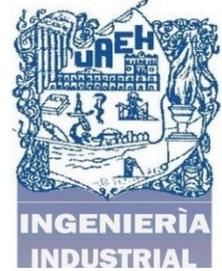




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE HIDALGO**



**ESCUELA SUPERIOR DE CIUDAD SAHAGÚN**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

---

---

---

**“FACTORES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
CON RESPECTO A LA ILUMINACIÓN DE LAS INDUSTRIAS”**

**MONOGRAFÍA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**FRANCO MACIAS SAÚL**

**ASESOR**

**MTRO. MIGUEL ÁNGEL VÁZQUEZ ALAMILLA**

**DICIEMBRE 2010**

## ÍNDICE TEMÁTICO

## PÁGINA

INTRODUCCIÓN.....	I
JUSTIFICACIÓN .....	III
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	V
OBJETIVOS .....	VI
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	VII
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 CENTRAL ELÉCTRICA.....	3
1.3 TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS.....	4
1.3.1 CENTRAL TÉRMICA.....	5
1.3.2 CENTRAL HIDROELÉCTRICA .....	7
1.3.3 CENTRAL NUCLEAR.....	8
1.3.4 CENTRAL GEOTERMICA.....	9
1.3.5 CENTRAL SOLAR.....	10
1.3.6 CENTRAL EÓLICA.....	11
1.3.7 CENTRAL MAREMOTRIZ.....	13
1.3.8 SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	14
1.3.8.1 GENERACIÓN .....	15
1.3.8.2 TRANSPORTE .....	15
1.3.8.3 SUBESTACIÓN.....	15
1.3.8.4 DISTRIBUCIÓN.....	16
1.3.9 CLASIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO.....	16
1.3.10 CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA PARA GENERAR ENERGÍA ELECTRICA .....	17
1.4 CONCLUSIÓN.....	18

## **CAPITULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

2.1 INTRODUCCIÓN.....	20
2.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	21
2.3 CIRCUITO ELÉCTRICO.....	21
2.4 ELEMENTOS A COSIDERAR EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	22
2.4.1 SEGURIDAD .....	22
2.4.2 EFICIENCIA .....	23
2.4.3 ECONOMÍA .....	23
2.4.4 MANTENIMIENTO.....	24
2.4.5 DISTRIBUCIÓN.....	26
2.4.6 ACCESIBILIDAD .....	26
2.5 ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN.....	27
2.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	27
2.7 CODIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS .....	28
2.8 PARTES QUE COMPONEN LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS .....	28
2.8.1 EL ALMA O ELEMENTO CONDUCTOR.....	29
2.8.2 EL AISLAMIENTO .....	29
2.8.3 LAS CUBIERTAS PROTECTORAS .....	30
2.9 DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTORES .....	30
2.10 CALIBRADOR PARA ALAMBRES .....	31
2.11 DENSIDAD DE CARGA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS .....	32
2.12 DATOS DE ENERGÍA CONSUMIDA PARA DISTINTOS TIPOS DE INDUSTRIA.....	33
2.13 CONCLUSIÓN.....	34

## **CAPITULO 3**

### **DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

3.1 INTRODUCCIÓN.....	36
-----------------------	----

3.2 RIESGO ELÉCTRICO .....	37
3.3 TIPOS DE ACCIDENTES OCASIONADOS POR LA ELECTRICIDAD .....	39
3.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE .....	40
3.5 DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN.....	41
3.5.1 FUSIBLES .....	42
3.5.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS .....	42
3.5.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS .....	42
3.6 PLANTA DE EMERGENCIA.....	44
3.7 CONCLUSIÓN.....	45

## **CAPITULO 4**

### **MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

4.1 INTRODUCCIÓN.....	47
4.2 MANTENIMIENTO .....	48
4.3 CLASIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO .....	49
4.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	49
4.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	50
4.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	51
4.4 FACTORES DE DISEÑO VINCULADOS A LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO .....	52
4.4.1 MANTENIBILIDAD .....	52
4.4.1.1 ECUACIÓN DE MANTENIBILIDAD.....	53
4.4.1.2 MÉTODOS DE DISEÑO PARA LOGRAR LA MANTENIBILIDAD.....	54
4.4.2 CONFIABILIDAD .....	55
4.4.2.1 ECUACIÓN DE CONFIABILIDAD .....	55
4.4.2.2 BASE DE CONFIABILIDAD.....	57
4.4.2.3 PREDICCIÓN DE LA CONFIABILIDAD .....	58
4.4.2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	59
4.5 ÁREAS DE TRABAJO Y A LAS FUENTES Y DE ILUMINACIÓN .....	59

4.6 CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS .....	61
4.7 SOBRE CARGA EN LA INSTALACIÓN .....	62
4.7.1 CONEXIONES Y AISLAMIENTO .....	63
4.7.2 INSTALACIÓN DE UNA CONEXIÓN A TIERRA.....	64
4.7.3 INTERRUPTOR GENERAL.....	64
4.7.4 CAJA DE DISYUCTORES O BREAKERS .....	65
4.7.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS BREAKERS .....	66
4.8 CONCLUSIÓN.....	67

## **CAPITULO 5**

### **CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN**

5.1 INTRODUCCIÓN.....	69
5.2 DEMANDA CONTRATADA .....	70
5.3 FACTOR DE CARGA .....	70
5.4 TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	70
5.5 TARIFAS ESPECÍFICAS.....	71
5.6 TENSIÓN DE SUMINISTRO DE CADA TARIFA.....	71
5.7 REGIONES TARIFARIAS.....	72
5.8 CIRCUITOS DERIVADOS PARA ILUMINACIÓN.....	72
5.9 CALCULO DE NÚMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS Y LAMPARAS .....	73
5.10 DETERMINACIÓN DEL COSTO EN LA FACTURACION DE UNA TARIFA OM.....	74
5.11 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO UTILIZADO PARA PERDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ILUMINACIÓN INDUSTRIAL .....	75
5.12 CONCLUSIÓN.....	75

## **CAPITULO 6**

### **TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN**

6.1 INTRODUCCIÓN.....	78
6.2 INDICADORES ENERGÉTICOS.....	79

6.3 ¿POR QUÉ AHORRAR ELECTRICIDAD? .....	79
6.4 LÁMPARAS INCANDESCENTES Y LÁMPARAS AHORRADORAS .....	81
6.4.1 INCIDENCIA SOBRE LA EFICACIA.....	82
6.4.2 INCIDENCIA SOBRE LA CALIDAD.....	82
6.4.3 COMPARACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ENTRE UNA LÁMPARA AHORRADORA DE 11 W. Y OTRA INCANDESCENTE EQUIVALENTE DE 60 W. ....	83
6.5 REDUCCIÓN DE COSTOS EN FACTURACIÓN TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	84
6.6 COMO REDUCIR LOS COSTOS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	85
6.6.1 TARIFA O – M “SERVICIO EN MEDIA TENSIÓN” .....	85
6.6.2 TARIFA H – M “SERVICIOS EN ALTA TENSIÓN” .....	86
6.6.3 PERIODOS DE BASE, INTERMEDIO Y PUNTA .....	87
6.6.4 DEMANDA FACTURABLE .....	88
6.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN.....	88
6.7.1 METODOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	89
6.7.1.1 DIAGNÓSTICO .....	90
6.7.1.2 PLANEACIÓN .....	91
6.7.1.3 ORGANIZACIÓN.....	91
6.7.1.4 INTEGRACIÓN.....	91
6.7.1.5 DIRECCIÓN .....	91
6.7.1.6 CONTROL.....	92
6.7.2 EFECTOS DE UN DIAGNÓSTICO PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	92
6.8 CONCLUSIÓN.....	94
GLOSARIO.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97
CYBERGRAFÍA.....	99

Fig.1.1 Esquema de la transformación de energía mecánica en eléctrica .....	3
Fig. 1.2 Central térmica .....	5
Fig. 1.3 Central hidroeléctrica .....	7
Fig. 1.4 Central térmica nuclear .....	8
Fig. 1.5 Central geotérmica .....	9
Fig. 1.6 Central solar .....	10
Fig. 1.7 Central eólica .....	12
Fig. 1.8 Central maremotriz .....	13
Fig. 1.9 Líneas eléctricas .....	14
Fig. 1.9 Capacidad de producción en % de las centrales eléctricas .....	17
Fig. 2.1 Calibrador para alambres.....	32
Fig. 3.1 Señal de peligro eléctrico .....	38
Fig. 4.1 Sobre carga en la instalación .....	62
Fig. 4.2 Conexiones y aislamiento.....	63
Fig. 4.3 Instalaciones de una conexión a tierra .....	64
Fig. 4.4 Interruptor general.....	64
Fig. 4.5 Caja de disyuctores o breakers .....	65
Fig. 5.1 Diagrama causa efecto .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS POR CAPITULO

## PÁGINA

Tabla 2.1 Calibre de conductores.....	31
Tabla 2.2 Densidad de carga para algunas industrias.....	32
Tabla 2.3 Datos de energía consumida para distintos tipos de industria.....	33
Tabla 4.1 Distribución de breakers .....	66
Tabla 5.1 Tarifas específicas .....	71
Tabla 5.2 Tensión de suministro de cada tarifa .....	71
Tabla 6.1 Comparación entre una lámpara ahorradoras y otra incandescente .....	83
Tabla 6.2 Cargos por demanda máxima medida y por energía consumida .....	86
Tabla 6.3 Tarifa O – M “Servicio en media tensión” región centro.....	86
Tabla 6.4 Tarifa H – M “Tarifa en alta tensión” .....	87
Tabla 6.5 Periodos de base, intermedio y punta. Temporada de verano .....	87
Tabla 6.6 Periodos de base, intermedio y punta. Temporada de invierno.....	87
Tabla 1 Anexo. Niveles de Iluminación STPS. ....	101

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las industrias han visto como la energía ha pasado de ser un factor secundario en su estructura, a ser capítulo importante en la misma. Debido al incremento paulatino en su costo, han tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos. Para ello, es preciso conocer el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes, para minimizar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

Para lograr lo anterior se presenta el presente trabajo titulado **“Factores para el ahorro de energía eléctrica con respecto a la iluminación de las industrias”** cuya estrategia central es el ahorro y uso eficiente de la energía, con ello se mejora la competitividad, se amplía el horizonte energético y liberan recursos económicos para destinarlos a otras actividades productivas.

El concepto de administración se encarga de la planificación, dirección y seguimiento de los esfuerzos individuales encaminados hacia el mejor uso de los recursos. Es por ello, que la administración de la energía debe estar firmemente apoyada por un programa de conservación de energía, encargado de reducir el desperdicio de la misma, la mejor utilización por parte de los consumidores (uso racional) y la sustitución de equipos consumidores de energía. El ahorro de energía no puede llevarse a cabo, si no se conoce dónde y cómo se está utilizando, para lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía.

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico, la producción y la forma en que se usa la energía, generan un impacto ambiental en todas las escalas, amenazando el desarrollo en el futuro, la abundancia de energía y la falta de conciencia sobre el impacto de su uso en el ambiente, han facilitado el consumo intensivo e ineficiente de energía.

Es bien sabido que la mayor parte de la energía que consumimos proviene de combustibles fósiles, (carbón, petróleo, gas, etc.) que son fuentes de energía agotable no renovable. La producción de energía con este tipo de combustibles genera residuos, entre ellos el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el cual repercute directamente en el medio ambiente, lo que ha ocasionado fenómenos como el efecto invernadero y el cambio climático por el aumento de la retención de calor y por consecuencia, el aumento de la temperatura global del planeta<sup>1</sup>.

El sector eléctrico en México se considera estratégico para la soberanía Nacional. La Constitución Política establece que es de propiedad Federal y el organismo encargado de su control es la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los intentos de reformar el sector eléctrico se han enfrentado tradicionalmente a una gran resistencia política, económica y social.

Frente a la creciente demanda de energía a nivel mundial, dos alternativas aparecen como los posibles caminos a seguir: el uso eficiente e inteligente de la energía o la expansión de grandes plantas generadoras. Son varios los elementos que ayudan a reducir el consumo de energía que se gasta en iluminación, desde el simple cambio de una lámpara, la revisión de las instalaciones y hasta la implementación de nuevos sistemas con equipamiento electrónico inteligente. Pensando en ello, se ha desarrollado una tecnología de bajo consumo de energía: lámparas, balastros, controles electrónicos y sistemas de iluminación que ahorran energía y tienen una mayor duración.

En vista de la importancia de esta actividad, se ha decidido poner al alcance de los empresarios y trabajadores de la Industria, esta monografía, titulada “**Factores para el ahorro de energía eléctrica con respecto a la iluminación de las industrias**” Que se espera les sea de utilidad para reducir sus consumos de energía eléctrica y por ende, aumentar la competitividad.

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Sector\\_el%C3%A9ctrico\\_en\\_M%C3%A9xico](http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_M%C3%A9xico)

## JUSTIFICACIÓN

Para la gran mayoría la electricidad es algo que está siempre disponible, se aprieta el interruptor y se enciende una lámpara, se enchufa un artefacto y este funciona, pero pocos saben cómo se genera y se transmite la energía eléctrica, no están conscientes de que detrás de esos agujeros o de esos botones en la pared hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos y sociales.

Ahorrar energía eléctrica no es reducir el nivel de bienestar o grado de satisfacción de las diferentes necesidades, sino por el contrario, es dar lugar a una reflexión y un cambio en los comportamientos que conduzcan a un uso racional de la misma, mejorando los sistemas eléctricos, como el de iluminación.

El presente trabajo proporcionará la información necesaria para lograr el ahorro de energía eléctrica en la iluminación de las industrias, demostrando la manera más eficiente de lograrlo, con la finalidad de reducir los costos y ayudar al medio ambiente, al disminuir emisiones contaminantes por la generación de energía eléctrica con combustibles fósiles.

También y de manera muy importante es el hecho de que el calentamiento global se ve afectado con la ineficiencia energética, la cual es un hecho demostrado y no una simple moda.

El calentamiento global es causado por la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero, entre ellos el principal es el (CO<sub>2</sub>), proveniente de los procesos de transformación de los combustibles fósiles en energía y procesos industriales<sup>2</sup>

Los principales usuarios de energía eléctrica en nuestro país son las industrias, el sector doméstico y comercial, en estos sectores es donde se demanda más energía y donde hay más oportunidad de ahorrar.

---

<sup>2</sup> Revista GREENPEACE; Primer cuatrimestre de 2009, Núm. 4.

Esta monografía, se pone a la disposición de los industriales, alumnos y personas que de una u otra forma estén interesados en conocer acerca del tema, ya que será de gran utilidad en beneficio de nuestra sociedad.

El trabajo tiene implicaciones para una gama de problemas prácticos: la pérdida de energía eléctrica, la seguridad en las instalaciones, el apropiado confort de los usuarios del sistema de iluminación y el adecuado diagnóstico energético en iluminación que sirvan para la propuesta de alternativas de solución en el ahorro de energía eléctrica.

Esta monografía pretende ayudar a la conservación del medio ambiente, a la optimización de nuestros recursos energéticos y al mejor aprovechamiento de energía por parte de las industrias.

La búsqueda de alternativas de solución a esta problemática debe ser de interés tanto en la industria y sociedad así como en las autoridades gubernamentales.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través de los tiempos, el hombre se ha valido de múltiples servicios que le han proporcionado confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la sociedad, porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna, y a su vez, ésta ofrece equipos cada vez más sofisticados que brindan recreación, entretenimiento y comodidades, demandando mayor cantidad de energía, en el ámbito industrial representan un papel primordial, porque es indispensables para facilitar las labores.

Se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar la energía eléctrica, en las últimas décadas algunas empresas se han interesado en la aplicación de medidas correctivas y preventivas para usar mejor su energía y evitar con esto el incremento al catastrófico deterioro ambiental y el consecuente costo de producción.

Esta problemática se manifiesta en la poca preocupación que existe por el consumo de electricidad, debido a que su costo es menor comparando con otros insumos, ya que, a raíz de los ajustes inflacionarios y aumento de los combustibles, se hace más evidente el aumento en el costo de la energía eléctrica.

Por lo tanto, la presente investigación plantea los siguientes análisis: que efecto tienen los diferentes tipos de tecnologías utilizadas en la iluminación de las industrias, con respecto al ahorro de energía; bajo qué condiciones se minimiza la perdida de energía eléctrica en los sistemas de iluminación de las industrias; como se relaciona la seguridad en las industrias, con los sistemas de iluminación; qué efectos tiene realizar un diagnóstico en el sistema de iluminación, con respecto al ahorro de energía eléctrica.

## **OBJETIVOS**

Proporcionar la información sobre el ahorro de energía eléctrica, en la iluminación de las industrias, logrando una mayor eficiencia en el personal, equipo e instalaciones.

Analizar las condiciones de pérdida de energía eléctrica, en sistemas de iluminación de las industrias.

Describir la operación de los sistemas de iluminación, para mejorar su mantenibilidad y seguridad.

Identificar el promedio de consumo de energía eléctrica en las industrias.

Describir algunos tipos de tecnologías utilizadas en la iluminación de las industrias, con respecto al ahorro de energía eléctrica.

Demostración de mejoras para la reducción de los costos en el consumo y la facturación de energía eléctrica.

Mostrar la gestión del ahorro de energía, a partir de una exposición de la metodología.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo al planteamiento referido al ahorro de energía eléctrica en la iluminación de las industrias y considerando los objetivos propuestos para tal fin, se usaron una serie de técnicas de recolección de la información, orientada hacia el alcance de los mismos.

La primera parte de la monografía está referida a la delimitación de los aspectos teóricos de la investigación, donde se incluyen la formulación y delimitación de la investigación, además de la definición de los objetivos propuestos, entre otros. El contenido está basado en la revisión bibliográfica de libros, tesis, monografías, revistas e internet que permita darle mayor definición al trabajo aplicando técnicas documentales<sup>3</sup>. El trabajo consta de seis capítulos fundamentales:

En el Capítulo 1. Se describe la generación y suministro de la energía eléctrica.

En el Capítulo 2. Se mencionan las características de instalaciones eléctricas.

En el Capítulo 3. Se describen los dispositivos de protección en las instalaciones eléctricas.

En el Capítulo 4. Se determinan los aspectos necesarios acerca del mantenimiento en las instalaciones eléctricas.

En el Capítulo 5. Se analiza el consumo de energía eléctrica en la iluminación.

En el Capítulo 6. Se mencionan los pasos básicos en las técnicas de ahorro de energía en iluminación, así como las alternativas con nuevos equipos de iluminación, junto con la metodología de un diagnóstico energético.

Para mayor comprensión de esta monografía, se redacta un glosario donde se definen de manera clara los conceptos técnicos utilizados. Para este trabajo, se efectúa un estudio explicativo, debido a que ya existen argumentos para el uso eficiente de la energía.

---

<sup>3</sup> Sampieri, Hernández Roberto, Collado Fernández Carlos, Lucio Baptista Pilar. Metodología de la investigación. pág. 14.

**CAPITULO 1**  
**GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE**  
**ENERGÍA ELÉCTRICA**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica se crea por el movimiento de los electrones, para que este movimiento sea continuo, se tiene que suministrar electrones por el extremo positivo, para dejar que se escapen o salgan por el negativo; para poder conseguir esto, se necesita mantener un campo eléctrico en el interior del conductor (metal), cada vez que se cierra un circuito eléctrico, se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor<sup>4</sup>.

La generación de energía eléctrica es una actividad humana básica, ya que está directamente relacionada con los requerimientos actuales del hombre. Todas las formas de utilización de las fuentes de energía, tanto las habituales como las denominadas alternativas, o no convencionales, agreden en mayor o menor grado al medio ambiente.

La mayor parte de la energía que se utiliza en la vida diaria es la eléctrica. Pero esto no sería posible si no se hubiesen desarrollado sistemas capaces de generarla, distribuirla y consumirla, con la cual se pueden obtener otros tipos de energía, como son: luminosa, mecánica o térmica.

La generación de energía eléctrica se lleva a cabo mediante técnicas diferentes. Las que suministran las mayores cantidades y potencias de electricidad, aprovechan un movimiento rotatorio para generar corriente.

El movimiento rotatorio resulta a su vez de una fuente de energía mecánica directa, como puede ser la corriente de un salto de agua, la producida por el viento, o a través de un ciclo termodinámico. En este último caso se calienta un fluido al que se hace recorrer un circuito en el que mueve una turbina, el calor de este proceso se obtiene mediante la quema de combustibles fósiles<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> [http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones\\_fisica/energia\\_electrica.htm](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm)

<sup>5</sup> <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo2.html>

## 1.2 CENTRAL ELÉCTRICA

Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico<sup>6</sup>.

Desde que se descubrió la energía eléctrica, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han construido sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución.

Por otro lado, la mayoría de los directivos de las principales empresas eléctricas, consideran que en el horizonte para el año 2020, existirán tecnologías limpias y renovables de generación local, lo que obligará a las grandes corporaciones del sector a un cambio de mentalidad.

Se puede considerar que el esquema de una central eléctrica es:

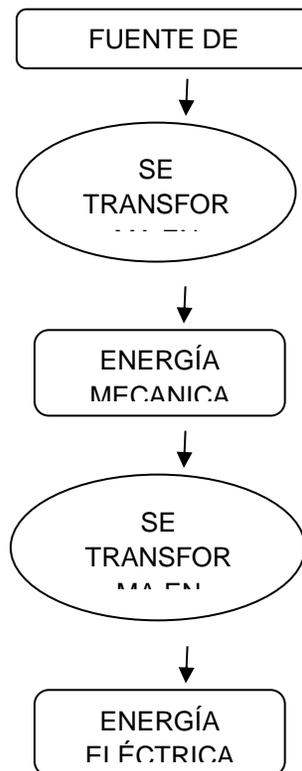


Fig.1.1 Esquema de la transformación de energía mecánica en eléctrica

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Central\\_hidroel%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica)

De manera general, la energía mecánica, proviene de la transformación de la energía potencial del agua almacenada en un embalse y de la energía térmica suministrada al agua mediante la combustión del carbón, gas natural, el viento etc. (fig. 1.1).

Para realizar la conversión de energía mecánica en eléctrica, se emplean unos generadores que constan de dos piezas fundamentales:

El **estator**: Armadura metálica, que permanece en reposo, compuesto en su interior por unos hilos de cobre, que forman diversos circuitos.

El **rotor**: Está en el interior del estator y gira accionado por la turbina, formado en su parte interior por un eje y en su parte más externa por unos circuitos.

Cuando el rotor gira a gran velocidad debido a la energía mecánica aplicada a las turbinas, produce corrientes en los hilos de cobre del interior del estator, estas corrientes proporcionan al generador la denominada fuerza electromotriz capaz de producir energía eléctrica.

Como se ha mencionado, la turbina es la encargada de mover el rotor del generador y producir la corriente eléctrica, la turbina a su vez es accionada por la energía mecánica del vapor de agua a presión o por un chorro de agua.

### 1.3 TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en termoeléctricas, hidroeléctricas, nucleares, geotérmicas, eólicas, solares y maremotrices. La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial, proviene de los tres primeros tipos de centrales señaladas.

Las centrales generadoras, termoeléctricas (de combustibles fósiles, nucleares o solares), hidroeléctricas, eólicas y maremotrices, todas estas centrales tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador, movido mediante una turbina.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa del Gobierno Mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 34 millones de clientes, e incorpora anualmente más de un millón<sup>7</sup>.

La infraestructura para generar la energía eléctrica está compuesta por 178 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 51,571 megawatts. El 22% de la capacidad instalada corresponde a capital privado por los Productores Independientes de Energía (PIE)<sup>8</sup>.

### 1.3.1 CENTRAL TÉRMICA

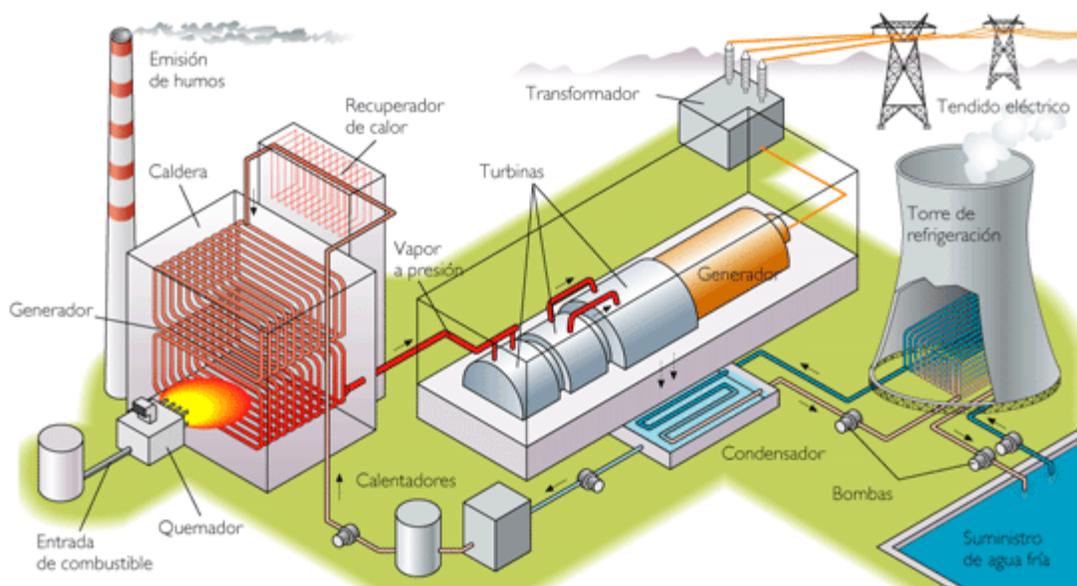


Fig. 1.2 Central térmica

**Impacto atmosférico:** Emisión de gases contaminantes y partículas sólidas que provocan el efecto invernadero y lluvia ácida.

**Impacto acuático:** Acidificación de ríos y lagos. Mareas negras por derrame accidental en el transporte de hidrocarburos.

<sup>7</sup> <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx>

<sup>8</sup> <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi>.

**Impacto terrestre:** Agresión por explotaciones mineras, sobre todo a cielo abierto. Derrame de hidrocarburos en la extracción y transporte. Deterioro debido a la lluvia acida.

**Producción de energía eléctrica en México:** 46%

Las Centrales térmicas (fig. 1.2) producen electricidad a partir de la energía química almacenada en un combustible (petróleo, carbón, diesel o combustibles nucleares). Las centrales térmicas que usan combustibles fósiles liberan a la atmósfera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), considerado el principal gas responsable del calentamiento global. También, dependiendo del combustible utilizado, pueden emitir otros contaminantes, como óxidos de azufre, metano y partículas sólidas<sup>9</sup>.

Para el funcionamiento de este tipo de centrales, el petróleo se transporta en grandes barcos o en conductos de gran longitud (oleoductos); el gas se transporta en conductos subterráneos (gasoductos). El carbón, sin embargo, se suele transportar en barcos o trenes hasta las centrales térmicas.

La situación de muchas centrales eléctricas viene determinada por la fuente de energía que emplean como «materia prima». Así, muchas centrales térmicas de petróleo, se sitúan junto al mar para que el transporte del crudo desde petroleros sea sencillo. Aunque pueden usarse combustibles diversos (carbón, petróleo, gas), la producción de energía sigue en todos los casos este esquema:

1. EL calor generado al quemar el combustible (carbón, petróleo) se emplea para calentar agua en una caldera, que se transforma en vapor.
2. Este vapor de agua se dirige hacia unas turbinas y las hace girar, debido a su empuje.
3. Un generador, el aparato capaz de producir electricidad, está acoplado a las turbinas, de manera que a medida que estas giran, se produce la energía eléctrica.

---

<sup>9</sup> <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>

4.El generador está conectado a un transformador que convierte la corriente eléctrica para que se distribuya por los tendidos eléctricos.

### 1.3.2 CENTRAL HIDROELÉCTRICA

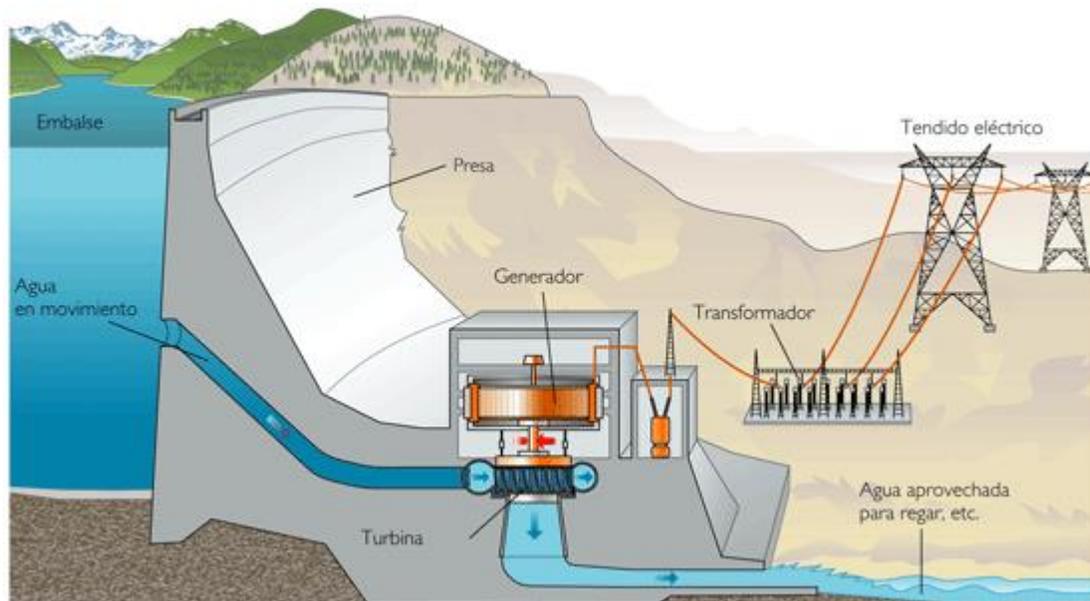


Fig. 1.3 Central hidroeléctrica

**Impacto atmosférico:** Limpia.

**Impacto acuático:** Interrupción del flujo del río y generación de micro climas.

**Impacto terrestre:** Inundación de terrenos fértiles y zonas habitadas.

**Producción de energía eléctrica en México:** 22%

La central hidroeléctrica (fig. 1.3) produce electricidad a partir de la energía mecánica del agua almacenada en un embalse.

El agua de un embalse, cae y empuja unas turbinas acopladas a un generador, que está conectado a un transformador donde se modifican las características de la corriente eléctrica, para distribuirla por los tendidos eléctricos<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> <http://www.endsaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>

### 1.3.3 CENTRAL NUCLEAR

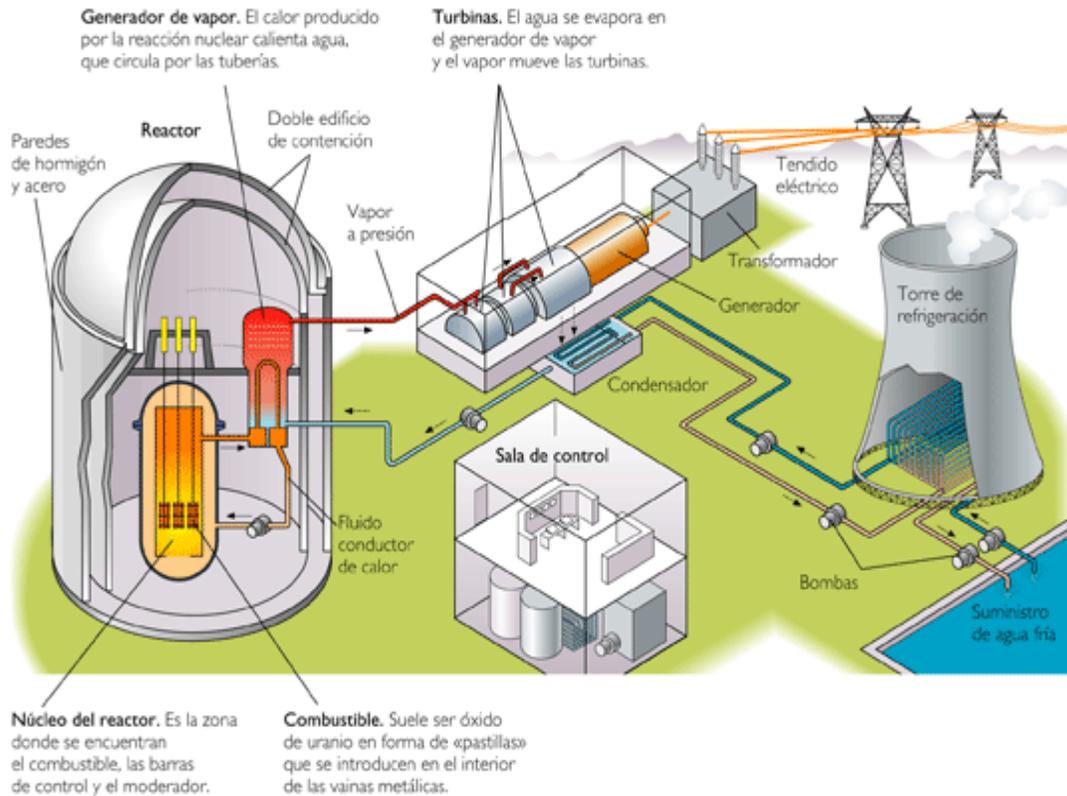


Fig. 1.4 Central térmica nuclear

**Impacto atmosférico:** Emisión de gases contaminantes que provocan el incremento de la lluvia acida y el calentamiento global.

**Impacto acuático:** Calentamiento localizado de ríos, lo cual provoca la proliferación de algas.

**Impacto terrestre:** Problemas con el almacenamiento de residuos radiactivos. Contaminación visual e impacto paisajístico.

**Producción de energía eléctrica en México:** 2,85%

Una central nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, se caracteriza por el empleo de materiales como el uranio y plutonio, que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Las instalaciones nucleares son construcciones complejas por la variedad de tecnologías industriales empleadas y por la elevada seguridad con la que se les dota. Las características de la reacción nuclear hacen que

pueda resultar peligrosa si se pierde su control y prolifera por encima de una determinada temperatura a la que funden los materiales empleados<sup>11</sup>.

### 1.3.4 CENTRAL GEOTERMICA

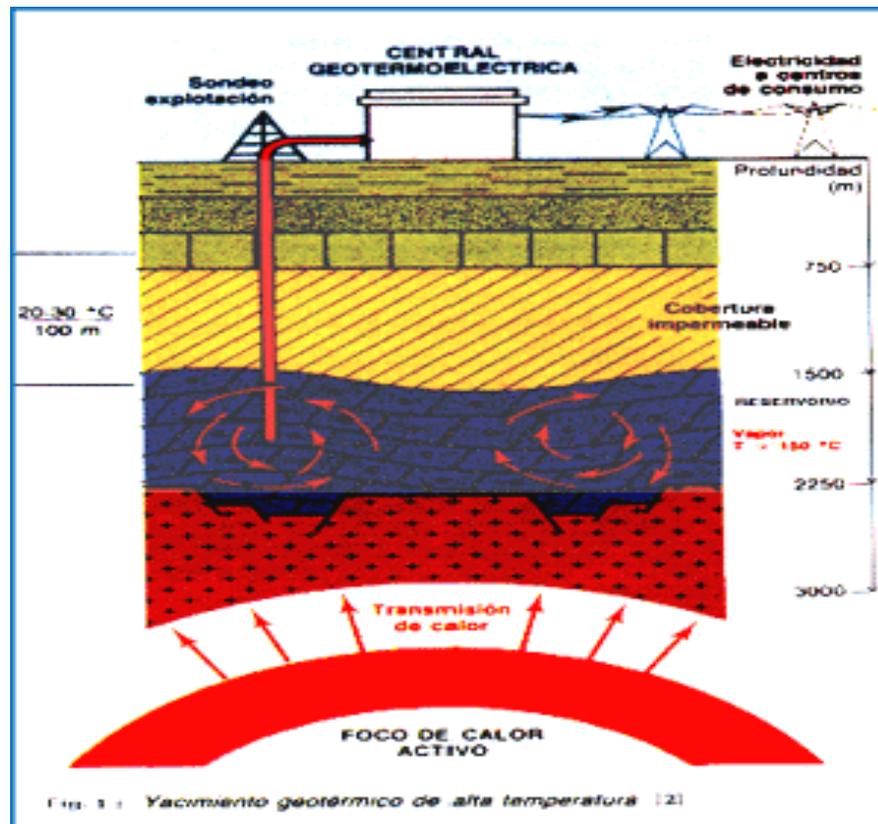


Fig. 1.5 Central geotérmica

**Impacto atmosférico:** Limpia.

**Impacto terrestre:** Contaminación visual e impacto paisajístico.

**Impacto acuático:** Limpio.

**Producción de energía eléctrica en México:** 2%

Las centrales menos empleadas son las geotérmicas (fig. 1.5) La energía geotérmica es aquella que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra. Geotérmico viene del griego geo, "Tierra" y thermos, "Calor"; literalmente "Calor de la tierra"<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Central\\_nuclear](http://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear)

<sup>12</sup> <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>

### 1.3.5 CENTRAL SOLAR

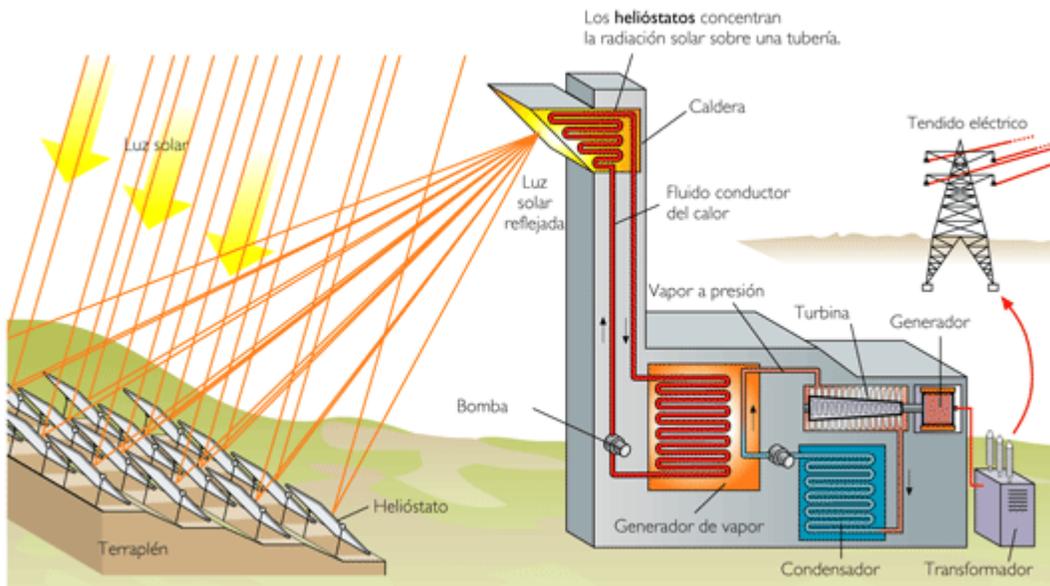


Fig. 1.6 Central solar

**Impacto atmosférico:** Limpia.

**Impacto terrestre:** Contaminación visual, grandes extensiones.

**Producción de energía eléctrica en México:** 0.005%

Una central solar (fig. 1.6) es una instalación industrial, en la que a partir del calentamiento de agua mediante radiación solar, y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover una turbina, y con ello la generación de energía eléctrica. En este tipo de centrales, es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas<sup>13</sup>.

La captación y concentración de los rayos solares se hace por medio de espejos con orientación automática, que apuntan a una torre central donde se calienta el agua, o con mecanismos más pequeños de geometría parabólica. Su principal problema medioambiental,

<sup>13</sup> Ibit

es la necesidad de grandes extensiones de territorio que dejan de ser útiles para otros usos (agrícolas, forestales, etc.).

En este caso no se usa ningún combustible como fuente de energía, sino que se aprovecha la energía luminosa procedente del Sol.

- 1.La luz se refleja en un conjunto de espejos orientados, para concentrar la luz reflejada hacia una caldera
- 2.En la caldera se calienta agua hasta convertirse en vapor, que se dirige hacia unas turbinas
- 3.Un generador conectado a las turbinas convierte la energía mecánica en energía eléctrica
- 4.Luego, la energía eléctrica se distribuye por los tendidos eléctricos

El mayor problema, es la baja eficiencia de estas centrales, que proporcionan menos energía que otras. Además, existe un condicionante geográfico, pues solo son rentables en regiones soleadas durante la mayor parte del año.

Pero la energía solar es una fuente de energía renovable, es decir, no se agota. Al contrario que los combustibles como el carbón o el petróleo, los cuales acabarán agotándose tarde o temprano. Al ritmo de consumo actual se calcula que las reservas de petróleo y gas natural durarán unos cincuenta años y las de carbón unos doscientos años<sup>14</sup>.

### **1.3.6 CENTRAL EÓLICA**

---

<sup>14</sup> <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>

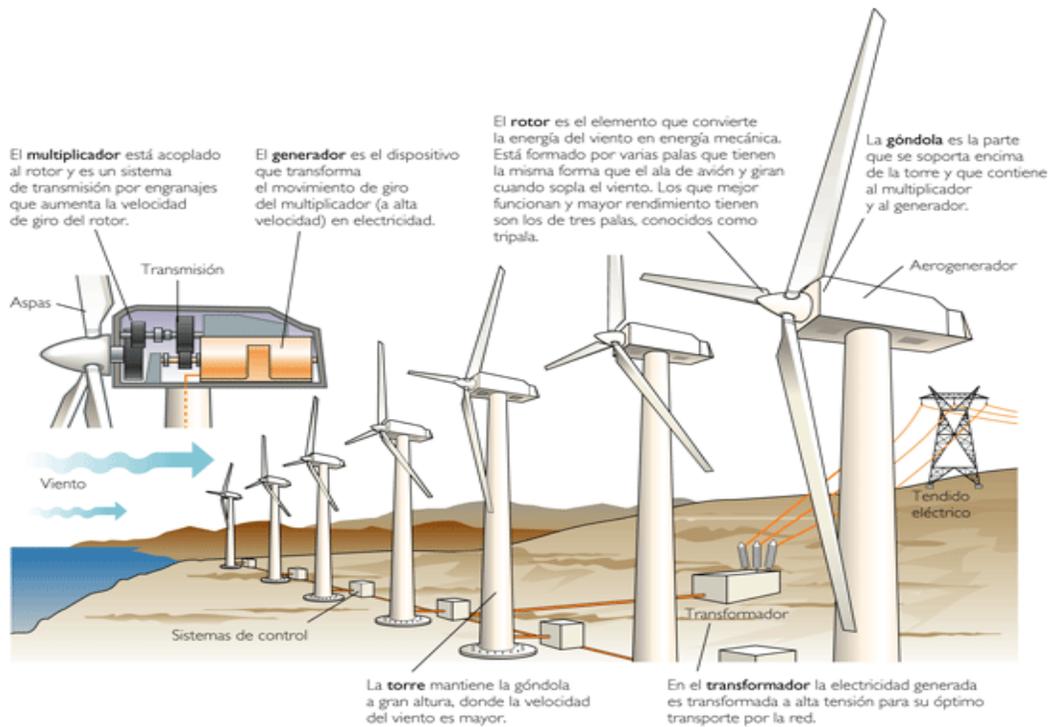


Fig. 1.7 Central eólica

**Centrales eólicas.** Producen electricidad a partir de la energía del viento.

**Impacto atmosférico:** Ruido y Muerte de aves al impactar con las aspas.

**Impacto acuático:** Limpio.

**Impacto terrestre:** Contaminación visual e impacto paisajístico.

**Producción de energía eléctrica en México:** 0,005%

En las centrales eólicas (fig. 1.7) la energía mecánica del viento mueve las aspas de un aerogenerador. En el interior, este movimiento se transmite a un generador de energía eléctrica<sup>15</sup>. Igual que en el caso de las centrales solares, existe un condicionante geográfico, pues el sistema solo es rentable en áreas con fuertes vientos.

El número de palas óptimo de la turbina, depende de la velocidad del viento, la estabilidad cuando se mueve, el rendimiento, peso y el precio de los materiales. El número de palas a utilizar será inversamente proporcional a la velocidad del viento<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>

<sup>16</sup> [www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas](http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas)

### 1.3.7 CENTRAL MAREMOTRIZ

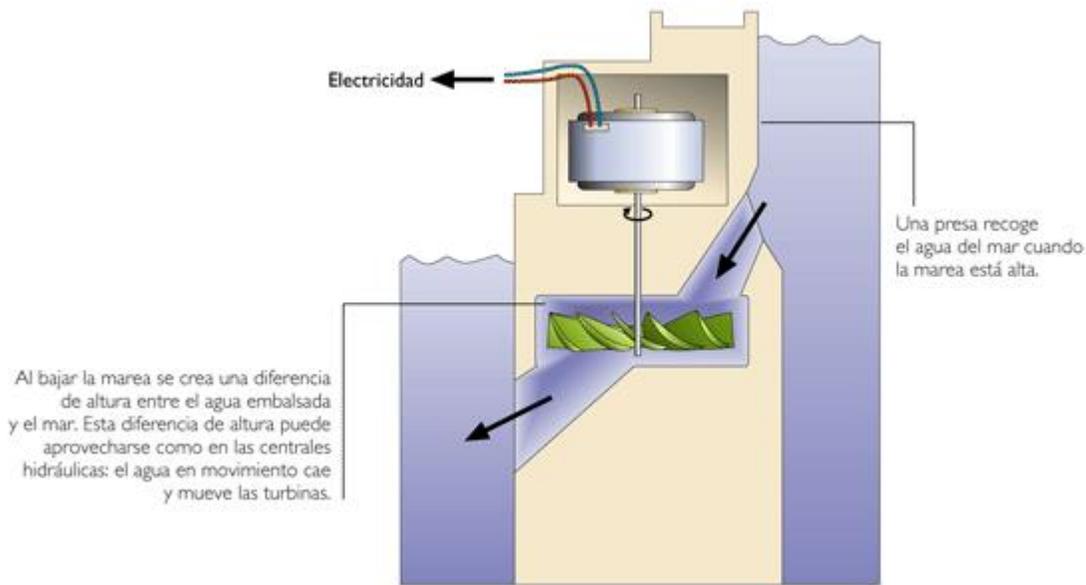


Fig. 1.8 Central maremotriz

**Instalación:** Central maremotriz.

**Impacto atmosférico:** Limpia.

**Impacto acuático:** Alteración de la vida marina debido a los diques.

**Impacto terrestre:** Contaminación visual e impacto paisajístico.

Para aprovechar el movimiento de subida y bajada del agua durante las mareas se construyen centrales mareomotrices cerca de la costa. Aunque la diferencia entre la marea alta y baja en mitad del océano es de apenas 1 m, en algunas costas esta diferencia llega a alcanzar los 15 metros, en estas zonas es interesante aprovechar las mareas para generar energía eléctrica<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> <http://renovable.com/2007/03/02/energia-marina-o-%E2%80%9Cde-las-olas%E2%80%9D/>

### 1.3.8 SUMINISTRO ELÉCTRICO

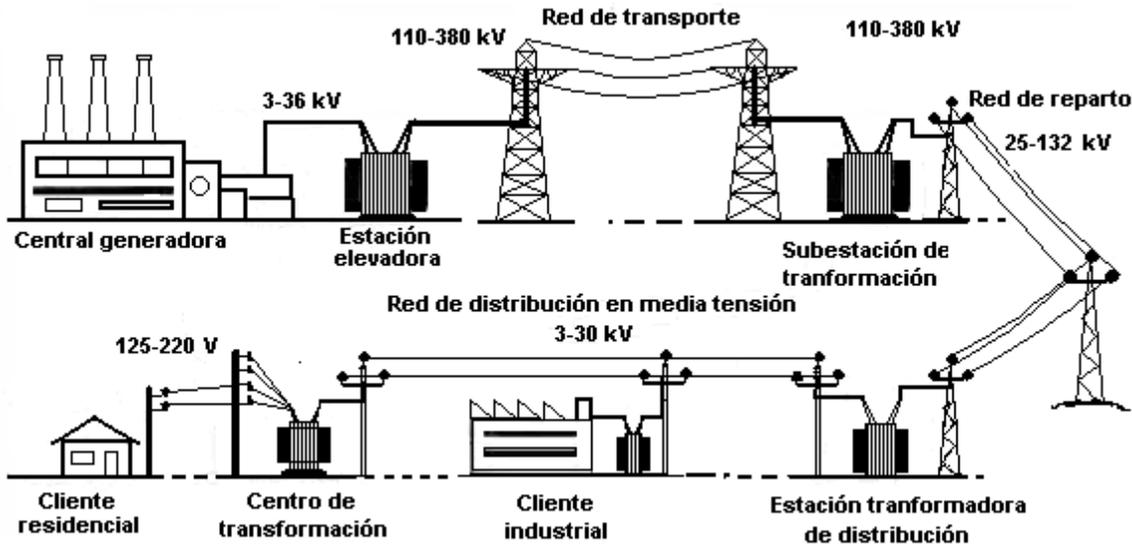


Fig. 1.9 Líneas eléctricas

**Impacto atmosférico:** Generación de campos magnéticos y eléctricos

**Impacto acuático:** Limpia.

**Impacto terrestre:** Contaminación visual y estética.

**Suministro de energía eléctrica en México:** 178 centrales generadoras.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 3 y 36 KV; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento, por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias.

Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 110 y 380 KV para la línea de transporte primaria, (cuanta más alta es la tensión en la línea menores son las pérdidas). En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 25 y 132 KV para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. Para su suministro a los consumidores se baja

más la tensión: la industria suele trabajar a tensiones entre 3 y 30 KV, y las viviendas reciben entre 125 y 220 V. (ver fig. 1.8).

El sistema de suministro eléctrico, comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

### **1.3.8.1 GENERACIÓN**

La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas. Una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina, que a su vez, hace girar un alternador, generando así electricidad.

El hecho de que la electricidad a nivel industrial, no pueda ser almacenada y deba consumirse en el momento en que se produce, obliga a disponer de capacidades de producción con potencias elevadas, para hacer frente a las puntas de consumo, con flexibilidad de funcionamiento para adaptarse a la demanda.

### **1.3.8.2 TRANSPORTE**

La red de transporte es la encargada de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica. Para un uso racional de la electricidad es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí, de manera que puedan transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

### **1.3.8.3 SUBESTACIÓN**

Las instalaciones llamadas subestaciones son plantas transformadoras que se encuentran junto a las centrales generadoras, y en la periferia de las diversas zonas de consumo, enlazadas entre ellas por la red de transporte. En estas se reduce la tensión de la electricidad, de la tensión de transporte a la de distribución.

#### **1.3.8.4 DISTRIBUCIÓN**

Desde las subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora), que ha de construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes. Estas líneas, realizadas a distintas tensiones y las instalaciones en que se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red de distribución, las líneas de la red de distribución pueden ser aéreas o subterráneas.

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes centrales: termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoelectrica. Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio o industria de cada uno de sus clientes, la CFE tiene cerca de 744 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución, para poder suministrar energía eléctrica a cerca de 137 mil localidades<sup>18</sup>.

Esto pone de manifiesto que la electricidad no es sólo el apagador que enciende la luz, es el final de la cadena que se origina en las grandes centrales de generación, para que la electricidad llegue hasta el consumidor es generada en grandes y costosas instalaciones, en el instante en que se requiera; para lo cual se han construido sofisticados sistemas de distribución de la misma, recorriendo muchos kilómetros mediante torres, postes, transformadores y cables; entregada, medida y facturada, lo que requiere de personal especializado y materiales de alta tecnología.

#### **1.3.9 CLASIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**

- A) BAJA TENSIÓN Tensión  $\leq$  1000 volts.
- B) MEDIA TENSIÓN 1000 volts < tensión  $\leq$  35000 volts
- C) ALTA TENSIÓN A NIVEL SUBTRANSMISIÓN 35000 volts < tensión < 220000 volts
- D) ALTA TENSIÓN A NIVEL TRANSMISIÓN Tensión  $\geq$  220000 volts

---

<sup>18</sup> <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx>

### 1.3.10 CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA PARA GENERAR ENERGÍA ELECTRICA

La CFE cuenta con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 51,571 Megawatts (MW) mediante las siguientes centrales<sup>19</sup>:

- 1) Termoeléctricas: 22,258.86 MW.
- 2) Productores Independientes (PIE): 10,386.90 MW.
- 3) Hidroeléctricas: 10,284.98 MW.
- 4) Carboeléctricas: 2,600.00 MW.
- 5) Nucleoeléctrica: 1,364.88 MW.
- 6) Geotermoeléctricas: 959.50 MW.
- 7) Eólicas y solares: 2.18 MW.

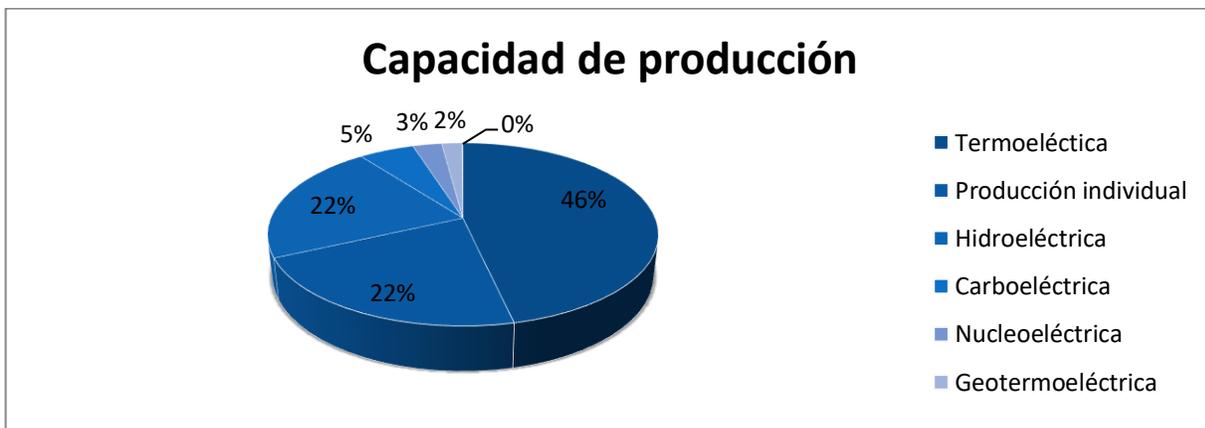


Fig. 1.9 Capacidad de producción en % de las centrales eléctricas

<sup>19</sup> <http://centralenergia.cl/centrales/capacidad-instalada-sic/>

## 1.4 CONCLUSIÓN

El costo de facturación por consumo de energía eléctrica puede llegar a ser muy elevado, es por ello que es importante reconocer la gran cantidad de recursos que se requieren, desde su generación hasta el suministro.

Todo lo anterior, tiene repercusión sobre la facturación que pagan los consumidores del país por concepto de energía eléctrica, por lo tanto, la iluminación es un factor importante que se debe controlar, ya que representa entre el 28% y el 30% del consumo total facturado en las industrias.

Considerando que, dentro de la facturación de energía eléctrica, se incluye la iluminación, se debe cuidar que esta opere dentro de rangos aceptables y no sean un factor predominante en la facturación total.

En el siguiente capítulo se describen las características generales de las instalaciones eléctricas.

**CAPITULO 2**

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

## 2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se muestran las características de las instalaciones eléctricas, pues es de gran ayuda, conocer como está conformada una instalación y sus elementos. Las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, es el medio mediante el cual las industrias se abastecen de energía eléctrica para el funcionamiento de los sistemas que necesiten de ella.

Es importante conocer las características generales de las instalaciones eléctricas industriales, así como las normas sobre las cuales se rigen para garantizar que una instalación sea segura y apropiada. En México existen las normas para las instalaciones eléctricas, su objetivo es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico-administrativo, que requieren el personal y las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan las condiciones adecuadas. En atención a la necesidad de contar con el instrumento normativo que regule las instalaciones eléctricas en forma permanente, para salvaguardar la seguridad de los usuarios y las instalaciones, para este capítulo se han considerado las siguientes normas:

NOM-001-SEDE-2005, “Instalaciones Eléctricas (utilización)”.

NOM-007-ENER-1995, “Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales”.

PROY-NOM-007-ENER-2003, “Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios”.

NOM-029-STPS-2005, “Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo- condiciones de seguridad”.

NOM-063-SCFI-2001, “Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad”.

NOM-008-SCFI-2002, “Sistema general de unidades de medida”.

NOM-001-SEDE-2003, “Instalaciones eléctricas”

## **2.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, sensores, dispositivos de control local, cables, conexiones, contactos y canalizaciones necesarios para conectar o interrumpir una o varias fuentes de energía eléctrica<sup>20</sup>.

Una instalación eléctrica es uno o varios circuitos eléctricos destinados a un uso específico y que cuentan con los equipos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de estos y de los equipos o aparatos eléctricos conectados a los mismos.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o plafones) o ahogadas (en muros, techos o pisos)<sup>21</sup>.

## **2.3 CIRCUITO ELÉCTRICO**

Es el conjunto de conductores que recorre una corriente eléctrica y en el cual hay generalmente intercalados aparatos productores o consumidores de esta corriente. Existen dos condiciones para el funcionamiento, cuando el circuito está abierto, que es cuando está interrumpido el flujo y por el no pasa corriente. La segunda condición es cuando el circuito está cerrado y por él, la corriente fluye libremente a través de todos los elementos que conforman el circuito eléctrico, entre los que se encuentran:

- ✓ Fuente de energía: central eléctrica
  
- ✓ Conductor: elemento por el cual pasa la corriente

---

<sup>20</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/InstalacionElectrica>

<sup>21</sup> lbit

- ✓ Carga: dispositivo operado por la corriente
- ✓ Interruptor: dispositivo que abre o cierra el circuito

Los circuitos eléctricos pueden estar conectados:

En serie: ocurre cuando dos o más elementos de un circuito se conectan uno tras otro, es decir se conectan secuencialmente.

En paralelo: conexión en donde los dispositivos de entrada, los elementos de un circuito conectados, coinciden entre sí, lo mismo que sus terminales de salida.

## **2.4 ELEMENTOS A CONSIDERAR EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

:

- ✓ Seguridad
- ✓ Eficiencia
- ✓ Economía
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Distribución
- ✓ Accesibilidad

### **2.4.1 SEGURIDAD**

La seguridad debe ser prevista desde todos los puntos de vista posibles, para operarios en industrias y para usuarios en casas habitación, oficinas, escuelas, etc., es decir, una instalación eléctrica bien planeada, con sus partes peligrosas protegidas y colocadas en lugares adecuados, evita al máximo accidentes e incendios.

Es así que el marco normativo de la NOM-001-SEDE-2005 indica que la seguridad de un sistema eléctrico parte de productos seguros (certificados) e instalaciones seguras (verificadas), a lo cual se suma el mantenimiento y el uso adecuado de las instalaciones.

Debido a la gran importancia que representa la seguridad en las instalaciones eléctricas, en el capítulo 3 se abordará sobre los dispositivos necesarios para mantenerla.

### **2.4.2 EFICIENCIA**

La eficiencia de una instalación eléctrica, está en relación directa a su construcción y acabado. La eficiencia de las lámparas, aparatos, motores y de todos los receptores de energía eléctrica serán los óptimos si se respetan los datos indicados en la placa del fabricante.

La ley de la administración pública federal, define las facultades de la Secretaría de Energía (SE), entre estas se encuentra la de expedir Normas Oficiales Mexicanas que promuevan la eficiencia del sector energético;

El Programa Nacional de Normalización de 2004 publico en el Diario Oficial, la NOM-007-ENER-1995, de nombre “Eficiencia energética para sistemas de alumbrado”, cuya finalidad es la preservación y uso racional de los recursos energéticos; además publicó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-007-ENER-2003, titulado “Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios”. Los cuales son de vital importancia para mantener una eficiencia en el uso de los recursos energéticos.

### **2.4.3 ECONOMÍA**

Es un aspecto que debe considerarse al diseñar y realizar una instalación eléctrica y debe hacerse sin sacrificar la seguridad del personal y del sistema eléctrico.

Se debe resolver este problema, no solo tomando en cuenta la inversión inicial en materiales y equipos, sino haciendo un estudio técnico – económico: pagos por consumo de energía eléctrica, gastos de operación y mantenimiento.

Lo anterior implica que lo conveniente es contar con materiales, equipos y mano de obra apropiados que garanticen el adecuado uso de equipos e instalaciones.

## **2.4.4 MANTENIMIENTO**

El mantenimiento de una instalación eléctrica, debe efectuarse periódica y sistemáticamente, realizando la limpieza y reposición de partes, así como la renovación y cambio de equipos.

El servicio de operación y mantenimiento a las instalaciones eléctricas de los centros de trabajo, se realiza con base en la NOM-029-STPS-2005 de los puntos **5.6, 5.7 y 8.4**. La cual indica textualmente.

NOM-029-STPS-2005

**5.6** Autorizar por escrito a los trabajadores que realicen actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos (alturas, espacios, subestaciones u otros). La autorización debe contener al menos: el nombre del trabajador autorizado; nombre y firma del patrón o de la persona que designe para otorgar la autorización; el tipo de trabajo a desarrollar; el área o lugar donde desarrollará la actividad; la fecha y hora de inicio de las actividades, y tiempo estimado de terminación.

**5.7** Proporcionar capacitación y adiestramiento a los trabajadores que realicen mantenimiento a las instalaciones eléctricas del centro de trabajo, con base en los procedimientos que para tal efecto se elaboren. La capacitación debe incluir los temas teórico-prácticos sobre el uso, mantenimiento, inspección y almacenamiento del equipo de protección personal, herramientas, equipo y materiales aislantes.

**8.4** En el mantenimiento:

- a)** Sólo personal autorizado y que cuente con la licencia o permiso correspondiente, debe realizar esa actividad en las instalaciones eléctricas de lugares peligrosos;
- b)** Se debe considerar que todos los conductores y equipos están energizados mientras no se demuestre lo contrario;
- c)** En la medida de lo posible, debe evitarse el trabajo en conductores o equipos energizados;

- d)** Se debe, invariablemente, colocar candados o etiquetas de seguridad al equipo o dispositivos de control eléctrico donde se hará esa actividad;
- e)** Se debe aplicar el procedimiento de libranza a conductores o equipo energizado antes de efectuar cualquier operación con objeto de:
- 1)** Interrumpir el flujo de la corriente eléctrica;
  - 2)** Aplicar otras medidas preventivas que también son necesarias, como la colocación de candados o avisos, para impedir que se conecte de nuevo la corriente eléctrica;
  - 3)** Verificar con equipo de medición, que no circula corriente eléctrica por los conductores o equipo;
  - 4)** Conectar a tierra y en cortocircuito los conductores y equipo, y
  - 5)** Proteger los elementos energizados situados en las inmediaciones contra el contacto accidental;
- f)** Después de haberse efectuado cualquier trabajo en conductores o equipo, sólo se debe energizar por orden de una persona autorizada;
- g)** Aplicar los procedimientos de seguridad que se requieran al personal que estará en contacto con los equipos o maquinaria energizados;
- h)** Mantener legible la identificación del equipo o dispositivos (tableros, gabinetes, interruptores) indicando las características eléctricas que manejan y el equipo que energizan;
- i)** No desplazar los aparatos eléctricos portátiles mientras estén conectados a la fuente de energía;
- j)** Las herramientas y aparatos eléctricos portátiles no deben emplearse en atmósferas inflamables o explosivas, a menos que cumplan con las especificaciones del equipo a prueba de explosión;
- k)** Se debe conectar a tierra el armazón de las herramientas y los aparatos de mano y portátiles, excepto el de las herramientas con doble aislamiento;
- l)** El sistema de puesta a tierra de toda la instalación debe someterse a prueba de continuidad y conservar el registro respectivo;
- m)** Se debe contar con las herramientas y equipo de protección personal adecuados a cada tarea, tales como: guantes dieléctricos y de cuero (carnaza), esteras y mantas aislantes (en número suficiente y de acuerdo al potencial eléctrico en el que se va a trabajar), y
- n)** Si hay que emplear a la intemperie aparatos de conexión de tipo abierto:

- 1) Todos los elementos bajo tensión eléctrica deben protegerse convenientemente contra contactos accidentales mediante cubiertas o bien colocándolos a cierta altura que no represente un riesgo de contacto accidental;
- 2) Se debe dejar un espacio de trabajo en torno a los elementos energizados.

#### **2.4.5 DISTRIBUCIÓN**

Tratándose de equipos de iluminación, una buena distribución de ellos, redundará tanto en un buen aspecto, como en un nivel de iluminación uniforme, a no ser que se trate de iluminación localizada, en motores y demás equipos, la distribución de los mismos deberá dejar espacio libre para operarios y circulación libre para el personal.

Los circuitos de los tableros de distribución de energía eléctrica deberán estar señalizados e identificados de acuerdo a la NOM-029-STPS-2005 en el punto 8.4 inciso H. La que textualmente indica.

NOM-029-STPS

**h)** Mantener legible la identificación del equipo o dispositivos (tableros, gabinetes, interruptores) indicando las características eléctricas que manejan y el equipo que energizan.

#### **2.4.6 ACCESIBILIDAD**

Aunque el control de equipos de iluminación y motores está sujeto a las condiciones de los locales, siempre deben escogerse lugares de fácil acceso, procurando colocarlos en forma tal, que al paso de personas no idóneas sean operados involuntariamente.

Debe existir un acceso apropiado en donde se puedan realizar las operaciones efectuadas para modificar el estado eléctrico de la instalación, para la desconexión ó reconexión de las instalaciones.

## 2.5 ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN

Como se ha indicado antes, un sistema de alimentación de energía eléctrica esta caracterizado principalmente por las siguientes partes:

- ✓ Red de alimentación de la compañía suministrada, que puede ser aérea o subterránea
- ✓ Subestación para transformación de voltaje
- ✓ Sistema de distribución en baja tensión
- ✓ Tableros de control de circuitos derivados

La red de alimentación de la compañía suministradora, alimenta la potencia requerida por la industria al nivel de voltaje usado.

La subestación eléctrica, es el conjunto de elementos encargados de transformar la energía eléctrica entregada en alta o media tensión por la compañía suministradora, a los valores necesarios para las cargas de la instalación eléctricas de los consumidores.

## 2.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras, hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos. Se aplica este concepto, a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Los conductores son todos los que sirven como elementos de unión, entre las fuentes o tomas de energía eléctrica, como transformadores, línea de distribución, interruptores, tableros de distribución, contactos, y accesorios de control.

Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial el conductor apropiado debería ser la plata, la cual no es utilizada de manera habitual porque elevaría los costos de instalación, por lo que el metal empleado de manera universal por su economía y grado de conductividad, es el cobre.

El uso de uno y otro material como conductor, depende de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar, además el costo que implica.

Es responsabilidad del Gobierno Federal procurar las medidas que sean necesarias para garantizar que los productos que se comercialicen en territorio nacional, reúnan los requisitos necesarios con el fin de garantizar los aspectos de calidad para lograr una efectiva protección del consumidor, para ello establece la Norma Oficial Mexicana NOM-063-SCFI-2001: titulada “Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad”.

## **2.7 CODIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

La NOM-001-SEDE-2003, “Instalaciones eléctricas” determina el código de colores del aislante en los conductores eléctricos, con la finalidad de que estos sean utilizados apropiadamente, de acuerdo a los colores que se les han asignado, esto garantiza la seguridad para la(s) persona(s) como para el equipo, maquinaria y las propias instalaciones<sup>22</sup>. Los colores reglamentados son los siguientes.

- a) El celeste, o azul, es reservado, para el conductor de menor potencial, o sea el neutro.
- b) El verde-amarillo, para las líneas de tierra, las de protección de las personas y equipos.
- c) La fase, puede tener cualquier color (rojo, blanco, negro, etc.), meno los dos anteriores.

**F. Fase.** Conductor que alimenta de electricidad a la instalación.

**N. Neutro.** Conductor que permite “completar” y/o “cerrar” un circuito.

**T. Tierra.** Permite canalizar descargas eléctricas a tierra.

## **2.8 PARTES QUE COMPONEN LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Estas son tres muy diferenciadas:

---

<sup>22</sup> <http://iguerrero.wordpress.com/2008/10/28/topicos-de-instalaciones-electricas-17/>

- 1.El alma o elemento conductor
- 2.El aislamiento
- 3.Las cubiertas protectoras

### **2.8.1 EL ALMA O ELEMENTO CONDUCTOR**

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica, desde las centrales generadoras hasta los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.). De la forma de cómo está constituida esta alma, depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores retorcidos o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

### **2.8.2 EL AISLAMIENTO**

El objetivo de la aislación en un conductor, es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean, ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que los conductores puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que serán sometidos los conductores que protegen, la resistencia a los agentes químicos, a los

rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, etc., uno de los materiales usados para la aislación de conductores es el caucho.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

### **2.8.3 LAS CUBIERTAS PROTECTORAS**

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La armadura puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

## **2.9 DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTORES**

En la práctica comercial, el tamaño de los conductores eléctricos se especifica con frecuencia mediante números de calibre: En México se usa el mismo sistema de medida que en Estados Unidos de América.

La resistencia de un conductor eléctrico depende del material con que está fabricado, la geometría (dimensiones) y de la temperatura. Existen materiales como el cobre, que tienen baja resistencia eléctrica, y otros con mayor resistencia.

En el sistema American Wire Gage (AWG) los tamaños de conductor se especifican mediante números. Los números son regresivos, es decir, un número grande especifica un conductor de diámetro pequeño y viceversa.

Se usan varios métodos para identificar los diferentes calibres de los conductores: 1.- Con un número de acuerdo a un patrón o calibre establecido, 2.- Por medio del diámetro del conductor en milésimas de pulgada o en milímetros y 3.- Por el área transversal del conductor

expresada en mili pulgadas circulares o en milímetros cuadrados. Se utilizará el sistema general de unidades de medida, de acuerdo con la Norma NOM-008-SCFI.

Calibre AWG	Sección (mm <sup>2</sup> )	Intensidad admisible (amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370

Tabla 2.1 Calibre de conductores. Fuente: <http://www.electronica2000calibrador-de-alambres/>

## 2.10 CALIBRADOR PARA ALAMBRES

Para determinar el grueso o calibre de un alambre, se debe de quitar una parte del forro o aislamiento y luego se pasa el conductor desnudo a través de las aberturas de un calibrador de alambre (ver ejemplo en la fig. 2.1), hasta encontrar la ranura en la cual pase ajustadamente, o sea forzándolo un poco, como se nota, es la ranura la que determina el calibre y no el agujero del fondo, este únicamente sirve para retirar el alambre. Toda vez que se ha encontrado la ranura correcta, esta nos indica el calibre del alambre.

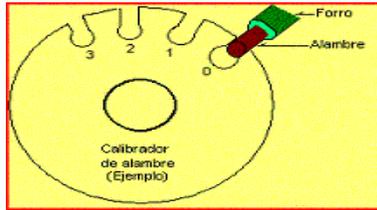


Fig. 2.1 Calibrador para alambres.

Fuente: <http://www.electronica2000.info/2007/09/03/calibrador-de-alambres/>

## 2.11 DENSIDAD DE CARGA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS

Tipo de industria	Densidad de carga Watts/M <sup>2</sup>
Industria azucarera	160
Canteras	125
Fabricas textiles	110
Fabricas de cigarros	100
Fabrica de aparatos eléctricos	90
Taller mecánico	65
Fabrica de lámparas eléctricas	45
Fabrica de partes mecánicas	30

Tabla 2.2 Densidad de carga para algunas industrias. Fuente el ABC de las instalaciones eléctricas. Pág. 482. Gilberto Enríquez Harper. 1989, Editorial Limusa.

Naturalmente que los valores dados en las tablas anteriores son todos indicativos y pueden variar según sea el grado de automatización de la industria y también de la diferencia en las tecnologías usadas para la fabricación de un mismo producto, (ver tabla 2.2).

## 2.12 DATOS DE ENERGÍA CONSUMIDA PARA DISTINTOS TIPOS DE INDUSTRIA<sup>23</sup>

Tipo de industria	Energía KWH	Unidad de producción
Automotriz	1050	1 vehículo
Leche y sus derivados	300	1 tonelada
Acero en lingote	220	1 tonelada
Acero laminado	300-350	1 tonelada
Carbón	25	1 tonelada
Alambre, varilla acero	11-25	1 tonelada
Oxígeno	0,7	1 M <sup>3</sup> de oxígeno
Azúcar de caña	154	1 tonelada
Zapatos	470	100 pares
Papel	475	1 tonelada
Pulpa de madera	335	1 tonelada

Tabla 2.3 Datos de energía consumida para distintos tipos de industria. Fuente el ABC de las instalaciones eléctricas. Pág. 483. Gilberto Enríquez Harper. 1989, Editorial Limusa.

Otro criterio de valoración se orienta en la determinación de la carga por alimentar, consiste en el cálculo directo que existe de la relación entre la energía absorbida y la cantidad del producto que se obtiene, este parámetro permite individualizar los coeficientes de consumo de potencia para cada unidad de producto fabricado, estos datos se dan para algunos productos indicados en la (tabla 2.3)

<sup>23</sup> El ABC de las instalaciones eléctricas Gilberto Enríquez Harper. Editorial Limusa Noriega

## **2.13 CONCLUSIÓN**

Las instalaciones eléctricas forman parte esencial en la iluminación de las industrias, y es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan.

En todas las instalaciones eléctricas en forma invariable, tanto la iluminación, los equipos, como los conductores eléctricos tienen un límite térmico dado principalmente por la naturaleza y tipo de materiales aislantes.

El buen funcionamiento de una instalación eléctrica depende del cumplimiento de las normas y reglamentos mencionados en este capítulo, que incluyen los aisladores y conductores, logrando con ello una óptima protección y evitando un mal funcionamiento que puede dañar a todo el sistema eléctrico.

Los conductores eléctricos son importantes para la distribución de energía eléctrica, ya que en el presente capítulo se conocieron las características generales y los elementos de las instalaciones eléctricas, en el siguiente capítulo se mencionan algunos dispositivos de protección en las instalaciones eléctricas.

**CAPITULO 3**  
**DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN**  
**EN LAS INSTALACIONES**  
**ELÉCTRICAS**

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de protección usados en las instalaciones eléctricas son elementos que se instalan en las redes para garantizar la protección del sistema eléctrico. La electricidad ha comprobado ser de vital importancia para el desarrollo de tareas, por la gran cantidad de usos que se le da.

Muchas veces no se reconocen los peligros potenciales que pueden presentarse con el uso de esta y es común que las personas sean complacientes con la electricidad que en ocasiones provoca accidentes relacionados con la misma.

En una instalación eléctrica, se le llama centro de carga, al punto en el cual están concentradas todas las cargas particulares, o dicho de otra forma, es el lugar en donde se considera una carga igual a la suma de todas las cargas particulares.

La corriente eléctrica produce las llamadas pérdidas por efecto Joule que se manifiestan en forma de calor, por ello un conductor eléctrico, debido a su resistencia, se calienta y por esta razón, las normas técnicas para instalaciones eléctricas y el reglamento para obras e instalaciones eléctricas, limita la cantidad de corriente permisible en un conductor, a un valor en el que el calor se pueda conducir en forma segura, y es así como en las tablas de capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores, se asocia a la sección o calibre del conductor (ver tabla 2.1), con la corriente apropiada, para considerar el espacio o cantidad de aire disponible, también se considera la elevación de temperatura ambiente<sup>24</sup>.

Se conoce como efecto Joule, al fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía de los electrones, se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. El nombre es en honor a su descubridor el físico británico James Prescott Joule<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> <http://maestros.its.mx/sescobedo/calibreconduct.pdf>

<sup>25</sup> <http://www.mailxmail.com/curso-electricidad-fisicos-tecnicos/efecto-joule>

En la mayoría de las aplicaciones, es un efecto indeseado y la razón para que los aparatos necesiten de ventilación

El calentamiento excesivo como resultado de una corriente no apropiada, causa que el aislamiento del conductor se degrade (deteriore) rápidamente, lo que conduce a una falla del aislamiento y al subsecuente cortocircuito de la línea entre conductores, también el calentamiento excesivo puede producir fuego e incendios cuando se encuentra cerca de materiales inflamables.

Por otra parte, las corrientes de cortocircuito pueden tener tal magnitud que producen explosiones en los tableros y grandes daños en el equipo, con riesgo frecuente para las instalaciones y el personal, esto se puede prevenir con una adecuada protección contra sobrecorrientes, como la puesta a tierra y cortacircuitos según lo establece las normas: NOM-001-SEDE artículo 110-9 “equipos diseñados para interrumpir el paso de la corriente en caso de falla”, NOM-001-SEDE-2005 capítulo II artículo 230 “protección contra sobrecorriente”, NOM-001-SEDE-1999 instalaciones eléctricas artículo 250 “requisitos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla”.

### **3.2 RIESGO ELÉCTRICO**

Se denomina riesgo eléctrico a la posibilidad de ocurrencia de percances, derivados de la inadecuada utilización de la energía eléctrica.



Fig. 3.1 Señal de peligro eléctrico<sup>26</sup>

Una instalación eléctrica defectuosa en las industrias, es causa común de lesiones, con la intención de evitarlas se coloca en los lugares energizados la señal de peligro eléctrico (fig. 3.1).

Con frecuencia, el sistema de una instalación eléctrica no es el apropiado, ya sea porque no está actualizado para manejar las cargas actuales, o por los ambientes corrosivos del lugar.

La electricidad siempre fluye a través del camino que ofrezca la menor resistencia. El cuerpo humano presenta poca resistencia a las corrientes eléctricas debido a su alto contenido de agua (70%), estas condiciones aprovechan las propiedades de conducción del cuerpo humano y pueden causar electrocución<sup>27</sup>. La corriente eléctrica puede causar efectos inmediatos como quemaduras o calambres, y efectos tardíos como trastornos mentales, además puede causar efectos indirectos como caídas o golpes<sup>28</sup>.

Los circuitos o equipos sobrecargados, pueden causar incendios o explosiones, especialmente si ocurren en áreas donde se almacenan sustancias explosivas o inflamables. Se recomienda verificar la instalación eléctrica, en los tiempos y formas requeridos, el conectar apropiadamente a tierra es importante, corroborando que el sistema de la instalación eléctrica pueda soportar las cargas requeridas de acuerdo al equipo instalado, esto incluye la toma de corriente, las cajas de entrada de servicio y que los cortacircuitos estén en buenas condiciones.

Deberán usarse los fusibles recomendados o los cortacircuitos apropiados de acuerdo al tipo de circuito que se vaya a proteger. Cuidando no sobrecargar un circuito, si los fusibles o los cortacircuitos se botan frecuentemente no se deben reemplazar con otros de mayor capacidad, deberá agregarse otro circuito<sup>29</sup>. Como medida de precaución se deberá

---

<sup>26</sup> [http://www.labelident.com/s\\_advertencia\\_:\\_:4698:1:3:0.html?language=en](http://www.labelident.com/s_advertencia_:_:4698:1:3:0.html?language=en)

<sup>27</sup> [http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/man\\_cons/pdf/riesgos.pdf](http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/man_cons/pdf/riesgos.pdf)

<sup>28</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/InstalacionElectrica>

<sup>29</sup> [http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev\\_3027.htm](http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev_3027.htm)

desconectar la electricidad y cerrar con llave la caja de poder cuando se hagan reparaciones o mantenimiento en un circuito eléctrico.

Los principales factores que pueden desencadenar un accidente eléctrico son los siguientes:

- ✓ Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse
- ✓ Que el cuerpo humano sea conductor porque no esté suficientemente aislado.
- ✓ Que dicho circuito esté formado en parte por el propio cuerpo humano.
- ✓ La falta de conexión a tierra en la instalación/circuito
- ✓ El sudor, así como los objetos de metal en el cuerpo, o la zona de contacto con el conductor son factores vitales.

### **3.3 TIPOS DE ACCIDENTES OCASIONADOS POR LA ELECTRICIDAD**

En la mayoría de los accidentes eléctricos la corriente circula desde las manos a los pies, en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son graves. Los accidentes pueden ser directos e indirectos:

Accidentes directos: Son provocados cuando las personas entran en contacto con las partes por las que circula la corriente eléctrica: cables, enchufes, cajas de conexión, etc. Las consecuencias que se derivan del tránsito a través del cuerpo humano son:

- ✓ Percepción como una especie de cosquilleo, no es peligroso
- ✓ Calambre, en este caso se producen movimientos reflejos de retirada
- ✓ Fibrilación ventricular o paro cardíaco, es grave porque la corriente atraviesa el corazón
- ✓ Tensión muscular, el paso de la corriente provoca contracciones musculares
- ✓ Asfixia, se produce cuando la corriente atraviesa los pulmones
- ✓ Paro respiratorio, se produce cuando la corriente atraviesa el cerebro

Accidentes indirectos: Son los que aun siendo la causa primera un contacto con la corriente eléctrica, tienen distintas consecuencias derivadas de:

- ✓ Golpes contra objetos, caídas, etc., ocasionados tras el contacto con la corriente, ya que, aunque en ocasiones no pasa de crear una sensación de chispazo desagradable o un simple

susto, esta puede ser la causa de una pérdida de equilibrio y una consecuente caída o un golpe contra un objeto.

### **3.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE**

Al circular corriente eléctrica por o a través de un conductor se produce un calentamiento, a este efecto se le conoce como efecto Joule. Si el calentamiento producido es excesivo y por lapsos de tiempo considerables, en todos los casos empiezan a dañarse los aislamientos e invariablemente se producen cortocircuitos que llegan hasta a quemarse los aparatos, motores, equipos, e instalaciones.

Para regular el paso de la corriente en forma general se dispone de listones fusibles, e interruptores termomagnéticos, que evitan el paso de corrientes mayores a las previstas; tanto los listones fusibles, así como los interruptores termomagnéticos, aprovechan el efecto producido por el calentamiento, para impedir el paso de corrientes peligrosas al circuito que protegen.

NOM-001-SEDE-2005 capítulo II Artículo. 230 “Protección contra sobrecorriente”

Art. 230-91. Ubicación de la protección contra sobrecorriente

a) Disposiciones generales. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe formar parte integrante del medio de desconexión y debe estar situado en un lugar cercano a ellos.

b) Más de un inmueble. En una industria que comprenda más de un inmueble, bajo una administración común, los conductores de fase que alimenten a cada inmueble deben estar protegidos por dispositivos de sobrecorriente, los cuales deben estar ubicados en el inmueble servido o en otro inmueble de la misma propiedad, siempre que estén accesibles a los ocupantes del inmueble servido.

c) Acceso a los ocupantes. En un inmueble con varios ocupantes, todos ellos deben tener acceso a los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Art. 230-92. Dispositivos de protección contra sobrecorriente de la corriente principal bajo llave. Cuando los dispositivos de protección contra sobrecorriente de la corriente principal estén sellados o bajo llave o no sean fácilmente accesibles por cualquier otra razón, se debe instalar dispositivos de sobrecorriente de los circuitos derivados en el lado de las cargas, instalados en un lugar fácilmente accesible y deben ser de menor capacidad nominal que el dispositivo de sobrecorriente.

Art. 230-93. Protección de circuitos específicos. Cuando sea necesario evitar la manipulación indebida, se permite sellar o poner bajo llave el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores de acometida que alimenten sólo a una carga específica cuando se ubiquen en un lugar accesible.

Art. 230-94. Ubicación del dispositivo de protección contra sobrecorriente respecto a otros equipos de la corriente principal. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe proteger a todos los circuitos y dispositivos.

### **3.5 DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN**

Los fusibles e interruptores, son los dispositivos que se usados para proteger los sistemas de energía eléctrica contra sobrecorriente, operan básicamente abriendo (liberando) los circuitos antes de que se dañen las instalaciones.

Entre los dispositivos de protección y control de las instalaciones, se tienen aquellos que deben satisfacer las normas y recomendaciones dadas para las instalaciones y diseño de los circuitos.

En México algunas Normas Oficiales relacionadas con el tema las emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), como lo son: la NOM-001-SEDE-2005, instalaciones eléctricas capítulo II artículo 230 “Protección contra sobrecorriente”, y la NOM-001-SEDE-1999, instalaciones eléctricas artículo 250 “Requisitos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla”.

### **3.5.1 FUSIBLES**

Se denomina fusible a un dispositivo constituido por un filamento o lámina de un metal de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica, para que se funda por efecto Joule cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o daño de los elementos del sistema<sup>30</sup>.

El principio de funcionamiento del fusible es muy simple: se basa en intercalar un elemento más débil en el circuito, de manera tal que cuando la corriente alcance niveles que podrían dañar a los componentes del mismo, el fusible se funda e interrumpa la circulación de la corriente.

### **3.5.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS**

Conocidos comúnmente como pastillas, también aprovechan el efecto del calentamiento al paso de corrientes mayores a las previstas (efecto Joule), condición que hace operar mecánicamente el automático para botar la palanca de su posición de normalmente cerrado a una posición intermedia indicando esta últimas fallas eléctricas.

Para cerrar el circuito, es necesario hacer llegar la palanca del termomagnético hasta la posición de normalmente cerrado, si el termomagnético se bota en por lo menos dos y hasta tres ocasiones repetidas, es señal inequívoca de que la falla es permanente, situación que obliga a realizar los arreglos o las reparaciones necesarias.

### **3.5.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS**

Los sistemas de puesta a tierra de equipos, por su importancia como medio de protección están muy normalizados a nivel mundial. En México, la norma vigente de instalaciones

---

<sup>30</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Fusible>

eléctricas, NOM-001-SEDE-1999 contiene los requisitos mínimos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla. En los siguientes puntos se establecerá lo más importante de dicha norma al respecto.

NOM-001-SEDE-1999 instalaciones eléctricas artículo 250 “Requisitos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla”.

Equipo fijo en general, artículo 250 apartado 42. Bajo cualquiera de las siguientes condiciones, las partes metálicas que no conduzcan electricidad y que estén expuestas y puedan quedar energizadas, serán puestas a tierra:

- a. Donde el equipo está localizado a una altura menor a 2.4 m, y a 1.5 m horizontalmente de objetos aterrizados y al alcance de una persona que puede hacer contacto con alguna superficie u objeto aterrizado.
- b. Si el equipo está en un lugar húmedo y no está aislado, o está en contacto con partes metálicas.
- c. Si el equipo está en un lugar peligroso o, donde el equipo eléctrico es alimentado por cables con cubierta metálica.
- d. Si el equipo opera con alguna terminal a más de 150 V a tierra, excepto en:
  1. Cubiertas de interruptores automáticos que no sean el interruptor principal y, que sean accesibles a personas calificadas únicamente.
  2. Estructuras metálicas de aparatos calentadores, exentos mediante permiso especial y si están permanentemente y efectivamente aisladas de tierra.
  3. Transformadores y capacitores de distribución montados en postes de madera a una altura mayor de 2.4 m sobre nivel del piso.
  4. Equipos protegidos por doble aislamiento y marcados de esa manera.

Equipo fijo específico artículo 250 apartado 43. Todas las partes metálicas no conductoras de corriente de las siguientes clases de equipos, no importando voltajes, deben ser puestas a tierra:

- a. Armazones de motores
- b. Gabinetes de controles de motores
- c. Equipos eléctricos de elevadores y grúas

- d. Equipos eléctricos en talleres mecánicos, automotrices, teatros, y estudios de cine, excepto luminarios colgantes en circuitos de no más de 150 volts a tierra
- e. Equipos de proyección de cine
- f. Anuncios luminosos y equipos asociados
- g. Generador y motores en órganos eléctricos
- h. Armazones de tableros de distribución y estructuras de soporte, exceptuando las estructuras de tableros de corriente directa aislados efectivamente
- i. Luminarios conforme a la NOM
- j. Bombas de agua, incluyendo las de motor sumergible
- k. Andenes metálicos de pozos con bomba sumergible

### **3.6 PLANTA DE EMERGENCIA**

Los sistemas de emergencia tienen la función de suministrar energía cuando falla el sistema principal de alimentación de energía eléctrica; y es importante que por el tipo de actividad o función que se desempeñe, no se interrumpa el servicio, es así como las plantas de emergencia son comunes en industrias de procesos continuos.

Debido a que la función principal de estas plantas es suministrar la energía a las cargas consideradas de emergencia, como lo es la iluminación, su capacidad queda comprendida entre 30 y 1000 kw, por lo general, son accionadas por motor de combustión interna, como puede ser gasolina o gas.

Las plantas de emergencia que usan como fuente de energía motores a diesel; pierden por radiación del calor aproximadamente la tercera parte del poder calorífico del combustible, este calor producido se tiene que disipar por medio de los sistemas de refrigeración, que básicamente es agua circulante que se hace pasar alrededor de los cilindros.

Es importante recordar que la planta de emergencia, solo debe de alimentar aquellos servicios que son indispensables, de manera que, para una instalación eléctrica en particular,

se debe hacer un censo de aquellas cargas que se deben mantener en operación, al interrumpirse la alimentación de la compañía suministradora.

### **3.7 CONCLUSIÓN**

El buen funcionamiento de una instalación eléctrica depende de los operarios y del cumplimiento de las normas y reglamentos donde se incluyen los conductores, aisladores y las canalizaciones eléctricas para tener una óptima protección y no permitir un mal funcionamiento, utilizando los dispositivos de protección necesarios en las instalaciones eléctricas se logra proteger la integridad del personal.

Es importante mencionar que la seguridad en las instalaciones eléctricas no es un factor directo para reducir el consumo de energía eléctrica en la iluminación de las industrias, pero se debe considerar ya que es fundamental proteger tanto la mano de obra que es el recurso esencial de las industrias, así como las instalaciones eléctricas, porque un accidente en ambos casos representa gastos innecesarios para las empresas.

En el capítulo siguiente se describen los tipos de mantenimiento necesarios en las instalaciones eléctricas, de la misma manera la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos, también se indican algunas fallas frecuentes en las instalaciones eléctricas.

**CAPITULO 4**  
**MANTENIMIENTO EN**  
**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

## 4.1 INTRODUCCIÓN

En ocasiones se realizan modificaciones a las instalaciones eléctricas aumentando las cargas con maquinaria, equipo y sistemas de iluminación que requieren una cantidad considerable de energía para su operación, desbalanceando las cargas del sistema de alimentación elevando así la temperatura de los conductores, lo que ocasiona la saturación de los circuitos, sobrecalentándolos y deteriorando sus aislamientos, poniendo en riesgo el funcionamiento de la propia instalación.

Por la condición de uso y deterioro en el transcurso del tiempo, las instalaciones eléctricas requieren de mantenimiento para conservar las características originales de diseño, actividad que requiere de condiciones de seguridad en las propias instalaciones y para evitar accidentes a los trabajadores.

Para evitar que los trabajadores que realizan actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas sufran algún riesgo, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social publicó la norma referida NOM-029-STPS-2005, que lleva por título “Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo – Condiciones de seguridad”, cuya finalidad es proporcionar elementos técnico-administrativos para reducir los índices de accidentes en este campo.

Las Industrias tienen que distinguirse por un mantenimiento eficaz. En otras palabras, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar las instalaciones y al personal que las opera.

Una instalación eléctrica bien proyectada y ejecutada no debe generar conflictos para su mantenimiento.

## 4.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la acción eficaz para mejorar o mantener aspectos operativos relevantes de un sistema, tales como funcionalidad, productividad, confort, imagen corporativa, seguridad e higiene<sup>31</sup>.

Existe una multitud de sistemas creados por el hombre cuya funcionabilidad debe ser conservada por el usuario a lo largo de su utilización.

El proceso durante el que se mantiene la capacidad del sistema para realizar una función, es conocido como proceso de mantenimiento, que se define como el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones y equipos puedan seguir funcionando adecuadamente.

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes, es necesario el control, la planeación del trabajo y de la mano de obra, logrando así que se reduzcan costos y tiempo de paro de los equipos de trabajo.

Antes de elaborar un programa de mantenimiento, se deben llevar a cabo las siguientes acciones básicas:

- ✓ Recopilar el o los planos eléctricos del establecimiento
- ✓ Hacer un levantamiento de todos los artefactos instalados en el sistema, donde se exprese gráficamente cada uno de ellos y los espacios del establecimiento
- ✓ Contar con los manuales de operación de los equipos
- ✓ Disponer de refacciones y herramientas necesarias
- ✓ Selección de personal adecuado

---

<sup>31</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/EIConceptoDelMantenimiento>

## 4.3 CLASIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

Existen tres tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del tiempo en que se realizan, con el objetivo particular para el cual son puestos en marcha y en función a los recursos utilizados, así se establecen:

1. Mantenimiento correctivo
2. Mantenimiento preventivo
3. Mantenimiento predictivo

### 4.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. Las personas encargadas de reportar la falla son los propios operarios de los equipos y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento especializado. Exige para su eficacia, una buena y rápida reacción para su reparación inmediata (recursos humanos asignados, herramientas, repuestos, elementos de transporte etc.)<sup>32</sup>.

Las tareas de mantenimiento correctivo son las que se realizan con la intención de recuperar la funcionabilidad del equipo, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función que se requiere. Las tareas de mantenimiento correctivo constan de las siguientes actividades:

- ✓ Detección de la falla
- ✓ Localización de la falla
- ✓ Desmontaje
- ✓ Recuperación o sustitución
- ✓ Montaje
- ✓ Pruebas

---

<sup>32</sup> Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alberto Mora Gutiérrez. Pág. 426 editorial Alfaomega

- ✓ Verificación

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias<sup>33</sup>:

- ✓ Paros no previstos en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas
- ✓ Afecta las cadenas productivas, es decir que los ciclos productivos posteriores se verán afectados en espera de la corrección de la etapa anterior
- ✓ Implica costos por reparación y repuestos no presupuestados
- ✓ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación, no es predecible

#### **4.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas, sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas para los equipos, con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de estos elementos, que pueden ocasionar paros en la producción o deterioro de maquinas, equipos e instalaciones.<sup>34</sup> Presenta las siguientes características:

- ✓ Se realiza en un momento en que no se esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la industria
- ✓ Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar
- ✓ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido
- ✓ Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente
- ✓ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos e instalación

---

<sup>33</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeMantenimiento>

<sup>34</sup> Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alberto Mora Gutiérrez. Pág. 426, editorial Alfaomega

- ✓ Permite contar con un presupuesto aprobado.

La función principal del mantenimiento preventivo, es conocer el estado actual de los equipos mediante los registros de control llevados de cada uno de ellos, y en coordinación con el departamento de producción para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno<sup>35</sup>.

#### **4.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la instalación examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de sistemas de probabilidad, apoyadas por un diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

El mantenimiento predictivo basa sus principios en el conocimiento permanente del estado y la operatividad de los equipos, mediante la medición de diferentes variables. El control que se tiene de estas variables determina la aplicación de este tipo de mantenimiento.<sup>36</sup>

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Las técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo son:

- ✓ Analizadores de vibraciones
- ✓ Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- ✓ Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- ✓ Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- ✓ Medición de parámetros de operación (voltaje, potencia, presión, temperatura, etc.)

---

<sup>35</sup> Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alberto Mora Gutiérrez. Pág. 426 editorial Alfaomega

<sup>36</sup> Ibit. Pág. 433

## 4.4 FACTORES DE DISEÑO VINCULADOS A LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO

Se tienen que desarrollar estudios y pruebas, con el objeto de minimizar todas las funciones apegadas al mantenimiento industrial, tales como el tiempo dedicado al mantenimiento, los tiempos de paro, la cantidad de refacciones o repuestos, la habilidad del personal que interviene en la máquina, la instalación y operación, todo aquello que de una u otra forma, tiene que hacerse para permitir que los sistemas sujetos a mantenimiento continúen operando dentro de la calidad esperada. Esto ha traído como consecuencia, que los fabricantes e instaladores de equipos formen sus criterios de diseño tomando en cuenta los conceptos de:

1. Mantenibilidad
2. Confiabilidad

### 4.4.1 MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad es una característica de diseño e instalación, que se expresa como la probabilidad de que un elemento cumplirá las condiciones especificadas dentro de un periodo de tiempo, cuando la acción de mantenimiento se realiza de conformidad con los recursos y procedimientos prescritos.<sup>37</sup>

Es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez que se ha presentado un evento de falla. Se dirá que un sistema es "altamente mantenible" cuando el esfuerzo sea bajo. Sistemas poco mantenibles o de "baja mantenibilidad" requieren de grandes esfuerzos para sostenerse o restituirse.

A medida que aumenta la complejidad de los sistemas, se ha prestado más atención en la mantenibilidad y en el diseño de sistemas debido al alto costo del mantenimiento.

---

<sup>37</sup> Manual de ingeniería y organización industrial. H.B. Maynard. Tercera edición. Pág. 906

La mantenibilidad incluye el mantenimiento, la preparación de los manuales técnicos, la provisión de piezas de repuesto, informe de las fallas, modificación de la instalación, selección y adiestramiento del personal de mantenimiento. Para proveer una efectiva mantenibilidad, deben tenerse en cuenta al comienzo del diseño los siguientes factores:

- ✓ Políticas de reparaciones
- ✓ Análisis y predicción de la mantenibilidad
- ✓ Factores de diseño que afectan la mantenibilidad
- ✓ Factores humanos que afectan la mantenibilidad

#### 4.4.1.1 ECUACIÓN DE MANTENIBILIDAD

$M(t) = P[T \leq t]$  ecuación 1

Dónde:  $M(t)$  es la función de mantenibilidad, la cual va aumentando en la medida que se incrementa el tiempo  $t$ . En la medida en que se amplía el tiempo de realización, la mantenibilidad aumenta para volverse máxima en un tiempo mayor o infinito, lo cual revela que en la medida en que se asigne un tiempo más grande y máximo  $T$  para realizar un mantenimiento, la probabilidad exitosa de realizarlo en un tiempo  $t$  crece.  $T$  es el tiempo máximo o límite superior total,  $t$  es el tiempo determinado para realizar la acción de mantenimiento;  $T \leq t$  denota que siempre el tiempo total  $T$  es menor o igual que el tiempo de evaluación  $t$  de estudio de la reparación o, dicho de otra manera, la finalización de la reparación se logra siempre en un tiempo  $T$  menor a  $t$ ,  $t$  siempre es mayor o igual a 0 y el límite  $M(t) = 1$ , o expresado como  $M(t) = 1$  que denota que cualquier elemento tiene una probabilidad tendiente al 100% de ser bien reparado, así sea en un tiempo infinito<sup>38</sup>

Relacionados de manera importante a la distribución general del lugar de trabajo, están el diseño y el orden de los componentes para hacer fácil el mantenimiento. Una mala mantenibilidad puede contribuir a errores, ineficiencia y accidentes de mantenimiento.

---

<sup>38</sup> Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alberto Mora Gutiérrez. Pág. 433 editorial Alfaomega

De aquí que sea conveniente diseñar el equipo de manera que su mantenimiento no interfiera o interrumpa innecesariamente su funcionamiento, por lo cual el acceso es una condición necesaria<sup>39</sup>.

#### **4.4.1.2 MÉTODOS DE DISEÑO PARA LOGRAR LA MANTENIBILIDAD**

- ✓ Accesibilidad: Todo equipo y subconjunto debe agruparse en módulos a los que se pueda acceder por separado y convenientemente, y estar compuesto de piezas que se puedan conectar rápidamente para cualquiera de los tipos de conexiones: mecánicas, neumáticas, eléctricas y electrónicas.
- ✓ Simplicidad y normalización, son dos herramientas útiles para diseñadores que busquen una alta mantenibilidad. En general, cuanto más simple es el diseño, más favorable es la mantenibilidad.
- ✓ Ingeniería de factores humanos, es un tema que debe inquietar a los diseñadores. Los diseñadores deben hacer tan difícil como sea posible, el montaje y uso del diseño.
- ✓ Capacidad de prueba de un diseño, es de gran importancia para la mantenibilidad.
- ✓ Cuando sea posible la elección, los diseñadores del equipo funcional deben crear un diseño que se pueda someter a pruebas funcionales completas, no destructivas.
- ✓ Uso de recursos especiales de mantenimiento, debe abordarse apropiadamente en planos y especificaciones. Además, el diseño debe dar asimismo tanta información anticipada como sea posible para que el equipo, instalación y personal calificado puedan estar disponibles con los mínimos inconvenientes.

La mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido por las actividades de mantenimiento. Puede ser asociada con el tiempo que se toma en lograr las acciones de mantenimiento, en relación con la obtención del comportamiento deseable del sistema. Esto incluye la duración (horas) o el esfuerzo (horas-hombre) invertidos en desarrollar todas las acciones necesarias para mantener el sistema o uno de sus componentes para restablecerlo o conservarlo en una condición específica. Depende de factores relacionados al sistema y de factores propios de la organización de mantenimiento.

---

<sup>39</sup> Manual de ingeniería y organización industrial. H.B. Maynard. Tercera edición. Pág. 838

## 4.4.2 CONFIABILIDAD

Es la probabilidad de que un dispositivo realice satisfactoriamente su función prevista durante un periodo de tiempo determinado bajo un conjunto dado de condiciones operativas.<sup>40</sup>

La confiabilidad es una de las características del rendimiento de un sistema que se trata analíticamente en el proceso de diseño. La precisión en la evaluación de la confiabilidad de un diseño propuesto depende del conocimiento relativo al proceso de las fallas del producto. La precisión en la predicción de la confiabilidad es también crucial desde el punto de vista económico.

En la actualidad, el término confiabilidad es una constante en los departamentos de mantenimiento ya que éste mide en cierta forma, la efectividad de los planes de mantenimiento que se están aplicando sobre los activos mantenibles. Para tener una visión más completa, se hace necesario analizar el índice de confiabilidad junto con la mantenibilidad.

La metodología para llevar a cabo el cálculo de la confiabilidad en los programas de mantenimiento, que sólo se limitan al cálculo de variables como el MTBF (Tiempo Medio entre Fallas) y el MTTR (Tiempo Medio Para Reparación) como un indicativo de la confiabilidad.

El método se basa en la ecuación que presenta el ingeniero Lourival Augusto Tavares para el cálculo de la confiabilidad. Con respecto a esta ecuación, el ingeniero dice lo siguiente: es la más sencilla de utilizar, y el valor aún con un pequeño error (que no llega a perjudicar el análisis y la toma de decisiones) puede ser depurado cuando se utiliza los cálculos estadísticos.<sup>41</sup>

### 4.4.2.1 ECUACIÓN DE CONFIABILIDAD

La ecuación para el cálculo se basa en la expresión desarrollada por el ingeniero Lourival Tavares, en la cual la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR:

$$R = (MTBF, MTTR) \text{ ecuación (1)}$$

---

<sup>40</sup> Manual de ingeniería y organización industrial. H.B. Maynard. Tercera edición. Pág. 1590

<sup>41</sup> <http://confiabilidad.net/articulos/el-calculo-de-la-confiabilidad/>

Donde:  $R$ : Confiabilidad.

$MTBF$ : Tiempo Medio Entre Fallas.

$MTTR$ : Tiempo Medio Para Reparación.

Ahora veamos como se relacionan las tres variables de la ecuación (1):

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad \text{ecuación (2)}$$

Como se observa en la ecuación (2), dicha expresión no es más que la definición de probabilidad: Número de aciertos, tiempo total que funciona el activo sin fallar ( $MTBF$ ) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones  $MTTR$ ). Esta es la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad.

Ahora bien, ¿cómo se determinan el  $MTBF$  y el  $MTTR$ ?

Las ecuaciones son las siguientes:

$$MTBF = \left[ \frac{h_T}{p} \right] \times 100 \quad \text{ecuación (3)}$$

$$MTTR = \left[ \frac{h_p}{p} \right] \times 100 \quad \text{ecuación (4)}$$

Donde.

$h_T$ : Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación

$p$ : Número de paros durante el período de evaluación

$h_p$ : Horas de paro durante el período de evaluación

Es aquí donde se hace importante tener, de manera clara, la clasificación de los paros por mantenimiento, pues si se quiere calcular la confiabilidad por mantenimiento, por ejemplo, las horas de paro y el número de paros deben ser los originados a mantenimiento.

La duración de un dispositivo está determinada por su diseño. Los métodos modernos de diseño están basados generalmente en descripciones científicas y sobre todo matemáticas de los requerimientos y del rendimiento.

En los sistemas eléctricos el hecho de no disponer de electricidad en momentos inesperados, trae graves consecuencias productivas. Un minuto sin electricidad causará: la pérdida de los datos almacenados en un computador, la detención de un motor, la falta de iluminación que es necesaria para realizar las actividades, y por tanto de una cadena productiva; que una operación médica se vea interrumpida o alterada; es decir, en sistemas eléctricos se debe tener la máxima confiabilidad posible debido a que las consecuencias son extraordinariamente relevantes.

La confiabilidad es claramente un factor esencial en la seguridad de un producto. Para lograr los objetivos de un rendimiento funcional adecuado, limitación de los costos del ciclo de vida, y seguridad, la fase del diseño es el momento en que puede lograrse una influencia importante sobre los mismos.

#### **4.4.2.2 BASE DE CONFIABILIDAD**

Para que la confiabilidad calculada tenga una alta credibilidad, los datos no son más que los registros de los paros de los activos. Es por ello que el registro de los paros debe hacerse de la manera más imparcial y objetiva posible.

El registro de los paros implica: codificación y clasificación; esta última se puede subdividir en propios, ajenos y programados.

Los paros propios son aquellos asignados al equipo.

Los paros ajenos son aquellos no asignados al equipo, pero que causan la parada del mismo. Por ejemplo, una falta de energía externa.

Los paros programados son aquellos que están establecidos en el programa de mantenimiento.

La confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad, la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros.

Es importante resaltar que la confiabilidad se determina para un determinado período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, anual, etcétera, y bajo el contexto en el cual opera el activo o el sistema.

#### **4.4.2.3 PREDICCIÓN DE LA CONFIABILIDAD**

La necesidad de evaluar la confiabilidad de sistemas durante el proceso de diseño, y por tanto antes de que se fije la estructura específica del sistema, motivó la evolución de las estrategias de la predicción de confiabilidad. Es el proceso de calcular medidas aproximadas de confiabilidad de los equipos antes de que el diseño de los mismos se haya definido completamente y por supuesto antes de que se fabriquen. Tres de los objetivos primarios del proceso son:

- 1 Permitir la comparación de diseños alternativos
- 2 Servir de guía para la definición de la configuración de componentes
- 3 Verificar la viabilidad de lograr los niveles requeridos de confiabilidad

En la práctica la confiabilidad puede apreciarse por el estado que guardan o el comportamiento que tienen cinco factores llamados universales y que se consideran existentes en todo recurso por conservar; estos factores son los siguientes:

1. Edad del equipo
2. Medio ambiente en donde opera
3. Carga de trabajo
4. Apariencia física
5. Mediciones o pruebas de funcionamiento

Si las condiciones y sistemas de la organización son malos, es muy difícil utilizar un sistema de medición de trabajo. A los pocos años después de introducido el sistema, es inadecuado encontrar que la instalación ha degenerado gradualmente de su nivel inicial de efectividad. La dirección frecuentemente debe seguir y modernizar el sistema de mantenimiento, los sistemas de planificación, programación y procedimientos de control.

#### **4.4.2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- ✓ Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean considerados a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- ✓ Manteniendo mucha atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones.

#### **4.5 ÁREAS DE TRABAJO Y A LAS FUENTES Y DE ILUMINACIÓN**

El alumbrado es uno de los sistemas en los que se puede trabajar para atenuar los problemas energéticos. El bajo costo de la reconversión y la inmediatez de la solución lo hacen ideal. El ahorro de energía en alumbrado debe contemplar diferentes intereses para los cuales se debe buscar un equilibrio.

En la selección de un sistema de iluminación influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. Se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia, sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida. Debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por compatibilidad técnica con los que se incorporan.

La selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso. La medida de iluminación utilizada por el sistema métrico corresponde a  $1 \text{ lumen} = \text{lux}/\text{m}^2$ , que mide la intensidad lumínica de una fuente sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ .

La buena visibilidad depende de varios factores: tamaño y color del objeto que se trabaja, distancia del objeto, persistencia de la imagen, intensidad de luz y contraste cromático y luminoso con el fondo. La iluminación constituye probablemente uno de los factores físicos de mayor importancia y el más fácil de corregir.

La iluminación debe adaptarse al tipo de trabajo. Sin embargo, su nivel debería aumentar no solo en relación con el grado de precisión o miniaturización del producto, sino también en función de la edad del trabajador, puesto que las personas de edad necesitan una luz mucho más intensa para mantener una reacción visual suficientemente rápida; además son mucho más sensibles al deslumbramiento porque su tiempo de recuperación es más largo.

Se ha comprobado que la acumulación de polvo y el desgaste de las fuentes de luz reducen el nivel de iluminación de un 10 al 50% del nivel original. Esta disminución gradual del nivel debe compensarse, por lo tanto, al diseñar el sistema de iluminación. La limpieza regular de las instalaciones de iluminación es obviamente esencial<sup>42</sup>.

En general, la luz debe difundirse de manera uniforme las sombras tenues ayudan a distinguir los objetos, pero deben evitarse las sombras demasiado pronunciadas. Es preciso también evitar los contrastes luminosos excesivos entre el objeto de trabajo y el espacio circundante.

El diseño de Industrias debe considerar los aspectos de ahorro de energía, por ejemplo orientándolas hacia donde se perciba mayor cantidad de luz natural y/o colocando paneles solares que aumenten la independencia de la energía eléctrica.

Se debe aprovechar siempre que sea posible la luz natural del día, ya sea con ventanas o láminas traslucidas. No obstante, la luz natural varía con la estación, la hora del día, la distancia desde el lugar donde se trabaja. Por este motivo, es esencial disponer todo el tiempo de luz

---

<sup>42</sup> Introducción al estudio del trabajo. Publicado con la dirección de George Kanawaty. 4ª edición (revisado) Pág. 46 – 51. Editorial Limusa.

artificial por si surge la necesidad de utilizarla. El uso de la luz artificial ofrece la posibilidad de mantener una visión adecuada.

Una combinación de colores acertada en el interior de los locales contribuye en gran medida a una buena iluminación. Además, los colores del lugar de trabajo tienen efectos psicológicos que no deben pasarse por alto.

La Norma Oficial Mexicana “NOM-007-ENER-1995” tiene por objeto:

**a).** Establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica en estas instalaciones, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin olvidar los niveles de iluminancia requeridos<sup>43</sup>.

Está demostrado que muchos tipos de accidentes industriales se podrían evitar si se mejorara la visibilidad. Lógicamente, la disminución del número de accidentes dependerá en gran medida del sector y del ámbito dominante. Con una instalación de iluminación de calidad, es posible aumentar la productividad<sup>44</sup>.

La buena iluminación en el lugar de trabajo es esencial para el cumplimiento de las tareas asignadas, los efectos de una correcta iluminación tendrán un mayor alcance a largo plazo, (Ver anexo tabla 1). Dado que en los últimos veinte años la ciencia (la medicina) ha demostrado constantemente la influencia positiva de la luz sobre la salud y el bienestar de los trabajadores. Una apropiada iluminación influye positivamente en el cumplimiento de los objetivos laborales incidiendo en: mayor velocidad, menor índice de errores, incrementando la seguridad y a su vez la disminución de accidentes.

## **4.6 CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS**

---

<sup>43</sup> [http://www.sener.gob.mx/webSener/res/Acerca\\_de/nom-007ener-1995.pdf](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/Acerca_de/nom-007ener-1995.pdf)

<sup>44</sup> <http://programafusion.com/img/biblioteca/Iluminacion-Industrial2010.pdf>

Las fallas o averías típicas de una instalación defectuosa pueden producirse por: cable de diámetro inferior al correcto, conexión defectuosa de cables, conexión suelta de artefactos y artefactos de mayor amperaje al definido para el circuito.

- ✓ Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía.
- ✓ Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo e indirecto con la electricidad.
- ✓ En ambientes especiales tales como locales mojados o de alta conductividad, locales con alto riesgo de incendio, atmósferas explosivas o ambientes corrosivos, no se emplearán equipos de trabajo que en dicho entorno supongan un peligro para la seguridad de los trabajadores.
- ✓ Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.

#### **4.7 SOBRE CARGA EN LA INSTALACIÓN**

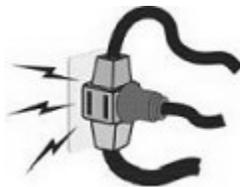


Fig. 4.1 Sobre carga en la instalación

No se debe sobrecargar la instalación eléctrica con contactos múltiples (fig. 4.1), ni con el uso de aparatos que están conectados a un mismo tomacorriente. Además, se debe evitar utilizar extensiones.

“Protección contra sobrecorriente” indicada en la NOM-001-SEDE\_Vigente. En la Norma Oficial Mexicana, se lee lo siguiente: A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un

asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG); 20 A para 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre<sup>45</sup>.

#### 4.7.1 CONEXIONES Y AISLAMIENTO



Fig. 4.2 Conexiones y aislamiento

Las conexiones y el aislamiento deben ser firmes, recubiertos con estaño y vinil adhesivo (tape), (fig. 4.2). No utilizar cinta transparente u otros materiales.

En toda conexión y aislamiento que se realice en una instalación eléctrica se debe asegurar la calidad de la misma. Las conexiones y aislamiento deben realizarse garantizando una unión perfecta entre los cables. Para lograr esto es importante tener en cuenta la calidad de los elementos usados en esta operación, incluyendo las cintas aislantes usadas sobre la unión.

Las conexiones y aislamiento deben usarse para la unión de los cables con los equipos de protección del tablero general y para las derivaciones de los conductores en la conexión, tanto a los tomacorrientes como a las luminarias. En cambio, no deben usarse conexiones y aislamientos con el fin de unir tramos de cables de longitudes pequeñas, porque de esta manera se introducen posibles puntos de falso contacto entre conductores, que ocasionan sobre calentamiento, deterioro del aislamiento y posible cortocircuito.

La NOM-001-SEDE-2005 artículo 110 “requisitos de las instalaciones eléctricas”

---

<sup>45</sup> <http://iguerrero.wordpress.com/category/instalaciones-electricas/>

Artículo 110 apartado 7. Integridad del aislamiento. Todos los cables deben instalarse de modo que, cuando la instalación esté terminada, el sistema quede libre de cortocircuitos y de conexiones a tierra distintas de las necesarias.

#### 4.7.2 INSTALACIÓN DE UNA CONEXIÓN A TIERRA

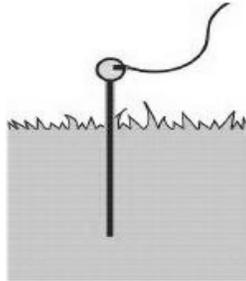


Fig. 4.3 Instalaciones de una conexión a tierra

La "tierra" consiste en un conductor de baja resistencia, conectado al neutro, con una varilla de cobre de tres metros de longitud que se introduce en la tierra, (fig. 4.3). La "tierra" del sistema evita una elevación de tensión mayor de la que puede resistir la instalación. Esta sobrecarga puede originarse por causa de rayos, o del contacto de una línea de alta tensión con los cables.

La NOM-001-SEDE-1999 instalaciones eléctricas artículo 250 "requisitos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla" en este caso conexión a tierra, ya se describió en el capítulo anterior.

#### 4.7.3 INTERRUPTOR GENERAL



Fig. 4.4 Interruptor general

Se deberá utilizar un interruptor principal de cuchillas tipo porcelana de dos polos, (fig. 4.4). La colocación de fusibles de mayor capacidad debe ser consultada con un técnico calificado, o con un Ingeniero electricista.

La Norma Mexicana NMX-J-005-ANCE-2005 “interruptores de uso general para instalaciones eléctricas fijas-especificaciones generales y métodos de prueba” debe cumplir las condiciones:

- ✓ Componentes internos, externos pueden ser iguales o similares con el mismo principio de funcionamiento.
- ✓ Deben tener el mismo principio de funcionamiento, pudiendo variar la capacidad de operación en amperes, de acuerdo con lo siguiente:
- ✓ Se pueden incluir indicadores luminosos como variantes de modelo.

#### **4.7.4 CAJA DE DISYUCTORES O BREAKERS**

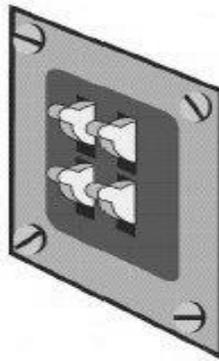


Fig. 4.5 Caja de disyuctores o breakers

Las Industrias deben contar con una caja de disyuntores o interruptores termomagnéticos (breakers), (fig. 4.5) para 6 circuitos como mínimo.

#### 4.7.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS BREAKERS

Los “breakers” deben distribuirse de la siguiente manera<sup>46</sup>

	Capacidad de los breakers	calibre de cable
Iluminación		
para un máximo de 17 bombillas	20 A	12 AWG

Tabla 4.1 Distribución de breakers

De conformidad con los artículos 18 y 19 de la ley de prevención de riesgos laborales el empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban equipo de seguridad, formación e información adecuadas sobre el riesgo eléctrico<sup>47</sup>.

---

<sup>46</sup> <http://www.directindustry.es/prod/ge-circuit-breakers/disuntor-al-vacio-22329-59270.html>

<sup>47</sup> <http://www.riesgoslaborales.net/>

## 4.8 CONCLUSIÓN

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas los equipos e instalaciones eléctricas disminuyan de una forma sustentable en tiempo y forma. Para lograr lo anterior resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento apropiada, con el personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas, también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de equipos e instalaciones.

Para un funcionamiento eficiente se deberá revisar periódicamente el equipo y la instalación eléctrica, así se podrá encontrar a tiempo conexiones en mal estado e interruptores defectuosos, evitando posibles accidentes, habrá ahorro en el consumo de energía eléctrica y disminución de costos en reparaciones de la instalación y equipos.

Actualmente el mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta y maquinaria, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento de los sitios de trabajo.

Un programa bien planeado y bien ejecutado del mantenimiento del alumbrado es de primordial importancia para obtener el mayor ahorro posible del dinero invertido o empleado en hacer funcionar un sistema de alumbrado industrial.

Una vez que se ha conocido sobre la generación y suministro de energía eléctrica, características de las instalaciones, dispositivos de protección y el mantenimiento. En el siguiente capítulo se hace referencia al consumo de energía eléctrica en iluminación.

**CAPITULO 5**

**CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**EN ILUMINACIÓN**

## 5.1 INTRODUCCIÓN

Cuando las luces están encendidas generan un consumo de energía eléctrica en función de la potencia que tengan y del tiempo que estén en funcionamiento, el consumo de energía eléctrica se contabiliza mediante un dispositivo que se instala en los accesos a las Industrias denominado medidor y que de manera periódica revisa un empleado de la compañía suministradora anotando el consumo realizado durante un período determinado, para su cobro posterior. El kilowatt hora (kwh) es la unidad de energía en la que se efectúa el consumo de electricidad<sup>48</sup>.

En caso de que existan sobre iluminaciones es conveniente retirar las lámparas innecesarias, si existe deficiencia, es recomendable utilizar reflectores de aluminio antes de colocar lámparas, porque el colocarlas incrementa el consumo eléctrico.

A fin de obtener una iluminación apropiada en una industria, es necesario determinar la cantidad y tipo de iluminación acordes a las necesidades de la propia empresa, que cumplan con las exigencias de seguridad y comodidad para los usuarios.

La eficiencia energética sólo tiene sentido en la medida que permite reducir los costos globales de producción. Ello implica considerar, no sólo el costo total de los equipos nuevos, en los casos de reemplazo de equipos existentes en uso, o la inversión incremental al seleccionar equipos nuevos

Un sistema de iluminación es el conjunto de dispositivos que se unen e instalan para producir efectos luminosos.

---

<sup>48</sup> [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp)

## 5.2 DEMANDA CONTRATADA

La demanda contratada la fijara el consumidor al contratar el servicio, pero deberá tener cuidado de que esta no sea menor del 60% (sesenta por ciento) de la carga conectada, ni menor de la capacidad instalada por el consumidor.

## 5.3 FACTOR DE CARGA

Es un indicativo del aprovechamiento de la capacidad instalada y es útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de demanda.

Demanda máxima (kw) = kwh / (FC promedio X Hrs del precio)

FC = kwh / Dem.max. X Horas Periodo

FC promedio = FC1 + FC2 + FC3 / 3

## 5.4 TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

DEFINICIÓN: Son las disposiciones específicas, que contienen las cuotas y condiciones que se rigen para los suministros de energía eléctrica agrupados en cada clase de servicio<sup>49</sup>.

DESCRIPCIÓN: Las tarifas se identifican oficialmente por un número y/o letra(s).

Actualmente en México existen 43 tarifas eléctricas<sup>50</sup>, las cuales se pueden clasificar en:

- ✓ Domésticas (8)
- ✓ Servicio público (3)
- ✓ Riego agrícola (4)
- ✓ Acuícola (1)
- ✓ Servicios generales (27)

---

<sup>49</sup> Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica

<sup>50</sup> Comisión Federal de Electricidad CFE

## 5.5 TARIFAS ESPECÍFICAS

DOMÉSTICAS	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F
DOMESTICAS DE ALTO CONSUMO	DAC
SERVICIOS PÚBLICOS	5, 5A, 6
AGRÍCOLAS	9, 9M, 9-CU, 9-N
TEMPORAL	7
ACUÍCOLA	EA

Tabla 5.1 Tarifas específicas

## 5.6 TENSIÓN DE SUMINISTRO DE CADA TARIFA

BAJA TENSIÓN	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2, 3, 9
MEDIA TENSIÓN	9M, O-M, H-M, H-MC, O-MF, H-MF, H-MCF, HM-R, HM-RF, HM-RM
BAJA O MEDIA TENSIÓN	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC, 5, 5A, 6, 7, 9-CU, 9-N, EA
ALTA TENSIÓN NIVEL SUBTRANSMISIÓN	HS, HS-L, H-SF, H-SLF, HS-R, HS-RF, HS-RM, I-15, I-30
ALTA TENSIÓN NIVEL TRANSMISIÓN	HT, HT-L, H-TF, H-TLF, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15, I-30

Tabla 5.2 Tensión de suministro de cada tarifa<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Comisión Federal de Electricidad CFE

## **5.7 REGIONES TARIFARIAS**

Durante la última década, las tarifas medias de electricidad en México se han mantenido por debajo del costo, con la finalidad de mantener la estabilidad macroeconómica y social. Para todas las tarifas, un grupo conformado por representantes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Energía (SENER), Comisión Reguladora de Energía (CRE) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se reúnen de manera habitual y una vez al año preparan una propuesta de tarifas para el año siguiente. Las tarifas las aprueba la (SHCP) y no el ente regulador del sector energético<sup>52</sup>. Para ello se consideran 8 regiones tarifarias, las cuales son:

1. Baja California
2. Baja California Sur
3. Noroeste
4. Noreste
5. Norte
6. Central
7. Sur Peninsular
8. Sur

## **5.8 CIRCUITOS DERIVADOS PARA ILUMINACIÓN**

Se entiende por circuito derivado a la parte de la instalación que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorrientes, dicho de otra forma, se entiende por circuito derivado, la parte final de la instalación eléctrica para alimentar a los aparatos receptores.

Cada circuito derivado debe estar protegido contra sobrecorriente por medio de elementos fusibles o por medio de interruptores termomagnéticos.

---

<sup>52</sup> [http://www.senado.gob.mx/iilsen/content/lineas/docs/varios/Tarifas\\_Electricas.pdf](http://www.senado.gob.mx/iilsen/content/lineas/docs/varios/Tarifas_Electricas.pdf)

El objetivo principal de los circuitos derivados es dividir la carga total conectada en diferentes partes, para que cuando ocurra un cortocircuito en un circuito derivado, no se interrumpa el servicio en los circuitos restantes, ya que poseen una protección individual.

## 5.9 CALCULO DE NÚMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS Y LAMPARAS

En la solución de cierto tipo de problemas en las instalaciones eléctricas es necesario calcular el número de circuitos derivados que se requieren para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados está determinado por la carga y se calcula:

$$\text{Numero de circuitos} = \frac{\text{Carga total en Watts}}{\text{Capacidad de caída de circuito en Watts}}$$

$$\text{El número de lámparas por circuito es} = \frac{\text{Capacidad de carga circuito en watts}}{\text{Watts por lámpara}}$$

Ejemplo: Si se calcula el número de lámparas y circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts para alimentar una carga total de alumbrado de 60 000 watts. ¿Cuál es el número de lámparas por circuito?

Procedimiento:

$$\text{Capacidad de } 20 \times 127 = 2540 \text{ watts.}$$

Para circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts la capacidad e watts es 2540 watts.

$$\text{El número de circuitos derivados es: } \frac{60\ 000}{2540} = 24 \text{ circuitos}$$

$$\text{El número de lámparas por circuito es: } \frac{2540}{150} = 17 \text{ lámparas}$$

## 5.10 DETERMINACIÓN DEL COSTO EN LA FACTURACION DE UNA TARIFA OM

La tarifa OM es la tarifa bajo la cual se encuentra la mayoría de los usuarios considerados de mediana industria que corresponde a media tensión y su aplicación está determinada por el nivel de la demanda del usuario. Esta tarifa tiene dos componentes, bonificación por Factor de Potencia (FP) mayor o igual a 90% y recargo por bajo factor de potencia<sup>53</sup>.

Fórmula para calcular factor de potencia:

$$FP = \cos(\tan^{-1}(\text{KVAh} / \text{Kwh})) \times 100$$

$$FP = \cos(\tan^{-1}(16960 / 37200)) \times 100 = 90.98\%$$

Fórmula de Recargo (FP menor de 90%):

$$\% \text{ de Recargo} = 3 / 5 \times ((90 / FP) - 1) \times 100$$

Fórmula de bonificación (FP mayor ó igual a 90%):

$$\% \text{ de bonificación} = 1 / 4 \times (1 - (90 / FP)) \times 100$$

$$1 / 4 \times (1 - (90 / 90.98)) \times 100 = 0.26 \%$$

Cuando en una instalación eléctrica se denomina un factor de potencia menor de 0.90 que es el valor mínimo permitido por las disposiciones legales en vigor, a la facturación por consumo de energía eléctrica, se le agrega un recargo, en consecuencia, la facturación total es por una cantidad mayor.<sup>54</sup>

La pérdida de energía eléctrica en la iluminación de las industrias se debe a varios factores que en ocasiones pasan desapercibidos por el personal operativo y administrativo de la empresa, lo cual repercute directamente en el aumento del costo de sus productos.

---

<sup>53</sup> <http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/Tarifas.asp>

<sup>54</sup> El ABC de las instalaciones eléctricas Gilberto Enríquez Harper. Editorial Limusa Noriega

### 5.11 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO UTILIZADO PARA PERDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ILUMINACIÓN INDUSTRIAL

El diagrama causa – efecto (de espina de pescado o Ishikawa) es usado para organizar información de lluvia de ideas sobre las posibles causas de un problema. El diagrama ayuda a ver las relaciones entre las posibles causas.

No existen métodos generalizados para construir un diagrama de espina de pescado. El siguiente diagrama muestra un esquema general de un problema.

Diagrama causa – efecto de las posibles causas que originan perdida de energía eléctrica en la iluminación (fig.5.1).

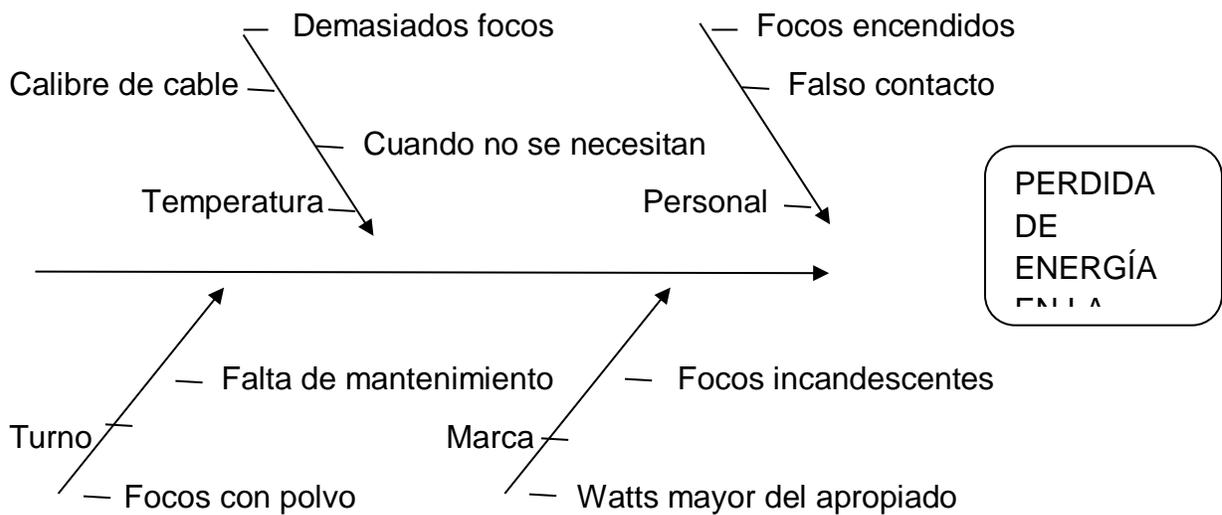


Fig. 5.1 Diagrama causa efecto

### 5.12 CONCLUSIÓN

El kilovatio hora (kwh) es la una unidad de energía en la que se factura el consumo doméstico o industrial de electricidad, equivale a la energía consumida por un aparato cuya potencia fuese un kilovatio (kw) y estuviese funcionando durante una hora.

Debido al costo de la energía eléctrica, las dificultades que existen para cubrir la demanda de electricidad del país y el efecto nocivo para el medio ambiente que genera la producción masiva de electricidad, se crea la necesidad de aplicar mayor eficiencia energética en todos los usos de la energía.

Es común que en los recorridos por las instalaciones industriales al registrar la cantidad y la calidad de luz disponible se encuentran mal ubicadas y distribuidas lo que origina gastos innecesarios.

Los individuos y las organizaciones consumidores de la energía pueden ahorrar energía para reducir costos energéticos y promover la sostenibilidad económica, política, social y ambiental de su propia organización, en el siguiente capítulo se mencionan algunas técnicas de ahorro de energía eléctrica en iluminación.

**CAPITULO 6**

**TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN ILIMINACIÓN**

## 6.1 INTRODUCCIÓN

La Industria consume un nivel considerable de electricidad (60%)<sup>55</sup>, el costo tiene un fuerte impacto en el precio de los productos y puede reducirse aplicando medidas de ahorro de electricidad en iluminación con prácticas sencillas, algunas de ellas sin ninguna inversión y con ello poder ser más competitivas, en los casos en que sea necesario inversión económica puede hacerse dentro del presupuesto de mantenimiento normal, simplemente reponiendo las lámparas y balastos por otras más modernas y que consumen menor cantidad de energía.

Los focos incandescentes son los dispositivos más ineficientes que existen, ya que gran parte de su energía (90%) la desperdician en forma de calor y solo aprovechan 10% para luz. La gente sigue adquiriendo estos productos por desconocimiento acerca de sus efectos para el planeta, pero sobre todo por su bajo costo. Existe una tendencia mundial a erradicar el uso de este tipo de productos, países como Argentina, Nueva Zelanda, Canadá y Australia ya cuentan con una legislación en torno a la prohibición de focos incandescentes<sup>56</sup>.

Es indispensable lograr aumentar la eficiencia de la iluminación ya instalada, y es necesario realizar un censo del equipo instalado, para lo cual debe contarse con un plano de la instalación donde se vayan marcando los puntos en que se encuentran instalados los focos o lámparas, también se recomienda sustituir todos los focos incandescentes por lámparas ahorradoras. Las lámparas ahorradoras la energía eléctrica consumida, se convierte en luz el 90% y en calor el 10%.

---

<sup>55</sup> <http://www.fte-energia.org/pdf/E206.pdf>

<sup>56</sup> Revista GREENPEACE; Primer cuatrimestre de 2009, Núm. 4

Por consiguiente, es recomendable que durante un diagnóstico energético se levante en un plano la ubicación para que sea comparado con las tablas de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS “condiciones de iluminación en los centros de trabajo”<sup>57</sup> (ver anexo tabla 1).

## 6.2 INDICADORES ENERGÉTICOS

En las labores de gestión energética, con los trabajadores de la empresa, uno de los primeros pasos, que se debe llevar a cabo, es la conformación de una base de datos compuesta básicamente por cifras sobre producción y consumos de energía; esto es parte de la necesidad de conocer con mayor precisión la eficiencia energética con la que opera la empresa y se hace indispensable relacionar el consumo de energía con la producción, en un mismo periodo de tiempo.

Para una primera aproximación en la determinación de las eficiencias, es necesario sacarle el mayor provecho como herramienta de análisis. La ejecución de diagnósticos energéticos en distintas empresas consumidoras de energía, da la oportunidad de aplicar este análisis, obteniendo resultados sobre sus ventajas dentro de un proceso de gestión energética.

## 6.3 ¿POR QUÉ AHORRAR ELECTRICIDAD?

- ✓ Se contribuye con la protección del medio ambiente
- ✓ Se ayuda a dar sostenibilidad al sistema eléctrico nacional
- ✓ Se evitan apagones
- ✓ Se contribuye a optimizar fuentes energéticas de nuestro país
- ✓ Se ahorra dinero
- ✓ Se obtiene una mejor calidad de vida

Los consumos de energía eléctrica por concepto de alumbrado interior en bodegas y naves industriales, representan mayores desembolsos económicos para las empresas; esto

---

<sup>57</sup> <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-025.pdf>

debido a la utilización de equipos obsoletos y muy contaminantes que aún existen en nuestro país.

La Industria consume un nivel considerable de electricidad (60%)<sup>58</sup>, el costo tiene un fuerte impacto en el precio de los productos.

Los beneficios económicos derivados de la aplicación de un diagnóstico efectivo y del grupo de medidas planteadas en el presente trabajo dependerán de manera directa de la responsabilidad técnico-administrativa y del seguimiento de su aplicación en los centros industriales, o de servicios donde se desarrollen.

La iluminación representa una oportunidad de ahorro en las instalaciones industriales. El nivel óptimo de iluminación se establece bajo parámetros fisiológicos para desempeñar las tareas de manera eficiente y con ello evitar el cansancio debido a las iluminaciones excesivas o insuficientes.

En caso de que existan iluminación excesiva es conveniente retirar las lámparas innecesarias, si existe deficiencia, es recomendable utilizar materiales reflejantes, para incrementar la capacidad de iluminación.

Puede también presentarse el caso de que el nivel de iluminación sea el adecuado para cada tipo de tarea, pero que no se puedan apagar ciertas áreas o secciones debido a que no existe un interruptor que controle las lámparas que no son necesarias en algunas aéreas y/o jornadas, pudiéndose dar el caso de baños y pasillos donde no circule personal, esto obliga a que permanezcan encendidas, en estos casos es necesario que se rediseñen los circuitos eléctricos, de tal forma que se pueda tener control por áreas determinadas de acuerdo a las necesidades identificadas.

En cuanto a los balastros es necesario que se identifiquen durante el levantamiento tres aspectos importantes:

---

<sup>58</sup> <http://www.fte-energia.org/pdf/E206.pdf>

- 1.- Que no se encuentre conectadas al balastro lámparas quemadas.
- 2.- Que no se hallen intencionalmente desconectadas del lado de la fuente de energía, pero unidas al balastro.
- 3.- Se identifique si los balastos son de construcción magnéticos o electrónicos.

Los dos primeros aspectos son importantes debido a que los balastos consumen aproximadamente el 20% de la potencia de las lámparas, y el tercero debido a que este 20% se debe a la utilización de balastos magnéticos y con balastos electrónicos solo es un 17%<sup>59</sup>.

Otros de los aspectos que pasan desapercibidos son la altura de las lámparas y la pintura de los techos, paredes y columnas, que al aplicar pintura clara se obtenga por reflexión un aumento del nivel de iluminación.

## **6.4 LÁMPARAS INCANDESCENTES Y LÁMPARAS AHORRADORAS**

Una lámpara ahorradora impacta tanto en la economía como en el ambiente, los ahorros en promedio equivalen al 20% de los pagos de luz y además las lámparas ahorradoras pueden durar hasta diez veces más que un foco común. Las emisiones de (CO<sub>2</sub>) también disminuyen: al usar un foco incandescente de 60 watts se emiten anualmente en promedio 90 kg de (CO<sub>2</sub>) al sustituir este por una lámpara ahorradora equivalente, se emiten en promedio 18 kg de (CO<sub>2</sub>)

60

Las lámparas ahorradoras son compatibles con los portalámparas o “sockets” de las lámparas incandescentes de uso común. Las fluorescentes tienen encendido inmediato tan pronto se acciona el interruptor, con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación.

---

<sup>59</sup> [http://www.lumisistemas.com/Docs%5CNews%5CQue\\_es\\_un\\_balastro.pdf](http://www.lumisistemas.com/Docs%5CNews%5CQue_es_un_balastro.pdf)

<sup>60</sup> Revista GREENPEACE; Primer cuatrimestre de 2009, Núm. 4.

El precio de venta al público de las lámparas fluorescentes es mayor que el de una lámpara incandescente, cantidad que se compensa con el ahorro que se obtiene por menor consumo eléctrico y por el tiempo de vida útil más prolongado. Es cierto que las lámparas ahorradoras son más caras, pero se recupera su inversión por su duración y su menor consumo de electricidad.

Un foco común sólo transforma en luz el 10% de la electricidad que consume, el resto lo convierte en calor, los focos ahorradores hacen lo contrario<sup>61</sup>.

En el mercado ya existen más de 15 marcas y medio centenar de modelos, pero algunos buscan engañar al consumidor, el laboratorio de pruebas de la Procuraduría Federal del Consumidos (PROFECO) los analizó entre octubre de 2006 y enero de 2007. Se recomienda comprar focos y equipos ahorradores con el sello del Fideicomiso para el ahorro de Energía eléctrica (FIDE)<sup>62</sup>.

El empleo de bombillas de bajo consumo supone un ahorro de hasta un 20% respecto a las convencionales<sup>63</sup>.

#### **6.4.1 INCIDENCIA SOBRE LA EFICACIA**

Todas las lámparas se ven afectadas, en su eficacia y en el flujo emitido, por la tensión de suministro de la energía eléctrica.

La sección de los conductores influyen en la caída de tensión que se ocasiona a lo largo de un circuito; si se tiene unas dimensiones inadecuadas (subdimensionamiento inicial, incremento de las cargas conectadas sobre las previsiones realizadas, etc.) la tensión del suministro eléctrico a las lámparas podrá ser tan baja que resulte inadmisibles desde el punto de vista económico, dada su incidencia negativa sobre la eficacia de las fuentes de luz.

#### **6.4.2 INCIDENCIA SOBRE LA CALIDAD**

---

<sup>61</sup> <http://www.mchc.org/ipc/FirstAidSafetyTips/CFL.spa.pdf>

<sup>62</sup> <http://fide.codice.com/home/home.asp>

<sup>63</sup> Revista GREENPEACE; Primer cuatrimestre de 2009, Núm. 4.

Las características de las lámparas, cuando éstas funcionan subdimensionadas, se ven afectadas en muchos aspectos que inciden en la calidad de la iluminación; básicamente en el flujo que emiten y en el color de la luz que proporcionan. Por consiguiente, si el circuito al que se conecta una lámpara está subdimensionado da como resultado que la tensión de suministro de energía eléctrica es menor que la nominal, por lo que la calidad de la iluminación puede ser muy inferior a lo previsto.

El color de la luz emitida por las lámparas de incandescencia depende de la tensión de la corriente eléctrica a la que se conecta, pues es función de la temperatura que alcanza el filamento. Algo similar ocurre con las lámparas de descarga (tubos fluorescentes), pues el color de la luz que emiten varía con la presión de los gases dentro de las lámparas que a su vez, depende de la tensión de la corriente a la que se conecta.

#### 6.4.3 COMPARACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ENTRE UNA LÁMPARA AHORRADORA DE 11 W. Y OTRA INCANDESCENTE EQUIVALENTE DE 60 W.

	Lámpara ahorradora	Incandescente
Potencia	11 w. (watt)	60 w.
Entrega de luz	600 lm (lumen)	720 lm.
Eficiencia	$600 \text{ lm}/11 \text{ w} = 54,35 \text{ lm w}$	$720 \text{ lm}/60 \text{ w} = 12 \text{ lm w}$
Vida útil	8 000 a 10 000 horas	1 000 horas
Lámparas necesarias para cubrir 8000 horas	1	8
Consumo de energía para 8000 horas	$11 \times 8\,000 / 1\,000 = 88 \text{ kwh.}$	$60 \times 8\,000 / 1\,000 = 480 \text{ kwh.}$

Tabla 6.1 Comparación entre una lámpara ahorradoras y otra incandescente<sup>64</sup>

Las lámparas ahorradoras recuperan la inversión en 6 meses (manteniendo las lámparas encendidas un promedio de seis horas diarias) por concepto de ahorro en el consumo de

<sup>64</sup> Fuente: [http://www.asifunciona.com/tablas/lamparas\\_cfl/lamparas\\_cfl.htm](http://www.asifunciona.com/tablas/lamparas_cfl/lamparas_cfl.htm)

energía eléctrica y por horas de uso, tienen un tiempo de vida útil aproximado entre 8000 y 10 000 horas en comparación con las 1000 horas que ofrecen las lámparas incandescentes<sup>65</sup>.

Las lámparas ahorradoras generan menos calor que las incandescentes, siendo prácticamente nulo el riesgo de provocar incendios por calentamiento si por cualquier motivo llegaran a encontrarse muy cerca de materiales combustibles<sup>66</sup>.

## 6.5 REDUCCIÓN DE COSTOS EN FACTURACIÓN TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Comparación de consumo de una lámpara incandescente y otra fluorescente en un periodo de un año, teniéndolas encendidas 8 horas diarias, proporcionando la misma luz el consumo de cada una será.

Incandescente:  $(100 \text{ w.} \times 8 \text{ horas al día}) \times (365 \text{ días}) = 292 \text{ wh.}$

Fluorescente:  $(20 \text{ w.} \times 8 \text{ horas al día}) \times (365 \text{ días}) = 58.4 \text{ wh.}$

Suponiendo que el kwh cuesta \$ 0.925

Incandescente.  $292 \text{ wh} \times \$ 0.925 \text{ kwh} = \$ 270.1$

Fluorescente:  $58.4 \text{ wh} \times \$ 0.925 \text{ kwh} = \$ 54.02$

Produciendo así un ahorro de \$ 217 pesos por año mediante la lámpara de bajo consumo.

---

<sup>65</sup> <http://alt1040.com/2007/02/ventajas-del-uso-de-focos-bombillas-de-bajo-consumo>

<sup>66</sup> <http://alt1040.com/2007/02/ventajas-del-uso-de-focos-bombillas-de-bajo-consumo>

Ahora, suponiendo que en promedio una empresa necesite de 30 lámparas, entonces se tendrá un ahorro anual de: \$ 6 510 pesos. Con este tipo de mejoras se puede reducir el costo en facturación total de energía eléctrica.

## **6.6 COMO REDUCIR LOS COSTOS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La demanda de energía eléctrica en las industrias tiene variaciones a lo largo del día. Estas, están en función de diferentes factores, entre los que destacan: tipos de industrias existentes en la región, turnos de producción, meteorología, la estación del año y la hora del día en que se considera la demanda.

En consecuencia, el problema no es la cantidad de energía empleada sino la forma más económica de: asegurar la calidad ambiental, iluminar adecuadamente las áreas productivas, de esparcimiento y domésticas, transportar personas y mercancías, proporcionar fuerza motriz a máquina y herramientas etc. Las principales pérdidas eléctricas provienen del uso de motores, transformadores, iluminación y líneas de distribución.

A medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar el suministro. Esto soporta el tener que iniciar la generación con unidades adicionales, ubicadas en la misma central o en centrales reservadas para estos períodos<sup>67</sup>.

La eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los beneficios obtenidos. La eficiencia se puede aumentar mediante la implementación de medidas como la gestión, hábitos e inversiones a nivel tecnológico.

### **6.6.1 TARIFA O – M “SERVICIO EN MEDIA TENSIÓN”**

Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión con una demanda menor a 100 KW.

---

<sup>67</sup> <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=81>

Para los efectos de aplicación de esta tarifa, se utilizan los husos horarios locales establecidos de conformidad con la Ley de Sistema de Horario en los Estados Unidos Mexicanos.

Se aplican los siguientes cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida

Región	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	Cargo por kilowatt – hora de energía consumida
Centro	\$ 149.20	\$ 1.143

Tabla 6.2 Cargos por demanda máxima medida y por energía consumida

Demanda máxima medida: Se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda medida en kilowatts.

Región centro											
Cargo \$	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Demanda (\$/KW)	143.85	144.11	145.28	146.25	146.98	147.22	148.01	148.28	148.55	148.62	149.20
Energía (\$/KW)	1.131	1.237	1.255	1.232	1.155	1.159	1.181	1.196	1.191	1.127	1.143

Tabla 6.3 Tarifa O – M “Servicio en media tensión” región centro

### 6.6.2 TARIFA H – M “SERVICIOS EN ALTA TENSIÓN”

Cargos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Demanda facturable (\$/KW)	156.85	157.13	158.40	159.46	160.26	160.52	161.39	161.68	161.97	162.05	162.68
Energía punta (\$/KWh)	1.7362	1.8409	1.8637	1.8467	1.7765	1.7809	1.8064	1.8225	1.8190	1.7568	1.7756
Energía intermedia (\$/KWh)	0.9965	1.1251	1.1448	1.1131	1.0147	1.0184	1.0436	1.0617	1.0550	0.9760	0.9943

Energía base (\$/KWh)	0.8329	0.9404	0.9569	0.9304	0.8482	0.8513	0.8723	0.8874	0.8818	0.8158	0.8311
-----------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla 6.4 Tarifa H – M “Tarifa en alta tensión”

### 6.6.3 PERIODOS DE BASE, INTERMEDIO Y PUNTA

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación<sup>68</sup>.

Temporada de verano

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0 : 00 – 6 : 00	6 : 00 – 20 : 00 22 : 00 – 24 : 00	20 : 00 – 22 : 00
Sábado	0 : 00 – 7 : 00	7 : 00 – 24 : 00	
Domingo y festivo	0 : 00 – 19 : 00	19 : 00 – 24 : 00	

Tabla 6.5 Periodos de base, intermedio y punta. Temporada de verano

Temporada de invierno

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0 : 00 – 6 : 00	6 : 00 – 18 : 00 22 : 00 – 24 : 00	18 : 00 – 22 : 00
Sábado	0 : 00 – 8 : 00	8 : 00 – 19 : 00 21 : 00 – 24 : 00	19 : 00 – 21 : 00
Domingo y festivo	0 : 00 – 18 : 00	18 : 00 – 24 : 00	

Tabla 6.6 Periodos de base, intermedio y punta. Temporada de invierno

<sup>68</sup> <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=HMCF&Anio=2010>

#### 6.6.4 DEMANDA FACTURABLE

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$DF = DP + FRI \times \text{máx.}(DI - DP, 0) + FRB \times \text{máx.}(DB - DPI, 0)$  Donde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta.

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio.

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base.

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio.

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria

Región	FRI	FRB
Centro	0.2	0.1

Máx. es el máximo, por lo que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor 0 (cero).

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo correspondiente.

#### 6.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN

El diagnóstico energético es la herramienta utilizada para la evaluación sistemática del uso eficiente de la energía, definiendo la situación del consumo y las posibles oportunidades de ahorro.

Dentro de la instalación eléctrica existe la utilizada para la iluminación que sirve para facilitar las labores que se realizan a diario y representa un consumo de energía eléctrica. Para ello se debe tener un estimado de cuales equipos existen, su cantidad y su funcionamiento.

El consumo en iluminación, representa entre un 28% y 32% del gasto total de electricidad en la industria<sup>69</sup>. Siendo esta la de mayor impacto en el consumo, ya que existe un descontrol en cuanto al apagado y encendido de las luces en la industria. Este alto porcentaje de consumo en las luminarias se presenta porque las mismas son del tipo convencional, es decir, de alto consumo por lo que:

- ✓ Se debe promover la limpieza periódica de las luminarias, con esto mejorará la calidad de la iluminación
- ✓ No encender las luces si no es necesario, aproveche la luz natural
- ✓ Es recomendable instalar sistemas de control de iluminación tales como sensores de presencia y fotoceldas
- ✓ La administración debe considerar el uso de lámparas fluorescentes en sustitución de las bombillas tradicionales
- ✓ El uso de balastro electrónico y reflectores eficientes
- ✓ Reducir los niveles de iluminación en zonas de tránsito (pasillos)
- ✓ Apagar las luces cuando se terminen las actividades
- ✓ Recordar a los servicios de limpieza o a los últimos en abandonar el edificio que apague luces o den aviso para que esto se realice

### **6.7.1 METODOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

El diagnóstico energético se conceptualiza como la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de esta. Con el objetivo de establecer el punto de partida para la

---

<sup>69</sup>[http://www.pantallasled.com.mx/articulos/071115\\_iluminacion\\_de\\_lamparas\\_con\\_led\\_utilizados\\_en\\_edificios.html](http://www.pantallasled.com.mx/articulos/071115_iluminacion_de_lamparas_con_led_utilizados_en_edificios.html)

implementación y control de un programa de ahorro de energía, se determina dónde y cómo es utilizada, además de especificar cuánta es desperdiciada.

Para desarrollar eficientemente y con éxito un programa de ahorro de energía en una industria deben cumplirse las siguientes condiciones:

- ✓ Compromiso en recursos y tiempo, tanto de la gerencia como del personal de la empresa, para implementar y desarrollar un programa energético con un esfuerzo permanente.
- ✓ Debe existir una base de datos consistente, sobre consumos energéticos de la empresa.
- ✓ Evaluación del estado de las instalaciones (conexiones eléctricas, conductores, lámparas, luminarias, y equipos auxiliares).
- ✓ Los proyectos viables deben ser evaluados y aprobados de acuerdo a las condiciones financieras de la compañía.
- ✓ El programa de ahorro de energía debe manejarse como cualquier programa gerencial o administrativo de la empresa.
- ✓ Un programa de ahorro de energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente a largo plazo, que integra a la administración conjuntamente con los trabajadores

Para este propósito se aporta un conjunto de elementos que permiten realizar y evaluar el diagnóstico energético.

#### **6.7.1.1 DIAGNÓSTICO**

En esta parte se realiza el análisis del consumo y se fijan las metas. Se identifican tres niveles de diagnóstico de acuerdo al método de identificación o análisis.

- 1.- Visual y de aplicación inmediata.
- 2.- De estudio, evaluación y aplicación a mediano plazo.
- 3.- Análisis exhaustivo de las condiciones que pueden abarcar hasta el diseño de nuevas condiciones por lo que se les considera de largo plazo por su costo y tiempo de ejecución.

### **6.7.1.2 PLANEACIÓN**

Aquí se eligen las alternativas de ahorro, se definen las políticas que permitan alcanzar y se determinan los montos en pesos para aplicar el programa que se determina.

Los aspectos de ahorro en iluminación pueden tratarse con sustitución de equipos que proporcionan la misma intensidad luminosa, pero con un menor consumo de energía y de intercambio de calor mediante la limpieza de las superficies.

Como recomienda el Fideicomiso para el ahorro de energía FIDE en iluminación, esto toma mayor importancia cuando el alumbrado en su totalidad está formado por focos incandescentes que tienen un bajo rendimiento ya que basan su operación en el calentamiento de un filamento al rojo blanco así que convierten el 95% de la energía consumida en calor y el resto en energía luminosa, esto implica que una lámpara fluorescente de 11 Watt puede sustituir a un foco incandescente de 60 Watt con el mismo nivel de iluminación.

### **6.7.1.3 ORGANIZACIÓN**

En esta parte se define la estructura organizativa necesaria para cumplir con lo planeado anteriormente, las funciones de cada elemento de la estructura, así como las jerarquías y obligaciones de quienes participan en el programa de ahorro de energía.

### **6.7.1.4 INTEGRACIÓN**

En este paso se elige al personal responsable de las actividades y se adquiere la instrumentación y equipo necesario para el diagnóstico y pruebas.

### **6.7.1.5 DIRECCIÓN**

Aquí se especifica el área de control del responsable del programa y define los mecanismos de supervisión.

#### **6.7.1.6 CONTROL**

En este punto se establecen las normas de consumo de energía eléctrica, de mantenimiento y operativas, además de establecer los métodos de seguimiento para la aplicación de las técnicas para el ahorro con las cuales se pueda probar la efectividad de las mismas.

En este punto es muy importante auxiliarse de tablas o graficas que muestren el comportamiento del consumo de la energía en Iluminación antes y después de la implantación de las técnicas de ahorro de energía.

#### **6.7.2 EFECTOS DE UN DIAGNÓSTICO PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, formado a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar cada lugar en que se apliquen (industria, centro de servicio, escuela, etc.)

Al realizar un diagnóstico para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía se obtienen los siguientes efectos:

- ✓ Permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada
- ✓ Diseño y aplicación de un sistema integral para dicho ahorro
- ✓ Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía
- ✓ Disminuir el consumo sin afectar los niveles de producción
- ✓ Inspección visual del estado de conservación de las instalaciones
- ✓ Análisis de la información estadística de consumos y gastos

- ✓ Detectar las desviaciones entre las condiciones de operación con las del diseño
- ✓ Pérdidas y desperdicios globales
- ✓ Evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que éstas se deben recuperar con los ahorros obtenidos
- ✓ Con el diagnóstico energético se orienta el ahorro de energía y su uso racional
- ✓ Detección y evaluación de fugas y desperdicios
- ✓ Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento, inventario de equipos consumidores de energía y posibilidades de sustitución de estos
- ✓ Costos energéticos y su impacto en los costos totales
- ✓ Período de recuperación

## 6.8 CONCLUSIÓN

Al ahorrar electricidad, se ahorra petróleo y dinero que se pueden invertir en otras áreas como: economía, educación, cultura e investigación. Es por ello que se consideran los factores para su ahorro, las termoeléctricas son una de las fuentes de energía eléctrica con un alto grado de contaminación ambiental, al aumentar la demanda eléctrica se tiene que aumentar la capacidad y con ello la contaminación, es por eso que la cooperación de cada ciudadano evitando el malgasto es indispensable para reducir esta situación.

Se recomienda tomar conciencia del costo de energía eléctrica por ser un insumo indispensable. ¿Qué tiene más valor, un televisor moderno de 90 pulgadas de plasma o la electricidad que lo hace funcionar? esto para reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este valioso recurso.

Se presenta la posibilidad de sustituir todas estas luminarias por unas de más eficiencia, que permitirá un ahorro considerable de energía. Además las nuevas luminarias permiten un menor costo en mantenimiento, en comparación con las ya instaladas.

El objetivo de practicar un diagnóstico energético a un sistema de iluminación, es el de identificar todas las posibles medidas de ahorro de energía en dicho sistema, durante un tiempo limitado; recopilar y ordenar todos los datos de consumo de energía e iluminación de la instalación; así como el de realizar la evaluación técnico- económica de la implantación de las medidas de ahorro.

De esta manera se ha detectado un atractivo panorama para el ahorro de energía eléctrica en la iluminación de las industrias y por consiguiente, el camino para alcanzar un mayor desarrollo e incrementar la capacidad competitiva.

## GLOSARIO

**Balastro:** Es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en lámpara de vapor de mercurio.

**Botarse:** Término utilizado en electricidad cuando un dispositivo abre el circuito debido a una corriente elevada.

**Breakers:** Dispositivo que interrumpe la corriente cuando esta excede el valor permitido.

**Calambre:** Contracción involuntaria, dolorosa y poco durable de ciertos músculos

**Calibre:** Diámetro de los cables utilizados en la industria eléctrica

**Embalse:** Gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones y/o en la producción de energía eléctrica.

**Endoscopia:** Técnica de exploración visual por una cavidad.

**Factores:** Condicionante que contribuye a lograr algo.

**Fibrilación:** Contracción espontánea e incontrolada de las fibras del músculo cardíaco.

**Filamento:** Hilo que se pone incandescente en el interior de las bombillas al encenderlas.

**Fluorescente:** Perteneciente o relativo a la fluorescencia.

**Fotoceldas:** Son pequeños dispositivos que producen una variación eléctrica en respuesta a un cambio en la intensidad de la luz. Es un dispositivo que puede detener el flujo de electricidad alrededor de un circuito

**Gasoducto:** Tubería de grueso calibre y gran longitud para conducir a distancia gas combustible, procedente por lo general de emanaciones naturales.

**Incandescente:** Dicho generalmente de un metal: Enrojecido o blanqueado por la acción del calor.

**Infraestructura:** Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para la creación y funcionamiento de una organización.

**Interruptor:** Que interrumpe. || Mecanismo destinado a interrumpir o establecer un circuito eléctrico.

**Lámpara:** Utensilio o aparato que sirve de soporte a una o varias luces artificiales. || Bombilla eléctrica.

**Lumen:** Unidad de flujo luminoso del Sistema Internacional, que equivale al flujo luminoso emitido por una fuente.

**Lux:** Unidad del Sistema Internacional, que equivale a la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.

**Monografía:** Descripción y tratado especial de determinada parte de una ciencia, o de algún asunto en particular.

**Oleoducto:** Tubería provista de bombas y otros aparatos para conducir el petróleo a larga distancia.

**Plafón:** Material que sirve para proteger el sistema eléctrico, el cual facilita su instalación y mantenimiento del mismo.

**Plutonio:** Elemento químico radiactivo obtenido artificialmente. Metal muy reactivo, y toxico.

**Presa:** Muro grueso de piedra u otro material que se construye a través de un río, arroyo o canal, para almacenar el agua a fin de derivarla o regular su curso fuera del cauce.

**Problema:** Cuestión que se trata de aclarar. || Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin.

**Reflejo:** Luz reflejada. Imagen de alguien o de algo reflejada en una superficie. || Aquello que reproduce, muestra o pone de manifiesto otra cosa.

**Residuo:** Parte o porción que queda de un todo. || Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo. || Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

**Sistema:** Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí. || Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

**Terminal:** Extremo de un conductor para facilitar su conexión con un aparato.

**Termomagnético:** Dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.

**Turbina:** Rueda hidráulica, con paletas curvas colocadas en su periferia, que recibe el agua por el centro y la despide en dirección tangente a la circunferencia, con lo cual aprovecha la mayor parte posible de la fuerza motriz.

**Uranio:** Metal abundante en la corteza terrestre. De color blanco, muy pesado, es fácilmente inflamable, muy tóxico. Se usa como combustible nuclear.

**Watt:** El vatio o watt (símbolo W), es la unidad de potencia activa del Sistema Internacional de Unidades.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Diccionario enciclopédico ilustrado  
Polígono industrial de Arroyomolino.  
Edita: Cultural, S.A. de ediciones  
Madrid – España. Calle c, número 15, Móstoles.

El ABC de las instalaciones eléctricas industriales  
Gilberto Enríquez Harper  
Editorial Limusa Noriega

Evaluación de proyectos  
Gabriel baca Urbina  
Mc Graw Hill interamericana de México S.A. de C.V. 1995

Ingeniería industrial y administración  
Philip E. Hicks  
Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México

Introducción al estudio del trabajo  
Publicado con la dirección de George Kanawaty.  
Editorial Limusa, S.A. de C.V.  
Grupo noriega editores 4ª edición (revisado). México, D.F. 2000

Instalaciones eléctricas prácticas

Ing. Becerril L. Diego Onésimo

12<sup>a</sup> edición. Derechos reservados

Métodos de investigación para tesis y trabajos semestrales

Norma Kreimerman

Editorial Trillas S.A. de C.V. Julio 1997

Metodología de la investigación

Roberto Hernández Sampieri

Carlos Fernández Collado

Pilar Baptista Lucio

Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México Julio 2000

Métodos de investigación y manual académico

Ángeles Mendieta Alatorre

Editorial Porrúa S.A. de C.V. México 2005

Revista GREENPEACE

Primer cuatrimestre de 2009

Núm. 4

Técnicas de investigación

Addison Wesley Longman

Pearson Educación Latinoamericana

## CYBERGRAFÍA

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sector\\_el%C3%A9ctrico\\_en\\_M%C3%A9xico](http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_M%C3%A9xico)
- [http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones\\_fisica/energia\\_electrica.htm](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm)
- <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=81>
- <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo2.html>
- <http://www.endesaeduca.com/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas>
- <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx>
- <http://www.mitecnologico.com/Main/InstalacionElectrica>
- <http://iguerrero.wordpress.com/2008/10/28/topicos-de-instalaciones-electricas-17/>
- <http://maestros.its.mx/sescobedo/calibreconduct.pdf>
- [http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/man\\_cons/pdf/riesgos.pdf](http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/man_cons/pdf/riesgos.pdf)
- [http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev\\_3027.htm](http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev_3027.htm)
- <http://www.mailxmail.com/curso-electricidad-fisicos-tecnicos/efecto-joule>
- <http://www.mitecnologico.com/Main/EIConceptoDelMantenimiento>
- <http://confiabilidad.net/articulos/el-calculo-de-la-confiabilidad/>
- <http://iguerrero.wordpress.com/category/instalaciones-electricas/>
- <http://www.directindustry.es/prod/ge-circuit-breakers/disyuntor-al-vacio-22329-59270.html>
- <http://www.riesgoslaborales.net/>
- [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp)
- <http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/Tarifas.asp>
- [http://www.senado.gob.mx/iilsen/content/lineas/docs/varios/Tarifas\\_Electricas.pdf](http://www.senado.gob.mx/iilsen/content/lineas/docs/varios/Tarifas_Electricas.pdf)
- <http://programafusion.com/img/biblioteca/Iluminacion-Industrial2010.pdf>
- <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-025.pdf>

- <http://www.cfe-energia.org/pdf/E206.pdf>
- [http://www.lumisistemas.com/Docs%5CNews%5CQue\\_es\\_un\\_balastro.pdf](http://www.lumisistemas.com/Docs%5CNews%5CQue_es_un_balastro.pdf)
- <http://www.mchc.org/ipc/FirstAidSafetyTips/CFL.spa.pdf>
- <http://fide.codice.com/home/home.asp>
- <http://ecologia.universiablogs.net/tag/focos-ahorradores/>
- <http://alt1040.com/2007/02/ventajas-del-uso-de-focos-bombillas-de-bajo-consumo>
- [http://www.pantallasled.com.mx/articulos/071115\\_iluminacion\\_de\\_lamparas\\_con\\_led\\_utilizados\\_en\\_edificios.html](http://www.pantallasled.com.mx/articulos/071115_iluminacion_de_lamparas_con_led_utilizados_en_edificios.html)
- <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-025.pdf>

## ANEXO

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, establecidos en la tabla 1

### Niveles de Iluminación STPS.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: Distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: Patios y estacionamientos.	20
En interiores: Distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: Almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos, salas de espera, salas de descanso, cuartos de almacén, plataformas, cuartos de calderas.	100
Distinción moderada de detalles: Ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: Áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: Maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: Salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500

Distinción fina de detalles: Maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de Instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: De pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: Ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: Ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: •De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados. •Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2000

Tabla 1 Anexo. Niveles de Iluminación STPS<sup>70</sup>.

<sup>70</sup> <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-025.pdf>