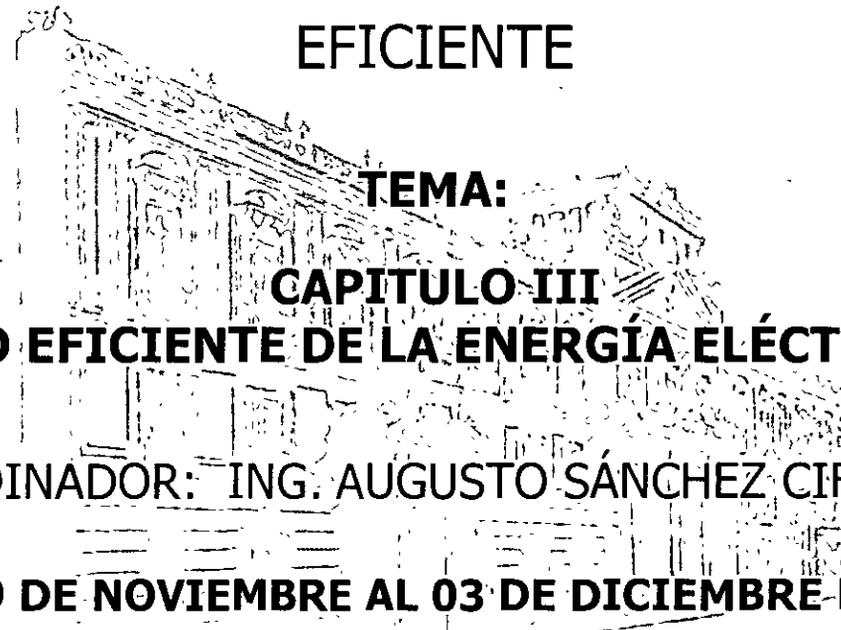




**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**CA 195  
AHORRO DE ENERGÍA E ILUMINACIÓN  
EFICIENTE**

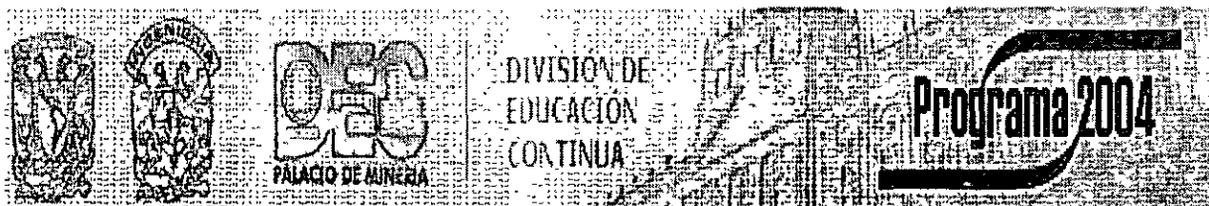


**TEMA:  
CAPITULO III  
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

**COORDINADOR: ING. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES**

**DEL 29 DE NOVIEMBRE AL 03 DE DICIEMBRE DE 2004**

**PALACIO DE MINERÍA**



**TEMARIO PARA EL CURSO:  
USO RACIONAL DE LA ENERGÍA E ILUMINACIÓN**

DURACIÓN : 20 horas

INSTRUCTORES: Ing. Tanya Moreno Coronado  
Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

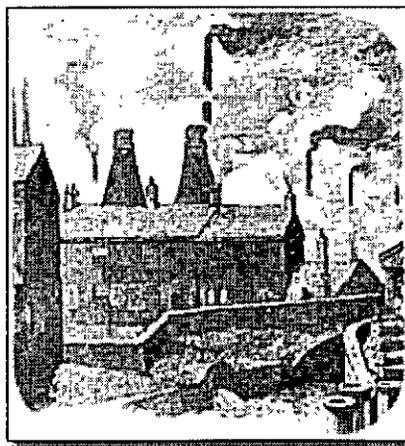
1. Introducción (Importancia del Uso Racional de la Energía)
2. Diagnósticos Energéticos
3. Uso Racional de Energía Eléctrica
4. Uso Racional de la Energía en Iluminación
5. Facturación Eléctrica

## CONCEPTO DE ENERGÍA

La definición clásica de energía la señala como “la capacidad de la materia que hace posible las transformaciones que se operan en la misma; la variación de energía libre de una sustancia da lugar a un trabajo útil”.

Sin embargo aunque es un concepto que no tiene una definición muy clara, toda la vida existe por la energía. El hombre primitivo usó durante miles de años su propia energía, teniendo como fuente su alimentación, luego comenzó a utilizar el fuego como defensa y calefacción. Posteriormente utiliza la rueda y la energía eólica para el transporte, apoyándose en la energía de los animales que comienza a domesticar. En los siglos anteriores a nuestra era, se comienza a utilizar como otra fuente de energía las corrientes de agua, tanto para navegación como para movimiento de los molinos. Durante la edad media se desarrolla el entendimiento de la energía química, se utiliza la energía solar para secado y la energía eólica en los molinos y la fuerza animal para transporte y trabajo. A finales del siglo XVIII se inicia la Revolución Industrial, llevando a escala comercial la máquina de vapor, que se había desarrollado a principios del mismo siglo.

Con la llegada de la Revolución Industrial se requiere de mucho más energía, por lo que se recurre a fuentes con mayor intensidad energética, como es el carbón, el cual es el principal energético hasta principios de este siglo en el que se desarrollan los hidrocarburos, principalmente el petróleo y el gas natural. A finales del siglo XIX se desarrolla industrialmente la electricidad y el motor de combustión interna.



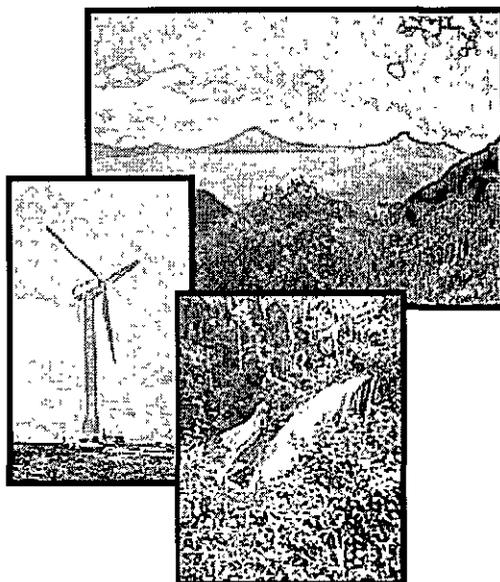
Aunque se han desarrollado otras fuentes de energía con mayor intensidad, como la fisión nuclear, dado los altos costos de su uso se prevé que los combustibles fósiles seguirán siendo las fuentes de energía primaria más utilizadas en el ámbito industrial, por lo menos durante las próximas décadas.

## ENERGÍA PRIMARIA Y SECUNDARIA

Las fuentes de energía naturales que existen en la tierra son:

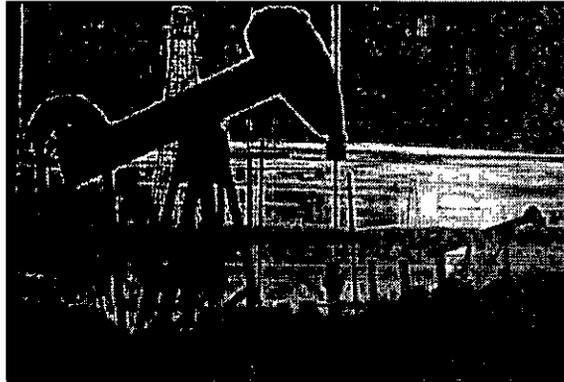
- La energía solar, que es la principal fuente, nos llega del sol por medio de radiación. Esta energía es la que se encuentra almacenada en los combustibles fósiles.
- Las fuerzas gravitacionales y translacionales del planeta, que generan vientos, lluvias, corrientes marinas, mareas, caídas de agua, etc..
- El calor subterráneo de la tierra.
- Las fuerzas nucleares localizadas en los núcleos atómicos.

Los recursos energéticos están constituidos por reservas naturales que tienen su origen en algunas de las causas señaladas. La energía almacenada puede encontrarse en forma de yacimientos de combustibles fósiles, de materiales nucleares, de acumulación de agua, de calor telúrico o en otros estados naturales como la insolación, zonas de mucho viento, grandes mareas, etc.



Estas son conocidas también como fuentes de energía primaria, las cuales en forma directa muy pocas pueden ser utilizadas, como el caso de la energía hidráulica, por lo que la gran mayoría de ellas necesitan ser transformadas a otros tipos de energía más manejables conocidas como energía secundaria. Como ejemplo de energía secundaria tenemos a la energía eléctrica, la gasolina, el gas licuado, etc..

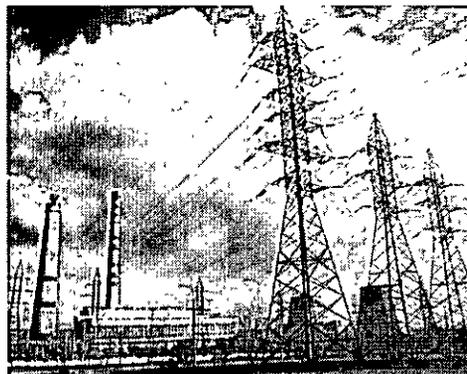
La energía primaria fue prácticamente la que utilizó el ser humano hasta la llegada de la Revolución Industrial, a partir de esa fecha su mayor consumo es el de energía secundaria, creciendo fuertemente durante la segunda mitad de este siglo la utilización de la energía eléctrica en todos los sectores. Ésta es la preferida lo mismo en el sector doméstico que en el comercial y el industrial. Siendo hasta ahora en menor grado en el sector del transporte, aunque se prevé que su utilización masiva no tarda mucho en llegar.



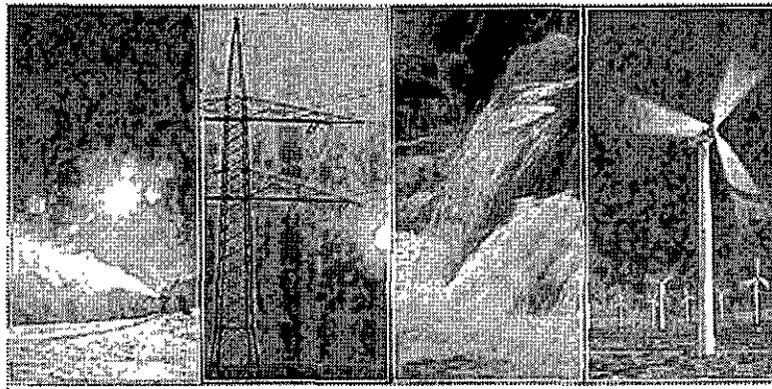
En la actualidad la principal fuente de energía primaria es la de los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas natural, los cuales suministran más del 95% de la energía primaria que se consume en el mundo y a pesar de ser fuentes no renovables, no se tiene una fuente que pueda sustituirlo masivamente, por lo menos en el mediano plazo. Dentro de estos el más abundante en la naturaleza es el carbón, el cual se prevé que se termine después de los hidrocarburos.

## TRANSFORMACIONES DE LA ENERGÍA

Un hecho que cabe destacar es que el proceso de conversión de energía primaria en energía secundaria, es el principal proceso consumidor de energía. Las eficiencias de transformación varían desde el 30%, en las plantas grandes de generación eléctrica, hasta más del 85% en las torres de destilación para la obtención de los combustibles de uso común.



El área de la física que estudia la energía y sus transformaciones es la termodinámica, en la cual a través de sus leyes universales marca los límites de su utilización en forma de trabajo útil para el ser humano. Por medio de la Primera Ley se establece que la energía no se crea ni se destruye si no solamente se transforma. Mientras que la Segunda Ley establece que no todo el calor se puede transformar en trabajo útil, aún por medio de un proceso ideal, por lo que necesariamente se tiene que desechar parte de energía al medio ambiente. De aquí observamos que cualquier forma de utilización de la energía necesariamente implica una afectación al medio ambiente, ya que la mayoría de los procesos actuales que llevan a la energía desde su estado primario hasta la obtención del trabajo final útil, involucra el paso por la energía en forma de calor, a excepción de la energía hidráulica, la solar en su forma de fotoconversión y la eólica.



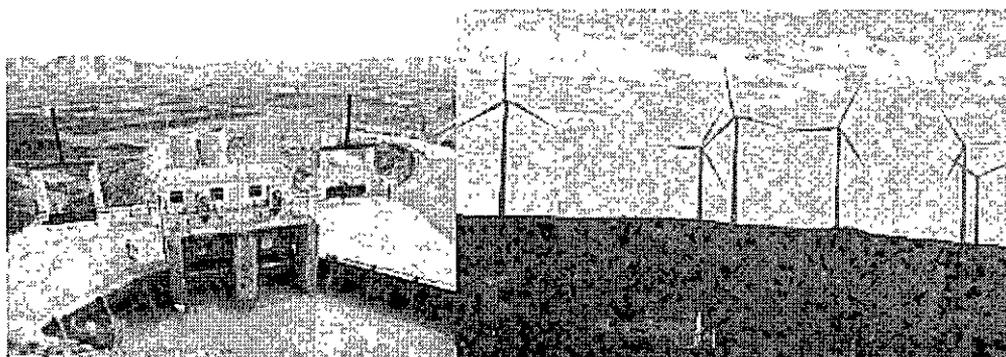
En el esquema se presenta en forma esquemática las principales conversiones energéticas, que se llevan a cabo a partir de las fuentes naturales de energía a las formas de energía utilizables. Cada transformación implica una eficiencia y su consecuente pérdida de capacidad de producir trabajo útil, esta pérdida se incrementa conforme los procesos de conversión impliquen mas irreversibilidades en su realización. En la conversión de combustibles fósiles en electricidad se tiene una eficiencia aproximada entre un 30% a un 35%, mientras que la conversión de la electricidad en trabajo útil en promedio esta dentro de un 80% a un 90%, aunque actualmente se tienen motores de alta eficiencia con valores arriba del 93%. Por otro lado en los motores de combustión interna las eficiencias de transformación están dentro de un 25% a un 35%, en motores alternativos y en turbinas de gas se han alcanzado eficiencias hasta mas del 60%.

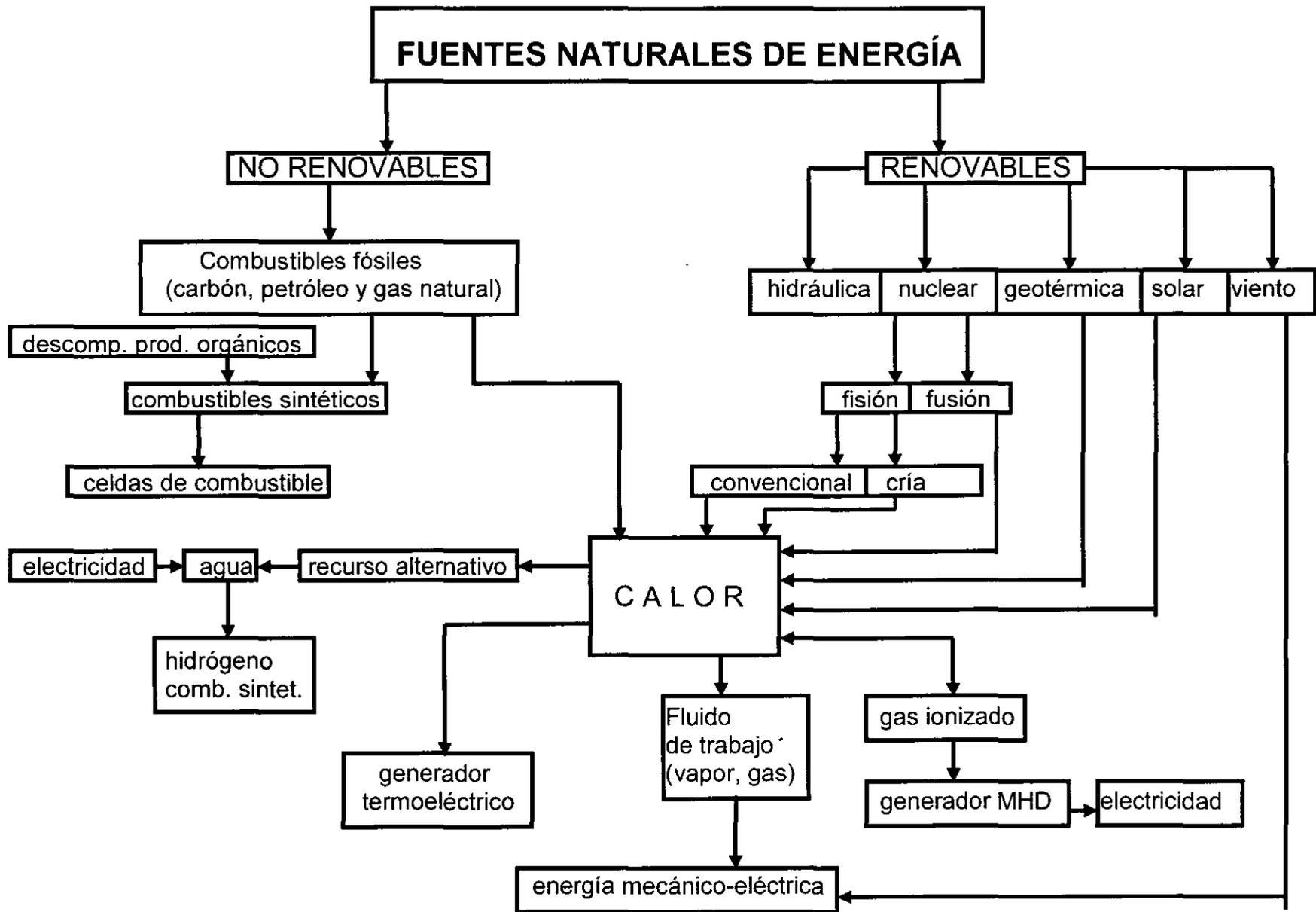
## FUENTES DE ENERGÍA

Las fuentes naturales de energía pueden ser renovables y no renovables. Entre las primeras se consideran los aprovechamientos hidráulicos, la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica y en algunos casos la energía nuclear.

- La energía hidráulica se convierte por procedimientos dinámicos sencillos en energía eléctrica, aprovechando la energía potencial o la energía cinética, para lo cual se necesitan de embalses o presas. En México aproximadamente el 27% de la generación eléctrica se hace por medios hidráulicos.
- La energía solar se ha intentado usar de dos formas diferentes, aprovechando directamente el calor, que son los procesos fototérmicos, para el calentamiento de sustancias de trabajo o secado o para la generación de vapor y su conversión a energía eléctrica. La otra forma o fotoeléctrica, es la conversión directa a energía eléctrica por medio de las celdas fotovoltaicas. Su costo sigue siendo más caro que el de las fuentes convencionales y tiene grandes requerimientos de terreno. La tecnología se ha ido mejorando en ambas áreas disminuyendo los costos, por lo que se espera que en un tiempo relativamente corto puedan llegar a ser rentables. En la república Mexicana se han utilizado sistemas fotovoltaicos para generar en comunidades pequeñas que se encuentran apartadas, dándoles soporte con máquinas de combustión interna.

La energía eólica se ha utilizado desde la edad antigua para el transporte, el movimiento de los molinos y el bombeo de agua, actualmente también se utiliza para la generación eléctrica por medio de los llamados aerogeneradores, aunque ésta tecnología tiene problemas de ser demasiado ruidosa y cara, aparte de que solo puede ser utilizada en regiones geográficas limitadas. En México ya se tiene un campo generador en la zona del Istmo de Tehuantepec, que se tiene conectado a la red general.

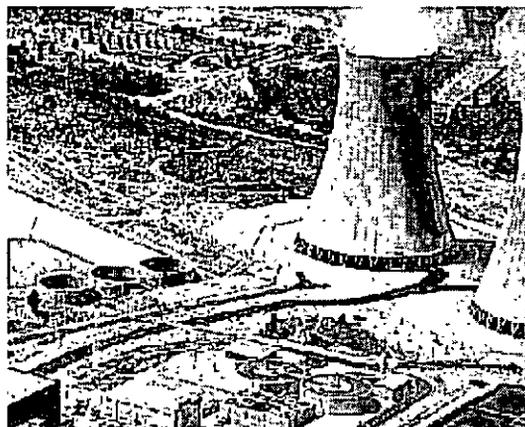




- En la energía geotérmica se aprovecha directamente el calor o el vapor que sale en algunas zonas de la tierra, para mover los grupos turbogeneradores. En la República Mexicana se tienen dos desarrollos produciendo comercialmente, uno en la región noroeste en el campo denominado Cerro Prieto, cercano a la ciudad de Mexicali en el estado de Baja California. El otro campo denominado Los Azufres se encuentra en el estado de Michoacán.



- Se considera a la energía nuclear dentro de las renovables, siempre y cuando se utilice en los conceptos avanzados de reactores de fisión, como los rápidos de cría o se le considere dentro de la fusión nuclear. Estos dos conceptos aún están a nivel experimental, aunque se tienen rápidos de cría generando actualmente pero los reactores de fusión se encuentran a nivel de laboratorio. Sin embargo se considera que cuando estén disponibles a nivel comercial tendrán su propia problemática económica y ambiental.



- De las fuentes no renovables se tienen los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas natural, los cuales liberan su energía por el proceso exotérmico de combustión. El calor es absorbido por la sustancia de trabajo que lo convierte en trabajo mecánico y electricidad por medio de los turbogeneradores. Durante el proceso de combustión de estos combustibles se libera siempre dióxido de carbono  $CO_2$ , monóxido de

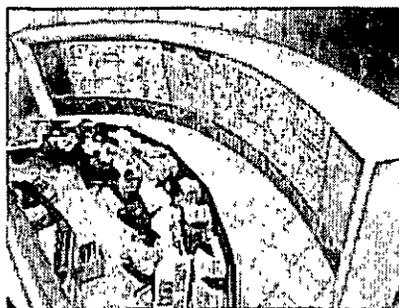
carbono CO, vapor de agua H<sub>2</sub>O, óxidos de nitrógeno No<sub>x</sub> y en la gran mayoría de las veces óxidos de azufre So<sub>x</sub>. Excepto el vapor de agua todos los demás se consideran como contaminantes o precursores de otros contaminantes como el ozono o la lluvia ácida. Actualmente, como se mencionó con anterioridad, es el energético que cubre el 95% de la demanda final de energía en el mundo, por lo que los efectos ambientales que ocasiona se han convertido en un problema a nivel mundial.



## EL SISTEMA DE ENERGÍA

El concepto de sistema es una metodología ordenada que se usa para estudiar el campo de la conservación de la energía. Cada parte del sistema juega un papel similar en todo el sistema, siendo éstas la fuente, la transmisión, el control, la carga y el indicador.

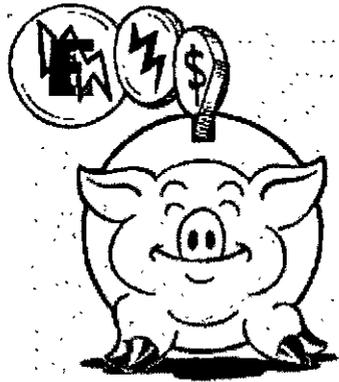
- La fuente de energía del sistema es la responsable de *producir* la energía que va a ser usada por el sistema.
- El paso de la transmisión provee el medio por el cual la energía se lleva desde la fuente hasta las diferentes partes del sistema, como son normalmente los conductores eléctricos, las tuberías, etc.
- El control puede ser total o parcial, normalmente el total es uno de dos posiciones (encendido - apagado), mientras que el parcial ajusta o varia los valores del sistema.
- La carga de un sistema básico es la responsable de los cambios de energía dentro de otras formas de energía. El trabajo ocurre en la carga.
- Los indicadores de un sistema están diseñados para mostrar las condiciones de operación, pudiendo ser indicadores de operación o de prueba.



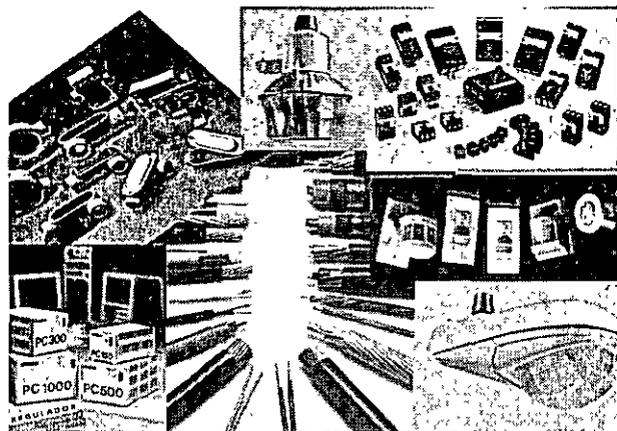
## USO RACIONAL DE LA ENERGÍA.

El ahorro de energía forma parte de una cultura de seguridad energética, de protección ecológica y de economía en el uso de los recursos productivos. Se puede definir como el conjunto de acciones prácticas y comportamientos que ejercidos en forma continua resulta en la producción, conducción y uso final de flujo mínimo indispensable para un servicio requerido. Ahorrar energía quiere decir utilizarla en la forma más racional posible dejando de consumir aquellas cantidades que no sean imprescindibles para satisfacer las necesidades requeridas.

El uso racional de la energía constituye una fuente sustancial de ahorro de energético, pero tiene una fuerte vinculación con una tecnología determinada y con un proceso particular de cambio estructural, en pocas palabras es hacer más con menos usando la inteligencia y el conocimiento.

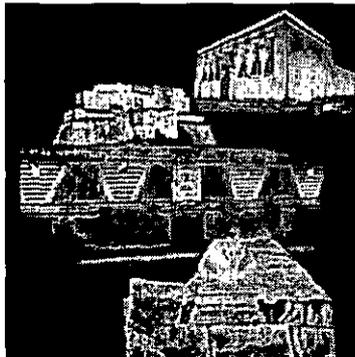


La eficiencia energética es actualmente, un componente inseparable de la productividad económica, del avance tecnológico y de la competitividad de mercados. El ahorro y el uso eficiente de la energía constituyen en sí mismos una fuente alternativa de energía. La experiencia de las últimas décadas demuestra que hasta cierto punto de equilibrio, que en cada caso debe de evaluarse, es más barato hacer un uso racional de la energía que producirla.



Se puede ahorrar energía en todas las instalaciones existentes y en las futuras, por lo que el ahorro de energía es una gran reserva disponible para todos. Al principio las acciones realizadas fueron inconexas y forzadas lo que molestó a mucha gente, pero al cabo del tiempo el campo para mejorar la productividad energética a costos competitivos ha sido aprovechado rápidamente, configurándose así un proceso continuo de innovación tecnológica y de mejora productiva.

Se inició con las respuestas de emergencia a las crisis petroleras de los años setentas, sin embargo la situación mundial evolucionó muy rápido y las oportunidades para el uso eficiente de la energía se multiplicaron y luego se integraron los procesos de cambio tecnológicos más recientes. Ni las caídas de precios de los años ochenta ni su estancamiento actual han logrado revertir los cambios tecnológicos y productivos que se mantienen. Diversos estudios concluyen que en los próximos diez años se incrementará la eficiencia energética en los países desarrollados, incluso sin cambiar las políticas existentes. La mayoría ha continuado con su transformación productiva enfocada a disminuir la intensidad energética en las ramas tecnológicamente más avanzadas de la industria, las manufacturas y los servicios. A ellos se suman las mejoras en las eficiencias de los usos finales y los requerimientos de protección ambiental.



## **RAZONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA**

Los principales beneficios que aporta un buen programa de administración de la energía, son el ahorro económico que se logra, con la consiguiente ventaja para la operación de la empresa, la conservación de los recursos naturales del país y la contribución a disminuir el impacto sobre el medio ambiente que origina el uso de cualquier forma de energía. Aparte se logran otros resultados colaterales como el alargar la vida útil de algunos equipos, al hacerlos funcionar más eficientemente y darles un mantenimiento adecuado, en algunos casos se ayuda a mejorar la

productividad total de la empresa al mejorar las condiciones operativas y se contribuye a la educación general de la población.

Existen muchos cambios, relativamente baratos, que se pueden hacer en los sistemas y procesos que operan actualmente ya que la gran mayoría de ellos se diseñaron sin considerar los aspectos de costos de energía, ya que esta no representaba un costo financiero importante ni se tenía una consideración clara de la importancia de su conservación, al ser en la mayoría de los casos actuales recursos no renovables.



## CAPÍTULO 2 DIAGNÓSTICOS DE ENERGÍA

---

### 1. INTRODUCCIÓN

La primera acción dentro de un programa de administración de energía debe de ser el llevar a cabo una auditoría energética en las instalaciones, con el cual se examinan las formas como normalmente se utiliza la energía en ellas e identificar algunas alternativas para reducir la facturación energética en la empresa. El diagnóstico establece el estado energético en que se encuentra el sistema bajo estudio y las posibilidades de mejorar su eficacia, seleccionando las alternativas más prometedoras mediante un estudio técnico y uno económico de cada una. Para poder obtener estas conclusiones es necesario partir del análisis de la situación actual por medio de mediciones directas, examen de las instalaciones, revisión de los métodos operativos y de mantenimiento, así como de los consumos y producciones históricas evaluando los rendimientos.



### OBJETIVO

El objetivo buscado es mejorar el rendimiento de las instalaciones que componen un proceso productivo o de servicios. En sí mismo el estudio no es un fin sino un medio. Las metas planteadas son:

- Identificar claramente los tipos y costos de la energía utilizada.
- Entender como y en donde se usa cada tipo de energía y detectar en donde se desperdicia.
- Identificar y analizar alternativas tales como mejorar técnicas operacionales o nuevas tecnologías que puedan reducir sustancialmente los costos de energía.

- Analizar económicamente las alternativas identificadas para determinar cuales son convenientes para la firma o industria involucrada.

Hay que hacer notar que el estudio realizado para obtener el diagnóstico energético, también llamado auditoría energética, debe de responder a una actitud permanente de la dirección de la empresa y no esporádica. No basta con realizarse una sola vez, sino que debe de repetirse periódicamente para conocer la evolución de los procesos productivos a lo largo del tiempo y para comprobar los resultados de las mejoras introducidas.



## 2.- TIPOS DE AUDITORIAS

Conforme a la información obtenida y la periodicidad con que se realiza se pueden considerar los siguientes tipos de diagnósticos o auditorías.

**AUDITORIA HISTORICA:** Constituye el primer paso para la realización de los análisis energéticos. La información se obtiene de la documentación existente en la empresa referente a las fuentes de suministro de energía durante los últimos años. Con ella se puede calcular el consumo específico o los índices energéticos y establecer sus tendencias, lo que definirá la urgencia de realizar una auditoría de diagnóstico.

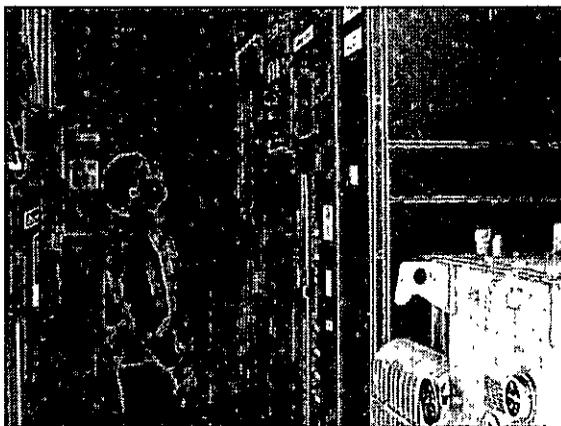
**AUDITORIA DE DIAGNOSTICO:** En ella se concluye con un análisis técnico y económico de los equipos o grupos de cada proceso aislado para definir donde y como se utiliza la energía y con qué eficacia. Como consecuencia se indican las acciones correctoras para una mejor utilización de los recursos energéticos.

**AUDITORIA PERIODICA:** Es, como su nombre lo indica, la que se establece con una cierta periodicidad una vez realizada la auditoría de diagnóstico y surge como consecuencia de ella. Tiene como fin comprobar la sensibilidad al consumo que presentan las acciones emprendidas para mejorar el uso de la energía en las instalaciones.

**AUDITORIA CONTINUA:** En ella se establece una acción continua de control para asegurar la máxima eficacia de las medidas emprendidas, Se realiza mediante un registro continuo de ciertos parámetros relacionados estrechamente con el consumo energético.

Existen tantos tipos de diagnósticos como procesos, variando en tamaño, enfoque, precisión y costos, dependiendo de las fuentes y necesidades del proceso en el cual se desarrolla el mismo. Sin embargo, es conveniente dividir cualquier diagnóstico energético en tres niveles: "A", "B" y "C".

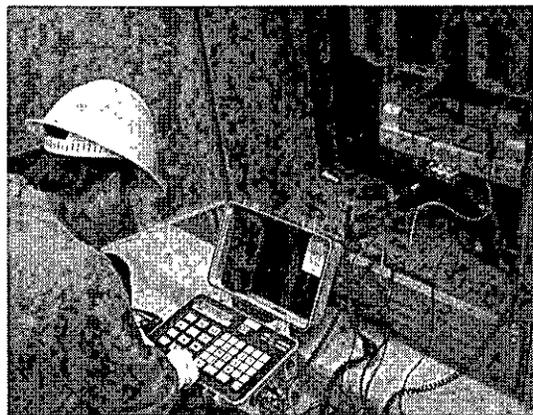
El nivel "A" provee la orientación necesaria para cumplir las funciones del departamento de conservación de energía o su equivalente. Este nivel, comúnmente referido como nivel de inspección, se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial de que se trate, reconociéndolo y revisando el diseño original, para dar una idea cualitativa de los ahorros potenciales obvios de energía que pueden lograrse por medio de procedimientos de mantenimiento y operación. Este nivel es el menos costoso de los tres y da idea de los costos de energía. A través de este nivel, se detectan potenciales importantes de ahorro, como fugas de energía, mala operación de los equipos o instrumentos, mal funcionamiento de ellos, etc.



El nivel "B" ofrece el punto de vista del consumo de energía por áreas funcionales o procesos específicos de operación. Se puede adoptar el término de "subsistema" para referirse a dichas áreas o procesos. En el nivel "A" se adoptará el término de sistemas para determinar el proceso industrial completo. Al nivel "B" se le reconoce como MACRODIAGNOSTICO y detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y de la reducción de costos, determinando de esta forma las metas específicas del departamento de conservación de energía. El costo de realización es mayor que el del nivel "A", pero menor que el del nivel "C". Este nivel proporciona una idea cuantitativa de los ahorros potenciales de energía y de las características energéticas de cada subsistema.

En la aplicación del diagnóstico a este nivel, será necesario contar con la instrumentación suficiente para obtener la información que permita aplicar la metodología.

El último de los tres niveles, el "C", proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial (entradas y salidas de energía y exergía), así como las pérdidas de energía en cada uno de los equipos, a los cuales de aquí en adelante se les referirá como módulos. Este nivel está caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrados. Se le conoce como MICRODIAGNOSTICO, siendo el más costoso de los tres niveles y el más importante pues permite analizar y detallar todas las pérdidas de energía. Provee además, suficiente información para justificar los proyectos de inversión de capital que intenten obtener un uso eficiente de la energía, o bien, recuperar energía desperdiciada. A diferencia del macrodiagnóstico, el microdiagnóstico proporciona la cuantificación clara y precisa de la energía en el sistema.



### 3.-METODOLOGÍA GENERAL DEL DIAGNÓSTICO

En este apartado se describen generalidades ya que cada diagnóstico es especial y tiene sus características propias. Las etapas características son:

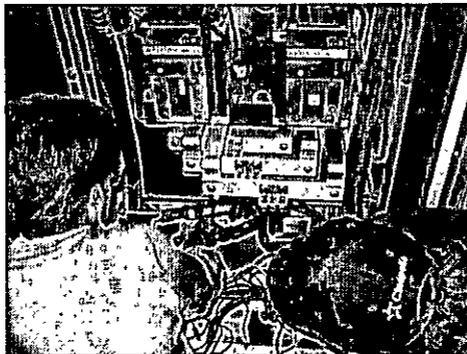
- *Obtención de datos generales de la instalación.* En esta etapa se consigna el titular de la industria, situación, descripción de las instalaciones, diagrama del proceso productivo, diagrama de empleo de energía, consumo de materias primas, régimen de actividad y producción.
- *Fuentes de suministro energético.* Se anotan las fuentes externas de energía y las producidas en la planta, separando combustibles, electricidad y otras fuentes existentes.
- *Análisis de las instalaciones.* Se estudia el proceso a través de sus operaciones básicas, así como, los servicios generales de la planta, distribuyendo funcionalmente los consumos energéticos y estableciendo un esquema general de su flujo. Este se complementa con el balance de energía del proceso.

- *Consumos específicos y costos.* Se calculan los consumos de energía por unidad de producto y la repercusión del costo de energía en el precio final, Cuando se tienen varios productos es necesario hacer una distribución ponderada de la energía, si no se cuenta con la información adecuada.
- *Resultados finales.* Aquí se diagnostica el rendimiento energético en la planta como resultado de la comparación de sus índices con plantas similares, tanto a nivel nacional como internacional.



## RECOLECCIÓN DE DATOS Y MEDICIÓN

Para analizar y después diagnosticar es preciso un buen conocimiento de los consumos de energía. A un buen análisis y diagnóstico debe de seguir una actuación y una obtención de resultados que sirva de estímulo. Por esta razón la medición se considera como una parte vital en el proceso de diagnóstico y en general dentro de los trabajos de administración de energía.



La medición de consumos energéticos, además de necesaria para los fines y objetivos que persigue la auditoría energética, es rentable y esto se refleja aún antes de analizar los resultados y poner los medios para un mejor uso de la energía. Es preciso insistir en esta rentabilidad, pues no es raro encontrar plantas en las que no se conoce con exactitud el costo energético y que ni siquiera tienen establecido como objetivo su medición o cálculo. Aunque muchas veces la instrumentación puede llegar a tener un

costo considerable, su recuperación se tiene al poder contar con una base de datos segura y confiable.

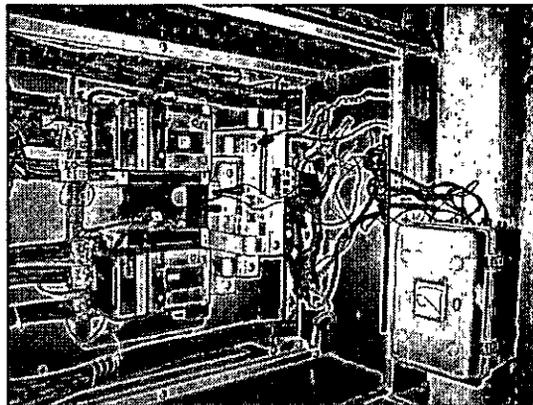
El costo asociado a una medición es proporcional a las ventajas económicas derivadas de la misma y depende del número de variables a medir, del instrumento a utilizar y del tiempo empleado en la medición. Por otra parte es conveniente fijar límites a las mediciones en función de los consumos y tipos de energía, no es necesario medir todo, si no solamente los principales parámetros que puedan dar la suficiente información para tener completamente conocido energéticamente un proceso o servicio.

Los equipos de medición utilizados deben de reunir ciertas cualidades mínimas, como son buena precisión, una sensibilidad adecuada a la magnitud de la variable a medir y en caso de variables dinámicas con una respuesta a la frecuencia capaz de responder a las variaciones de la variable.

Hay que tener siempre presente que toda medición arrastra un error, el cual es debido no solo al aparato empleado si no también del operador que lo usa. El verdadero valor  $X_v$  que tiene la variable se expresa como  $X_v = X_m \pm \Delta_x$ , en donde  $\Delta_x$  representa el error absoluto. En la mayoría de las veces se expresa con su valor relativo, evaluado conforme a la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_x}{X_v}$$

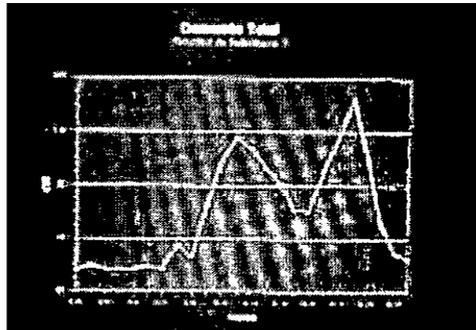
La tecnología va disminuyendo los errores causados por los aparatos, mientras que el de los operarios se puede estimar comparando sus resultados con los de otro operario. Cuando se realizan mediciones en cascada es conveniente utilizar medidores con características semejantes con la finalidad de que los parámetros medidos tengan aproximadamente la misma incertidumbre.



La medición puede ser de forma puntual o continua. Cuando la magnitud a medir no presenta variaciones frecuentes se recurre a la medición puntual, en caso contrario es necesario disponer de un registro continuo de medidas.. Si se trata de un ciclo de

trabajo, la información deberá recogerse durante el tiempo que dura el ciclo. Los registros continuos pueden hacerse en papel o por medios digitales.

Las magnitudes físicas más comunes a conocer son: temperatura, presión, humedad, viscosidad, flujos, consumos de energía térmica y eléctrica, niveles, demandas de energía, composición de gases productos de combustión, voltaje, corriente, factor de potencia y distorsión de armónicas.



## PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente se debe verificar que la información recabada es coherente; las variaciones fuertes de un parámetro deben de tener una justificación adecuada si no, es muy recomendable volver hacer una medición puntual para verificarlo y utilizar el más viable. Todos los datos deben de ponerse en unidades homogéneas para operarlas correctamente. En general el sistema de unidades utilizado debe de ser el Sistema Internacional ya que es el que por NOM debe de ser usado en la República Mexicana.

Otra forma de analizar la información es por medio de los cierres de balance de masa y energía, así como la evaluación de eficiencias, consumos específicos y rendimientos, los cuales deben de tener valores lógicos.

Los balances constituyen una herramienta simple pero muy poderosa para el análisis energético de un proceso, ya que proporciona información de las magnitudes de entrada, salida y energía transformada.

### BALANCE DE MASA

El principio de la conservación de la materia indica que esta no se puede crear ni destruir, por lo que su balance queda como

$$M_A = M_E - M_S$$

En donde  $M_A$  representa la masa almacenada por el sistema,  $M_E$  es la masa que entra y  $M_S$  es la que sale. En los casos donde no existe acumulación de materia, la ecuación es:

$$M_E - M_S = 0$$

## BALANCE DE ENERGIA

Los balances de energía dan una impresión general de las disponibilidades energéticas y del empleo que de ellas se hacen, dando una visión de conjunto de las distintas fuentes energéticas que se considera más importante que el estudio de cada una de ellas por separado.

En las distintas etapas de los procesos la energía no se emplea siempre de la misma manera, algunas veces se consume en su estado primario, pero en otras lo hace tras una transformación previa. En las diferentes transformaciones de energía ocurridas durante el proceso se producen pérdidas. Por otro lado no todo el flujo energético es susceptible de transformarse en energía útil a causa de las limitaciones de la segunda ley de la termodinámica y de las irreversibilidades del proceso mismo. Esta situación nos lleva a plantear la necesidad de llevar a cabo tres tipos distintos de balances:

a) Balance de energía primaria: Este se maneja aplicado a macrosistemas, como puede ser el caso de un país, alguna zona o alguna región. Todas los tipos de energía derivadas se expresan en energía primaria equivalente, tomándose, por ejemplo, como unidad la tep, toneladas equivalentes de petróleo.

Este tipo de balance presenta muchos inconvenientes de aplicación, pero tiene como ventaja la posibilidad de comparar consumos energéticos de distintos países, zonas o regiones. Su realización se hace con mucha aproximación y el concepto de energía primaria equivalente se utiliza exclusivamente para la energía eléctrica y el resto de las fuentes de energía se evalúan por su contenido energético real.

B) Balance de energía final: Su principal característica consiste en registrar todas las operaciones energéticas tal como sucede en la realidad, expresando a los flujos de acuerdo con su contenido real de energía, por lo que se muestran las cantidades reales de energía disponible de forma efectiva y tiene en cuenta las pérdidas que ocurren en el transcurso de las operaciones de los sistemas.

Su principal inconveniente es que no toma en cuenta la calidad de la energía, la cuál difiere de una a otra forma, por lo que por ejemplo se subestima la energía eléctrica al compararla con los diferentes combustibles fósiles.

C) Balance de energía útil: Tienen en cuenta solamente la energía susceptible de transformarse en trabajo mecánico y se basan en los realizados de energía final. En estos balances sí se considera la calidad de energía que lleva cada flujo.

En algunos casos es necesario hacer los balances mixtos como un combinación de los anteriores poniendo los abastecimientos como energía primaria equivalente y los consumos finales con su contenido energético.

Los balances de energía constituyen una herramienta muy poderosa para dar seguimiento a las acciones derivadas de un programa de Administración de Energía, ya que a partir de él se pueden calcular los índices establecidos como parámetro de control.

Las herramientas utilizadas para los balances de energía dentro de los procesos son la primera ley de la Termodinámica, aplicándola para el caso presentado en el proceso y para el caso de los balances de energía útil se tienen los balances de exergía. Dentro de los cálculos de balance no hay que olvidar la evaluación de las eficiencias de los procesos.

Los resultados de los balances de energía es conveniente presentarlos en forma tabular y en forma gráfica, con lo cual nos da una idea rápida de la distribución de la energía y la magnitud de las pérdidas que se tienen.

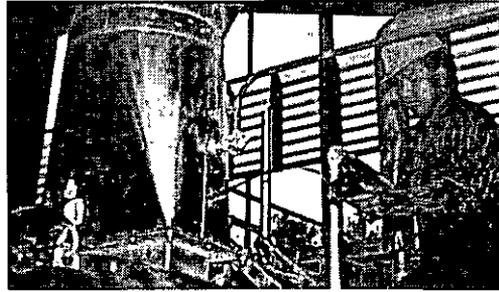
## **CONTABILIDAD ENERGÉTICA**

Se puede realizar a distintos niveles, conociendo los consumos y costos energéticos en cada caso. Se puede realizar a un nivel de equipo, a unidades de producción o a nivel de planta, todo depende del grado de agregación con que se quiere el estudio. Entre sus principales objetivos se tienen:

- ◆ La determinación de los consumos totales y específicos que permiten comparar los consumos de los equipos a los marcados de diseño y a los similares de otras plantas.
- ◆ La obtención de datos para los planteamientos de un programa de Administración de Energía.
- ◆ La obtención de estadísticas que nos permiten valorar el comportamiento dinámico de la planta.

Las características que debe de tener la contabilidad energética son:

- ◆ Rapidez para disponer de la información que permita tomar decisiones oportunas.
- ◆ Claridad para que su interpretación este al alcance de quienes requieran utilizarla.
- ◆ Ser congruente con los objetivos planteados.
- ◆ Ser rentable de manera que su costo quede pagado con los resultados que se alcancen.



El tipo de contabilidad energética a utilizar debe de estar en función de las variables que se quieren analizar. No existe ninguna regla fija que indique el método más adecuado a seguir por lo que cada empresa establecerá el sistema más adecuado a sus necesidades ya que en ocasiones interesa el total de la energía consumida, mientras que en otros es necesario relacionarla a la producción, a la calidad, a los costos, etc..

Es importante que se fijen los índices adecuados ya que son los que servirán como parámetros de control de los resultados que se vayan obteniendo y fijan los potenciales de ahorro posibles.

## IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES

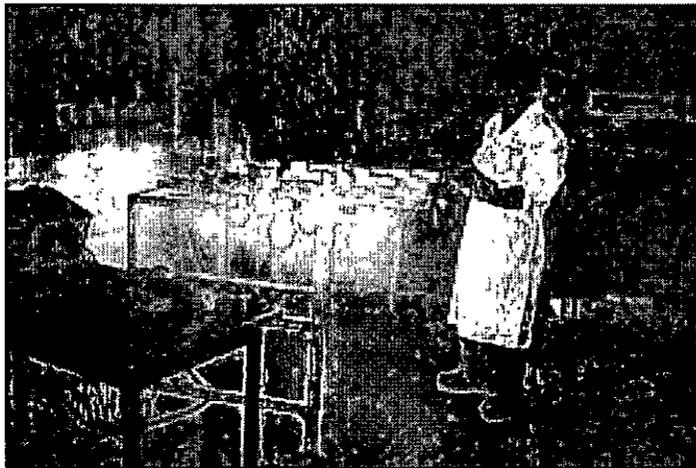
Las soluciones comienzan a identificarse desde el análisis de datos recogidos y con los que refleja la contabilidad energética. Las mediciones ponen de manifiesto los puntos donde se tiene un mal uso de la energía y detectan los equipos o sistemas que conviene examinar. Los balances revelan la deficiente utilización de la energía en los procesos y las posibilidades que existen de un mejor empleo. Por otro lado la contabilidad muestra el uso global que se hace de la energía y la conveniencia, en su caso, de emprender acciones que puedan mejorarla.



Con esta información se pueden definir las medidas que se pueden hacer sin necesidad de inversiones y las que requieren diferentes niveles de inversiones.

En términos generales en las plantas productoras la mayor parte del consumo se produce en tres grandes áreas que son los sistemas generales, los equipos y el transporte de energía.

El estudio técnico de las propuestas empieza con el examen de posibilidades, partiendo del estado en que se encuentra el sistema analizado, las tecnologías existentes que sean más eficientes y que se puedan utilizar como sustitución.



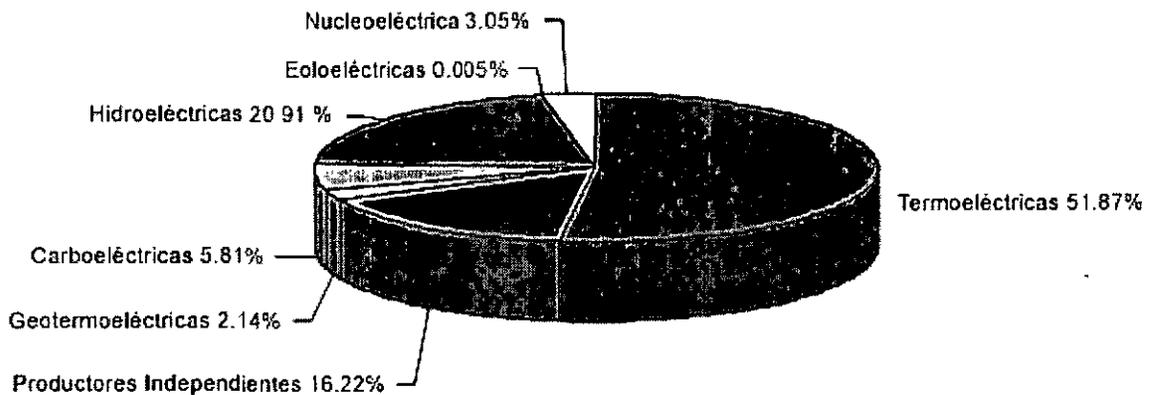
# CAPÍTULO 3

## USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA

### 1.-INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es una energía secundaria ampliamente utilizada por los diferentes sectores en dos grandes áreas, para producir trabajo útil o calor, denominado como sistemas de fuerza y para convertirla en energía luminosa, denominados sistemas de iluminación.

A mediados de 2004 en el país se tenía una capacidad instalada de 45,600 MW con la siguiente estructura:



Capacidad Instalada en México 2004		
	MW	%
CFE	37,512	74.0
LFC	834	1.7
PEMEX	1,973	3.9
PIE	7,265	14.3
AUTOABASTECIMIENTO	2,185	4.3
COGENERACIÓN	909	1.8
<b>TOTAL</b>	<b>50,679</b>	<b>100.0</b>

Nota: Con información a mayo 2004

## Capacidad instalada en Sistema Eléctrico Nacional (MW)

Año/Year	Total	Termoeléctrica	Hydro	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Geotermoeléctrica	Eólica
1980	14,625.0	8,483.0	5,992.0	-	-	150.0	-
1981	17,396.0	10,366.0	6,550.0	300.0	-	180.0	-
1982	18,390.0	11,335.0	6,550.0	300.0	-	205.0	-
1983	19,004.0	11,667.0	6,532.0	600.0	-	205.0	-
1984	19,360.0	12,023.0	6,532.0	600.0	-	205.0	-
1985	20,807.0	12,950.0	6,532.0	900.0	-	425.0	-
1986	21,266.0	13,299.0	6,532.0	900.0	-	535.0	-
1987	23,145.0	13,749.0	7,546.0	1,200.0	-	650.0	-
1988	23,554.0	13,955.0	7,749.0	1,200.0	-	650.0	-
1989	24,439.0	14,779.0	7,760.0	1,200.0	-	700.0	-
1990	25,293.0	14,914.0	7,804.0	1,200.0	675.0	700.0	-
1991	26,797.0	16,271.0	7,931.0	1,200.0	675.0	720.0	-
1992	27,068.0	16,532.0	7,931.0	1,200.0	675.0	730.0	-
1993	29,204.3	17,718.3	8,171.0	1,900.0	675.0	740.0	-
1994	31,648.8	19,198.3	9,121.0	1,900.0	675.0	752.9	1.6
1995	33,037.3	19,394.8	9,329.0	2,250.0	1,309.1	752.9	1.6
1996	34,791.0	20,101.1	10,034.4	2,600.0	1,309.1	743.9	1.6
1997	34,814.7	20,120.5	10,034.4	2,600.0	1,309.1	749.9	1.6
1998	35,255.6	20,894.6	9,700.4	2,600.0	1,309.1	749.9	1.6
1999	35,666.3	21,327.4	9,618.8	2,600.0	1,368.0	749.9	2.2
2000	36,696.3	22,255.1	9,619.2	2,600.0	1,364.9	854.9	2.2
2001	38,518.5	24,094.3	9,619.2	2,600.0	1,364.9	837.9	2.2
2002	41,184.2	26,759.1	9,615.1	2,600.0	1,364.9	842.9	2.2
2003	44,561.0	30,019.8	9,615.1	2,600.0	1,364.9	959.0	2.2
2004	45,600.0	31,073.8	9,600.1	2,600.0	1,364.9	959.0	2.2

Fuente: SENER

Al cierre del mes de junio del año 2004 la CFE, incluyendo los productores independientes de energía, cuenta con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 44,787.71 megawatts (MW), de los cuales 7,264.90 MW son de los productores independientes, 9,363.82 MW son de hidroeléctricas, 23,232.44\*\* MW corresponden a las termoeléctricas que consumen hidrocarburos; 2,600.00 MW a carboeléctricas; 959.50 MW a geotermoeléctricas; 1,364.88 MW a la nucleoeléctrica y 2.18 MW a la eoloeléctrica.

La generación facturada en el año de 2003 fue de 160,385 GWh teniéndose una generación bruta de 202,452 GWh.

Los principales sectores consumidores de energía eléctrica son el sector industrial y el sector residencial y comercial.

---

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

La importancia que se tiene actualmente para buscar un uso racional de la energía eléctrica es desde el punto de vista de la empresa generadora, que puede diferir sus inversiones para aumentar la capacidad instalada y desde el punto de vista del usuario que puede disminuir el costo de la facturación energética. Actualmente también es muy importante tener en cuenta que una disminución en el uso de la energía eléctrica repercute en una disminución de los contaminantes emitidos a la atmósfera en su proceso de generación.

Los sistemas eléctricos, como cualquier otro sistema normalmente son mejorables en su eficiencia, teniendo en cuenta que existen límites prácticos y económicos en dichas mejoras.

El propósito fundamental de un sistema eléctrico es llevar la energía desde la fuente hasta el usuario final, para satisfacer sus requerimientos de carga. El factor más importante es la carga, el cual es un parámetro independiente del diseño del sistema. El conocimiento de las características de su comportamiento nos permite dimensionar adecuadamente el sistema, llevar a cabo acciones tendientes a controlar racionalmente el uso de la energía y así obtener ahorros económicos significativos.

## **2.- PRINCIPALES PARAMETROS ELECTRICOS**

### **2.1 POTENCIA ACTIVA, APARENTE Y REACTIVA. FACTOR DE POTENCIA.**

Se conoce como carga eléctrica a la potencia demandada por un dispositivo o aparato, o al conjunto de ellos, conectados a un sistema. Desde el punto de vista del suministro eléctrico existen dos tipos de cargas:

*.Cargas resistivas.-* como son los calentadores u hornos de resistencias y las lámparas incandescentes. Este tipo de cargas solo consumen corriente activa y cuando son alimentados por corriente alterna, la corriente se encuentra en fase con el voltaje.

*.Cargas reactivas.-* como son los motores, transformadores, máquinas soldadoras y lámparas de descarga. Estas consumen corriente activa y reactiva y en ellos la corriente esta desfasada del voltaje.

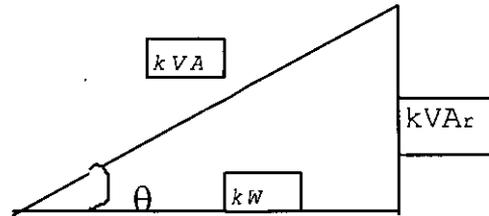
El producto de la corriente total por el voltaje de suministro, en los sistemas de corriente alterna, constituye lo que se conoce como la potencia aparente medida en kVA.

Como las cargas reactivas son los equipos inductivos que poseen bobinas, a través de las cuales circulan dos componentes distintos de potencia eléctrica.

- La que realiza el trabajo útil conocida como potencia útil, medida en kW y registrada por los watmetros, en la cual la corriente se encuentra en fase con el voltaje y que es aproximadamente proporcional a la cantidad de combustible utilizado en la central de generación eléctrica.

- La que representa a la corriente necesaria para generar el campo magnético necesario para el funcionamiento del dispositivo, esta se mide en kVAr (kilo voltamper reactivos). Esta componente no efectúa trabajo útil, pero ocasiona calentamiento en los generadores, transformadores y líneas de transmisión por lo que constituye una pérdida de energía. Esta se conoce como corriente de vacío y esta retrasada con respecto al voltaje de suministro.

La potencia activa y reactiva están desfasadas  $90^0$  y la potencia aparente es la suma vectorial de ambas, quedando el triángulo de potencias como se muestra en la siguiente figura:



Por lo que para las cargas reactivas la potencia aparente es siempre mayor que la potencia realmente suministrada.

El coeficiente entre la potencia activa y la aparente se le conoce como *factor de potencia*, el cual indica el grado de aprovechamiento de las instalaciones eléctricas.

$$fp = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

La relación entre potencias es

$$kVA = \sqrt{kW^2 + kVAr^2}$$

Para sistemas trifásicos la potencia activa es

$$\text{Potencia activa} = \sqrt{3}VI \cos \theta$$

y para un sistema monofásico es

$$\text{Potencia activa} = VI \cos \theta$$

De la figura se puede ver que cuanto mayor sea la potencia reactiva será mayor el ángulo  $\theta$  y por consiguiente mas bajo el factor de potencia lo que implica el riesgo de tener pérdidas excesivas y sobrecargas en los equipos y en los conductores. Por esta razón las compañías suministradoras penalizan los bajos factores de potencia. Para ilustrar esto veamos el siguiente ejemplo

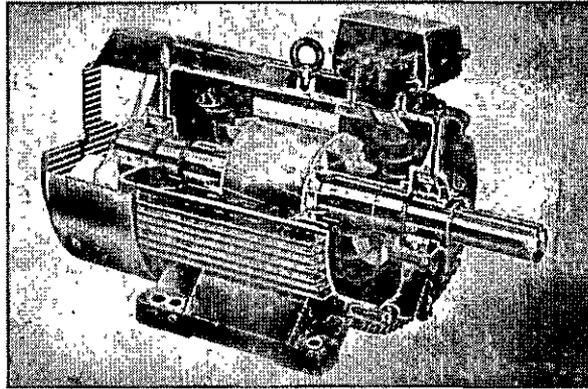
Supongamos que se demandan para un motor 180 kW con un factor de potencia de 0.65

$$P_{aparente} = \frac{P_{activa}}{\cos\theta} = \frac{180}{0.65} = 277 \text{ kVA}$$

La empresa suministradora para que su cliente pueda disponer de los 180 kW debe producir 277 kVA, los equipos y las líneas deberán estar provistos para conducir esta potencia aparente. Si el factor de potencia fuera 0.9 la empresa debe de producir y transportar solamente 200 kVA.

Las pérdidas de transmisión son debidas a que al tener un bajo factor de potencia implica una mayor corriente para una potencia activa dada; al tenerse mayor corriente se incrementan las pérdidas por efecto Joule que son  $I^2R$ .

La corriente magnetizante ocupa parte de la sección del conductor que podría ser aprovechada para el paso de corriente útil. Esto es igualmente válido para las líneas de suministro de la compañía eléctrica como para cada usuario en su establecimiento.



Los equipos eléctricos se construyen para determinados valores de voltaje y corriente, de aquí que se da como característica su potencia aparente, ya que su potencia real que se puede obtener de ellos depende del factor de potencia de la carga que se les conecte.

Para corregir el factor de potencia el procedimiento mas económico para la mayoría de las instalaciones es mediante la utilización de baterías de capacitores. Las principales ventajas de estos sistemas están en la ausencia de partes móviles, fidelidad de funcionamiento, baja necesidad de mantenimiento y facilidad de la instalación; como inconveniente tienen que son muy sensibles a los incrementos de voltaje y de temperatura.

Cualquier carga reactiva atrasa  $90^\circ$  la corriente con respecto al voltaje, mientras que el capacitor la adelanta en un ángulo igual por lo que unas tenderán a anular a las otras dando como resultado una disminución del ángulo de defasamiento lo que implica un aumento en el factor de potencia de la instalación.

---

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

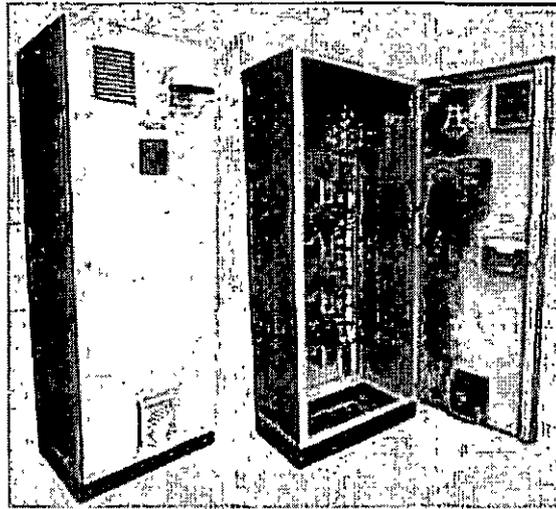
Ing. Tanya Moreno Coronado

ACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

El interés de corregir el factor de potencia es debido básicamente en que se obtienen los siguientes beneficios:

- Se evitan penalizaciones.
- Aumenta la capacidad de carga de las líneas.
- Se obtiene mayor estabilidad de voltaje.
- Se disminuyen las pérdidas de potencia en la instalación.

Los capacitores se conectan en paralelo a las cargas que se requieren mejorar, pudiéndose hacer en sistemas centralizados, que es el mas utilizado, o localizado. Este último es ventajoso en el caso de cargas importantes de funcionamiento frecuente, mientras que un sistema centralizado es mas económicamente conveniente cuando existen varios elementos menores en la instalación con cargas fluctuantes y diversas.



Aunque la carga capacitiva en el circuito puede ser conectada manualmente se prefiere utilizar un sistema automático con la finalidad de que entren y salgan según varíen las condiciones de la carga. La energía absorbida por la red nunca debe de ser capacitiva. Las baterías deben instalarse en lugares bien ventilados y de forma que se permita la circulación libre del aire.

Para determinar la magnitud de la carga capacitiva requerida se debe de conocer el factor de potencia actual y el que se requiere. Actualmente el factor de potencia mínimo que se permite en las instalaciones eléctricas en la República Mexicana es de 0.9, penalizando a las instalaciones que no lo alcanzan y dando una bonificación para las que la rebasan. La forma de evaluar las penalizaciones y bonificaciones se encuentran en las "Disposiciones Complementarias" de las tarifas eléctricas de CFE.

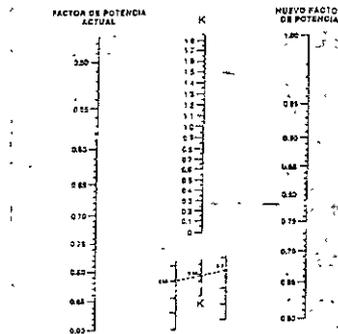
La potencia del banco de capacitores que es necesario instalar para pasar a un nuevo factor de potencia viene dado por la expresión

$$kVAc = kW(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = kW(K)$$

en donde

$$K = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$$

Para facilitar el cálculo se determina el factor K mediante el uso del nomograma presentado en la siguiente figura el cual es de uso directo uniendo con una recta el factor actual con el deseado. También es posible utilizar la tabla mostrada en la tabla 1.



Si no se cuentan con elementos de medición para determinar el factor de potencia actual se puede determinar conforme la siguiente ecuación

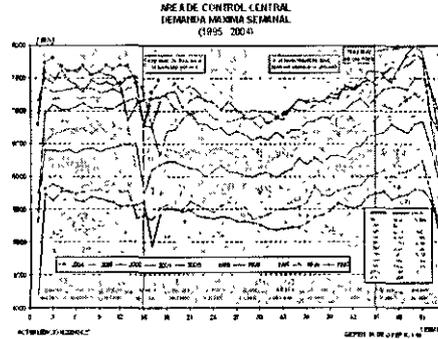
$$\cos \theta = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}}$$

## 2.2 Demanda máxima

La demanda máxima de un sistema o de una instalación es la mayor de todas las potencias demandadas que han ocurrido durante un período especificado de tiempo. En un sistema eléctrico se pueden tener

variaciones súbitas de la demanda, razón por la cual se acostumbra establecer un período mínimo en el que se debe mantener este valor de potencia para que se considere como máximo.

Dado que la demanda máxima presenta el caso mas crítico, este valor es con el que normalmente se llevan a cabo los cálculos de regulación y de capacidad de conducción.



### 2.3 Factor de demanda y de utilización.

El factor de demanda para un intervalo dado para un sistema o una carga esta definido como la relación existente entre la demanda máxima y la capacidad instalada.

$$Fd = \frac{Demandamaxima}{Capacidadinstalada} \leq 1$$

La capacidad instalada es la suma de las potencias nominales de los equipos que componen la carga. En la tabla 2 se muestran los factores reales de diferentes servicios mas comunes que se utilizan para el diseño de sistemas eléctricos.

El factor de utilización es la relación que existe entre la demanda máxima de un sistema y la capacidad nominal de ese sistema. Dado que la capacidad nominal de una carga y la del sistema pueden ser diferentes es factible que el factor de demanda y el de utilización sean diferentes.

								FACT	OR D	E PO	TENCI	A DES	EADO									
	0.800	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1	
	0.40	1.541	1.567	1.593	1.619	1.645	1.672	1.698	1.725	1.752	1.779	1.807	1.836	1.865	1.896	1.928	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2
	0.41	1.475	1.501	1.527	1.553	1.579	1.605	1.631	1.658	1.685	1.712	1.740	1.769	1.799	1.829	1.862	1.896	1.933	1.974	2.022	2.082	2
	0.42	1.411	1.437	1.463	1.489	1.515	1.541	1.567	1.594	1.621	1.648	1.676	1.705	1.735	1.766	1.798	1.832	1.869	1.910	1.958	2.018	2
	0.43	1.350	1.376	1.402	1.428	1.454	1.480	1.506	1.533	1.560	1.587	1.615	1.644	1.674	1.704	1.737	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2
	0.44	1.291	1.317	1.343	1.369	1.395	1.421	1.448	1.474	1.501	1.529	1.557	1.585	1.615	1.646	1.678	1.712	1.749	1.790	1.838	1.898	2
	0.45	1.235	1.261	1.287	1.313	1.339	1.365	1.391	1.418	1.445	1.472	1.500	1.529	1.559	1.589	1.622	1.656	1.693	1.734	1.781	1.842	1
F	0.46	1.180	1.206	1.232	1.258	1.284	1.311	1.337	1.364	1.391	1.418	1.446	1.475	1.504	1.535	1.567	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1
A	0.47	1.128	1.154	1.180	1.206	1.232	1.258	1.285	1.311	1.338	1.366	1.394	1.422	1.452	1.483	1.515	1.549	1.586	1.627	1.675	1.736	1
C	0.48	1.078	1.104	1.130	1.156	1.182	1.208	1.234	1.261	1.288	1.315	1.343	1.372	1.402	1.432	1.465	1.499	1.536	1.577	1.625	1.685	1
T	0.49	1.029	1.055	1.081	1.107	1.133	1.159	1.186	1.212	1.239	1.267	1.295	1.323	1.353	1.384	1.416	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1
O	0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.590	1
R	0.51	0.937	0.963	0.989	1.015	1.041	1.067	1.093	1.120	1.147	1.174	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1
	0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.049	1.076	1.103	1.130	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1
D	0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.458	1
E	0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.965	0.992	1.019	1.046	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1
	0.55	0.768	0.794	0.820	0.846	0.873	0.899	0.925	0.952	0.979	1.006	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1
P	0.56	0.729	0.755	0.781	0.807	0.834	0.860	0.886	0.913	0.940	0.967	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229	1.276	1.337	1
O	0.57	0.691	0.717	0.743	0.769	0.796	0.822	0.848	0.875	0.902	0.929	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191	1.238	1.299	1
T	0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.811	0.838	0.865	0.892	0.920	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1
E	0.59	0.618	0.644	0.670	0.696	0.723	0.749	0.775	0.802	0.829	0.856	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118	1.165	1.226	1
N	0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.714	0.740	0.767	0.794	0.821	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1
C	0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1
I	0.62	0.515	0.541	0.567	0.593	0.620	0.646	0.672	0.699	0.726	0.753	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1
A	0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.639	0.666	0.693	0.720	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

	0.64	0.451	0.477	0.503	0.529	0.555	0.581	0.607	0.634	0.661	0.688	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1
A	0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1
C	0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.519	0.545	0.572	0.599	0.626	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1
T	0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1
U	0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.459	0.485	0.512	0.539	0.566	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1
A	0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1
L	0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1
	0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.398	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0
	0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.370	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0
	0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.370	0.396	0.424	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0
	0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0
	0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0
	0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0
	0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.289	0.316	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0
	0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.263	0.290	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0
	0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0
	0.80	-0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0
	0.81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0
	0.82			-0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0
	0.83				-0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0
	0.84					-0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0
	0.85						-0.000	0.026	0.053	0.080	0.107	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0
	0.86							-0.000	0.027	0.054	0.081	0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0
	0.87								-0.000	0.027	0.054	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0
	0.88									-0.000	0.027	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0
	0.89										-0.000	0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

0.90	-0.000	0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0
0.91		-0.000	0.030	0.060	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0
0.92			-0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.284	0
0.93				-0.000	0.032	0.067	0.104	0.145	0.192	0.253	0
0.94					-0.000	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0
0.95						-0.000	0.037	0.078	0.126	0.186	0
0.96							-0.000	0.041	0.089	0.149	0
0.97								-0.000	0.048	0.108	0
0.98									-0.000	0.061	0
0.99										-0.000	0

**TABLA 2**

CARGAS SERVICIOS HABITACIONALES	
• Asilos y casas de salud	45%
• Asociaciones civiles	40%
• Casas de huéspedes	45%
• Servicios de edificio residencial	40%
• Estacionamientos o pensiones	40%
• Hospitales y casas de cuna	40%
• Iglesias y templos	45%
• Servicio residencial s/aire acondicionado	40%
• Servicio residencial c/aire acondicionado	55%
CARGAS COMERCIALES	
• Tiendas y abarrotes	65%
• Agencia de publicidad	40%
• Alfombras y tapetes	65%
• Almacenes de ropa y bonetería	65%
• Artículos fotográficos	55%
• Bancos	50%
• Baños públicos	50%
• Boticas, farmacias y droguerías	50%
• Cafeterías	55%
• Camiserías	65%
• Centros comerciales, tiendas de descuento	65%
• Colegios	40%
• Dependencias de gobierno	50%
• Embajadas, consulados	40%
• Gasolineras	45%
• Imprentas	50%
• Jugueterías	55%
• Papelerías	50%
• Mercados y bodegas	50%
• Molinos de nixtamal	70%
• Panaderías	40%
• Peluquerías, salas de belleza	40%
• Restaurantes	60%
• Teatros de cines	50%
• Zapaterías	60%
EQUIPOS DE FUERZA	
• Hornos de arco e inducción	100%
• Soldadoras de arco y resistencia	60%

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Tanya Moreno Coronado

ESCUELA DE INGENIERÍA- UNAM

• Motores para: bombas compresoras, elevadores, máquinas, herramientas, ventiladores.	60%
• Motores para: operaciones semicontinuas en fábricas y plantas de proceso	70%
• Motores para: operaciones continuas tales como fábricas textiles	80%

## 2.4 Factor de carga y de pérdidas.

$$fc = \frac{D_{med}}{D_{max}} \leq 1$$

El factor de carga se define como la relación que existe entre la demanda promedio y la máxima para un intervalo dado. Básicamente indica el grado con que se mantiene la demanda máxima.

Para un intervalo dado de x horas, se tiene un consumo de y kWh, por lo que la demanda media será

$$D_{med} = \frac{y}{x}$$

Una carga constante tiene un factor de carga igual a uno, como puede ser el caso de una carga de alumbrado público que normalmente entra o sale toda a la vez. Un bajo factor de carga representa una carga fuerte utilizada durante poco tiempo.

El factor de pérdidas se define la relación entre las pérdidas tenidas durante la demanda promedio a las que se tienen durante la demanda máxima para un intervalo y considerando la misma impedancia del sistema.

$$f_{per} = \frac{I_{med}^2}{I_{max}^2}$$

En donde el término  $I_{med}^2$  es el valor medio de la curva  $i^2(t)$  y no el cuadrado del valor medio de la curva.

## 3.- ADMINISTRACION DE LA CARGA

Se entiende por administración de la carga las acciones que se realizan para conocer, planear, evaluar y controlar la facturación eléctrica en una instalación. El principal parámetro sobre el que se trabaja es el factor de carga ya que es el que nos indica la eficiencia con la que esta trabajando el sistema.

Las ventajas que representa el tener un alto factor de carga son:

- Reducción en la facturación eléctrica al hacer posible contratar una demanda menor.
- Se puede aumentar el consumo eléctrico sin que necesariamente se tenga un mayor costo por demanda máxima.
- Aumenta la capacidad de transmisión de la red de distribución.

En la mayoría de los casos el costo de mejorar el factor de carga es relativamente bajo, por lo que se amortiza rápidamente con las disminuciones en la facturación.

Para los consumidores importantes resulta interesante la utilización de sistemas automáticos de control de carga para aumentar su factor, ya que normalmente no requiere modificar significativamente su rutina de operación. En algunos casos deberán ir adaptándose paulatinamente los sistemas de trabajo, incluso si es posible desplazar cargas de la horas diurnas a las nocturnas no solo mejora el factor de carga, si no que se tendrán beneficios por una tarifa horaria mas reducida.

Debe tenerse en cuenta que la desconexión de equipos con la finalidad de mejorar el factor de carga, puede distorsionar los programas de fabricación, por lo que deberá tenerse cuidado en la selección de los equipos a desconectar, para que los ahorros obtenidos no sean sobrepasados por una reducción en la producción. El estudio económico de cualquier proyecto de reducción de carga, debe tener en cuenta las alteraciones que puede producir en la producción, así como la disminución económica de la facturación comparada con el costo del equipo de control.

Para tomar medidas correctivas tendientes a mejorar el factor de carga es muy importante que no se pierda de vista la operación del sistema, ya que una planta que trabaja con tres turnos durante siete días de la semana necesariamente tendrá un mejor factor que una que labora un solo turno durante cinco días. El control de factor de carga pretende diferir en el tiempo una determinada carga con el fin de evitar sobrepasar un límite de demanda eléctrica.

En general mientras más se puedan trasladar cargas de los periodos en los que la demanda es alta hacia periodos de menor demanda, mayor será la ventaja. Si se determina cual es la límite de demanda práctico para el sistema, puede ser interesante programar la utilización de los equipos para no sobrepasar este límite.

Para proceder a la desconexión de cargas de una forma eficaz, es imprescindible un buen conocimiento previo de la forma de operar de la planta. Deben de establecerse las cargas susceptibles de desconexión y determinar por cuanto tiempo esta puede llevarse a cabo. De hecho cualquier sistema automático o manual, no hace mas que desconectar ciclicamente cargas de acuerdo a una programación establecida. Al considerar llevar a cabo programas de desconexión de cargas debe tenerse cuidado en no afectar a los objetivos de producción, ni a la seguridad y condiciones de trabajo de personal y maquinaria.

---

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Tanya Moreno Coronado

FAACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

Existen en el mercado nacional una gama de equipos de control que van desde elementos que actúan una alarma, sonora o lumínica, hasta controles por computadora con programación sofisticada, como es el caso de lo que se utiliza en los denominados edificios inteligentes, en los que se actúa automáticamente sobre la carga.

#### **4.-MOTORES ELÉCTRICOS**

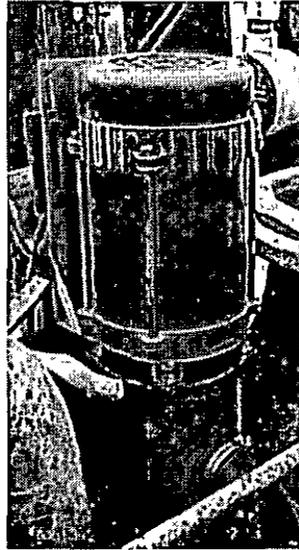
Los motores eléctricos son considerados como los principales equipos dentro de la moderna sociedad industrial, se estima que son los consumidores de las 2/3 partes de la generación eléctrica por lo que representan las cargas mas importantes a analizar en los sistemas, cuando se busca tener un uso racional de la energía.

Los motores eléctricos producen un trabajo útil por medio de hacer girar una flecha. La fuerza de rotación, comúnmente llamada "*torque*", que se aplica a la flecha se produce por la interacción de dos campos magnéticos, uno producido por la parte fija del motor, llamada estator y la otra producida por la parte que gira, llamada rotor. Así la fuerza desarrollada en el motor es la de dos imanes que se mantienen cercanos, en las cuales los polos iguales se repelen y los polos contrarios se atraen. Si uno de los imanes se monta en la flecha, las fuerzas de atracción y repulsión crean el torque o par.

Los motores eléctricos normalmente se clasifican como:

- Motores de corriente directa
- Motores de corriente alterna
  - a) Síncronos
  - b) De inducción.

Los motores de CD se usan cuando el valor de su fácil y preciso control justifica su alto costo y mantenimiento. Los motores síncronos se reservan principalmente para instalaciones grandes donde su alta eficiencia compensa sus altos costos de instalación. En contraste, los motores de inducción se utilizan donde se tienen como necesidades mas importantes la confiabilidad y el bajo costo, por lo que ha sido la selección predominante por décadas en la mayoría de las aplicaciones, siendo los responsables de más del 90% del consumo eléctrico de fuerza. Por esta razón el enfoque de este trabajo esta realizado para este tipo de motores.



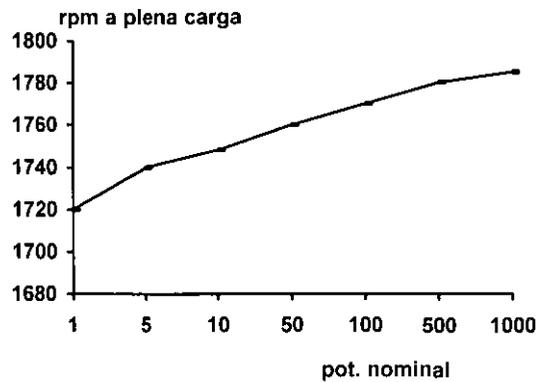
#### 4.1 Principales características de los motores

La velocidad del campo magnético rotatorio en un motor de inducción, la cual es conocida comúnmente como la velocidad de sincronía, depende de la frecuencia del voltaje suministrado y del número par de polos con que cuenta la máquina, conforme a la siguiente relación:

$$v_{sincr}(rpm) = \frac{frec. voltaje aplicado \times 60}{numero de pares de polos}$$

Así cuando a un motor de dos polos, un par, se le alimenta con voltaje a 60 Hz, tiene una velocidad de sincronía de 3,600 rpm. Si tiene cuatro polos, dos pares, entonces su velocidad síncrona es de 1,800 rpm.

Los motores de inducción se conocen también como asíncronos porque sus velocidades de operación están por debajo de la velocidad de sincronía. A la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad real a la que opera un motor, se le conoce como deslizamiento. Este se puede expresar como porcentaje de la velocidad de sincronía o en rpm. Por ejemplo para un motor de 1,800 rpm que trabaja a 1750 rpm su deslizamiento es del 2.8% o de 50 rpm. El deslizamiento de un motor a plena carga varía del 4% en motores pequeños hasta el 1% en motores grandes. En la siguiente figura se muestra la variación de la velocidad a plena carga con la capacidad del motor.



Las velocidades de los motores comerciales son de 3,600 y 1,800 rpm, principalmente, sin embargo también se encuentran valores de 1,200, 900, 720 y 300 rpm, aunque prácticamente son de fabricación bajo pedido.

El factor de servicio de un motor especifica la capacidad del motor de manejar condiciones prolongadas de sobrecarga. Cuando éste es 1.0 las condiciones de sobrecarga prolongadas puede dañar el aislamiento y hacer que el motor falle. Si el factor de servicio es de 1.15 la máquina puede trabajar con un 15% de sobrecarga sin fallar, aunque la vida del aislamiento e reduce a la mitad

#### 4.2 Factores que influyen en el consumo

El motor de inducción crea una demanda importante de corriente magnetizante, por lo que aún a plena carga su factor de potencia es bajo. A carga reducida la corriente magnetizante puede representar hasta el 90% de la corriente total de alimentación, haciendo que el factor de potencia disminuya hasta 0.1.



Mientras más pequeño es un motor su factor de potencia será menos favorable, aunque para un motor de 5 hp trabajando a plena carga será mayor que el de uno de 30 hp funcionando a 5 hp de carga.

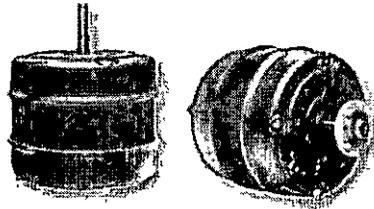
El factor de potencia de un motor de elevado número de revoluciones siempre será mejor que uno menos revolucionado. Un motor de 100 hp a 1800 rpm absorbe un 8% mas de potencia reactiva que si trabaja a 3600 rpm.

En el momento de seleccionar un nuevo motor es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un motor bien diseñado puede tener un precio de compra mas elevado, pero generalmente tendrá un mejor factor de potencia que el de motores de procedencia dudosa.
- Siempre que sea posible úsese motores de alta velocidad.
- Procurar no sobredimensionar el motor a utilizar.
- El acoplamiento individual es preferible que en grupo, así se consigue mejor que cada motor trabaje lo mas cercano posible de su máxima carga.

Los motores eléctricos son máquinas que generalmente tienen rendimientos elevados, entre 75% y 93%, el cual disminuye cuando baja la carga. Esta es una razón por lo que es importante no sobredimensionarlos excesivamente.

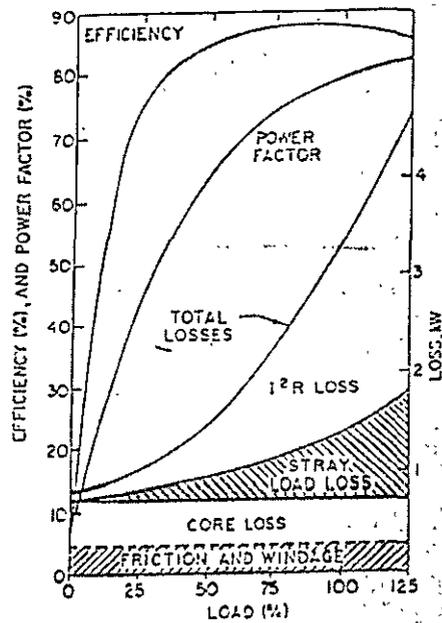
Los motores monofásicos tienen un comportamiento mas desfavorable respecto al rendimiento y al factor de potencia que los trifásicos, llegando a tener eficiencias del orden de 0.6 y factores de potencia de 0.7.



Las pérdidas totales en un motor se dividen en:

- Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y del rotor, las cuales son proporcionales al cuadrado de la corriente y aumentan con la potencia desarrollada por la máquina.
- Pérdidas en el núcleo del estator, son debidas a una combinación de las corrientes de eddy y la histéresis inducidas por la frecuencia de 60 Hz, son función del voltaje aplicado e independientes de la carga del motor.
- Pérdidas por rozamiento en los rodamientos de la máquina, por la resistencia del aire y el ventilador de enfriamiento, estas aumentan con la velocidad de giro de la máquina pero son independientes de la carga.

En la siguiente figura se muestra la distribución de las pérdidas, la eficiencia y el factor de potencia en un motor trifásico de 1800 rpm, como función de la carga.

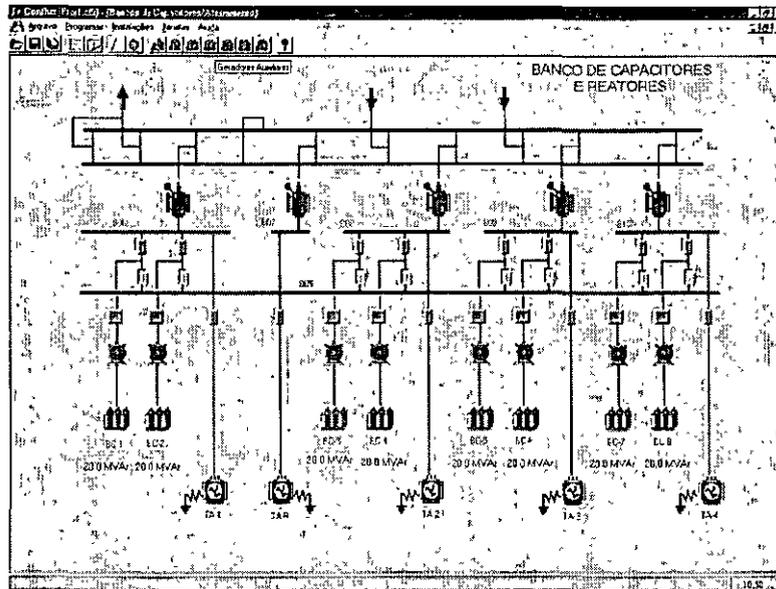


#### 4.3 Corrección del factor de potencia en motores.

El hecho de disponer de una batería centralizada de capacitores, no evita que los efectos de un bajo factor de potencia se manifiesten en el tramo de la línea que va al motor. Si se sitúan los capacitores junto al motor, se descarga el conductor desde ese punto hacia atrás, reduciéndose las pérdidas en la línea interior.

Cuando se tiene corrección localizada del factor de potencia se puede hacer que el arrancador conecte al mismo tiempo los capacitores, teniendo las precauciones necesarias para evitar autoexcitaciones del motor causadas por la carga del capacitor, cuando se desconecte el voltaje de alimentación. Si se selecciona adecuadamente el valor de capacitancia el factor de potencia aparte de mejorar se mantiene con muy poca variación para cambios de carga entre el 25% y el 100%. La corrección individual es mas conveniente para motores grandes con funcionamiento frecuente.

Actualmente se han desarrollado controles electrónicos de factor de potencia de los motores, los cuales básicamente trabajan sensando el régimen de carga del motor para que cuando baje de un valor predeterminado disminuya el voltaje de alimentación, aumentando con esto el factor de potencia. Su principal ventaja es que provocan un real ahorro de consumo del motor trabajando a baja carga, ya que en esta situación no requiere de toda la corriente magnetizante, por lo que al bajar el voltaje dicha corriente también disminuirá.



### 4.3 Regulación de velocidad

La regulación de velocidad en los motores asíncronos presenta un campo amplio de aplicaciones para el ahorro de energía eléctrica, tanto en la demanda del motor como en las ventajas que se reportan en el proceso mismo.

En los motores de inducción asíncronos tienen limitaciones para variar su velocidad. Los métodos mas comunes son:

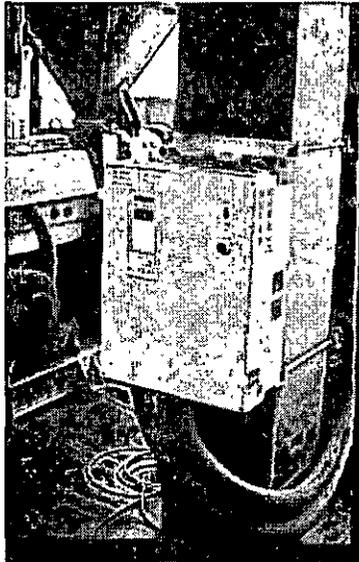
- Variando el número de polos; ya que la velocidad es función del número de polos al variar estos se altera la velocidad. Este procedimiento no permite tener una gama amplia de velocidades, estando restringido, normalmente, a dos velocidades la nominal y la mitad de esta.
- Intercalando resistencias; estas se utilizan para reducir la corriente en el arranque, como un sistema de arranque a tensión reducida, si se dejan conectadas se puede ir variando escalonadamente la velocidad conforme se vayan desconectando. Como la potencia absorbida no varía con este procedimiento se regula la velocidad pero el consumo no se reduce.
- Variando el voltaje de alimentación; Como el par interno del motor es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado, al reducirse este se disminuye la velocidad. Con las técnicas modernas de control

---

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

Electrónico se han podido obtener algunos buenos diseños para motores chicos. Este tipo de control resulta mas adecuado en los casos en que la carga varía proporcionalmente a su velocidad, como es el caso de bombas y ventiladores.

- Variando la frecuencia de alimentación; Como la velocidad de sincronismo es directamente proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación del estator, al variar esta se puede directamente variar la velocidad. Actualmente existen en el mercado varedores de frecuencia confiables pero son de costo elevado. Se recomienda este control cuando se requiere mantener el par independientemente de la velocidad.



Para poder hacer un análisis adecuado para el ahorro de energía es conveniente conocer el equipo que es accionado por el motor y efectuar el estudio integral del sistema.

## ANEXO

### INDUSTRIA ELÉCTRICA MEXICANA

La provisión del Servicio de Energía Eléctrica en gran escala consta principalmente de las siguientes actividades: Generación, Despacho, Transmisión, Distribución y Comercialización. Estas actividades, por disposición de ley son competencia exclusiva de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de Luz y Fuerza del Centro (LFC), cuando tengan por objeto la prestación del servicio público. CFE tiene a su cargo la prestación del Servicio Público de Energía Eléctrica en todo el Territorio Nacional, salvo en el Distrito Federal

---

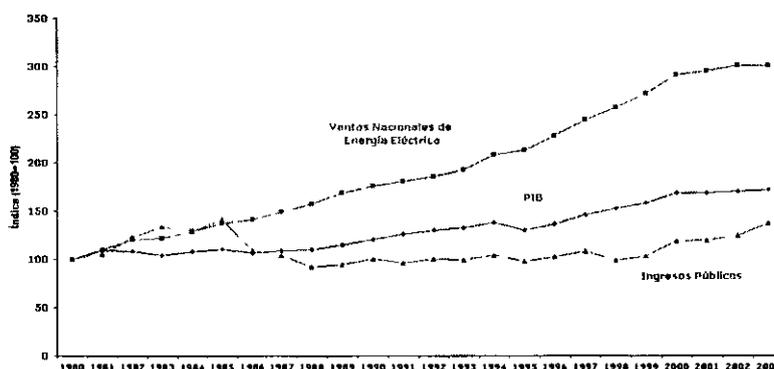
Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
Ing. Tanya Moreno Coronado  
FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo y Puebla, áreas atendidas por LFC. Actualmente entre ambos organismos públicos atienden a 25 millones de usuarios.

La capacidad actual de generación de energía eléctrica del sector en su conjunto es de 50,679 MW, de la cual, el 74.0% corresponde a CFE, 1.7% a LFC, 3.9% a PEMEX, 14.3% a PIE, 4.3% a Autoabastecimiento, y 1.8% a Cogeneración.

Hoy en día la expansión y modernización del Sector Eléctrico Nacional radica prácticamente en los ingresos públicos disponibles. A su vez, dichos ingresos públicos tienen una relación estrecha con el Producto Interno Bruto (PIB), ya que la disponibilidad de recursos públicos guarda una dependencia significativa con el desempeño económico del país.

El crecimiento de la demanda por electricidad ha crecido históricamente a un ritmo considerablemente mayor al del PIB y al de los ingresos públicos, por lo tanto la capacidad del sector público para asignar los recursos que demanda el sector eléctrico, así como su capacidad para garantizar deuda, son cada vez menores. Por ello, el esquema financiero bajo el cual se ha instrumentado el crecimiento del sector se está agotando; de no introducir nuevos esquemas y mecanismos que incluyan participación privada e inversiones que no deban ser garantizadas por el Gobierno Federal, no se tendrán los recursos necesarios para cubrir la creciente demanda ni la modernización de la infraestructura.



### Consumo Nacional de Electricidad, Ingresos Públicos y PIB 1980 - 2003

Con las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica llevadas a cabo en 1992, se reconoció la necesidad de aprovechar la coparticipación de los sectores privado y social para colaborar en el crecimiento del sector.

Sin embargo, al no contar con reglas claras en la venta de excedentes para los Autoabastecedores y Cogeneradores, dichas figuras no han propiciado las inversiones que se esperaban. La mayoría de la participación privada en las modalidades que se introdujeron con dicha reforma, en términos de inversiones, se ha dado bajo la figura de Productor Independiente de Energía (PIE). Los PIE celebran contratos de compraventa de largo plazo para vender la totalidad de su producción a CFE. Sin embargo, estos esquemas y

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

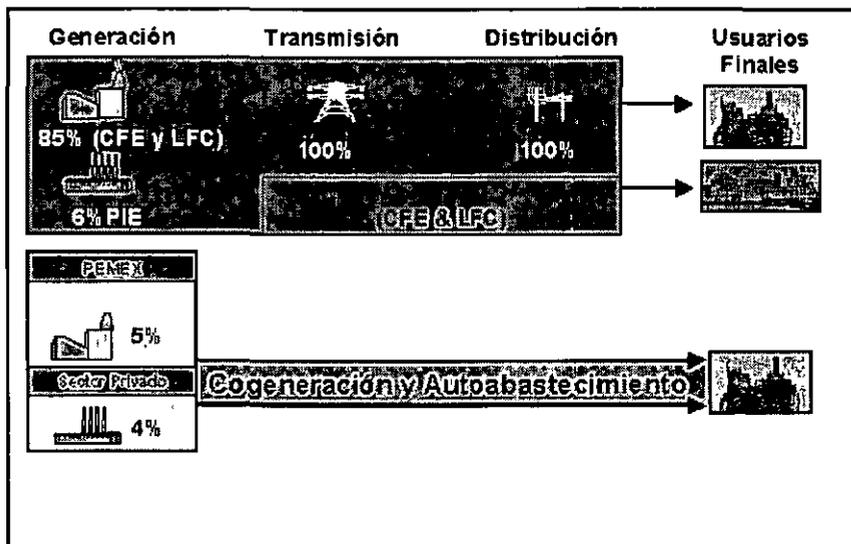
Ing. Tanya Moreno Coronado

ACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

Los contratos de construcción-arrendamiento-transferencia (CAT) han sido una solución transitoria para el financiamiento de nueva infraestructura, debido a que estos contratos constituyen pasivos contingentes para el Estado, y su efecto en las cuentas públicas es similar a la emisión de deuda pública.

No obstante se llevaron a cabo dichos cambios para la apertura de participación privada y social, CFE sigue siendo la única entidad autorizada para comprar energía eléctrica, por lo que se pasó de un esquema de Monopolio Verticalmente Integrado a un modelo de "Comprador Único", es decir, donde sólo el Estado puede adquirir Energía Eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público, sin estar sujeto a formar parte de la sociedad de las empresas dueñas de las plantas construidas para el suministro de energía.

En el periodo comprendido entre 2003 y 2012 se plantea agregar capacidad al sector del orden de 28,200 MW, así como modernizar los Sistemas de Transmisión y Distribución a fin de alcanzar Estándares Internacionales en Calidad y Eficiencia del Servicio. Estas necesidades implican inversiones del orden de 583,000 millones de pesos. Durante el mismo periodo, sólo se llevarán a cabo retiros por alrededor de 4,2004 MW, es decir, sólo se está respondiendo al crecimiento de la demanda dejando de lado la modernización de los activos del sector, cuya situación se encuentra lejos de los parámetros internacionales de calidad. En particular hoy en día el 44% de las unidades de generación cuenta con más de 30 años de vida activa, para 2012 esa proporción se acercará a 70%.



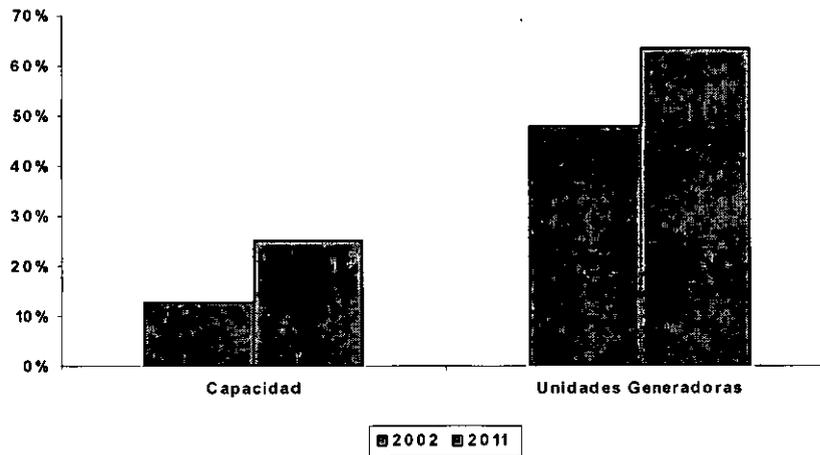
En el periodo comprendido entre 2003 y 2012 se plantea agregar capacidad al sector del orden de 28,200 MW, así como modernizar los Sistemas de Transmisión y Distribución a fin de alcanzar Estándares Internacionales en Calidad y Eficiencia del Servicio. Estas necesidades implican inversiones del orden de 583,000 millones de pesos. Durante el mismo periodo, sólo se llevarán a cabo retiros por alrededor de 4,2004 MW, es decir, sólo se está respondiendo al crecimiento de la demanda dejando de lado la modernización de los activos del sector, cuya situación se encuentra lejos de los parámetros internacionales de calidad. En

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

articular hoy en día el 44% de las unidades de generación cuenta con más de 30 años de vida activa, para 2012 esa proporción se acercará a 70%.

Las necesidades en materia de electricidad de una Economía Globalizada como la Mexicana exigen una constante expansión y modernización para mantener la competitividad de la Industria Nacional. Por lo tanto, es urgente una Reforma Estructural del Sector y de su Marco Normativo para que los Capitales de los Sectores Público, Social y Privado puedan participar en el desarrollo de la industria sin necesidad de contar con garantías gubernamentales.

### Infraestructura Eléctrica con más de 30 años



---

## POLÍTICA TARIFARIA

La fijación de las tarifas eléctricas es un importante mecanismo para la formulación de la política energética del país. Por ello, la presente administración ha venido trabajando en una estructura tarifaria que envíe señales apropiadas de eficiencia económica y al mismo tiempo promueva el uso eficiente de la energía eléctrica sin afectar a las familias de menores ingresos, que conforman los deciles de menor consumo.

El principal objetivo de la actual política tarifaria es recuperar la relación precio/costo a niveles que permitan el sano crecimiento de las empresas y generen los recursos suficientes para financiar los programas de inversión.

## ESTRUCTURA TARIFARIA

Las tarifas eléctricas de uso general se establecen con base en una estructura de 36 categorías de acuerdo a criterios tales como energía demandada, tensión, temperatura, uso, tipo y garantía de servicio.

### Servicio Doméstico

- 1 A medidor y cuota fija
- 1A Para localidades con temperatura media mínima en verano 25° C.
- 1B Para localidades con temperatura media mínima en verano 28° C.
- 1C Para localidades con temperatura media mínima en verano 30° C.
- 1D Para localidades con temperatura media mínima en verano 31° C.
- 1E Para localidades con temperatura media mínima en verano 32° C.
- 1F Para localidades con temperatura media mínima en verano 33° C.
- DAC Servicio Domestico de Alto Consumo

### Servicio Comercial

- 2 General hasta 25 kW de demanda
- 3 General para más de 25 kW de demanda

### Servicio para Alumbrado Público

- 5 Zonas conurbanas de Monterrey, Guadalajara, D.F.
- 5A Resto del país
- 6 Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
- 7 Servicio temporal

## **Servicio Agrícola**

- 9 Para bombeo de agua para riego en baja tensión
- 9M Para bombeo de agua para riego en media tensión
- 9CU Para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión
- 9N Para bombeo de agua para riego agrícola en baja o media tensión -  
Tarifa nocturna

## **Servicio Industrial**

- O-M Tarifa ordinaria para general en media tensión, con demanda menor de 100 kW
- H-M Media tensión, con demanda de 100 kW o más
- H-MC Media tensión, con demanda de 100 kW o más para corta utilización
- H-S Alta tensión, nivel subtransmisión
- H-SL Alta tensión, nivel subtransmisión para larga utilización
- H-T Alta tensión, nivel transmisión
- H-TL Alta tensión, nivel transmisión para larga utilización
- HM-R Respaldo para falla y mantenimiento en media tensión con una demanda de 500 kW o más
- HM-RF Respaldo para falla en media tensión con una demanda 500 kW o más
- HM-RM Respaldo para mantenimiento en media tensión con una demanda de 500 kW o más
- HS-R Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel subtransmisión
- HS-RF Respaldo para falla en alta tensión, nivel subtransmisión
- HS-RM Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel subtransmisión
- HT-R Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel transmisión
- HT-RF Respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión
- HT-RM Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel transmisión
- I-15 Servicio interrumpible con demanda de 10,000 kW o más
- I-30 Servicio interrumpible con demanda de 20,000 kW o más

## FACTURACIÓN

Las facturaciones eléctricas normalmente se basan en dos conceptos fundamentales

- El relativo a la demanda. (término de potencia)
  - El relativo al consumo de energía. (término de energía)
- excepto para las tarifas domésticas, de alumbrado público y bombeo.

Conforme a las características del servicio de energía eléctrica requerido, el suministrador podrá otorgarlo en baja, media o alta tensión. Las redes de distribución en baja tensión se operan con valores de suministro de 220/127 V y el servicio de acuerdo con la carga se podrá suministrar en 1, 2 ó 3 fases.

Para los suministros en media tensión se define como los que son mayores de 1 kv. pero menores o iguales a 35 kv., principalmente se manejan valores de 13kv, 23 kv. y 34 kv. La alta tensión se define como la que se suministra en valores mayores a 35 kv., los principales valores son de 66 kv., 85 kv., 115 kv., 230 kv. y 400 kv. Para este tipo de servicios el usuario tiene que instalar su propia subestación para transformar al voltaje de utilización requerido.

Las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica están estructurados en función al uso de ésta, a la tensión de suministro y a la demanda por contratar que inicialmente fije el solicitante.

El monto de los costos depende del tipo de tarifa contratada, de la zona del país y en la gran mayoría de las tarifas industriales, del horario en que ocurren.

En las facturaciones de energía eléctrica se le agrega el cargo por bajo factor de potencia, cuando este sea inferior a 0.9 o la bonificación cuando se tenga un valor superior. La fórmulas para evaluar el cargo o la bonificación se presentan en el anexo mencionado.

Actualmente en la gran mayoría de las tarifas se le aplica un factor de ajuste, que refleja las variaciones de los precios de los combustibles utilizados para la generación eléctrica, así como el costo inflacionario, con la finalidad de mantenerlos actualizadas. La forma de calcular los ajustes se encuentra en las cláusulas 10-bis de las Disposiciones Complementarias de las tarifas de energía eléctrica, la cual fue actualizada el 25 de marzo de 1997.

A continuación se presentan los conceptos totales que integran una facturación general

## CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA FACTURACION

- 1.-Cargo por consumo de energía
  - a) energía consumida total
  - b)energía facturable de punta  
energía facturable de base  
energía facturable intermedia
  - c)energía facturable de punta mínima  
energía facturable de punta excedente  
energía facturable de base.
- 2.-Cargo por consumo de demanda
  - a)demanda máxima medida
  - b)demanda facturable,
- 3.-Facturación básica (1)+(2).
- 4.-Cargo del 2%, servicio en alta tensión con medidor en baja tensión, (3)x0.02.
- 5.-Facturación normal (3)+(4).
- 6.-Cargo o bonificación por factor de potencia, (5)x%.
- 7.-Facturación neta, (5)±(6).
- 8.-Bonificación o penalización por concepto de demanda interrumpible (tarifa I-15 ó I-30).
- 9.-Facturación neta bonificada o penalizada (7)±(8).
- 10.-I.V.A. (9)]x0.15
- 11.-Cargo por D.A.P., (9)x% ó salarios mínimos.
- 12.-Facturación total, (9)+(10)+(11).

El costo de la energía y de la demanda se ajusta mensualmente conforme al artículo 10-bis de las propuestas complementarias de las tarifas eléctricas.



## DATOS GENERALES DEL SERVICIO

<b>Ubicación del suministro:</b> EMPRESA S.A. de C.V. PARQUE INDUSTRIAL No. 5 GUADALUPE, N.L.	<b>Domicilio fiscal:</b> TORRE DIAMANTE 3ER PISO MORELOS 102, MONTERREY, N.L. EMSA 881231 EMS	<b>AVISO-RECIBO</b>  9969901200012239813 
<b>Número de Servicio:</b> 996 991 200 012	<b>Periodo:</b> 02 AGO al 31 AGO 01	<b>Carga conectada kW:</b> 110
<b>Demanda contratada kW:</b> 105	<b>Tarifa:</b> OM	<b>Multiplicador:</b> R0

Carga conectada ( kW )es la suma expresada en kilowatts de las potencias nominales en equipos aparatos y dispositivos eléctricos, que registrarte en el contrato de energía eléctrica.

Demanda contratada (kW). Demanda establecida en tu contrato de energía eléctrica.

Multiplicador. Constante por el cual se debe multiplicar la diferencia de lecturas para obtener el consumo de energía, reactivos y demanda.

## INFORMACIÓN DEL CONSUMO

<b>Función</b>	<b>No. Medidor</b>	<b>Lectura actual</b>	<b>Lectura anterior</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Totales</b>
kWh	1234YZ	26307	25842	465	37,200
kW	1234YZ	1.0998	0.0	1.0998	88
kVArh	1234YZ	13110	12898	212	16,960

Totales. Resultado de multiplicar la diferencia por el multiplicador para obtener el total a facturar de cada concepto.

## CALCULO DEL IMPORTE DEL CONSUMO

<b>Mes</b>	<b>Días del mes</b>	<b>Consumo prom. diario</b>	<b>Energía kWh</b>	<b>Precios \$/kWh</b>	<b>Importes \$</b>
0108	29	1,282.7586	37,200	0.4260	15,847.71
<b>Mes</b>	<b>Factor de proporción</b>	<b>Demanda máxima kW</b>	<b>Precios \$/kW</b>	<b>Importes \$</b>	<b>Factor de potencia %</b>
0108	0.9355	88	56.59	4,658.71	90.99

Consumo promedio diario: Resultado de dividir el consumo entre de número de días que abarca el periodo de consumo.

Energía kWh. Se obtiene de multiplicar el consumo promedio diario por los días de cada mes comprendidos en el periodo.

Factor de proporción. Es el resultado de dividir los días del mes que comprende el periodo entre los días calendario de cada mes.

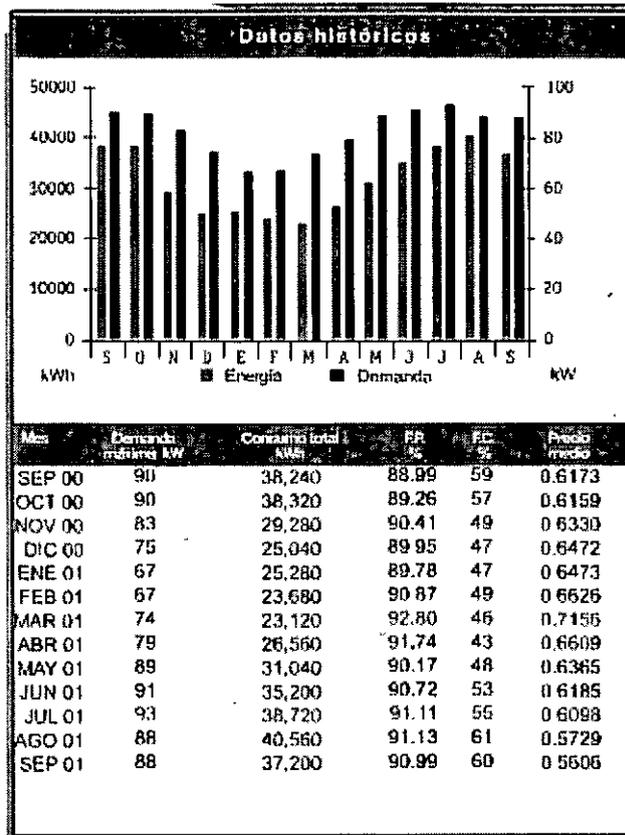
Demanda máxima kW. Indica la demanda máxima en cualquier intervalo de 15 minutos, en el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 mn en el periodo de facturación del consumo.

FP. Factor de aprovechamiento del consumo de energía en trabajo útil o fuerza mecánica. El valor de FP mínimo aceptable es de 90%.

#### DETALLE DE CARGOS Y CREDITOS QUE INTEGRAN LA FACTURACIÓN

Conceptos	Importes \$
Cargo por Energía	15,847.20
Cargo por Demanda	4,658.71
Cargo 2% Baja Tensión	410.11
Bonificación Factor de Potencia	62.74-
Subtotal	20,853.28
IVA	3,127.99□
Facturación del Periodo	23,981.27□
Adeudo Anterior	26,722.46
Su Pago	26,722.00-
Total	\$23,981.73

# HISTORIA DEL CONSUMO



Factor de Carga. Indicador de cómo se utiliza la demanda; a mayor factor de carga, menor costo. Se obtiene al dividir el consumo de energía entre el resultado de multiplicar la demanda máxima medida por el número de horas del periodo.

## TALON DE CAJA

Fecha y lugar de expedición: 04 SEP 01, MONTERREY, N.L.  
 Son: [VEINTITRES MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 73/100 M.N.]  
Expendido bajo Control de Calidad. Documento de validación: 01/09/01

**AVISOS IMPORTANTES**  
 Nos transformamos para servirte mejor.  
 Su facturación incluye bonificación por obtener un factor de potencia (FP%) superior al 90%.  
 Gracias por su pago efectuado el 13 AGO 01 por \$26,722.00  
 Servicio al Cliente Teléfono 071

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Total a pagar: \$23,981.00

(VEINTITRES MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 00/100 M.N.)

58 DY 10 01 001 C680  
Clave de servicio: Repartir

**TALON DE CAJA**

012020012000120108740001239813



Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
 FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM

RECIBO HSL


**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
 Asesoría en el Pago

\$3,617,985.85	\$3,617,985.00	\$3,725,441.35	\$3,725,442.00
Fecha límite de pago		Corte a partir de	
12 ABRIL 01		13 ABRIL 01	

Ubicación de suministro: INDUSTRIA MEXICANA PAVOS ACUSTROS, S. de C.V. CUADRIPE, S. L. Número de Servicio: 504 991 200 017	Dominio fiscal: TRONTO DIAMANTE S. de C. de C.V. MORELOS 102, MEXTERREK, S. L. 4MSA 06121 CIVS
--	--

www.cfe.com.mx

Producto: 1 - UNAM 01 a 30 AM 01      Carga conectada kW: 10 000      Tipo: HS  
 No. de medidor: 1204YZ      Demanda contratada kW: 10 000      Multitasa: 240

Consumo	Unidad	Consumo	Consumo	Consumo
Wh total	22 518	17 310	10 218	4 158 019
Wh demanda	29 013	15 410	4 509	4 158 019
Wh punta	14 820	11 978	2 104	606 960
Wh noventa				
kWh total	48	0	41	9 367
kWh demanda	48	0	42	10 767
kWh punta	48	0	47	8 000
kWh noventa				
kWh	18 729	7 106	11 204	276 203
Porcentaje promedio				91 57

Consumo	Unidad	Consumo	Consumo
Energía en base kWh	2 430 000	0 324	
Energía en demanda kWh	4 461 500	0 474	
Energía en punta kWh	1 460 000	0 395	
Energía en noventa kWh			
Demanda contratada kW	10 000	10 000	



Mes	Demanda (kW)	Consumo (kWh)	ED	PD	Demanda (kW)
ABR 00	0 555	6 152 116	0 515	LU	0 460
ABR 01	1 457	216 210	0 100	SA	0 470
MAY 00	10 110	6 924 268	0 176	SA	0 490
JUN 00	10 173	6 624 957	0 176	SA	0 464
JUL 00	10 096	6 612 197	0 176	SA	0 467
AUG 00	10 058	6 630 410	0 176	SA	0 475
SEPT 00	10 074	6 626 650	0 176	SA	0 480
OCT 00	9 709	6 236 1	0 176	SA	0 480
NOV 00	9 676	6 054 917	0 176	SA	0 484
DIC 00	10 041	6 516 362	0 176	SA	0 480
ENE 01	9 805	6 024 370	0 176	SA	0 474
FEB 01	9 994	6 562 080	0 176	SA	0 464
MAR 01	10 174	6 125 777	0 176	SA	0 467
ABR 01	8 653	6 125 777	0 176	SA	0 464
MAY 01	8 656	6 125 777	0 176	SA	0 467

**AVISOS IMPORTANTES**

- El pago de este recibo debe ser en efectivo.
- El pago debe ser en el momento de la recepción del recibo.
- El pago debe ser en el momento de la recepción del recibo.
- El pago debe ser en el momento de la recepción del recibo.

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
 TO UL A FACIL      \$3,725,442.00

\*RES NÚMERO DE SERVICIOS VERIFICAR EN EL CENTRO DE SERVICIOS CUADRIPE Y DOS PESOS 2000 017

23 MAY 2001 01 200002

Comisión Federal de Electricidad

VALOR DE CAJA

01504992746000141200127442 7



INFORMACIÓN DE PAGOS Y FECHAS

Adeudo anterior	Pagos	Cargos/ créditos	Monto a pagar
\$3,617,985.85	\$3,617,985.00	\$3,725,441.35	\$3,725,442.00
Fecha límite de pago		Corte a partir de	
12 ABRIL 01		13 ABRIL 01	

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes  
 Ing. Tanya Moreno Coronado  
**FACULTAD DE INGENIERÍA- UNAM**

## DATOS GENERALES DEL SERVICIO

Ubicación del suministro: INDUSTRIA MEXICANA PARQUE INDUSTRIAL No. 5 GUADALUPE, N.L. Número de Servicio: 996 991 200 012	Domicilio fiscal: TORRE DIAMANTE 3er. Piso MORELOS 102, MONTERREY, N.L. IMSA 991231 IMS	AVISO-RECIBO  86600130001211041237254423 
Periodo: 31 MAR 01 a 30 ABR 01 No. de medidor: 1234YZ	Carga conectada kW: 10,200 Demanda controlada kW: 10,200	Tarifa: HSL Multiplicador: 240

## INFORMACIÓN DEL CONSUMO

Función y Período	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
kWh base	22,548	12,302	10,246	2,459,040
kWh intermedia	29,913	15,905	14,008	3,361,920
kWh punta	14,880	11,976	2,904	696,960
kWh semipunta				
kW base	41	0	41	9,840
kW intermedia	42	0	42	10,080
kW punta	40	0	40	9,600
kW semipunta				
kVArh	18,790	7,198	11,592	278,280
Factor de potencia %				91.97

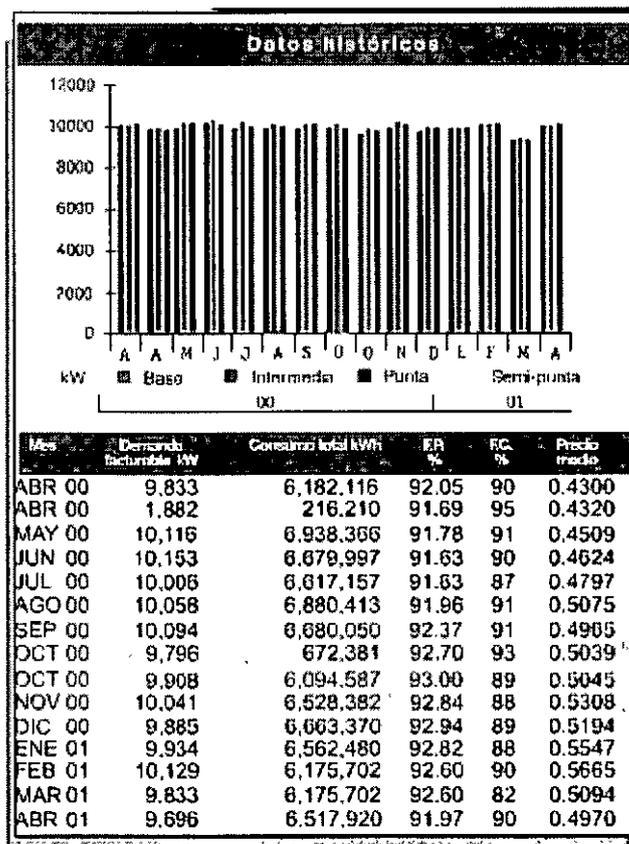
## CALCULO DEL IMPORTE DEL CONSUMO

Conceptos	Totales	Precios unitarios \$
Energía en base kWh	2,459,040	0.3052
Energía en intermedia kWh	3,361,920	0.3433
Energía en punta kWh	696,960	0.9653
Energía en semipunta kWh		
Demanda facturable kW	9,696	63.38

## DETALLE DE LOS CARGOS Y CREDITOS QUE INTEGRAN LA FACTURA

Conceptos	Importes \$
Cargo por energía	2,577,421.62
Cargo por demanda	614,532.48
Cargo 2% baja tensión	63,839.08
Bonificación factor de potencia	16,278.96-
Subtotal	3,239,514.22
IVA	485,927.13
Facturación del período	3,725,441.35
Saldo anterior	3,617,985.85
Su pago	3,617,985.00-
Total	\$3,725,442.20

## HISTORIA DEL CONSUMO



## TALON DE CAJA

Fecha y lugar de expedición: 01 MAY 01, MONTERREY, N.L. Son: TRES MILLONES SETECIENTOS VEINTICINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 20/100 M.N.		<b>AVISOS IMPORTANTES</b> • Nos transformamos para servirte mejor. • Incluye bonificación por factor de potencia. • Incluye cargo por medición en baja tensión. • Gracias por su pago efectuado el 09 MARZO 01 por \$ 3,817,965.00
		<b>COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD</b> <b>TOTAL A PAGAR</b> \$3,725,442.00 (TRES MILLONES SETECIENTOS VEINTICINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 00/100)
05 05 01 04 099 0060 Clave de área: repaillr		0120603120001201041233725442 
<b>TALON DE CAJA</b>		

Luz y Fuerza del Centro es la empresa encargada de distribuir la energía eléctrica en el centro del país, también emite un recibo que contiene toda la información relativa a su cuenta, consumos e importes.

El Área de Datos de la Cuenta que aparecen en su recibo incluyen la siguiente información:

- **Nombre o razón social y dirección:** Nombre del titular en caso de servicio doméstico y dirección registrada de la toma. y en la parte inferior el RFC del titular o empresa.

- **Número de cuenta.** Este número se conforma por diversos elementos, los cuales permiten clasificar y determinar con precisión el tipo de cuenta, de tarifa y de bimestre de que se trata.
- **Periodo de Consumo:** Tiempo que comprende el importe del recibo, con detalle del día, mes y año para el inicio y terminación del mismo.

**AVISO-RECIBO**  
**LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**  
 MELCHOR OCAMPO 171, COL. TLAXPANA, MEXICO, D.F., C.P. 11379 LFC940208C77

<b>NOMBRE O RAZON SOCIAL Y DIRECCION</b>		<b>NUMERO DE CUENTA</b>	
<b>REC. ZONA TARIFA</b>		<b>TOLIC ATCA BTH</b>	
<b>PERIODO DE CONSUMO</b>		<b>DESDE HASTA</b>	
<b>ANO MES DIA</b>		<b>ANO MES DIA</b>	

F.C. DEL USUARIO

La medición de consumos se refiere al historial de consumos de su medidor, desde la lectura anterior y le presente lectura y el total de kW consumidos y por pagar en el bimestre que ampara el recibo. También se incluye el historial de los consumos de los bimestre anteriores, de ese mismo año. Adicionalmente encontrará la lectura del mismo bimestre del año anterior, con el fin de que usted, señor usuario, pueda verificar la correcta lectura.

<b>NUM. MEDIDOR</b>		<b>LEC. ANT.</b>	<b>LEC. ACT.</b>	<b>MULT.</b>	<b>CONSUMO</b>
<b>TOTAL DE CONSUMO KWH</b>					
<b>HISTORIA DE CONSUMO</b>					<b>CONSUMO</b>
<b>BIM. 1</b>	<b>BIM. 2</b>	<b>BIM. 3</b>	<b>MISMO BIMESTRE</b>		
<b>BIM. 4</b>	<b>BIM. 5</b>	<b>BIM. 6</b>	<b>ANO ANTERIOR</b>		
<b>BIMESTRES ANTERIORES</b>					<b>LECTURA</b>

Esta sección detalla los cargos e importes que determinaran el total por pagar para el bimestre. Podrá encontrar, algún saldo anterior, el consumo del bimestre que factura, algún cargo pendiente por cuestiones de redondeo de cifras e impuestos.

CONCEPTO	IMPORTE	S.M.E.
SALDO ANTERIOR		
CONSUMO ENERGIA		
I.V.A.		
D.A.P.		
D.S.C.I.B.		
<b>IMPORTE POR PAGAR</b>		\$

VALIDO COMO FACTURA SOLO CON LA CERTIFICACION O SELLO Y FIRMA DEL CAJERO.

Debe pagar puntualmente su recibo para evitar el corte y posible reconstrucción del servicio, con los gastos que ello implica. Es por esto que su recibo le muestra claramente la fecha de expedición de su recibo, así como la fecha en que debe pagarse como máximo.

EN CASO DE NO EFECTUAR EL PAGO DEL PRESENTE AVISO-RECIBO DENTRO DE LA FECHA INDICADA, SE PROCEDERA AL CORTE DEL SUMINISTRO A PARTIR DEL DIA HABIL SIGUIENTE DE LA FECHA CITADA.

FECHA DE EXPEDICION	CONSECUTIVO	EVITE EL CORTE PAGUE ANTES DE
---------------------	-------------	-------------------------------

Con el fin de atenderle en el pago de su recibo de consumo en el menor tiempo posible, se incluye un área en el mismo donde las máquinas registradoras y lectoras ejecutan el proceso de manera rápida y eficiente. Es por ello que le pedimos atentamente que no invada con letras o grapas esta área.

NUMERO DE CUENTA	IMPORTE
ZONA DE LECTURA NO INVADIR OTRAS	

## EJEMPLOS DE RECIBOS ELÉCTRICOS EN TARIFAS HM Y OM

35 09 722 6060 1 006315 2004 02 24 02 0H 4 2004 01 14 2004 02 15 02 12 MAR 2004

03-12-11 A 04-01-14

17,714.00

AA

UNAM\*LABORATORIO.

CUBROS

17,714.00

918865 3201 3297

918866 2676 2686

918867 3261 3271 300.000 10800 KWH

1904889 90 .300 27 KW

DEMANDA CONTRATADA 190 KW

9,348.88

879752 1537 1555

PASA A LA FACTURA # 2

55350972260601\*\*\*\*\*

UNAM\*LABORATORIO.  
KM 2.5 MEX-TEOLYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO

R.CENTRAL \*\*\*\*\*

CUENTA: 35 09 722 6060 1

ATENCIÓN CUANDO EL IMPORTE DE SU FACTURA ES MAYOR A \$ 100.00. EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASA O EN EFECTIVO

35 09 722 6060 1 006315 2004 02 24 02 0H 4 2004 01 14 2004 02 15 02 12 MAR 2004

FACTURA # 2

879753 897 904

879754 75 84 175.200 5689 KVARH

CARGO POR BAJO FACTOR DE POTENCIA 87796 140.23

CARGO POR DERECHOS DE ALUMBRADO PUBLICO 237.23

CARGO PENDIENTE PROX. FACT. I.V.A. 1,423.36

0.15

\$11,149.00



55350972260601000111490

UNAM\*LABORATORIO.  
KM 2.5 MEX-TEOLYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO

R.CENTRAL \$11,149.00

CUENTA: 35 09 722 6060 1

ATENCIÓN CUANDO EL IMPORTE DE SU FACTURA ES MAYOR A \$ 100.00. EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASA O EN EFECTIVO

35 09 722 1826 1 004618 2004 08 23 08 HM 4 2004 07 12 2004 08 12  
 04-06-15 A 04-07-12 45,710.00 45,710.00 AA  
 COBROS  
 ENERGIA EN BASE 8,000 KWH 4,230.82  
 INTERMED 23,000 KWH 14,563.37  
 EN PUNTA 1,000 KWH 1,979.30  
 DEM.HAX EN BASE 50 KW  
 INTERMED 93 KW  
 EN PUNTA 75 KW  
 PASA A LA FACTURA # 2

U.N.A.M. \* FACULTAD DE ODONTOLOGIA

17350972218261\*\*\*\*\*

CUENTA: 35 09 722 1826 1  
 ESTADO USUARIO: SI EL IMPORTE DE SU FACTURA ES O SUPERIOR A 5 DÍGITOS EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASH O EN EFECTIVO.

U.N.A.M. \* FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
 KM 2.5 MEX-TEOLOYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO R.CENTRAL \*\*\*\*\*

35 09 722 1826 1 004618 2004 08 23 08 HM 4 2004 07 12 2004 08 12  
 FACTURA # 2  
 DEMANDA FACTURABLE 81 KW 8,485.80  
 BONIFICACION POR F. DE P. MAYOR DE 90% 94569 351.10  
 CARGO POR DERECHOS DE ALUMBRADO PUBLICO 722.70  
 I.V.A. 4,336.25  
 CARGO PENDIENTE PROX. FACT. +0.900 0.75

U.N.A.M. \* FACULTAD DE ODONTOLOGIA

\$33,967.00



17350972218261000339670

U.N.A.M. \* FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
 KM 2.5 MEX-TEOLOYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO R.CENTRAL \$33,967.00

CUENTA: 35 09 722 1826 1  
 ESTADO USUARIO: SI EL IMPORTE DE SU FACTURA ES O SUPERIOR A 5 DÍGITOS EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASH O EN EFECTIVO.

45 09 722 1828 1 004619 2004 02 24 02 HM 4 2004 01 15 2004 02 16  
 03 12 15 A 04-01-15 56,003.00 56,003.00 AA  
 COBROS  
 ENERGIA EN BASE 18,000 KWH 8,195.40  
 INTERMED 39,000 KWH 21,260.85  
 EN PUNTA 13,000 KWH 22,152.00  
 DEM.HAX EN BASE 74 KW  
 INTERMED 216 KW  
 EN PUNTA 165 KW  
 PASA A LA FACTURA # 2

U.N.A.M. \* FACULTAD DE MEDICINA

88450972218281\*\*\*\*\*

CUENTA: 45 09 722 1828 1  
 ESTADO USUARIO: SI EL IMPORTE DE SU FACTURA ES O SUPERIOR A 5 DÍGITOS EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASH O EN EFECTIVO.

U.N.A.M. \* FACULTAD DE MEDICINA  
 KM 2.5 MEX-TEOLOYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO R.CENTRAL \*\*\*\*\*

45 09 722 1828 1 004619 2004 02 24 02 HM 4 2004 01 15 2004 02 16  
 FACTURA # 2  
 DEMANDA FACTURABLE 180 KW 17,539.70  
 BONIFICACION POR F. DE P. MAYOR DE 90% 95783 1,034.20  
 CARGO POR DERECHOS DE ALUMBRADO PUBLICO 1,697.85  
 I.V.A. 10,187.05  
 CARGO PENDIENTE PROX. FACT. +0.480 0.75

U.N.A.M. \* FACULTAD DE MEDICINA

\$79,799.00



88450972218281000797990

U.N.A.M. \* FACULTAD DE MEDICINA  
 KM 2.5 MEX-TEOLOYUCAN S/N CUAUTITLAN R RUBIO R.CENTRAL \$79,799.00

CUENTA: 45 09 722 1828 1  
 ESTADO USUARIO: SI EL IMPORTE DE SU FACTURA ES O SUPERIOR A 5 DÍGITOS EL PAGO DEBE EFECTUARSE CON CHEQUE CERTIFICADO, DE CASH O EN EFECTIVO.

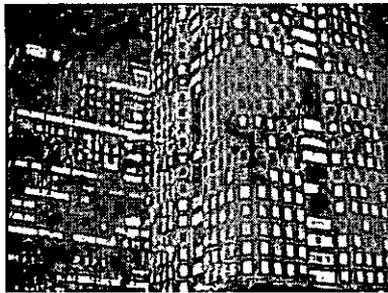
# CAPÍTULO 5

## INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE ILUMINACION

---

### 5.1 INTRODUCCIÓN

El enorme consumo de energía eléctrica en inmuebles representa una importante área de oportunidad de ahorro. Los principales sistemas consumidores en los edificios públicos son la iluminación, el aire acondicionado, los equipos eléctricos (copiadoras, sistemas de cómputo, equipo de escritorio, etc.), los elevadores y el bombeo de agua, siendo los de mayor uso los dos primeros, dependiendo de las condiciones climáticas es la importancia de cada uno.



Con base a las experiencias de diagnósticos energéticos realizados en edificios públicos, en cuanto al consumo de energía eléctrica en la zona metropolitana de la Ciudad de México se han encontrado los siguientes porcentajes promedio: iluminación 50%, aire acondicionado 30%, contactos 12% y motores 8%<sup>1</sup>.



Con el incremento en el interés por hacer un uso racional de la energía se ha puesto mucho énfasis en el consumo eléctrico de los sistemas de iluminación y la

---

<sup>1</sup> Balance Nacional de Energía 2001, Secretaría de Energía (SENER).

mejor forma de reducirlos. Dentro de los estudios se ha encontrado la importancia que tiene la iluminación para la productividad del trabajo, así como sus cualidades estéticas. El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia durante muchos años de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de energía en inmuebles. Aunque los problemas y por lo tanto las soluciones son particulares para cada unidad, algunos de los primeros se repiten frecuentemente.



El ahorro potencial por concepto de iluminación es en general muy grande. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía en iluminación. Debe entenderse que, de acuerdo a la filosofía de Ahorro y uso eficiente de la energía, se puede considerar ahorro exclusivamente aquella disminución en el consumo que no disminuya la calidad de vida del usuario.

## 5.2 ILUMINACIÓN

Las fuentes de iluminación artificial han evolucionado desde el descubrimiento del fuego, pasando por la vela, lámpara de aceite, la de gas, el diáfano hasta llegar a la incandescente patentada por Tomás Alva Edison en el año de 1879. Con la aparición del foco se pudieron realizar trabajos y actividades que antes no se podían llevar a cabo. Actualmente se estima que el 80% de las actividades del ser humano, en las zonas urbana, se realizan en interiores con la utilización preponderante de iluminación artificial.



La luz es energía radiante por lo que tiene todas las características de la radiación, sin embargo, no toda la luz emitida por una fuente llega al ojo humano y produce una sensación luminosa, ni toda la energía que consume la fuente se convierte en luz.



La especialidad que estudia las características de la luz se le conoce como luminotecnia, la que considera dos elementos básicos: la fuente productora de luz y el objeto a iluminar.

Los principales parámetros que caracterizan las fuentes luminosas son:

**Intensidad luminosa I.-** Es el flujo luminoso emitido por una fuente de luz por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta y se expresa en candelas (cd), que en el SI es una unidad fundamental.

La medición de la intensidad luminosa se realiza en el laboratorio por medio de aparatos especiales, de los cuales existen diversos modelos, fundados en la ley Inversa de Cuadrado de la Distancia, Usando una luz patrón y otra desconocida situadas una frente a otra en un mismo eje e interceptadas en una pantalla en la que se igualan las iluminaciones captadas en ambas caras de la misma mediante un objetivo apropiado.



**Flujo Luminoso  $\Phi$ .-** Es la cantidad de potencia luminosa que emite la lámpara a la que el ojo humano es sensible, en una dirección determinada y se expresa en lúmenes (lm).

$$\text{lm} = (\text{cd}) \varpi$$

en donde  $\varpi$  es el ángulo sólido,  
La equivalencia en Watts se expresa como:

$$1 \text{ watt luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

Para determinar  $\Phi$  en un sistema se evalúa después de sus primeras 100 horas de vida y son los valores que reportan los fabricantes en sus catálogos. Este valor lo mantiene durante el 70% de su vida media.

**Illuminancia E.**-Es el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un  $\text{lm}/\text{m}^2$ .

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

El lux, es una unidad de iluminancia y se define como la iluminación de la superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.

$$\text{lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

La medición de iluminancia se realiza por medio de un aparato denominado luxómetro, que consiste en una celda fotoeléctrica que al incidir la luz sobre la superficie, genera una débil corriente eléctrica que varía en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliamperímetro cuya escala está calibrada directamente en luxes.



Los flujos luminosos recomendados para algunos espacios se muestran en la siguiente tabla:

LOCAL O ACTIVIDAD	FLUJO LUMINOSO (lux)
Despachos	500
Pasillos y escaleras	100
Servicios y baños	100
Salas de espera y recepciones	100
Salas de reuniones y conferencias	300
Secretarías	
— Iluminación general	400
— Sobre el papel de escribir	600
Dibujantes	
— Iluminación general	400
— Trabajo continuo (mesa)	750
— Trabajo discontinuo (mesa)	600
Computadoras	500
Archivos	200
Cafeterías	200
Cocinas	500
Estacionamientos en exterior	10

**Luminancia L.**- La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (Superficie vista por el observador situado en la misma dirección). Se representa por la letra L y su unidad es la NIT (nt), éste es empleado para fuentes con elevadas luminancias.

La ecuación que expresa la Luminancia es:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

Donde: **S cos α** es la superficie aparente

Un NIT es equivalente a una intensidad de una candela por m<sup>2</sup>.

$$nt = cd/m^2$$

La luminancia es máxima cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a la superficie luminosa, ya que entonces al ángulo es igual a cero y el coseno de cero es igual a uno, correspondiente la superficie aparente real.

La luminancia es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad, pues no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad con que vemos los objetos iluminados, depende de su iluminancia, se puede decir por tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación.

La medida de la Luminancia se realiza por medio de un aparato especial llamado luminancímetro o Nitrómetro, de construcción similar al luxómetro.

**Eficacia o Rendimiento Luminoso  $\eta$ .** Indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. El rendimiento o eficacia se representa por la letra griega ( $\eta$ ) y sus unidades son lúmenes por Watt (lm/w)

$$\eta = \frac{\phi(lm)}{W(watt)}$$

La eficacia luminosa de una lámpara depende de varios factores, tales como tipo de fuente de luz, potencia, calidad de la luz, etc.

TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA (W)	EFICACIA (Lumen/W)	VIDA ÚTIL (h)
Incandescentes	1 a 2 000	8 a 20	1 000
Halógenos	3 a 10 000	18 a 22	2 000 (*)
Fluorescentes tubulares	4 a 215	40 a 93	12 000 (*)
Fluorescentes compactas	5 a 36	50 a 82	6 000 (*)
Vapor de mercurio	50 a 2 000	40 a 58	16 000 (*)
Halogenuros metálicos	75 a 3 500	60 a 95	1 000 a 6 000 (*)
Vapor de sodio alta presión	50 a 1 000	66 a 130	16 000 (*)
Vapor de sodio baja presión	18 a 180	100 a 183	10 000 (*)

(\*) Encendidos de 10 horas de duración.

**Energía Luminosa o Cantidad de Luz Q.** Es el flujo luminoso utilizado durante un tiempo determinado. La cantidad de luz se representa por la letra Q y su unidad es el lumen-Hora (lm-h) su que es la energía consumida en una hora.

$$Q = \phi \times t$$

### Características cromáticas de las fuentes de luz

**Temperatura de color.** Es el parámetro que indica la capacidad de la luz emitida para reproducir, con la misma intensidad, el espectro visual de la luz natural. Puede relacionarse este parámetro con la temperatura del filamento que lo produce, por lo que recibe el nombre de temperatura de color. Se considera que a mayor temperatura de color se genera menos calor y se produce mas radiación ultravioleta, Una equivalencia aproximada es la siguiente:

Blanco cálido	3000 K
Blanco	3500 K
Blanco frío	4200 K
Luz de día	7000 K

**Índice de Rendimiento de Color (CRI).**- Es una indicación relativa a que tan bien se pueden distinguir los colores bajo la luz producida por una lámpara con una temperatura de color específica. Su valor varía entre cero y uno.

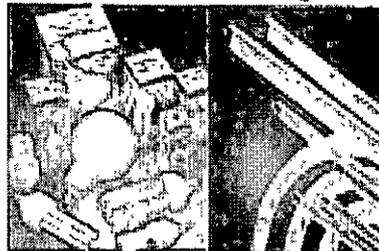
**Vida Útil.**- Es el tiempo en que el 80% de las muestras de un lote de lámparas mantiene un flujo luminoso que se puede considerar constante, Este término se expresa en horas.

### 5.3 TIPOS DE LÁMPARAS

Existe en el mercado una gran variedad de tipos de lámparas con un amplio rango de características, su selección adecuada depende del tipo de trabajo que se desarrolla con la iluminación, Frecuentemente las lámparas más baratas resultan ser las más caras en operación.

Por su principio de funcionamiento básicamente existen tres tipos generales de lámparas

- Incandescentes
- Fluorescentes
- Alta intensidad de descarga HID



Estos tipos difieren fuertemente en sus dimensiones físicas, en sus características eléctricas, en su distribución espectral de potencia lumínica y en su comportamiento; dependiendo del tipo de aplicación que se requiera algunas son mejores que otras, sin embargo en algunos casos se tiene que dos o más diferentes tipos pueden satisfacer los requerimientos de iluminación.

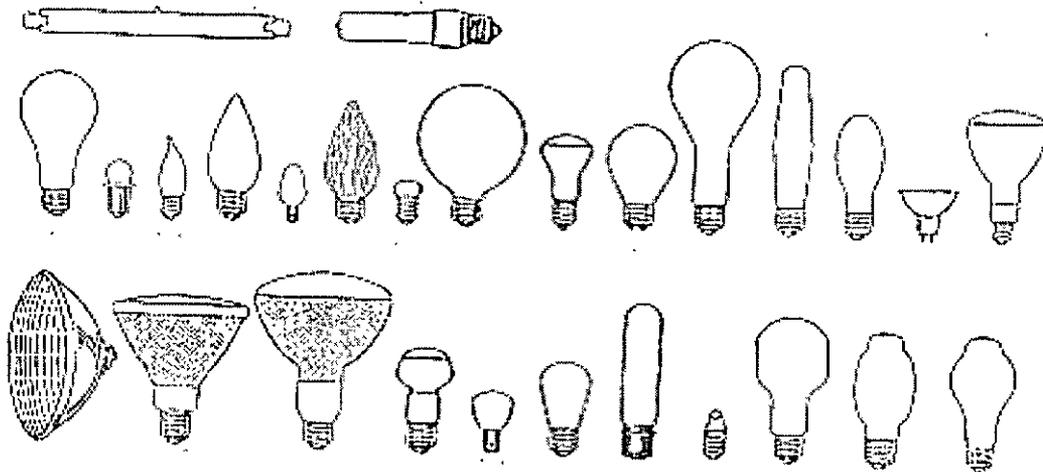
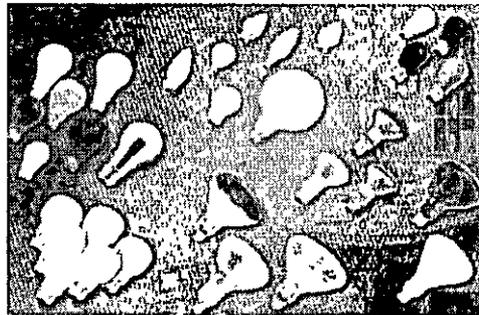
### LÁMPARAS INCANDESCENTES

Las lámparas incandescentes usan un filamento simple que produce luz cuando circula una corriente eléctrica a través de él. Estas lámparas son simples de instalar, baratas de fabricar, familiares al consumidor y ampliamente disponibles. Sus desventajas son su corta vida, típicamente de 1000 hrs, y su muy baja eficiencia energética. La eficiencia de la energía lumínica se mide típicamente en lúmenes por Watt, en donde los lúmenes pueden ser vistos como una cantidad de luz y los Wats es la potencia eléctrica de entrada. La lámpara incandescente alcanza típicamente valores de 18 lúmenes por watt, mucho más baja que otras

tecnologías. La baja eficiencia es debido a que la mayoría de la energía de entrada es convertida a calor en lugar de luz, lo cual es fácilmente comprobable al tocar una lámpara incandescente encendida. Otra desventaja que tiene, es el que su vida es muy sensible a cambios del voltaje de alimentación.

Existen diferentes tipos de lámparas incandescentes:

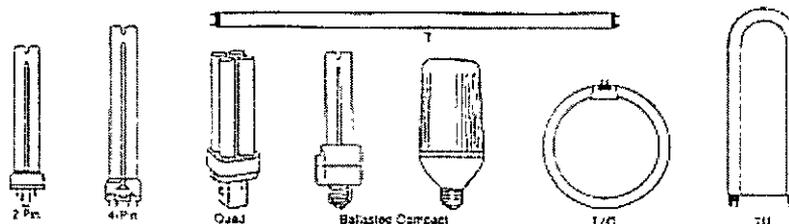
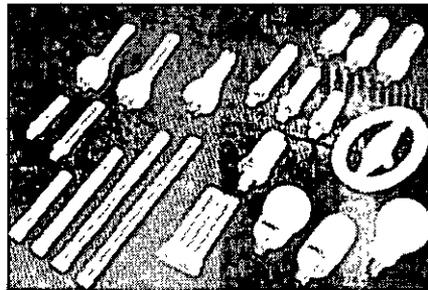
- Focos comunes
- Lámparas con reflectores (PAR, R, ER)
- Spots
- Halogeno-Tungsteno
- Cuarzo
- Alto y Bajo voltaje
- Dicroicas
- Infrarojas
- Especiales



## LAMPARAS FLUORESCENTES

La luz fluorescente representa una forma completamente diferente de producir luz a partir de la electricidad. Consisten de dos componentes, un balastro que regula corriente y voltaje y la lámpara misma. Cuando se enciende una lámpara fluorescente se genera una corriente entre los dos electrodos de la lámpara. Los iones de mercurio emiten una energía ultravioleta en presencia de esta energía, la cual choca con las paredes internas de la lámpara, los cuales están recubiertos por una capa de un compuesto de fósforo. Esta capa emite una radiación observable para el ojo humano. La eficiencia de este proceso complejo, es bastante alta, típicamente entre 60 y 80 lúmenes por watt o de 3 a 5 veces mas eficientes que la incandescente. Las lámparas fluorescentes normalmente tienen una vida larga, entre 10,000 y 20,000 horas o sea de 10 a 20 veces mas que las incandescentes. Entre sus desventajas incluyen su alto costo inicial debido al incremento de complejidad y las diferentes calidades y tipos de luz. En el pasado se consideraba su luz como fría, aunque con las mejoras recientes que ha tenido ha disminuido la diferencia entre la calidad de la luz emitida con respecto a la incandescente. Las lámparas fluorescentes son ampliamente utilizadas en edificios comerciales. El comportamiento de la lámpara esta influenciado por el balastro y por la luminaria. Entre los principales tipos comerciales se tienen

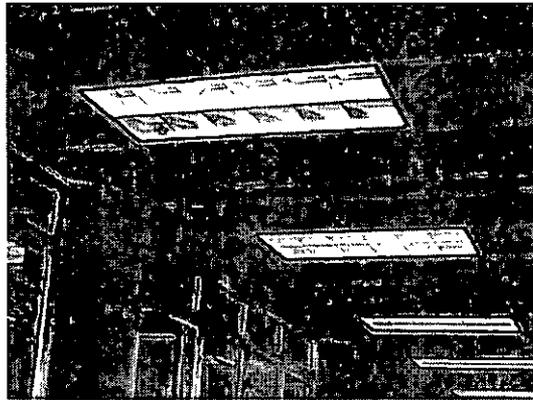
- Tubulares
- Circulares
- Curvalum (forma de U)
- Lamparas ahorradoras
- Fluorescentes compactas



## **Lámparas fluorescentes ahorradoras**

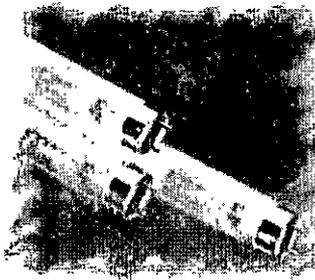
Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10-20% menos de consumo a cambio de 5-10% de reducción de luz. Están rellenas de mejores gases, recubrimientos fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes. Bajo condiciones estándar de operación tienen una vida útil de 20,000 horas.

**Beneficios para el usuario.** Cuando se operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio de consumo de 24% contra 10% en reducción de luz.



Dentro de estas sobresale la lámpara T8 que tiene una eficacia de 100 lúmenes/Watt, que es la más alta para cualquier lámpara fluorescente, son más delgadas que las convencionales T12, ya que son de 1" de diámetro y utilizadas con balastos electrónicos se logran ahorros mayores del 20% y pueden ser utilizadas en reacondicionamientos de las luminarias convencionales, con la sustitución del balastro y del conector. Actualmente se encuentran en el mercado en 32 W y 59W con lo que pueden reemplazar a las de 39 W y 75 W, respectivamente. Dentro de sus principales ventajas de sustitución se tiene:

- Mayor nivel de iluminación
- Disminución de la carga conectada ya que tienen un menor consumo usadas en conjunto con balastos electrónicos
- Mayor índice de rendimiento de color con respecto a las T12 (86 aprox.)



**Aplicación.-** Pueden usarse en prácticamente todos los casos en que se encuentren instaladas lámparas convencionales, ya que se fabrican de las mismas dimensiones y formas, aunque deben observarse las recomendaciones que se mencionan posteriormente.

**Ahorro de energía.-** Depende de los colores y potencias, pero el aumento de eficacia es de 7% en promedio. Las lámparas más eficaces hasta el momento están cerca de los 100 Lm/W, como la FO32T8/(7-8)(30-35-41) ER de 1.22 m de largo y la FO96T8/(7-8)(30-35-41), de 2.44 m de largo.

**Costo.-** Aunque originalmente aparecieron en el mercado con un alto costo, actualmente cuestan entre 50 y 110% más que las lámparas normales equivalentes.

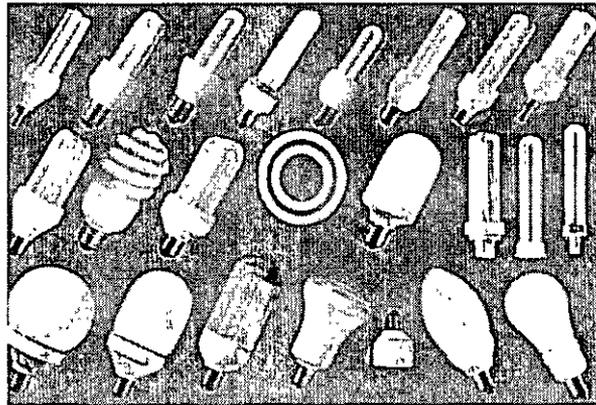
**Vida útil.-** Bajo condiciones estándar de operación tienen una vida útil de 20000 horas, en comparación con las 12000 horas de las lámparas de encendido rápido normales. Existen en el mercado lámparas que alcanzan ya hasta 26000 horas, cuando son operadas bajo periodos de encendido – apagado normalizados

**Recomendaciones.-** Las lámparas ahorradoras siempre deben acoplarse a balastos compatibles con ellas. Debe evitarse su uso con balastos del tipo baja energía o incluso normales y con dispositivos que se intercalan para lastrar la corriente del circuito. Por sus características de construcción, deben operarse a temperaturas mínimas de 15°C. Su operación óptima se obtiene con balastos electromagnéticos de alta eficiencia o electrónicos con operación a alta frecuencia.

### ***Lámparas fluorescentes compactas***

Están diseñadas para sustituir a las lámparas incandescente ya que reducen el consumo de energía y la potencia instalada hasta en un 70%, así, una lámpara fluorescente compacta de 13 W reemplaza perfectamente a un foco de 60 W, produciendo una luz en apariencia similar a la de la lámpara incandescente con una temperatura de color de 2700 K, aunque con menor CRI, sin embargo, otra de sus ventajas es que al disipar menos calor disminuye también la carga térmica del sistema de climatización. Tiene una vida media de 10,000 horas, aunque ciclos continuos de apagado le reducen este tiempo. Sus inconvenientes son el costo,

aunque actualmente lo han bajado mucho, su bajo factor de potencia y su producción de armónicas indeseables, por lo que se deben de tener cuidados especiales en los sistemas en donde se instalen. Actualmente se producen en varios modelos.



**Aplicación.-** Pueden usarse en instalaciones nuevas ó existentes, Actualmente pueden reemplazar a casi todos los tipos de lámparas A19 y van desde 5 hasta 55 Watts, siendo 9 y 13 Watts las potencias más comunes.

**Ahorro de energía.-** Incluyendo el balastro, las circulares tienen eficacias entre 35 y 40 Lm/W, las L y SL fluctúan entre 40 y 80 lm/W.

**Vida útil.-** Entre 7500 y hasta 20000 horas para las C, L y SL, de 7500 a 12000 las circulares y 50000 horas para los balastos.

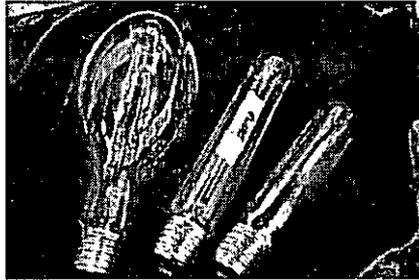
**Beneficios para el usuario.-** El uso de estas lámparas permite reducir el consumo, la demanda máxima y la carga térmica, además de muchos beneficios adicionales como mano de obra para reemplazo, menor costo de cableado, etc.

**Disponibilidad.-** Ya se encuentran en el mercado nacional prácticamente todos los tipos existentes, de diferentes marcas y precios.

**Recomendaciones.-** La sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas es una excelente alternativa, pero debe aclararse que originalmente fueron creadas específicamente para sustituir a incandescentes. Con los nuevos desarrollos, las lámparas de mayor potencia y luminarios con reflectores especiales pueden usarse en aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes convencionales. Sin embargo debe tenerse cuidado en aplicaciones donde se requiera un alto CRI. En caso de aplicación masiva deberá monitorearse también el factor de potencia y el contenido total de armónicas.

## ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA HID

Una tercera tecnología de iluminación es la HID, o de alta intensidad de descarga. Esta incluye las lámparas de sodio de alta y baja presión, las de vapor de mercurio y las de aditivos metálicos. Estas son muy eficientes pero su uso está limitado a áreas donde la calidad de la luz es menos crucial, como son la iluminación de calles, estacionamientos y bodegas. Ellas requieren algunos minutos para calentarse y no están diseñadas para ciclos continuos de encendido y apagado.

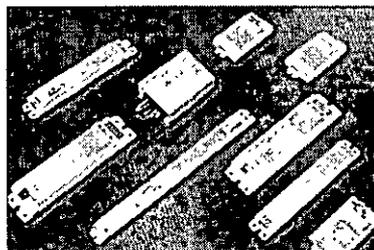


## 5.4 BALASTROS

Para operar las lámparas de descarga siempre se requiere de un arrancador que produzca el arco eléctrico, conocido con el nombre de balastro.

### ***Balastro para lámparas fluorescentes***

Es un dispositivo que, por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limitan la corriente de lámparas fluorescentes al valor requerido para su operación correcta y también, cuando es necesario suministra la tensión y corriente de encendido, y en el caso de balastros para lámparas de encendido rápido suministra la tensión para calentamiento de cátodos.



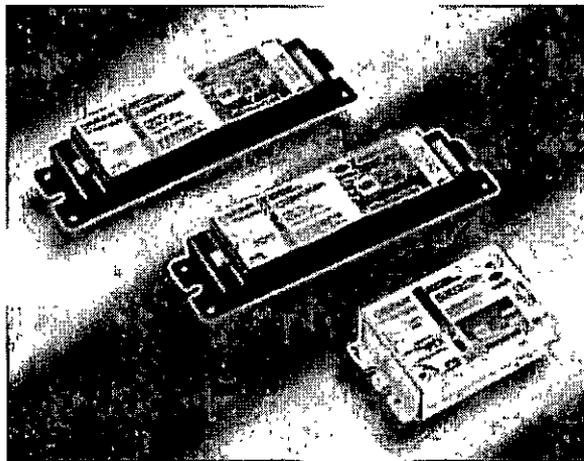
***Balastros electromagnéticos de alta eficiencia:*** Son balastros fabricados con alta tecnología y mejores materiales para reducir pérdidas. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su vida útil; ahorran directamente 10% en

promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica. Tienen una vida útil de 50,000 horas

El ahorro de energía es atractivo, con factor de balastro similar a los normales. Al reducir la carga térmica se ahorra también en el equipo de acondicionamiento ambiental.

*Balastos electrónicos:* Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos o integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmer's).

En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con balastos y lámparas normales. Se considera que tienen una vida útil de 50,000 horas. Como trabajan con máximo factor de eficacia de balastro, a alta frecuencia, con factor de cresta idóneo, excelente regulación, mínimo nivel de ruido, termoprotector integrado, pérdidas reducidas y otras cualidades.



Dentro de sus principales ventajas se tienen:

- 1) Supresión de radio interferencia. Ya que tienen compatibilidad electromagnética.
- 2) Desconexión automática en respuesta a fallas de lámpara o en respuesta a operación sin carga.
- 3) Alta eficiencia ya que tienen bajas pérdidas (<10% de la potencia de la lámpara) y un mínimo calentamiento (<30°C)

- 4) Amplios rangos de tensión, pueden operar en rangos de 127 a 277V $\pm$ 10%.
- 5) Bajo contenido de armónicas <10% y alto factor de potencia.
- 6) Encendido confiable ya que operan sobre un amplio rango de temperatura (0°C a 50°C)
- 7) Nivel de ruido clase A (de 20 a 24 dB).
- 8) Menores dimensiones y peso con respecto a los balastos electromagnéticos.<sup>2</sup>

**Costo.-** El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados cuestan entre 4 y 5 veces más que los convencionales

**Recomendaciones.-** Deben instalarse en lugares con ventilación aceptable y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México y también es recomendable que ostenten el sello UL y CBM

## 5.5 LUMINARIAS

Es el dispositivo completo de la fuente de luz y consiste de la(s) lámpara(s), de los conectores o socket, de los componentes que distribuyen la luz como son reflector y difusor y del gabinete que los contiene. El conjunto es el punto más importante de la fuente de luz ya que la operación es en conjunto y una falla en alguna de sus partes hace que se tenga una disminución o falla de la eficiencia del sistema completo.

Uno de los parámetros más importantes de la luminaria es el que se conoce como Coeficiente de Utilización (CU), que es la relación de la luz que sale de la luminaria a la luz producida por la lámpara ya que la que ésta última se absorbe y se convierte en calor por su interacción con las superficies, entre lámparas y con los reflectores y difusores.

Existen varios tipos de luminarias entre las principales se tienen:

- Tipo jarra o globo
- Montadas en paredes
- Empotradas en techos

---

<sup>2</sup> Los datos aquí presentados fueron tomados del catálogo de Luz de Osram del año 2002

- Sobrepuestas
- Colgantes

Las luminarias se clasifican de la siguiente manera:

Por su función:

- *Alumbrado*
- *Señalización*

Por el ámbito de desempeño:

- *Exteriores*
- *Interiores*

Por la forma en que distribuyen el flujo y la intensidad lumínica:

- *Directa*
- *Indirecta*

Por el tipo de fuente:

- *De incandescencia*
- *De descarga*

*Fluorescentes*

## **Reflectores Especulares**

Son reflectores de a base de aluminio pulido al espejo con recubrimientos especiales, presentando un comportamiento especular. Están diseñados para reducir la absorción de luz y evitan la distorsión de la longitud de onda de los rayos incidentes. Tienen un diseño óptico optimizado y generalmente diseñado por computadora para satisfacer las necesidades de cada aplicación.

**Aplicación.-** Se pueden usar sobre todo en instalaciones existentes con depreciación por tiempo y suciedad importantes. Para obras nuevas se debe hacer un estudio cuidadoso para evaluar sus posibles ventajas con respecto a luminarios nuevos.

**Ahorro de energía.-** Cuando su aplicación es factible, pueden permitir ahorros de 50% en el consumo de energía, ya que reducen el número de lámparas y balastos a la mitad.

**Costo.-** El costo varía de acuerdo con el fabricante y con las dimensiones pero los ahorros de energía generalmente justifican su adquisición.

**Vida útil.-** Cuando son de alta calidad pueden mantener los niveles de iluminancia dentro de límites muy aceptables y su vida útil depende del medio y del mantenimiento, pero puede ser de 10 años o más.

**Disponibilidad.-** Se encuentran desde hace algunos años distribuidores de reflectores importados de muy buena calidad. No deben confundirse estos reflectores con la película adherible al reflector original.

**Beneficios para el usuario.-** Los beneficios son evidentes, ya que se reduce el consumo, la demanda máxima, la carga térmica y el mantenimiento.

**Recomendaciones.-** La eliminación del 50% de lámparas y balastos puede reducir los niveles de iluminancia drásticamente (entre 15 y 40%), reducción que la instalación por sí sola del reflector no puede compensar. Debe realizarse un cuidadoso estudio técnico-económico con criterios luminotécnicos y energéticos para decidir su instalación.

## 5.6 Controles de iluminación

El objetivo de un control de iluminación es el de fomentar el uso de luz natural y el evitar el uso innecesario de luz cuando los espacios estén desocupados, obteniendo una reducción en la facturación energética y un uso racional de la energía.

Cualquier sistema de control debe asegurar condiciones de iluminación satisfactorias a los usuarios del sistema. La seguridad, efectividad visual y confort son prioritarios al ahorro de energía. Mientras que el mayor beneficio del control de iluminación es usualmente generado en términos de ahorro de energía, un buen sistema de control también provee:

- *Productividad y Satisfacción a los ocupantes.-* Un buen ambiente de trabajo es esencial para la productividad y el confort.
- *Flexibilidad de Planeación.-* El uso de controles electrónicos permite el rediseño o reasignación de los lugares de trabajo sin alterar las luminarias.
- *Mejor administración de la información.-* Un sistema de control de iluminación centralizado puede proveer información de iluminación de

diferentes zonas, asistir a su mantenimiento y también asistir a la seguridad cuando esté ligado a detectores de presencia.

## Métodos de control

Aunque existen varios tipos de control de iluminación su selección adecuada depende del sistema y su uso que se va a dar.

1. Controles manuales locales.-Son interruptores locales y atenuadores de intensidad de luz (dimmer's), que pueden estar permanentemente conectados como interruptores de pared ó pueden ser operados por control remoto, basados en señales en el infrarrojo o ultrasónicos. El receptor debe ser montado cerca de las luminarias a controlar, así al hacer cambios de mobiliario no es necesario recablear.

Las luminarias controlados por un solo receptor deberán cubrir áreas que tenga un factor de luz solar constante. En espacios largos, las hileras de luminarias paralelas a las ventanas deben tener su propio interruptor. Donde haya interruptores múltiples, es conveniente tener una señalización clara.

2. Interruptores de tiempo.- Se utilizan para horarios preestablecidos en el inmueble, para encender la luz poco antes del inicio del horario de trabajo y apagar todo el sistema de luz al finalizar la jornada de trabajo. Varias luces deben permanecer encendidas por seguridad y considerar alguna forma de sobrepaso en el tiempo de encendido para personas que trabajan después de la hora normal de salida. Los interruptores de tiempo también son efectivos para iluminación exterior, pero requieren que sean ajustados conforme a la época del año.

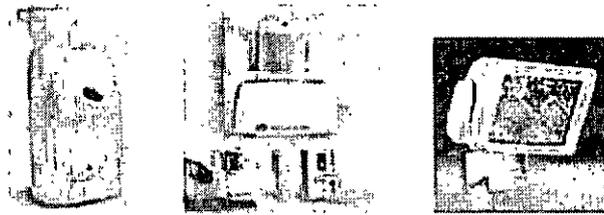
Estos interruptores son diseñados para que los ocupantes puedan utilizar controles locales que comiencen de nuevo la cuenta del tiempo (reset) de luminarias individuales o de pequeños grupos cuando se requiera.

3. Detección de presencia,. Se emplean para encender la luz en cuanto una persona entra a un área controlada. La luz es apagada cuando no se ha detectado presencia después de un intervalo preestablecido; este intervalo se escoge a modo de evitar un encendido-apagado frecuente. Dentro de las variantes de este tipo de controles se tiene:

Sensado Ausente. Una estrategia alternativa es usar un interruptor manual que prenda la luz, el sensor apaga las luces cuando no se ha detectado presencia en un tiempo establecido.

Sensado Presente. Funciona tanto el encendido como el apagado debido a la presencia de la persona, esto es muy útil en áreas donde la gente mantiene sus manos ocupadas.

Las tecnologías utilizadas son básicamente los rayos infrarrojos y señales ultrasónicas.



### *PIR (Rayos Infrarrojos Pasivos)*

Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Los sensores PIR utilizan un lente de Fresnel que distribuye los rayos infrarrojos en diferentes radios (o zonas), los cuales tienen diferentes longitudes e inclinaciones, obteniendo así una mejor cobertura del área a controlar. Cuando se da un cambio de temperatura en alguno de estos radios o zonas, se detecta la presencia y se acciona la carga.

Con objeto de lograr total confiabilidad, esta tecnología integra además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.

### *Señal ultrasónica*

Los detectores ultrasónicos son sensores de movimiento volumétricos que utilizan el principio Doppler. Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector. El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia diferente a la cual fue emitida, lo que es interpretado como detección de presencia.

Los sensores ultrasónicos contienen un transmisor y uno o varios receptores. Estos transmiten las ondas sonoras a una alta frecuencia generada por un oscilador de cristal de cuarzo. Dicha frecuencia es tan alta que no alcanza a ser percibida por el hombre.

Dado a que la cobertura ultrasónica puede "ver" a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada al sensor para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada.

Las áreas con alfombra gruesa y materiales antiacústicos absorben el sonido ultrasónico y pueden reducir la cobertura. La eficiencia del sensor también puede verse alterada por flujo excesivo de aire (provocado por aires acondicionados, ventiladores, calefacción, etc.).

### *Tecnología Dual*

La tecnología Dual combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde los sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección.

La combinación de PIR y Ultrasónica permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.

Esta tecnología presenta diferentes configuraciones de operación. La configuración estándar enciende la iluminación cuando las dos tecnologías detectan ocupación de forma simultánea, la mantiene encendida mientras una de las dos siga detectando presencia y la apaga cuando el área se desocupa. Según las condiciones específicas de la zona a controlar, es posible cambiar dicha configuración.

Un ejemplo de aplicación pudiera darse en una sala de cómputo: El flujo de aire (generado por el aire acondicionado) podría provocar falsos encendidos para un sensor ultrasónico, mientras que la falta de actividad en el área pudiera provocar falsos apagones con un PIR. Este tipo de problemas se pueden resolver con la tecnología Dual, ya que para el encendido de las luces, el detector, en su configuración estándar, necesita detección de presencia de las dos tecnologías (pudiéndose entender esto como "confirmación" de presencia en el área), mientras que para mantener la luz encendida, sólo es necesario que alguna de las dos tecnologías detecte movimiento por mínimo que éste sea.

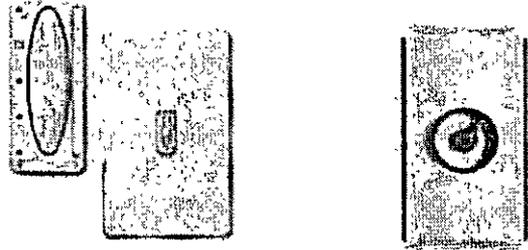
A los detectores de presencia se les pueden agregar fotoceldas, las cuales limitan la operación de la lámpara cuando hay suficiente luz ambiental.

#### 4. Nivel de luz

En espacios continuamente ocupados que tienen una buena proporción de iluminación natural, es posible controlar la luz de modo que ésta se apague cuando la iluminación natural sea suficiente, y de nuevo, suministre la

cantidad de luz requerida conforme la iluminación natural disminuye. Las fotoceldas son utilizadas para monitorear el nivel de iluminación en el espacio y regularla.

Además, es necesario incorporar un retraso temporal en los sensores a modo de evitar un encendido-apagado causado por niveles de luz variantes, por ejemplo, debido a una nube pasajera.



## 5. Control de escenarios

El control de iluminación de escenarios es una parte importante en el diseño interior. Éste es utilizado para cambiar los esquemas de iluminación en diferentes horas del día; como por ejemplo, en Hoteles, Restaurantes, etc. Otros ejemplos son los cuartos multi-funciones que requieren un rango de escenas de iluminación acordes a diferentes actividades.

En este tipo de controles se guardan las condiciones individuales de las luminarias para cambiar o intercambiar entre escenarios según se requiera.

La operación de controles de iluminación es inmediatamente perceptible para los ocupantes del inmueble y por esta razón es esencial que las necesidades y el comportamiento de los usuarios sean tomados en cuenta cuando se utilicen estos.

Encuestas han mostrado que donde los usuarios tienen poco o nulo control sobre las luces en su lugar de trabajo, o pocos conocimientos del uso apropiado de los controles, satisfacción y desperdicio de energía son comunes. Alta satisfacción y eficiencia energética son asociadas generalmente con altos niveles de control local y un alto conocimiento de cómo operan los controles, por ambos, usuarios finales y administradores de la instalación.

### 5.7 RENDIMIENTO ENERGÉTICO

El rendimiento energético global de una instalación de alumbrado puede definirse como el cociente entre la energía luminosa necesaria para la realización de una actividad determinada y el consumo de energía eléctrica correspondiente.

$$R = \frac{N_i \times S}{P}$$

donde:

R = Rendimiento energético global de la instalación, lumen/W.

$N_i$  = Nivel de iluminación requerido en el plano de trabajo, lux (lumen/m<sup>2</sup>).

S = Superficie del local, m<sup>2</sup>.

P = Potencia total de las lámparas instaladas en el local, W.

La expresión anterior puede expresarse también como el producto de varios rendimientos.

$$R = CU \times \eta \times F_m$$

siendo:

CU = Coeficiente de utilización.

Este parámetro se encuentra tabulado para los distintos métodos de iluminación (directo, indirecto, etcétera) y puede determinarse en función de los factores de reflexión de luminarias, paredes, techos y suelos, y del factor de forma del local.

$\eta$  = Eficacia luminosa de las lámparas utilizada, lm/W.

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

Depende del grado de envejecimiento de las lámparas y del nivel de ensuciamiento de éstas, de las luminarias y de las paredes.

Resumiendo, el rendimiento global de una instalación de alumbrado viene afectado por los siguientes factores:

Forma del local.

Propiedades reflexivas de luminarias, paredes, techo y suelo.

Eficacia luminosa de las lámparas.

Grado de envejecimiento de las lámparas y de ensuciamiento del conjunto de la instalación.

Para cualquier tipo de fuente de luz, la eficacia luminosa aumenta con la potencia, por este motivo, es más rentable utilizar una lámpara de una potencia determinada en vez de dos de la mitad de la potencia.

Por otra parte, puede afirmarse también que generalmente, el rendimiento luminoso disminuye para índices de rendimiento de color elevados. Existe el peligro de descuidar la importancia de la discriminación cromática y elegir las lámparas únicamente por su eficiencia energética.

### ***Importancia de la efectividad de los sistemas.***

Alcanzar la efectividad energética en cualquier sistema de iluminación es el punto más importante para tener un proyecto exitoso de instalación o reacondicionamiento. El reacondicionamiento, frecuentemente, ofrece una oportunidad de mejorar la calidad de la iluminación y el confort visual para el mejoramiento del trabajo, en los espacios donde se realiza. Para alcanzar estas metas con ahorros en energía y costos se proponen los siguientes pasos.

1. Reconocimiento de los requisitos visuales de los trabajadores y hacer un análisis adecuado del diseño del sistema propuesto para reemplazar el existente.
2. Seleccionar la fuente luminosa mas adecuada y eficiente y su equipo necesario para el sistema propuesto.
3. Optimizar las técnicas de control y la integración de la luz natural dentro del sistema propuesto, buscando siempre la mejor relación costo-beneficio.

## **5.8 COSTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO**

Evidentemente, la instalación deberá diseñarse para que suministre la iluminación apropiada para cada actividad con el mínimo costo total para el usuario. Este costo total incluye:

- **Costo de la inversión**
  - Costo de los equipos (materiales).
  - Costo de instalación (mano de obra y materiales adicionales).
- **Costo de explotación**
  - Costo debido al consumo energético.
  - Costo de los equipos de repuesto (materiales).
  - Costo del mantenimiento, limpieza y reemplazamiento (mano de obra).

El costo anual total será la suma del costo de explotación y de la amortización anual de la inversión. La experiencia demuestra que el costo energético es el

factor que más influye en el costo total de casi todas las instalaciones de alumbrado. De ahí la importancia que debe darse a los factores que influyen en el rendimiento global.

### **5.9 RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA<sup>3</sup>**

A continuación se presentan las ideas básicas para reducir el consumo energético en instalaciones de alumbrado, las cuales pueden agruparse en tres tipos de medidas:

- Aplicación de los niveles de iluminación recomendados.
- Obtención de los niveles de iluminación necesarios con la mínima potencia instalada.
- Utilización de la instalación de iluminación sólo cuando se necesita.

#### **Aplicación de los niveles de iluminación recomendados**

Existen unos niveles de iluminación establecidos por diferentes organismos para cada tipo de actividad. Hay, en la bibliografía sobre alumbrado una gran variedad de datos sobre este tema.

Si se sobrepasan los valores recomendados, se tendrá, evidentemente, un consumo energético mayor. Si, por el contrario, se reducen los estándares de iluminación, se conseguirá un ahorro energético, pero se producirá una serie de inconvenientes, tales como fatiga visual, pérdida de confort, disminución de actividad, etc.; este tipo de problemas no hacen aconsejable tal reducción de los niveles de flujo luminoso.

#### **Obtención de los niveles de iluminación necesarios con la mínima potencia instalada**

Ello puede conseguirse aplicando las siguientes reglas básicas:

##### **Diseño correcto del sistema de alumbrado**

El sistema de alumbrado debe diseñarse de tal modo que se consiga el nivel de iluminación y la calidad de la luz de la forma más eficiente.

---

<sup>3</sup> Información tomada de la página web de Conae [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx) en noviembre de 2004

Debe decidirse si se instala un sistema de alumbrado general o localizado o, quizás, uno mixto. Por otra parte, deben tenerse en cuenta factores de geometría, mantenimiento, flexibilidad, aporte parcial de la luz diurna, etcétera.

### Utilización de la fuente de luz idónea más eficaz

Debe utilizarse lámparas de elevada eficacia luminosa, pero considerando las exigencias de calidad de la luz de la zona por iluminar. Es decir, la elección deberá basarse no sólo en el rendimiento energético sino también en las propiedades de reproducción de color.

En el **cuadro 5**, se muestran las características y las aplicaciones de los diferentes tipos de lámparas.

CUADRO 5. Características y aplicaciones de las lámparas

TIPO DE LÁMPARA	COSTO RELATIVO LÁMPARA	EFICACIA LUMINOSA	ASPECTO CROMÁTICO	REPRODUCCIÓN DE COLORES	APLICACIONES	
Incandescentes	Bajo	Muy baja	Cálido	Excelente	- Ambito de aplicación muy general. - Se presta bien a los alumbrados localizados y decorativos. - Dado su bajo costo, son interesantes en utilización intermitente.	
Halógenas	Medio-bajo	Baja	Cálido	Excelente	- Alumbrado interior decorativo. - Alumbrado por proyector en zonas deportivas, aeropuertos, monumentos.	
FLUORESCENTES	Blanca cálida	Medio-elevado	Media Alta	Cálido	Buena (De lujo) Media	- Alumbrado público. - Las de lujo son indicadas en carnicerías, restaurantes, etc.
	Blanca fría	Medio-elevado	Media Alta	Intermedio	Buena (De lujo) Media	- Navas industriales, almacenes, escuelas, oficinas. - Las de lujo son indicadas para tiendas, comercios y oficinas que necesitan un buen rendimiento de color.
	Luz día	Medio-elevado	Media Alta	Frio	Buena (De lujo) Media	- Con altos niveles de iluminación (1000 lux). - Las de lujo, en tiendas de tejidos.
	Nueva generación (Triáforo)	Elevado	Alta	Frio Intermedio cálido	Buena	- Aplicaciones que necesiten alto rendimiento luminoso y de color.
Vapor de Mercurio	Medio	Media	Frio	Media	- Las de bulbo claro en jardines y parques. - Las de color corregido se utilizan en la industria y para alumbrado público.	
Halogenuros metálicos	Elevado	Alta	Frio	Buena	- Alumbrado de grandes espacios y vestíbulos de gran altura por proyectores. - Alumbrados deportivos (TV color).	
Vapor de sodio de alta presión	Elevado	Alta	Cálido	Media	- Alumbrado público. - Alumbrado industrial naves altas.	
Vapor de sodio baja presión	Elevado	Muy alta	Cálido	Muy pobre	- Alumbrado público. - Alumbrado de seguridad. - Alumbrado arquitectónico.	

En el caso de instalaciones existentes, deben estudiarse la posibilidad de sustituir las lámparas actuales por otras más eficientes. En este sentido, se recomienda:

- Sustituir bombillas incandescentes por fluorescentes. Existen en el mercado lámparas fluorescentes que pueden colocarse sobre los mismos casquillos

que las bombillas incandescentes. Pueden ser de dos tipos: compactas y de tubo intercambiable. Además este tipo de lámparas tienen una vida útil de aproximadamente 6000 horas, lo que equivale a seis veces más que la incandescentes.

- Reemplazar lámparas fluorescentes antiguas (38 mm de diámetro) por otras más eficientes (26 mm de diámetro), que puede ser de dos tipos:
  - a) Estándar: Aquellas que dan el mismo flujo luminoso que las convencionales, pero con menos potencia.
  - b) De Trifósforo: Éstas dan, para la misma potencia que las estándar, más flujo luminoso, por lo que se vería reducido el número de lámparas necesarias para un mismo nivel de iluminación; además su vida útil es superior. Por lo tanto, no son aconsejables para sustituir sólo una lámpara sino únicamente cuando se realice un cambio masivo.
  
- Reemplazar lámparas de vapor de mercurio por fuentes de luz de vapor de sodio de alta presión.

### **Utilización eficiente del flujo luminoso de la lámpara**

La utilización eficiente del flujo luminoso emitido por la lámpara viene condicionada por el “factor de utilización” ya definido anteriormente, que depende del tipo de luminarias empleadas, de la forma del local y de las reflectancias de paredes, techos y suelos.

En consecuencia, deben utilizarse luminarias que permitan que la mayor parte posible del flujo de la lámpara alcance el plano de trabajo. Por tanto, debe considerarse no sólo el rendimiento de la luminaria —ésta puede ser muy eficiente, pero emitir luz en todas direcciones, por lo que la iluminación en el plano de trabajo puede ser baja—sino también su distribución luminosa. Conviene pues emplear los sistemas de alumbrado de más alto rendimiento, principalmente el directo, y siempre que se pueda el intensivo.

También es necesario considerar el efecto de la decoración ambiente. Cuanto más claras sean las superficies del local, más alto será el factor de reflexión, y, por consiguiente, menor será la energía necesaria para su iluminación. Cuanto menor sea el área y/o mayor la altura del local, mayor será la influencia de las reflectancias de paredes, techos y suelos.

### **Mantenimiento del equipo de alumbrado en buen estado**

Con el transcurso del tiempo, las lámparas van perdiendo eficiencia por envejecimiento. Por otra parte, tanto en las lámparas como en las luminarias se va

acumulando polvo, lo que trae como consecuencia una reducción del flujo luminoso que llega al plano de trabajo.

Por tanto, deben plantearse programas de renovación periódica de lámparas y de limpieza también periódicas de éstas y de las luminarias, los cuales pueden hacerse de forma conjunta.

### **Utilización de la instalación de alumbrado sólo cuando se necesita**

La idea básica es que el alumbrado permanezca encendido mientras se precise, y desconectado cuando no sea necesario. Por ello, pueden llevarse a cabo las acciones siguientes:

- Utilización de aparatos programadores de encendido y apagado en aquellos recintos que sea posible.
- Fraccionamiento de los circuitos de alumbrado que permitan iluminar diferentes zonas y, de este modo, poder mantener apagadas las lámparas en determinados lugares en los momentos en que no son necesarias.
- Utilización, en el caso de alumbrado público, de celdas fotoeléctricas o de interruptores horarios que aseguren su apagado cuando no se precisa iluminación.
- Establecimiento de circuitos parciales de alumbrado reducido para los periodos fuera de las horas laborables.

### **Limpie periódicamente las lámparas y los reflectores**

Cuando se instala una lámpara nueva, ésta tiene un rendimiento lumínico determinado; es decir, por cada Watt se produce una cierta cantidad de flujo luminoso.

Este rendimiento no se mantiene en el tiempo, sino que va disminuyendo paulatinamente, debido, por una parte, al envejecimiento propio de la lámpara y, por otra, al ensuciamiento de la misma y del reflector.

En un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por envejecimiento es relativamente pequeña, oscilando entre un 2 y un 3% cada 1000 h.

El efecto del ensuciamiento de las lámparas y de los reflectores es muy superior. Así en un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por ensuciamiento incluyendo el propio envejecimiento, se sitúa normalmente entre un 15 y 20% cada año, pudiendo ser muy superior en cierto casos extremos.

## **Líneas de acción**

- Dado que el efecto negativo del ensuciamiento sobre el rendimiento es muy importante, se recomienda efectuar una buena limpieza, mediante lavado de las lámparas y de los reflectores. En viviendas, comercios, oficinas y, en general, en locales que no haya mucho polvo debe ser anual.
- Por lo que se refiere al cambio de lámparas, lo que se recomienda es sustituirlas a medida que vayan fallando. En efecto, un tubo fluorescente, por ejemplo, tiene una vida media de aproximadamente 7000 horas, por lo cual la pérdida total de rendimiento se sitúa entre un 15 y un 20%, que es lo que pierde por todos los conceptos (envejecimiento + ensuciamiento) en un año.

## *Iluminación*

Reduzca la iluminación del exterior y la de los pasillos al mínimo requerido por seguridad.

La iluminación nocturna de exteriores, fachadas, escaparates o pasillos suele tener varias finalidades:

- Decoración.
- Exposición de productos comerciales.
- Seguridad contra intrusos.
- Señalización de puertas.
- Salidas de emergencia.

Este tipo de alumbrado está en funcionamiento muchas horas a lo largo del año, por lo cual se recomienda., bajo el punto de vista energético, reducir los niveles de iluminación a los mínimos necesarios por razones de seguridad.

## **Líneas de acción**

- En comercios y fachadas, apague a partir de cierta hora, la iluminación meramente decorativa o de exposición.
- En pasillos e interiores, disponga de dos niveles de iluminación: el normal y el reducido para la señalización de puertas, salidas de emergencia, gabinetes de control, etcétera.

## Varios

### Apague los equipos cuando no sea necesario utilizarlos

En edificios de oficinas, almacenes y locales de uso comercial en general existen una serie de lámparas y aparatos que se usan durante la jornada de trabajo.

Es frecuente que algunos de estos equipos, sobre todo aquellos que usan varias personas, queden encendidos al final o durante cualquier interrupción de la jornada laboral, con el consiguiente gasto innecesario de energía que esto representa.

### Líneas de acción

- Confeccione una lista en la que se especifiquen todos los aparatos que deben apagarse, no sólo al final de la jornada de trabajo, sino en todos los periodos de tiempo en que no vayan a utilizarse.
- Ponga carteles para crear conciencia en los empleados sobre la utilidad de esta medida y trate de motivarlos.

Elija un operario que se responsabilice de llevar a la práctica este tipo de acciones.

Existen acciones adicionales, entre las que se encuentran las siguientes:

- Optimización de luz natural
- Apego a las densidades de carga marcados por las NOMs
- Revaloración de reflectancias
- Mantenimiento

Actualmente la Conae ofrece una herramienta de cálculo para el análisis de sistemas de iluminación la cual puede accesarse en la siguiente dirección electrónica

**<http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1342>**

En dicha página se registra el usuario y puede analizar diferentes opciones para conseguir el uso racional de energía.

# ANEXOS

## EJEMPLO DE APLICACIÓN

### *Diagnóstico del problema*

El sistema de iluminación de la empresa tiene un alto consumo de energía.

### **Solución propuesta**

#### **Utilizar lámparas eficientes y balastos electrónicos**

#### **Manera de aplicarla.**

Actualmente existen en el mercado nacional lámparas eficientes que pueden sustituir directamente a las que están en uso y tienen el doble de vida media. Para el caso de balastos también existen de alta eficiencia y electrónicos, que consumen mucho menos energía que los convencionales.

El balastro electrónico tiene además la ventaja de ser más pequeño, silencioso, produce iluminación más estable, más seguro y con el doble de vida que los electromagnéticos.

Para hacer la sustitución se deben de verificar que se sustituye por una que de la misma potencia lumínica y que mantenga los mismos niveles de iluminación en las áreas de trabajo, si es que se tiene la adecuada conforme a la norma.

#### **Manera de evaluarla.**

Con la sustitución directa se tiene una disminución inmediata en el consumo y se debe de verificar que se mantiene el nivel de iluminación, que en varios de los casos se incrementa. Por esta razón, la forma más directa de evaluarla es en la disminución de energía reportada en la facturación mensual.

#### **Ejemplo de aplicación**

Se tienen 500 luminarias de 2x39 W para alumbrar un área comercial. La iluminación opera 12 horas diarias durante cinco días a la semana y se trabajan cincuenta semanas al año, el equivalente a 3000 horas. Bajo estas condiciones de operación el sistema tiene una vida de tres años.

El consumo de este sistema es:

$$\text{Consumo anual} = (93.6 \times 500 \times 12 \times 5 \times 50) / 1000 = 140,400 \text{ kWh}$$

Si se utilizan lámparas T8 de 32 W, del mismo tamaño que las anteriores y balastro electrónico, se logra mayor eficiencia energética y la vida media es un poco más de seis años. El consumo anual con este sistema es

$$\text{Consumo anual} = (60 \times 500 \times 12 \times 5 \times 50) / 1000 = 90,000 \text{ kWh}$$

Por lo que el ahorro en energía que se tiene es de

$$\text{Ahorro de energía anual} = 140,400 - 90,000 = 50,400 \text{ kWh}$$

Por otro lado se tiene una disminución en demanda de

$$\text{Disminución en demanda} = (93.6 - 60) \times 500 / 1000 = 16.8 \text{ kW}$$

Si se considera un costo de energía de \$0.45/kWh y uno de demanda de \$65/kW, el ahorro económico anual es de

$$\text{Ahorro económico anual} = 50,400 \times 0.45 + 16.8 \times 65 \times 12 = \$35,784$$

Si la diferencia en costo considerando el ciclo de vida de seis años, es de \$90 por luminaria se tiene que el sistema eficiente tiene un costo mayor de \$45,000 el cual tiene un tiempo de recuperación de

$$RI = 45,000 / 35,784 = 1.26 \text{ años (1 año y 4 meses)}$$

Para el uso de controles de iluminación es conveniente tomar en cuenta los factores humanos. Una encuesta realizada en una dependencia a ocupantes se encontraron algunos puntos generales a tener en mente:

- *La gente es buena para juzgar si necesitan o no las luces encendidas*

No prenda las luces o aumente la intensidad automáticamente a menos que sea esencial por seguridad, o apropiado para áreas de administración.

- *La gente no es buena para apagar las luces*

Trate de proveer apagado automático, pero...

- *A la gente no le gusta que la dejen en la oscuridad*

Donde sea posible que las luces sean atenuadas porque se deba dar un aviso de emergencia, debe haber interruptores locales fácilmente accesibles y visibles.

- *A la gente le disgustan los sistemas automáticos que los distraen o que no hacen lo que ellos quieren*

Encendido automático u oscurecimiento por pasos es mejor a tiempos predeterminados que a intervalos aleatorios.

- *Controles locales deben ser accesibles y con una operación intuitiva*

Los interruptores deben estar cerca del punto de decisión y con una clara señalización de su operación.

- *Existen diferentes opiniones*

Seleccionado el equipo, los usuarios deciden dentro de un rango de niveles de iluminación. Niveles bajos son escogidos para trabajar con computadoras y gente con deficiencias visuales o encargados de un trabajo más exacto necesitaran una taza adicional de luz. (Ver tabla T 3.8).

## ANEXO 3

Controles de iluminación para diferentes categorías de espacio ocupado

ESPACIO	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS	PROBLEMAS	MÉTODO SATISFACTORIO
Propio	Los ocupantes miran el espacio como suyo y quieren tomar sus propias decisiones acerca del estado de las luces.	<b>Pequeñas oficinas,</b> particularmente de una o dos personas.	Los ocupantes necesitan tener el control al prender y apagar los interruptores. Cualquier ajuste automático debería ser imperceptible, por ejemplo: sensor de ocupación o atenuación de luz gradual.	Evitar apagado automático, excepto posiblemente en pequeñas habitaciones sin ventanas. Interruptores manuales al lado de la puerta pueden ser usados eficazmente. Considere sensor ausente y atenuado de luces fotoeléctrico para evitar pérdidas. Siempre proveer <u>anulación manual</u> .
Compartido	Los ocupantes miran su parte del espacio como suya, pero no puede tener total control de los sistemas los cuales tienen que satisfacer a otros también. Idealmente debería haber algún control de iluminación.	Oficinas de planeo. Algunas de producción, mantenimiento y áreas de laboratorio.	Los sistemas omiten los estados convenientes pero ineficaces, típicamente con todas las luces encendido. El estado entonces cambia solamente si la situación llega a ser indeseable o en el final del día. Personal de seguridad y de limpieza quizá necesiten diferentes controles.	Circuitos de control de iluminación separados para circulación, decoración y seguridad evitan el encendido de luces en todo. Idealmente tener interruptores manuales y ajuste en diferentes estaciones de trabajo. Considere una instalación del tipo "último en salir, luces apagadas".

No propio	Espacios en los cuales sin embargo pasa la gente. La gente esperará que su camino esté iluminado adecuadamente. La gente pueda ser preparada para operar los interruptores bien localizados, pero quizá no apague las luces luego.	<b>Pasillos</b> , áreas de circulación, escaleras, vestíbulos, bahías de cargamento, estacionamientos. Iluminación debería ser bien estructurada que satisfaga la ruta, y que ahorre energía.	Las luces seguidas son dejadas prendidas innecesariamente, ya sea en el día o cuando el área se vacía. Dificultad para encontrar interruptores de día; éstos necesitan estar en obvios lugares, bien marcados y quizás con indicadores de luz. Muchas luces encendidas al mismo tiempo.	Sensorias de detección de presencia o interruptores de tiempo (temporizadores) permiten apagar las luces cuando la gente se ausenta. Evitar oscuridad repentina por atenuamiento de las luces (dimmeo). En áreas de iluminación de día, controles fotoeléctricos (sensores de luz) pueden dar excelentes ahorros de energía.
Manejado	Los espacios públicos más largos en los cuales los ocupantes normalmente no esperarían operar las luces. Niveles ambientales de luz pueden a menudo variar dentro de un rango ancho.	Restaurantes, <b>bibliotecas</b> , áreas para multitudes, etc. A menudo horas de uso bien determinadas, así los sistemas pueden ser programados.	Las luces a menudo se dejan encendidas innecesariamente, ya sea cuando hay suficiente luz solar o cuando no hay gente presente. La gerencia está a menudo muy ocupada con otras cosas para hacer ajustes finos a la iluminación.	Arregle los circuitos según uso y luz del día. Considere el ligar lo fotoeléctrico a la luz del día o iluminación baja fuera de las horas donde se requiere. Trate de utilizar iluminación decorativa de baja energía donde se requiera.

**HERRAMIENTA DE COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

**PASO 1 Seleccionar el sistema de iluminación actual**

Familia	Clase	Potencia	Bulbo	Lamp/Bal	Balastro
Fluorescente					

Horas de uso-día: L-V:  SAB:  DOM:  Horas al mes:

Tarifa eléctrica:  Horaria, general, media tensión, demanda de 100 kW

Costo medio anual nacional de la energía(CFE-2000):  \$/kWh

Si la selección es la correcta da click en "Calcular", pero si tienes algún error da click en "Limpiar".



**EJEMPLO DE HERRAMIENTA DE CONAE**

**HERRAMIENTA DE COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN****PASO 1 Selección del sistema de iluminación actual**

## Características Técnicas

						LAMPARA	<b>Tubo T12 39W</b>
Familia	Clase	Potencia	Bulbo	Lamp/Bal	Balastro	Lumenes iniciales	<b>2850</b>
<b>Fluorescente</b>	<b>Lineal</b>	<b>39</b>	<b>T12</b>	<b>2</b>	<b>Convencional</b>	Vida nominal	<b>9000.0 hrs</b>
Sistema actual:	<b>Fl. T12 Arranque instantáneo bal. convencional 2x39 W</b>					CRI	<b>62</b>
Horas de uso- día:	L-V: <b>12</b>	SAB: <b>0</b>	DOM: <b>0</b>	Horas al mes:	<b>260.4</b>	BALASTRO	<b>Electromagnético Convencional</b>
Tarifa eléctrica:	<b>HM</b>	<b>Horaria, general, media tensión, demanda de 100 kW o más</b>				Vida nominal	<b>20000 hrs</b>
Costo medio anual nacional de la energía(CFE-2000):				<b>0.5869</b>	\$/kWh	Factor de balastro	<b>0.73-0.88</b>
Recomendaciones:						DATOS DEL SISTEMA (127V)	
<b>1</b>	<b>Fl. T8 Arranque rápido bal. electrónico premium 2x32 W</b>					Potencia del sistema:	<b>100.0 Watts</b>
<b>2</b>	<b>Fl. T8 Arranque rápido bal. electrónico estándar 2x32 W</b>					Vida del sistema:	<b>2.9 Años</b>
<b>3</b>	<b>Fl.T8 Arranque rápido bal. ahorrador 2x32 W</b>					Consumo por vida:	<b>900 kWh-v</b>
						Costo por operación:	<b>528.2 \$/kWh-v</b>

**RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**Para el Sistema: **Fluorescente**

En lámparas:  
 Seleccionar lámparas con índice de rendimiento de color (CRI) mayor a 70  
 Siempre verificar la compatibilidad de la lámpara con el balastro  
 Recomendable optar por las lámparas de bajo contenido de mercurio

En balastos:  
 Optar por los balastos electrónicos  
 Seleccionarlos con una distorsión armónica total (THD) menor a 20%  
 Especificarlos con factor de cresta (FC) no mayor a 1.7 y el mayor factor de balastro (FB) posible

Por aplicaciones  
 Las lámparas T12 no son recomendables en lugares con bajas temperaturas  
 Los balastos electrónicos de encendido instantaneo son mas eficientes que los de encendido rápido en  
 donde los periodos de encendido son largos  
 Los balastos electromagnéticos son recomendables en donde se presenten problemas de interferencia  
 electromagnética

**Si deseas comparar con algún otro sistema da click en "Comparar", pero si tienes algún error o quieres otra selección da click en "Regresar".**

**Cuadro comparativo de las opciones recomendadas contra el caso base.**

	Potencia(W)	Consumo(kWh- vida)	Costo operativo(\$- vida)	Ahorros (\$- vida)	(kWh- vida)	%	Vida(años)	Diferencia en vida	Lumenes iniciales	Diferenci en lumenes
Caso base	<b>100.0</b>	<b>900 2,400</b>	<b>528.2 1,408.6</b>	----	----	----	<b>2.9</b>	----	<b>2850.0</b>	----
Recomendacion 1	<b>59.0</b>	<b>1,416</b>	<b>831.1</b>	<b>577.5</b>	<b>984</b>	<b>41%</b>	<b>7.7</b>	<b>166.7%</b>	<b>3050.0</b>	<b>7%</b>
Recomendacion 2	<b>62.0</b>	<b>1,488</b>	<b>873.3</b>	<b>535.3</b>	<b>912</b>	<b>38%</b>	<b>7.7</b>	<b>166.7%</b>	<b>3050.0</b>	<b>7%</b>
Recomendacion 3	<b>72.0</b>	<b>1,728</b>	<b>1,014.2</b>	<b>394.4</b>	<b>672</b>	<b>28%</b>	<b>7.7</b>	<b>166.7%</b>	<b>3050.0</b>	<b>7%</b>