELULOSA Y PAPEL	----	---	---	0.068	5.482
VIDRIO	0.216	0.004	---	0.091	0.754
<b>SUBTOTAL</b>	<b>13.581</b>	<b>3.471</b>	<b>0.004</b>	<b>4.237</b>	<b>56.427</b>
OTRAS RAMAS	----	---	0.672	5.463	7.522
<b>TOTAL SECTOR IND.</b>	<b>13.581</b>	<b>3.471</b>	<b>0.676</b>	<b>9.700</b>	<b>63.949</b>

**CUADRO No. 2 : CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL 1988**  
**(CONTINUACION)**

<b>GAS</b>	<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>BACAZO CAJA</b>	<b>TOTAL 1988</b>	<b>TOTAL 1987</b>	<b>ESTRUCTURA PORCENTUAL 1988</b>	<b>VARIACION PORCENTUAL 88/87</b>
0.333	1.080	----	1.426	1.143	0.5	24.8
25.419	6.287	----	51.634	51.656	19.2	-0.0
0.689	0.232	----	1.142	0.965	0.4	18.3
-----	0.208	----	0.906	0.720	0.3	25.8
0.538	0.570	----	1.163	1.089	0.4	6.8
50.778	0.603	----	51.494	48.938	19.1	5.2
-----	----	18.789	29.565	30.033	11.0	-1.6
3.338	3.469	----	10.589	10.696	3.9	-1.0
2.243	0.439	----	3.116	2.964	1.2	5.1
2.638	2.587	----	25.366	23.786	9.4	6.6
11.496	2.402	----	28.836	28.345	10.7	1.7
4.393	1.292	----	11.235	11.744	4.2	-4.3
5.636	0.617	----	7.318	9.097	2.7	-19.0
<b>107.495</b>	<b>19.786</b>	<b>18.789</b>	<b>223.790</b>	<b>221.116</b>	<b>83.0</b>	<b>1.2</b>
<b>10.414</b>	<b>21.691</b>	<b>----</b>	<b>45.762</b>	<b>63.053</b>	<b>17.0</b>	<b>-27.4</b>
<b>117.909</b>	<b>41.477</b>	<b>18.789</b>	<b>269.552</b>	<b>284.169</b>	<b>100.0</b>	<b>-5.1</b>

### 1.3 PLANES Y ESTRATEGIAS SOBRE AHORRO DE ENERGIA

Como ya se mencionó, en el periodo comprendido entre 1984-1988, se pone en marcha el Programa Nacional de Energéticos. A raíz de esto se convoca que todos los sectores y/o dependencias gubernamentales así como a las paraestatales a implementar planes de ahorro de energía; estos planes son ejecutados por cada dependencia dependiendo las funciones específicas que realicen.

Es por esto que se crea la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (C.O.N.A.E.). Esta comisión se encuentra formada básicamente por tres departamentos que son los siguientes:

Ahorro de energía en el Transporte.

Ahorro de energía en Paraestatales (gran industria).

Ahorro de energía en la Pequeña y Mediana Industria.

Dentro de todos y cada uno de estos departamentos, cada ingeniero responsable de su area, se encarga de realizar planes estratégicos sobre el ahorro energético. Para esto se tiene el apoyo de la CONAE y envía a expertos (de todo el mundo) en el tema de eficiencia energética para trabajar en colaboración con los directores de cada area en particular (transporte, industria, etc.) y así organizar y realizar estudios sobre el ahorro de energía a empresas líderes en su ramo.

El hecho de realizar los estudios o auditorias sobre el ahorro de energía en este tipo de industrias es el de que los empresarios más pequeños se sumen a las actividades relacionadas con el aprovechamiento energético al darse cuenta de los beneficios que las empresas más grandes, y por consiguiente mejor planificadas que ellos, obtienen cuando se les realiza un estudio de factibilidad energética.

El tipo de estudio antes mencionado ha tenido bastante aceptación dentro de la industria es por esto que actualmente se estan realizando nuevas auditorias en otras empresas que tambien son cabeza de sector. Cabe mencionar que este tipo de estudios no implican un costo para el industrial y en cambio pueden obtener grandes beneficios para su empresa.

El organismo encargado de la realización de los estudios energéticos, es la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (C.O.N.A.E.). Esta depende directamente de la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal (S.E.M.I.P.). La C.O.N.A.E. organiza cursos de capacitación para personas relacionadas con la industria y personas que colaboren en la comisión.

Cuando se han terminado de impartir los cursos, las personas que trabajan en la comisión colaboran con los expertos en la realización de los estudios sobre ahorro de energía en las empresas ya seleccionadas. Durante la realización de estas auditorias se orienta al industrial en los beneficios que puede obtener con la implantación de las medidas o planes sobre el ahorro de energía y también se asesora en la forma de como debe de implantarlos.

Algunos de estos planes son tan sencillos como el modificar los horarios de trabajo (en las oficinas del gobierno), independizar los circuitos de alumbrado para no tener que prender todo un piso si es necesario que alguien permanezca despues del horario indicado, el balancear todas las cargas electricas conectadas a la linea de alimentacion, la redistribucion de las actividades que impliquen un gran consumo de energía a fin de no tenerlas en las horas pico de demanda. Y algunos otros tan complejos que requieren de grandes inversiones de capital como son el cambio de equipos (hornos electricos, motores, etc.) o incluso la modificación de toda la subestacion electrica para pensar en un cambio de tarifa electrica.

A petición del secretario de Energía Minas e Industria paraestatal se solicitó a todas las dependencias oficiales que reportaran sus consumos desglosados de energía (gas, diesel, electricidad, etc.) desde el año de 1988 ademas de indicar las medidas o planes estratégicos que se llevan acabo por cada una de estas dependencias a fin de ahorrar energía. Todos los datos fueron concentrados en la C.O.N.A.E. a fin de ser analizádos. Con los resultados obtenidos de los datos enviados nos podemos dar cuenta que se han tenido ahorros en algunos de los energeticos para cada dependencia de un año a otro. Esto indica que apesar de que el tema sobre el ahorro de energía es un tema nuevo, se esta tomando conciencia acerca de la importancia que tiene el aprovechamiento de nuestros energéticos asi como su uso mas racional.

**CAPITULO No. 2**

**DIAGNOSTICO ENERGETICO  
PRELIMINAR.**



## CAPITULO No 2

### DIAGNOSTICO ENERGETICO PRELIMINAR

#### 2.1.- ORGANIZAR RECURSOS

De acuerdo con la definición utilizada durante la conferencia mundial de energía, el concepto más apropiado para definir a la conservación de la energía es: Todas aquellas acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos; estas acciones incluyen la racionalización del uso de la energía mediante la eliminación de los desperdicios actuales y el aumento de la eficiencia en su uso por medio de la reducción del consumo específico, esto sin sacrificar la calidad de vida de la población y utilizando para ello todas las posibilidades, incluso la sustitución de una forma de energía por otra.

De lo anterior se deduce que para llevar a cabo una administración de energía adecuada es necesario plantear objetivos específicos de las medidas que se pretendan implantar en una empresa, el primer paso será el determinar con precisión el consumo de energía real, así como el de definir las áreas en donde sea posible aplicar las medidas para así poder establecer los potenciales de ahorro objetivo que se fijen en la empresa y logren hacer eficientes los diferentes procesos productivos.

En una empresa cualquiera, cualquiera que sea su nivel productivo o rama específica de la producción, la administración de la energía representa una parte fundamental en su desarrollo, y se define como todos aquellos medios y acciones que se encaminan a planificar, organizar, integrar y controlar los diferentes recursos energéticos que se emplean dentro de los procesos y unidades que conforman su estructura productiva.

Se debe realizar una junta con todos los ejecutivos e ingenieros de la empresa para determinar los recursos tanto humanos como materiales, después de lo cual se verá si se esta en posibilidades de emprender un programa de administración energética.

De acuerdo con esto, deberá nombrarse a un administrador de la energía que sea el encargado de organizar todas las acciones encaminadas a lograr una buena administración de la energía en una planta o empresa.

## 2.2.- RECURSOS HUMANOS/ESTRUCTURACION DEL TIEMPO.

### Medios para desarrollar un programa de ahorro de energía.

Son necesarios un mínimo de medios tanto humanos como materiales para desarrollar un programa de ahorro energético.

Los medios humanos dependen del tamaño de la industria y del grado de autosuficiencia que quiera dársele. Es necesario que sean técnicos especializados en el sector energético.

Los medios materiales pueden ser propios o ajenos.

Los medios propios deben permitir realizar las siguientes actividades:

- Efectuar la contabilidad de la empresa.
- Planificar y analizar los resultados de una auditoría energética global.
- Inspeccionar los diferentes sistemas energéticos.
- Estudiar económicamente la viabilidad de actuaciones concretas.
- Organizar campañas y cursos de información.

Medios ajenos: pueden consistir básicamente en:

- Realización de auditorías energéticas.
- Asistencia técnica muy especializada.
- Aparatos de control y medida muy sofisticados.

Se debe determinar el tiempo de realización de los proyectos, así como el tiempo de recuperación de la inversión antes de aprobar o deshechar un plan energético.

En algunos casos el tiempo de recuperación sera muy corto y en algunos relativamente largo, dependiendo de la complejidad del proyecto.

### 2.3.- INSTRUMENTACION

Conviene señalar que dentro de las posibilidades de aplicación de este tipo de medidas a proyectos nuevos dentro de empresas ya existentes proyectos sobre una nueva empresa, debe considerarse fundamentalmente:

El equipo que debe instalarse.

Los flujos de entrada y salida de energía.

La especificación concreta de los procesos de producción.

De esta forma, el área responsable de la administración de energía podrá contar con elementos suficientes para ubicar y detectar las fallas e inconsistencias que se presenten durante el funcionamiento y desarrollo de cada unidad productiva.

Dentro del área responsable de la administración de energía se pueden también definir atribuciones y responsabilidades que favorezcan la correcta aplicación de medidas dirigidas hacia la conservación y uso eficiente de la energía. Entre ellas destacan las siguientes:

- Desarrollar un sistema de contabilidad de energía
- Proporcionar asesoría técnica acerca del equipo e innovación de procesos para el ahorro de energía
- Identificar las posibilidades de conservación de energía.
- Coordinar las actividades de los usuarios de energía.
- Preparar a los usuarios de energía y estimular sus intereses por la conservación de energía.
- Planificar y participar en las auditorías energéticas.
- Controlar y revisar todo el material publicado sobre desarrollo energético y propagar adecuadamente esta información.
- Establecer planes para afrontar situaciones de emergencia energética o de suspensión de suministro.

Para lograr esto, es indispensable llevar a cabo como primer paso registros sistemáticos de los consumos de energía, lo cual permitirá conocer más a fondo aspectos específicos de la administración de energía.

## DIVERSIFICACION DE FUENTES DE ENERGIA

La principal fuente de energía son y seguirán siendo por mucho tiempo los hidrocarburos; por lo tanto, el cambio requerido será sobre un cierto margen de acción y no una transformación radical. No obstante, existe la necesidad de que el país reduzca su alta dependencia de los hidrocarburos, ya que aún cuando se dispone de cuantiosas reservas, a largo plazo esta dependencia agotaría innecesaria y prematuramente el recurso, y además le impondría a nuestra economía rigideces indeseables.

Aspecto central en la transición energética ordenada es la conceptualización de la rama eléctrica como vértice del proceso, lo que implica por una parte, que a medida que el tiempo pase deberá ir cobrando mayor importancia relativa la rama eléctrica con respecto a la petrolera.

El proceso de diversificación en la rama eléctrica, en el que se centrarían las acciones, debe a su vez incluir las siguientes consideraciones:

- Establecer un programa global, con recursos y metas específicos, para fortalecer y ampliar la prospección nacional de los recursos energéticos importantes: carbón, uranio, geotermia e hidráulicos; incluir también las fuentes convencionales.

- El aprovechamiento de las distintas opciones por fuente deberá tomar en cuenta los potenciales de reservas, los tiempos de maduración de los proyectos de desarrollo y sus características y los impactos ambientales de cada tipo de fuente; asimismo, el crecimiento de la demanda, precios de los distintos energéticos y costos de inversión, operación y mantenimiento.

### 2.4.- IDENTIFICAR LOS DATOS REQUERIDOS.

Estos registros permiten llevar un recuento de los recursos energéticos utilizados en planta, para ello es conveniente hacer una ponderación de cada uno y establecer así la prioridad de cuales y en que medida afectarán la producción y los servicios que se ofrecen.

Como paso siguiente sería conveniente detectar cuales son las áreas que registran la mayor parte del consumo energético. Con ello sería indispensable profundizar en aspectos tales como..

- Procesos de calentamiento.
- Plantas procesadoras y operadoras.
- Aislamientos
- Luz y fuerza.
- Sistemas de acondicionamiento ambiental.
- Iluminación y servicios.
- Sistemas de transporte.

Uno de los medios más importantes para la toma de decisiones consistirá en el establecer los parámetros que detecten el eficiente o deficiente consumo de energía en las unidades productivas, dichos parámetros pueden ser:

- Consumo específico.-  
Se determina en este parámetro la cantidad total de energía consumida por unidad de producción, sus unidades serán kcal/kg, kcal/pza, kcal/lt, etc.
- Consumo por unidad productiva.-  
Son los volúmenes de energía consumidos en cada proceso considerado.
- Consumo por fuente energética.-  
Se consideran aquí los consumos de energéticos de acuerdo al origen de la energía suministrada y se determina el impacto en los costos de producción.
- Requerimientos específicos.-  
Es la cantidad de energía necesaria para un determinado nivel de producción. Es decir, la variación del suministro de acuerdo a la variación de la producción, tipo de proceso o sistema usado.

## 2.5.- REUNIR DATOS.

### PARAMETROS A MEDIR EN LOS EQUIPOS MAS REPRESENTATIVOS

#### 1.- MOTORES.-

En los motores mas importantes ( mayores de 25 C.V. )

- Intensidad
- Factor de potencia
- Potencia

#### 2.- TRANSFORMADORES.-

- Antigüedad
- Conexión-Desconexión

#### 3.- ALUMBRADO.-

Deberà efectuarse una observación general para detectar posibles medidas de ahorro. Checando el buen estado de operación de los luminarios (balastos, difusores, etc.) así como su tipo y aplicación para poder determinar si es factible alguna reducción del alumbrado.

#### 4.- COMPRESORES.-

- Toma de aire exterior
- Tiempo que trabajan en vacío.
- Fugas en la red.
- Comprobación de la presión de compresores.

Para tener una mayor facilidad en el manejo de la información, se sugiere que esta sea concentrada mediante el empleo de formatos. Un ejemplo de esto se presenta en la tabla siguiente para un transformador.

**TRANSFORMADORES**

<b>1.- características</b>	
Referencia	
Marca	
Año de instalación	
Conexión	
Tensión nominal	
Intensidad nominal	
Relación de transformación	
Potencia nominal	
Rendimiento a plena carga	
<b>2.- Condiciones de funcionamiento</b>	
Horas anuales de funcionamiento	{ en carga en vacío
Tensión (V) Primaria secundaria	
Intensidad (A) primaria secundaria	
Potencia	{ Activa Reactiva Aparente
Perdidas	{ p.hierro { % de carga p.cobre { % de carga % de carga
Rendimiento	{ % de carga % de carga % de carga

## **2.6.- ADMINISTRADOR/COORDINADOR DE ENERGIA.**

Se trata de un elemento imprescindible, ya que la gestión energética es una tarea multidisciplinaria, es decir, que abarca diversas funciones establecidas bajo otras denominaciones dentro de la industria.

Parece como si en ocasiones compite o se inmiscuye en otras áreas aunque realmente su finalidad es facilitar el enlace entre los diferentes departamentos, promoviendo y transmitiendo ideas, controlando los programas desarrollados, estimulando a los miembros del comité a todos los niveles.

### **CUALIDADES**

El coordinador de energía debe ser una persona de reconocida capacidad, formación y prestigio dentro de la empresa, para que pueda acometer con éxito todas las actividades que conforman un programa de gestión energética.

Las principales cualidades personales que debe reunir son:

- a) Facilidad de comunicación dentro de la empresa.
- b) Capacidad de relacionar datos e información sobre el uso de la energía.
- c) Facilidad para preparar y transmitir de forma adecuada la información.
- d) Estar dispuesto a considerar y examinar todas las posibilidades energéticas aun cuando parezcan sin sentido.
- e) Capacidad para analizar la oposición que pueda existir a sus planteamientos técnicos y económicos de ahorro.
- f) Capacidad para reconsiderar situaciones previas.



## POSICION EN LA EMPRESA.

El papel del coordinador es el de asistir a los distintos componentes de la estructura de la empresa en reducción y racionalización de sus necesidades energéticas; por lo tanto es un servicio y su posición debe ser de staff.

Según la dimensión de la empresa y la importancia de su consumo energético, la función de coordinación podría no ocupar todo el tiempo al coordinador lo que le obligaría a tener que simultanear otras funciones con la de coordinador.

El coordinador presentará las acciones y políticas relativas a la conservación de energía al director general o gerente y una vez asumidas por este, ayudará a los grupos subalternos en la consecución de los objetivos. Se trata de un asesor especializado y por lo tanto su nivel deberá ser lo más próximo posible al ejecutivo al que sirve, de otra forma, se distorsionarían las informaciones en ambos sentidos por la dificultad de la comunicación y la lejanía.

## FUNCIONES.

Las funciones más destacadas del coordinador son:

- Desarrollar y mantener un sistema de auditoría y contabilidad energética y recopilar información sobre las compras de energía y consumo.
- Identificar donde se desperdicia o no se optimiza la energía, cuantificar las pérdidas, promover recomendaciones para evitarlas y preparar el plan de actuación energético, programando sus distintas actividades y marcando sus objetivos.
- Coordinar las relaciones con otras empresas pertenecientes al mismo sector industrial, y establecer relaciones con organizaciones de investigación, asociaciones de profesionales y organizaciones gubernamentales.
- Representar a la empresa en otros comités de energía del sector y en los que su propia empresa haya creado con carácter nacional o internacional.
- Mantenerse al día de los cambios que se producen en materia de energía en el plano nacional y mundial y asesorar a la dirección de sus posibles efectos sobre la misma.

## **2.7.- INGENIERO DE PLANTA.**

Es muy necesario contar con un ingeniero de planta ya sea del departamento de mantenimiento o de producción, el cual debe conocer ampliamente toda la planta y sus equipos.

La función del ingeniero de planta consistirá en asesorar al administrador de la energía sobre los puntos donde se está desperdiciando energía y los puntos estratégicos donde se puede implementar un programa de ahorro energético con posibilidades de éxito.

Podrá también acompañar a los expertos que realicen las auditorías para ayudarles a identificar los puntos clave y para aprender de ellos.

## **2.8.- PERSONAL DE OPERACION Y PRODUCCION.**

Dicho personal debe ser capacitado para cooperar en los programas que se implanten sobre administración de la energía, las medidas con las que pueden ayudar son:

- Apagar las máquinas cuando no se estén usando.
- Apagar las luces al retirarse.
- Reportar a mantenimiento si algún equipo esta funcionando en forma inadecuada.
- Revisar los desperdicios de energía en las fábricas.
- Verificar si es necesario mantener en funcionamiento las máquinas cuando no esten en uso.
- Revisar si existe demasiada centralización en la instalación de interruptores.
- Mantener en buen estado de limpieza y mantenimiento los sistemas de iluminación.

El papel del personal es muy importante porque son los que están en trato más directo con los sistemas consumidores de energía.

Los encargados de la administración de la energía dentro de una empresa, deben concientizar al personal a su cargo en el uso racional de energía, a través de:

- Charlas que enfatizen los métodos para conservar la energía.
- Instruyendo al personal sobre la forma de participación en los proyectos de conservación de la energía dentro de la empresa.
- Creando una conciencia colectiva de la necesidad de ahorro energético, tanto en el trabajo como en los hogares y en la calle.
- Buscar el reconocimiento de la empresa a obreros y empleados que sugieran ideas de ahorro energético y contribuyan a ello.

## 2.9.- FLUJO DE MATERIA PRIMA Y ENERGIA A TRAVES DE LA PLANTA.

### LA ENERGIA COMO MEDIO PARA LA TRANSFORMACION, SUS COSTOS Y OPORTUNIDADES DE REDUCCION

Las actividades industriales tienen por objeto fabricar o elaborar productos manufacturados o intermedios; esto es, aquellos que sirven como materia prima a otras empresas. La energía se utiliza como medio para la transformación, y así los combustibles suministran calor para los procesos de fabricación y la electricidad para el movimiento de los equipos, maquinaria o bien para la iluminación de las naves industriales o espacios de trabajo.

En cada actividad industrial la energía adquiere una importancia mayor o menor en función del peso específico que esta tenga dentro de los costos de fabricación, los niveles de afectación a los diferentes factores de la productividad, o la estrategia de mercado que se siga en términos de calidad, cantidad o diversificación de productos.

Las acciones recomendadas a los industriales, después de realizado el diagnóstico correspondiente, producen dividendos casi inmediatos al mejorar la productividad energética, reducir los costos inherentes a los procesos de fabricación, y por la rápida recuperación de las inversiones que se realicen.

Las instalaciones energéticas de las industrias, utilizan anualmente cantidades importantes de energía a un costo elevado; el importe de la electricidad consumida por un motor, es por lo regular varias veces superior a la inversión realizada para adquirir dichas máquinas; por ello, al evaluar ofertas y comprar equipos es conveniente prestar una atención especial al consumo de energía, circunstancia que se olvida cuando se adquieren nuevas instalaciones, o se aplican programas de mantenimiento.

Por otro lado, la industria posee técnicos especializados en la fabricación del producto, pero en general no en la utilización de la energía y esto complica el proceso de decisión que ha de basarse en la credibilidad de los proveedores de equipo, que por lo regular pretenden colocar sus productos argumentando mayores ventajas técnicas comparativas.

Por si fuera poco, algunas empresas han realizado o bien han decidido realizar inversiones; pero con el transcurso del tiempo, no saben valorar el resultado de estas, puesto que al no constituir algo relevante para el desarrollo de la actividad productiva, queda determinada por las condiciones financieras y la prioridad que se da a los proyectos de energía dentro de la estrategia de desarrollo de la industria en cuestión.

## **2.10.- SISTEMAS DE MAYOR CONSUMO DE ENERGIA.**

Es indispensable llevar a cabo registros sistemáticos de los consumos de energía, lo cual permitirá conocer mas a fondo aspectos específicos de la administración de energía.

Estos registros permiten llevar un recuento de los recursos energéticos utilizados en planta; para ello, es conveniente hacer una ponderación de cada uno y establecer así la prioridad de cuales y en que medida afectarán la producción y los servicios que se ofrecen.

El objetivo de esta evaluación es determinar cuales son los energéticos que se utilizan en mayor medida. En el caso de algunas plantas, el energético mas demandado puede ser la energía eléctrica o los combustibles; si alguno representara, en su caso, arriba del 50% del total de los insumos energéticos, las medidas a adoptar se avocarian a lograr el consumo mas eficiente de cualquiera de ellos.

A continuación, es aconsejable detectar las Áreas que registran la mayor parte del consumo energético. Esto se puede lograr recabando información con:

- Ingeniero de planta.
- Ingeniero de mantenimiento.
- Técnicos de proyectos.
- Operadores de máquinas.

Y chequeando:

- Sistemas de acondicionamiento ambiental.
- Iluminación
- Motores, compresores, etc.

#### 2.11.- PASOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO ENERGETICO.

- 1.- Comprobar que se llevan todos los aparatos necesarios para la visita.
- 2.- Reunión con la persona responsable de la empresa.
  - Descripción somera del proceso productivo.
  - Elección de las instalaciones que van a estudiarse.
  - Revisión del cuestionario para completar y modificar datos.
  - Elección, por parte del responsable de la empresa, de las personas encargadas de realizar las prácticas y mediciones.
  - Preparación, por parte de la empresa, de los datos complementarios necesarios: # de circuitos distribuidores, # de subestaciones, etc., a entregar en la reunión final.
- 3.- Recorrido rápido para ver el proceso productivo, dedicando más tiempo a los puntos fundamentales.

**4.- Realización de las mediciones.**

- Fijar un orden de trabajo.

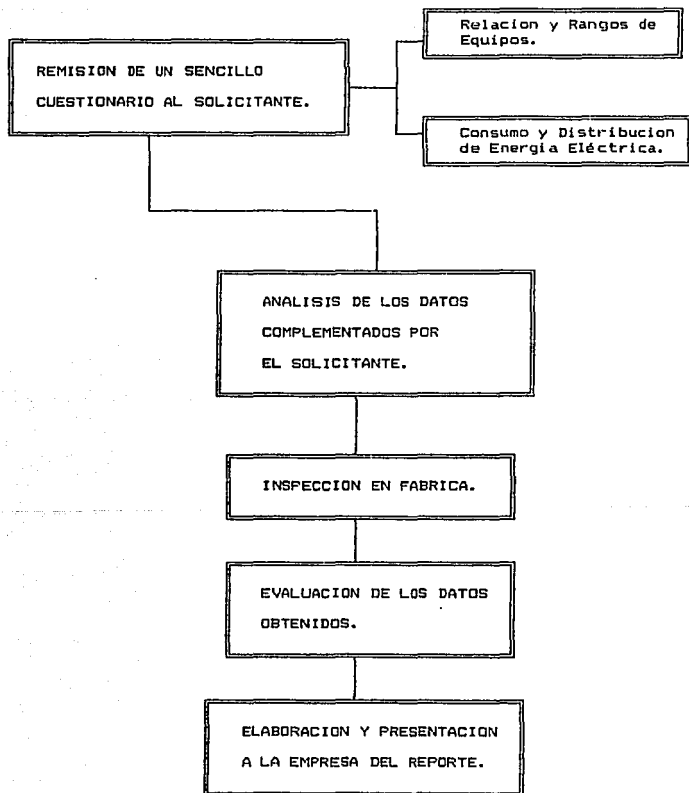
- En cada caso particular.

- . Decidir los puntos necesarios y suficientes en los que se van a efectuar mediciones.
- . Dar instrucciones oportunas al personal para que realice el trabajo necesario.
- . Calibrar y contrastar aparatos.
- . Realizar mediciones.

**5.- Reunión con el responsable de la empresa para hacer un balance de la visita.**

**6.- Repaso del inventario de aparatos utilizados en las mediciones.**

2.12.- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



## 2.13.- INVENTARIO DE EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELECTRICA.

El coordinador de energia necesita obtener la máxima información posible sobre el sistema de gestión energética que se utiliza en la empresa. Es preciso que sepa el tipo de información de que puede disponer y el uso que se hace de ella. Esta fase se puede llevar a cabo hablando con:

- Jefes de división.
- Superiores.
- Jefes de mantenimiento.
- Operadores de planta.
- Técnicos de proyectos.
- Miembros de planificación.
- Departamento de contabilidad, Etc.

Y planteándoles preguntas sobre:

- Fuentes de energia.
- Origen de las energías usadas.
- Tarifas que utilizan
- Frecuencia de inspecciones en la planta.
- Control de la energia
- Responsable de la gestión energética y dedicación.
- Forma en que se revisa el consumo energético.
  - \* Continua o periódicamente.
  - \* De acuerdo a un plan o de forma irregular.
  - \* En la planta o desde las oficinas centrales.
  - \* Fecha de la última revisión.



- Los consumos energéticos ¿ como se analizan ?
  - \* Alumbrado.
  - \* Fuerza.
  - \* Vapor etc.
- Se analizan por:
  - \* departamentos.
  - \* Por productos.
  - \* tipos de combustible.
  - \* según costo.
- ¿Que lecturas se realizan y con que frecuencia ?
- ¿ Existen contadores secundarios.?
- ¿ Existe una previsión de consumo de energía ?
- ¿ Hay establecidos consumos de energía para cada proceso ?
- ¿ Que pasos se han dado o se están dando para recuperar energía ?
- ¿ Se lleva acabo un mantenimiento programado ? ¿ Hasta que punto ?

#### 2.14.- EVALUACION DE DATOS.

La continuidad de los registros sobre consumos e insumos energéticos son indispensables para la eficacia y el buen éxito de los programas y auditorías energéticas. Estos proporcionan la información necesaria para convertir los proyectos costosos en rentables. De hecho, los registros pueden proporcionar en forma veraz y objetiva las utilidades, plantas o departamentos de índices altos, así como zonas problemáticas, para que puedan concentrarse esfuerzos en tales lugares.

El administrador de energía debe tener en su poder todos los datos sobre los sistemas de mayor consumo de energía, los cuales los puede determinar la auditoría energética realizada a la planta.

El administrador debe analizar o evaluar estos datos y determinar en donde se puede realizar un programa de ahorro energético que produzca resultados inmediatos, y en que lugares se debe llevar a cabo un estudio más a fondo y por ende más costoso; puede ser asesorado por los expertos que realizaron la auditoría o en su caso por alguna firma de ingeniería especializada en el tema.

## 2.15.- ESTIMACION DE POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO

Los diagnósticos energéticos efectuados a más de 50 empresas por parte de técnicos de la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía ( CONAE ). Han puesto de manifiesto un mercado potencial de gran amplitud a los niveles de las empresas industriales, de consultoría y de servicios, incluyendo los relativos a las instituciones financieras, para la realización de los correspondientes proyectos de inversión.

Las acciones recomendadas a los industriales, después de realizado el diagnóstico correspondiente, pueden darles una idea de que medidas de ahorro se pueden llevar a cabo, ya sea acciones sencillas en las cuales no se necesite mucha inversión, pero que si representan ciertos ahorros inmediatos, o aplicar acciones más costosas.

## 2.16.- PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE ENERGIA DE LA PLANTA.

### ADMINISTRACION DE LA ENERGIA Y AUDITORIAS ENERGETICAS

La administración de la energía, no obstante ser una función relativamente nueva, es la función que ha tenido el crecimiento más importante en los últimos años. Las empresas comienzan a reconocer el gran potencial de ahorro que existe en las industrias, y que la energía puede ser administrada tan eficientemente como cualquier otro de los recursos como la mano de obra, financieros o materia prima

Actualmente no solo los grandes consumidores de energía tradicionales de la industria pesada son los que están estableciendo gerencias de energía sino que todas las demás empresas están ya pensando en ingresar a los beneficios económicos derivados de un buen control de la energía.

La administración de la energía es una función multidisciplinaria que requiere habilidades de administración, técnicas de comunicación y motivación. Un buen gerente de energía necesitará entusiasmo, paciencia, conocimiento de principios financieros y una buena capacidad para trabajar independientemente.

#### AYUDA EXTERNA

Para poder establecer un programa de eficiencia energética es muy posible que se necesite ayuda externa, las personas más apropiadas para obtenerla serán las firmas de ingeniería especializadas en este campo, los proveedores de equipo diseñados con criterios de eficiencia y los especialistas en el ramo en el que se trate de aplicar técnicas ahorradoras de energía. Igualmente las asociaciones de industriales o las firmas de investigación y desarrollo pueden ser de gran ayuda. Los administradores de energía deben asistir a cursos de entronamiento o de actualización lo más frecuentemente que puedan.

#### INVESTIGACIONES PREVIAS

Antes de comenzar a establecer un plan de administración de la energía en una organización debe determinarse el flujo de energía y su uso y este debe analizarse hasta ser entendido claramente. Una auditoría del uso de la energía dentro de la planta, dará una idea clara de los consumos y deberá proponer varias alternativas probables para mejorar la eficiencia.

Una auditoría de primer nivel detectará los ahorros que pueden lograrse mediante modificaciones simples a los procesos y puede descubrir el potencial de ahorros mayores, también servirá para identificar en donde se podrían hacer investigaciones más detalladas, asegurando así ahorros sustanciales.

Una auditoría de segundo nivel analiza el consumo de energía y propone las recomendaciones técnicas detalladas de las medidas para mejorar la eficiencia energética, además hará los estudios costo-beneficio de las investigaciones necesarias.

**CAPITULO No. 3**

**DIAGNOSTICO ENERGETICO ELECTRICO  
DETALLADO.**

## **CAPITULO No 3.**

### **DIAGNOSTICO ENERGETICO ELECTRICO DETALLADO.**

Después de realizar una evaluación previa del conjunto de la instalación y detectado los puntos de mayor potencial de ahorro, se estudiarán todos los factores que intervienen en esa sección.

Debido a lo extenso del tema se optará por formular ciertos puntos que con mayor frecuencia son de alto ahorro, tanto energético como monetario, e irlos exponiendo pausadamente.

Uno de los problemas más severos que se ha observado es causado por el bajo Factor de Potencia con el cual comenzaremos este estudio.

#### **3.1.-FACTOR DE POTENCIA (F.P.)**

##### **3.1.1. CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA.**

Las condiciones de bajo F.P. aparecen comúnmente debido a transformadores y motores de inducción con carga inadecuada. Otras son originadas por equipos de soldar, algunos tipos de transformadores para lámparas de vapor de mercurio y equipos de alumbrado del tipo de descarga de gas (estos últimos serán considerados en la sección de iluminación). Para corregir tales condiciones, hay que efectuar medidas del F.P. existente en todo punto de carga o bien en todo alimentador (considerado como conjunto).

##### **3.1.2. VENTAJAS DE LA CORRECCION DEL F.P.**

Las ventajas derivadas de la corrección del F.P. se obtienen al liberar un sistema del efecto (carga extra) de la corriente adicional innecesaria que circula por los transformadores y otros equipos importantes del mismo. Con un F.P. alto se utiliza más eficazmente la energía comprada y la demanda se reduce al mínimo. La economía se beneficia por las bajas tarifas aplicadas por algunas empresas de servicios eléctrico a los usuarios que operan con altos valores de F.P.. Se logran también ahorros considerables al no tener que pagar las multas impuestas por bajo F.P.. En general, un F.P. mayor de 85% se considera satisfactorio y no queda sujeto a sanciones.

Aunque a partir de la primera quincena de noviembre de 1991 se determinó que el nuevo F.P. sería de 0.9 o 90 %

Resumen de las ventajas que se obtienen con la corrección del F.P..

- Evitar el pago de multas a la compañía suministradora de energía eléctrica.
- Reducir la pérdida de energía eléctrica en los sistemas de distribución.
- Aumentar la eficiencia del sistema eléctrico en general.
- Pagar la energía real que se utiliza en forma de trabajo y no la que se transforma en calor en las líneas de alimentación.
- Liberar capacidad de los transformadores, generadores y líneas de alimentación evitando riesgos por sobrecargas o cortos circuitos.
- Aprovechar la capacidad liberada y utilizarla para conectar nuevas cargas sin tener que ampliar las instalaciones existentes.
- Reducir las caídas de voltaje en las líneas de alimentación.

### 3.1.3 COMO HACER UNA REVISION DEL F.P.

Para hallar las causas del bajo F.P. debe hacerse una revisión efectuando medidas en todo el sistema. Lo primero es comprobar la carga y el F.P. de cada motor o equipo de naturaleza inductiva. Tal información puede tenerse ya si se cuenta con un registro completo de las pruebas realizadas a todos los motores y equipos en funcionamiento.

El siguiente paso es determinar, en cada caso, la corrección necesaria para llevar el F.P. a un valor razonable. Con frecuencia es posible corregir el F.P. de un alimentador en un punto, por ejemplo, en un motor, para compensar el bajo F.P. de éste y de varios motores de menor tamaño conectados al mismo alimentador en puntos cercanos al primero.

### 3.1.4. CORRECCION DEL F.P.

Una vez efectuada la revisión y conocidas las condiciones de operación, es posible seleccionar el equipo necesario para corregir el F.P., cuya capacidad en Kilovoltamperes debe ser la adecuada para producir el F.P. deseado. El nomograma y las tablas del apéndice A pueden utilizarse como guía. La corrección real se hace agregando o conectando en el sistema equipos y aparatos de bajo F.P. o de F.P. cero con corriente adelantada, tales como capacitores o condensadores estáticos, que compensen el bajo F.P. con corriente atrasada que es usual en motores de inducción y demás equipo inductivo.

En algunos casos pueden sustituirse motores de este tipo por motores síncronos, que pueden funcionar con un F.P. igual a la unidad o de corriente adelantada, pero debido a su alto costo con respecto al de un banco de capacitores se opta comúnmente por éstos últimos.

Al realizar una corrección por punto y no general, mediante la aplicación de capacitores se obtiene un beneficio adicional que es el de poder aumentar la carga activa en ciertos puntos que, después de la corrección, hallan quedado con exceso de reactivos.

Es recomendable poner un mecanismo de bloqueo en los capacitores para poderlos desactivar cuando no estén en funcionamiento ya que éstos producen reactivos que regresan por la línea de suministro ocasionando pérdidas y mal funcionamiento de los equipos de C.F.E.

### 3.1.5. EJEMPLOS DE MEJORA DEL F.P.

En este ejemplo se va a estudiar, a través de la factura mensual de la compañía suministradora, la conveniencia y rentabilidad de corregir el factor de potencia. Se trata del caso de la corrección con batería centralizada y conectada en permanencia a la red.

Un taller paga la factura mensual siguiente antes de corregir el factor de potencia (correspondiente a una tarifa B), trabajando 8 horas diarias durante 30 días al mes.

Clavo	Precio del KWh (pesos)	Consumo mensual		Demanda Máxima	
		(KWh/mes)	(KVarh/mes)	P(KW)	Q(KVAR)
Fuerza	101.92	40,000	50,000	215	260

Apartir de estos datos se obtienen:

**Demanda Media (DM).**

$$DM = \frac{40,000 \text{ KWh/mes}}{30 \text{ días} \times 8 \text{ hrs}} = 166.66 \approx 167 \text{ KW.}$$

$$DM = \frac{50,000 \text{ KVARh/mes}}{30 \text{ días} \times 8 \text{ hrs}} = 208.33 \approx 208 \text{ KVAR.}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{KW}{\sqrt{[(KW)^2 + (KVAR)^2]}} = \frac{P}{\sqrt{[P^2 + Q^2]}} = \\ &= \frac{167}{\sqrt{[167^2 + 208^2]}} = 0.62 \end{aligned}$$

**Cargo por demanda:**

\$20,375.89 MN por KW de demanda.

$$\$20,375.89 \times 215 \text{ KW} = \$ 4'380,816.36$$

**Cargo por energía:**

\$101.92 MN por KWh de energía.

$$\$101.92 \times 40,000 \text{ KWh} = \$ 4'076,800.00$$

**Total cargo por energía y demanda :** \$ 8'457,616.36

**Cargo por medición (Si esta se realizó a baja tensión):**

$$\begin{aligned} 2\% \text{ del cargo por demanda} &= \$ 87,616.33 \\ 2\% \text{ del cargo por energía} &= \$ 81,536.00 \end{aligned}$$

**Cargo total por medición en baja tensión:** \$ 169,152.33



Facturación normal:

Cargo por demanda:	\$ 4'380,816.35
Cargo por energía:	\$ 4'076,800.00
Cargo por medición en baja tensión:	\$ 169,152.33
Subtotal:	\$ 8'626,768.68

Cargo por bajo F.P.:

(Facturación normal) x (0.85/F.P. actual) - 1

$$\$8'626,768.68 \times (0.85/0.62) - 1 = \quad \$ 3'200,252.90$$

Facturación Total: \$11'827,021.58

Impuesto 15% I.V.A.: \$ 1'774,053.24

Total a pagar: \$13'601,074.81

Se calcula la potencia de los condensadores a instalar para obtener un F.P. o  $\cos \theta = 0.85$  y con un cargo por bajo F.P. igual a cero.

Situación actual:

Potencia aparente:

$$S = \sqrt{[P^2 + Q^2]}$$

$$S = \sqrt{[167^2 + 208^2]} = \quad 266.74 \text{ KVA}$$

Situación futura:

Potencia aparente:

$$S' = P/F.P.$$

$$S' = 167 \text{ KW}/0.85 = \quad 196.47 \text{ KVA}$$

Potencia reactiva:

$$Q' = \sqrt{[S'^2 - P^2]}$$

$$Q' = \sqrt{196.47^2 - 167^2} = 103.49 \text{ KVAR}$$

Potencia a instalar:

$$Q_c = Q - Q'$$

$$Q_c = 208 - 103.49 = 104.51 \text{ KVAR}$$

Que corresponde a una batería normalizada de 120 KVAR

La facturación después de la corrección será:

Cargo por demanda:	\$ 4'380,816.35
Cargo por energía:	\$ 4'076,800.00
Cargo por Medición en baja tensión:	\$ 169,152.33
Cargo por bajo F.P.:	\$ 0.00

Facturación Total: \$ 8'626,768.68

Impuesto 15% I.V.A.:

\$ 1'294,015.30

Total a pagar:

\$ 9'920,783.98

Ahorro en la facturación mensual:

$$\$13'601,074.81 - \$9'920,783.98 = \$ 3'680,290.83$$

Ahorro anual:

$$\$3'680,290.83 \times 12 \text{ meses} = \$44'163,490.01/\text{año}$$

Además de este ahorro en factura, se produce un ahorro en energía activa pues al mejorar el F.P. circulan menos intensidades por la instalación del usuario y se producen pérdidas por efecto de Joule más bajas.

Supongamos que anteriormente las pérdidas ascendían al 5% del consumo total.

Este 5% se ve reducido por el factor:

$$K = 1 - (\cos \theta \text{ antiguo} / \cos \theta \text{ actual})^2$$

$$k = 1 - (0.637/0.85)^2 = 0.43 \times 100 = 43\%$$

Luego las pérdidas bajan del 5 al 2.15%, lo que supone un ahorro anual:

$$12 \text{ meses} \times 40,000 \text{ KWh/mes} \times 2.15/100 = 10,320 \text{ KWh/año}$$

que al precio de 101.92 \$/KWh son:

$$101.92 \text{ \$/KWh} \times 10,320 \text{ KWh/año} = 1'051,814.40$$

Luego el ahorro total anual es:

$$1'051,814.40 + 44'163,490.01 = 45'215,304.41 \text{ \$/año}$$

La inversión en la batería es de \$ 8'029,300.00

Corrección del F.P. con distribución escalonada de las baterías en planta.

En las zonas de alta densidad industrial, las compañías Eléctricas exigen que la energía reactiva vertida al sistema durante las horas de baja carga no pasen de ciertos valores, es decir, impiden que los usuarios pasen a ser capacitivos ya que este efecto es perjudicial por las elevaciones de tensión a que da lugar y porque las pérdidas en el sistema son altas.

En este caso ya no vale una corrección centralizada y conectada en permanencia que es la más sencilla y la de menor desembolso de inversión sino que hay que utilizar otra forma.

Se van a utilizar los datos del ejemplo anterior (Mejora del F.P.) para comparación.

La punta de KVAR y KW es la que allí figura y su máximo tiene lugar entre 4 y 6 de la tarde (se va a desprestigiar el efecto de estacionalidad). Sin embargo, se trata de un consumidor que entre 10 de la noche y 6 de la mañana pasa por un valle de consumo de:

$$\begin{aligned} P &= 50 \text{ KW} \\ Q &= 100 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Si se deja conectada la batería prevista en el ejemplo anterior habría entre estas horas un efecto capacitivo de:

$$120 - 100 = 20 \text{ KVAR}$$

y la compañía obligaría a desconectar la batería.

Después de analizar la situación se ve que esto es debido a que parte de la instalación (un pequeño horno inductivo) funciona aislado en el relevo de noche.

Para resolver el caso se adoptan las siguientes medidas conjuntas:

- Fraccionar la batería en 2 partes de 50 y 100 KVAR, respectivamente.
- Situar las baterías en la inmediación de los centros de consumo.
- Disponer de elementos de desconexión (interruptores).
- Disponer de un reloj horario que dé las órdenes de apertura y cierre.

En este caso el ahorro es el mismo que en el ejemplo anterior pero el costo se eleva aproximadamente en un 50%.

Si se opta por la corrección del F.P. individual, se evitarían también los KVAR capacitivos sobre la red a las horas de baja carga pero el costo de esta distribución es mucho mayor que los anteriores obteniéndose el mismo ahorro, pero a su vez se logra el uso óptimo de los capacitores.

Otra opción es el uso de baterías automáticas, que no es otra cosa que una corrección centralizada mediante una batería provista de varios escalones de potencia y un relé que detecta las necesidades de potencia reactiva en función de la carga de la planta y conecta los distintos escalones de condensadores, esta es una buena alternativa pero como en el caso anterior el costo es muy elevado.

### 3.2.-CONTROL DE DEMANDA

#### 3.2.1. CONTROL DE DEMANDA A TRAVES DE LA REDUCCION DE CARGA.

Para comenzar a hablar de ello debemos definir previamente lo que llamaremos Factor de Carga. Este se define como el cociente que resulta de dividir la demanda media entre la demanda máxima. Disponiendo de los datos fundamentales de un servicio como son: consumo en KWh, demanda máxima en KW y periodo de consumo, se puede obtener fácilmente el valor del factor de carga pues bastará con hacer dos operaciones:

- Dividir el consumo en KWH entre el periodo expresado en horas, con lo cual se está obteniendo la demanda media.
- Dividir el resultado anterior entre la demanda máxima en KW.

Para ilustrar gráficamente lo que representa el factor de carga, obsérvese el apéndice B1 de este capítulo en donde se ha reproducido una curva de demanda agregando con línea punteada el valor de la demanda media. Se puede comprobar que el área tanto bajo la curva llena como bajo la línea punteada son idénticas, puesto que corresponde al mismo volumen de energía eléctrica. Esto es tan sencillo como obtener la superficie de un rectángulo: de un lado se tiene la demanda máxima en KW (ordenada) y del otro lado el periodo en horas (abscisa), de modo que al aplicar la fórmula de lado por lado se obtiene:

$$KW \times \text{horas} = KWh = \text{Energía eléctrica}$$

Lo importante de esta similitud consiste en que, si se desea que la relación demanda media entre demanda máxima, sea lo más cercano a la unidad y así obtener el mínimo precio es necesario eliminar el pico y ubicar el área correspondiente (consumo de energía eléctrica) dentro del valle de la curva de tal manera que se tenga conformación tan parecida a un rectángulo como sea posible; a esto se le denomina administración de la demanda, cuyos beneficios económicos hacia el usuario explica que este tema sea de actualidad.

Con la estructura actual el comportamiento del precio medio con respecto al factor de carga es idéntico a una sola hipérbola, es decir se aplica a cualquier rango de consumo.

Para obtener un panorama objetivo de lo anterior es indispensable disponer de una gráfica (ver apéndice B2) que nos muestre cual es realmente el precio medio para cualquier valor del factor de carga y de esta manera poder evaluar los beneficios económicos que se obtendrían de incrementar el factor de carga consecuencia de una administración de la demanda.

Si en lugar de usar ejes comunes rectangulares, se utiliza una escala semihiperbólica la curva convencional se convierte en línea recta, como se puede observar en la gráfica del apéndice B3. Esto presenta la ventaja de poder trazar en la misma gráfica otra curva correspondiente a cualquier otro mes.

### 3.2.2.- IMPORTANCIA DEL PERFIL DE CARGA.

Como se sabe una condición que debe reunir un servicio eléctrico para tener un factor de carga cercano a la unidad, consiste en tener, asimismo, una curva de duración de carga tan parecida a una rectángulo como sea posible. Consecuentemente el primer paso deberá ser la obtención de un perfil de carga a lo largo de las 24 horas de un día que se considere representativo. Sólo así se podría estar en condiciones de hacer un diagnóstico lo más acertado posible con base en lo siguiente:

- Existencia o no de picos.
- Duración de los picos.
- Magnitud de los picos.
- Horario de los picos.
- Origen de los picos.
- Posibilidades de abatir los picos.

Debe observarse que cualquier intento que se haga, sin considerar el perfil de carga, resultará infructuoso, ya que el factor de carga proveniente, por ejemplo de una facturación mensual, será un valor promedio que estará influenciado por los días de descanso o baja producción. Así se puede encontrar servicios con factores de carga relativamente bajos y, sin embargo, con perfiles de carga diaria cercanos a la condición óptima y en los cuales no se podrían hacer mejoras. Esto se comprueba en industrias pequeñas que sólo operan un turno, pero que durante las 8 horas correspondientes tienen una demanda casi uniforme cuando sus factores de carga mensual oscilan en 20%.

En el apéndice B4 se observa un servicio que presenta oscilaciones constantes a lo largo de las 24 horas, lo que indica la existencia de circunstancias peculiares. La posibilidad que esta curva pudiera modificarse, dependerá de un análisis que sobre el terreno se haga.

En el ejemplo del apéndice B4 se observó que la demanda oscilaba entre valores máximos y mínimos seis veces al día, una investigación al respecto hubiera comprobado que debido a las condiciones del proceso, difícilmente podrían haberse eliminado tales oscilaciones; sin embargo, también se pudo haber comprobado que el aumento paulatino de la demanda se debía al proceso de encendido de un horno con un período de aproximadamente 30 minutos, pero con un sólo pico al día de 15 minutos y precisamente de 7:15 a 7:30 de la mañana.

Esto se podría deber a que a esa hora todos los operarios inician su turno haciendo funcionar al mismo tiempo el equipo a su cargo. Tomando en cuenta que dicho pico era aproximadamente 500 KW, se podría concluir que era factible reducir tal valor con tan sólo diferir 15 minutos las labores acostumbradas en un departamento, como taller mecánico, por ejemplo, que no afecta la producción. Así, la demanda máxima que era del orden de 16,912 KW, podría disminuir a 16,400 KW.

- Tenemos que recordar que la demanda máxima se calcula por la potencia consumida en KWh en 15 minutos; por lo tanto si consumimos en ese tiempo 100 KWh la demanda será:

$$100 \text{ KWh} / 0.25 \text{ hr.} = 400 \text{ KW}$$

- Otra recomendación que podría ayudarnos en este problema sería la instalación de alarmas en forma de luces indicadoras o campanas en una central de control o en puntos particulares de gran carga, que nos indiquen que se está rebasando la demanda, previamente fijada y obviamente menor que la demanda máxima contratada, para poder desconectar ciertos equipos, ya sea manual o automáticamente, durante un tiempo sin producir agravios al proceso.
- Utilizar la tarifa horaria para reducir la facturación.

### 3.3.- SELECCION DE MOTORES DE TAMAÑO ADECUADO.

#### 3.3.1.- CLASIFICACION DE LOS MOTORES ELECTRICOS DE USO GENERAL POR SU POTENCIA.

Aunque hay diversos modos de calificar o designar un motor eléctrico, lo usual es hacerlo con arreglo a su potencia nominal (Potencia para la cual se ha diseñado y construido). Por ejemplo, se puede hablar de un motor de "un décimo de caballo" de potencia nominal.



NOTA: Las unidades que se utilizarán se pueden observar en las tablas del apéndice C, así como sus equivalencias.

La potencia mecánica de un motor depende de dos cosas:

- 1.- Su Par Motor o de Rotación (Esfuerzo de giro que desarrolla)
- 2.- Su Velocidad Angular o de Giro.

La fórmula general es:

$$P = M \times \frac{2\pi N}{60} = 0.105 \text{ [MN]}$$

Siendo:

- P : Potencia Mecánica.
- M : Par de Rotación.
- N : Velocidad en revoluciones o vueltas por minuto (rpm).

Si M está en metro-kilogramo (o en libras-pie), P resultará en kilográmetros por segundo (O en libras-pie por segundo). Para obtener P en caballos de vapor (C.V.) o de fuerza (H.P.) la fórmula será:

$$P = 0.105 \times K \text{ [MN]}$$

en la que P resultará en C.V., si  $K = 1/75$  y M está en metros-kilogramo; o bien en H.P., si  $K = 1/550$  y M está en libras-pie.

Todo motor es capaz de soportar una carga superior a su capacidad o potencia nominal, al menos por un corto tiempo. Un motor de 1/4 H.P. no se parará si le aplicamos una carga ligeramente mayor que tal valor. Pero para evitar que un fabricante asigne potencias nominales arbitrarias, se han establecido ciertas normas por la National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

Los motores de uso general deben diseñarse de modo que la elevación de temperatura de un motor ventilado que lleva su carga normal no exceda de 40 °C.. Tal elevación se basa en una temperatura ambiente (del aire exterior) no mayor de 40 °C, siendo constantes la tensión aplicada y la frecuencia.

Aún sin la norma NEMA, el aumento de temperatura sería de todos modos un factor automático de limitación. Si la temperatura de los devanados de un motor excede ciertos límites, su aislamiento se deteriorará o se quemará. Por tanto, el principal efecto de la norma NEMA es estandarizar la calificación de motores de manera que un comprador sepa lo que puede esperar de él.

Los motores de "Servicio Constante", diseñados para trabajar continuamente, alcanzan su temperatura máxima en dos o tres horas. El mismo motor funcionando de manera discontinua, se enfriará durante los períodos de inactividad y no llegará a alcanzar el máximo de temperatura. Los motores de "Servicio Intermitente", por tanto, pueden calificarse con una potencia nominal mayor que los de servicio constante. Están limitados por la misma elevación de temperatura pero alcanzan el valor crítico en un tiempo más corto. Cuando se sabe, por ejemplo, que un motor no trabajará más de 30 minutos cada vez, teniendo un tiempo libre suficiente para enfriarse, podrá designarse para una capacidad mayor que si fuera para servicio constante.

Aunque dos motores sean de la misma capacidad, el par de rotación que desarrollen en el arranque, durante su aceleración o durante su marcha normal pueden ser muy diferentes. Para impedir que haya grandes diferencias, la NEMA ha recomendado algunos valores mínimos de par motor para un tipo dado de motor de uso general de cierta potencia.

Otra importante limitación es la intensidad nominal de corriente a rotor bloqueado (o agarrotado). Para evitar fluctuaciones indebidas del voltaje de distribución, la mayor parte de las empresas de energía eléctrica no admiten motores de 1/6 H.P., o menos, que tomen una corriente a rotor bloqueado mayor de 20 Amperes a 115 Volts.

Además de tales limitaciones, la NEMA establece un valor mínimo definido para el rendimiento y Factor de Potencia de diferentes tipos de motores a cargas de 50, 75 y 100%.

A veces los fabricantes construyen motores para los que no hay normas, especialmente de baja capacidad, pero tratan de mantenerse lo más cerca posible de las normas NEMA.

### 3.3.2.- SELECCION DEL MOTOR CORRECTO.

I) Potencia necesaria.

La potencia necesaria del motor para accionar la máquina conducida puede determinarse a menudo por uno o varios procedimientos:

a) Por medición directa.

Proporcionese carga a la máquina impulsada reproduciendo las condiciones con que funcionará normalmente. La potencia puede medirse entonces utilizando un analizador industrial u otros instrumentos.

b) Por comparación.

Compárese la máquina por accionar con otras de potencia semejante conocida. Este procedimiento debe emplearse sólo cuando sea impráctico realizar la medición directa de potencia.

c) Por cálculo.

Utilícese información factual o potencias conocidas para trabajos concretos (tales como los caballos por centímetro cúbico necesarios en una herramienta de corte para remover metal de composición dada en un tiempo especificado).

d) Por información de placa.

En la mayoría de las máquinas el fabricante estampa en la placa de datos la potencia necesaria de su motor.

e) Por determinación de la potencia media cuadrática (r.m.c.).

Muchas máquinas trabajan según un ciclo determinado que se repite a intervalos regulares. A menudo tal valor de potencia se presenta durante el ciclo cuando se conocen las potencias necesarias y su duración; la potencia nominal del motor requerido puede calcularse entonces por el método de la r.m.c. (raíz de la media de los cuadrados).

Multiplíquese el cuadrado de la potencia requerida (en caballos) en cada parte del ciclo por el tiempo en segundos necesario para completar dicha parte. Divídase la suma de tales resultados por el tiempo efectivo (en segundos) necesario para completar el ciclo. Extráigase después la raíz cuadrada de este último resultado, que será la potencia media cuadrática.

Si el motor no funciona durante parte del ciclo, hay que usar sólo 1/3 del periodo de reposo para determinar el tiempo efectivo correspondiente a motores abiertos (tratándose de motores cerrados tómesese 1/2 del periodo de inactividad). Lo anterior se debe a la reducción en el efecto de enfriamiento cuando el motor está parado.

Un ejemplo de lo anterior es el siguiente: Supóngase una operación de maquinado en que un motor abierto desarrolla una potencia de 8 H.P. durante 4 minutos, de 6 H.P. durante 50 segundos, de 10 H.P. durante 3 minutos y permanece inactivo durante 6 minutos. A continuación se repite el mismo ciclo, entonces la potencia media cuadrática será:

$$\sqrt{\frac{8^2 \times 240 + 6^2 \times 50 + 10^2 \times 180}{240 + 50 + 180 + 360/3}} =$$

$$= \sqrt{59.5} = 7.7 \text{ H.P.}$$

Por tanto, hay que emplear un motor de 7.5 H.P.

NOTA. En ciclos que se repiten rápidamente y que implican cambios de marcha y desaceleración por contramarcha (plugging), debe tomarse en consideración el calentamiento adicional debido a las inversiones y cargas externas de inercia (efecto  $GR^2$ , o sea, el peso multiplicado por el cuadrado del radio de inercia). Se requiere entonces un análisis del ciclo de trabajo más elaborado que el anterior.

Además de determinar la potencia nominal considerando la capacidad térmica, hay que efectuar una comprobación para asegurarse de que los picos o puntas de carga, aunque sea de corta duración, impuestos por la máquina impulsada no excedan la potencia máxima que puede desarrollar el motor sin frenarse o agarrotarse (stalling). Puede emplearse tablas que indican el par máximo de un motor en función del par normal o a plena carga. El primero siempre debe exceder del par de pico impuesto por el ciclo de trabajo. De preferencia debe ser, por lo menos, 25 % mayor que éste para compensar las condiciones de trabajo anormales, tales como la tensión baja, con alto rozamiento, etc..

II) Intensidad de corriente de arranque (a rotor frenado).

La tabla siguiente indica valores representativos de intensidad de arranque para motores de tipo CS, arranque directo, clase I. Si se necesitan valores más exactos recórrase a una oficina de ventas y pida que se le proporcionen estos datos.

POTENCIA (HP)	INTENSIDAD DE ARRANQUE A 220 V (AMPS.)
1	25
1.5	35
2	43
3	60
5	88
7.5	120
10	150
15	225
20	285
25	350
30	420
40	565
50	735

### III) Deslizamiento.

Sin carga, el motor de inducción gira prácticamente a la velocidad de sincronismo. Con carga, la velocidad del motor difiere de la de sincronismo y tal diferencia (expresada como porcentaje de la segunda) se llama deslizamiento. Por ejemplo si la velocidad de sincronismo es de 1800 r.p.m. y la de plena carga es de 1700 r.p.m., el deslizamiento a plena carga será de:

$$(1800 - 1700) \times (100) / 1800 = 5.5 \%$$

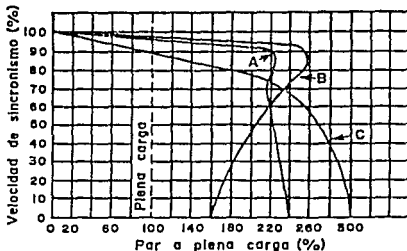
El deslizamiento en un motor de inducción depende de la caída de tensión en el circuito secundario, es decir, del producto de la resistencia del rotor por la intensidad de la corriente. Cuanto mayor sea dicha resistencia mayor será el par de arranque para una intensidad de corriente dada. Así mismo, cuanto mayor sea el deslizamiento mayores serán las pérdidas y, por tanto, el rendimiento o eficiencia será menor.

#### IV) Par motor.

La selección del tipo de motor correcto debe basarse también en los requisitos de par de rotación. Hay dos valores de par que deben considerarse en un motor:

- 1.- El de arranque o inicial
- 2.- El crítico o límite ("pull-out torque").

El par de un motor debe equilibrarse con el rendimiento y el factor de potencia. Un par de arranque excesivo resulta en bajo rendimiento, bajo factor de potencia y deficiente regulación de velocidad.



Gráfica VELOCIDAD - PAR MOTOR.

- A.- De arranque directo (linestart), clase 2.  
Alto par inicial y baja intensidad de arranque.
- B.- De arranque directo, clase 1.  
Par inicial normal y baja intensidad de arranque.
- C.- De alto par y alto deslizamiento.

### 3.3.3.- EJEMPLOS DE AHORRO CON EL CAMBIO DE UN MOTOR.

a) Adecuación de un motor a la potencia necesaria.

Sea un motor de 3 KW a 1500 r.p.m. arrastrando un ventilador para renovación de aire de un local.

Después de varias mediciones se observa que el motor está ampliamente dimensionado y que realmente está dando 2 KW de potencia en régimen continuo. El motor funciona 6,000 horas al año.

Se sustituye este motor por otro de 2.2 KW a 1500 r.p.m..

Comparando ambos motores se tiene:

TOPICO	MOTOR DE	
	3 KW	2 KW
Potencia cedida (kW)	2	2
Fracción de carga (%)	66.6	91
Rendimiento (%) (ver apéndice D2)	76	78
Factor de Potencia (ver apéndice D2)	0.696	0.807
Potencia absorbida (kW)	2.63	2.56
KVA absorbidos	3.77	3.17
Energía consumida por año (kWh/año)	5470.4	5324.8
Costo de los kWh consumidos a \$101.92 \$/kWh (\$/año)	557,543.2	542,703.6
Costo con penalización (\$/año)	680,907.6	571,620.9
Ahorro energético (kWh/año)	---	420
Ahorro en factura anual (\$/año)	---	109,286.7
Precio del motor (\$)	655,500	520,000
Menor precio del motor (\$)		135,500

En otros casos se puede encontrar que el empleo indiscriminado de los coeficientes de seguridad encadenados da lugar a motores sobredimensionados excesivamente. Y se puede apreciar que no es interesante, en estos casos, retirar el motor viejo y comprar uno nuevo. Sin embargo, son factibles otras soluciones:

- Permutar motores con otros de la misma empresa.
- Permutar con otro propietario un motor más grande por otro menor.

En este caso se nota la importancia de dimensionar con precisión los motores de acuerdo con la potencia que ha de suministrar, en el caso de las nuevas instalaciones, ya que, además de reducirse la inversión se ahorra energía y costos de explotación.

### 3.4.- ILUMINACION.

Otro tema importante que debe tomarse en cuenta es la iluminación. El ojo humano sólo es capaz de detectar y reconocer radiaciones visibles aquellas cuyas longitudes de onda quedan comprendidas entre 0.38 y 0.76 micras. Sin embargo, una fuente luminosa cualquiera, emite energía radiante en un gama de frecuencias generalmente amplia, siempre mayor que la de las radiaciones visibles siendo diferentes las cantidades de energía asociadas a cada una de las frecuencias presentes.

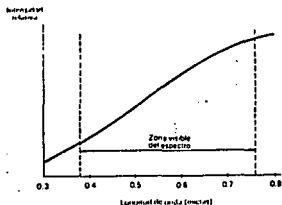


Fig. 1.- Curva de espectro de radiación de una lámpara de incandescencia.

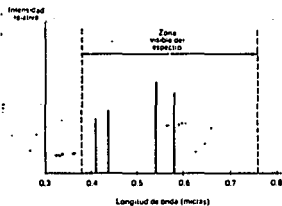


Fig. 2.- Espectro discontinuo de radiación de una lámpara de vapor de mercurio.



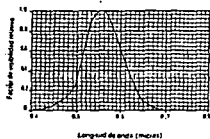
Las figuras 1 y 2 representan dos espectros de emisión bien diferenciados. La figura 1 corresponde a una lámpara de incandescencia típica y en ella se aprecia que la radiación emitida contiene todas las frecuencias visibles, si bien la energía transportada por cada una de ellas crece progresivamente con la longitud de onda.

Por el contrario, la lámpara de vapor de mercurio, cuyo espectro de emisión aparece indicado en la figura 2 concentra la casi totalidad de su energía radiante visible en frecuencias no continuas, localizadas en el violeta, verde y amarillo.

El ojo humano tiene una sensibilidad distinta para cada frecuencia; es decir, es estimulado o impresionado de modo distinto por iguales cantidades de energías recibidas a frecuencias diferentes.

La sensibilidad es máxima para ondas cuya longitud es 0.555 micras. A esta longitud de onda se le atribuye la sensibilidad unidad, siendo inferiores a la unidad las sensibilidades para el resto de las frecuencias (ver figuras 3 y 4)

De acuerdo con lo anterior, la sensación de luminosidad que recibe el ojo humano es proporcional, para cada frecuencia, al producto de la energía radiante que la radiación incidente transporta a dicha frecuencia, por la sensibilidad relativa de la visión humana correspondiente a la misma frecuencia. La suma de los productos así obtenidos, para toda la gama de radiaciones visibles contenida en la luz incidente, constituye la energía total recibida por el ojo.



Curva de visibilidad del ojo humano.

LONGITUD DE ONDA (micras)	FACTOR DE VISIBILIDAD	EQUIVALENTE EN ENERGÍA (micras)	FACTOR DE VISIBILIDAD	EQUIVALENTE EN ENERGÍA (micras)	FACTOR DE VISIBILIDAD
0.38	0.00001	0.51	0.503	0.64	0.175
0.39	0.00012	0.52	0.710	0.65	0.197
0.40	0.00024	0.53	0.862	0.66	0.204
0.41	0.0012	0.54	0.954	0.67	0.232
0.42	0.004	0.55	0.995	0.68	0.217
0.43	0.0116	0.56	0.995	0.69	0.202
0.44	0.023	0.57	0.932	0.70	0.192
0.45	0.038	0.58	0.870	0.71	0.171
0.46	0.06	0.59	0.757	0.72	0.09105
0.47	0.091	0.60	0.631	0.73	0.04031
0.48	0.139	0.61	0.503	0.74	0.09925
0.49	0.208	0.62	0.381	0.75	0.00012
0.50	0.323	0.63	0.265	0.76	0.00003

Factores de visibilidad de la radiación.

Figuras 3 y 4

Por otro lado, las fuentes luminosas no emiten la misma cantidad de energía para todas las frecuencias, sino que, al igual que el ojo es selectivo para la recepción, las fuentes son selectivas para la emisión.

El flujo luminoso emitido se define como el flujo radiante de energía ponderado según el espectro de emisión correspondiente a las distintas longitudes de onda que lo integran.

#### 3.4.1.- RENDIMIENTO LUMINOSO.

El rendimiento de una fuente de luz (Lúmenes/Vatio) será tanto más alto, es decir emitirá más lúmenes por cada vatio de energía de otro tipo gastada, cuando se consiga con mayor eficacia:

- Convertir la energía de otro tipo en energía radiante.
- Que dicha energía esté lo más concentrada posible en el espectro de frecuencias visibles.
- Pueda obtenerse, dentro del espectro visible, una gama de frecuencias para que la sensibilidad del ojo sea más alta.

Las dos últimas condiciones son las que afectan al rendimiento luminoso y son satisfechas al máximo por una fuente de luz monocromática de 0.555 micras de longitud de onda, para la cual es máxima la sensibilidad visual, tal y como se ha visto en la figura 3.

Ya que de acuerdo con la definición de Lúmen se da la equivalencia: 1 vatio = 685 lúmenes, esta fuente alcanzaría el rendimiento de 685 lúmenes/vatio, que es el máximo que puede obtenerse.

#### 3.4.2.- CURVAS FOTOMETRICAS.

Un manantial luminoso posee un valor único y definido de flujo luminoso. En cambio la intensidad luminosa indica las proporciones en que el manantial distribuye su flujo luminoso en las distintas direcciones.

Las propiedades de un manantial de luz quedan completamente definidas por su curva fotométrica, que es un diagrama en el que se representa la intensidad luminosa del foco en función de la dirección angular. Un ejemplo de curva fotométrica es la figura 5. Partiendo de esta curva, y conocida la geometría del foco, pueden deducirse las demás magnitudes referentes a él.

A título de ejemplo, para un manantial luminoso con simetría axial, el flujo luminoso total se deduce a partir de la curva fotométrica mediante la suma:

$$F = 2\pi \cdot I_o \cdot \text{sen} \theta$$

Donde:

$I_o$  : Intensidad luminosa media en la dirección definida por el ángulo  $\theta$  (que comprende el intervalo  $\frac{\theta - \Delta\theta}{2}$ ,  $\frac{\theta + \Delta\theta}{2}$ ) (cd).

$\theta$  : Anchura de intervalo elegido para la suma (rad).

$F$  : Flujo luminoso total (lumen).

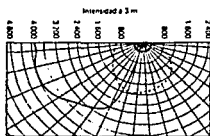


Figura 5. Curva Fotométrica.

Las curvas fotométricas utilizadas indican el flujo total de la lámpara sobre la misma figura.

Si las intensidades vienen indicadas para 1,000 lómenes, el valor verdadero de las mismas se encontrará multiplicando la intensidad leída sobre el diagrama por el flujo real señalado en el mismo, y dividiendo por 1,000 el resultado.

### 3.4.3.- TIPOS DE LAMPARAS.

Existe un conjunto muy variado de lámparas, adecuado a la multiplicidad de aplicaciones a que pueden destinarse (iluminación, fotografía, señalización, laboratorio, cine, etc.).

El siguiente trabajo solamente abarcará a las lámparas utilizadas en alumbrado, de las que se destacarán los tipos siguientes:

- a) Incandescencia.
- b) Descarga.
  - De vapor de mercurio.
  - De vapor de sodio.
  - Fluorescentes.

#### 3.4.3.1.- LAMPARAS DE INCANDESCENCIA.

##### a) Aspectos generales.

Originan la energía radiante por la emisión a alta temperatura (unos 2,500 °C) de un filamento de tungsteno, calentado por el paso de la corriente eléctrica. La mayor parte de la energía emitida se sitúa en el infrarrojo, por lo que el rendimiento en luz visible es notablemente bajo.

##### b) Comportamiento.

El rendimiento de una lámpara de incandescencia, a igualdad de potencia, es menor cuanto mayor es la tensión nominal ( a 220 V un 10% menor que a 127 V).

Es importante utilizar las lámparas a su tensión nominal. Si se alimentan a tensiones inferiores a ella su vida se alarga mucho, pero la potencia luminosa es bastante menor que la nominal. Por el contrario, si se alimentan a mayor tensión que la nominal, la potencia luminosa crece apreciablemente, pero la vida se acorta, e incluso puede destruirse la lámpara a la primera conexión, si la diferencia de tensión es sensible.

El rendimiento luminoso crece al aumentar la potencia nominal de las lámparas como puede apreciarse en la figura 6. Por otro lado, el rendimiento disminuye con el transcurso del tiempo y puede ser el 70% del inicial al finalizar la vida útil. La vida media para la que se construyen las lámparas de incandescencia es de 750 a 1,000 horas de servicio, en una gama de potencias como la indicada en la figura 6 siguiente:

Tensión (volts)	Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
125	25	220	9
125	40	465	12
125	60	870	15
125	75	1098	15
125	100	1565	16
125	150	2300	15
125	200	3500	18
125	300	5750	19
125	500	9825	20
125	1000	21200	21
220	60	480	8
220	100	1250	13
220	150	2100	14
220	200	3000	15
220	300	4830	16
220	500	8900	18
220	1000	19500	20

Figura 6. Rendimiento de lámparas de incandescencia.

c) Ventajas y Usos.

El alumbrado por lámparas de incandescencia presenta las siguientes ventajas:

- Instalación sencilla. No requiere elementos auxiliares de cebado ni arranque y se conecta a la red directamente.
- Factor de Potencia unidad. No necesita conexión de condensadores en paralelo con la lámpara.
- Luz cálida, neutra y sin colorido. Agradable para ambiente doméstico.

Tiene, sin embargo, como inconveniente el reducido rendimiento y la vida no muy larga, empleándose casi exclusivamente para iluminación del hogar y en lugares de descanso, diversión o esparcimiento.

### 3.4.3.2.- LAMPARAS DE DESCARGA.

#### a) Aspectos generales.

En este tipo de lámpara, la conducción eléctrica no se realiza en el interior de un metal, como en las lámparas de incandescencia, sino en el seno de un gas ionizado, en el cual se establece una descarga eléctrica.

Una propiedad de las lámparas de descarga es la emisión de luz concentrada en una o varias frecuencias no continuas.

El encendido o arranque exige una tensión elevada, superior, en general, a la suministrada por la red. Sin embargo, una vez cebada la lámpara, la tensión necesaria para mantenerla en funcionamiento es menor que la de cebado. Además, la corriente tiende a crecer, sin límite, para pequeñas variaciones de tensión.

De lo anterior se deduce:

- Es necesario, generalmente, acoplar un dispositivo arrancador que facilite la elevada tensión de cebado.
- Debe instalarse una reactancia en serie con la lámpara, con objeto de que la corriente no crezca sin límite y se mantenga en el valor adecuado.

La introducción de reactancias hace aparecer el problema del factor de potencia, que se corrige añadiendo condensadores en paralelo con la alimentación.

### 3.4.3.3 - LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO.

#### a) Lámparas de baja presión.

La lámpara está llena de gas neón y sodio. La descarga comienza en el gas neón, y su calor evapora progresivamente el sodio. Al cabo de unos 10 minutos, los vapores de este metal terminan por conducir la descarga eléctrica. Si la lámpara se apaga en este momento, el vapor de sodio se condensaría y no sería posible el reencendido de modo inmediato.

La luz visible emitida por la descarga del sodio está situada, en gran parte, en longitudes de onda cercanas a 0.59 micras. El factor de visibilidad, para estas radiaciones, es cercano al 90 %, por lo cual el rendimiento luminoso de las lámparas de sodio es muy elevado.

En la figura 7 aparecen los rendimientos típicos de este tipo de lámparas para diferentes potencias.

Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
18	1800	100
35	4800	137
55	8000	145
90	13500	150
135	22500	167
180	33000	183

Figura 7. Rendimiento de lámparas de Vapor de Sodio.

Se construyen para vidas medias más elevadas que las de incandescencia, aproximadamente de unas 5,000 a 6000 horas.

b) Lámparas de alta presión.

El funcionamiento es análogo al de las de baja presión, pero el contenido en sodio es más elevado. Su rendimiento es algo inferior al de las primeras, pero la vida media es más dilatada, aproximadamente de unas 9,000 horas.

c) Aplicaciones.

La luz de sodio, por su coloración amarillo naranja, no permite distinguir adecuadamente los colores, y no es adecuada para el alumbrado ordinario. En cambio, su gran rendimiento la hace atractiva allí donde la distinción de colores no sea fundamental, como por ejemplo en:

- Vías públicas de tránsito rodado.
- Almacenes y grandes talleres.
- Estaciones y parques ferroviarios.
- Etc.

o bien, donde el monocromatismo constituye por sí mismo una ventaja:

- Señalización.
- Alumbrado exterior de monumentos o edificios notables.

#### 3.4.3.4.- LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESION.

En estas lámparas, la descarga comienza en el seno del gas argón. Con el calor producido, se evapora el mercurio contenido en la lámpara, proceso que dura unos 5 minutos, pasando a ser éste el responsable de la conducción.

Las lámparas de mercurio ofrecen un rendimiento bastante bueno, aunque algo inferior a las de sodio. La coloración de la luz, sin embargo, restringe su utilización a aplicaciones distintas del alumbrado general:

- Alumbrado industrial.
- Parques.
- Almacenes.
- Vías públicas.

La vida media de estas lámparas es de 6,000 a 9,000 horas.

Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
100	4200	42
175	8600	49
250	12100	48
400	22500	56
700	44500	64
1000	63000	63

Figura 8. Rendimiento de lámparas de vapor de mercurio.

La falta de longitudes de ondas rojas en el espectro de las lámparas de mercurio se ha corregido de los modos siguientes:



a) Lámparas de luz mixta.

Son una combinación de lámparas de mercurio y de incandescencia (cuya emisión es más intensa en tonos rojos). El flujo luminoso correspondiente a las radiación por incandescencia es del orden del doble del mercurio, lo que hace que el rendimiento total supere al de incandescencia en un 50 %.

Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
160	3000	19
250	5500	22
500	12500	25

Figura 9.- Rendimiento de lámparas de luz mixta.

b) Lámparas de halógenos.

Se corrige el defecto cromático añadiendo al mercurio yoduros de diversos metales. Los rendimientos son muy buenos, como se puede observar en la figura 10.

Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
500	10950	22
1000	21400	21
1500	35800	24

Figura 10.- Rendimiento de las lámparas de Iodo Cuarzo.

### 3.4.3.5.- LAMPARAS FLUORESCENTES.

Son lámparas de vapor de mercurio, pero funcionan a baja presión. En estas condiciones, la emisión de luz difiere radicalmente de las anteriores lámparas de mercurio, comportándose del modo siguiente:

- La mayor parte de la energía radiada en la descarga se sitúa en la longitud de onda de 0.2537 micras (ultravioleta), fuera del espectro visible.
- Para conseguir luz visible, se recubre el interior de la ampolla con una materia fluorescente adecuada que, al ser impactada por la radiación ultravioleta de la descarga, la absorbe y emite a su vez radiación.

Esta radiación secundaria es visible, y su espectro de longitudes de onda, que puede ser muy variado, depende de la naturaleza de las sustancias que constituyen el recubrimiento fluorescente. El rendimiento que se obtiene en las lámparas fluorescentes aparece indicado en la figura 11.

Potencia (vatios)	Flujo luminoso (lúmenes)	Rendimiento (lúmenes/vatio)
20	1300	65
21	1030	49
39	3000	77
40	3150	79
75	6300	84
Alta Descarga H.O. 800 mA		
60	4300	72
85	6650	78
110	9200	84
Muy Alta Descarga V.H.O. 1500 mA		
110	6250	57
165	9900	60
215	14500	67

Figura 11. Rendimiento de lámparas fluorescentes

a) Cebado de lámparas fluorescentes.

El arranque de un tubo fluorescente requiere normalmente una tensión más alta que la de la red que lo alimenta. Esta tensión se consigue provocando con el cebador, comúnmente llamado balastro, una interrupción brusca de la corriente en el circuito de una reactancia, lo que origina una sobretensión capaz de cebar la lámpara.

Los balastos, con el tiempo, pierden propiedades y se vuelven incapaces de producir un encendido al primer intento. Con el envejecimiento son cada vez más las maniobras requeridas para que el balastro consiga cebar la lámpara, por lo que es conveniente sustituirlo al acabar su vida útil.

b) Factor de Potencia debido a lámparas fluorescentes.

La necesaria utilización de reactancias para cebar y limitar la corriente en las lámparas fluorescentes acarrea factores de potencia bajos en las instalaciones de alumbrado (del orden de 0.3 a 0.5). Este defecto puede evitarse colocando condensadores en paralelo con la lámpara.

c) Aplicaciones.

Pueden obtenerse muy distintas coloraciones de la luz producida por las lámparas fluorescentes variando la composición química de los revestimientos internos de las ampollas, con lo que resultan muy adecuadas para letreros luminosos, incluso si son intermitentes, puesto que los tiempos de arranque son reducidos.

La luz blanca obtenida de lámparas fluorescentes es muy semejante a la luz diurna, y se emplea extensamente para el alumbrado ordinario de interiores, incluso en locales donde se desarrolla trabajo humano que requiera percepción de detalles visuales, tales como:

- Talleres de maquinaria o ajuste.
- Oficinas e interior de edificios públicos.
- Salas de delineación.
- Comedores.
- Hospitales.
- Otros lugares destinados al público.

### **3.4.4.- PROYECTOS DE ALUMBRADO.**

#### **3.4.4.1.- METODOS DE ILUMINACION.**

Se clasifican de acuerdo con su distribución luminosa vertical:

##### **a) Indirecta.**

El 90 a 100 % de la energía emitida por la luminaria se dirige hacia el techo y paredes con ángulos de emisión por encima de la horizontal. Prácticamente toda la iluminación en el plano de trabajo proviene del techo y en menor medida de las paredes laterales, después de haberse reflejado en ellos la luz que procede directamente del aparato.

La iluminación indirecta no es tan eficaz como otros sistemas, pero su distribución sencilla, la ausencia de sombras y de brillo la hacen ideal para oficinas, escuelas y otras aplicaciones similares.

##### **b) Semiindirecta.**

El 60 a 90 % de la energía emitida por la luminaria se dirige hacia el techo y paredes con ángulos de emisión por encima de la horizontal, mientras que el resto se dirige directamente hacia abajo.

##### **c) General difusa o directa-indirecta.**

El 40 a 60 % de la energía emitida por la luminaria se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. La iluminación sobre el plano de trabajo es aportada mayoritariamente por la luz que procede directamente de la luminaria, habiendo una cantidad importante de luz que se dirige hacia el techo y las paredes.

##### **d) Semidirecta.**

El 60 a 90 % de la energía emitida por la luminaria se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. El nivel de iluminación que este sistema proporciona sobre el plano de trabajo es fundamentalmente resultado de la luz que viene directamente de la luminaria; la componente indirecta es relativamente pequeña y hace más brillante el área del techo alrededor de la luminaria, disminuyendo el contraste de brillos.

e) Directa.

El 90 a 100 % de la energía emitida por la luminaria se dirige hacia abajo en ángulo por debajo de la horizontal. Este sistema es el más eficaz bajo el punto de vista energético, ya que no existe absorción en el techo y muy poca en las paredes.

Es adecuado para locales de gran altura, como talleres, edificios públicos, almacenes, estaciones de ferrocarril, etc.

Las luminarias para este tipo de iluminación pueden clasificarse según la forma en que producen la difusión: concentrada, media o ancha. Los equipos de difusión media o ancha pueden usarse en locales relativamente anchos con la ventaja de que es mayor el número de luminarias que contribuyen a la iluminación de cualquier punto. Son recomendables los equipos concentrados en el caso en que las luminarias se monten a una altura considerable por encima del plano de trabajo, o en los casos en los que es necesario proporcionar iluminación dentro de un área relativamente pequeña.

#### 3.4.4.2.- TIPOS DE ALUMBRADO.

La iluminación producida por cada uno de los métodos antes vistos puede clasificarse, además, con relación a la distribución de luz sobre el área a iluminar:

a) Alumbrado general.

Se llama así a una disposición de las luminarias que proporcionen un nivel razonablemente uniforme de iluminación a un área determinada.

La distribución luminosa más normal se obtiene mediante la colocación simétrica de las luminarias. La relación entre la separación y la altura de montaje debe estar dentro de los límites establecidos por las características de distribución de las luminarias utilizadas.

b) Alumbrado general localizado.

En este tipo de alumbrado se colocan los equipos de alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesitan altas intensidades, bastando generalmente con la luz emitida por dichos equipos para iluminar las áreas contiguas.

Las luminarias del tipo directo son las utilizadas normalmente cuando se necesita proporcionar al alumbrado una componente directa, ya que de lo que se trata es de concentrar la mayor parte de la luz sobre un área restringida debajo de la luminaria.

Este método puede utilizarse ventajosamente en la iluminación de los puntos de trabajo de las grandes máquinas, y los bancos de trabajo de las fábricas.

c) Alumbrado intensivo.

El alumbrado intensivo proporciona una intensidad relativamente alta, en puntos específicos de trabajo, mediante un sistema directo usado en combinación con la iluminación general o localizada. Es necesario cuando se trata de tareas visuales especiales.

Siempre debe mantenerse una relación razonable entre las intensidades de la iluminación general y del alumbrado complementario, ya que una relación de brillos excesiva entre el punto de trabajo y sus alrededores crea unas condiciones desagradables para la visión.

d) Alumbrado de vigilancia.

Es un alumbrado fraccionado del alumbrado general, capaz de suministrar visibilidad suficiente para que pueda llevarse a cabo cualquier inspección o visita de rutina en un área, o zona determinada de un local.

e) Alumbrado de emergencia.

Es situado en lugares estratégicos y capaz de suministrar al menos durante una hora una intensidad de 5 lux; su fuente de energía es independiente del sistema normal de iluminación.

### 3.4.4.3.- CALCULO APROXIMADO DEL NIVEL DE ILUMINACION.

a) Coeficientes de reflexión.

El flujo luminoso se dirige desde la fuente de iluminación hacia el techo, paredes y suelo en proporciones variables, función del método de iluminación elegido.

El techo y las paredes reflejan hacia el suelo el flujo que les llega, de acuerdo con sus características reflectantes. Estas se evalúan en los cálculos de modo aproximado, encuadrándolos en unos factores de reflexión que toman los siguientes valores:

Cualidad reflectante	Factor de reflexión
Muy claro	0.75
Claro	0.5
Obscuro	0.3
Muy oscuro	0.1

Figura 12

A los techos se les asigna alguno de los tres primeros factores; y a las paredes, que no pueden ser muy reflectantes para no deslumbrar, algunos de los tres últimos.

b) Factor de forma del local.

Para recintos de forma rectangular, se definen los siguientes factores de forma:

- Iluminación indirecta o semiindirecta (la mayor parte del flujo luminoso es enviado hacia el techo).

$$\text{Factor de forma: } K = 3A / Ht \cdot P$$

- Otros métodos de iluminación (directa, semidifusa, etc.).

$$\text{Factor de forma: } K = 2A / Hm \cdot P$$

Donde:

- A : Superficie del local (m<sup>2</sup>).
- P : Perímetro del local (m).
- Ht : Altura del techo sobre el plano a iluminar (plano de trabajo) (m).
- Hm : Altura del manantial luminoso sobre el plano de trabajo (m).

Suele considerarse que el plano de trabajo está situado entre 0.8 y 1 metro sobre el suelo.

c) Factor de utilización.

El factor de utilización es el cociente entre el flujo luminoso utilizado en el plano de trabajo y el flujo luminoso total emitido por la fuente de luz.

El factor de utilización se encuentra tabulado para los distintos métodos de iluminación y puede hallarse en función de los factores definidos en a y b :

- Factor de reflexión del techo.
- Factor de reflexión de las paredes.
- Factor de forma del local.

En la figura 13 y apéndice E se incluyen datos sobre diferentes tipos de lámparas:

Tipo de lámpara.		Potencia (W)	Rendimiento (Lum/W)	Vida (horas)	Aplicaciones.
Incandescencia		25-1500	8-20	1,000	Vivienda, Oficina, Comercio.
M e r c u r i o	Alta presión	50-2000	40-64	9,000	Talleres, Almacenes, Parques, Estacionamientos, Deportivos, Naves Industriales, etc.
	Luz mixta	160-500	19-25	6,000	
	Iodo-Cuarzo	500-1500	22-24	3,000	
Fluorescentes		20-215	40-85	6,000	Oficinas, Comercio, Talleres, etc.
S o d i o	Alta presión	70-1000	60-100	9,000	Naves Industriales, Carreteras, Alumbrado público, Aeropuertos.
	Baja presión	18-180	100-183	6,000	

Figura 13. Cuadro comparativo de lámparas



En las tablas del apéndice E se incluyen los factores de utilización para algunos tipos de lámparas.

d) Potencia necesaria.

Conocido el nivel de iluminación requerido (lux), la potencia luminosa de las lámparas tiene un valor dado por:

Potencia luminosa (lúmenes) =

$$\frac{\text{Iluminación (lux)} \times \text{Superficie del local (m}^2\text{)}}{\text{Factor de utilización}}$$

La potencia luminosa encontrada debe aún dividirse por un factor de mantenimiento, que para cada fuente de luz viene especificado por los fabricantes a tres niveles:

- Mantenimiento bueno.
- Mantenimiento malo.
- Mantenimiento muy malo.

e) Separación entre luminarias.

Es función del tipo de luminaria empleada, y del factor de utilización.

Suele estar comprendido entre 0.8 y 1.2 veces la altura Ht ó Hm empleada en el cálculo del factor de forma, según sea el método de iluminación.

#### 3.4.4.4.- ELECCION DE LUMINARIAS.

La figura 13 presenta una visión de conjunto de manantiales de luz disponibles, potencia, rendimientos, vida aproximada y aplicaciones normales.

En general, la iluminación incandescente y fluorescente se reserva para locales en que el hombre reside o trabaja. La iluminación incandescente se ha empleado para alumbrado público, pero en la actualidad ha sido substituida por lámparas de sodio de alta presión o de mercurio a causa del bajo rendimiento de las incandescentes.

a) Consideraciones económicas.

El costo actual de la iluminación se expresa mediante la fórmula:

$$C = \frac{L \cdot H}{1000 R} \cdot (P + \frac{K}{W \cdot V}) + \frac{Ci \cdot i}{100}$$

Donde:

- C : Costo anual de la iluminación (\$/año).
- L : Flujo luminoso total necesario (lúmenes).
- H : Tiempo de funcionamiento anual (h/año).
- R : Rendimiento de las lámparas (lúmenes/vatio).
- P : Precio de la energía eléctrica (\$/kWh).
- K : Costo de reposición e instalación de una lámpara (\$/lámpara).
- W : Potencia de la lámpara (kW).
- V : Vida útil media de las lámparas (h/lámpara).
- Ci : Costo inicial de instalación del sistema de alumbrado (\$).
- i : Interés del dinero (%).

Con objeto de reducir el costo Ci al mínimo, se deben comparar las distintas alternativas y posibles soluciones, tipos de lámparas, etc.

b) Consideraciones energéticas

El costo energético viene expresado por el primer sumando de la ecuación anterior, que tiene por valor:

$$\frac{L \cdot H}{1000 R} \cdot P$$

Este costo puede reducirse actuando sobre:

- Potencia luminosa total. No debe emplearse más potencia que la necesaria, evitando:
  - Iluminación excesiva, superior a la recomendada para la actividad de que se trate.
  - Mantenimiento defectuoso.
  - Tiempo de iluminación anual, no empleándola cuando no se necesita.
  - Rendimiento de las luminarias.
  - Utilizando lámparas de mayor rendimiento.
  - Mejorando el rendimiento práctico con un mantenimiento adecuado.

#### 3.4.4.5.- NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS.

Estos niveles de iluminación se presentan en las tablas del apéndice F tomando en cuenta lo siguiente:

La primera columna (I.E.S. 99 %) está dada para un rendimiento visual de 99 % y 5 asimilaciones por segundo, entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto que puede hacer una persona por segundo. La segunda columna (S.W.I.I. 95 %), está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95 % y 5 asimilaciones por segundo.

Dichas tablas llevan la lógica siguiente:

- 1.- Edificios Industriales.
- 2.- Oficinas, Escuelas y Edificios Públicos.
- 3.- Hospitales.
- 4.- Hoteles, Restaurantes, Tiendas y Residencias.
- 5.- Áreas Comunes.
- 6.- Alumbrado Exterior.
- 7.- Alumbrado en Áreas Deportivas.
- 8.- Alumbrado de transportes.

Se anexa también un estudio realizado en el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social, en el cual se optó por el cambio de alumbrado obteniéndose, como se observa en el cuadro resumen, un costo total de consumos y reemplazos por un valor de

\$ 199'564,915 en el sistema tradicional y

\$ 90'740,636 en el de ahorro de energía.

Dando una diferencia de \$ 108'824,279 como ahorro.

### 3.5 TARIFAS ELECTRICAS.

#### 3.5.1 INTRODUCCION

La Comisión Federal de Electricidad, la Compañía de luz y Fuerza del Centro, S.A. y Asociados, son los encargados de proporcionar energía eléctrica a todos los usuarios dentro del territorio nacional; denominándose "Compañía Suministradora".

La Compañía Suministradora puede dar servicio al usuario tanto en baja como en alta tensión.

Para poder realizar la venta de energía eléctrica se hace la clasificación de dicha energía de acuerdo a sus usos y capacidades "Tarifas Eléctricas".

Los titulares de la Secretaría de Comercio hacen del conocimiento general a través del diario oficial, el acuerdo que rige las tarifas eléctricas. En dicho acuerdo se señalan las clases de tarifas las cuales son aplicables a los siguientes servicios:

TARIFA	SERVICIO
1.A	Domestico
1.B	Domestico para localidades con clima muy cálido.
2	General hasta 25 KW de demanda.
3	General para mas de 25 KW de demanda.
4	Para molinos de nixtamal.
5	Para alumbrado público.
6	Para bombeo de agua potable o negra.
7	Temporal.
8	General de alta tensión.
9	Para bombeo de agua de riego agricola.
10	En alta tensión para reventa.
11	En alta tensión para explotación y beneficio de minerales.
12	General para 5000 KW o más de demanda a tensiones de 66 KV o superiores.

Las tarifas más utilizadas en las industrias son las sigt:

3	General hasta 25 KW de demanda.
8	General de alta tensión.
12	General para 5000 KW o más de demanda a tensiones de 66 KV o superiores.

### 3.5.2 CARGOS (COBROS).

La Compañía Suministradora entregará al consumidor una correcta y justa facturación.

Dicha Compañía Suministradora, realizará un cobro al consumidor por la cantidad de Kilowatts de carga conectada en un tiempo determinado (en horas); es decir, hace un cargo por los kilowatts/hora, este cargo se llama cargo por consumo de energía eléctrica.

Pero también hace un cargo adicional por el promedio de las cargas eléctricas máximas conectadas durante intervalos de tiempo de 15 minutos, este es un cargo por demanda máxima.

El cargo por consumo de energía eléctrica se hace en base a la lectura del wathhorímetro.

El cargo por demanda máxima se realiza con la lectura tomada en el medidor de demanda máxima que algunas veces se encuentra integrado en el wathhorímetro, y otras veces se encuentra en un medidor individual.

Otro punto importante que influye dentro de los cargos o cobros realizados a un usuario, es el llamado factor de carga.

El factor de carga se puede definir como la demanda media entre la demanda máxima es decir:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Demanda Media}}{\text{Demanda Máxima}}$$

Donde:

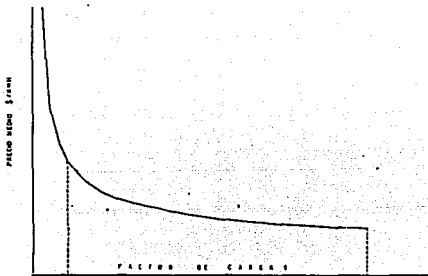
$$\text{Demanda Media} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{KW H}}{\text{H}}$$

$$\text{Demanda Máxima} = \text{KW}$$

Por lo tanto:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Consumo/Tiempo}}{\text{Demanda M\u00e1xima}} = (\text{adimensional})$$

Idealmente el factor de carga debe de ser de 100 % (1), como puede apreciarse en la gr\u00e1fica siguiente (Precio medio - F. Carga).



Como ya se menciona la demanda m\u00e1xima es la mayor demanda de todo el mes tomada durante 15 minutos del ciclo de trabajo.

Esta demanda es importante puesto que tratando de mantenerla baja o estable, el factor de carga aumenta, reduciendo as\u00ed el precio por el consumo de energ\u00eda.

Otra raz\u00f3n para tratar de mantener la demanda m\u00e1xima baja o estable es porque si durante todo el mes la demanda no ha sobrepasado los 900 KW (850, 830, 900, 890, etc.) y solamente por unos instantes (15 minutos m\u00ednimo) la demanda se eleva hasta 1000 KW, la Compa\u00f1a Suministradora cobrara como si siempre se hubiese trabajado con una demanda m\u00e1xima de 1000 KW.

**3.5.3 TARIFA 8 (GENERAL DE ALTA TENSION) Y TARIFA 12 (GENERAL PARA 5000 KW O MAS DE DEMANDA A TENSIONES DE 66 KV O SUPERIORES.**

La tarifa 8 es el servicio general para alta tensión, el cual se aplicará a usuarios (en alta tensión) que destinen la energía a cualquier uso, con la demanda inicial de 20 kW o más, este servicio tiene diferentes características dependiendo de quien sea el prestador del servicio.

Comisión Federal de Electricidad (C.F.E) =

Desde 13,200 Volts ----- hasta 34,500 Volts.

Compañía de Luz y Fuerza (Cia. Luz y Fza.) =

Desde 6,600 Volts ----- hasta 23,000 Volts.

Los cargos son los siguientes:

\$ 22,413.48 por cada KW de demanda

\$ 112.11 por cada KW H (carga por consumo de energía)

La tarifa 12 se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrado a tensiones de 66 KV o superiores.

En la tarifa 8 como en la tarifa 12 existen diferencias dependiendo de quien sea la compañía suministradora.

C F E. = 66,000 Volts ----- hasta 230.000 Volts.

Cia. Luz y Fza. = hasta 85,000 Volts

Los cargos son los siguientes:

\$ 21,055.55 por cada KW de demanda máxima medida.

\$ 84.93 por cada KW H (carga por consumo de energía).

Para darnos cuenta del ahorro que se tiene al hacer el cambio de tarifa supongamos que se tienen los siguientes consumos:

Demanda Medida = 36\*984,816 KW H (mensual)

Demanda Máxima = 62,496 KW (mensual)

EN TARIFA 8 TENEMOS :

$$\begin{aligned} 62,496 \times 22,413.48 &= 1'400'752,846.08 \\ 36'984,816 \times 112.11 &= \underline{4'146'367,721.76} \\ \text{Total} &= \$ 5'547'120,567.84 \quad (\$/\text{mes}) \end{aligned}$$

EN LA TARIFA 12 TENEMOS :

$$\begin{aligned} 62,496 \times 21,055.55 &= 1'315'887,652.80 \\ 36'984,816 \times 84.93 &= \underline{3'141'120,422.88} \\ \text{Total} &= \$ 4'457'008,075.68 \quad (\$/\text{mes}) \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro mensual} = 1'090'112,492.16$$

Como se mencionò anteriormente, el costo tambièn depende del factor de carga.

Para la tarifa 12 tenemos que si la fàbrica opera los 3 turnos el factor de carga serà:

$$\text{F.C.} = \frac{36'984,816}{720} \quad \frac{\text{KW H}}{\text{H}} = \frac{62,496}{\text{KW}}$$

1 mes = 720 horas.

$$\text{F.C.} = 0.8219 = 82.20 \%$$

$$0.8219 \times 720 = 591.768 \text{ KW H /KW.}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo} &= \left( 591.768 \frac{\text{KW H}}{\text{KW}} \right) \left( 84.93 \frac{\$}{\text{KW H}} \right) = \\ &= 50,258.86 \text{ \$/KW.} \end{aligned}$$

$$\text{Por lo tanto} = 71,316.69 \text{ \$/KW}$$



$$\frac{71,316.69}{591.768} = 120.51$$

$\frac{\$}{\text{KW H}}$

Que es un precio más elevado que el original de:

$$84.93$$

$\frac{\$}{\text{KW H}}$

Si ahora el F.C. fuera del 10 % tendríamos que:

$$0.1 \times 720 = 72$$

$\frac{\text{KW H}}{\text{KW}}$

$$21,055.55 = \text{Demanda Máxima.}$$

$\frac{\$}{\text{KW}}$

$$72 \times 84.93 = 6,114.96$$

$\frac{\text{KW H}}{\text{KW}} \times \frac{\$}{\text{KW H}} = \frac{\$}{\text{KW}}$

	$\frac{\$}{\text{KW}}$
21,055.55	-----
+	$\frac{\$}{\text{KW}}$
6,114.96	-----
-----	$\frac{\$}{\text{KW}}$
27,170.51	-----

$$\frac{27,170.51}{72} = 377.37$$

$\frac{\$}{\text{KW H}}$

El desarrollo de los ejemplos anteriores se utiliza para poder hacer la gráfica (gráfica lineal) de las tarifas eléctricas. Precio medio (\$/KW H) contra F.C. (%).

Por ejemplo para la gráfica de la tarifa B se calcula el costo de KW H a un F.C. de 10% y a un F.C. 100%.

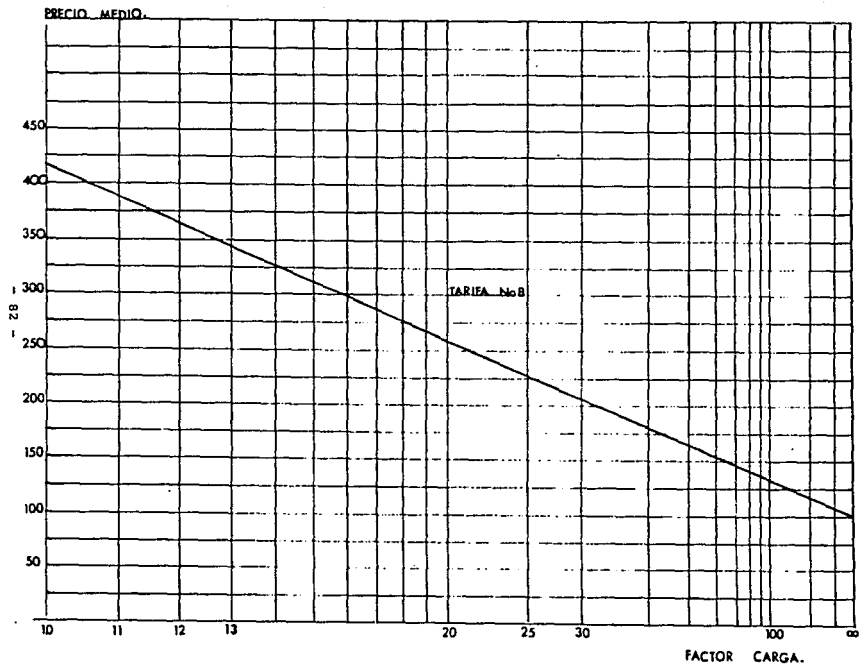
Con estos resultados se obtienen dos puntos, los cuales nos sirven para trazar la gráfica (línea) de la tarifa B.

Idealmente el precio más bajo se alcanza en F.C. de: Infinito

Para la tarifa B:

F.C. = 10%													
720 Horas													
72 KW H /KW													
Cargo por demanda Máxima	22,413.48												
72 x 112.11	+ 8,071.92												
	<hr style="width: 100%;"/>												
Total =	30,485.40												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><u>30,485.40</u></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">=</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">423.40</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">\$</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">(precio medio)</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">72</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">----</td> <td style="text-align: center;">KW H</td> <td></td> </tr> </table>		<u>30,485.40</u>	=	423.40	\$	(precio medio)		72			----	KW H	
<u>30,485.40</u>	=	423.40	\$	(precio medio)									
72			----	KW H									

F.C. = 100%													
720 Horas													
720 KW H/KW													
Cargo por demanda Máxima	22,413.48												
720 x 112.11	+ 80,719.20												
	<hr style="width: 100%;"/>												
Total =	103,132.68												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><u>103,132.68</u></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">=</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">143.24</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">\$</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">720</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">----</td> <td style="text-align: center;">KW H</td> <td></td> </tr> </table>		<u>103,132.68</u>	=	143.24	\$			720			----	KW H	
<u>103,132.68</u>	=	143.24	\$										
720			----	KW H									



### **3.5.4 TARIFA HORARIA**

#### **3.5.4.1 INTRODUCCION.**

La electricidad, sabemos que es un energético secundario y se genera principalmente con energéticos no renovables (primarios), así mismo en las últimas décadas se ha encarecido debido a que pronto escasearán, llegando incluso a su total agotamiento.

Es por ello que a nivel mundial, las empresas suministradoras de electricidad se han dedicado a estructurar una tarificación que a la vez ofrezca un incentivo al usuario con respecto al precio, que permita también introducirlo a un uso más eficiente del fluido eléctrico, y para ello se ha definido una Tarifa Horaria.

Es importante señalar que el suministro de energía eléctrica es uniforme durante todos los días y su utilización, ya sea transformándola en fuerza mecánica, calorífica, en iluminación, etc., siempre esta cumpliendo su cometido, sin embargo en un mismo día su generación es integrada por diferentes tipos de plantas lo que quiere decir que no cuesta lo mismo generar un KW H de las 10:00 a las 12:00 hrs. que de las 18:00 a las 22:00 hrs., siendo éste último el factor fundamental para la estructuración de una Tarifa Horaria.

#### **3.5.4.2 ¿QUE ES LA TARIFA HORARIA ?**

La Tarifa Horaria que es aplicada actualmente en el país está basada en los costos marginales de suministro y solamente se ofrece a usuarios que están contratados en Tarifa 12, o sea deben estar recibiendo energía eléctrica a un voltaje de 66 KV o más. Es pertinente señalar que en esta primera fase se puede considerar que es una Tarifa Promocional.

La Tarifa Horaria tiene dos niveles:

- a) Para usuarios con tensión de suministro inferior a 220 KV.
- b) Para aquellos con tensión de suministro de 220 KV o más (aunque actualmente el voltaje de suministro a usuarios no rebasa los 230 KV.)

**TARIFA HORARIA EN MEXICO**

NIVEL	CARGA POR DEMANDA	CARGA POR ENTREGA	
	KW	PUNTA KW H	BASE KW H
A	\$ 13,025.31	\$ 73.51	\$ 40.87
B	\$ 12,410.07	\$ 72.73	\$ 40.35

Su estructuración es tal que penaliza las facturaciones de usuarios cuya demanda máxima en el período de punta es mayor que la demanda máxima en el período de base, ya que para ello se ha establecido el concepto demanda base de facturación (DBF) así:

- a) Si la demanda máxima del período de punta (P1) es mayor o igual a la de base (P2) se factura con la primera .

$$DBF = P1$$

- b) Si la demanda del período de base es mayor que la del período de punta se factura con la demanda que resulte de:

$$DBF = P1 + 0.2 (P2 - P1)$$

Como se podrá observar, la Tarifa Horaria distingue dos períodos y estos son:

**Período de Punta:** De 18:00 a 22:00 hrs. de lunes a sábado, exceptuando los días oficiales de fiesta vacacional (días señalados en la Ley Federal del Trabajo).

**Período de Base:** El resto de las horas.

Por lo que respecta a las disposiciones complementarias, estas son la de las tarifas en vigor, incluyendo en esto lo relativo al Factor de Potencia.

A esta tarifa actualmente se han inscrito 32 usuarios (14 en junio, 1 en julio, 9 en agosto y 8 en septiembre), de las cuales 7 son de la industria del cemento, varias plantas de fundición, industrias químicas, ect.

En el primer mes de aplicación de esta tarifa, la disminución de demanda en horas pico fue aproximadamente de 91 MW, respecto a la carga promedio de los usuarios suscritos teniendo estos un ahorro de 1,665 millones de pesos.

#### 3.5.4.3 COMO SE MIDE LA ENERGIA PARA LA FACTURACION CON LA TARIFA HORARIA

A los equipos con que se registra la demanda y la energía que consumen los usuarios contratados en Tarifa Horaria, se les denomina Equipos de Pulsos. mismos que contienen la unidad de memoria, ya sea de cinta magnética o de estado sólido, que les permite alcanzar la curva de duración de carga de cada usuario por periodos de más de 30 días. Y con el fin de hacer más confiable su medición, se han instalado dos equipos a cada usuario uno como equipo maestro y otro como equipo de respaldo.

Los usuarios inscritos han tenido respuestas muy diversas principalmente por las características de sus procesos de producción, ya que algunos con curvas de energía de cargas diarias muy estables, han logrado abatir su demanda en horas pico en un pequeño porcentaje.

En la Industria Metalúrgica se tiene el caso de un usuario que durante el primer mes de vigencia redujo su demanda en horas pico un 12.04 % y en el segundo alcanzó una disminución adicional de 1.0 %; otro de ellos bajó primero un 8.12 % y después un 15.44 %. La reducción entre los usuarios de la Industria del Cemento ha sido entre el 13 y 18 %.

Estas primeras experiencias no pueden menos que alentar en el propósito señalado para que en un futuro no muy lejano incluir a la totalidad de usuarios contratados en Tarifa 12 y posteriormente incorporar también a los usuarios de la Tarifa B

**3.5.4.4 FACTURACION Y COMPARACIONES ENTRE LA TARIFA HORARIA Y LA TARIFA 12 NORMAL.**

**FACTURACION TARIFA HORARIA**

Tensión de suministro 220 KV.

Demanda Máxima medida en Punta = 45,696 KW (P1)  
 Demanda Máxima medida en periodo de Base = 62,496 KW (P2)

Kilowatts hora en punta = 4'072,128  
 Kilowatts hora base = 32'912,688

Kilowatts horas Totales = 36'984,816

D.B.F. = Demanda Base de Facturación

D.B.F. = 45,696 + 0.20 (62,496 - 45,696)

D.B.F. = 45,696 + 0.20 (16,800)

D.B.F. = 45,696 + 3,360

D.B.F. = 49,056

Cargo por demanda: 49,056 x 12,410.07 = 608'788,394

Cargo por energía: 4'072,128 x 72.73 = 296'165,869  
 32'912,688 x 40.35 = 1'328'026,961

Total de cargos por Energía = 1'624'192,830

Cargos por demanda = 608'788,394

Cargos por energía = 1'624'192,830

Faturación Básica = 2'232'981,224

**FACTURACION TARIFA 12 NORMAL**

Cargos por demanda: 62,496 x 11,751.76 = 734'437,993

Cargos por energía: 36'984,816 x 47.40 = 1'753'080,278

Facturación Básica = 2'487'518,271

Facturación Tarifa 12 (Normal) = 2'487'518,271

Facturación Tarifa Horaria = 2'232'981,224

Diferencia = \$ 254'537,047

**CAPITULO No. 4**

**RECOMENDACIONES PARA LA MEJOR  
UTILIZACION DE LA ENERGIA  
ELECTRICA EN LA INDUSTRIA.**

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



## **CAPITULO No. 4**

### **RECOMENDACIONES PARA LA MEJOR UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA INDUSTRIA**

En este capítulo se indican algunas formas para ahorrar energía "Medidas de Ahorro de Energía" (M.A.E.), se proporciona una lista mediante la cual se pueden detectar las oportunidades y las formas de ahorrarla, en algunos casos se ejemplifica alguna o algunas de las medidas señaladas. En dichos casos con la ejemplificación de estas medidas se puede apreciar la relación que existe con otra.

En los ejemplos se incluyen gráficas, tablas y los métodos de cálculo empleados, así como descripciones breves de las condiciones existentes para la aplicación de la MAE. Se debe tener en cuenta, que los cálculos mostrados tienen como objeto principal el de mostrar los puntos clave del análisis para de esta forma hacer mas fácil la cuantificación de los ahorros de energía y visualizar el alcance de la MAE aplicada y por tanto no se presentan los análisis completos de ingeniería. Se ha procurado al utilizar ejemplos consistentes, además de esto no se presentan todos los factores que intervendrían en la toma de decisión en un caso específico.

Como se podrá observar, los costos de los materiales así como de la energía eléctrica no son los actuales, esto se debe a que parte del material utilizado en este trabajo se recopiló hace mas de tres años.

Las MAE mencionadas en la lista son sugerencias para usar racionalmente la energía, sin embargo, cualquier MAE requiere un estudio mas cuidadoso para su puesta en aplicación, ya que en determinadas circunstancias una MAE puede resultar contraproducente para la eficiencia del proceso o incluso del sistema completo. En algunos casos, el equipo existente tiene límites de operación que deben de ser tomados en cuenta.

## SUGERENCIAS.

### EDIFICIOS E INDUSTRIAS.

- \* Aumentar la reflexión de la luz en paredes y techo
- \* Mantener apagados los equipos de aire acondicionado cuando el clima natural lo permita y durante las horas en que no se labore.
- \* Reducir las superficies de vidrio en los edificios en lugares en donde el aire acondicionado sea indispensable.
- \* Instalar apagadores de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc.
- \* Uso programado de elevadores para ahorrar energía.
- \* Centralizar el control de los ventiladores para asegurar su apagado.
- \* Evitar el funcionamiento simultáneo de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.
- \* Eliminar lámparas eléctricas ineficientes (focos incandescentes) y cambiarlas por luminarias de alta eficiencia (sodio, mercurio o fluorescentes).
- \* Utilizar controles de tipo fotocelda en el alumbrado exterior y reducir esta al mínimo de seguridad.
- \* Emplear interruptores separados tanto en la iluminación perimetral para que puedan ser apagados cuando la luz natural sea adecuada, como en áreas interiores que estén controladas por un solo interruptor, además de los interruptores de cada sala.
- \* Reducir o eliminar el alumbrado general en aquellos sitios donde la luz natural suministra una iluminación suficiente y reducir la iluminación en las áreas de trabajo al mínimo necesario desde el punto de vista de seguridad.
- \* Adecuar la altura de las lámparas.
- \* No emplear energía eléctrica en las horas de alta demanda, en trabajos y servicios que puedan realizarse en horas de menor demanda. Programar la demanda para evitar los picos.
- \* Consultar a C.F.E. para obtener tablas de demanda (u horas pico) por regiones.

\* Disminuir la resistencia de los conductores eléctricos aumentando su calibre, para evitar pérdidas por calentamiento.

\* Minimizar la longitud de los conductores, buscando las mejores rutas.

\* Proporcionar mantenimiento y lubricación adecuada a los equipos accionados por motores.

\* Considerar las pérdidas de energía así como las cargas iniciales y el aumento de carga en la selección del tamaño de los transformadores.

\* Verificar la exactitud de los medidores de potencia.

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

#### PROGRAMACION.

\* Localizar las causas de los costos por concepto de demanda máxima de energía eléctrica y reprogramar la operación de la planta para evitar los picos.

\* Emplear el equipo mas eficiente a su máxima capacidad y el menos eficiente sólo cuando sea necesario.

\* Recargar las baterías de los equipos para el manejo de materiales fuera de los periodos de máxima demanda de carga.

#### SUGERENCIAS PARA LOCALES COMERCIALES.

En esta parte se dan otras sugerencias además de que puede verse si alguna de las MAE anteriores es aplicable o no.

\* Apagar las luces, máquinas de escribir eléctricas y otros equipos similares cuando no se usen.

\* Reducir la iluminación de los lotes de autos usados después de la media noche.

\* Eliminar o reducir las luces de los anuncios y letreros exteriores y evitar anuncios móviles eléctricos.

\* Poner a trabajar mercancía de exposición del tipo de radios, televisiones, lavadoras, secadoras, ect. sólo cuando los clientes pidan una demostración.

\* Mantener limpios los reflectores y lámparas.

A continuación para visualizar el alcance así como los beneficios de la aplicación de las MAE antes mencionadas se ejemplificarán algunas de ellas teniendo en cuenta las observaciones antes señaladas en lo referente a el calculo y condiciones de operacin.

#### 4.1.- EJEMPLOS SOBRE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA.

##### ELIMINAR EL ALUMBRADO INNECESARIO.

Una fabrica de fundas que opera 24 horas por día y 5 días por semana. La planta consiste en 446 metros cuadrados para oficinas y 9300 de area de operación. Ambas Áreas estan alumbradas por un total de 2200 lámparas fluorescentes de 2.4 metros de longitud (110 watts más 10 watts por balastra). En esta planta se acostumbraba dejar todas las lámparas encendidas, de lunes a viernes, 24 horas por día; 250 días por año.

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

Se lograron ahorros anuales de electricidad de cerca de \$277,000, además de \$19,600 en los costos por remplazo de lámparas, dando un ahorro total de \$300,000 por año.

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

$$\begin{aligned} \text{Ahorros anuales} &= (24 - 10) \text{ h/d} \times 250 \text{ d/a} \times 120 \text{ w/lámpara} \\ \text{de electricidad} &\quad \times 2200 \text{ lámparas} \\ &= 924,000 \text{ KW H/año} \end{aligned}$$

Si el costo de la electricidad es de \$0.30/KW H

$$\begin{aligned} \text{Los ahorros anuales} &= 924,000 \text{ KW H/año} \times \$0.30/\text{KW H} \\ \text{en los costos de la} & \\ \text{electricidad} &= \$277,200/\text{año} \end{aligned}$$

Deben agregarse a los costos de electricidad en los diferentes programas, los costos por concepto de remplazo de lámparas, estos dependen, entre otras cosas, del ciclo de operación actual. Los costos anuales por remplazo de lámpara fluorescente se calcula como sigue:

$$\text{Costo anual} = (P+H) \times (CD/L) \times n \text{ por remplazo}$$

Donde:

P = Precio de remplazo de lámpara.

H = Costo de mano de obra.

C = Horas de vida de la lámpara por periodo de operación (Horas por encendido) estimados de la Fig. No.1

D = Número de periodos de operación por año.

L = Vida promedio de la lámpara por 3 horas de encendido.

n = Número de lámparas.

En este ejemplo se consideró un costo de mano de obra (H) de \$0.20/lámpara, el precio (P) es de \$75.00 por lámpara, una vida promedio (L) de 12,000 horas, y como ya se mencionó, el número de lámparas (n es 2200).

En el antiguo plan donde se tenía  $5 \times 24 = 120$  horas, de operación de la Fig. No.1 se encuentra que C = 60 horas, aproximadamente. Había 50 periodos de operación por año.

$$\begin{aligned} \text{Costo del remplazo} &= (20+75) \text{ \$/lámpara} \times 60 \text{ horas/periodo} \\ \text{(viejo)} &\quad \times 50 \text{ periodos} \times 2200 \text{ lámparas} / 12,000 \\ &\quad \text{horas} \\ &= \$52,250/\text{año.} \end{aligned}$$

En el nuevo plan 250 periodos (D) de 10 horas cada uno, C de la Fig. No.1 es igual a 7.5 horas

Costo del remplazo (nuevo)	= (20+75) \$/lámpara x 7.5 horas/periodo x 250 periodos x 2200 lámparas / 12,000 horas
	= \$32,656/año.
Ahorros netos	= \$52,250 - \$32,656
	= \$19,594/año
Ahorro anual total.	= \$277,200 + \$19,594
	= \$296,800/año.

Como muchas veces, los costos de electricidad son más altos que los empleados aquí; es obvio que los ahorros resultantes serán mayores.

#### Sugerencias:

Revísese el alumbrado y elimínese el innecesario. Cuando no se labora, manténganse encendidas solo las luces necesarias para la seguridad de la planta y el servicio de vigilancia. Si es posible, prográmense todos los servicios de vigilancia para que se efectúen simultáneamente por áreas, y minimícese el uso de alumbrado en toda la planta en periodos largos; instalense más apagadores para aumentar el control de las luces. Consúltese a los fabricantes de equipo de iluminación, para mejores recomendaciones.

#### Fuente:

Reportado por Carolina Power & Lighting Company for Reever Brothers Manufacturing Company at Kenansville, N.C.

#### Referencia:

"Fluorescents - On/Off", Lighting Desing & Aplication Jan. 1973, p.38.

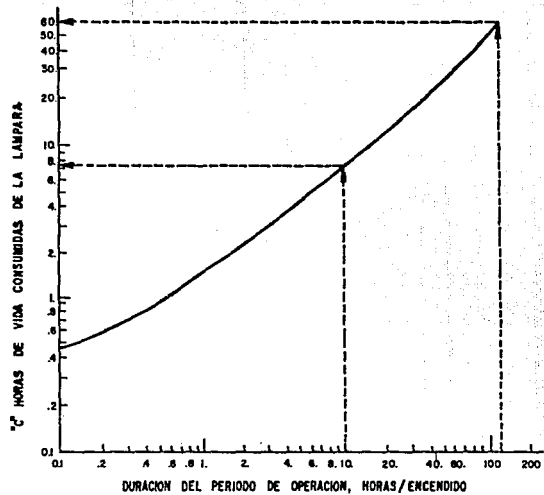


Fig. 1 - Horas de vida consumidas de la lámpara en cada periodo de operación, (Basado en datos de la referencia 1).

### DESCONEXION DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

La desconexión de las luces durante las horas de descanso puede representar ahorros atractivos en potencia y energía. Sin embargo, debe considerarse un aspecto negativo consistente en la reducción de la vida de las lámparas fluorescentes al sufrir encendidos más frecuentes. Una consideración importante es entonces la evaluación del tiempo de equilibrio, o sea el balance entre el ahorro de energía eléctrica y el costo resultante de reducir la vida de la lámpara.

Una industria utiliza 1,000 lámparas fluorescentes de 110 watts, que están encendidas 10 horas por día, 250 días al año; se harán cálculos con base en un costo del KW H de \$0.30; un costo de remplazo por mano de obra de \$0.20/lámpara y un precio de cada lámpara dado por la siguiente tabla:

Watts de la lámpara	Watts de la lámpara y balastro	Precio por lámpara	Vida promedio en horas
40	46	\$ 40	18,000
75	82	\$ 60	12,000
110	120	\$ 75	12,000

Apagando una hora durante la comida las luces, el ahorro de energía sería de:

$$\text{Ahorro de energía} = 1\text{h/día-lámpara} \times 250 \text{ días/año} \times 1,000 \text{ lámparas} \times 20 \text{ watts/} \\ 1,000 \text{ watts/KW}$$

$$= 30,000 \text{ KW H/año.}$$

$$\text{Ahorros en costos} = 30,000 \text{ KW H/año} \times \$0.30/\text{KW H}$$

$$= \$ 9,000/\text{año.}$$



La siguiente fórmula permite calcular el costo con que participa un día de uso de la lámpara en el remplazo de la misma:

$$R = (P+H) (C1+C2) / L$$

Donde:

P = Precio por lámpara.

H = Mano de obra por remplazo.

L = Vida promedio de la lámpara en periodos de operación de 3 horas.

C1, C2 = Vida parcial de la lámpara consumida diariamente en cada intervalo "encender - apagar" ver Fig. No.2.

Para una operación continua de 10 horas, sin apagar las lámparas durante la comida, C1 = 7.5 horas (Fig. No.2) y C2 = 0 (por haber sido un ciclo diario).

$$\begin{aligned} \text{Costo del remplazo} &= (75+20) \text{ \$/lámpara} \times (7.5+0) \text{ h} / 12,000 \text{ h} \\ &= 0.059375/\text{lámpara} - \text{ día} \times 1,000 \text{ lámparas} \\ &\quad \times 250 \text{ días /año} \\ &= \$14,843/\text{año}. \end{aligned}$$

Si la operación consiste en dos ciclos de 4.5 horas, separados por una hora con las lámparas apagadas (C1 = 4 y C2 = 4)

$$\begin{aligned} \text{Costo del remplazo} &= (75+20) \text{ \$/lámpara} \times (4+4) \text{ h} / 12,000 \text{ h} \\ &= 0.063333/\text{lámpara} - \text{ día} \times 1,000 \text{ lámparas} \\ &\quad \times 250 \text{ días /año} \\ &= \$15,833/\text{año}. \end{aligned}$$

El costo adicional del remplazo provocado por el hecho de apagar una hora diaria el alumbrado es de:

$$\begin{aligned} &= \$15,833 - \$14,843 \\ &= \$990/\text{año} \end{aligned}$$

**El ahorro global sería (energía - remplazo adicional)**

**= \$9,000 - \$990**

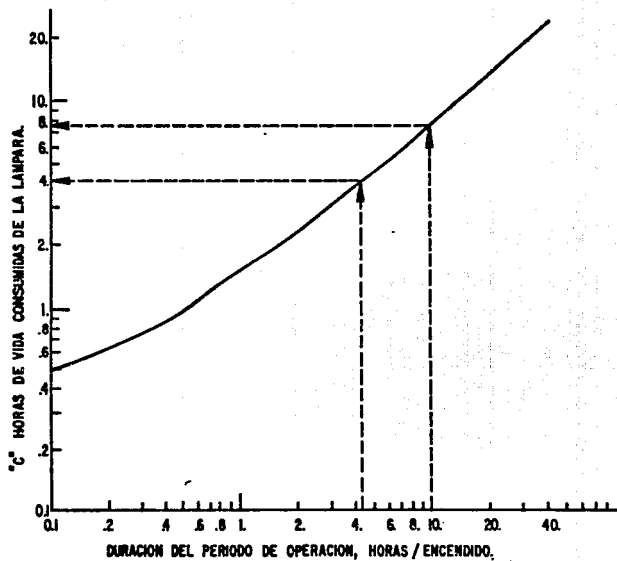
**= \$8,100/año**

**Sugerencias:**

**Revisense las costumbres del empleo del alumbrado con el fin de eliminar su uso durante los periodos de reposo. Referencia gráfica**

**Fuente:**

**"Fluorescents On/Off Lighting Desing & Aplication"  
January 1973**



## USO PROGRAMADO DEL EQUIPO ELECTRICO PARA DISMINUIR LAS DEMANDAS MAXIMAS O DE PICO

La reprogramación del empleo de equipo eléctrico para disminuir la demanda de potencia, no disminuirá la energía eléctrica usada, suponiendo que el mismo equipo está siempre en operación, pero reducirá el cargo por demanda máxima pagado a la compañía suministradora.

Teóricamente si se reduce la demanda de pico se reduce el equipo de reserva requerido por el sistema eléctrico de suministros, y a su vez, se puede postergar la necesidad de instalar equipo adicional para satisfacer las demandas de carga de los sistemas.

A pesar de que las contribuciones individuales de los consumidores industriales de energía eléctrica para disminuir la demanda pico no es muy grande, el hacerlo presenta ventajas como se ha indicado en lo referente a las tarifas eléctricas del capítulo No.3.

Considérese que en una planta hay en operación 12 hornos eléctricos de 30 KW, cada uno toma su máxima carga de 30 KW por dos horas después de que se prenden y luego se mantienen en 10 KW para conservar la temperatura. Todos los hornos tendrán un ciclo de encendido, calentamiento y enfriamiento de cada 24 horas. Si se programa su uso, de tal manera que no se tengan más de dos hornos en su ciclo de encendido simultáneamente, se lograrán los siguientes ahorros en la demanda eléctrica:

Quando todos los hornos se encienden simultáneamente:

$$\begin{aligned} \text{Demanda pico} &= 12 \text{ hornos} \times 30 \text{ KW/horno} \\ &= 360 \text{ KW} \end{aligned}$$

Quando solo se encienden 2 hornos en forma simultánea y los otros 10 están en su periodo de calentamiento:

$$\begin{aligned} \text{Demanda pico} &= 2 \text{ hornos} \times 30 \text{ KW/horno} + \\ &\quad (10 \text{ hornos} \times 10 \text{ KW/horno}) \\ &= 160 \text{ KW} \end{aligned}$$

Reducción de  
demanda pico

= 360 KW - 160 KW

= 200 KW

**Sugerencias:**

Es conveniente llevar una gráfica de demanda contra tiempo para evaluar las posibilidades de ahorro. Si la gráfica muestra picos cíclicos elevados, será indicio de la posibilidad de tener ahorros programando la operación fuera de las horas de demanda máxima.

**Fuente:**

L.A. Wood, "Energy Conservation Through Scheduling & Process Changes", Energy Conservation Through Effective Energy Utilization, National Bureau of Standards Special Publication No. 403, Vol. II.

## **CORRECCION DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA.**

La penalización por el bajo factor de potencia en la facturación de la energía eléctrica a menudo puede presentar un ahorro considerable si se corrige con la ayuda de condensadores o motores síncronos.

En lo que se refiere a los ejemplos para la aplicación de esta MAE, dentro de este capítulo no se hace mención puesto que dentro del capítulo No.3 se dedica una parte a lo que es el factor de potencia, características así como ejemplos sobre los beneficios en materia de ahorro de energía que se puedan obtener al corregir este y permanecer dentro de los límites que la compañía suministradora marca como aceptables, lo que si podemos es dar algunas sugerencia.

### **Sugerencias:**

Verifíquese si la facturación del servicio eléctrico incluye alguna penalización por bajo factor de potencia y de ser así entonces considérese la aplicación de alguno de los métodos descritos en el cap No.3. Los ingenieros de C.F.E podrán asesorar en la correcta selección de algún método así como su puesta en operación.

Los costos de la energía en los ejemplos anteriores, no muestran el valor actual de la energía eléctrica. Además de esto el mismo energético tiene diferente valor, dependiendo de la zona del país en la que se encuentre. Las instituciones o personas que deseen cuantificar los beneficios económicos de la MAE, deben tomar en cuenta los costos unitarios locales al realizar los cálculos del proyecto.

## **4.2 - CASOS PRACTICOS DE ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA INDUSTRIA MEXICANA.**

Para la realización de un estudio energético, como ya se mencionó anteriormente, debe seguirse cierta secuencia. El primer paso es conocer el terreno y el proceso en donde se desarrollará el análisis describiéndolo a grosso modo como lo haremos en los ejemplos siguientes

## CASO. No 1.

Se trata de una compañía minera dedicada básicamente a la explotación del carbón mineral de la región donde se localiza, llevándose a cabo en minas subterráneas y en bancos a cielo abierto llamados Tajos.

La compañía cuenta con dos minas subterráneas y dos Tajos a cielo abierto que a futuro serán equipados con un equipo de dragado de 75 yd<sup>3</sup> de capacidad.

En las minas subterráneas la extracción de carbón se lleva a cabo con máquinas corteras que se encuentran operando en yacimientos a una profundidad aproximada de 100 metros y transportado por medio de bandas móviles a la superficie.

Después de la extracción, el carbón se quiebra y se clasifica para mandar el de 0 a 1/4 de pulg. de diámetro a la planta de lavado, el de 1/4 a 4 pulg. como producto terminado a la planta carbonífera de CFE y el de diámetro mayor a 4 pulg. a diferentes depósitos de desecho.

La capacidad de producción instalada es de 4718 miles de toneladas/año de carbón mineral.

Como puede notarse es una descripción somera del proceso que se utiliza en la empresa. Esta información normalmente es obtenida de una entrevista previa con los directivos y gerentes de las diversas áreas de trabajo. Dicho formalismo nos presenta un enfoque más amplio de las actividades que se realizan, antes de proceder a realizar el recorrido por la planta.

Posteriormente se recorren las instalaciones observando con cautela lo que anteriormente habíamos alabrado en nuestra mente. En este punto es conveniente tomar en cuenta las interconexiones y necesidades, tanto en materia prima, humana y disposiciones de tiempos, del proceso dando mayor importancia a puntos específicos que se consideren de mayor consumo energético.

Posteriormente lo más viable es pedir a la empresa información relativa a consumos anteriores a la fecha para así poder realizar un estudio cronológico y estadístico de la utilización de la energía, de preferencia se recomienda obtener los consumos por zonas o aparatos específicos en vez de una información global. En nuestro caso de la empresa minera no nos fue posible obtener de la misma los datos zonales, pero sí los globales, que se dividieron de la forma siguiente:

	CONSUMO kwh/año	DEMANDA MAXIMA kw/año
MINA I	16'394,053	44,515
MINA II	16'581,694	43,439
TAJO I	1'017,625	3,370
TAJO II	8'925,000	27,970
TRANSPORTE EXT.	8'732,220	30,404
PLANTA LAVADORA	5'619,250	23,158
TOTALES	57'269,842	172,856

La producción total de carbón en la empresa obtenida en las minas y tajos fue de 3'634,076 toneladas. Por lo tanto el costo específico medio por tonelada producida es de:

FUENTE	ENERGIA/TON. KWH/TON	PESOS/TON
ENERGIA ELECTRICA	15.76	2,598.1

Concluyendo el análisis de los datos y teniendo una visión amplia del panorama que se nos presenta se procedera nuevamente a realizar el recorrido por la planta pero en esta ocasión a los puntos o aparatos específicos que consideramos anteriormente de mayor relevancia.

En la realización de este estudio encontramos diversos puntos sobresalientes:

**Aire acondicionado:**

Hemos encontrado una capacidad instalada en sistemas de aire acondicionado de más de 750 toneladas, que equivalen a una erogación de más de \$ 1,050 millones de pesos anuales, considerando su utilización de solo 10 horas diarias.



#### Propuesta:

Se propone un sistema para incrementar la capacidad del equipo y disminuir su consumo de energía eléctrica, al reducir la entalpía específica de las líneas de fluidos y aumentarla en la línea de gases mediante la instalación de un intercambiador de calor en cada sistema.

La inversión necesaria para la modificación de los sistemas es de \$ 74'203,647 obteniéndose un ahorro aproximado de \$ 157'746,620 anuales. Por lo que nuestro periodo de recuperación es de 6 meses.

#### Aire comprimido:

Se cuenta con un sistema de producción de aire comprimido que consta de 2 compresores reciprocantes marca JOY equipados con motores de 150 HP cada uno y una capacidad de producción de 600 SFCH y otro del tipo de tornillo marca Atlas Copco con motor de 300 HP y 1200 SFCH de gasto volumétrico que alimentan una red que va de 6 pulg. de diámetro al inicio, se reduce a 4 pulg. de diámetro en el distribuidor principal para luego terminar con 2 pulg. en los ramales secundarios.

El sistema alimenta a las bombas de diafragma instaladas en el interior de la mina para su desagüe.

Se ha notado que el sistema presenta pérdidas de presión considerables que se deben básicamente a las fugas en la red provocadas por conexiones dañadas, diafragmas pegados y pérdidas por fricción en la tubería.

#### Propuesta:

Es necesario corregir las fallas mencionadas rediseñando los diámetros de las tuberías de la red (aumentar el área transversal para reducir la velocidad del aire y eliminar al máximo las caídas de presión por fricción), soldando las conexiones de las tuberías y reparando los diafragmas que se encuentran averiados o pegados para que de esta forma eficientar el sistema.

Con las modificaciones mencionadas se puede prescindir del uso en forma permanente de los dos compresores reciprocantes que por características de diseño en la actualidad ya no es recomendable su utilización y aprovechar al 100% de su capacidad el compresor Atlas Copco.

La implementación de estas medidas nos dará un ahorro de \$32'970,000/año invirtiendo en las modificaciones \$ 20'000,000, lo que nos representa un periodo de recuperación de 7.3 meses.

#### Facturación eléctrica:

Analizando la facturación de energía eléctrica, se observó que el consumo y la demanda se han incrementado debido al aumento en la capacidad instalada de la planta. Actualmente se tiene contratada la tarifa 8, en las minas, tajos, banda, transportadores y planta lavadora, cada una de las anteriores tiene su propio contrato y sus medidores. La alimentación en las subestaciones es de 34.5 kv.

#### Propuesta:

Se propone la realización de un cambio de tarifa eléctrica contratada, de tarifa 8 a tarifa 12, tomando en cuenta los cambios que a futuro tenga la empresa. Para contratar la tarifa 12 es necesario una demanda de 66 kv o más, la cual se cumple, así mismo se requiere construir una subestación de 40 MVA o en 138 KV. la cual tiene un costo aproximado de 10,000 millones de pesos. Los costos del kilowatt-hora de consumo de demanda son menores en la tarifa 12, ahorrándose un 10 % en el costo total de energía eléctrica. Además se puede aumentar la capacidad instalada de la empresa sin saturar las líneas. Para realizar este cálculo se tomó en cuenta un factor de incremento en las tarifas y en el consumo de 10% anual, ya que este fue el último incremento registrado. De ello se obtiene que la inversión sería recuperable en un periodo de 6 años aproximadamente.

#### Factor de potencia:

Al analizar el factor de potencia estadístico se pudo observar la variación constante del mismo durante diversos lapsos del mes.

#### Sugerencia:

En este caso se sugiere el monitoreo y verificación del factor de potencia durante los fines de semana, ya que durante estos periodos de inactividad los capacitores permanecen conectados y siguen creando reactivos que perjudican a la red. Se recomienda a su vez controlar las fluctuaciones del factor de potencia mediante el uso de monitores automáticos de bancos de capacitores y con dichos bancos tratar de lograr un factor de potencia cercano al 95 % global.

Hay que tomar en consideración también el uso de capacitores en los motores mayores de 50 HP con arranque a plena tensión para que se enciendan y apaguen en coordinación con los arranques y paros del mismo.

### Subestaciones electricas:

En las subestaciones electricas localizadas en el interior de la planta se encontraron desbalances en las lineas de alimentacion ocasionando esto mayores perdidas por efecto Joule ( $I^2R$ ).

De las misma manera se procedio a medir las cargas en los transformadores de baja potencia ya que no se contaba con el equipo especial para su medicion en alta. Basandonos en las mediciones realizados se llevo a la conclusion de que los equipos de transformacion se encontraban, en su mayoria, trabajando al 30 y 50 % de su capacidad.

### Sugerencias:

Para el primer caso se recomienda el balanceo de las cargas lo mejor que sea posible, logrando con ello una mejor estabilidad en las lineas y evitando asi el sobrecalentamiento de los conductores.

Con respecto a los transformadores, como ya se tiene conocimiento es conveniente usarlos lo más cercano al 100 % de su capacidad. Esto nos beneficia en lo que se refiere a las pérdidas en el hierro, ya que estas permanecen constantes aun con el aumento de la carga, pero a su vez nos es perjudicial en lo referente a las pérdidas en el cobre, ya que estas tienden a aumentar considerablemente. Por lo anterior no es recomendable, por el simple hecho de ahorrar energia, aumentar la carga de un transformador sobrepasando el 75 % de la nominal.

Si se piensa en el futuro aumentar la carga de la subestacion que alimenta a los tajos es necesario tomar en cuenta en el diseño el punto adecuado de carga para lograr la mayor eficiencia y mejor utilizacion de la estacion transformadora. A su vez es necesario entender que el ahorro obtenido por este aspecto es insignificante con respecto al costo del proyecto, por lo cual solo es recomendable cuando se requiera dicho cambio.

### Iluminación:

Al analizar el sistema de alumbrado se halló que existian muchas luminarias encendidas durante el dia en los talleres, al igual que muchas de ellas se encontraban dañadas o necesitaban reemplazarse debido a que habia terminado su vida util, representando un inmenso desperdicio de energia eléctrica.

#### Sugerencias:

Para poder ahorrar esta energía es recomendable el uso de fotoceldas u otro dispositivo interruptor de corriente durante el transcurso del día. Como complemento a lo anterior se pueden utilizar lminas translucidas en el techo de las naves para permitir y utilizar al máximo el paso de luz natural en el interior.

Otra sugerencia es la de utilizar interruptores seccionados por zonas de trabajo. Así como disminuir la altura del luminario al piso aprovechando de esta manera el 100% del haz luminoso y con ello poder disminuir el número de luminarias. Para ello es necesario realizar un estudio a fondo de las condiciones y necesidades de cada área en específico. Para nuestro caso, a modo de ejemplo, en los talleres de embobinado de motores se necesitan aproximadamente 1000 luxes, y en los de torneado de piezas de 1000 a 3000 luxes.

#### Motores electricos:

En cuestión de motores se localizaron aproximadamente 80 de ellos con problemas de sobredimensionamiento, que representan pérdidas de aproximadamente 4 a 7 % de la energía utilizada para su funcionamiento.

#### Sugerencias:

Para este tipo de situación es necesaria una reestructuración y relocalización de los motores; es decir, si se llega a la conclusión de que un motor se encuentra sobredimensionado, como en este caso, se debe evaluar cuantos y cuales motores pueden ser intercambiados, así como tomar en cuenta cuales pueden ser cambiados. No es recomendable cambiar un motor por el simple hecho de ahorrar energía, al igual que en los transformadores, el ahorro obtenido es menor que los beneficios a corto plazo, por lo cual el payback de la inversión se realiza a muy largo plazo.

## CASO. No. 2.

En este segundo ejemplo aplicaremos los conocimientos adquiridos en el estudio a una planta de fundición de vidrio.

Dicha planta cuenta con dos hornos para fundición que operan alternadamente en verano e invierno, de acuerdo a su ubicación dentro de la planta.

Estos hornos que operan con cinco toneladas por día, tienen dos secciones: La de fundición; donde la materia prima es vidrio reciclado y la temperatura de operación es de 1400 C y la sección de refinado; donde se trabaja a 1100 C.

De la sección de refinado, por medio de cañas se extrae manualmente el vidrio, procediéndose a darle forma a las diferentes piezas en fabricación. Para el confort del Área de trabajo se utilizan ventiladores accionados con motores de 1 HP.

Al ser fabricados dichos productos se pasan a una banda metálica de un templador, que opera a una temperatura de 550 C, finalmente, son transportados al área de control de calidad y empaquetado.

En lo que concierne al Área eléctrica la capacidad instalada en la planta es de 113 KVA y la demanda máxima contratada es de 89 KW.

En la inspección de los factores de carga se encontro que la carga promedio dentro de la empresa es de alrededor de 44.54 KW y por lo tanto el factor de carga que se encuentra definido por:

carga promedio/demanda máxima

quedaría aproximadamente al 50 %. En este caso lo recomendable es mantener el factor de carga lo más cercano a la unidad.

El aumentar el factor de carga aproximadamente a 0.8, equivale a disminuir entre 6 y 8 KW el valor de la demanda máxima, con un costo de \$22,000 por KW de demanda, lo que nos proporcionaría un ahorro mensual de:

$$\begin{aligned} 7 \times 22,000 &= \$ 154,000 \text{ y} \\ 154,000 \times 12 &= \$ 1,848,000 \text{ /año} \end{aligned}$$

Analizando el punto de motores se encontró que la planta cuenta con 39 motores con potencias menores de 50 HP, siendo los más representativos:

DESCRIPCION	POTENCIA HP	CANTIDAD
Turbina fundidor	7.5	1
Turbina Refinador	5.0	1
Templador 1 y 2	5.0	2
Turbina de cámara combustión	5.0	2
Tirón banda	2.0	1
Ventiladores	1.0	28
Depto. de cartón		
Compresor de pistón	15.0	1
Compresor de tornillo	25.0	1

Al realizar el análisis en estos motores no se encuentran problemas de importancia en ellos. Por esta razón lo único recomendable en este caso es la sustitución de los motores de los ventiladores portátiles por otros de menor caballaje y a su vez restringir su utilización en forma continua, evitando que estén trabajando aun en horas muertas. Otra sugerencia que puede abatir el costo en la facturación por el cargo de demanda máxima registrada es la de no prender en un lapso corto de tiempo todos los motores a la vez, sino que se debe llevar una secuencia de encendido para evitar los picos de demanda y a su vez no perjudicar la instalación eléctrica requiriendo mayor corriente.

En otro rubro, se tiene que la iluminación no representa un porcentaje representativo en cuanto al consumo de energía eléctrica en la fábrica. Sin embargo se puede conseguir ciertos ahorros de la forma siguiente:

Se cuenta en la planta con 4 lámparas de cuarzo de 1500 watts cada una, las cuales sirven para iluminar toda la nave áreas de trabajo. Para este caso se sugiere el empleo de lámparas más efectivas como las de luz mixta de menor potencia, pero repartidas uniformemente de tal manera que se obtenga una iluminación homogénea con la intensidad deseada y recomendada (200 luxes en todas las zonas de trabajo) esto solo si es importante la definición de los colores.

La luz mixta es una combinación de lámparas de mercurio y de incandescencia, el flujo luminoso correspondiente a la radiación por incandescencia es del orden del doble del mercurio, lo que produce que su rendimiento total supere al de incandescencia en un 50%. Su rendimiento es de 15 a 35 lúmenes/watt, teniendo un promedio de vida media de 6,000 hrs, contra 3,000 hrs. que corresponderían a las de cuarzo.

Por lo anterior se recomienda para las naves industriales, talleres y almacenes.

En el caso que no sea importante la definición de colores se recomendaría las lámparas de vapor de sodio de alta presión, su rendimiento es de 60 a 90 lúmenes/watt con un tiempo de vida de 9,000 horas. Este tipo de lámparas es ideal por el ahorro en el consumo de energía eléctrica, pero tienen la desventaja de descomponer los colores, es decir bajo la iluminación de una lámpara de este tipo se pierde la definición de los colores.

En la salida del horno templador (control de calidad) se tienen cuatro lámparas de 20 watts cada una de tipo fluorescente. Así mismo en las oficinas se cuenta con lámparas de este tipo pero de 75 watts repartidas uniformemente.

Para este tipo de lámparas se recomienda cambiar a balastos de mayor eficiencia. Existen en el mercado balastos electromagnéticos, híbridos y electrónicos que se pueden acondicionar en función del costo, obteniéndose ventajas como el incremento de la vida útil de las lámparas, mayor intensidad luminosa, menor ruido y peso del balastro, mejor regulación de la tensión y menor calentamiento. Así mismo se recomienda la utilización de mejores reflectores de luz y aumentar también su mantenimiento preventivo mejorando así su reflexión.

En el interior de la nave almacenadora se encuentran aproximadamente 90 lámparas incandescentes las cuales son recomendable cambiarlas por lámparas de vapor de sodio a alta presión. Para comprender mejor la oportunidad de ahorro al cambiar el tipo de lámparas se muestra la siguiente tabla:

LAMPARA	POTENCIA WATTS	LUMENES	TIEMPO DE VIDA HORAS	PRECIO \$
Incandescente	300	3200	1,000	10,552
Vapor de sodio a alta presión	70	5800	20,000	54,329

El ahorro de energía por la diferencia en las lámparas es de 230 Watts multiplicado por 90 lámparas en toda la planta:

230 W	×	90 lámparas	=	20.7 KW
20.7 KWh/hr	×	\$93.42/KWh	=	\$ 1,934 /hr
1,934 /hr	×	8760 hr/año	=	\$ 17'000,000 /año

La inversión por el equipo a instalar es de:

\$ 186,000	×	90 lámparas	=	\$ 16'740,000
------------	---	-------------	---	---------------

El tiempo de recuperación de la inversión inicial es de:

16'740,000	/	17'000,000	=	1 año
------------	---	------------	---	-------

En las áreas comunes como pasillos y patios de materiales se cuenta con 2 tipos de lámparas fluorescentes e incandescentes, que son pocos en realidad ya que se aprovecha en algunas áreas el reflejo de otras. Dada esta situación se sugiere que la luz incandescente se sustituya por fluorescente y se ilumine homogéneamente las áreas mencionadas.



**CAPITULO No. 5**

**CONCLUSIONES.**

## CAPITULO No. 5

### CONCLUSIONES.

El uso eficiente de la energía, es un tema que está atrayendo de manera creciente la atención de todos los sectores de la sociedad. La preocupación de los gobiernos con respecto a su dependencia de las importaciones de energéticos, principalmente del petróleo y sus derivados, se manifiesta en la propuesta de la "Comunidad Económica Europea" para reducir el consumo total de energía.

El consumidor, ante el constante incremento de los costos de la energía, puede reducir sus gastos por medio de la reducción directa en el consumo de energía.

Tomando en cuenta los gastos que se realizarían en estudios de este tipo, así como los planes de seguimiento que deben de observarse como lo son:

La cuantificación de los consumos de energía, la implementación de las medidas tendientes a reducir dicho consumo y la diaria observación y cuidado de la administración energética, es conveniente hacer notar que realmente son gastos necesarios, en otras palabras es una inversión recuperable que nos proporcionará un beneficio a futuro.

De acuerdo a lo analizado durante el desarrollo de este trabajo es obvio que el ahorro energético representa una alternativa factible a seguir para lograr, desde el punto de vista industrial: Mayor competitividad a nivel nacional e internacional debido a que los costos de producción se ven reducidos en un porcentaje significativo si se logran poner en practica el mayor número de medidas correctivas.

En lo referente al sector gubernamental, representa la posibilidad para disminuir las grandes inversiones y subsidios realizados a la fecha, alcanzando con ello un costo mas real de los bienes o servicios otorgados actualmente, teniendo la posibilidad de desviar parte de los recursos empleados en el gasto energético a otra actividad en donde se logre un mayor beneficio.

Todas las industrias descritas en el capítulo No. 1 así como otros grandes consorcios del sector privado, están consientes de la necesidad de implantar técnicas para una mejor utilización de la energía, particularmente existen entre estos últimos numerosas empresas que ya han adoptado nuevas técnicas y tecnologías en sus procesos.

Como un primer paso, es necesario cuantificar el consumo de energía eléctrica en los diferentes equipos del sistema objeto del estudio (ya sea en plantas de todo tipo, edificios, etc.). Posteriormente se puede tratar de implementar las medidas descritas en este trabajo, recordando que para cualquier inversión en equipos, debe preceder un análisis económico más detallado.

Además del objetivo principal que es el ahorro de energía, existe el aspecto económico, que en algunos casos como en el cambio de tarifa puede ser decisivo apesar de que no se presenten disminuciones en los consumos

En cuanto al cambio de tarifa podemos decir que la respuesta de los usuarios a esta nueva práctica de tarificación ha sido muy positiva, comprobándose que los usuarios pueden responder a las presiones que aquejan al Sector Energético del país, buscando una nueva asignación de recursos.

Actualmente existen numerosas oportunidades para que sectores de la industria se beneficien de las técnicas que se están aplicando en otros países en los mismos sectores o en sectores similares.

Es importante recalcar que para un estudio de esta naturaleza (ahorro de energía eléctrica) se deben de tomar en consideración todos los factores que intervienen directa o indirectamente en el proceso productivo, aunque parezca que no existe relación con el consumo eléctrico; como en el caso de fugas en tuberías de presión de los compresores, ya que esto afectará directamente el consumo de energía eléctrica requerida por la máquina motriz en comparación al necesario si se contara con un sistema totalmente eficiente (sin pérdidas de presión).

Por último podemos decir que con la realización de este trabajo no pretendemos proporcionar un manual o una guía para el ahorro de energía eléctrica, lo que si se pretende es mostrarle a las personas interesada en este tema, las oportunidades de ahorro que pueden presentarse. Es por esto que pude parecer que el presente estudio no cumple con las características estructurales de la tesis tradicional, sino que mezcla tanto aspectos de trabajo informativo como en algunos casos criterio de manual.

APENDICE

" A "

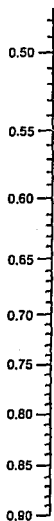
## ¿COMO CALCULAR LA POTENCIA DE SU CAPACITOR?

Este nomograma le ayudará a calcular los KVAR necesarios para corregir el Factor de Potencia.

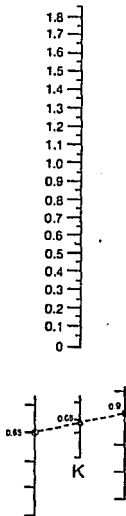
Simplemente trace una línea recta partiendo de la escala factor de potencia actual y terminando en la escala factor de potencia deseado.

En la escala central obtendrá el valor K.

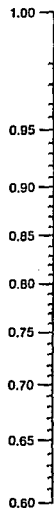
FACTOR DE POTENCIA  
ACTUAL



K



NUEVO FACTOR  
DE POTENCIA



**Ejemplo:** En una instalación la carga es de 100 KW, con un factor de potencia de 0.65. Necesitamos corregir este factor de potencia a 0.9. En el nomograma encontraremos que  $K = 0.68$ .

La potencia del capacitor requerido para lograr esta mejora será de  $100 \times 0.68 = 68$  KVAR.

## Coeficiente para el cálculo de la energía reactiva que ceden los condensadores

### FACTOR DE POTENCIA DESEADO

	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.40	1.341	1.267	1.193	1.119	1.045	0.971	0.897	0.823	0.749	0.675	0.601	0.527	0.453	0.379	0.305	0.231	0.157	0.083	0.009	0.000	0.000
0.41	1.475	1.301	1.227	1.153	1.079	1.005	0.931	0.857	0.783	0.709	0.635	0.561	0.487	0.413	0.339	0.265	0.191	0.117	0.043	0.000	0.000
0.42	1.611	1.437	1.363	1.289	1.215	1.141	1.067	0.993	0.919	0.845	0.771	0.697	0.623	0.549	0.475	0.401	0.327	0.253	0.179	0.105	0.031
0.43	1.750	1.576	1.502	1.428	1.354	1.280	1.206	1.132	1.058	0.984	0.910	0.836	0.762	0.688	0.614	0.540	0.466	0.392	0.318	0.244	0.170
0.44	1.891	1.717	1.643	1.569	1.495	1.421	1.347	1.273	1.199	1.125	1.051	0.977	0.903	0.829	0.755	0.681	0.607	0.533	0.459	0.385	0.311
0.45	2.035	1.861	1.787	1.713	1.639	1.565	1.491	1.417	1.343	1.269	1.195	1.121	1.047	0.973	0.899	0.825	0.751	0.677	0.603	0.529	0.455
0.46	2.180	2.006	1.932	1.858	1.784	1.710	1.636	1.562	1.488	1.414	1.340	1.266	1.192	1.118	1.044	0.970	0.896	0.822	0.748	0.674	0.600
0.47	2.328	2.154	2.080	2.006	1.932	1.858	1.784	1.710	1.636	1.562	1.488	1.414	1.340	1.266	1.192	1.118	1.044	0.970	0.896	0.822	0.748
0.48	2.479	2.305	2.231	2.157	2.083	2.009	1.935	1.861	1.787	1.713	1.639	1.565	1.491	1.417	1.343	1.269	1.195	1.121	1.047	0.973	0.899
0.49	2.633	2.459	2.385	2.311	2.237	2.163	2.089	2.015	1.941	1.867	1.793	1.719	1.645	1.571	1.497	1.423	1.349	1.275	1.201	1.127	1.053
0.50	2.791	2.617	2.543	2.469	2.395	2.321	2.247	2.173	2.099	2.025	1.951	1.877	1.803	1.729	1.655	1.581	1.507	1.433	1.359	1.285	1.211
0.51	2.953	2.779	2.705	2.631	2.557	2.483	2.409	2.335	2.261	2.187	2.113	2.039	1.965	1.891	1.817	1.743	1.669	1.595	1.521	1.447	1.373
0.52	3.119	2.945	2.871	2.797	2.723	2.649	2.575	2.501	2.427	2.353	2.279	2.205	2.131	2.057	1.983	1.909	1.835	1.761	1.687	1.613	1.539
0.53	3.289	3.115	3.041	2.967	2.893	2.819	2.745	2.671	2.597	2.523	2.449	2.375	2.301	2.227	2.153	2.079	2.005	1.931	1.857	1.783	1.709
0.54	3.463	3.289	3.215	3.141	3.067	2.993	2.919	2.845	2.771	2.697	2.623	2.549	2.475	2.401	2.327	2.253	2.179	2.105	2.031	1.957	1.883
0.55	3.641	3.467	3.393	3.319	3.245	3.171	3.097	3.023	2.949	2.875	2.801	2.727	2.653	2.579	2.505	2.431	2.357	2.283	2.209	2.135	2.061
0.56	3.823	3.649	3.575	3.501	3.427	3.353	3.279	3.205	3.131	3.057	2.983	2.909	2.835	2.761	2.687	2.613	2.539	2.465	2.391	2.317	2.243
0.57	4.009	3.835	3.761	3.687	3.613	3.539	3.465	3.391	3.317	3.243	3.169	3.095	3.021	2.947	2.873	2.799	2.725	2.651	2.577	2.503	2.429
0.58	4.199	4.025	3.951	3.877	3.803	3.729	3.655	3.581	3.507	3.433	3.359	3.285	3.211	3.137	3.063	2.989	2.915	2.841	2.767	2.693	2.619
0.59	4.393	4.219	4.145	4.071	3.997	3.923	3.849	3.775	3.701	3.627	3.553	3.479	3.405	3.331	3.257	3.183	3.109	3.035	2.961	2.887	2.813
0.60	4.591	4.417	4.343	4.269	4.195	4.121	4.047	3.973	3.899	3.825	3.751	3.677	3.603	3.529	3.455	3.381	3.307	3.233	3.159	3.085	3.011
0.61	4.793	4.619	4.545	4.471	4.397	4.323	4.249	4.175	4.101	4.027	3.953	3.879	3.805	3.731	3.657	3.583	3.509	3.435	3.361	3.287	3.213
0.62	5.000	4.826	4.752	4.678	4.604	4.530	4.456	4.382	4.308	4.234	4.160	4.086	4.012	3.938	3.864	3.790	3.716	3.642	3.568	3.494	3.420
0.63	5.211	5.037	4.963	4.889	4.815	4.741	4.667	4.593	4.519	4.445	4.371	4.297	4.223	4.149	4.075	4.001	3.927	3.853	3.779	3.705	3.631
0.64	5.427	5.253	5.179	5.105	5.031	4.957	4.883	4.809	4.735	4.661	4.587	4.513	4.439	4.365	4.291	4.217	4.143	4.069	3.995	3.921	3.847
0.65	5.647	5.473	5.399	5.325	5.251	5.177	5.103	5.029	4.955	4.881	4.807	4.733	4.659	4.585	4.511	4.437	4.363	4.289	4.215	4.141	4.067
0.66	5.871	5.697	5.623	5.549	5.475	5.401	5.327	5.253	5.179	5.105	5.031	4.957	4.883	4.809	4.735	4.661	4.587	4.513	4.439	4.365	4.291
0.67	6.100	5.926	5.852	5.778	5.704	5.630	5.556	5.482	5.408	5.334	5.260	5.186	5.112	5.038	4.964	4.890	4.816	4.742	4.668	4.594	4.520
0.68	6.334	6.160	6.086	6.012	5.938	5.864	5.790	5.716	5.642	5.568	5.494	5.420	5.346	5.272	5.198	5.124	5.050	4.976	4.902	4.828	4.754
0.69	6.573	6.399	6.325	6.251	6.177	6.103	6.029	5.955	5.881	5.807	5.733	5.659	5.585	5.511	5.437	5.363	5.289	5.215	5.141	5.067	4.993
0.70	6.817	6.643	6.569	6.495	6.421	6.347	6.273	6.199	6.125	6.051	5.977	5.903	5.829	5.755	5.681	5.607	5.533	5.459	5.385	5.311	5.237
0.71	7.066	6.892	6.818	6.744	6.670	6.596	6.522	6.448	6.374	6.300	6.226	6.152	6.078	6.004	5.930	5.856	5.782	5.708	5.634	5.560	5.486
0.72	7.320	7.146	7.072	7.000	6.926	6.852	6.778	6.704	6.630	6.556	6.482	6.408	6.334	6.260	6.186	6.112	6.038	5.964	5.890	5.816	5.742
0.73	7.579	7.405	7.331	7.257	7.183	7.109	7.035	6.961	6.887	6.813	6.739	6.665	6.591	6.517	6.443	6.369	6.295	6.221	6.147	6.073	6.000
0.74	7.843	7.669	7.595	7.521	7.447	7.373	7.299	7.225	7.151	7.077	7.003	6.929	6.855	6.781	6.707	6.633	6.559	6.485	6.411	6.337	6.263
0.75	8.112	7.938	7.864	7.790	7.716	7.642	7.568	7.494	7.420	7.346	7.272	7.198	7.124	7.050	6.976	6.902	6.828	6.754	6.680	6.606	6.532
0.76	8.386	8.212	8.138	8.064	7.990	7.916	7.842	7.768	7.694	7.620	7.546	7.472	7.398	7.324	7.250	7.176	7.102	7.028	6.954	6.880	6.806
0.77	8.665	8.491	8.417	8.343	8.269	8.195	8.121	8.047	7.973	7.899	7.825	7.751	7.677	7.603	7.529	7.455	7.381	7.307	7.233	7.159	7.085
0.78	8.949	8.775	8.701	8.627	8.553	8.479	8.405	8.331	8.257	8.183	8.109	8.035	7.961	7.887	7.813	7.739	7.665	7.591	7.517	7.443	7.369
0.79	9.238	9.064	8.990	8.916	8.842	8.768	8.694	8.620	8.546	8.472	8.398	8.324	8.250	8.176	8.102	8.028	7.954	7.880	7.806	7.732	7.658
0.80	9.532	9.358	9.284	9.210	9.136	9.062	8.988	8.914	8.840	8.766	8.692	8.618	8.544	8.470	8.396	8.322	8.248	8.174	8.100	8.026	7.952
0.81	9.831	9.657	9.583	9.509	9.435	9.361	9.287	9.213	9.139	9.065	8.991	8.917	8.843	8.769	8.695	8.621	8.547	8.473	8.399	8.325	8.251
0.82	10.136	9.962	9.888	9.814	9.740	9.666	9.592	9.518	9.444	9.370	9.296	9.222	9.148	9.074	9.000	8.926	8.852	8.778	8.704	8.630	8.556
0.83	10.447	10.273	10.199	10.125	10.051	9.977	9.903	9.829	9.755	9.681	9.607	9.533	9.459	9.385	9.311	9.237	9.163	9.089	9.015	8.941	8.867
0.84	10.764	10.590	10.516	10.442	10.368	10.294	10.220	10.146	10.072	9.998	9.924	9.850	9.776	9.702	9.628	9.554	9.480	9.406	9.332	9.258	9.184
0.85	11.087	10.913	10.839	10.765	10.691	10.617	10.543	10.469	10.395	10.321	10.247	10.173	10.099	10.025	9.951	9.877	9.803	9.729	9.655	9.581	9.507
0.86	11.416	11.242	11.168	11.094	11.020	10.946	10.872	10.798	10.724	10.650	10.576	10.502	10.428	10.354	10.280	10.206	10.132	10.058	9.984	9.910	9.836
0.87	11.751	11.577	11.503	11.429	11.355	11.281	11.207	11.133	11.059	10.985	10.911	10.837	10.763	10.689	10.615	10.541	10.467	10.393	10.319	10.245	10.171
0.88	12.092	11.918	11.844	11.770	11.696	11.622	11.548	11.474	11.400	11.326	11.252	11.178	11.104	11.030	10.956	10.882	10.808	10.734	10.660	10.586	10.512
0.89	12.439	12.265	12.191	12.117	12.043	11.969	11.895	11.821	11.747	11.673	11.599	11.525	11.451	11.377	11.303	11.229	11.155	11.081	11.007	10.933	10.859
0.90	12.792	12.618	12.544	12.470	12.396	12.322	12.248	12.174	12.100	12.026	11.952	11.878	11.804	11.730	11.656	11.582	11.508	11.434	11.360	11.286	11.212
0.91	13.151	12.977	12.903	12.829	12.755	12.681	12.607	12.533	12.459	12.385	12.311	12.237	12.163	12.089	12.015	11.941	11.867	11.793	11.719	11.645	11.571
0.92	13.516	13.342	13.268	13.194	13.120	13.046	12.972	12.898	12.824	12.750	12.676	12.602	12.528	12.454	12.380						

TABLA DE CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

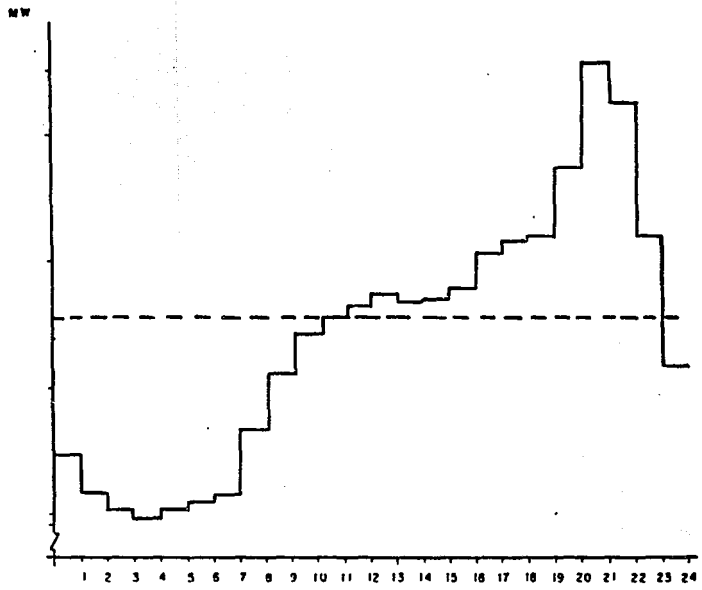
A 1800 R.P.M.		A 1200 R.P.M.		A 900 R.P.M.		A 720 R.P.M.		A 600 R.P.M.	
MOTOR	KVAR DEL CAPACITOR PARA EL F.P. DESEADO	MOTOR	KVAR DEL CAPACITOR PARA EL F.P. DESEADO	MOTOR	KVAR DEL CAPACITOR PARA EL F.P. DESEADO	MOTOR	KVAR DEL CAPACITOR PARA EL F.P. DESEADO	MOTOR	KVAR DEL CAPACITOR PARA EL F.P. DESEADO
H.P. Voltaje	0.95 - 0.90	H.P. Voltaje	0.95 - 0.90	H.P. Voltaje	0.95 - 0.90	H.P. Voltaje	0.95 - 0.90	H.P. Voltaje	0.95 - 0.90
1/2 Bajan	0.5 0.5	1/2 Bajan	0.5 0.5	1/2 Bajan	1 1	5 Bajan	2 2	5 Bajan	4 3
1/2 Bajos	0.5 0.5	1/2 Bajos	0.5 0.5	1 Bajan	1 1	7 1/2 Bajan	4 3	7 1/2 Bajan	5 4
1 Bajan	0.5 0.5	1 Bajan	0.5 0.5	1 1/2 Bajan	1.5 1	10 Bajan	4 3	10 Bajan	5 5
1 Bajos	0.5 0.5	1 Bajos	0.5 0.5	2 Bajan	1.5 1.5	15 Bajan	5 4	15 Bajan	7.5 5
1 1/2 Bajan	0.75 0.5	1 1/2 Bajan	0.75 0.75	3 Bajan	2 1.5	20 Bajan	7.5 5	20 Bajan	10 7.5
1 1/2 Bajos	0.75 0.5	2 Bajan	1 0.75	5 Bajan	3 2	25 Bajan	10 5	25 Bajan	10 7.5
2 Bajan	1 0.75	3 Bajan	1.5 1	7 1/2 Bajan	3 3	30 Bajan	10 5	25 3/4 Bajan	20 15
2 Bajos	1 0.75	5 Bajan	2 1.5	10 Bajan	4 3	40 Bajan	15 10	30 Bajan	10 7.5
3 Bajan	1.5 1	7 1/2 Bajan	3 1.5	15 Bajan	5 5	50 Bajan	20 15	40 2/3 Bajan	20 15
3 Bajos	1.5 1	10 Bajan	3 2	20 2/3 Bajan	10 7.5	60 Bajan	20 15	60 Bajan	20 15
4 Bajan	2 1.5	15 Bajan	4 3	25 Bajan	10 7.5	75 Bajan	25 20	75 Bajan	25 20
4 Bajos	2 1.5	20 Bajan	5 4	30 Bajan	10 7.5	100 Bajan	25 20	100 Bajan	20 15
5 Bajan	3 2	25 Bajan	7.5 5	40 Bajan	10 7.5	125 Bajan	30 20	125 Bajan	25 20
5 Bajos	3 2	30 Bajan	7.5 5	50 Bajan	10 7.5	150 Bajan	35 25	150 Bajan	50 40
6 Bajan	4 3	30 2/3 Bajan	7.5 5	60 Bajan	15 10	200 Bajan	40 35	200 Bajan	50 35
6 Bajos	4 3	40 Bajan	10 7.5	75 Bajan	15 10	250 Bajan	45 35	250 Bajan	50 40
7 1/2 Bajan	5 4	40 2/3 Bajan	10 7.5	100 Bajan	20 10	300 Bajan	50 40	300 Bajan	50 40
7 1/2 Bajos	5 4	50 Bajan	10 7.5	125 Bajan	25 20	400 Bajan	60 50	400 Bajan	50 40
8 Bajan	7.5 5	50 2/3 Bajan	10 7.5	150 Bajan	25 20	500 Bajan	75 60	500 Bajan	50 40
8 Bajos	7.5 5	60 Bajan	10 7.5	200 Bajan	30 20	600 Bajan	90 75	600 Bajan	50 40
9 Bajan	7.5 5	60 2/3 Bajan	10 7.5	250 Bajan	35 25	750 Bajan	110 90	750 Bajan	50 40
10 Bajan	10 7.5	75 Bajan	10 7.5	300 Bajan	40 35	900 Bajan	130 110	900 Bajan	50 40
10 Bajos	10 7.5	75 2/3 Bajan	10 7.5	400 Bajan	50 40	1000 Bajan	150 130	1000 Bajan	50 40
12 Bajan	10 7.5	100 Bajan	10 7.5	500 Bajan	60 50	1250 Bajan	175 150	1250 Bajan	50 40
12 Bajos	10 7.5	125 Bajan	10 7.5	600 Bajan	75 60	1500 Bajan	210 175	1500 Bajan	50 40
15 Bajan	15 10	150 Bajan	10 7.5	750 Bajan	90 75	2000 Bajan	280 230	2000 Bajan	50 40
15 Bajos	15 10	200 Bajan	10 7.5	900 Bajan	110 90	2500 Bajan	350 280	2500 Bajan	50 40
20 Bajan	20 15	250 Bajan	10 7.5	1000 Bajan	130 110	3000 Bajan	420 350	3000 Bajan	50 40
20 Bajos	20 15	300 Bajan	10 7.5	1250 Bajan	150 130	4000 Bajan	560 480	4000 Bajan	50 40
25 Bajan	25 20	400 Bajan	10 7.5	1500 Bajan	175 150	5000 Bajan	700 600	5000 Bajan	50 40
25 Bajos	25 20	500 Bajan	10 7.5	2000 Bajan	230 200	6000 Bajan	840 720	6000 Bajan	50 40
30 Bajan	30 25	600 Bajan	10 7.5	2500 Bajan	280 250	7500 Bajan	1050 900	7500 Bajan	50 40
30 Bajos	30 25	750 Bajan	10 7.5	3000 Bajan	330 300	9000 Bajan	1260 1080	9000 Bajan	50 40
40 Bajan	40 35	900 Bajan	10 7.5	4000 Bajan	440 400	10000 Bajan	1400 1200	10000 Bajan	50 40
40 Bajos	40 35	1000 Bajan	10 7.5	5000 Bajan	550 500	12500 Bajan	1750 1500	12500 Bajan	50 40
50 Bajan	50 45	1250 Bajan	10 7.5	6000 Bajan	660 600	15000 Bajan	2100 1800	15000 Bajan	50 40
50 Bajos	50 45	1500 Bajan	10 7.5	7500 Bajan	825 750	20000 Bajan	2800 2400	20000 Bajan	50 40
60 Bajan	60 55	2000 Bajan	10 7.5	9000 Bajan	990 900	25000 Bajan	3500 3000	25000 Bajan	50 40
60 Bajos	60 55	2500 Bajan	10 7.5	10000 Bajan	1100 1000	30000 Bajan	4200 3600	30000 Bajan	50 40
75 Bajan	75 70	3000 Bajan	10 7.5	12500 Bajan	1375 1250	40000 Bajan	5600 4800	40000 Bajan	50 40
75 Bajos	75 70	3500 Bajan	10 7.5	15000 Bajan	1650 1500	50000 Bajan	7000 6000	50000 Bajan	50 40
100 Bajan	100 90	4000 Bajan	10 7.5	20000 Bajan	2200 2000	60000 Bajan	8400 7200	60000 Bajan	50 40
100 Bajos	100 90	5000 Bajan	10 7.5	25000 Bajan	2750 2500	75000 Bajan	10500 9000	75000 Bajan	50 40
125 Bajan	125 115	6000 Bajan	10 7.5	30000 Bajan	3300 3000	90000 Bajan	12600 10800	90000 Bajan	50 40
125 Bajos	125 115	7500 Bajan	10 7.5	40000 Bajan	4400 4000	100000 Bajan	14000 12000	100000 Bajan	50 40
150 Bajan	150 140	9000 Bajan	10 7.5	50000 Bajan	5500 5000	125000 Bajan	17500 15000	125000 Bajan	50 40
150 Bajos	150 140	10000 Bajan	10 7.5	60000 Bajan	6600 6000	150000 Bajan	21000 18000	150000 Bajan	50 40
200 Bajan	200 190	12500 Bajan	10 7.5	75000 Bajan	8250 7500	200000 Bajan	28000 24000	200000 Bajan	50 40
200 Bajos	200 190	15000 Bajan	10 7.5	90000 Bajan	9900 9000	250000 Bajan	35000 30000	250000 Bajan	50 40
250 Bajan	250 240	20000 Bajan	10 7.5	100000 Bajan	11000 10000	300000 Bajan	42000 36000	300000 Bajan	50 40
250 Bajos	250 240	25000 Bajan	10 7.5	125000 Bajan	13750 12500	400000 Bajan	56000 48000	400000 Bajan	50 40
300 Bajan	300 290	30000 Bajan	10 7.5	150000 Bajan	16500 15000	500000 Bajan	70000 60000	500000 Bajan	50 40
300 Bajos	300 290	35000 Bajan	10 7.5	200000 Bajan	22000 20000	600000 Bajan	84000 72000	600000 Bajan	50 40
400 Bajan	400 390	40000 Bajan	10 7.5	250000 Bajan	27500 25000	750000 Bajan	105000 90000	750000 Bajan	50 40
400 Bajos	400 390	50000 Bajan	10 7.5	300000 Bajan	33000 30000	900000 Bajan	126000 108000	900000 Bajan	50 40
500 Bajan	500 490	60000 Bajan	10 7.5	400000 Bajan	44000 40000	1000000 Bajan	140000 120000	1000000 Bajan	50 40
500 Bajos	500 490	75000 Bajan	10 7.5	500000 Bajan	55000 50000	1250000 Bajan	175000 150000	1250000 Bajan	50 40
600 Bajan	600 590	90000 Bajan	10 7.5	600000 Bajan	66000 60000	1500000 Bajan	210000 180000	1500000 Bajan	50 40
600 Bajos	600 590	100000 Bajan	10 7.5	750000 Bajan	82500 75000	2000000 Bajan	280000 240000	2000000 Bajan	50 40
750 Bajan	750 740	125000 Bajan	10 7.5	900000 Bajan	99000 90000	2500000 Bajan	350000 300000	2500000 Bajan	50 40
750 Bajos	750 740	150000 Bajan	10 7.5	1000000 Bajan	110000 100000	3000000 Bajan	420000 360000	3000000 Bajan	50 40
1000 Bajan	1000 990	200000 Bajan	10 7.5	1250000 Bajan	137500 125000	4000000 Bajan	560000 480000	4000000 Bajan	50 40
1000 Bajos	1000 990	250000 Bajan	10 7.5	1500000 Bajan	165000 150000	5000000 Bajan	700000 600000	5000000 Bajan	50 40
1250 Bajan	1250 1240	300000 Bajan	10 7.5	2000000 Bajan	220000 200000	6000000 Bajan	840000 720000	6000000 Bajan	50 40
1250 Bajos	1250 1240	350000 Bajan	10 7.5	2500000 Bajan	275000 250000	7500000 Bajan	1050000 900000	7500000 Bajan	50 40
1500 Bajan	1500 1490	400000 Bajan	10 7.5	3000000 Bajan	330000 300000	9000000 Bajan	1260000 1080000	9000000 Bajan	50 40
1500 Bajos	1500 1490	500000 Bajan	10 7.5	4000000 Bajan	440000 400000	10000000 Bajan	1400000 1200000	10000000 Bajan	50 40
2000 Bajan	2000 1990	600000 Bajan	10 7.5	5000000 Bajan	550000 500000	12500000 Bajan	1750000 1500000	12500000 Bajan	50 40
2000 Bajos	2000 1990	750000 Bajan	10 7.5	6000000 Bajan	660000 600000	15000000 Bajan	2100000 1800000	15000000 Bajan	50 40
2500 Bajan	2500 2490	900000 Bajan	10 7.5	7500000 Bajan	825000 750000	20000000 Bajan	2800000 2400000	20000000 Bajan	50 40
2500 Bajos	2500 2490	1000000 Bajan	10 7.5	9000000 Bajan	990000 900000	25000000 Bajan	3500000 3000000	25000000 Bajan	50 40
3000 Bajan	3000 2990	1250000 Bajan	10 7.5	10000000 Bajan	1100000 1000000	30000000 Bajan	4200000 3600000	30000000 Bajan	50 40
3000 Bajos	3000 2990	1500000 Bajan	10 7.5	12500000 Bajan	1375000 1250000	40000000 Bajan	5600000 4800000	40000000 Bajan	50 40
4000 Bajan	4000 3990	2000000 Bajan	10 7.5	15000000 Bajan	1650000 1500000	50000000 Bajan	7000000 6000000	50000000 Bajan	50 40
4000 Bajos	4000 3990	2500000 Bajan	10 7.5	20000000 Bajan	2200000 2000000	60000000 Bajan	8400000 7200000	60000000 Bajan	50 40
5000 Bajan	5000 4990	3000000 Bajan	10 7.5	25000000 Bajan	2750000 2500000	75000000 Bajan	10500000 9000000	75000000 Bajan	50 40
5000 Bajos	5000 4990	3500000 Bajan	10 7.5	30000000 Bajan	3300000 3000000	90000000 Bajan	12600000 10800000	90000000 Bajan	50 40
6000 Bajan	6000 5990	4000000 Bajan	10 7.5	40000000 Bajan	4400000 4000000	100000000 Bajan	14000000 12000000	100000000 Bajan	50 40
6000 Bajos	6000 5990	5000000 Bajan	10 7.5	50000000 Bajan	5500000 5000000	125000000 Bajan	17500000 15000000	125000000 Bajan	50 40
7500 Bajan	7500 7490	6000000 Bajan	10 7.5	60000000 Bajan	6600000 6000000	150000000 Bajan	21000000 18000000	150000000 Bajan	50 40
7500 Bajos	7500 7490	7500000 Bajan	10 7.5	75000000 Bajan	8250000 7500000	200000000 Bajan	28000000 24000000	200000000 Bajan	50 40
10000 Bajan	10000 9990	9000000 Bajan	10 7.5	90000000 Bajan	9900000 9000000	250000000 Bajan	35000000 30000000	250000000 Bajan	50 40
10000 Bajos	10000 9990	10000000 Bajan	10 7.5	100000000 Bajan	11000000 10000000	300000000 Bajan	42000000 36000000	300000000 Bajan	50 40
12500 Bajan	12500 12490	12500000 Bajan	10 7.5	125000000 Bajan	13750000 12500000	400000000 Bajan	56000000 48000000	400000000 Bajan	50 40
12500 Bajos	12500 12490	15000000 Bajan	10 7.5	150000000 Bajan	16500000 15000000	500000000 Bajan	70000000 60000000	500000000 Bajan	50 40
15000 Bajan	15000 14990	20000000 Bajan	10 7.5	200000000 Bajan	22000000 20000000	600000000 Bajan	84000000 72000000	600000000 Bajan	50 40
15000 Bajos	15000 14990	25000000 Bajan	10 7.5	250000000 Bajan	27500000 25000000	750000000 Bajan	105000000 90000000	750000000 Bajan	50 40
20000 Bajan	20000 19990	30000000 Bajan	10 7.5	300000000 Bajan	33000000 30000000	900000000 Bajan	126000000 108000000	900000000 Bajan	50 40
20000 Bajos	20000 19990	35000000 Bajan	10 7.5	400000000 Bajan	44000000 40000000	1000000000 Bajan	140000000 120000000	1000000000 Bajan	50 40
25000 Bajan	25000 24990	40000000 Bajan	10 7.5	500000000 Bajan	55000000 50000000	1250000000 Bajan	175000000 150000000	1250000000 Bajan	50 40
25000 Bajos	25000 24990	50000000 Bajan	10 7.5	600000000 Bajan	66000000 60000000	1500000000 Bajan	210000000 180000000	1500000000 Bajan	50 40
30000 Bajan	30000 29990	60000000 Bajan	10 7.5	750000000 Bajan	82500000 75000000	2000000000 Bajan	280000000 240000000	2000000000 Bajan	50 40
30000 Bajos	30000 29990	75000000 Bajan	10 7.5	900000000 Bajan	99000000 90000000	2500000000 Bajan	350000000		



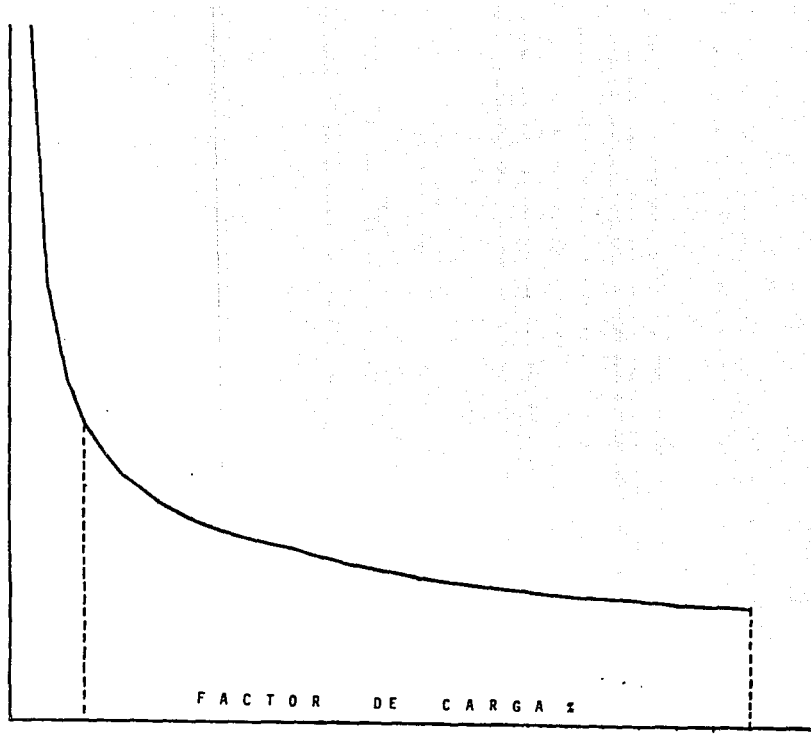
**APENDICE**  
**" B "**

PERFIL DE CARGA CON INDICACION DE LA DEMANDA  
MEDIA

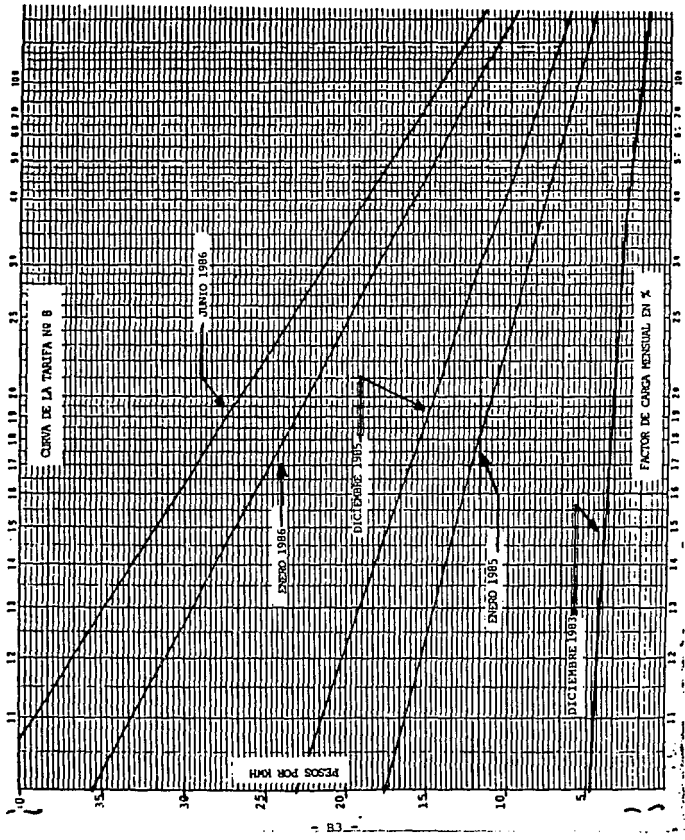
- 15 -



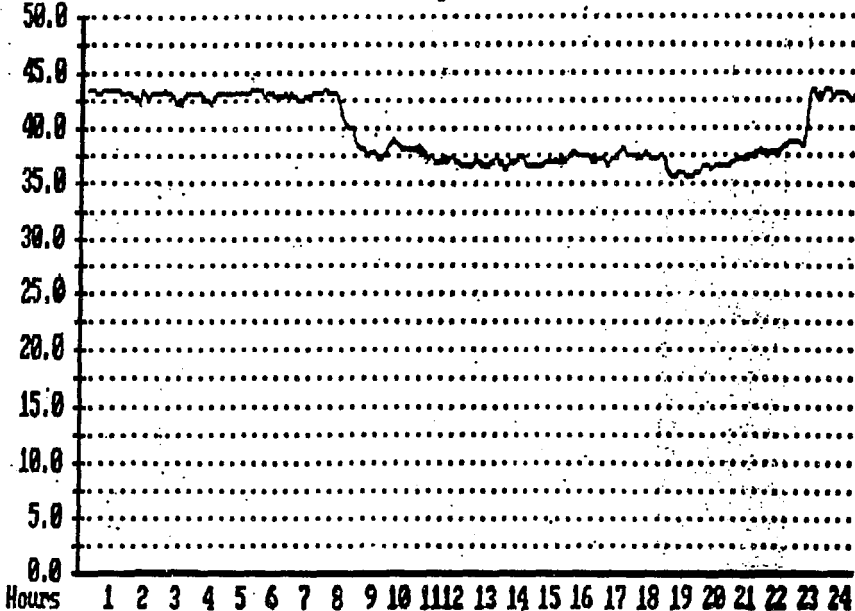
PRECIO MEDIO \$ /KWH



FACTOR DE CARGA %



KW Name: IND. MINERA MEXICO Start: 1/ 8/88 0: 1 Max: 43514.5 KW  
( X000 ) 5 Minute Intervals Stop : 31/ 8/88 24: 0 Min: 35587.6 KW



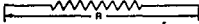
APENDICE

" C "

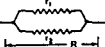
## FORMULAS UTILES

### FORMULAS PARA COMBINAR RESISTENCIAS Y REACTANCIAS

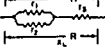
$R = r$



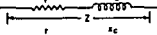
$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}$



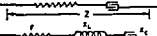
$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} + r_3$



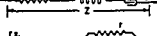
$Z = \sqrt{r^2 + x_L^2}$




$Z = \sqrt{r^2 + x_C^2}$




$Z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}$




$Z = \frac{1}{\sqrt{(\frac{1}{r})^2 + (\frac{1}{x_L})^2}}$



$Z = \frac{1}{\sqrt{(\frac{1}{r})^2 + (\frac{1}{x_C})^2}}$



$Z = \frac{1}{\sqrt{(\frac{1}{r})^2 + (\frac{1}{x_L} - \frac{1}{x_C})^2}}$



$r =$  resistencia (ohms)  
 $X_L =$  reactancia inductiva (ohms) =  $2\pi fL$   
 $X_C =$  reactancia capacitiva (ohms) =  $\frac{1}{2\pi fC}$   
 $Z =$  impedancia (ohms)  
 $I =$  intensidad de corriente (amperes)  
 $E =$  tensión (volts)

$f =$  frecuencia (ciclos por segundo o hercios)  
 $L =$  inductancia (henrys)  
 $C =$  capacitancia (farads)

### DETERMINACION DE TEMPERATURAS por medición de la resistencia

Con base en un coeficiente de temperatura de 0.00427 a 0°C, para la resistencia de un alambre de cobre, existen las siguientes relaciones entre resistencia y temperatura:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1} \text{ o bien } t_2 = \frac{R_2}{R_1} (234.5 + t_1) - 234.5$$

en las que

$R_2 =$  resistencia de un conductor (o de un devanado) a  $t_2$ °C (temp. final)

$R_1 =$  resistencia de un conductor (o de un devanado) a  $t_1$ °C (temp. inicial)

### FORMULAS MECANICAS

Transmisión de potencia por un eje

$$(CV) = \frac{\text{Par motor (m Kg)} \times \text{(RPM)}}{716}$$

o bien,

$$(HP) = \frac{\text{Par motor (pie lb)} \times \text{(RPM)}}{5250}$$

Potencia útil de un salto o caída de agua

$$(CV) = 0.133 \times \text{Gasto (m}^3/\text{seg)} \times \text{Caída (m)} \times \text{Rend. (\%)}$$

o bien,

$$(HP) = 0.00114 \times \text{Gasto (pies}^3/\text{seg)} \times \text{Caída (pies)} \times \text{Rend. (\%)}$$

Suponiendo que el rendimiento o eficiencia (Rend.) de la máquina hidráulica sea de 75%, se tiene que

$$1 \text{ m}^3/\text{seg con 10 m de caída produce 100 CV.}$$

Potencia necesaria para una bomba de agua

$$(CV) = \frac{\text{Gasto (litros/min)} \times \text{Carga total (metros)}}{45 \times \text{Rend. (\%)}}$$

o bien,

$$(HP) = \frac{\text{Gasto (galones/min)} \times \text{Carga total (pies)}}{39.60 \times \text{Rend. (\%)}}$$

Potencia necesaria para un ventilador

$$(CV) = \frac{\text{Gasto (m}^3/\text{min)} \times \text{Presión (mm c.a.)}}{45 \times \text{Rend. (\%)}}$$

o bien,

$$(HP) = \frac{\text{Gasto (pies}^3/\text{min)} \times \text{Presión (pulg c.a.)}}{63.50 \times \text{Rend. (\%)}}$$

en donde c.a. indica "columna de agua". La eficiencia de los ventiladores ordinarios es de 50% y de 65% para los de tipo Sirocco.

Tiempo de variación de la velocidad

Estas fórmulas sirven para determinar aproximadamente el intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ), entre dos valores de velocidad angular (RPM) de volantes, motores, etc., con un cierto par aplicado:

$$\Delta t (\text{seg}) = \frac{GR^2 (\text{en Kg m}^2) \times (\text{Cambio de RPM})}{98 \times \text{Par motor (en m Kg)}}$$

o bien,

$$\Delta t (\text{seg}) = \frac{WA^2 (\text{en lb pie}^2) \times (\text{Cambio de RPM})}{322 \times \text{Par motor (en pie lb)}}$$

en donde  $GR^2$  o  $WA^2$  es el "efecto de inercia" = Peso  $\times$  (radio de giro o de inercia)<sup>2</sup>.

### FORMULAS GEOMETRICAS

Área de un rectángulo = Largo  $\times$  Ancho.

Área de un triángulo =  $\frac{1}{2} \times$  Base  $\times$  Altura.

Longitud de una circunferencia =  $3.1416 \times$  Diámetro.

Área de un círculo =  $0.7854 \times$  (Diámetro)<sup>2</sup>.

Volumen de un cilindro = Área de la base  $\times$  Altura.

Superficie de una esfera =  $3.1416 \times$  (Diámetro)<sup>2</sup>.

Volumen de una esfera =  $0.5236 \times$  (Diámetro)<sup>3</sup>.

$$\text{Diámetro de un círculo} = \sqrt{\frac{\text{Área del círculo}}{0.7854}}$$

Diámetro de un círculo =  $1.1284 \times \sqrt{\text{Área del círculo}}$ .

Perímetro (circunferencia) de un círculo =  $3.1416 \times \sqrt{\text{Área del círculo}}$ .

Lado del cuadrado de igual área =  $0.8862 \times$  Diámetro del círculo.

Lado del cuadrado inscrito =  $0.7071 \times$  Diámetro de la circunferencia.

### CALCULOS DE CONDUCTORES Ley de Ohm

La ley de Ohm es:  $I = \frac{E}{R}$ , en donde I es intensidad de corriente, E es tensión aplicada y R es la resistencia de un conductor.

**Ejemplo:** Con una tensión de 112 volts y una resistencia de 8 ohms, ¿cuál será la intensidad de la corriente?

$$I = \frac{112}{8} = 14 \text{ amperes.}$$

**Ejemplo:** ¿Qué resistencia se necesita para tener una corriente de 14 amperes de intensidad a 112 volts de tensión?

$$R = \frac{E}{I}, \text{ o sea, } R = \frac{112}{14} = 8 \text{ ohms.}$$

**Ejemplo:** ¿Qué tensión se requiere para producir una intensidad de 14 amperes a través de una resistencia de 8 ohms?

$$E = IR, \text{ o sea, } E = 14 \times 8 = 112 \text{ volts.}$$

**Cálculo de tensión (o de voltaje)**

La resistencia de un alambre de cobre de un metro de longitud y un mil circular (CM) de sección<sup>o</sup> es aproximadamente igual a 35.4 ohms.

De manera que la resistencia (R) de un conductor de alambre es igual a: (Longitud del conductor en metros)  $\times$  35.4 / (Sección transversal en CM). Es decir,

$$R = \frac{(\text{Long. del conductor, metros}) \times 35.4}{(\text{Sección, CM})}$$

Utilizando la ley de Ohm,  $E = IR$ , se tiene que la caída de tensión o voltaje (E) en un circuito o línea de dos conductores es:

$$E = \frac{(\text{Amps.}) \times 2 \times (\text{L.C.}) \times 35.4}{(\text{CM})} \text{ volts,}$$

donde (L.C.) indica la longitud del circuito en metros. La longitud total de conductor en el circuito es el doble de la longitud de éste.

**Ejemplo:** ¿Cuál será la caída de tensión en volts en un circuito de alambre del N° 12 que conduce una corriente de 20 amperes a una distancia de 15 metros? (Sección del alambre N° 12 = 6530 CM.)

$$E = \frac{20 \times 2 \times 15 \times 35.4}{6530} = 3.2 \text{ volts}$$

o sea, que es de 3%, aproximadamente, en un circuito de 110 V.

**Ejemplo:** ¿Qué tamaño de conductor será necesario para que haya una caída de voltaje de 3% en un circuito de 110 volts y 15 metros de longitud, que lleva una corriente de 20 amperes?

<sup>o</sup> La unidad mil circular ("circular mil") es una unidad de área igual a la de un círculo de 1 milipulgada (mil) de diámetro (= 0.0254 mm). Se debe emplear para especificar conductores fabricados según las normas norteamericanas y equivale a 0.00000645 mm<sup>2</sup>. (N. del T.)

### FORMULAS PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD en Circuitos de Corriente Alterna

$r$ = resistencia (ohms)	{	$f$ = frecuencia (ciclos por segundo o hertz)
$X_L$ = reactancia inductiva (ohms) = $2\pi fL$		$L$ = inductancia (henrys)
$X_C$ = reactancia capacitiva (ohms) = $\frac{1}{2\pi fC}$		$C$ = capacitancia (farads)
$Z$ = impedancia (ohms)		
$I$ = intensidad de corriente (amperes)		
$E$ = tensión (volts)		

Su sección será:

$$(\text{CM}) = \frac{(\text{Amps.}) \times 2 \times (\text{L.C.}) \times 35.4}{E}$$

Como E (caída en volts) =  $0.03 \times 110 = 3.3$ , se tiene

$$(\text{CM}) = \frac{20 \times 2 \times 15 \times 35.4}{3.3} = 6436$$

Es decir, el conductor tiene que ser del N° 12, cuya sección transversal es de 6530 CM.

**Ejemplo:** ¿Qué corriente puede conducir un circuito de 15 metros de largo, formado por alambres del N° 12, de modo que la caída de tensión sea de 3.3 volts?

$$I \text{ o (Amps.)} = \frac{(\text{CM}) \times E}{2 \times (\text{L.C.}) \times 35.4} = \frac{6530 \times 3.3}{2 \times 15 \times 35.4} = 20.3 \text{ amperes.}$$

**Cálculo de intensidad de corriente**

La fórmula  $W = EI$ , en que W = potencia (watts),

E = tensión (volts) e I = intensidad (amperes), puede emplearse para determinar la potencia, la tensión

( $E = W/I$ ) o la corriente ( $I = W/E$ ). Tal fórmula sirve para calcular la potencia en circuitos simples de C.C. y en monofásicos de C.A. en los que el factor de potencia es igual a la unidad. En general, la intensidad se determina por:

Corriente continua

$$2 \text{ conductores: } I = \frac{W}{E}$$

$$3 \text{ conductores: } I = \frac{W}{2E}$$

(E = tensión entre hilo polar y neutro)

Corriente alterna

$$\text{Una fase, 2 conductores: } I = \frac{W}{E \times \text{F.P.}}$$

(F.P. = factor de potencia en forma decimal)

$$\text{Una fase, 3 conductores: } I = \frac{W}{2E \times \text{F.P.}}$$

(E = tensión entre hilo polar y neutro)

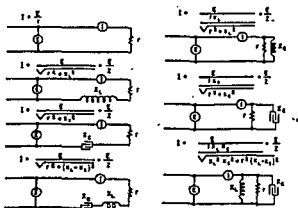
$$\text{Tres fases, 3 conductores: } I = \frac{W}{1.73E \times \text{F.P.}}$$

(E = tensión entre hilos de fase)

$$\text{Tres fases, 4 conductores: } I = \frac{W}{3E \times \text{F.P.}}$$

(E = tensión entre un hilo de fase y el neutro).

(Por autorización de International Association of Inspectors)





**FORMULAS ELECTRICAS Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES**  
**FORMULAS PARA DETERMINAR LOS AMPERES, KILOVOLTAMPERES, KILOWATTS**  
**Y CABALLOS DE POTENCIA**

Para calcular	Si se conocen	SISTEMA			
		Corriente continua	Corriente alterna		
			1 fase	2 fases, 4 hilos*	3 fases
Amperes (I)	Kilovoltamperes (KVA)	$I = \frac{1000 \cdot (KVA)}{E}$	$I = \frac{1000 \cdot (KVA)}{2E}$	$I = \frac{1000 \cdot (KVA)}{1.73E}$	
Amperes (I)	Kilowatts (KW)	$I = \frac{1000 \cdot (KW)}{E}$	$I = \frac{1000 \cdot (KW)}{2E \times F.P.}$	$I = \frac{1000 \cdot (KW)}{1.73E \times F.P.}$	
Amperes (I) MOTOR	Caballos (CV) MOTOR	$I = \frac{736 \cdot (CV)}{E \times \eta}$	$I = \frac{736 \cdot (CV)}{E \times \eta \times F.P.}$	$I = \frac{736 \cdot (CV)}{1.73E \times \eta \times F.P.}$	
Amperes (I) MOTOR	Caballos (HP) MOTOR	$I = \frac{746 \cdot (HP)}{E \times \eta}$	$I = \frac{746 \cdot (HP)}{E \times \eta \times F.P.}$	$I = \frac{746 \cdot (HP)}{1.73E \times \eta \times F.P.}$	
Kilovoltamperes (KVA)		$(KVA) = \frac{E \times I}{1000}$	$(KVA) = \frac{2E \times I}{1000}$	$(KVA) = \frac{1.73E \times I}{1000}$	
Kilowatts (KW)		$(KW) = \frac{E \times I}{1000}$	$(KW) = \frac{2E \times I \times F.P.}{1000}$	$(KW) = \frac{1.73E \times I \times F.P.}{1000}$	
Caballos de vapor (CV) MOTOR		$(CV) = \frac{E \times I \times \eta}{736}$	$(CV) = \frac{E \times I \times \eta \times F.P.}{736}$	$(CV) = \frac{1.73E \times I \times \eta \times F.P.}{736}$	
Caballos de fuerza (HP) MOTOR		$(HP) = \frac{E \times I \times \eta}{746}$	$(HP) = \frac{E \times I \times \eta \times F.P.}{746}$	$(HP) = \frac{1.73E \times I \times \eta \times F.P.}{746}$	

I = intensidad de la corriente (amperes).  
 E = tensión o voltaje (volts).  
 η = rendimiento o eficiencia (en decimales).  
 F.P. = factor de potencia (en decimales).

(KVA) = potencia aparente (kilovoltamperes).  
 (KW) = potencia activa (kilowatts).  
 (CV) = potencia efectiva de un motor (caballos de vapor).  
 (HP) = potencia efectiva de un motor (caballos de fuerza).

\* Para circuitos equilibrados de 2 fases y 3 hilos, los amperes en el conductor común se obtienen multiplicando 1.41 por los amperes en cualquier de los otros dos conductores.

ANACONDA WIRE AND CABLE COMPANY

**EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE FUERZA, ENERGIA Y POTENCIA**

Unidad	Equivalencias	Unidad	Equivalencias
1 newton (N)	= 0.10197 Kg (fuerza) 0.2248 lb (fuerza) 100 000 0 dinas	1 kilocaloría (Kcal)	= 3.9683 BTU 4186.7 joules 426.94 Kg m 0.001163 KW h 0.001360 HP h
1 kilogramo (Kg)	= 9.80665 newtons 2.20462 lb (fuerza)	1 unidad térmica británica (BTU)	= 0.2520 Kcal 1055.06 joules 778.16 pie lb 0.0002928 KW h 0.0003927 HP h
1 libra (lb)	= 4.4482 newtons 0.45359 Kg (fuerza)	1 kilowatt-hora (KW h)	= 1.341 HP h 3 600 000.0 joules 860.0 Kcal 3412.7 BTU
1 joule (J)	= 0.10197 Kg m 0.73756 pie lb 0.000002778 KW h 0.000003725 HP h 0.0002388 Kcal 0.0009486 BTU	1 caballo de fuerza-hora (HP h)	= 0.7455 KW h 2 684 500.0 joules 641.2 Kcal 2544.5 BTU
1 kilogrammetro (Kg m)	= 9.80665 joules 7.233 pie lb 0.00000374 KW h 0.000002653 HP h	1 caballo de fuerza (HP)	= 0.746 KW 550.0 pie lb/seg 841.2 Kcal/h 2544.5 BTU/h
1 pie libra (pie lb)	= 1.3558 joules 0.13826 Kg m 0.000003766 KW h 0.000005050 HP h	1 caballo de vapor (CV)	= 0.9863 HP 0.7355 KW 75.0 Kg m/seg 632.4 Kcal/h 2309.0 BTU/h
		1 watt por pulgada cuadrada (W/pulg <sup>2</sup> )	= 1333.0 Kcal/(m <sup>2</sup> ·h) 491.43 BTU/(pie <sup>2</sup> ·h)

## FORMULAS PARA CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

Reactancia inductiva  $X_L = 2\pi fL$  (ohms)

$f$  = Frecuencia en ciclos por segundo (o hertz)

$L$  = Inductancia en henrys

Reactancia capacitiva  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$  (ohms)

$C$  = Capacitancia en farads

Impedancia  $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  (ohms)

$R$  = Resistencia en ohms

Intensidad de corriente  $I = \frac{V}{Z}$  (amperes)

$V$  = Tensión en volts

### CIRCUITOS MONOFASICOS

Potencia:  $W = V \times I \times FP$

$FP$  = Factor de potencia en decimales

### CIRCUITOS TRIFASICOS

Potencia total:  $W = 1.73 \times V \times I \times FP$  (watts)

Conexión en Y:

Voltaje de línea =  $1.73 \times$  Voltaje de fase

Amperaje de línea = Amperaje de fase

Conexión en  $\Delta$ :

Voltaje de línea = Voltaje de fase

Amperaje de línea =  $1.73 \times$  Amperaje de fase

## LONGITUD DE LA BANDA DE UNA TRANSMISION

$$\text{Diámetro de la polea impulsada} = \frac{\text{RPM del motor}}{\text{RPM de la máquina}} \times \text{Diámetro de la polea impulsora}$$

Longitud aproximada de la banda ( $L$ ) en las mismas unidades que  $C$ ,  $D$  y  $d$ :

$$L = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$C$  = Distancia entre centros  
 $D$  = Diámetro de la polea mayor  
 $d$  = Diámetro de la polea menor

## DATOS DE OPERACION APROXIMADOS DE MOTORES

- A 3 600 RPM un motor desarrolla 20 cm-Kg por HP (o sea, 1.5 lb-pie por HP)
- A 1 800 RPM un motor desarrolla 40 cm-Kg por HP (o sea, 3.0 lb-pie por HP)
- A 1 200 RPM un motor desarrolla 60 cm-Kg por HP (o sea, 4.5 lb-pie por HP)

- A 220 volts un motor monofásico toma 5 amperes por HP
- A 110 volts un motor monofásico toma 10 amperes por HP

- A 440 volts un motor trifásico toma 1.25 amperes por HP
- A 220 volts un motor trifásico toma 2.5 amperes por HP

- A 440 volts un motor de C.C. toma 2 amperes por HP
- A 220 volts un motor de C.C. toma 4 amperes por HP

## FORMULAS DE PAR, POTENCIA Y VELOCIDAD

Par:

$$\text{Par en m-Kg} = \frac{\text{CV} \times 716}{\text{RPM}}$$

$$= \frac{\text{HP} \times 726}{\text{RPM}}$$

$$\text{Par en lb-pie} = \frac{\text{HP} \times 5\,250}{\text{RPM}}$$

Potencia:

$$\text{CV} = \frac{(\text{Par en m-Kg}) \times \text{RPM}}{716}$$

$$\text{HP} = \frac{(\text{Par en m-Kg}) \times \text{RPM}}{726}$$

$$= \frac{(\text{Par en lb-pie}) \times \text{RPM}}{5\,250}$$

Velocidad:

$$\text{RPM} = \frac{120 \times (\text{Frec. en c/s})}{\text{Núm. de polos}}$$

## EFECTOS DE LAS VARIACIONES DE TENSION Y DE FRECUENCIA SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE INDUCCION

CARACTERISTICA	TENSION		FRECUENCIA	
	110%	90%	105%	95%
Par de arranque y máximo	aumenta 21%	disminuye 19%	disminuye 10%	aumenta 11%
Velocidad: de sincronismo a plena carga	no cambia aumenta 1%	no cambia disminuye 1.5%	aumenta 5% aumenta 5%	disminuye 5% disminuye 5%
Eficiencia a plena carga	aumenta 5 a 7 puntos	disminuye 2 puntos	ligero aumento	ligera disminución
Factor de potencia a plena carga	disminuye 3 puntos	aumenta 1 punto	ligero aumento	ligera disminución
Corriente: de arranque a plena carga	aumenta 10 a 12% disminuye 7%	disminuye 10 a 12% aumenta 11%	disminuye 5 a 6% ligera disminución	aumenta 5 a 6% ligero aumento
Elevación de temperatura	disminuye 5 a 4°C	aumenta 6 a 7°C	ligera disminución	ligero aumento

### FORMULARIO PARA DETERMINAR AMPERES, KILOWATTS, KILOVOLTAMPERES, CABALLOS Y CABALLOS METRICOS DE MOTORES

Para determinar:	De corriente alterna		De corriente continua
	Monofase	Tresfase	
Amperes, si se conocen los CV	$\frac{CV \times 736}{\sqrt{V} \times EI \times FP}$	$\frac{CV \times 736}{1.73 \times V \times EI \times FP}$	$\frac{CV \times 736}{V \times EI}$
Amperes, si se conocen los HP	$\frac{HP \times 746}{V \times EI \times FP}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times V \times EI \times FP}$	$\frac{HP \times 746}{V \times EI}$
Amperes, si se conocen los KW	$\frac{KW \times 1000}{V \times FP}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times V \times FP}$	$\frac{KW \times 1000}{V}$
Amperes, si se conocen los KVA	$\frac{KVA \times 1000}{V}$	$\frac{KVA \times 1000}{1.73 \times V}$	—
Kilowatts (KW)	$\frac{I \times V \times FP}{1000}$	$\frac{I \times V \times 1.73 \times FP}{1000}$	$\frac{I \times V}{1000}$
Kilovoltampers (KVA)	$\frac{I \times V}{1000}$	$\frac{I \times V \times 1.73}{1000}$	—
Caballos (HP)	$\frac{I \times V \times EI \times FP}{746}$	$\frac{I \times V \times 1.73 \times EI \times FP}{746}$	$\frac{I \times V \times EI}{746}$
Caballos métricos (CV o CP)	$\frac{I \times V \times EI \times FP}{736}$	$\frac{I \times V \times 1.73 \times EI \times FP}{736}$	$\frac{I \times V \times EI}{736}$

*I* = Corriente en amperes  
*V* = Tensión en voltios  
*EI* = Eficiencia (en decimales)  
*FP* = Factor de potencia (en decimales)

**APENDICE**  
**" D "**

Tabla . . . Catálogo tipo de motores asincrónicos trifásicos de rotor en cortocircuito, baja tensión y construcción cerrada. Protección IP44 (P33). Una velocidad

POTENCIA		RENDIMIENTO (%)						FACTOR POTENCIA			INTENSIDAD		PARES				Módulo de motor (m <sup>2</sup> kg)	Peso neto aprox. (kg)
(CV)	(kW)	Velocidad (rpm) a 1/1 carga	4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	Nominal (In) a 50 Hz (A)	Arranque (Ia In)	Nominal (Cn)	Arranque (Ca Cn)	Máximo (Cmax, Cn)	Mínimo (Cmin, Cn)				
<b>2 polos</b>																		
0.33	0.25	2.850	54.0	48.0	30	0.74	0.63	0.46	1.0	5.0	0.083	3.0	2.7	2.6	0.0012	7.5		
0.50	0.37	2.860	64.0	60.0	44	0.80	0.73	0.58	1.1	6.0	0.125	3.0	2.7	2.6	0.0015	8.5		
0.75	0.55	2.860	71.0	69.0	60	0.82	0.77	0.58	1.5	6.5	0.188	3.0	2.7	2.6	0.0024	14.0		
1.0	0.75	2.850	69.0	67.0	59	0.84	0.75	0.62	2.0	6.0	0.251	2.4	2.5	2.3	0.002	14.0		
1.5	1.1	2.850	73.0	71.0	68	0.84	0.75	0.62	2.7	6.0	0.376	2.9	2.9	2.7	0.003	16.0		
2.0	1.5	2.860	76.0	74.0	70	0.84	0.75	0.62	2.7	7.0	0.5	2.9	2.9	2.7	0.004	18.0		
2.0	1.5	2.850	76.0	75.0	69	0.84	0.80	0.69	3.5	6.5	0.5	2.5	2.5	2.4	0.005	21.0		
2.5	1.8	2.850	76.0	75.0	69	0.82	0.76	0.64	4.5	7.0	0.63	2.8	2.7	2.6	0.006	21.0		
3.0	2.2	2.850	78.0	77.0	74	0.86	0.80	0.68	5.0	7.0	0.75	2.8	2.7	2.6	0.007	24.0		
3.5	2.6	2.850	77.0	76.0	75	0.85	0.75	0.63	6.0	6.5	0.88	3.0	2.8	2.7	0.012	27.0		
4.0	3.0	2.850	80.0	79.0	78	0.85	0.81	0.72	6.5	7.0	1.0	3.0	2.8	2.7	0.014	29.0		
5.0	3.7	2.850	80.0	79.0	78	0.87	0.81	0.72	8.0	7.0	1.25	3.3	3.3	2.8	0.017	32.0		
6.0	4.4	2.850	81.0	80.0	79	0.87	0.82	0.72	9.5	7.0	1.5	3.3	3.3	2.8	0.019	35.0		
5.5	4.0	2.860	82.0	81.0	77	0.86	0.84	0.72	9.0	7.0	1.38	2.8	3.0	2.5	0.017	38.0		
6.0	4.4	2.860	82.0	81.0	77	0.86	0.84	0.72	9.5	7.0	1.5	2.8	3.0	2.5	0.019	41.0		
7.5	5.5	2.860	82.0	81.0	77	0.86	0.84	0.72	12.0	7.0	1.88	2.8	3.0	2.5	0.021	44.0		
7.5	5.5	2.880	83.0	81.0	76	0.85	0.81	0.71	12.0	6.5	1.86	2.3	2.7	2.0	0.047	56.0		
10.0	7.5	2.880	83.0	81.0	76	0.85	0.81	0.71	16.0	6.5	2.48	2.3	2.7	2.0	0.056	63.0		
12.0	9.0	2.880	83.0	81.0	76	0.85	0.81	0.71	19.0	7.0	2.98	2.5	2.8	2.2	0.070	72.0		
15.0	11.0	2.910	86.0	85.0	83	0.88	0.83	0.76	22.0	7.0	3.7	2.8	3.2	2.5	0.12	103.0		
20.0	15.0	2.910	86.0	85.0	83	0.88	0.84	0.79	30.0	7.0	4.93	2.8	3.2	2.5	0.17	117.0		
25.0	18.5	2.910	86.0	85.0	83	0.88	0.85	0.82	37.0	7.0	6.17	2.8	3.2	2.5	0.20	135.0		
30.0	22.0	2.925	88.0	86.0	84	0.88	0.86	0.80	43.0	7.0	7.35	2.1	2.7	1.8	0.21	172.0		
34.0	25.0	2.925	88.0	86.0	84	0.88	0.86	0.80	49.0	7.0	8.33	2.1	2.7	1.8	0.24	183.0		
40.0	30.0	2.935	89.0	88.0	86	0.88	0.86	0.82	57.0	7.5	9.8	2.0	2.6	1.7	0.3	223.0		
50.0	37.0	2.935	89.0	88.0	86	0.88	0.86	0.82	72.0	7.5	12.2	2.0	2.6	1.7	0.4	238.0		
60.0	45.0	2.950	90.0	89.0	88	0.89	0.86	0.80	84.0	7.5	14.6	2.0	2.6	1.7	0.7	340.0		
75.0	55.0	2.950	90.0	89.0	88	0.89	0.86	0.80	105.0	7.5	18.2	2.0	2.6	1.7	0.8	365.0		
100.0	75.0	2.960	91.0	90.0	89	0.90	0.88	0.82	137.0	7.5	24.2	1.8	2.4	1.6	3.5	570.0		
125.0	90.0	2.960	91.0	90.0	89	0.90	0.88	0.82	171.0	7.5	30.2	1.8	2.4	1.6	4.5	600.0		
150.0	110.0	2.965	92.0	91.0	90	0.90	0.88	0.82	203.0	6.5	36.2	1.7	2.4	1.5	6.5	800.0		
180.0	132.0	2.965	92.0	91.0	90	0.90	0.88	0.82	243.0	6.5	43.5	1.7	2.4	1.5	8.0	85.0		
205.0	150.0	2.970	93.0	92.0	91	0.90	0.88	0.82	267.0	7.0	48.2	1.5	2.2	1.3	16.0	1.230.0		
250.0	185.0	2.970	93.0	92.0	91	0.90	0.88	0.82	334.0	7.0	60.3	1.5	2.2	1.3	20.0	1.360.0		
300.0	220.0	2.970	93.0	92.0	91	0.90	0.88	0.82	400.0	7.0	72.3	1.5	2.2	1.3	24.0	1.500.0		
380.0	280.0	2.970	93.0	92.0	91	0.89	0.86	0.78	515.0	7.0	91.6	1.3	2.0	1.2	27.0	1.600.0		
425.0	315.0	2.970	93.0	92.0	91	0.88	0.85	0.77	580.0	7.0	102.5	1.3	2.0	1.2	30.0	1.700.0		
450.0	355.0	2.970	93.0	92.5	91	0.88	0.85	0.77	659.0	5.5	115.0	0.8	1.9	0.8	14.5	2.050.0		
540.0	400.0	2.970	93.0	92.5	91	0.88	0.85	0.77	742.0	5.5	130.0	0.8	1.9	0.8	16.0	2.120.0		

Tabla . Catálogo tipo de motores asincrónicos trifásicos de rotor en cortocircuito, baja tensión y construcción cerrada.  
 Protección IP44 (P33). Una velocidad.

POTENCIA		RENDIMIENTO (%)					FACTOR POTENCIA			INTENSIDAD		PARES				Absoluto de motor (m <sup>2</sup> Agt)	Peso neto (kg)
(CV)	(kW)	Velocidad (rpm) n <sub>1</sub> / (r/min)	4 cargas	3 cargas	1/2 carga	4 cargas	3 cargas	1 carga	Nominal (I <sub>1</sub> / In)	Arranque (I <sub>a</sub> / In)	Nominal (CV)	Arranque (CV Cn)	Máximo (CVmáx Cn)	Mínimo (CVmín Cn)			
0.33	0.25	1.400	54.0	50.0	30	0.73	0.60	0.42	1.0	4.0	0.168	2.4	2.1	2.2	0.0025	8.5	
0.50	0.37	1.410	60.0	56.0	40	0.64	0.53	0.40	1.5	4.0	0.254	2.5	2.4	2.3	0.0036	10.0	
0.75	0.55	1.425	69.0	68.0	63	0.80	0.72	0.55	1.5	5.0	0.377	2.2	2.4	2.0	0.006	15.0	
1.0	0.75	1.425	70.0	69.0	68	0.83	0.75	0.61	2.0	5.0	0.502	2.2	2.4	2.0	0.008	16.0	
1.5	1.1	1.425	71.0	70.0	68	0.84	0.77	0.64	2.8	5.0	0.754	2.2	2.4	2.0	0.01	18.0	
1.5	1.1	1.425	75.0	74.0	72	0.84	0.76	0.64	2.7	5.5	0.754	2.2	2.5	2.0	0.01	22.0	
2.0	1.5	1.425	75.0	74.0	72	0.84	0.76	0.64	3.5	6.0	1.0	2.3	2.5	2.0	0.014	24.0	
2.5	1.8	1.425	75.0	74.0	72	0.84	0.76	0.64	4.5	6.0	1.25	2.3	2.5	2.0	0.016	25.0	
3.0	2.2	1.425	78.0	77.0	75	0.84	0.75	0.60	5.0	6.5	1.5	2.3	2.5	2.0	0.023	29.0	
4.0	3.0	1.425	78.0	77.0	75	0.84	0.75	0.60	7.0	6.5	2.0	2.3	2.5	2.0	0.028	32.0	
4.5	3.3	1.425	78.0	77.0	75	0.84	0.75	0.60	7.5	6.5	2.26	2.3	2.5	2.0	0.031	35.0	
5.0	3.7	1.430	82.0	81.0	79	0.83	0.75	0.62	8.5	7.0	2.5	2.8	2.8	2.6	0.033	43.0	
5.5	4.0	1.430	82.0	81.0	79	0.83	0.75	0.62	9.0	7.0	2.75	2.8	2.8	2.6	0.033	43.0	
6.0	4.4	1.430	82.0	81.0	79	0.83	0.75	0.62	10.0	7.0	3.0	2.8	2.8	2.6	0.038	44.0	
6.0	4.4	1.440	84.0	83.0	82	0.84	0.78	0.65	10.0	7.0	2.98	2.4	2.9	2.2	0.062	56.0	
7.5	5.5	1.440	84.0	83.0	82	0.84	0.78	0.65	12.0	7.0	3.73	2.4	2.9	2.2	0.08	63.0	
10.0	7.5	1.440	85.0	84.0	83	0.85	0.81	0.70	16.0	7.0	4.97	2.4	2.9	2.2	0.098	72.0	
12.0	9.0	1.440	85.0	84.0	83	0.85	0.81	0.70	19.0	7.0	5.96	2.4	2.9	2.2	0.106	76.0	
15.0	11.0	1.450	87.0	86.0	85	0.85	0.81	0.72	23.0	6.5	7.4	2.6	2.8	2.4	0.23	116.0	
20.0	15.0	1.450	87.0	86.0	85	0.85	0.81	0.72	30.0	6.5	9.87	2.6	2.8	2.4	0.31	135.0	
25.0	18.5	1.455	89.0	88.0	87	0.86	0.84	0.74	37.0	7.0	12.3	2.1	2.5	1.9	0.4	172.0	
30.0	22.0	1.455	89.0	88.0	87	0.86	0.84	0.74	44.0	7.0	14.76	2.1	2.5	1.9	0.46	183.0	
34.0	25.0	1.460	90.0	89.0	88	0.87	0.85	0.76	49.0	7.0	16.67	2.1	2.5	1.9	0.6	223.0	
40.0	30.0	1.460	90.0	89.0	88	0.87	0.85	0.76	57.0	7.0	19.61	2.1	2.5	1.9	0.7	238.0	
50.0	37.0	1.465	91.0	90.0	88	0.87	0.85	0.76	71.0	7.0	24.43	2.2	2.6	2.0	1.4	320.0	
60.0	45.0	1.465	91.0	90.0	88	0.87	0.85	0.76	85.0	7.0	29.32	2.2	2.6	2.0	1.6	340.0	
75.0	55.0	1.465	91.0	90.0	88	0.87	0.85	0.76	106.0	7.0	36.7	2.2	2.6	2.0	2.0	390.0	
100.0	75.0	1.480	91.0	90.0	89	0.87	0.85	0.76	141.0	7.0	48.37	1.9	2.4	1.8	4.5	570.0	
125.0	90.0	1.480	91.0	90.0	89	0.87	0.85	0.76	177.0	7.0	60.47	1.9	2.4	1.8	5.5	600.0	
150.0	110.0	1.480	93.0	92.0	91	0.91	0.87	0.81	198.0	8.0	72.6	2.2	2.6	2.0	9.0	800.0	
180.0	132.0	1.480	93.0	92.0	91	0.91	0.87	0.81	238.0	8.0	87.0	2.2	2.6	2.0	11.0	855.0	
205.0	150.0	1.485	94.0	93.0	92	0.90	0.86	0.80	265.0	8.0	96.4	1.8	2.3	1.6	19.0	1.230.0	
250.0	185.0	1.485	94.0	93.0	92	0.90	0.86	0.80	340.0	8.0	120.5	1.8	2.3	1.6	24.0	1.340.0	
300.0	220.0	1.485	94.0	93.0	92	0.90	0.86	0.80	396.0	8.0	144.6	1.8	2.3	1.6	28.0	1.500.0	
380.0	280.0	1.485	93.0	92.0	91	0.89	0.85	0.79	515.0	7.5	183.2	1.4	2.0	1.3	32.0	1.600.0	
425.0	315.0	1.475	93.5	93.0	91	0.89	0.86	0.79	575.0	5.4	205.0	1.2	2.1	1.2	24.0	1.930.0	
480.0	355.0	1.475	93.5	93.0	91	0.89	0.86	0.79	648.0	5.4	232.0	1.2	2.1	1.2	27.0	2.000.0	
540.0	400.0	1.475	93.5	93.0	91	0.89	0.86	0.79	730.0	5.4	262.0	1.2	2.1	1.2	32.0	2.260.0	
610.0	450.0	1.475	93.5	93.0	91	0.89	0.86	0.79	821.0	5.4	297.0	1.2	2.1	1.2	36.0	2.320.0	

\* Potencias en normalizadas por CTE.

Tabla : Catálogo tipo de motores asincronos trifásicos de rotor en cortocircuito, baja tensión y construcción cerrada.  
Protección IP44 (P33). Una velocidad.

POTENCIA		Velocidad (r.p.m.) (1/carga)	RENDIMIENTO(%)			FACTOR POTENCIA			INTENSIDAD		PARIS				Módulo de inercia (m <sup>2</sup> ·kg)	Peso neto aprox (kg)
(CV)	(KW)		4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	Nominal (I <sub>n</sub> ) (A)	Arranque (I <sub>a</sub> ) (A)	Nominal (Cn)	Arranque (Ca Cn)	Máximo (Cmax)	Mínimo (Cmin Cn)		
6 polos																
0.50	0.37	900	60.0	59.0	55.0	0.77	0.68	0.53	1.2	3.5	0.4	1.8	2.0	1.7	0.006	14
0.75	0.55	910	64.0	63.0	55.0	0.75	0.65	0.51	1.8	3.5	0.59	1.8	2.0	1.7	0.008	16
1.0	0.75	925	70.0	69.0	64.0	0.73	0.64	0.50	2.2	4.0	0.77	2.0	2.0	1.9	0.01	21
1.5	1.1	925	70.0	69.0	64.0	0.73	0.64	0.50	3.3	4.0	1.16	2.0	2.0	1.9	0.015	24
2.0	1.5	950	75.0	74.0	70.0	0.74	0.64	0.50	4.0	5.0	1.5	2.2	2.6	2.1	0.031	29
2.5	1.8	950	75.0	74.0	70.0	0.74	0.64	0.50	5.0	5.0	1.88	2.2	2.6	2.1	0.038	32
3.0	2.2	950	78.0	77.0	74.0	0.76	0.68	0.53	5.5	5.5	2.26	2.3	2.4	2.2	0.045	41
4.0	3.0	950	78.0	77.0	74.0	0.76	0.68	0.53	7.5	5.5	3.0	2.3	2.4	2.2	0.054	44
4.0	3.0	950	83.0	82.0	81.0	0.76	0.69	0.56	7.0	5.5	3.0	2.3	2.7	2.2	0.079	56
5.5	4.0	950	83.0	82.0	81.0	0.76	0.69	0.56	10.0	5.5	4.14	2.3	2.7	2.2	0.1	65
6.0	4.4	950	83.0	82.0	81.0	0.76	0.69	0.56	11.0	5.5	4.52	2.3	2.7	2.2	0.122	72
7.5	5.5	950	83.0	82.0	81.0	0.76	0.69	0.56	13.0	5.5	5.65	2.3	2.7	2.2	0.132	76
10.0	7.5	955	86.0	85.0	84.0	0.78	0.73	0.61	17.0	6.0	7.5	2.4	2.5	2.3	0.31	116
15.0	11.0	955	86.0	85.0	84.0	0.78	0.73	0.61	25.0	6.0	11.2	2.4	2.5	2.3	0.4	135
17.5	13.0	960	87.0	86.0	85.0	0.85	0.82	0.72	27.0	6.0	13.0	1.9	2.4	1.8	0.73	172
20.0	15.0	960	87.0	86.0	85.0	0.85	0.82	0.72	30.0	6.0	15.0	1.9	2.4	1.8	0.83	183
25.0	18.5	965	89.0	88.0	86.0	0.86	0.85	0.76	37.0	6.0	18.6	1.8	2.4	1.7	0.9	223
30.0	22.0	965	89.0	88.0	86.0	0.86	0.85	0.76	44.0	6.0	22.3	1.8	2.4	1.7	1.1	238
40.0	30.0	975	90.0	89.0	88.0	0.86	0.84	0.74	58.0	6.5	29.4	1.8	2.4	1.7	2.0	340
45.0	33.0	975	90.0	89.0	88.0	0.86	0.84	0.74	65.0	6.5	33.0	1.8	2.4	1.7	2.3	365
50.0	37.0	975	90.0	89.0	88.0	0.86	0.84	0.74	72.0	6.5	36.7	1.8	2.4	1.7	2.5	390
60.0	45.0	985	91.0	90.0	89.0	0.90	0.87	0.79	82.0	6.5	43.6	1.8	2.4	1.7	6.0	570
75.0	55.0	985	91.0	90.0	89.0	0.90	0.87	0.79	103.0	6.5	54.5	1.8	2.4	1.7	7.0	600
100.0	75.0	990	92.0	91.0	90.0	0.88	0.86	0.76	138.0	6.0	72.3	1.6	2.0	1.5	12.0	800
125.0	90.0	990	92.0	91.0	90.0	0.88	0.86	0.76	173.0	6.0	90.4	1.6	2.0	1.5	14.0	885
150.0	110.0	990	93.0	92.0	91.0	0.88	0.86	0.76	205.0	6.0	108.5	1.6	2.0	1.5	24.0	1.230
180.0	132.0	990	93.0	92.0	91.0	0.88	0.86	0.76	246.0	6.0	130.2	1.6	2.0	1.5	30.0	1.360
205.0	150.0	990	93.0	92.0	91.0	0.88	0.86	0.76	275.0	6.0	144.6	1.6	2.0	1.5	36.0	1.500
270.0	200.0	950	93.0	92.0	91.0	0.88	0.86	0.76	390.0	6.0	220.7	1.4	1.9	1.3	40.0	1.600
300.0	220.0	980	93.0	92.5	91.0	0.85	0.82	0.73	423.0	5.6	219.0	1.0	2.0	1.0	39.0	2.000
340.0	250.0	980	93.0	92.5	91.0	0.85	0.82	0.73	481.0	5.6	245.0	1.0	2.0	1.0	43.0	2.090
380.0	280.0	980	93.0	92.5	91.0	0.85	0.82	0.73	538.0	5.6	278.0	1.0	2.0	1.0	47.0	2.190
425.0	315.0	980	93.5	93.0	91.5	0.85	0.82	0.73	602.0	5.6	310.0	1.0	2.0	1.0	50.0	2.390
480.0	355.0	980	93.5	93.0	91.5	0.85	0.82	0.73	679.0	5.6	350.0	1.0	2.0	1.0	56.0	2.500
540.0	400.0	980	94.0	93.5	92.0	0.86	0.83	0.75	752.0	5.5	394.0	0.9	2.0	0.9	62.0	2.860
610.0	450.0	980	94.0	93.5	92.0	0.86	0.83	0.75	846.0	5.5	446.0	0.9	2.0	0.9	70.0	2.980



Tabla Catálogo tipo de motores asincrónicos trifásicos de rotor en cortocircuito, baja tensión y construcción cerrada, Protección IP44 (P33). Una velocidad.

POTENCIA		Velocidad 10 p.m. 1a 1/2 carga	RENDIMIENTO (%)			FACTOR POTENCIA			INTENSIDAD		PARTE					Módulo de torsión (m <sup>2</sup> kg)	Pérdida en aprox. (%)
(CV)	(KW)		4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	4/4 carga	3/4 carga	1/2 carga	Nominal (100% 50/55%)	Arranque (1a la)	Nominal (C)	Arranque (C a C)	Aljamas (CMax. C)	Almomo (CMin. C)			
0.25	0.19	715	58.0	54.0	40.0	0.55	0.45	0.32	0.9	3.5	0.25	2.4	2.6	2.3	0.005	16	
0.33	0.25	715	59.0	54.0	40.0	0.55	0.45	0.32	1.2	3.5	0.33	2.4	2.6	2.3	0.01	18	
0.50	0.37	715	66.0	64.0	55.0	0.57	0.46	0.38	1.5	4.0	0.5	2.3	2.6	2.2	0.01	21	
0.75	0.55	715	66.0	61.0	55.0	0.57	0.46	0.38	2.2	4.0	0.75	2.3	2.6	2.2	0.015	24	
1.0	0.75	710	69.0	67.0	61.0	0.66	0.56	0.42	2.5	4.0	1.0	2.0	2.3	1.9	0.031	29	
1.5	1.1	710	69.0	67.0	61.0	0.68	0.60	0.45	3.5	4.0	1.5	2.0	2.3	1.9	0.038	32	
2.0	1.5	710	70.0	67.0	61.0	0.66	0.55	0.40	5.0	4.0	2.0	2.0	2.3	1.9	0.05	43	
3.0	2.2	710	79.0	78.0	77.0	0.76	0.70	0.55	5.5	5.0	3.0	1.8	2.2	1.7	0.079	56	
4.0	3.0	710	79.0	78.0	77.0	0.76	0.72	0.58	7.5	5.0	4.0	1.8	2.2	1.7	0.1	65	
5.0	3.7	710	79.0	78.0	77.0	0.76	0.72	0.58	9.5	5.0	5.0	1.8	2.2	1.7	0.132	76	
5.5	4.0	715	83.0	82.0	81.0	0.75	0.70	0.57	10.0	5.5	5.5	1.8	2.2	1.7	0.21	103	
7.5	5.5	715	83.0	82.0	81.0	0.75	0.70	0.57	14.0	5.5	7.5	1.8	2.2	1.7	0.31	116	
10.0	7.5	715	83.0	82.0	81.0	0.75	0.70	0.57	18.0	5.5	10.0	1.8	2.2	1.7	0.4	135	
12.0	9.0	720	86.0	84.0	83.0	0.78	0.74	0.64	20.0	5.5	11.9	1.7	2.2	1.6	0.73	172	
15.0	11.0	720	86.0	84.0	83.0	0.78	0.74	0.64	25.0	5.5	14.9	1.7	2.2	1.6	0.83	183	
17.5	13.0	725	87.0	86.0	85.0	0.79	0.75	0.65	29.0	5.5	17.4	1.7	2.2	1.6	0.9	223	
20.0	15.0	725	87.0	86.0	85.0	0.79	0.75	0.65	33.0	5.5	19.9	1.7	2.2	1.6	1.1	238	
25.0	18.5	730	89.0	87.0	86.0	0.80	0.76	0.65	40.0	5.5	24.5	1.8	2.3	1.7	1.8	320	
30.0	22.0	730	89.0	87.0	86.0	0.80	0.76	0.65	47.0	5.5	29.4	1.8	2.3	1.7	2.0	340	
34.0	25.0	730	89.0	87.0	86.0	0.80	0.76	0.65	54.0	5.5	33.3	1.8	2.3	1.7	2.3	365	
40.0	30.0	730	89.0	87.0	86.0	0.80	0.76	0.65	63.0	5.5	39.2	1.8	2.3	1.7	2.5	390	
50.0	37.0	730	90.0	89.0	88.0	0.82	0.76	0.65	76.0	5.0	49.0	1.7	2.2	1.6	6.0	570	
60.0	45.0	730	90.0	89.0	88.0	0.82	0.76	0.65	91.0	5.0	58.9	1.7	2.2	1.6	7.0	600	
75.0	55.0	735	92.0	91.0	90.0	0.85	0.81	0.73	107.0	5.0	73.0	1.6	2.0	1.5	12.0	800	
100.0	75.0	735	92.0	91.0	90.0	0.85	0.81	0.73	143.0	5.0	97.4	1.6	2.0	1.5	14.0	885	
125.0	90.0	740	93.0	92.0	91.0	0.86	0.82	0.74	175.0	5.0	121.0	1.6	2.0	1.5	24.0	1.230	
150.0	110.0	740	93.0	92.0	91.0	0.86	0.82	0.74	210.0	5.0	145.0	1.6	2.0	1.5	30.0	1.360	
180.0	132.0	740	93.0	92.0	91.0	0.86	0.82	0.74	252.0	5.0	174.0	1.6	2.0	1.5	36.0	1.500	
250.0	185.0	735	93.0	92.5	91.0	0.81	0.77	0.67	371.0	5.5	244.0	1.0	2.0	1.0	34.0	1.980	
270.0	200.0	735	93.0	92.5	91.0	0.81	0.77	0.67	403.0	5.5	263.0	1.0	2.0	1.0	40.0	2.100	
300.0	220.0	735	93.0	92.5	91.0	0.81	0.77	0.67	444.0	5.5	292.0	1.0	2.0	1.0	45.0	2.190	
340.0	250.0	735	93.0	92.5	91.0	0.82	0.78	0.68	498.0	5.4	331.0	1.0	2.0	1.0	52.0	2.400	
380.0	280.0	735	93.0	92.5	91.0	0.82	0.78	0.68	558.0	5.4	370.0	1.0	2.0	1.0	56.0	2.500	
425.0	315.0	735	93.0	92.5	91.0	0.83	0.80	0.70	620.0	5.3	414.0	0.9	2.0	0.9	70.0	2.800	
480.0	355.0	735	93.0	92.5	91.0	0.83	0.80	0.70	691.0	5.3	467.0	0.9	2.0	0.9	76.0	2.990	

Potencias no normalizadas por C12.

APENDICE

" E "

Tabla 1. Factores (coeficientes) de utilización para algunos tipos de lámparas

→ X	80			70			50			30			10			0			TIPO DE LUMINARIA
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
→ Y	Coeficientes de utilización para $r = 20\%$																		
z ↓																			
1	0,49	0,48	0,47	0,48	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,41			
2	0,45	0,43	0,41	0,44	0,43	0,40	0,41	0,41	0,40	0,42	0,40	0,39	0,40	0,39	0,38	0,37			
3	0,42	0,39	0,37	0,41	0,39	0,37	0,40	0,38	0,36	0,39	0,37	0,36	0,38	0,36	0,35	0,34			
4	0,38	0,35	0,33	0,38	0,35	0,33	0,37	0,34	0,33	0,36	0,34	0,32	0,35	0,33	0,32	0,31			
5	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,34	0,31	0,29	0,33	0,31	0,29	0,32	0,30	0,29	0,28			
6	0,33	0,30	0,27	0,32	0,29	0,27	0,32	0,29	0,27	0,31	0,29	0,27	0,30	0,28	0,27	0,26			
7	0,30	0,27	0,25	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,25	0,29	0,26	0,24	0,28	0,26	0,24	0,24			
8	0,28	0,25	0,22	0,27	0,25	0,22	0,27	0,24	0,22	0,26	0,24	0,22	0,26	0,24	0,22	0,21			
9	0,25	0,22	0,20	0,25	0,22	0,20	0,25	0,22	0,20	0,24	0,22	0,20	0,24	0,21	0,20	0,19			
10	0,23	0,20	0,18	0,23	0,20	0,18	0,23	0,20	0,18	0,22	0,20	0,18	0,22	0,20	0,18	0,17			
1	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49	0,48	0,49	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,44			
2	0,49	0,46	0,44	0,48	0,46	0,43	0,46	0,45	0,43	0,45	0,43	0,42	0,43	0,42	0,41	0,40			
3	0,45	0,42	0,39	0,44	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,42	0,40	0,38	0,40	0,39	0,37	0,36			
4	0,41	0,37	0,35	0,40	0,37	0,35	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	0,37	0,35	0,33	0,32			
5	0,37	0,34	0,31	0,37	0,34	0,31	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30	0,34	0,32	0,30	0,29			
6	0,34	0,31	0,28	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	0,32	0,30	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26			
7	0,31	0,28	0,25	0,31	0,28	0,25	0,30	0,27	0,25	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,25	0,24			
8	0,29	0,25	0,22	0,28	0,25	0,22	0,28	0,25	0,22	0,27	0,24	0,22	0,26	0,24	0,22	0,21			
9	0,26	0,22	0,20	0,26	0,22	0,20	0,26	0,22	0,20	0,25	0,22	0,20	0,24	0,21	0,20	0,19			
10	0,24	0,20	0,18	0,24	0,20	0,18	0,23	0,20	0,18	0,23	0,20	0,18	0,23	0,20	0,18	0,18			
1	0,73	0,70	0,68	0,70	0,68	0,66	0,66	0,64	0,62	0,61	0,60	0,59	0,57	0,56	0,55	0,53			
2	0,65	0,61	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,56	0,54	0,56	0,53	0,51	0,52	0,50	0,49	0,47			
3	0,59	0,54	0,50	0,57	0,53	0,49	0,54	0,50	0,47	0,50	0,48	0,45	0,48	0,45	0,43	0,42			
4	0,53	0,48	0,45	0,51	0,47	0,43	0,49	0,45	0,41	0,46	0,43	0,40	0,43	0,41	0,38	0,37			
5	0,47	0,42	0,38	0,46	0,41	0,37	0,44	0,39	0,36	0,41	0,38	0,35	0,39	0,36	0,34	0,32			
6	0,43	0,38	0,34	0,42	0,37	0,33	0,40	0,35	0,32	0,38	0,34	0,31	0,36	0,33	0,30	0,28			
7	0,39	0,33	0,29	0,38	0,33	0,29	0,36	0,31	0,28	0,34	0,30	0,27	0,32	0,29	0,27	0,25			
8	0,35	0,30	0,26	0,34	0,29	0,26	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,24	0,29	0,26	0,23	0,22			
9	0,31	0,26	0,22	0,31	0,26	0,22	0,29	0,25	0,22	0,28	0,24	0,21	0,26	0,23	0,20	0,19			
10	0,29	0,23	0,20	0,28	0,23	0,20	0,27	0,22	0,19	0,25	0,21	0,19	0,24	0,21	0,18	0,17			
1	0,63	0,60	0,58	0,62	0,59	0,57	0,59	0,57	0,56	0,57	0,55	0,54	0,55	0,53	0,52	0,51			
2	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,47	0,52	0,49	0,46	0,50	0,48	0,45	0,48	0,46	0,44	0,43			
3	0,49	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40	0,46	0,42	0,39	0,44	0,41	0,39	0,43	0,41	0,38	0,37			
4	0,44	0,38	0,35	0,43	0,38	0,34	0,41	0,37	0,34	0,40	0,36	0,33	0,39	0,36	0,33	0,32			
5	0,38	0,33	0,29	0,36	0,33	0,29	0,36	0,32	0,29	0,35	0,31	0,28	0,34	0,31	0,28	0,27			
6	0,34	0,29	0,25	0,34	0,29	0,25	0,33	0,28	0,25	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,25	0,23			
7	0,31	0,26	0,22	0,30	0,26	0,22	0,30	0,25	0,22	0,29	0,25	0,22	0,28	0,24	0,22	0,20			
8	0,28	0,23	0,19	0,27	0,23	0,19	0,27	0,22	0,19	0,26	0,22	0,19	0,25	0,21	0,19	0,17			
9	0,25	0,20	0,16	0,25	0,20	0,16	0,24	0,19	0,16	0,23	0,19	0,16	0,22	0,19	0,16	0,15			
10	0,23	0,18	0,14	0,22	0,18	0,14	0,22	0,17	0,14	0,21	0,17	0,14	0,20	0,17	0,14	0,13			

X: Reflectancia efectiva de la cavidad del techo

Y: Reflectancia de las paredes (%)<sup>1</sup>

Para utilizar esta tabla:

1<sup>o</sup> Calcular a partir de la tabla 1 el coeficiente de cavidad para el techo, techo y habitación (ver también figura adjunta).

2<sup>o</sup> Calcular a partir de la tabla 4 la reflectancia efectiva de la cavidad de techo o suelo, a partir de su reflectancia, de la reflectancia de la pared y de su coeficiente de cavidad.

3<sup>o</sup> Diferenciar en la tabla 1 el coeficiente de utilización para  $r = 20\%$ .






4<sup>o</sup> Corregir el valor obtenido en 3<sup>o</sup> a partir de la tabla 5, según valores de  $r$ .

Nota: En esta guía indicadora es a título de ejemplo. Dada la complejidad del problema se recomienda utilizar el IES LIGHTING HANDBOOK (ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY).

Z: Coeficiente de cavidad de la habitación

r: Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo.

Tabla 2. Factores (coeficientes) de utilización para algunos tipos de luminarias

X →	80			70			50			30			10			0	TIPO DE LUMINARIA
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10		
Y →	Coeficientes de utilización para $f = 20\%$																
Z ↓																	
1	0.78	0.77	0.74	0.76	0.75	0.73	0.74	0.72	0.71	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66	0.65	 <p>Reflector cerrado con lámpara de incandescencia.</p>
2	0.72	0.68	0.66	0.71	0.67	0.65	0.68	0.66	0.63	0.65	0.64	0.62	0.64	0.62	0.61	0.59	
3	0.66	0.62	0.59	0.65	0.61	0.58	0.63	0.60	0.57	0.61	0.59	0.56	0.60	0.57	0.55	0.54	
4	0.60	0.56	0.53	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.51	0.56	0.53	0.51	0.55	0.53	0.50	0.49	
5	0.55	0.50	0.47	0.54	0.50	0.46	0.53	0.49	0.46	0.52	0.48	0.46	0.51	0.48	0.45	0.44	
6	0.51	0.45	0.42	0.50	0.45	0.42	0.49	0.45	0.41	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.41	0.40	
7	0.46	0.41	0.37	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37	0.44	0.40	0.37	0.43	0.39	0.36	0.35	
8	0.42	0.37	0.33	0.42	0.37	0.33	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.33	0.31	
9	0.39	0.33	0.30	0.38	0.33	0.30	0.37	0.33	0.30	0.37	0.32	0.29	0.36	0.32	0.29	0.28	
10	0.33	0.28	0.25	0.33	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.24	0.31	0.27	0.24	0.23	
1	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.69	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.62	 <p>Distribución media. Reflector ventilado de aluminio o vidrio con lámpara de mercurio mejorada en color.</p>
2	0.68	0.64	0.61	0.67	0.63	0.61	0.64	0.62	0.59	0.62	0.60	0.58	0.60	0.58	0.57	0.55	
3	0.62	0.57	0.54	0.60	0.56	0.53	0.59	0.55	0.52	0.57	0.54	0.51	0.55	0.53	0.50	0.49	
4	0.56	0.52	0.47	0.55	0.51	0.47	0.53	0.49	0.46	0.52	0.48	0.45	0.50	0.47	0.45	0.44	
5	0.50	0.45	0.41	0.49	0.44	0.41	0.48	0.44	0.40	0.47	0.43	0.40	0.46	0.42	0.40	0.38	
6	0.45	0.40	0.36	0.45	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35	0.41	0.38	0.35	0.34	
7	0.41	0.36	0.32	0.40	0.35	0.32	0.40	0.35	0.31	0.39	0.34	0.31	0.38	0.34	0.31	0.30	
8	0.37	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.36	0.31	0.28	0.35	0.31	0.28	0.34	0.30	0.28	0.26	
9	0.33	0.28	0.24	0.33	0.28	0.24	0.32	0.28	0.24	0.32	0.27	0.24	0.31	0.27	0.24	0.23	
10	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.20	
1	0.89	0.87	0.85	0.87	0.85	0.84	0.84	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.75	  <p>400 W      1 000 W</p> <p>Distribución estrecha. Reflector ventilado de aluminio o vidrio con lámpara clara de mercurio.</p>
2	0.82	0.79	0.76	0.81	0.78	0.76	0.78	0.76	0.74	0.76	0.74	0.72	0.74	0.72	0.71	0.69	
3	0.76	0.72	0.69	0.75	0.71	0.68	0.73	0.70	0.67	0.71	0.69	0.66	0.69	0.67	0.65	0.64	
4	0.71	0.66	0.63	0.70	0.66	0.63	0.68	0.65	0.62	0.67	0.64	0.61	0.65	0.62	0.60	0.59	
5	0.66	0.61	0.57	0.65	0.60	0.57	0.63	0.59	0.56	0.62	0.59	0.56	0.61	0.58	0.55	0.54	
6	0.61	0.56	0.53	0.61	0.56	0.53	0.60	0.55	0.52	0.59	0.55	0.52	0.57	0.54	0.52	0.50	
7	0.57	0.52	0.48	0.56	0.52	0.48	0.55	0.51	0.48	0.54	0.50	0.48	0.54	0.50	0.47	0.46	
8	0.53	0.48	0.44	0.52	0.47	0.44	0.51	0.47	0.44	0.51	0.47	0.44	0.50	0.46	0.43	0.42	
9	0.49	0.43	0.40	0.48	0.43	0.40	0.47	0.43	0.40	0.47	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.38	
10	0.45	0.40	0.37	0.45	0.40	0.37	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.36	0.41	0.39	0.36	0.35	
1	0.81	0.79	0.77	0.77	0.76	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.63	0.63	0.63	0.60	 <p>Distribución ancha. Reflector ventilado de aluminio o vidrio con lámpara de mercurio mejorada en color.</p>
2	0.74	0.71	0.68	0.72	0.69	0.66	0.67	0.65	0.63	0.63	0.62	0.60	0.60	0.58	0.57	0.55	
3	0.68	0.64	0.61	0.66	0.63	0.59	0.63	0.60	0.57	0.59	0.57	0.55	0.56	0.54	0.52	0.51	
4	0.63	0.58	0.54	0.61	0.57	0.53	0.58	0.54	0.51	0.55	0.52	0.49	0.52	0.50	0.48	0.46	
5	0.57	0.52	0.49	0.56	0.51	0.48	0.53	0.49	0.47	0.51	0.47	0.45	0.48	0.46	0.43	0.42	
6	0.53	0.48	0.44	0.52	0.47	0.43	0.49	0.45	0.42	0.47	0.43	0.41	0.45	0.42	0.40	0.38	
7	0.48	0.43	0.40	0.47	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38	0.41	0.40	0.37	0.41	0.38	0.36	0.35	
8	0.44	0.39	0.36	0.43	0.38	0.35	0.41	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.38	0.35	0.32	0.31	
9	0.41	0.35	0.32	0.40	0.35	0.31	0.38	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.29	0.28	
10	0.35	0.30	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.30	0.27	0.24	0.23	

Para la utilización de esta tabla seguir las mismas normas que para la Tabla 1.

Tabla 3. Coeficientes de cavidad

DIMENSIONES (m)		ALTURA DE LA CAVIDAD (m)																	
Anchura	Longitud	0.3	0.45	0.6	0.75	0.9	1.05	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	4.2	4.8	6.0
2.4	2.4	1.2	1.9	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	—	—	—	—	—
	3.0	1.1	1.7	2.2	2.8	3.4	4.0	4.5	6.7	7.9	9.0	10.1	11.3	12.4	—	—	—	—	—
	4.2	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.4	3.9	4.9	5.9	6.9	7.8	8.8	9.7	10.7	11.7	—	—	—
	6.0	0.9	1.3	1.7	2.2	2.6	3.1	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	7.9	8.8	9.6	10.5	11.2	—	—
	9.0	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	4.0	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.0	—	—
3.0	12.0	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.7	4.5	5.3	5.9	6.5	7.4	8.1	8.8	10.3	11.8	—
	3.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	—	—	—
	4.2	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	3.0	3.4	4.3	5.1	6.0	6.9	7.8	8.6	9.5	10.4	12.0	—	—
	6.0	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.5	4.3	5.1	5.9	6.6	7.3	8.0	8.7	10.0	12.0	—
	9.0	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.6	7.3	8.0	9.4	10.6	—
3.6	12.0	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.1	8.2	9.4	11.7
	3.6	0.8	1.2	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.4	9.2	10.0	11.7	—	—
	4.8	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	3.6	4.4	5.1	5.8	6.5	7.2	8.0	8.7	10.2	11.6	—
	7.2	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.2	6.9	7.5	8.7	10.0	12.5
	10.8	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.5	6.0	6.6	7.6	8.8	11.0
4.2	15.0	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.2	7.2	8.2	10.5
	21.0	0.3	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.8	6.8	7.8	9.7
	4.2	0.7	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.9	3.8	4.5	5.0	5.7	6.4	7.1	7.8	8.5	9.8	11.4	—
	6.0	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1	6.7	7.3	8.6	9.8	12.3
	9.0	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8	6.3	7.3	8.4	10.5
4.8	12.0	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.4	2.9	3.3	3.8	4.3	4.7	5.2	5.7	6.7	7.6	9.5
	18.0	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.4	4.8	5.2	6.1	7.0	8.8
	27.0	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.6	6.4	8.3
	5.1	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	8.2	9.4	11.7
	7.5	0.3	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0
5.1	10.5	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.2	2.6	3.1	3.5	3.9	4.4	4.8	5.3	6.1	7.0	8.7
	15.0	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.5	5.4	6.2	7.7
	24.0	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.8	7.2
	36.0	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.8	7.2
	6.0	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0
6.0	9.0	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.8	6.6	8.2
	13.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.8	7.2
	18.0	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.7	5.4	6.7
	27.0	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	4.2	4.8	6.0
	45.0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.4	4.0	4.6	5.7
7.2	7.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.8	6.7	8.2
	9.6	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.8	7.2
	15.0	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.4	5.0	6.2
	21.0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.9	4.4	5.5
	30.0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1	3.7	4.2	5.2
9.0	48.0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.3	3.7	4.7
	9.0	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.7	5.4	6.7
	13.5	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.8	4.4	5.5
	18.0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.9	3.0	3.5	4.0	5.0
	27.0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.6	4.5
10.8	45.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.2	4.0
	60.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.6	3.0	3.7
	10.8	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.9	4.4	5.5
	15.0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1	3.8	4.5
	22.5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.9	3.3	4.1
10.8	30.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.6	3.0	3.8	
	45.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.4	2.8	3.5	
	60.0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.8	

Aviso: A partir de esta tabla se puede calcular indistintamente cualquier coeficiente de cavidad, tanto en metros como en habilitaciones. Para la interpretación del concepto de cavidad ver figura adjunta.

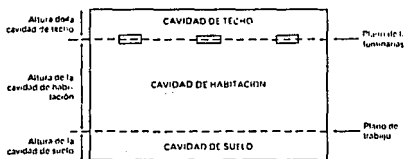


Tabla 4. Reflectancia efectiva de las cavidades de techo o suelo (x ó t)

REFLECTANCIA DE TECHO O SUELO (%)	90			80			70			50			30			10					
REFLECTANCIA DE LA PARED (%)	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.0	90	90	90	90	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10	10
0.1	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10	9
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	28	10	10	10	9
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	10	10	10	9
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	11	10	9	9
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	11	10	9	9
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	11	10	9	9
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	63	61	58	47	44	42	29	28	26	11	10	8	8
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	11	10	8	8
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	11	9	8	8
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	11	9	8	8
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	11	9	8	8
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	12	9	7	7
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	12	9	7	7
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	12	9	7	7
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	12	9	7	7
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	12	9	7	7
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	12	9	7	7
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	12	9	7	7
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	12	9	6	6
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	16	12	9	6	6
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	16	13	9	6	6
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	9	5
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4
4.1	78	57	43	32	61	52	39	29	46	34	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4
4.2	78	57	43	32	61	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	4
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	4
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4

Nota: A partir de esta tabla se puede calcular indistintamente la reflectancia efectiva de la cavidad de techo o suelo

**Tabla 5. Coeficientes para aplicar cuando las reflectancias efectivas de la cavidad de suelo son diferentes de  $t = 20\%$**

Reflectancia efectiva de la cavidad de techo (%)	R0			70			50			10		
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Reflectancia de la pared (%)												
Coefficiente de cavidad de habitacion												
1	1,08	1,08	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,01	1,01	1,01
2	1,07	1,06	1,05	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,01	1,01	1,01
3	1,05	1,04	1,03	1,05	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01
4	1,05	1,03	1,02	1,04	1,03	1,02	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00
5	1,04	1,03	1,02	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00
6	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00
7	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
8	1,03	1,02	1,01	1,02	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
9	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
10	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00

Notas:

Cuando la reflectancia efectiva de la cavidad de suelo es  $t = 30\%$  multiplicar el valor obtenido en las tablas 1 y 2 por el coeficiente obtenido en esta tabla 5.

Cuando la reflectancia efectiva de la cavidad de suelo es  $t = 10\%$  dividir el valor obtenido en las tablas 1 y 2 por el coeficiente obtenido en esta tabla 5.

TABLA DE DATOS DE LAMPARAS

INCANDESCENTES

WATTS	VOLTS (TENSION DE OPERACION)	LUMENES INICIALES	VIDA APROX EN HORAS	EFICACIA EN LUMENES/ WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO	ACABADO	LONGITUD TOTAL EN PULG.
40	125	465	1000	12	0.875	MEDIA	A-19	PERLA o CLARO	103
60	125	870	1000	15	0.93	"	"	"	112
60	220	480	1000	8	0.93	"	"	"	"
75	125	1099	1000	15	0.92	"	"	"	"
100	125	1565	1000	16	0.905	"	"	"	"
100	220	1250	1000	13	0.90	"	"	"	"
150	125	2300	1000	15	0.875	"	A-23	"	157
150	220	2100	1000	14	0.87	"	"	"	"
200	125	3500	1000	18	0.85	"	PS-25	"	175
200	220	3000	1000	15	0.90	"	"	"	"
300	125	5750	1000	19	0.825	"	PS-30	"	201
300	220	4830	1000	16	0.89	"	"	"	"
500	125	9825	1000	20	0.89	MOGUL	PS-40	"	217
500	220	8560	1000	18	0.87	"	"	"	"
1000	220	15500	1000	20	0.89	"	PS-52	"	327

NOTA: LA LARGURA DE LA BASE DEL BULBO O BULBO Y EL NUMERO QUE LE SIGUE EL DIAMETRO MAXIMO  
DE LUNO EN CIENTOS DE PULGADA

EJEMPLO: PS-40  
 PERLA CON CUELLO RECTO  
 10" DE DIAMETRO



**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES**

WATTS		ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.O.	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
22	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1050	12000	48	0.72	4 ALFILERES	T-9	2096	RAPIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	850	12000	39	0.72	4 ALFILERES	T-9	2096	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1900	12000	59	0.82	4 ALFILERES	T-9	3043	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1500	12000	47	0.82	4 ALFILERES	T-9	3043	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2600	12000	65	0.77	4 ALFILERES	T-9	4064	RAPIDO
<b>ALTA DESCARGA H. O. 800 mA</b>										
20		BLANCO FRIO	1300	5000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	6096	CON ARRANCADOR
20		LUZ DE DIA	1075	5000	54	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	6096	CON ARRANCADOR
21		LUZ DE DIA	1030	7500	49	0.81	SCINTILACION ALFILERES	T-12	6096	INSTANTANEO
39		BLANCO FRIO	3000	9000	77	0.82	SCINTILACION ALFILERES	T-12	12192	INSTANTANEO
39		LUZ DE DIA	2500	9000	64	0.82	SCINTILACION ALFILERES	T-12	12192	INSTANTANEO
40		BLANCO FRIO	3150	12000	79	0.83	SCINTILACION ALFILERES	T-12	12192	RAPIDO
40		LUZ DE DIA	2600	12000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	12192	RAPIDO
40	TIPO "U"	BLANCO FRIO	2900	12000	73	0.84	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	5716	RAPIDO
75		BLANCO FRIO	6300	12000	84	0.89	SCINTILACION ALFILERES	T-12	24384	INSTANTANEO
75		LUZ DE DIA	5450	12000	73	0.89	SCINTILACION ALFILERES	T-12	24384	INSTANTANEO
<b>MUY ALTA DESCARGA V. H. O. 1500 mA</b>										
60		BLANCO FRIO	4300	12000	72	0.82	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	12192	RAPIDO
85		BLANCO FRIO	6650	12000	78	0.72	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	18288	RAPIDO
110		BLANCO FRIO	9200	12000	84	0.82	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	24384	RAPIDO
110		LUZ DE DIA	7800	12000	71	0.82	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	24384	RAPIDO
<b>POWER GROOVE 1500 mA</b>										
110		BLANCO FRIO	6250	10000	57	0.69	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	12192	RAPIDO
165		BLANCO FRIO	9900	10000	60	0.72	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	18288	RAPIDO
215		BLANCO FRIO	14500	10000	67	0.72	2 CONTACTOS PARALELOS	T-12	24384	RAPIDO
<b>POWER GROOVE 1500 mA</b>										
110		BLANCO FRIO	7450	12000	68	0.69	2 CONTACTOS PARALELOS	P6-17	12192	RAPIDO
165		BLANCO FRIO	11500	12000	70	0.69	2 CONTACTOS PARALELOS	P6-17	18288	RAPIDO
215		BLANCO FRIO	16000	12000	74	0.69	2 CONTACTOS PARALELOS	P6-17	24384	RAPIDO

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO								
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA APROX. EN HORAS	EFICACIA EN LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.U.	BASE	BULBO	LUMENS TOTAL APROX. EN CAS
100	BLANCO DE LUJO	4700	24.000	42	0.67	MOGUL	BT-25	19.1
175	BLANCO DE LUJO	8500		40	0.75		E-23	21
175	COLOR CORREGIDO	7250		41	0.79		E-28	21
250	BLANCO DE LUJO	12100		40	0.74		E-28	21
250	COLOR CORREGIDO	10700		43	0.80		E-28	21
400	BLANCO DE LUJO	22500		56	0.70		BT-37	29.2
400	COLOR CORREGIDO	20500		51	0.76		BT-37	27.2
700	BLANCO DE LUJO	44500		64	0.64		BT-45	36.8
1000	BLANCO DE LUJO	63000		63	0.49		BT-55	39
1000	COLOR CORREGIDO	55000		55	0.59		BT-55	39
DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS								
175	CLARO	14000	10000	80	0.71	MOGUL	BT-28	21.1
175	FOSFORADO	14000	10000	80	0.71		BT-23	21.1
250	CLARO	20500	10000	82	0.75		BT-28	21.1
250	FOSFORADO	20500	10000	82	0.75		BT-23	21.1
400	CLARO	36000	20000	90	0.72		BT-37	29.2
400	FOSFORADO	36000	20000	90	0.72		BT-37	29.2
1000	CLARO	110000	12000	110	0.64		BT-55	39
1000	FOSFORADO	105000	12000	105	0.64		BT-55	39
1500	CLARO	155000	3000	103	0.91		BT-55	39*
1500	CLARO	155000	3000	103	0.91		BT-55	39**
DATOS DE LAMPARAS VAPOR DE SODIO ALTA PRESION								
70	CLARO	5800	21.000	83	0.90	MOGUL	E-23 1 2	19.7
70	DIFUSO	5400		77	0.90		E-23 1 2	19.7
100	CLARO	9500		95	0.90		E-23 1 2	19.7
100	DIFUSO	8800		88	0.90		E-23 1 2	19.7
150 (55)	CLARO	16000		107	0.82		E-28	19.7
150 (55)	DIFUSO	15000		100	0.82		E-28	19.7
250	CLARO	27500		110	0.88		E-18	21.8
250	DIFUSO	26000		104	0.88		E-25	22.0
400	CLARO	50000		125	0.86		E-18	24.8
400	DIFUSO	47500		119	0.85		E-37	27.7
1000	CLARO	140000	140	0.81	E-25	27.3		
** BASE ARRIBA			** BASE ABAJO					

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION									
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA APROX. EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO	LONG. TOTAL EN CMS.	
18	CLARO	1800	20 000	100	1.0	B. 22J	T-54	21.6	
35		4800		137				31.1	
55		8000		145				42.5	
90		13500		150			T-68	52.8	
135		22500		167				77.5	
180		33000		183				112.00	
DATOS DE LAMPARAS DE IODO CUARZO									
WATTS	ACABADO	VOLTS (TENSION)	LUMENES INICIALES	VIDA APROX. EN HORAS	EFICACIA LUMENES.WAT.	FACTOR DE DEPRECIACION	BASE	BULBO	LONG. TOTAL CMS.
500	CLARO	125	10 950	2 000	22	0.56	CONTACTO EMBUTIDO	T-3	11.9
1000		220	21 400		21				25.6
1500		220	35 800		24				25.6
DATOS DE LAMPARAS DE LUZ MIXTA									
160	COLOR CORREGIDO	220	3000	6000	19	0.60	MEDIANA	E-23 1/2	15.1
250			5500		22	0.65	MOGUL	E-24	23.3
500			12500		25	0.75	MOGUL	E-37	33.6

**APENDICE**  
**" F "**

## NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

NIVELES de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. — Illuminating Engineering Society, — Mexico Chapter., como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D. F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.

### COMITE:

ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO.

ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL

ING. EDMUNDO MORALES SILVA

ING. ABEL GARCIA OROPEZA

DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA

ING. OCTAVIO SANCHEZ HIDALGO B.

La primera columna lleva por encabezado I.E.S. 99% y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95%, está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y las otra 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como parámetro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores los valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajen mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

### INDICE

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES                       | 5. AREAS COMUNES              |
| 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS      | 6. ALUMBRADO EXTERIOR         |
| 3. HOSPITALES                                   | 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS |
| 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS | 8. ALUMBRADO DE TRASPORTES.   |

# 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES

	LUXES I.E.S.* 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>ACERO</b> (Véase Hierro y Acero)			<b>ENPAQUADORAS DE CARNE</b>		
<b>ACUMULADORES, MANUFACTURA DE</b>			Moldeado (Rastrol)	300	200
Moldeado celoso	500	300	Limpieza, destazado, cocido, molendos, enlatado y empaquetado	1000	600
<b>ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE</b>			<b>ENCUADERNACION</b>		
Moldeado, prensa filtrada, hornos de secado, veado y devorado	300	200	Doblado, ensamblado, empaste, centrado, punzonado y cocido	700	400
Emaltado, pintura y vitralado (Trabajo burdo)	1000	600	Grabado en resaca e inspección	2000a	1100a
Pintura y vitralado (Trabajo fino)	3000a	1700a	<b>ENLATADORIAS DE CONSERVAS</b>		
<b>AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE</b>			Clasificación inicial:		
Ensamblado bastidor	500	300	Jitomates	1000	600
Ensamblado Chasis	1000	600	Otras muestras	300	300
Ensamblado final e inspección	2000a	1100a	Clasificación por color (cuartos de corralo)	2000a	1100a
Manufactura carrocerías:			Preparación:		
Ensamblado	1000	600	Selección preliminar:		
Parras	700	400	Chavacanos y duraznos	500	300
Acabado e inspección	2000a	1100a	Zitromas	1000	600
<b>AVIONES, MANUFACTURA DE</b>			Asalunas	1500	900
Parras:			Cortado y picado	1000	600
Producción	1000	600	Selección final	1000	600
Inspección	2000a	1100a	Enlatado:		
Acabado de piezas:			Enlatado en bandas, sin fin	1000	600
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	700	400	Enlatado estacionario	1000	600
<b>CUARTO PINTURA</b>			Empacado a mano	500	300
Trazado sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas	1000	600	Acidulones	1000	600
Saliduras:			Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Illuminación general	500	300	Manejo de envases:		
<b>ILUMINACION LOCALIZADA</b>			Inspección	2000a	1100a
Sembasamiento:	1000a	600a	Etiquetado y empaquetado	300	200
Iren de atornillaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	1000	600	<b>ENSAMBLADO</b>		
<b>ENSAMBLADO FINAL</b>			Tosco, fácil de ver	300	200
Colocación de motores, hélices, secciones ala y iren de atornillaje	1000	600	Tosco, difícil de ver	500	300
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	Medio	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600	Fino	3000	1000
<b>ASERRADEROS</b>			Estrafino	10000	6000
Clasificación de la madera	2000	1700	<b>ENSAYOS O PRUEBAS</b>		
Clasificación	500	300	General	500	300
Inspección color	2000	1100	Instrumentos, estrafinos, escalas, etc.	2000a	1100a
<b>CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE</b>			<b>EQUIPO ELECTRICIO, MANUFACTURA DE:</b>		
Area general de manufactura	500	300	Impregnado	500	300
<b>CARBON, VERTEDORES DE</b>			Alizado, embobinado	1000	600
Quebradoras, cerridos y limpiado	100	60	Pruebas	1000	600
Selección	3000a	1700a	<b>EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA</b>		
<b>CARPINTERIAS</b>			EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	500	300
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200	<b>FORJADO, TALLERES DE</b>		
Encotado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	500	300	<b>FUNDICIONES</b>		
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	1000	600	Templado (Hornos)	300	200
<b>CERVECERIAS, INDUSTRIAS</b>			Limpieza	300	200
Elaboración y lavado de barriles	300	200	Hechura de corzonas:		
Litado (de botellas frías, barriles)	500	300	Finos	1000	600
<b>CUARTOS DE CONTROL</b> (Véase Plantes Generadoras)			Medianos	500	300
<b>DULCES INDUSTRIAS</b>			Inspección:		
Departamento de Chocolate:			Fino	5000a	3000a
Descascarado, selección, extracción, de azúcar, quebrado y refinación, alimentación	500	300	Mediana	1000	600
Limpieza del grano, selección inmersión, empaquetado y envolves	500	300	<b>Moldeo</b>		
Moldeado	1000	600	Mediano	1000	600
Elaboración de crema:			Grande	500	300
Mezclado, cocción y moldado	500	300	Colado	500	300
Pastillas de goma y lites	500	300	Selección	300	200
Decoración a mano	1000	600	Cubierta	200	100
Caramelos:			Osmolado	300	200
Mezclado, cocción y moldado	500	300	<b>GALVANOPIASTIA</b>		
Cana y selección	1000	600	<b>GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES</b>		
Elaboración de peses y envoltura	1000	600	Taller de Servicio:		
			Reparaciones	1000	600
			Areas activas de tráfico	200	100
			Garages para estacionamiento:		
			Entrada	500	300
			Espacio para circulación	100	100
			Espacio para estacionamiento	50	50
			<b>GRANJAS</b>		
			Erabio y Gallinero	100	100
			<b>GRABADO (CERA)</b>	2000a	1100a

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>					
Planchado y cortado	3000	3000			
Telido y clasificado	1000	600			
Cosido e inspección	8000	3000			
<b>MANGARES</b>					
Servicio de reparación únicamente	1000	600			
<b>HIELO, FABRICAS DE</b>					
Cuanto de compresores y máquinas	200	100			
<b>HERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE</b>					
Hornos de hogar abiertos					
Patio de almacenaje	100	60			
Piso de carga	200	100			
Resaltadora de vestidos					
Focos de acurdo	300	100			
Plataformas de control	300	300			
Patio de moides	60	30			
Celada	300	200			
Almacenamiento de caladas	100	60			
Bodega de pesada	100	60			
Reparaciones	300	200			
Patio de desmolde	300	100			
Patio de Chatarras	100	60			
Edificio de moldeo	300	200			
Edificio de Calcificación	100	60			
Bola rompadora	100	60			
<b>Molinos de laminación de:</b>					
Lingotes, planchas, saleras y laminas en caliente	300	200			
Laminación en frío de placas	300	200			
Tubo, varilla alambra	600	300			
Fierro estructural y planchas	300	200			
<b>Molinos de laminación de hojalata:</b>					
Esteñado y galvanizado	600	300			
Laminación en frío	300	300			
Cuanto de motores y máquinas	300	300			
<b>Inspección:</b>					
Bababos de lámina negra, lingotes y bilias	1000	600			
Hojetas y otras superficies brillantes	1000	600			
<b>HULE, PRODUCTO DE</b>					
Preparación de la materia prima					
Plasticación, molleada y Banbury	300	200			
Pransado en calandria	600	300			
Preparación de la tela:					
Cortado y tubos flexibles	300	300			
Productos por extrusión	600	300			
Productos moldeados y vulcanización	600	300			
<b>INSPECCIÓN</b>	3000	1100			
<b>JASONES, MANUFACTURA DE</b>					
Palla, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200			
Troquelado, envoltura y empaque, llenado y divergentes en polvo	600	300			
<b>LACTEOS, PRODUCTOS</b>					
<b>Industria liquida</b>					
Cuanto marmitas y almacén botellas	300	200			
Botellas	600	300			
Lavadoras botellas	f	f			
Lavadoras lates	300	200			
Equipo refrigeración	300	200			
Llenado inspección	1000	600			
Mandrotros y tableros de medidas (sobre cartulina)	600	300			
Laboratorios	1000	600			
Paralelismos	300	200			
Separadoras y cuartos refrigerados	300	200			
Tanques, cubos	600	300			
Termómetros (sobre cartulina)	600	300			
Cuanto para pesar (iluminación gra)	300	200			
Básculas	700	400			
<b>LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>					
Prnosas, guilfinas, troquelados y trabajo mediante de banco	600	300			
Punadoras y rechazado	600	300			
Inspección esteñado y galvanizado	2000	1100			
Trazado	2000	1100			
<b>LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:</b>					
Chorro selección	600	300			
Lavado en aceo, húmedo y vaporizado	300	300			
Inspección y desmanchado	6000	3000			
Compuestos y modificaciones	2000	1100			
Planchado	1500	600			
<b>LAVANDERIAS</b>					
Lavado	300	200			
Chorro de blancos, pesado, hacer listas, mercado	600	300			
Planchado a máquina y selección	700	400			
Planchado fino a mano	1000	600			
<b>LIANTAS DE HULE Y CANARAS, MANUFACTURA DE</b>					
Preparación materias primas:					
Plasticación, molleada y Banbury	300	200			
Pransado en calandria	600	300			
Preparación de la tela:					
Cortado y reconstrucción de cajas	600	300			
Máquinas para los cámaras y recubierta	600	300			
Construcción de linternas:					
Linternas sálicas	300	200			
Linternas neumáticas	600	300			
Departamento de vulcanización:					
Cámaras y linternas	700	400			
Inspección final	2000	1100			
Envoltura	600	300			
<b>MOLINOS DE MARINA</b>					
Molinos, centrifugas, purificadores	600	300			
Empaques	300	200			
Control de producción	1000	600			
Limado, cargadores, andenes, tolvas	300	200			
<b>PAN, INDUSTRIAS DE</b>					
Cuanto de moledido	600	300			
Cuanto de fermentado	300	200			
Fermado:					
Pan blanco	300	200			
Pastillitas y pan dulce	600	300			
Cuanto de hornos	300	200			
Baleno y otros ingredientes	600	300			
Decorado:					
Mecánico	600	300			
Manual	1000	600			
Básculas y termómetros	300	200			
Envoltura	600	300			
<b>PAPEL MANUFACTURA DE</b>					
Bastidoras, molinos, calandrias	600	300			
Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el papel	600	300			
Cortado a mano, lado húmedo de al máquina de papel	700	400			
Cerrojo máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600			
Enrollado	1800	900			
<b>PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)</b>					
Empaño, curtido y entado, pelias	300	200			
Cortado, descarnado y secado	600	300			
Acabado	1000	600			
<b>PIEL, TRABAJO SOBRE</b>					
Planchado, trozado y barnizado	3000	1100			
Clasificación, ligulado, cortado y cosido	2000	1700			
<b>PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE</b>					
Transportadores de bandas, especies de desgaste del tiro, cuerno de tolvas, interior de los depósitos	100	60			
Cuanto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares dibujo de los depósitos	100	60			
Cernidores	300	100			
<b>PINTURAS, MANUFACTURA DE</b>					
Iluminación general	600	300			
Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000	1100			
<b>PINTURAS, TALLERES DE</b>					
Pinturas por irromoción a baño con pinturas de alca, sumate a fuego	600	600			

	I.E.S. 99%	S.M.I.L. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.L. 95%
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorada, acabado especial y con plantilla	500	300	TABACO, PRODUCTOS DE		
Acabado de pinturas a mano:			Secado, desmondamiento (eliminación general)	300	200
abajo fino	1000	600	Clasificación y selección	2000a	1100a
abajo azafra-fino (carrocillas, planos)	3000a	1700a	TALLERES MECANICOS		
PLANTAS GENERADORAS			Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Equipo de acondicionamiento de aire, presurizadoras y piso de ventiladores, esclusas de cenizas	100	60	Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano		
Auxiliares, sala de acumuladoras, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y éas de mandómetros	200	100	Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	100	600
Plataformas calderas	100	60	Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	6000a	3000a
Plataformas quemador	700	100	TALLERES TEXTILES, ALGODON	10000a	4000a
Cuanto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60	Abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, bústulas, pulverizadores, éas de ventiladores, torre de transbordos	100	60	Cargas y esmiradoras	500	300
Condensadores, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60	Pabiladoras, veloces, tráctiles y cañoneras	500	300
Cuanto de control			Enrolladoras y Engomadoras:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador:			Telas crudas	500	300
Tipo A—Cuanto de control largo, 178 cms., sobre el piso	500	300	Metalillas	1500	900
Tipo B—Control de cuanto ordinario, 170 cms., sobre el piso	300	200	Inspección:		
Sección de "Duplex" mirándose desde cualquier ángulo	300	200	Telas crudas (voladas a mano)	1000	600
Pupira de distribución (nivel horizontal)	500	300	Ata automática	1500	900a
Áreas dentro de los tableros "Duplex"	100	60	Telares	1000	600
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60	Reparó y atado a mano	2000a	1100a
Alumbrado de emergencia en cualquier área	30	20	TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBE		
Tableros despachadores:			Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Piano horizontal (nivel de la mesa)	500	300	Clasificadas, peinadas y repelidas	1000a	600a
Superficie vertical del tablero (1.25 M. sobre el piso viendo hacia el operador)			Cerdado, peinado y repelido	500	300
Cuanto despachador sistema de carga	500	300	Esitrado:		
Cuanto despachador secundario	300	200	Hilo blanco	500	300
Área para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100	Hilo de color	1000	600
Laboratorio químico	500	300	Tráctiles:		
Precipitadores	100	60	Hilo blanco	500	300
Casa de rejillas	300	100	Hilo de color	1000	600
Plataformas, aspiradores de hollín o escoria	100	60	Telares	500	300
Cabezales para vapor y válvulas	100	60	Devanado:		
Cuanto de insruccionas de potencia	200	100	Hilo blanco	300	200
Cuanto para equipo telefónico	200	100	Hilo de color	500	300
Tómbos o galerías para tuberías	100	60	Uridores:		
Sub-sistema (parte inferior turbinas)	200	100	Hilo blanco	500	300
Cuanto de turbinas	300	200	Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Área para tratamiento de agua	200	100	Hilo de color	1000	600
Plataforma para visitantes	200	100	Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA			Telido:		
Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200	Telas blancas	1000	600
Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadoras mecánicas, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorados	300	200	Telas de color	2000	1100
Tanques para cocción, extractores, coladoras, nitadoras, celdas electrolíticas	300	200	Cuanto de telas crudas:		
SOMBREROS, MANUFACTURA DE			Quitar nudos de la tela	1500a	900a
Telido, teñido, gileteado, lavado y terminado	1000	600	Cuido	3000a	1700a
Fermado, eslabado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a	Doblado	700	400
Coido	5000a	3000a	Acabado húmido	500	300
BOLDADURA			Telido	1000a	600a
Iluminación general	500	300	Acabado en seco:		
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a	Despuzado, acondicionamiento y planchado	700	600
			Corrado	1000	600
			Inspección	2000a	1100a
			Doblado	700	400
			TALLERES TEXTILES		
			SEDA Y SINTETICOS.		
			Manufactura:		
			Barrido, teñido fugas y preparación de terciados	300	200
			Debanado, torcido, redavonado y coneras, torcido de fantasía, engomado:		
			Hilo claro	500	300
			Hilo obscuro	2000	1100
			Uridores (seda)		
			En estapas, finitas de carrera, devanadora, lavadora y pligadora	1000	600
			Reparó en lios y en el peine	2000a	1100a
			Telido	1000	600
			TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	600



	99%	95%
<b>TELA, PRODUCTOS DE</b>		
Inspección tela	3000a	1000a
Corte	300a	300a
Costura	30a	300a
Planchado	300a	200a
<b>TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS</b>		
Fundición de tipo:		
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	400
Preparación de tipos, selección	500	200
Fundición	500	300
Impresión:		
Inspección de colores	2000a	1100a
Lineales y cellos	1000	400
Planas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electricidad:		
Maldonado, revuelto, acabado, nivelado, maldas y retorcido	1000	400
Galeonoplastia	500	300
Fotografiado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Revelado, lavado, pruebas, antiñano	1000	600
<b>VIDRIO, FABRICAS DE</b>		
Cueto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200
Esmaltado, cortado, plateado	500	300
Esmaltado fino, biselado, pulido	1000	600
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
<b>ZAPATOS DE CUERO, MANUFACTURA DE</b>		
Lavado, retubimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, corteado para superior y suelas	500	300
Rodillos de suela, proceso de hechura y acabado	1000	600
<b>ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE</b>		
Corteado y costura:		
Tablas de corteado	2000a	1700a
Marcado, ojeado, adelgazado, selección, remendado y conadores	3000a	1700a
Casido:		
Materiales claros	500	300
Materiales oscuros	3000a	3000a
Hechura y acabado	5000	1100

**2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS**

<b>AUDITORIOS</b>		
Para ensambles	300	200
Para ensambles	150	100
Para actividades sociales	50	50
<b>BANCOS</b>		
Vestibulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900
Correspondencia	1500	900
<b>BIBLIOTECAS</b>		
Sala de lectura	700	400
Anaqueles	300	200
Reparación de libros	500	300
Archiveros y catalogar	700	400
Mesa chequeadora de salidas y entradas de libros	700	400
<b>CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales)</b>		
<b>CLUBS</b>		
Sala de descanso y de lectura	300	200
<b>CORREOS</b>		
Vestibulos, sobre mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
<b>CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)</b>		
Areas de sientos (público)	300	200
Areas de actividades propias de la corte	700	400

**EDIFICIOS MUNICIPALES,**

**BOMBEROS Y POLICIA**

Policia:		
Archivos de identificación	1500	900
Cedulas y cuadros para inscripciones	300	200
Bomberos:		
Dormitorios	200	100
Sala recreativa	300	200
Garaje carros bomba	300	200
<b>ESCUELAS</b>		
Salones de clase	700	400
Salones de dibujo (sobre retizador)	1000a	600a
Lectura de movimientos de labios (sordo mudos), psicomotricidad, costura	1500a	900a
<b>GALERIAS DE ARTE</b>		
Iluminación general	300	200
Sobre pinturas (diseñadas)	300b	200b
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
<b>IGLESIAS</b>		
Altar, retablos	1000a	600a
Coro (O) y presbiterio	300e	200e
Pulpito (iluminación adicional)	300e	200e
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150e	100e
<b>Ventanales emplomados:</b>		
Color blanco	300	200
Color medio-oscuro	1000	600
Color oscuro	3500	2000
Ventanal muy denso	10000	6000
<b>MIBCADOS</b>		
Bodegas y Cuartos de Almacenamiento		
Activos	200	100
Inactivos	30	30
Carnicerías, Barbacoas, Pescaderías	300	200
Cocinas (Areas de trabajo)	300	200
Comedores	300	200
Cuartos de máquinas	300	200
Ferreterías y Accesorios eléctricos	500	300
Lavaderos para verduras y verduras	300	200
Mercaderías, vestidos y reparaciones	500	300
Mueblerías y artículos para el hogar	300	200
Papelarias, libros y juguetes	500	300
Plataformas de descarga	200	100
Sanitarias y baños	100	100
Verduras, frutas, flores y plantas	100	200
<b>MUSEOS (Véase Galerías de Arte)</b>		

**OFICINAS**

Proyectos y diseños	3000	1100
Contabilidad, auditoria, máquinas de contabilidad	1500	900
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivo activo o continuo	1000	600
Archivos intermedios o discontinuos	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de lectura, archivos de poco uso o con las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
<b>PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA</b>	1000	600
<b>TEATROS Y CINES</b>		
Sala de espectáculos:		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestibulo	200	100
Sala de descanso (foyer)	50	25
<b>TERMINALES Y ESTACIONES</b>		
Sales de embarque	300	200
Oficina de boletas	1000	600
Oficina de chequeo equipaje	300	200
Vestibulo	100	60
Andenes y Plataformas	200	100
<b>3. HOSPITALES</b>		
Sala de preparación y anestesia	300	200
Autopsia y Anafestros:		
Mesa de autopsia	25000	14000
Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600

	99%	93%
Auditorio (iluminación genl)	200	100
Central de Instrumentos esterilizados:		
Iluminación general	300	200
Afilado agujas	1500	900
Sala de Citoscópica:		
Iluminación general	1000	600
Mesa Citoscópica	35000	14000
Sala dental:		
Cuarto de espera	300	200
Cirugía dental (iluminación genl)	700	400
Sala dental	10000	6000
Laboratorio (banca de trabajo)	1000	600
Sala de recuperación	50	30
Sala de electroencefalogramas:		
Oficina	1000	600
Cuarto de trabajo	300	200
Sala de espera	300	200
Sala de emergencia:		
Iluminación general	1000	600
Iluminación localizada	20000	9000
Sala de electrocardiogramas, de metabolismo y de muestras:		
Iluminación general	200	100
Mesa de muestras	500	300
Salas de reconocimiento y tratamientos:		
Iluminación general	500	200
Mesa de reconocimiento	1000	600
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta:		
Cuarto obscuro	100	60
Cuarto de reconocimiento y tratamiento	500	200
Sala de fracturas		
Iluminación general	500	200
Mesa de fracturas	2000	1100
Laboratorio:		
Cuartos de ensayo	200	200
Mesa de trabajo	500	300
Trabaja más precisos	1000	600
Vestibulo	200	200
Salas de reposo	200	200
Cuartos para archivar historias clínicas	1000	600
Sala de Rayos X		
Radiografía y Fluoroscopia	100	60
Terapia superficial y profunda	100	60
Cuarto obscuro	100	60
Sala para ver placas	300	200
Archivos, revelado	300	200
Cineta de blancos	100	60
Quedencia Infantil:		
Iluminación general	100	60
Mesa de reconocimiento	700	400
Cuarto de juego, pediatría	300	200
Obstetricia:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	200	200
Sala de preparación	200	100
Sala de puntos (iluminación genl)	1000	600
Mesa para partos	25000	14000
Farmacia:		
Iluminación general	200	200
Mesa de trabajo	1000	600
Almacén activo	300	200
Cuartos privados y salas comunes:		
Iluminación general	100	60
Iluminación localizada (lectura)	300	200
Área para desequilibrados mentales	100	60
Tratamiento con isótopos radioactivos:		
Laboratorio radioquímico	200	200
Mesa de reconocimiento	500	300
Cirugía:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600
Sala de operaciones, Iluminación general	1000	600
Lavabo de cirujano	200	200
Mesa de operaciones	25000	14000
Sala de restablecimiento	200	200
Terapia:		
Fisica	200	100
Ocupacional	200	200

	99%	93%
Salas de espera	200	100
Cuarta uiteria	200	100
Punto de enfermeras:		
Iluminación general	200	100
Esterilizo	500	300
Mostrador para medicinas	1000	600
<b>4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS</b>		
<b>AUTOMOVILES SALAS DE EXHIBICION</b>		
<b>(Véase tiendas)</b>		
<b>CASAS (Véase residencias)</b>		
<b>Alumbrado nocturno:</b>		
<b>Zonas comerciales principales:</b>		
General	7000	1100
Atracciones principales	10000	6000
<b>Zonas comerciales secundarias:</b>		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
<b>COCHINAS (Véase restaurantes o residencias)</b>		
<b>ESCARABATES (a)</b>		
<b>Alumbrado diurno:</b>		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000
<b>GASOLINERAS</b>		
Área de servicio	200	200
Cuarto de ventas	300	300
Esterilizo	1000	600
<b>HOTELES</b>		
<b>Regístraras:</b>		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	200	200
Administración	500	200
Vestibulo	200	200
Áreas de trabajo y lectura	100	200
Iluminación general	500	300
Marquesina	500	200
<b>Joyería y relojes, MANUFACTURA DE</b>		
<b>RESIDENCIAS</b>		
<b>Iluminación general:</b>		
<b>Áreas visuales específicas (1)</b>		
Juegos de mesa	200	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio (sobre escritorio)	700	400
Costura	1000	600
<b>Iluminación general:</b>		
Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras	100m	60m
Salas, comedores, regístraras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego	100m	60m
Cocina, lavadero, cuarto de baño	200	200
<b>RESTAURANTES Y CAFETERIAS</b>		
<b>Área de comedor:</b>		
Cajero	500	300
Del tipo íntimo		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	20
Del tipo ordinario		
Con ambiente ligero	200	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rápido		
Cocina		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	200	200
Sala	50	30
<b>SALONES DE BAILES</b>		
<b>TIENDAS (a)</b>		
Área de circulación	200	200
<b>Áreas de mercancías:</b>		
Con servicio de vendedoras	1000	600
Autoservicio	2000	1100
<b>Mostradores y vitrinas en muro:</b>		
Con servicio de vendedoras	2000	1100
Autoservicio	5000	3000

Atenciones principales:			
Con servicio de vendedores	5000	3000	
Autoservicio	10000	4000	

**5. AREAS COMUNES**

<b>BODIGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>	50	50
Inactivas	\$0	\$0
Activas:		
Piezas torcas	100	60
Piezas medianas	200	100
Piezas finas	300	300
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES		
Iluminación general	100	60
Espesio	300g	200g

Dado que en el curso de 10 años, los niveles de Iluminación recomendados por el I.E.S., para Alumbrado Exterior, Areas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. —Illuminating Engineering Society— México Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de Iluminación, tratándose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.

## 6. ALUMBRADO EXTERIOR

	I.E.S.	S.M.I.L.	LUXES
<b>ALUMBRADO DE PROTECCION</b>			
Alrededores de áreas activas de embarque	50		
Alrededores de edificios	10		
Areas de almacenamiento activas	200		
Areas de almacenamiento inactivas	10		
Entradas:			
Activas (peatones y/o transportes)	50		
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10		
Límites de propiedad:			
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hasta afuera)	1.5		
Técnica de iluminación general	2		
Iluminación general áreas inactivas	2		
Plataformas de carga y descarga	200		
Ubicaciones y estructuras de importancia	50		
<b>ASTILLEROS</b>			
Iluminación general	200		
Caminos, sendas	100		
Area de construcción	50		
<b>BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES</b>			
(Véase Tabloros para botelines y Cielos)			
<b>CALLE</b>			
CAMINOS	5		
CANITRAS	30		
CARBON, PATIOS PARA (de protección)	2		
CARRETERAS	5		
DRAGADO	20		
EDIFICIOS			
Construcción general	100		
Trabajos de excavación	20		
ESTACIONAMIENTOS	50		
<b>FACEDAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS</b>			
Iluminación con proyectores:			
Alrededores brillantes:			
Superficies claras	150		
Superficies medio claras	200		
Superficies medio oscuras	300		
Superficies oscuras:			
Alrededores oscuras:			
Superficies claras	50		
Superficies medio claras	100		
Superficies medio oscuras	150		
Superficies oscuras	200		

## FERROCARRIL, PATIOS DE

De recepción:	2
Clasificación	3
<b>GASOLINERAS:</b>	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calefacción para coches	50
Areas bombas de gasolina	200
Fachadas edificios (de vidrio)	300g
Areas de servicio	70
Alrededores oscuros:	
Acceso	15
Calefacción para coches	15
Areas bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio)	300g
Areas de servicio	70
JARDINES (p)	30
Iluminación general	
Senderos, escalones, lejanos de la casa	5
Parte posterior de la casa, bardas, paredes,	10
Érbolas, arbutos	20
Floras, jardines entre rocas	10
Arboles y arbutos, cuando se quieren hacer destacar	50
<b>ALCERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE</b>	
<b>MUELLES</b>	200
<b>PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)</b>	200
<b>PLANTAS GENERADORAS</b>	
Passerelas	20
Tiradores de carbón	1
Descarga de carbón:	
Rampa (Zona de carga y descarga)	50
Area almacenamiento chelano	5
Volcador de carros	50
Volcador	50
Area de almacenamiento de carbón	1
Transportadores	20
Entradas:	
Edificio de servicio o generación:	
Principal	100
Secundaria	20
Caseta de compuertas:	
Entrada de peatones	100
Entrada transportadores	50
Cerca o alambrada	5
Colectores de entrada del aceite combustible	50
Tanque de almacenamiento aceite	10
Pello descubierta	2
Plataformas-Calders, cubierta de turbinas	50
Caminos:	
Entre o a lo largo de los edificios	10
Que no estén bordeados por edificios	5
Subestación:	
Iluminación general horizontal	20
Iluminación vertical especifica (sobre descosnecesarios)	20
<b>PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA</b>	200
Interior de los furgones	100
<b>RESIDIO, PATIOS DE</b>	50
<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS</b>	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	800
Superficies oscuras	1000
Alrededores oscuros:	
Superficies claras	200
Superficies oscuras	250

**7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS**

<b>ALBERCA</b>	
Iluminación general desde la planta alto	100
Bajo el agua:	
Exterior	
Interior	

	IES	SATI.	LUXES
<b>ARQUERIA</b>			
Blanca			
Torneo		100r	
Recreativo		30r	
Línea de tiro:			
Torneo		100	
Recreativo		30	
<b>BADMINTON</b>			
Torneo		300	
Club		200	
Recreativo		100	
<b>BASEBALL</b>	Jardines	Cuadro	
Ligas menores	1000	1500	
Ligas AA y AAA	500	750	
Ligas A y B	300	500	
Ligas C y D	200	300	
Ligas semiprofesionales y regionales	150	200	
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400	
Sobre asientos, durante juego	20		
Sobre asientos antes y después jg	30		
<b>BASKETBALL</b>	Jardines	Cuadro	
Universitario y profesional	500		
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores	300		
Sin espectadores	200		
Recreativo (exterior)	100		
<b>BILIARES (sobre mesa)</b>			
Torneo	500		
Recreativo	300		
Area general	100		
<b>BOLICHES</b>			
Mesas:			
Torneo	300		
Recreativo	100		
<b>BOR O LUCHA (ring)</b>			
Compañero	500		
Profesional	2000		
Amateur	1000		
En eventos durante el encuentro	20		
En eventos antes y después del encuentro	50		
<b>CARRERAS</b>			
De motor (autos pequeños o motocicletas)	200		
Bicicletas	200		
Caballos	200		
Perros	300		
<b>CROQUET</b>			
Torneo	100		
Recreativo	30		
<b>FRONTENIS</b>			
Profesional	1000		
Aficionados	750		
Sobre asientos	30		
<b>FRONTON O CESTA</b>			
Profesional	1500		
Aficionados	1000		
Sobre asientos	100		
<b>FRONTON A MANO</b>			
Torneo	300		
Club	200		
Recreativo	100		
<b>FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO</b>			
(Indice: Distancia de la línea de banda a las más alejadas de espectadores)			
Clase I más de 30 Mts.	1000		
Clase II entre 15 y 30 Mts.	500		
Clase III entre 9 y 15 Mts.	300		
Clase IV menos de 9 Mts.	200		
La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbraado requerido, sin embargo en espectáculo de pago y televisados, la capacidad potencial de asientos de los gradas, es el			

factor determinante que debe tomarse en cuenta para, lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 30.000 espectadores; Clase II de 10.000 a 30.000 espectadores; Clase III de 5.000 a 10.000 espectadores y Clase IV para menos de 5.000 espectadores			
<b>GIMNASIOS</b> (Referirse a deportes específicos enumerados en forma separada)			
Exhibiciones amuebladas			300
Para recreación y ejercicio general			200
Asambleas			100
Baños			50
Regaderas y vestidores			100
<b>GOLF, CAMPOS DE PRACTICA</b>			
Iluminación general sobre los "tees" A 1.85 Mts.			100
Práctica en los "greens"			50r
<b>HOCKEY SOBRE HIELO</b>			
Universitario o profesional			300
Liga amateur			200
Recreativo			100
<b>PATINAJE</b>			
Pista para patines de ruedas			50
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)			50
Líquida, estanque o área inundada			10
<b>PINGPONG</b>			
Torneo			300
Club			300
Recreativo			200
<b>PLAYAS</b>			
En tierra			10
A 50 Mts. o más arriba (en mar)			30r
<b>PLAZA DE TOROS</b>			
En el ruedo			1000
Pasillos, toriles, palcos, gradas			50
<b>SHUFFLE BOARD</b>			
Torneo			100
Recreativo			50
<b>SRIES, RAMPA DE PRACTICA</b>			
<b>SOFTBALL</b>			
Profesional y de campeonato	Jardines	Cuadro	
Semi-profesional	300	300	
Ligas Industriales			150
Recreativo			75
<b>TENNIS</b>			
Torneo			300
Club			200
Recreativo			100

**B. ALUMBRADO DE TRASPORTES.**

<b>AEROPUERTOS</b>			
Plataforma frente hangares			10
Plataforma frente edificio de terminal			5
Area de estacionamiento			20
Area de carga			
<b>AUTOBUSIS</b>			
Urbanos			300
Ferrocarril			150
<b>AUTOMOVILES</b>			
Sobre plazas			5
<b>AVIONES</b>			
Compartimentos pasajeros:			
Iluminación general			50
Lectura (en asientos)			200
<b>BARCOS</b>			
Camarotes			500
Lituras, sobre plano de lectura			150
Español, sobre cero			300
Baños			50
Pasillos y corredores			50
Escaleras:			

	I.E.S. LUXES S.M.I.I.		I.E.S. S.M.I.I. LUXES
Pasajeros	100	Imprenta	300u
Tripuación	50	Servicio	500u
Entrada pasajeros	100w	Oficinas postales	200u
Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100u	Vendedores	30
Cuartos de equipamiento tripulación	200	Central telefónica	100u
Sobre mesas	300	Cuarto para almacén	50
Comedor pasajeros	100w	Áreas de operación:	
Salón comedor, oficiales y tripulación	100	Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100u
Sobre mesas	150	Cuarto salidas (áreas de trabajo)	100u
Bibliotecas:	100	Cuarto ventiladores	50
Para lectura	300	Cuartos grupos Motor-Generador	50
Salones fumadores	50	Cuartos de generación y tablero de control	100
Cubiertas cerradas	100	Cuarto de montacargas	50
Palanquero y salón de belleza	200	Tableros de control, iluminación vertical:	
Sobre la persona	500	Parte alta	300
Salones de Cocktail y Cénita	50w	A 90 cms. desde el piso	100
Salón de baile	30w	Cuarto del mecanismo del timón	50
Piscinas, playas interiores	100y	Cuarto de bombas	10
Tiendas	200u	Tablero de medición y control (iluminación vertical):	
Teatros:		Sobre medidores	300
Durante el espectáculo	1	Túnel del eje	30
Intermedio	50	Bodega seca para cargamento (Unidad de iluminación permanente)	12u
Gimnasios	200	Carga y descargas de cargamento refrigerado	20u
Hospital:		Talleres	200
Sala de operaciones	500u	Sobre trabajo	500
Sala dental	300u	Escotillas de la bodega:	
Dispensario	200	Área sobre escotilla	50
Sala de encamados	50u	Área adyacente a la cubierta	30
Clinica doctor	200u	CABROS DE IF CC. PARA COBRO	
Sala de espera	100u	Bultos de correo y cajas para cartas	300
TIRO AL BLANCO		Almacén correo	150
Sobre el blanco	500u	CABROS DE IF CC. PARA PASAJEROS	
Línea de tiro	100	Escritura y lectura:	
Área intermedia	50	General	200
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros	100u	Sobre estratón	500
Monitor para pasajeros oficina sobrecargo	200	Sección de baños:	
Áreas de navegación:		General	150
Timonera (sobre puente de mando)	50	España	300
Cuarto de mapas	100	Santiago	150
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500	Cerro comedor	150
Cuarto del radar	50	Cénitas	10u
Cuarto de giroscopios	50	Áreas sociales	200
Cabina de radio	100u	Escaleras y puertas	100
Oficina del barco	200	TRANVÍAS Y TROLEBUSES	300
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500	TIRO AL PICHÓN	
Para librería de libros y auditoria	500	Blanco, a 50 Mts.	300u
Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100	Línea de tiro, general	100
Sobre escritorio	500	VOLLEYBALL	
Áreas de servicio:		Torneo	200
Galera	200u	Recreativo	100
Lavandería	150u	WATER POLO	
Depensa	150u	Torneo	300
Fregaderos	150u	Club	200
Preparación comida	200u	Recreativo	100
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50		
Carnicería	150u		

## NOTAS

- Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones recomendadas. Esas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño o instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesario para hacer resaltar la belleza de las estatuas.
- La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.
- Si los estados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiboscuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantes desagradable.

f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los lúmenes producidos en un punto considerado.

g. Para inspección minuciosa, 500 lúmenes.

h. Los manuscritos o lépez y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 lúmenes.

i. Para inspección minuciosa, 500 lúmenes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.

j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.

k. O no menos de 1/3 del nivel de las áreas adyacentes.

l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.

m. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.

o. (A) Los valores recomendados: con iluminación sobre la mercancía o aparadores. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical. (B) Áreas oscuras en los cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.

p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que éste es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener un equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistas desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistas desde áreas oscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático.

q. Iluminación promedio recomendada (lúmenes).

#### TRANSITO DE PEATONES

#### CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA

	Muy escaso (Menos de 150)	Escaso (150 a 500)	Mediano (500 a 1200)	Intenso (Más de 1200)
Intenso	6	8	10	12
Mediano	4	6	8	10
Escaso	2	4	6	8

Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%.

Cuando la reflexión sea pobre (del orden de 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea razonable (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se suponen que deberán mantenerse en servicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menor de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escaso y con tránsito de peatones escaso, y no menor de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carretera.

r. Vertical.

s. 600 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

t. 1000 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

v. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada.

w. La instalación deberá ser tal, que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 lúmenes para embarques diurnos.

x. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, caninos y comederos, los valores de lúmenes pueden variar empíricamente, dependiendo de la atmósfera, deseada, los decretados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

# RESUMEN

	SISTEMA TRADICIONAL	AHORRO DE ENERGIA
<b>CONSUMO TOTAL EN KW.</b>	64.56 KW	16.459 KW
<b>CONSUMO KWH / 4 AÑOS</b>	1'319,729 KWH	336 423 KWH
<b>COSTO ENERGIA</b>	\$158'367,485	\$ 40'370,636.00
<b>COSTO DE ADQUISICION</b>	\$100'780,000	\$ 80'450,000.00
<b>COSTO DE REEMPLAZO EN 4 AÑOS</b>	\$ 41'197,430	\$ 50'370,000.00
<b>COSTO TOTAL DE CONSUMO Y REEMPLAZOS</b>	\$199'564,915	\$ 90'740,636.00

SISTEMA 440V/400V/3Ø  
 PARA EL ESTUDIO COMPARATIVO SE TOMARON COMO BASE 14HRS. DIARIAS DE ENCENDIDO, DURANTE 4 AÑOS = 20 440 HRS, EL COSTO  
 DE LA ENERGIA POR KWH = \$ 120.00

CONCEPTO	CONSUMO EN UNITS DE C/A	HORAS DE VIDA NOMINALES	CANTIDAD	CONSUMO TOTAL EN KW	A			B			COSTO TOTAL DE MEO	
					CONSUMO EQUIVALENTE EN 20 HORAS	COSTO DE ENERGIA EN \$/KWH	COSTO DE ADQUISICION P/LINE.	COSTO TOTAL DE ADQUISICION	COSTO DE LAMPARAS Y SALASTRO	COSTO DE MANTENIMIENTO EN 4 AÑOS		
ARMARIO FLUORESCENTE TIPO REFLECTOR ABIERTO	18	10 000	618	7.983	163 418	318 610.158	\$ 80 000.00	\$ 48 200.00	\$ 20 000.00	2.3 REEMPL.	\$ 28 200.00	\$ 47 900.158
ARMARIO FLUORESCENTE 30x30CM.	18	10 000	484	8.172	187 036	\$ 20 044.288	\$ 63 000.00	\$ 28 800.00	\$ 20 000.00	2.3 REEMPL.	\$ 20 800.00	\$ 60 828.288
ARMARIO TIPO VELADORA	7	10 000	18	0.112	2 280	\$ 274 714	\$ 63 000.00	\$ 1 040.000	\$ 20 000.00	2.3 REEMPL.	\$ 73 8 000	\$ 1 010.714
ARMARIO TIPO ARBOTANTE V.S.A.P	30	20 000					\$ 340 000.00		\$ 40 000.00			
ARMARIO FLUORESCENTE TIPO ARBOTANTE	9	10 000					\$ 108 000.00		\$ 20 000.00			
ARMARIO FLUORESCENTE PARA SALA DE RL.	18	10 000	10	0.180	2 678	\$ 441 504	\$ 70 000.00	\$ 700 000	\$ 20 000.00	2.3 REEMPL.	\$ 460 000	\$ 801 504
						\$ 40 370.63						\$ 80 740.63



**SISTEMA TRADICIONAL**

PARA EL ESTUDIO COMPARATIVO SE TOMARON COMO BASE 14 HRS DIARIAS DE ENCENDIDO, DURANTE 4 AÑOS = 20 440 HRS, EL COSTO DE LA ENERGIA POR KWH = \$ 120.00

CONCEPTO	CONSUMO EN KWTS DE C/U	HORAS DE VIDA NOMINALES	CANTIDAD	CONSUMO TOTAL EN KW	A				B		COSTO TOTAL DE USO
					CONSUMO EN KW/MES POR 1 FONORA	COSTO DE ENERGIA EN KWTS \$ 120.00	COSTO DE ADQUISICION P/LUM.	COSTO TOTAL DE ADQUISICION	COSTO DE LAMPARA Y BALASTRO	COSTO DE REEMPLAZO EN 4 AÑOS	
LAMPARAS FLUORESCENTE 2x36"	82	12000	343	28.128	574 895	688 987.42	310 000.00	5 72 030.00	3 94 394.00	1.7 REEMP. \$ 31 982.20	100 046.785
LAMPARAS INCANDESCENTE 100W 30x30 mm.	100	1000	192	19.2	392 448	47 053.76	570 000.00	\$ 13 440.00	\$ 818.50	20 REEMP. \$ 2 363.50	648 457.260
LAMPARAS INCANDESCENTE TIPO CENTURY	73	2000	200	15.6	318 884	338 283.00	\$ 63 000.00	\$ 13 520.000	\$ 3 294.00	10 REEMP. \$ 6 851.50	49 118.200
LAMPARAS INCANDESCENTE TIPO CENTURY	180	2000					\$ 70 000.00	\$	\$ 3 080.00		
LAMPARAS INCANDESCENTE TIPO VELADORA	40	1000	16	0.84	13 082	\$ 1 548.792	\$ 66 000.00	\$ 1 040.000	\$ 813.30	20 REEMP. \$ 188 940	\$ 17 66.792
LAMPARAS INCANDESCENTE TIPO ARBOTANTE	100	1000					\$ 140 000.00	\$	\$ 813.30		
LAMPARAS PARA SALA DE RAJOS X	100	1000	10	1.0	20 440	\$ 2 452.800	\$ 75 000.00	\$ 7 800 000	\$ 618.50	20 REEMP. \$ 123 100	\$ 2 878.900
						\$ 188 387.40					\$ 190 944.95

## BIBLIOGRAFIA.

- Manual de Equipo Eléctrico y Electrónico.  
Conservación y Aplicaciones.  
Coyne Electrical School.  
Edit. Hispano-Americana S.A. de C.V.
  
- Instalaciones Eléctricas. Teoría y Práctica.  
Ibbetson.  
Edit. C.E.C.S.A.
  
- Electricidad Industrial Básica.  
Van Valkenburgh. Nooger & Neville Inc.  
Edit. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
  
- Equipos Eléctricos Modernos.  
Ing. Jesus Garduño Fernandez.  
Edit. C.E.C.S.A.
  
- Tecnología de los Sistemas Eléctricos de Potencia.  
Teodore Wildi.  
Edit. Hispano Europea.
  
- Manual del Alumbrado.  
Westinghouse Electric Corporation.  
Edit. DOSSAT, S.A.
  
- Manual de Eficiencia Energética Eléctrica en la  
Industria. Tomos I y II.  
C.A.D.E.M.  
Edit. Servicio Central de Publicaciones del  
Gobierno Vasco.
  
- I.E.S. Lighting Handbook.  
Illuminating Engineering Society.
  
- Electric Systems for Comercial Buildings.  
I.E.E.E. No. 241-1964.

- Electric Power Distribution for Industrial Plants.  
I.E.E.E. No. 141-1964.  
Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- American Standard Requirements for Residential Wiring.  
United States of America Standard Institute.
- Formstead Wiring Handbook.  
Edison Electric Institute.
- Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación  
en México.  
Holophane.
- Manual de Procedimientos para el Uso Eficiente de  
Energía en la Industria y el Comercio.  
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial  
Comisión de Energéticos México 1977.
- Uso Eficiente de la Energía en la Industria  
David A. Rear.  
International Research and Development Co. LTD  
Newcastle-Upon-Tyne, England.
- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas  
Parte I. Instalaciones para el Uso de Energía  
Eléctrica.  
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
Instituto Politécnico Nacional.
- Consumo de Energía en la Industria  
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.  
Comisión de las Comunidades Europeas.
- Balance Nacional de Energía 1988.  
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.
- Manual Eléctrico.  
Conelec. S.A.  
Conductores Eléctricos y Alambre Magneto, segunda edición

- Guía Para el Aprovechamiento del Calor de Desperdicio.  
Oficina de Conservación de Energía  
Centro para Tecnología de Construcción.  
Instituto de Tecnología Aplicada.  
Oficina de Estándares, Washington D.C. 1982