



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

*"PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN LOS EDIFICIOS A-5 Y A-6 DE LA FES ARAGÓN*

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ÁREA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA)  
P R E S E N T A :  
HUGO DAVID LÓPEZ PÉREZ

ASESOR: M. EN I DAVID FRANCO MARTÍNEZ





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

*A mis amados padres:*

*Sra. María Eugenia Pérez Aquino.*

*Sr. Artemio López Ibáñez.*

*Que fueron mi modelo a seguir  
y me enseñaron que la base del triunfo es la educación.*

*A mis queridos hermanos:*

*Miguel y Maru*

*Tratarles de dar el mejor ejemplo.*

*A mi familia:*

*Por su apoyo incondicional.*

*A los señores:*

*M. en Ing. David Franco Martínez (asesor).*

*Ing. Eleazar Margarito Pineda Díaz.*

*M. en Ing. Rodrigo Ocón Valdez.*

*Ing. Abel Verde Cruz.*

*M. en Ing. Fidel Gutiérrez Flores.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México.*

*A la escuela Facultad de Estudios Superiores  
Campus Aragón.*

*A todas aquellas personas que con  
su apreciable ayuda hicieron  
posible este trabajo.*

# ÍNDICE.

	Páginas
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>i</b>
<b>CAPITULO 1.</b>	
<b>Conceptos utilizados dentro del tema de energía eléctrica.</b>	<b>1</b>
Introducción.	1
1. 1. Qué es la electricidad.	2
1. 2. Ley de Coulomb, corriente eléctrica, potencial eléctrico y ley de Ohm.	2
1. 3. Potencia eléctrica, corriente directa y corriente alterna.	4
1. 4. Ley de Faraday, transformador y transmisión de la energía eléctrica.	5
1. 5. Subestación eléctrica e instalación eléctrica.	9
1. 5. 1. Sección de media tensión.	9
1. 5. 2. Sección de transformación.	11
1. 5. 3. Sección de baja tensión.	13
1. 5. 4. Sistema de tierras.	14
1. 5. 5. Instalación eléctrica.	14
1. 5. 6. Diagrama unifilar.	15
1. 5. 7. Conductores y aislantes.	16
1. 6. Potencia aparente, potencia activa y potencia reactiva.	16
1. 7. Factor de potencia.	18
1. 8. Qué es calidad de la energía eléctrica.	19
1. 9. Antecedentes históricos en el estudio de la calidad de la energía eléctrica en México.	19
1. 10. Definiciones generales de elementos encontrados en la calidad de la energía eléctrica.	21
1. 10. 1. Frecuencia.	21
1. 10. 2. Simetría.	22
1. 10. 3. Amplitud de onda.	22
1. 10. 4. Forma de onda.	24
1. 11. El impacto de las armónicas sobre los transformadores.	28
1. 11. 1. Valor eficaz de la corriente.	28
1. 11. 2. Pérdidas por corrientes circulantes.	28
1. 11. 3. Pérdidas en el núcleo.	28

---

<b>CAPITULO 2.</b>	
<b>Diagnóstico energético y elementos que intervienen en el diagnóstico.</b>	<b>31</b>
Introducción.	31
2. 1. Definición de un diagnóstico energético (DEN).	32
2. 2. Los tipos de diagnóstico energético.	33
2. 2. 1. Diagnóstico de primer grado.	33
2. 2. 2. Diagnóstico de segundo grado.	34
2. 2. 3. Diagnóstico de tercer grado.	34
2. 3. Etapas para un diagnóstico energético.	35
2. 3. 1. Elaboración de un plan de trabajo.	35
2. 3. 2. Recopilación de información.	36
2. 3. 3. Toma de mediciones.	36
2. 3. 4. Analizar los datos.	37
2. 3. 5. Evaluación de un ahorro de energía eléctrica.	40
2. 4. Elaboración de informes ejecutivos y de reportes técnicos.	41
2. 4. 1. Informe ejecutivo.	41
2. 4. 2. Reporte técnico.	41
2. 5. Tipos de mantenimiento.	43
2. 5. 1. Mantenimiento correctivo.	43
2. 5. 2. Mantenimiento preventivo.	44
2. 5. 3. Mantenimiento predictivo.	44
2. 5. 4. Mantenimiento proactivo.	45
2. 6. Seguridad en subestaciones eléctricas.	45
2. 6. 1. Daños causados por la electricidad.	46
2. 6. 2. Daños de otros tipos.	48
2. 7. Prevención en la subestación eléctrica.	49
2. 8. Análisis de los principales consumidores.	50
2. 9. Apoyos para un diagnóstico energético vigente.	51
2. 9. 1. La norma oficial mexicana (NOM).	51
2. 9. 2. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).	54
2. 9. 3. Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).	54

<b>CAPITULO 3.</b>	
<b>Análisis y mediciones de los edificios A-5 y A-6.</b>	<b>57</b>
Introducción.	57
3. 1. Elaboración de un plan de trabajo para la preparación del análisis.	58
3. 2. Recopilación de información de los edificios a los cuales se realizará el diagnóstico.	59
3. 2. 1. Levantamiento de equipos eléctricos.	59
3. 2. 2. Censo de cargas instaladas.	63
3. 2. 3. Los horarios base, intermedio y pico de los dos transformadores.	64
3. 2. 4. Iluminación utilizada incorrectamente.	65
3. 2. 5. Sistemas y/o equipos que estén operando e instalados de forma incorrecta, o requieran de una reparación por el mal estado en que se encuentra.	66
3. 3. Tomar mediciones.	67
3. 3. 1. Equipo de medición.	68
3. 4. Analizar los datos.	73
<b>CAPITULO 4.</b>	
<b>Evaluaciones y propuestas para los edificios A-5 y A-6.</b>	<b>83</b>
Introducción.	83
4. 1. Evaluación del diagnóstico.	84
4. 1. 1. Información de la primera parte del diagnóstico.	84
4. 1. 2. La recopilación de información de problemas presentados o problemas futuros.	85
4. 1. 3. La ubicación de los aparatos eléctricos y electrónicos instalados.	87
4. 2. Propuestas de mejores equipos eléctricos y/u otros.	88
4. 2. 1. El balastro electrónico.	88
4. 2. 2. Lámparas fluorescentes lineales T-8.	89
4. 2. 3. Lámparas fluorescentes compactas.	90
4. 2. 4. Lámparas de aditivos metálicos.	91
4. 2. 5. Lámparas de vapor de sodio.	92
4. 2. 6. Bombilla de luz mixta.	93
4. 2. 7. Adquisición de equipos de cómputo más eficientes.	94

	<b>Páginas</b>
<b>4. 3. Elaboración de un programa de ahorro de energía eléctrica.</b>	<b>96</b>
<b>4. 4. La relación de beneficio-costo por parte de las técnicas utilizadas o equipos reemplazables.</b>	<b>100</b>
<b>4. 4. 1. Resultados obtenidos con los diferentes mantenimientos y programas propuestos.</b>	<b>101</b>
<b>4. 4. 2. Resultados obtenidos reemplazando los equipos convencionales.</b>	<b>103</b>
<b>4. 4. 3. Cálculo del costo de la energía eléctrica consumida.</b>	<b>105</b>
<b>4. 4. 4. Periodo de recuperación de la inversión.</b>	<b>108</b>
<b>Conclusiones.</b>	<b>111</b>
<b>Bibliografía.</b>	<b>115</b>
<b>Glosario.</b>	<b>117</b>
<b>Anexos.</b>	<b>123</b>
<b>Anexo A. Normas utilizadas.</b>	<b>123</b>
<b>Anexo B. Tablas de carga de demanda en el transformador A-5.</b>	<b>128</b>
<b>Anexo C. Tablas de carga de demanda en el transformador A-6.</b>	<b>134</b>
<b>Anexo D. Diagrama unifilar del transformador A-5.</b>	<b>139</b>
<b>Anexo E. Diagrama unifilar del transformador A-6.</b>	<b>140</b>
<b>Anexo F. Plano eléctrico del edificio A-5 y A-6.</b>	<b>141</b>

# INTRODUCCIÓN.

El objetivo general es realizar un diagnóstico energético al sistema eléctrico de los edificios A-5 y A-6 de la FES Aragón, para conocer las demandas base, intermedia y pico de energía eléctrica, así como la calidad de este suministro, todo esto con el afán de proponer un programa de ahorro de energía eléctrica, para disminuir el consumo de este servicio sin afectar las actividades que se realizan.

En la actualidad el consumo de la energía eléctrica se ha estado elevando; hay una gran variedad en cuanto a los usos de este servicio, comúnmente se encuentra en todos los ámbitos por ejemplo en: la industria, doméstica, centros de enseñanza, comercios, centros deportivos y en muchos otros lugares más. Por lo que el costo de este tipo de energía, mientras mayor sea el consumo, más elevado será el costo por la utilización de este servicio, por dicha razón deben de emplearse métodos que permitan utilizar la energía eléctrica con más eficiencia y no desperdiciar esta, sin que estos métodos obstaculicen las labores que actualmente se realizan en el lugar, ya que además de haber pérdidas económicas existen también pérdidas en los recursos naturales lo cuales no son renovables.

Existen diferentes tipos de programas de ahorro de energía eléctrica, todo esto es con la aplicación de diferentes conceptos como son: frecuencia, simetría (sistemas trifásicos), amplitud de onda, forma de onda, entre otros; este tipo de programa depende de las características en las que se encuentren los componentes eléctricos instalados o de las labores que se realizan dentro de esos recintos, esto es con el fin de optimizar la energía eléctrica y tener un buen servicio de esta.

El implementar el uso racional de la energía eléctrica a todos los consumidores, ocasiona grandes beneficios entre los destacados son: la disminución en el costo de este tipo de energía, la calidad en el suministro de la energía eléctrica, la preservación de los recursos naturales (que se utilizan para la creación de esta), entre otros; uno más de estos ejemplos es que al existir un buen servicio de la energía eléctrica, los equipos eléctricos y electrónicos instalados en estos recintos donde existe este buen servicio, el aprovechamiento de estos equipos estará en un 100 % de eficiencia.

La electricidad no es únicamente solo la toma de corriente sino que viene ligado este servicio desde la central generadora, las secciones de transformación, la transmisión, otras secciones de transformación y por último los equipos que utilizan este servicio, entre lo más importante.

Otros temas que ayudan a la creación de un programa de ahorro de energía eléctrica son los diagnósticos energéticos; dependiendo de los análisis, evaluaciones y resultados de los diagnósticos, se emplea una serie de mantenimientos o tácticas para el ahorro de energía eléctrica; este paso necesita una cierta cantidad de instrumentación para conocer los índices de consumo reales y las características que otorgan actualmente los equipos eléctricos instalados.

Este tipo de instrumentación tiene su manera adecuada de conexión y de lectura, existe una gran variedad de instrumentos auxiliares para realizar un buen diagnóstico energético.

Las modificaciones a las instalaciones eléctricas actuales son de acuerdo a los resultados de los análisis del diagnóstico energético. Existe la posibilidad de que no haya ninguna inversión en equipos eléctricos y electrónicos eficientes, únicamente con las modificaciones en los mantenimientos y un buen programa en el uso adecuado de la energía eléctrica empleado por el personal que utiliza este servicio o los responsables de los edificios, solo con las acciones anteriores se puede obtener un ahorro de energía eléctrica.

La elección de equipos eléctricos y electrónicos eficientes, deben elegirse de acuerdo al servicio que van a otorgar, existen diferentes tipos de equipos eficientes de acuerdo a su utilización, la buena investigación de estos equipos eléctricos para la implementación en el programa, se obtiene el cumplimiento de las normas estipuladas y el recinto muestra una apariencia moderna o a la vanguardia.

El primer capítulo menciona que la electricidad ha sido muy importante al paso de los años, ya que sin ella todos los aparatos eléctricos y electrónicos no pudieran funcionar y como resultado de esto, no habría aparato que ayudara a la humanidad a facilitar el trabajo que se realiza día con día. Este tema de energía eléctrica abarca un gran número de conceptos entre los cuales están: la ley de Coulomb, corriente eléctrica, potencial eléctrico, ley de Ohm, potencia eléctrica, etc. Para saber de donde proviene la energía eléctrica se deberán conocer estos importantes conceptos anteriores.

El segundo capítulo muestra que en cualquier programa de ahorro de energía eléctrica debe de existir un diagnóstico energético, ya que este concepto es de gran ayuda para la evaluación del uso eficiente de la energía eléctrica en cualquier establecimiento. El diagnóstico energético se clasifica en 3 tipos de diagnósticos según su complejidad:

- Diagnóstico de primer grado.
- Diagnóstico de segundo grado.
- Diagnóstico de tercer grado.

El diagnóstico energético al igual que cualquier programa tiene un orden de ser; en general este se divide en 5 etapas:

- Elaboración de un plan de trabajo.
- Recopilación de información.

- Toma de mediciones.
- Analizar datos.
- Evaluación de ahorro de energía eléctrica.

Este tema necesita de apoyos que soporte este tipo de trabajo, en este caso como se refiere al ahorro de energía eléctrica, se necesitan las normas estándares actuales y entre otros documentos, por ejemplo: los que expide el FIDE, la CONAE, entre otros.

El tercer capítulo presenta, que, para la elaboración de un buen programa de ahorro de energía eléctrica se necesitan datos, los cuales sean tomados directamente del lugar al cual se le aplicará dicho programa; estos datos se pueden recopilar de manera visual y por medio de equipos que ayuden a medir estos datos, como: la corriente que circula por el circuito, la potencia consumida, los factores de potencia, entre otros. Este paso es el más técnico de esta tesis ya que el objetivo es hacer las mediciones y la realización de estas mediciones se deben de hacer de forma cautelosa por el personal capacitado.

El cuarto capítulo es el resultado de todas las evaluaciones hechas junto con las propuestas realizadas, este resultado afirma que la implantación de un programa de ahorro de energía eléctrica a cualquier establecimiento es beneficioso. Para apreciar si el resultado es positivo se debe de realizar una tabla de beneficios contra costos para comprobar que la implantación de este programa es el adecuado.

# **CAPÍTULO 1.**

## **CONCEPTOS UTILIZADOS DENTRO DEL TEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

### **INTRODUCCIÓN.**

En este primer capítulo se presentan algunos términos que más adelante se emplean para la comprensión de la energía eléctrica. Los temas que se desarrollarán a continuación serán breves y concisos, esto es con la finalidad de tener una mejor comprensión de los capítulos que más adelante se presentarán, y en los cuales, se explica el programa de ahorro de energía eléctrica propuesto en esta tesis.

## 1. 1. QUÉ ES LA ELECTRICIDAD.

La electricidad es lo que mantiene unidos a los átomos para formar moléculas; en una u otra forma, subyace a casi todo lo que nos rodea. Por ejemplo se encuentra: en los relámpagos, en la chispa que salta bajo los pies cuando caminamos arrastrándolos sobre una alfombra. Nuestro dominio de la electricidad se hace patente en toda clase de dispositivos tecnológicos, desde las bombillas hasta las computadoras.

La electricidad, en su definición más sencilla, representa la forma de energía que se produce cuando ocurre un desequilibrio entre dos partículas básicas de la materia, electrones y protones que tienen la propiedad de atraerse y repelerse. Esta propiedad se llama carga eléctrica: negativa (-) la del electrón y positiva (+) la del protón. Las cargas del mismo signo se rechazan y las de diferente signo se atraen.

Si algo tiene vital importancia en nuestra tecnología, ciertamente es la electricidad, esta pasa por conductores llevando energía e información, recorriendo un sistema nervioso metálico, en forma parecida a como las venas recorren nuestro cuerpo. **El flujo ordenado de carga se llama corriente eléctrica**, sea que se hable de electrones impulsados por una batería a través de un conductor o de protones lanzados al espacio por una estrella que estalla. Y las corrientes transportan energía. Gran parte de la energía que “consumimos” es transportada en forma de electricidad que llega cómodamente a los contactos de la pared que hay por doquier y pasa a las computadoras, los luminarios, los televisores, los refrigeradores, los corazones o pulmones mecánicos, etc., ya que todas ellas se conectan con la corriente y toman energía de ella. Cuando se habla de “electricidad”, probablemente se piense en cargas en movimiento, y eso es la corriente.

## 1. 2. LEY DE COULOMB, CORRIENTE ELÉCTRICA, POTENCIAL ELÉCTRICO Y LEY DE OHM.

Hay que recordar que la ley de la gravitación de Newton enuncia que la fuerza gravitacional entre dos objetos de masas  $m_1$  y  $m_2$  es proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $d$  que los separa:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad \text{Ec. 1. 2a.}$$

donde  $G$  ( $6.672\ 59 \times 10^{-11}$  N\*m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>) la constante de gravitación universal.

La fuerza eléctrica entre un par cualquiera de objetos satisface igualmente una relación del inverso del cuadrado de la distancia. Esta relación fue descubierta por el físico francés Charles Coulomb (1736-1806) en el siglo XVIII. La **ley de Coulomb** establece que la fuerza que se ejerce entre dos partículas u objetos cargados, que son pequeños comparados

con la distancia que los separa, es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de dicha distancia. La función que desempeña la carga en los fenómenos eléctricos es muy similar a la que desempeña la masa en los fenómenos gravitacionales. Se puede expresar la ley de Coulomb como:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad \text{Ec. 1. 2b.}$$

donde  $d$  es la distancia que separa las partículas cargadas;  $q_1$  representa la cantidad de la carga de una de las partículas y  $q_2$  la cantidad de carga de la otra, y  $k$  ( $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ) es la constante de proporcionalidad.

La unidad de carga en el Sistema Internacional es el **Coulomb**, que se abrevia C.

La **corriente eléctrica** no es sino el flujo de carga eléctrica en determinado tiempo. En un conductor sólido son los electrones los que transportan la carga por el circuito, esto se debe a que los electrones se pueden mover libremente por toda la red atómica; estos electrones se conocen como electrones de conducción. Los protones por su parte, están ligados a los núcleos atómicos, que se encuentran más o menos fijos a posiciones determinadas. Pero en los fluidos, el flujo de carga eléctrica puede deberse tanto a los electrones como a iones positivos y negativos.

$$\text{corriente} = \frac{\text{carga eléctrica}}{\text{tiempo}} \quad \text{Ec. 1. 2c.}$$

La corriente eléctrica se mide en Amperes, cuyo símbolo es A (el símbolo de Ampere en el Sistema Internacional es A. Pero el símbolo amp, más antiguo, es todavía de uso común). Un Ampere equivale a un flujo de un Coulomb de carga por segundo.

$$1 \text{ Ampere} = 1 \frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}} \quad \text{Ec. 1. 2d.}$$

La energía potencial eléctrica por unidad de carga es igual al cociente de la energía potencial eléctrica total entre la cantidad de carga. La energía potencial eléctrica por unidad de carga –sea cual sea la cantidad de carga– es la misma en cualquier punto. Por ejemplo, un objeto con diez unidades de carga en un punto dado posee una energía diez veces superior a la de un objeto con una sola unidad de carga. Pero también tiene una carga diez veces mayor, de modo que la energía potencial por unidad de la carga es la misma. El concepto de energía potencial eléctrica por unidad de carga tiene un nombre especial: **potencial eléctrico**.

$$\text{potencial eléctrico} = \frac{\text{energía potencial eléctrica}}{\text{carga}} \quad \text{Ec. 1. 2e.}$$

La unidad del sistema internacional que mide el potencial eléctrico es el Volt, El símbolo del Volt es V. Puesto que la energía potencial se mide en Joule y la carga en Coulomb,

$$1 \text{ Volt} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} \quad \text{Ec. 1. 2f.}$$

Ohm descubrió que la cantidad de corriente que pasa por un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito. En notación compacta:

$$\text{resistencia} = \frac{\text{voltaje}}{\text{corriente}} \quad \text{Ec. 1. 2g.}$$

Esta relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia se le conoce como **ley de Ohm**. La relación entre las unidades en que se miden estas cantidades es:

$$1 \text{ Ohm} = 1 \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}} \quad \text{Ec. 1. 2h.}$$

Por lo tanto, dada una resistencia constante, la corriente y el voltaje de un circuito son proporcionales. Esto significa que si duplicas el voltaje, se duplica la corriente. A mayor voltaje, mayor corriente. Pero si duplicas la resistencia de un circuito, la corriente se reduce a la mitad. A mayor resistencia, menor corriente.

### 1. 3. POTENCIA ELÉCTRICA, CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA.

Al moverse, en un circuito, una carga realiza trabajo. En general, este trabajo calienta el circuito o hace girar un motor. La rapidez con la que se realiza el trabajo, es decir, la rapidez con la que la energía eléctrica se transforma a otro tipo de energía: en energía mecánica, calorífica o luminosa, se llama **potencia eléctrica**. La potencia eléctrica es igual al producto de la corriente por el voltaje.

$$\text{potencia eléctrica} = \text{corriente} \times \text{voltaje} \quad \text{Ec. 1. 3a.}$$

Si el voltaje se representa en Volt y la corriente en Ampere, la potencia queda expresada en Watt. Así en términos de unidades,

$$1 \text{ Watt} = (1 \text{ Ampere}) \times (1 \text{ Volt}) \quad \text{Ec. 1. 3b.}$$

La corriente eléctrica puede ser de cd o de ca. Con cd denotamos **corriente directa**, que implica un flujo de carga que va siempre en la misma dirección. Una batería produce

corriente directa en un circuito porque sus terminales siempre tienen el mismo signo de carga. Los electrones siempre se mueven por el circuito con la misma dirección: de la terminal negativa que los repele a la terminal positiva que los atrae. En tanto la corriente vaya en una sola dirección, es cd.

La **corriente alterna** (ca) funciona como su nombre lo indica. Los electrones del circuito se mueven primero en una dirección y luego en dirección contraria, haciendo vaivenes alternados entorno a una posición relativamente fija. Esto se logra alternando la polaridad del voltaje del generador u otra fuente.

Casi todos los circuitos de ca a nivel mundial funcionan con voltajes y corrientes que van y vienen con una frecuencia de 60 ciclos por segundo, o sea, con una corriente de 60 Hz.

El que la ca sea tan socorrida se debe al hecho de que la energía en forma de ca puede transmitirse a grandes distancias con sencillos dispositivos de voltaje que tienen como consecuencia una menor pérdida por calor en los cables. El objetivo principal de la corriente eléctrica, ya sea cd o ca, es transferir energía en forma silenciosa, flexible y conveniente de un sitio a otro.

#### **1. 4. LEY DE FARADAY, TRANSFORMADOR Y TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

El fenómeno de la inducción electromagnética se puede resumir en un enunciado conocido como **ley de Faraday**:

*El voltaje inducido en una bobina es proporcional al producto del número de espiras y la razón de cambio del campo magnético dentro de dichas espiras.*

Una cosa es el voltaje y otra la corriente. La magnitud de la corriente que se genera por inducción electromagnética no depende solamente del voltaje inducido, sino también de la resistencia de la bobina y la resistencia del circuito al que está conectada. †Por ejemplo, podemos meter y sacar un imán de una espira cerrada de caucho y de una espira cerrada de cobre. El voltaje inducido es el mismo en ambos casos, siempre y cuando ambas espiras corten el mismo número de líneas de campo magnético. Pero las corrientes de estas espiras son muy distintas: en el cobre es muy intensa y en el caucho es casi nula. Los electrones del caucho experimentan el mismo voltaje que los del cobre, pero el estar ligados a átomos fijos les impide moverse con la libertad con la que se desplazan los electrones en el cobre.

---

†. La corriente depende así mismo de la “reactancia” de la bobina. La reactancia es similar a la resistencia y desempeña una función importante en los circuitos de corriente alterna; depende del número de espiras de la bobina y de la frecuencia de la fuente de corriente alterna entre otras cosas.

El transformador está formado por dos bobinas, la bobina primaria (alimentación) y la bobina secundaria (salida), y un núcleo de hierro en el interior de las bobinas, si conectamos una batería en la bobina primaria y un galvanómetro a la bobina secundaria; el campo magnético de la bobina primaria se intensifica gracias a la alineación de los dominios magnéticos del hierro. Además, el campo magnético se concentra en el núcleo de hierro, que se extiende hasta la bobina secundaria, de modo que ésta experimenta más intensamente el cambio en el campo. El galvanómetro registra ráfagas de corriente más intensas cuando se abre o se cierra el interruptor que se encuentra en el lado de la bobina primaria (alimentación).

Si, en lugar de producir el cambio en el campo magnético abriendo y cerrando un interruptor, se hace suministrando a la bobina primaria una corriente alterna. Entonces la rapidez a la que cambia el campo magnético a la bobina primaria (y, por tanto, en la secundaria) es igual a la frecuencia de la corriente alterna. Obteniendo así un transformador.

En la figura 1. 4a. se muestra un montaje más eficaz, en la que el núcleo del hierro forma un circuito cerrado para dirigir todas las líneas de campo magnético hacia la bobina secundaria. La bobina secundaria intercepta todas las líneas del campo magnético de la primaria.

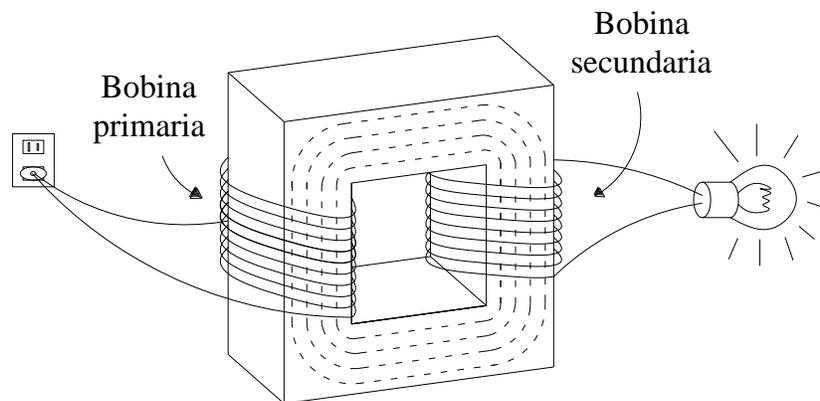


Figura 1. 4a. El núcleo de hierro guía las líneas del campo magnético variable; se obtiene así un transformador más eficaz.

Un transformador permite incrementar o disminuir un voltaje. Cuando la bobina secundaria tiene mas vueltas que la primaria, obtenemos un transformador elevador; y si la bobina primaria tiene mas vueltas que el secundario, obtenemos un transformador reductor de voltaje. La relación que existe entre el voltaje primario y el voltaje secundario en términos del número relativo de vueltas es,

$$\frac{\text{voltaje primario}}{\text{número de vueltas de la bobina primaria}} = \frac{\text{voltaje secundario}}{\text{número de vueltas de la bobina secundaria}} \quad \text{Ec. 1. 4a.}$$

Puede parecer que con un transformador elevador podemos obtener algo de nada. Pero el cambio de voltaje tiene un costo: la bobina primaria consume una corriente mayor. El transformador, de hecho, transfiere energía de una bobina a la otra. La rapidez de transferencia de energía es la potencia. La potencia que consume la bobina secundaria proviene de la primaria. Ésta no suministra mas potencia de la que consume la secundaria, de acuerdo con el principio de conservación de la energía. Despreciando las pérdidas de potencia por calentamiento del núcleo, tenemos:

$$\text{potencia suministrada a la bobina primaria} = \text{potencia extraída de la bobina secundaria} \quad \text{Ec. 1. 4b.}$$

La potencia eléctrica es igual al producto del voltaje por la corriente, de modo que podemos decir:

$$(\text{voltaje} \times \text{corriente})_{\text{primaria}} = (\text{voltaje} \times \text{corriente})_{\text{secundaria}} \quad \text{Ec. 1. 4c.}$$

La facilidad con la que un transformador permite aumentar y reducir voltajes es la razón principal por la que la mayor parte de la potencia eléctrica de que disponemos sea ca y no cd.

Casi toda la energía eléctrica que se vende hoy en día está en forma de corriente alterna debido a la facilidad con que se puede hacer pasar un voltaje a otro. La energía recorre grandes distancias a altos voltajes y corrientes correspondientemente bajas, proceso que de otra manera vendría acompañado de cuantiosas pérdidas de energía debidas al calentamiento de los cables. La energía eléctrica se puede transmitir de la planta generadora a la ciudad a unos 120 000 V, o más; luego, al llegar a la ciudad puede reducirse a unos 2 200 V y finalmente reducirse de nuevo para suministrar 127 V a los circuitos domésticos.

Así pues, la transformación de la energía entre sistemas de cables conductores se lleva a cabo por inducción electromagnética. Los mismos principios son validos para la transmisión inalámbrica de energía entre una antena de transmisión radiofónica y un receptor.

A continuación se mostrarán los diferentes niveles de tensión de suministro que se encuentran en los Estados Unidos Mexicanos publicados por la Comisión Federal de Electricidad, se considera que:

- ✚ Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kV.
- ✚ Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 (un) kV, pero menores o iguales a 35 (treinta y cinco) kV.
- ✚ Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 (treinta y cinco) kV, pero menores a 220 (doscientos veinte) kV.
- ✚ Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 (doscientos veinte) kV.

Los servicios que se alimenten de una red automática se contratarán a la tensión de suministro disponible en la red, y de acuerdo a la tarifa correspondiente a esa tensión.

En los casos en que el suministrador tenga disponibles dos o más tensiones que puedan ser utilizadas para suministrar el servicio, y éstas originen la aplicación de tarifas diferentes, el suministrador proporcionará al usuario los datos necesarios para que éste decida la tensión en la que contratará el servicio.

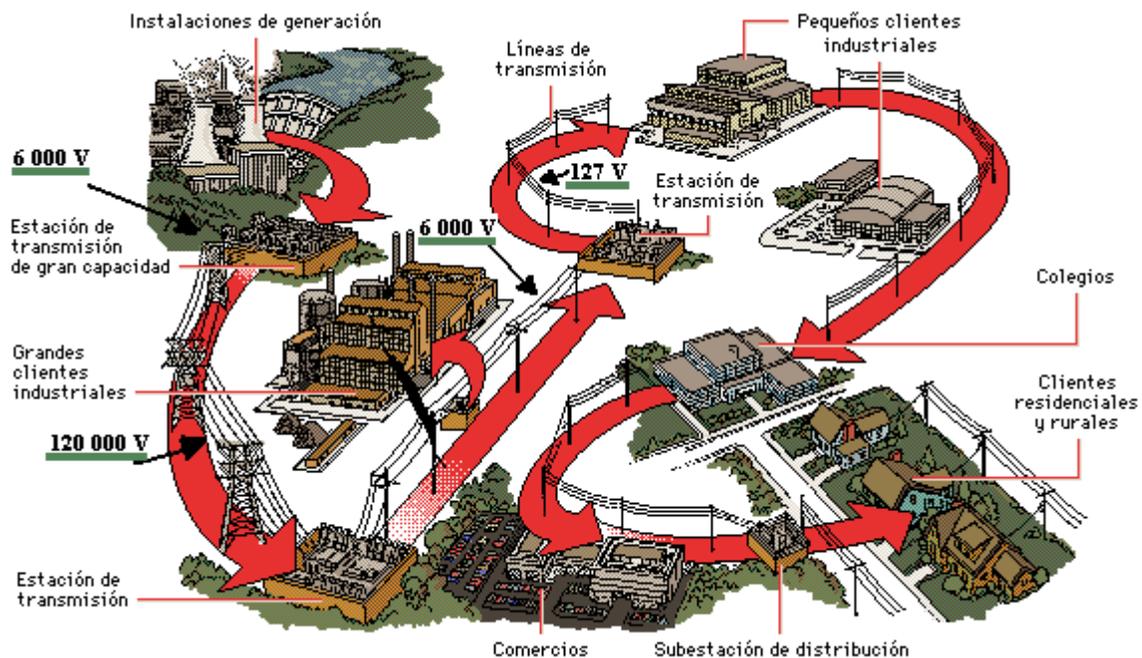


Figura 1. 4b. Transmisión de la energía eléctrica.

## 1. 5. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA E INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

La subestación eléctrica es un conjunto de elementos y dispositivos cuyo propósito es el cambio de la tensión y de la corriente o desconexión de circuitos eléctricos de la misma frecuencia. La subestación se encuentra conformada por secciones: la sección de media tensión, sección de transformación y sección de baja tensión.

### 1. 5. 1. Sección de media tensión.

La sección de media tensión se clasifica de la siguiente manera:

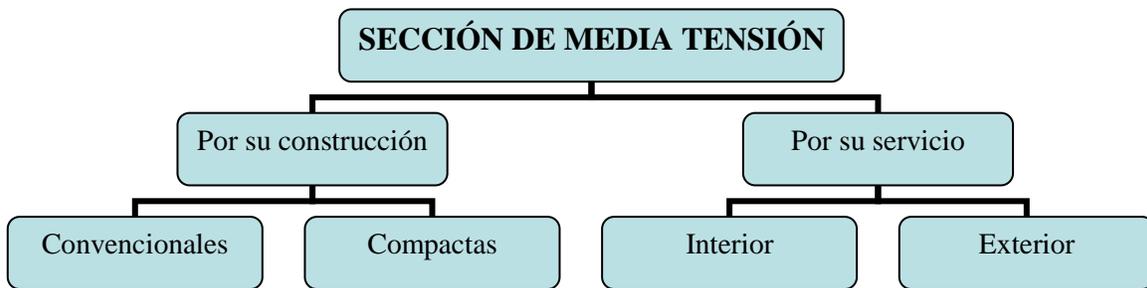


Figura 1. 5. 1a. Clasificación en la sección de media tensión en una subestación eléctrica.

Tabla 1. 5. 1a. Elementos de la sección de media tensión en una subestación eléctrica.

<b>SECCIÓN DE MEDIA TENSIÓN</b>		
Componentes	De tipo	Datos
Acometida	Aérea	Con cable ACSR, típicas para subestaciones convencionales.
	Subterránea	Con cable XLP y terminales termocontáctiles, típicas para subestaciones compactas.
Terminales	Premoldeada (TIP)	Tipo interior, para cables con aislamiento EP y XLP.
	Modular intemperie (TMI)	Tipo exterior, para cables con aislamiento EP y XLP.
	Bayoneta (TTB)	Para cables con aislamiento de papel impregnado en aceite, forro de plomo o XLP.
	Porcelana serie 5900	Para cables de aislamiento sintético y blindado, hasta 23 kV.
	Contráctiles	Tipo interior o exterior, para cables con aislamiento EP o XLP.
Cables de media tensión	Los más utilizados son los de aislamiento tipo XLP, estos cuentan con una pantalla semiconductor y protección de PVC entre otras propiedades.	
Medición del suministrador	Transformadores de corriente TC's	
	Transformadores de potencial TP's	
	Wattmetro-hora	
Bus	Aisladores	
	Barras	
	Soportes	
Cuchillas de paso	Base de acero	Otros datos desconexión sin carga y operación manual.
	Aisladores	
Seccionador	Base de acero	Otros datos desconexión con carga y operación automática.
	Aisladores	
	Mecanismo	
	Fusibles	
Cortacircuitos	Soporte	Otros datos desconexión sin carga, operación manual y se utiliza pértiga dieléctrica.
	Porta-fusible	
Fusibles	Protegen contra corto circuito	
	Operan de 1.8 a 2 veces la corriente nominal	
Apartarrayos	Protegen contra descargas atmosféricas	
	Cuerpo de cerámica y polímero	

### 1. 5. 2. Sección de transformación.

La sección de transformación se clasifica de la siguiente manera:



Figura 1. 5. 2a. Clasificación en la sección de transformación en una subestación eléctrica.

- Operación:
  - ✓ Distribución (Hasta 500 kVA).
  - ✓ Potencia (Mayor a (500 kVA).
- Número de fases:
  - ✓ Monofásicos.
  - ✓ Trifásicos.
- Utilización:
  - ✓ Generador.
  - ✓ Subestación.
  - ✓ Distribución.
  - ✓ Horno.
  - ✓ Instrumento.

- Construcción:
  - ✓ Núcleo acorazado o shell.
  - ✓ Núcleo no acorazado (columna o core).
  
- Condiciones de servicio:
  - ✓ Interior.
  - ✓ Intemperie.
  
- Instalación:
  - ✓ Poste.
  - ✓ Subestación.
  - ✓ Pedestal.
  
- Tipo de enfriamiento:
  - ✓ Para transformadores secos:
    - AA. Auto-enfriamiento.
    - AFA. Enfriamiento por aire forzado.
    - AA/FA. Combinación de las 2 anteriores.
  
  - ✓ Para transformadores en aceite:
    - OA. Enfriado en aceite.
    - OA/FA. Enfriado en aceite y aire forzado.
    - OA/FA/FOA. Al igual que la anterior, pero se adiciona bombas para circulación forzada de aceite.

Tabla 1. 5. 2a. Elementos de la sección de transformación en una subestación eléctrica.

<b>SECCIÓN DE TRANSFORMACIÓN</b>	
Componentes	Datos
Circuito magnético	Es la parte del transformador que sirve para conducir el flujo magnético, conocido como núcleo, el cual se encuentra formado por láminas de acero al silicio de grano orientado de bajas pérdidas y una alta permeabilidad magnética.
Circuito eléctrico	Lo forman los devanados, generalmente son de cobre y/o aluminio. La función de los devanados (primario) es el crear un flujo magnético para inducir en los devanados (secundario) una fuerza electromotriz, y transferir la potencia eléctrica mediante el principio de inducción electromagnética.
Sistema de aislamiento	Formado por cartón prensado, papel kraft normal o tratado, papel manila corrugado, collares y láminas de cartón, esmaltes y barnice, porcelanas, recubrimientos epoxicos, madera, algodón, plásticos, cintas adhesivas, cintas de fibra de vidrio entre otros.
El sistema de aislamiento	Aísla los devanados del transformador, entre ellos y a tierra. Dicho sistema debe de soportar tensiones relativamente altas, incluyendo ondas de impulso o transitorios, esfuerzos mecánicos y térmicos, prevenir acumulación de calor y mantener las características deseadas para un periodo de vida aceptable realizando un adecuado mantenimiento.
Aceite	Es el aceite aislante mineral generalmente, que cubre a las bobinas, el núcleo y los aislantes sólidos, este tiene la función de proveer rigidez dieléctrica, proporcionar un enfriamiento eficiente y proteger al demás sistema aislante.
Entre otros.	Boquillas, Cambiador de derivaciones, Indicador de temperatura, Indicador de nivel de aceite, Válvula de sobre-presión, Válvula de drenaje y muestreo y Manovacuometro.

### 1. 5. 3. Sección de baja tensión.

La sección de baja tensión se clasifica de la siguiente manera:

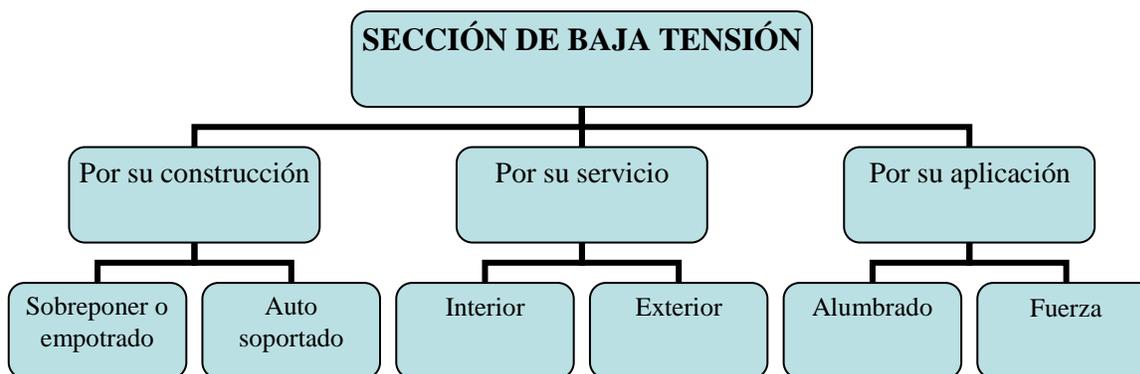


Figura 1. 5. 3a. Clasificación en la sección de baja tensión en una subestación eléctrica.

Tabla 1. 5. 3a. Elementos de la sección de baja tensión en una subestación eléctrica.

<b>SECCIÓN DE BAJA TENSIÓN Componentes</b>
Bus (aisladores y barras).
Interruptor principal.
Interruptores derivados.
Transformadores de corriente.
Transformadores de potencial.
Instrumentos de medición.
Barra de tierra.

#### 1. 5. 4. Sistema de tierras.

Sistema de tierras: La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en sí. La regla es: Cada sistema de tierras debe cerrar únicamente el circuito eléctrico que le corresponde.

El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra es:

- Protege al personal operativo, autorizado o no autorizado.
- Aterrizan los sistemas eléctricos para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos. Esto se logra uniéndolos mediante un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema, una parte del sistema eléctrico a tierra.
- Eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y, para que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos. Para ello se logra conectándose al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante conductor apropiado a la **corriente** de corto circuito del propio sistema en el punto en cuestión.
- Apego a normas y reglamentos públicos en vigor.

#### 1. 5. 5. Instalación eléctrica.

Instalación eléctrica: Se 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, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o

pisos). Una instalación eléctrica debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente.

### 1. 5. 6. Diagrama unifilar.

Diagrama unifilar: Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma una visualización completa del sistema de la forma más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, rara vez es necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar o de una línea.

Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico. El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

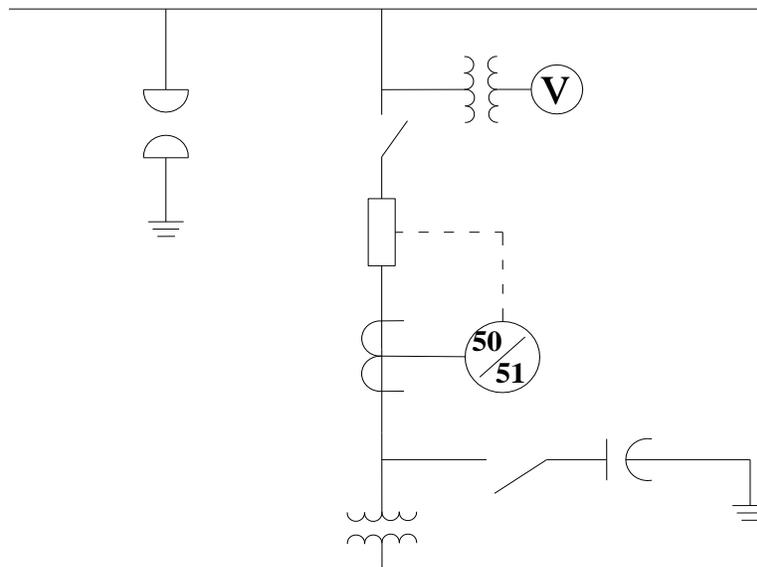


Figura 1. 5. 6a. Representación de un sistema eléctrico en diagrama unifilar.

### 1. 5. 7. Conductores y aislantes.

Conductores y aislantes: Los electrones se mueven en unos materiales con más facilidad que otros, por ejemplo: el cobre, el oro y el aluminio son buenos conductores. Los electrones exteriores de los átomos de un metal no están ligados a ningún núcleo en particular, sino que son libres de desplazarse por todo el material. Tales materiales son buenos **conductores**. Los metales son buenos conductores del movimiento de las cargas eléctricas por la misma razón que son buenos conductores del calor, porque sus electrones están “suelos”.

Los electrones de otros materiales –como, por ejemplo la lana, el plástico, el vidrio, el aire y el caucho- están ligados firmemente a sus átomos y permanecen en ellos. No tienen libertad para moverse a otros átomos del material. Tales materiales son malos conductores de la electricidad por la misma razón por la que, en general, son malos conductores del calor. Decimos que estos materiales son buenos **aislantes** (no conductores o dieléctricos).

La diferencia entre conductores y no conductores surge de la movilidad relativa de la carga dentro del material. Las cargas en el cable de alimentación de un aparato eléctrico común recorren varios metros de cable hasta el aparato, atraviesan sus circuitos eléctricos y regresan por el cable de retorno en vez de pasar directamente de un cable al otro atravesando el mínimo espesor del aislante del caucho.

### 1. 6. POTENCIA APARENTE, POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA REACTIVA.

En un circuito de c. a. en el que la corriente y la tensión tienen un desfase  $\phi$ . Se define componente activa de la intensidad,  $I_a$ , a la componente de ésta que está en fase con la tensión, y componente reactiva,  $I_r$ , a la que está en cuadratura con ella (véase Figura 1. 6a.).

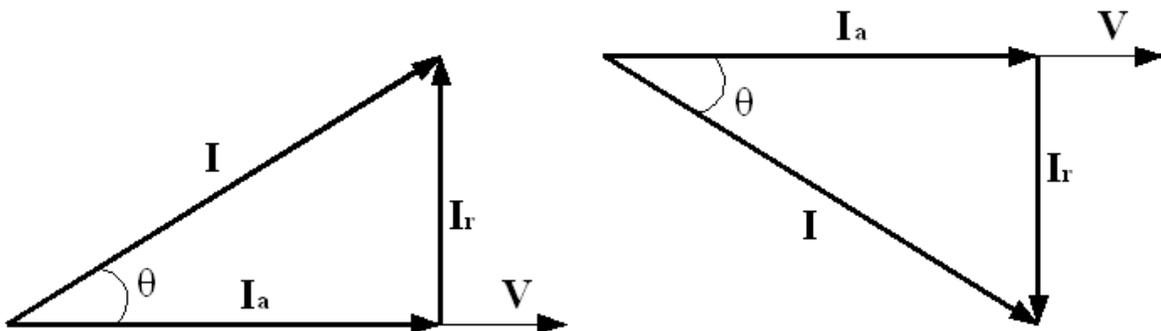


Figura 1. 6a. Componentes activa y reactiva de la intensidad de corriente eléctrica; capacitivo el de la izquierda y inductivo el de la derecha.

Sus valores son:

$$I_a = I \cdot \cos \theta \quad \text{Ec. 1. 6a.}$$

$$I_r = I \cdot \text{sen} \theta \quad \text{Ec. 1. 6b.}$$

El producto de la intensidad,  $\mathbf{I}$ , y las de sus componentes activa,  $\mathbf{I}_a$ , y reactiva,  $\mathbf{I}_r$ , por la tensión,  $\mathbf{V}$ , da como resultado las potencias aparente ( $\mathbf{S}$ ), activa ( $\mathbf{P}$ ) y reactiva ( $\mathbf{Q}$ ), respectivamente:

$$S = V \cdot I \quad \text{Ec. 1. 6c.}$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta \quad \text{Ec. 1. 6d.}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \text{sen} \theta \quad \text{Ec. 1. 6e.}$$

En el diagrama de la Figura 1. 6b. podemos ver el triángulo de potencias con la relación existente entre estas tres potencias.

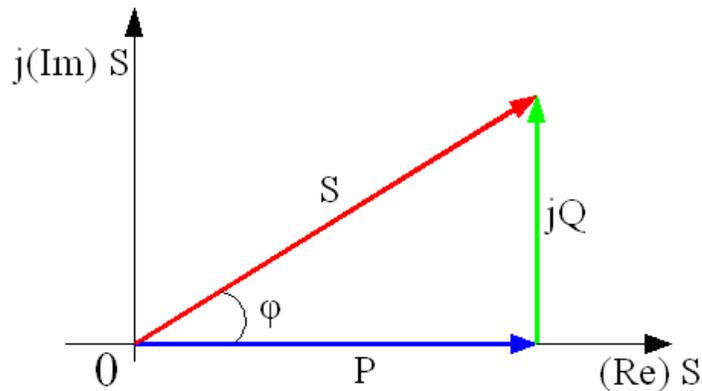


Figura 1. 6b. Relación entre potencias activas, aparentes y reactivas

La **potencia aparente** de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ( $\cos \varphi=1$ ), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "entretener" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra  $\mathbf{S}$  y se mide en volt-amperes ( $\mathbf{VA}$ ).

La **potencia activa** es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como:

mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Se designa con la letra **P** y se mide en Watt (**W**). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta = I \cdot Z \cdot I \cdot \cos \theta = I^2 \cdot Z \cdot \cos \theta = I^2 \cdot R \quad \text{Ec. 1. 6f.}$$

Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

La **potencia reactiva** esta potencia no tiene tampoco el carácter de realmente consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por ello que se dice que es una potencia *desvatada* (no produce W), se mide en Volt-Ampere reactivos (**VAR**) y se designa con la letra **Q**. A partir de su expresión,

$$Q = V \cdot I \cdot \text{sen} \theta = I \cdot Z \cdot I \cdot \text{sen} \theta = I^2 \cdot Z \cdot \text{sen} \theta = I^2 \cdot X \quad \text{Ec. 1. 6g.}$$

Lo que nos reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

Para la potencia trifásica la representación matemática de la potencia activa en un sistema trifásico equilibrado está dada por la ecuación:

$$P_3 \varphi = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \quad \text{Ec. 1. 6h.}$$

## 1. 7. FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia se puede definir como la relación que existe entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) y es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. El origen del bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva, entre las que destacan los motores de inducción, los cuales pueden agravarlo si no se operan en las condiciones para las que fueron diseñados.

El bajo factor de potencia es causa de recargos en la cuenta de energía eléctrica, los cuales llegan a ser significativos cuando el factor de potencia es reducido. Un bajo factor de potencia limita la capacidad de los equipos con el riesgo de incurrir en sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas con un dispendio de energía. El primer paso en la corrección del factor es el prevenirlo mediante la selección y operación correcta de los equipos. Por ejemplo, adecuando la carga de los motores a su valor nominal.

Los capacitores de potencia son la forma más práctica y económica para mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes. El costo de los capacitores se recupera

rápidamente, tan sólo por los ahorros que se tienen al evitar los recargos por bajo factor de potencia en el recibo de energía eléctrica. Entre más cerca se conecten los capacitores de la carga que van a compensar, mayores son los beneficios que se obtienen. Cuando las variaciones de la carga son significativas, es recomendable el empleo de bancos de capacitores automáticos.

### **1. 8. QUÉ ES CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La definición exacta de “calidad de la energía” este algo impreciso, pero la podemos definir como una eliminación total de componentes que afectan el buen servicio de la energía eléctrica como por ejemplo: Armónicas en la red eléctrica, interrupciones de la tensión o de energía eléctrica, sobretensiones, transitorios de tensión y de corriente, entre otras.

Una mala calidad de energía eléctrica afecta económicamente tanto al proveedor como al usuario de la misma. Se producen calentamiento de equipos y maquinas eléctricas, fallas, pérdidas excesivas de energía, gastos extras de mantenimiento, disminución de vida útil de los equipos, desaprovechamiento de la capacidad instalada y pérdidas de los suministros y servicio que en ocasiones pasan desapercibidos, pero que son significativos y elevados costos tanto para el proveedor como para el usuario.

Las deficiencias de la mala calidad de la energía eléctrica pueden estar originadas tanto por el proveedor como el usuario y es frecuentemente que el proveedor actúe de medio de transporte para llevar problemas provocados por un usuario a otros usuarios vecinos conectados a la red.

Por eso se debe encontrar modos efectivos para poder corregir los problemas que afecta una buena calidad de la energía eléctrica, ya que hoy en día esta representa algo vital en nuestra vida cotidiana por el uso de la iluminación artificial, la operación de diversos equipos, vídeo, aire acondicionado, sistemas de computo para un hospital por ejemplo.

### **1. 9. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.**

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en donde se especifican los límites superior e inferior del voltaje y frecuencia de suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de voltajes fuera de estos límites se considera anomalía o deficiencia del suministro. Históricamente, la calidad de la energía eléctrica no ha sido un problema mayor, hasta hace poco tiempo, en forma común para todos, se consideraba que excepto por la prolongación, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Sin embargo, el incremento masivo que se ha tenido en la utilización de equipo basado en

electrónica de potencia como el diodo, transistor, entre otros derivados de estos últimos, ha creado un doble problema para el suministrador:

1. Este equipo, en común con cualquier dispositivo que incorpora electrónica de potencia, es sensible a las variaciones rápidas del voltaje, como son los abatimientos del voltaje (deficiencias del voltaje suministrado).
2. Este tipo de equipo genera distorsión armónica y, bajo ciertas condiciones, puede deteriorar la magnitud y forma de onda del voltaje suministrado, a tal grado que sea inadecuado para la mayoría de los usuarios que comparten esa misma fuente de suministro.

La sociedad actual es dependiente del comportamiento de sus dispositivos motorizados e informatizados. Cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica, el comportamiento de estos sistemas se ve afectado, los beneficios económicos y de bienestar que proporciona la tecnología se eliminan y se desprenden numerosos problemas, tanto para la empresa suministradora como para sus usuarios. El suministrador, usualmente atribuye los problemas a anomalías en la instalación del usuario, mientras que el usuario, normalmente asocia los problemas a deficiencias en las redes de suministro. En la mayoría de las veces, ambos olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes eléctricas tradicionales de ambos.

Por lo anterior, el conocimiento de las características de la calidad de la energía de los sistemas eléctricos del suministrador y del usuario es esencial para establecer acciones económicas, tanto por parte del suministrador como del usuario, que permitan el control de los efectos no deseables.

Estos son algunos resultados de diferentes industrias, referentes a la operación de los sistemas:

- a) Un poco más del 62 % de los disturbios fueron depresiones de voltaje con duración menor a medio segundo (30 ciclos). Típicamente, estas depresiones son resultado de condiciones de falla: un cortocircuito en el sistema de la empresa suministradora, descargas atmosféricas, ramas de árbol o pequeños animales. Las depresiones de voltaje también son resultado del arranque de un motor, aunque estas subestaciones comúnmente son mayores en duración de 30 ciclos y el voltaje asociado no es tan bajo. La magnitud y duración de la depresión de voltaje determina la magnitud del daño al equipo sensible.
- b) Aproximadamente el 21 % de los disturbios fueron impulsos de voltaje transitorios. La conexión y desconexión de cargas ocasiona estos impulsos. Normalmente no representan un problema hasta que sobrepasan el 200 o 300 % del voltaje rms. El impulso es una elevación transitoria con duración menor a medio ciclo. Otras causas comunes de impulso son: descargas atmosféricas cercanas, descargas estáticas y arco entre contactos.

- c) Las interrupciones constituyeron el 14 % de los disturbios. Ningún sistema es invulnerable a las interrupciones, éstas son ocasionadas por cortocircuitos, descargas atmosféricas, mal funcionamiento del equipo, accidentes automovilísticos, excavaciones en sistemas subterráneos, etc.
- d) Las sobretensiones de voltaje representaron el 2 %.

La importancia de abordar con urgencia este tema de la calidad del suministro de energía eléctrica deriva de las estimaciones, que indican que para el año 2015, el número de cargas sensibles conectadas a los sistemas eléctricos será muy grande. Y esto no será exclusivo de consumidores domésticos o comerciales, por el contrario, también se verán inmersos en este problema los consumidores industriales y las propias compañías generadoras y distribuidoras de energía eléctrica, debido principalmente a la aplicación y utilización de los avances tecnológicos que ofrece la electrónica de potencia.

## 1. 10. DEFINICIONES GENERALES DE ELEMENTOS ENCONTRADOS EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las principales desviaciones o problemas de la calidad de la energía eléctrica, encontrados en la actualidad se engloban en 4 grupos:

- ✚ Frecuencia.
- ✚ Simetría (Sistemas trifásicos).
- ✚ Amplitud de onda.
- ✚ Forma de onda.

### 1. 10. 1. Frecuencia.

Las variaciones de frecuencia en la red eléctrica se deben normalmente a baja capacidad del sistema y a generadores con baja constante de inercia. Los límites de variaciones de frecuencia aceptadas para los sistemas de 50 ó 60 Hz son del  $\pm 1$  %.

$$f = \frac{N_s}{p}$$

Donde: Ec. 1. 10. 1a.

f = Frecuencia.  
 $N_s$  = Velocidad síncrona.  
 p = Número de polos.

### 1. 10. 2. Simetría (Sistemas trifásicos).

Un sistema trifásico perfectamente balanceado puede representarse tanto como en tensiones y corrientes por 3 fasores desfasados entre sí  $120^\circ$ . En caso de sistemas desbalanceados o desequilibrados estos 3 fasores presentan módulos o magnitudes diferentes y desfases a  $120^\circ$  o ambas cosas a la vez.

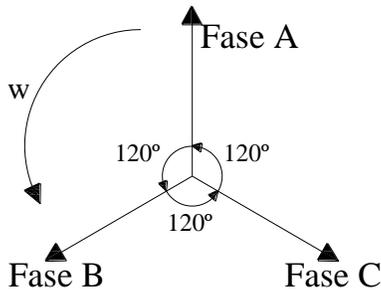


Figura 1. 10. 2a. Sistema balanceado

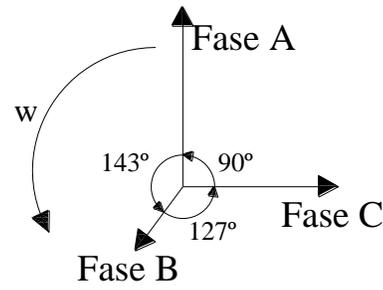


Figura 1. 10. 2b. Sistema desbalanceado

Entonces se dice que el sistema carece de simetría. Para el análisis de sistemas desbalanceados se usa el método de las componentes simétricas, que consiste en representar el sistema real como la suma de dos sistemas trifásicos simétricos, uno de secuencia positiva y otro de secuencia negativa más otro trifásico de secuencia cero.

### 1. 10. 3. Amplitud de onda.

Podemos considerar básicamente 4 tipos de perturbaciones para la amplitud de onda que afectan a la calidad de la energía eléctrica:

- i. Perturbación de alta frecuencia.

Interferencia electromagnética, en inglés llamado (EMI, “Electro-Magnetic Interference”) que fluyen por el cableado de fuerza e induce que los microprocesadores y demás sistemas electrónicos de control, produzca un funcionamiento errático del software, disparos intempestivos de alarmas y protecciones etc. Se trata de interferencias conducidas entre los cables de fase y el hilo neutro.

La EMI es producida normalmente por la conmutación de los Rectificadores Controlados por Silicio (SCR, “Silicon Controlled Rectifier”) en rectificadores de corriente y en los convertidores estáticos, de maquinas eléctricas operadas por escobillas, la soldadura de arco, accionamiento de interruptores e incluso por perturbaciones atmosféricas.

ii. Perturbaciones de baja frecuencia.

Normalmente destaca el parpadeo “Flicker” que consiste en variaciones rápidas de la amplitud de la onda de tensión, que puede descender un 6 o 7 % de su valor nominal, restableciéndose después a unos 20 o 30 ciclos.

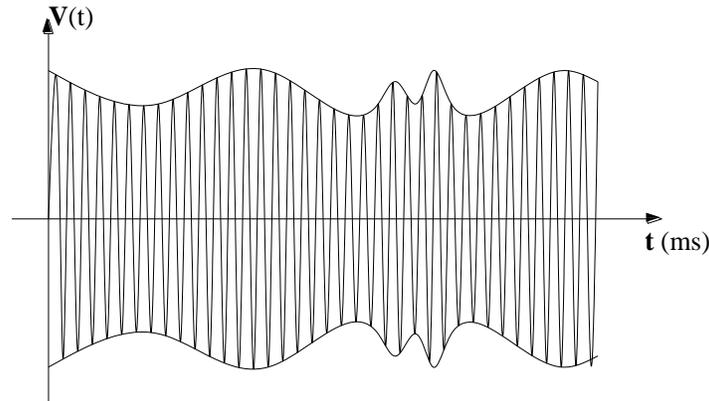


Figura 1. 10. 3a. Ejemplo de un Flicker.

Estas perturbaciones se traducen en parpadeos en la luminosidad del alumbrado incandescente, el ojo humano llega a percibir con la sensación consiguiente de molestia o cansancio.

Estos parpadeos también son provocados por errores en la regulación del voltaje en el sistema eléctrico, también por la conexión y desconexión brusca de cargas importantes en el sistema.

iii. Alta tensión de una red alimentadora.

Debida a una gran variación en la demanda horaria de la carga y una mala regulación de voltaje.

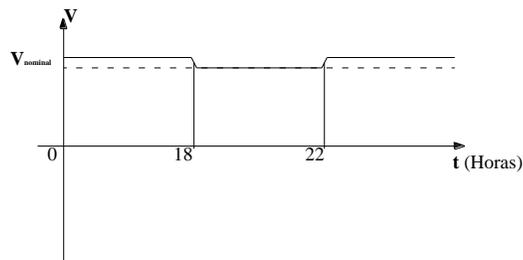


Figura 1. 10. 3b. Alta tensión permanente en cd.

iv. Baja tensión permanente en la red alimentadora.

Es mantenido por periodos largos de tiempo (horas), ocasionada por una carga excesiva en la red y una regulación de voltaje deficiente.

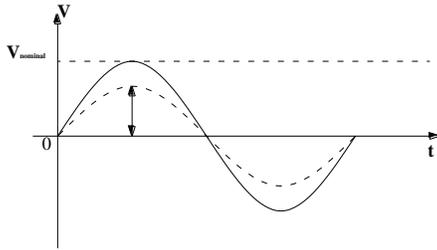


Figura 1. 10. 3c. Baja tensión permanente en ca.

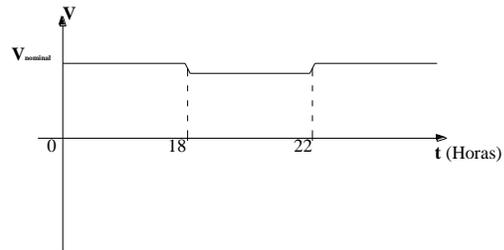


Figura 1. 10. 3d. Baja tensión permanente en cd.

**1. 10. 4. Forma de onda.**

Estas se engloban en una gama muy variada de fenómenos que afectan a la calidad de la energía eléctrica y se pueden agrupar de la forma siguiente:

i. Transitorios de tensión y corriente oscilatorios o impulsivos (En inglés “Transients” y “Surges”).

Se presentan con decaimiento exponencial producido por cargas importantes incluso por líneas de transmisión y distribución, que entran y salen de operación intempestivamente. Reflejan la respuesta dinámica del sistema eléctrico a una transferencia brusca de energía y pueden provocar resonancias, paradas de maquina, fallas de los equipos, etc. En las zonas donde se producen, incluso a grandes distancias de la misma transportados por la misma red eléctrica de transmisión y distribución, pueden ser producidos también por descargas atmosféricas, directas e inducidas en las líneas de transmisión y distribución.

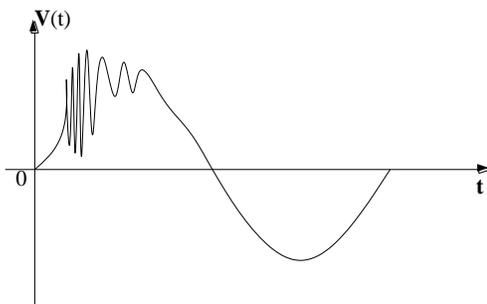


Figura 1. 10. 4a. Transitorios de tensión oscilatorio.

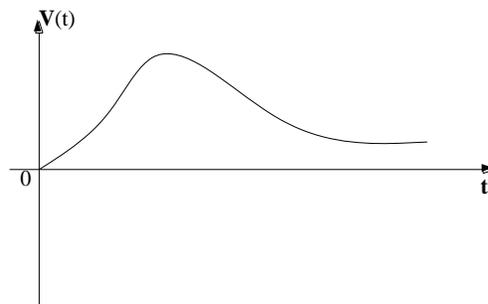


Figura 1. 10. 4b. Transitorios de tensión impulsivo.

## ii. Corrientes armónicas.

Son las perturbaciones más comunes que vienen afectando la forma de onda, tanto de tensión como de corriente, especialmente a partir de la introducción de la electrónica de potencia en los sistemas eléctricos.

Se trata de corrientes de frecuencia relativamente baja, múltiplos de la 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, etc., de la secuencia fundamental de la red. Son responsables de sobrecalentamiento y pérdidas de la energía en transformadores, motores y cableado, así como paradas de maquinas por el mal funcionamiento de las protecciones, relés y electrónica de control, disturbios de sincronismo en procesos controlados electrónicamente, falla de capacitores, fallas de fusibles etc.

Estas corrientes fluyen en paralelo con la corriente fundamental de la red, y aunque son producidas por cargas no lineales que manejan usuarios de la energía eléctrica, pueden transmitirse grabadas en las ondas de tensión de la compañía de luz, a largas distancias de su lugar de origen, ejerciendo sus efectos dañinos incluso sobre usuarios que son productores de este tipo de perturbación.

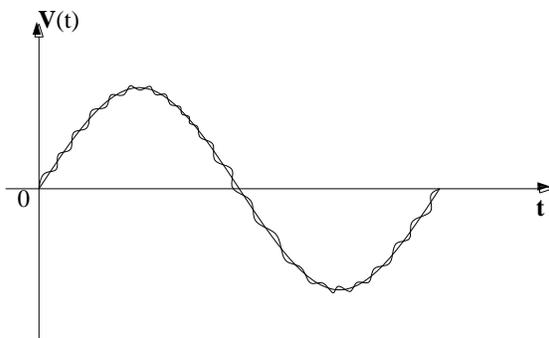


Figura 1. 10. 4c. Perturbaciones en la forma de onda en voltaje.

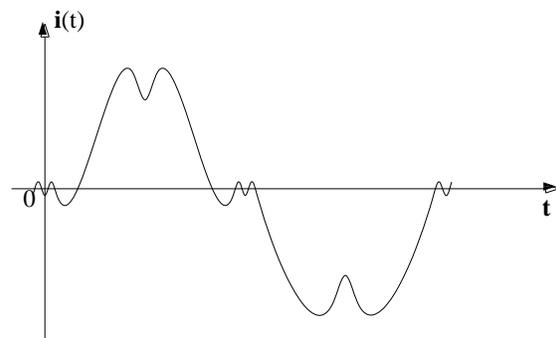


Figura 1. 10. 4d. Perturbaciones en la forma de onda en corriente.

## iii. Muecas en la onda de tensión (En inglés “Notches”).

Es producida básicamente por las conmutaciones de los componentes llamados SCR's (En inglés “Silicon Controlled Rectifier”) en los equipos rectificadores de corriente en motores de corriente directa y variadores de velocidad, en procesos electrolíticos, en convertidores estáticos, etc.

- Rectificador. Convierte la corriente alterna a corriente directa.
- Convertidor. Convierte la corriente directa a corriente alterna.

Son responsables de efectos similares a los mencionados en el inciso anterior, sobre equipos e instrumentación electrónicos. Es responsable también de emisión de

perturbaciones tipo EMI, así como la elevación del voltaje que pueden hacer fallar el aislamiento de motores operados con variadores de velocidad.

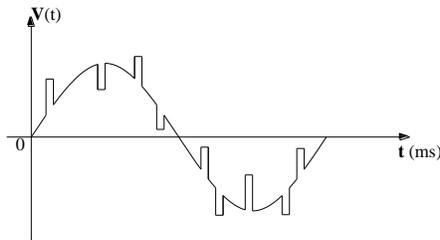


Figura 1. 10. 4e. Muecas en la onda de tensión.

iv. Abatimientos y picos de tensión (En inglés “Swells”, “Sags” y Spikes”).

Es producida por la conexión y desconexión de cargas importantes en redes débiles (poca potencia de circuito o poca capacidad) conmutación de líneas con equipos inapropiados, cortocircuitos momentáneos (debido a la rama de arboles, los pájaros, etc.). En líneas de distribución, fallas a tierra, en la operación de maquina de soldadura, etc.

En general son transitorios de poca duración que sin llegar a un corte del suministro de la energía, si provocan elevaciones y caídas de voltaje instantáneo, capaces de causar interrupciones y daños en procesos industriales como en la producción de semiconductores, textiles, químicos y petroquímicos, papel, plásticos, salas de computo y centros de informática, canales de televisión, en microprocesadores para control de edificios, instrumentación medica, etc.

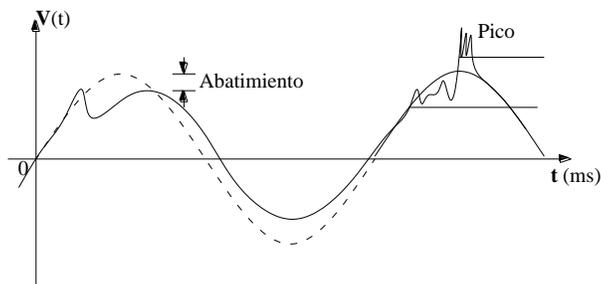


Figura 1. 10. 4f. Abatimientos y picos de tensión.

- v. Interrupciones de la tensión o interrupciones de la energía (En inglés “Dropouts”, “Blackouts”, “Outages”).

Por su duración pueden clasificarse desde microcortes (duración de unos pocos milisegundos), que aparecen típicamente en los disparos de protecciones con reenganche automático, interrupciones relativamente cortas (menos de 30 minutos) e interrupciones prolongadas (mas de 30 minutos), provocadas por fallas en el sistema, falta de capacidad de la subestación o algunos de los disturbios mencionados anteriormente que causan efectos nocivos similares a los provocados por los transitorios de corto tiempo, a veces agravados por la duración del proceso. El clasificar las interrupciones en tres periodos de tiempo de duración diferente resulta útil por que las medidas correctivas disponibles son muy diferentes, tanto en tecnología como en costo exclusivamente a nivel usuario.

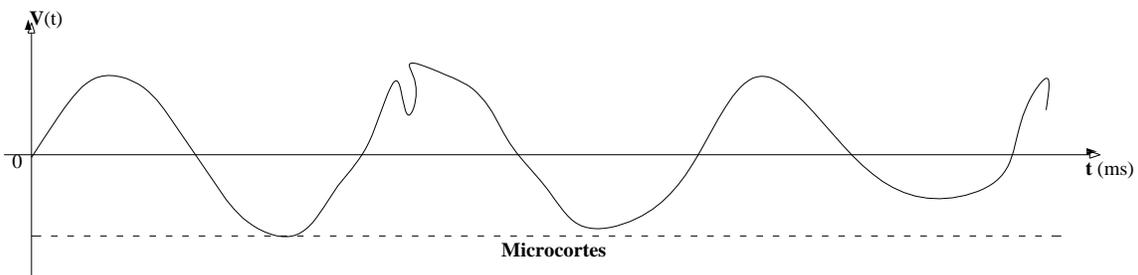


Figura 1. 10. 4g. Interrupciones de tensión.

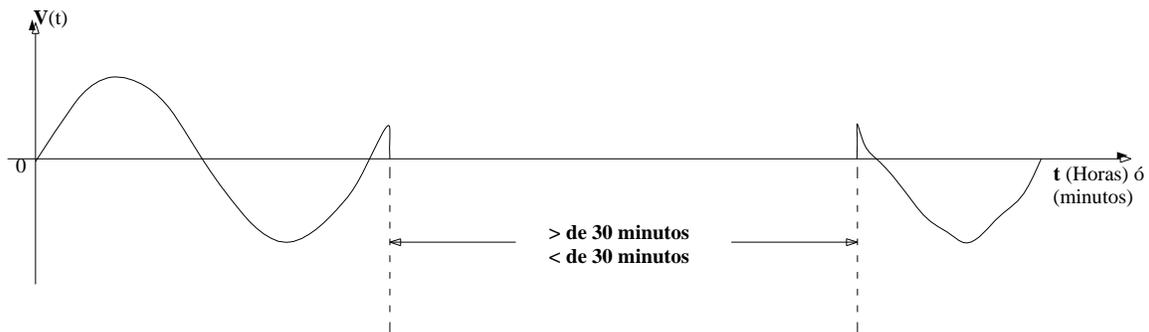


Figura 1. 10. 4h. Interrupciones de energía.

## **1. 11. EL IMPACTO DE LAS ARMÓNICAS SOBRE LOS TRANSFORMADORES.**

Los transformadores se diseñan para entregar la potencia requerida a las cargas conectadas con un mínimo de cargas operando a la frecuencia fundamental, la distorsión armónica de la corriente en particular y también la de voltaje, contribuyen en forma significativa al calentamiento para diseñar un transformador de potencia que pueda trabajar con frecuencias mayores que la fundamental. El diseñador debe hacer variantes en el diseño, como por ejemplo, usar cables continuos transpuestos en lugar de conductores sólidos y también ampliar el número de ductos de enfriamiento. Como regla general, un transformador en el que la corriente de distorsión excede el 5 %, es un candidato a ser degradado por efecto de armónicas.

Existen tres efectos que resultan de incrementar el calentamiento en los transformadores, cuando la corriente de la carga incluye componentes armónicas:

### **1. 11. 1. Valor eficaz de la corriente.**

Si el transformador está dimensionado sólo para la potencia en kVA de la carga, las corrientes armónicas pueden hacer que el valor eficaz (r.m.s.) de corriente sea mayor que su capacidad, lo que traerá como consecuencia un incremento en las pérdidas en los conductores ( $RI^2$ ).

### **1. 11. 2. Pérdidas por corrientes circulantes.**

Estas son corrientes reducidas en un transformador y causadas por el flujo magnético, fluyen en el devanado, en el núcleo y en otras partes conductoras sujetas al campo magnético del transformador, causando un calentamiento adicional. Esta componente de las pérdidas del transformador se incrementa con el cuadrado de la frecuencia de la corriente, produciendo las corrientes circulantes, por lo que viene a ser una componente muy importante de las pérdidas del transformador para el calentamiento por las armónicas.

### **1. 11. 3. Pérdidas en el núcleo.**

El incremento en las pérdidas del núcleo en la presencia de armónicas depende básicamente del efecto de las armónicas sobre el voltaje aplicado y el diseño del núcleo del transformador. Un incremento en la distorsión del voltaje puede incrementar las corrientes circulantes en las laminaciones del núcleo, el impacto neto de esto tendrá dependencia del grosor de las laminaciones del núcleo y de la calidad del acero, el incremento en estas pérdidas no es tan crítico como el de las corrientes circulantes. Si se considera que las pérdidas totales tienen dos componentes, una por efecto Joule ( $RI^2$ ).

**Efecto Joule.** Si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética 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. Este efecto fue definido de la siguiente manera: "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". Matemáticamente se expresa como:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{Ec. 1. 11. 3a.}$$

donde:  $Q$  = energía calorífica producida por la corriente.  
 $I$  = intensidad de la corriente que circula (A).  
 $R$  = resistencia eléctrica del conductor (Ohm).  
 $t$  = tiempo en segundos.

Así, la potencia disipada por efecto Joule será:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ec. 1. 11. 3b.}$$

donde  $V$  es la diferencia de potencial entre los extremos del conductor.

y otra por **corrientes circulantes** ( $P_{EC}$ ), entonces, estas pérdidas totales son:

$$PL = P_{EC} + RI^2 \quad \text{Ec. 1. 11. 3c.}$$

Las pérdidas  $RI^2$  son directamente proporcionales al valor eficaz (r.m.s.) de la corriente; en cambio, las corrientes circulantes son proporcionales al cuadrado de la corriente y la frecuencia, lo que se puede definir como:

$$P_{EC} = K_{EC} \times I^2 \times h^2 \quad \text{Ec. 1. 11. 3d.}$$

Donde:  $K_{EC}$  = Constante de proporcionalidad.

Las pérdidas a plena carga en por unidad, bajo las condiciones de las corrientes armónicas, están dadas como:

$$PL = \sum Ih^2 + (\sum Ih^2 \times h^2)P_{EC} - R \quad \text{Ec. 1. 11. 3e.}$$

Siendo:  $P_{EC} - R$  (el factor de pérdidas por corrientes circulantes bajo estas condiciones).



## **CAPÍTULO 2.**

### **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO Y ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL DIAGNÓSTICO.**

#### **INTRODUCCIÓN.**

Este capítulo va a describir como realizar un diagnóstico energético en cualquiera de las diferentes áreas de trabajo, esto es para llegar al objetivo planteado en este trabajo “el ahorro de la energía eléctrica”, obteniendo, que el pago por el servicio de la energía eléctrica sea menor a la que actualmente se paga por este servicio.

Los pasos de un diagnóstico energético incluyen tanto la clasificación de los diferentes tipos de mantenimiento como las pruebas que se deben de realizar a los equipos eléctricos.

En ambos casos no hay que descartar la importancia que deben tener, cuando se realiza un mantenimiento, por ejemplo a una subestación eléctrica, las medidas o conocimientos adecuados para realizar dicho mantenimiento, de lo contrario se pueden provocar fallas irreparables desde daños físicos tanto al personal como al equipo eléctrico.

## 2. 1. DEFINICIÓN DE UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (DEN).

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la 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 energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un “Programa de Ahorro de Energía”, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar que cantidad es desperdiciada.

Los objetivos a seguir en un diagnóstico energético son los siguientes:

- ✚ Establecer metas de ahorro de energía.
- ✚ Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
- ✚ Evaluar (técnica y económicamente) las medidas de conservación y ahorro de energía.
- ✚ Disminuir el consumo de la energía eléctrica, sin afectar las labores que actualmente se realizan, dentro de estos recintos.

Durante los últimos años, las empresas han visto cómo la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un rubro importante de la misma. Debido al incremento paulatino en su precio, han tenido que enfrentar el reto de aprovechar al máximo la participación de los energéticos o por lo menos mantener su mismo nivel en los costos.

Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación productiva y determinar las acciones pertinentes para abatir los costos de fabricación por concepto de energía sin afectar la calidad, ni la cantidad de la producción.

La experiencia en la aplicación de los Programas de ahorro de energía ha demostrado que, con el incremento de la eficiencia energética, se obtienen beneficios económicos adicionales al costo de los energéticos ahorrados, junto con la posibilidad de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes.

El Ahorro de Energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está utilizando. 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 pérdida de energía, a la que generalmente se le conoce como Diagnóstico Energético.

El Diagnóstico Energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía, sin embargo, no puede alcanzar ahorros significativos y a largo plazo sin el respaldo de un **Programa de Ahorro de Energía** dentro de la Empresa. Tal programa implica la infraestructura técnica, administrativa y financiera para llevar a cabo con éxito las medidas de conservación, eficiencias y ahorro de energía desde su actual situación.

En resumen, un Programa de Ahorro de Energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, en tanto que el Diagnóstico Energético representa una intervención temporal.

En realidad, no puede existir uno sin el otro; dado que un Programa de Ahorro de Energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un Diagnóstico Energético; y, aunque el Diagnóstico identifique ahorros potenciales (que pueden llegar a ser entre el 10% y 30% del costo de energía), solamente dentro del contexto de un Programa de Ahorro de Energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzar tales ahorros.

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía, se requiere realizar diversas actividades, como las que se mencionan a continuación:

- ✚ Medir los distintos flujos energéticos.
- ✚ Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- ✚ Efectuar balances de materia y energía.
- ✚ Calcular índices energéticos o de productividad, energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- ✚ Determinar potenciales de ahorro.
- ✚ Darle seguimiento al Programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación y ahorro de energía.

La inclusión de los balances tiene como finalidad contar con un método sistemático y oportuno de detección de pérdidas y desperdicios de energía.

## **2. 2. LOS TIPOS DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.**

Los tipos de diagnóstico energético, se representan de forma gradual, desde lo más simple hasta lo más complejo, y estos se clasifican en:

- ✚ Diagnósticos de primer grado.
- ✚ Diagnósticos de segundo grado.
- ✚ Diagnósticos de tercer grado.

### **2. 2. 1. Diagnósticos de primer grado.**

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en:

- La inspección visual del estado de conservación de las instalaciones.
- El análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación.

- El análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnóstico se debe considerar los detalles detectados visualmente, esto es, que se consideren como desperdicios de energía. La falta de aislamiento o purgas; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros, producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso en la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

### **2. 2. 2. Diagnósticos de segundo grado.**

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso: los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan, así equipos para comprensión y bombeo, los equipos que integran el área de servicios auxiliares entre otros. La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos donde se detecten las condiciones de operación de los mismos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia.

En un primer paso, se deben detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, por servicio y/o producto perdido en cada equipo en estudio.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares, actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño, complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, se deben evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que con los ahorros que se tengan en un plazo determinado. En ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa, ni el costo de estas medidas.

### **2. 2. 3. Diagnósticos de tercer grado.**

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de técnicos e ingenieros (especialistas en cada área), auxiliados por el personal de ingeniería responsable.

En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de los equipos a que nos referimos. Ya que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso a las tecnologías utilizadas. Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser recuperada sobre la inversión.

### **2. 3. ETAPAS PARA UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.**

Para llevar un diagnóstico energético de una forma adecuada se deben de seguir una serie de etapas o pasos para poder llegar a un fin satisfactorio, enumerando los pasos de una forma ordenada quedarían de la siguiente forma.

#### **2. 3. 1. Elaborar un plan de trabajo.**

Este paso es simple pero representa una organización primordial para el objetivo a lograr. Consiste en conocer a los directivos y jefes a cargo de cada área que se encuentre dentro del recinto donde se le aplicará el diagnóstico energético y recabar información en lo referente a las labores en dicho lugar, de los cuales podemos enunciar los siguientes.

- Conocer al director o presidente de dicho lugar, para que nos presente con los jefes a cargo de las demás áreas de trabajo, para poder realizar el mismo trabajo con un mínimo de limitaciones.
- Conocer todas áreas de trabajo, años laborando, las labores y los horarios que se realizan en cada área.
- Conocer la tarifa eléctrica contratada y los costos que tengan que ver con la utilización de la energía eléctrica por mes.
- Pedir planos arquitectónicos y eléctricos si es que existen.
- Después de los incisos anteriores programar un horario de actividades para respetar el horario de todos los trabajadores y hacer entrega de reportes en fechas establecidas a la empresa o institución contratante.

### **2. 3. 2. Recopilación de información.**

En este segundo paso se recolecta y se ordena toda la información del lugar a diagnosticar, basándose en datos relacionados al uso de la energía eléctrica; como los que se muestran a continuación:

- Ubicación de los equipos eléctricos instalados como pueden ser: transformadores, tableros de distribución, tableros generales, luminarios, etc., sin olvidar la marca, tipo, conexiones, años trabajando, años instalados, etc.
- Ubicación de aparatos eléctricos instalado: las computadoras, los televisores, los aparatos reproductores de vídeo y de sonido, los ventiladores, las impresoras, los reguladores, unidades de aire acondicionado, refrigeradores, etc.; y la potencia que consumen estos aparatos.
- Investigar los horarios base, intermedia y pico; basándose en los horarios de trabajo.
- Iluminación utilizada incorrectamente.
- Sistemas y/o equipos que estén operando e instalados de forma incorrecta.
- Sistemas y/o equipos que estén en mal estado.

### **2. 3. 3. Toma de mediciones.**

Es la toma de mediciones para llegar a los siguientes objetivos:

- Complementar el paso anterior de recopilación de información, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información del recinto no este disponible.
- Comprobar la operación del equipo, para saber si el equipo esta operando de forma eficiente y con ello poder encontrar puntos de ahorro de energía eléctrica.
- Apoyar a la elaboración del balance energético global del lugar.

Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son los siguientes:

- ✓ Pirómetro digital.
- ✓ Kilowatthorímetro.
- ✓ Factoripotenciómetro.
- ✓ Analizadores de redes.

- ✓ Termómetros.
- ✓ Luxómetros.
- ✓ Medidores de velocidad de aire.
- ✓ Tacómetros.
- ✓ Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo.
- ✓ Radiómetros ópticos.

#### **2. 3. 4. Analizar los datos.**

Después de concluir los pasos anteriores, se analizan los datos y se realizan las siguientes actividades:

- Desarrollar una base de datos y gráficas de elementos consumidores de energía eléctrica.
- Calcular la potencia demandada por los equipos y/o aparatos eléctricos.
- Realizar cuadros de carga para cada tablero de distribución y para el tablero general, para saber si están balanceadas las cargas.
- Realizar diagramas unifilares, planos actualizados y directorios en caso de no contar con ellos.
- Evaluar si los niveles de luminosidad son los aptos para las diferentes áreas de trabajo.

##### *Desarrollar una base de datos y gráficas de elementos consumidores de energía eléctrica.*

En este punto se hace un inventario de todos los equipos y/o aparatos eléctricos que consumen energía eléctrica, para después dividir todos los elementos en grupos y así identificar el grupo que consume más energía eléctrica. El uso de gráficas ayuda a comprobar lo antes mencionado.

##### *Calcular la potencia demandada por los equipos y/o aparatos eléctricos.*

Con la base de datos se podrá calcular la potencia demandada de los diferentes elementos consumidores de energía eléctrica y con el resultado obtenido comparar la potencia demandada con la potencia suministrada por el transformador a cargo de ese lugar. Si la comparación resulta inadecuada se tendrán que hacer cálculos para un nuevo transformador para que proporcione la potencia requerida en ese lugar o modificar el transformador si este lo permite.

Realizar cuadros de carga para cada tablero de distribución y para el tablero general, para saber si están balanceadas las cargas.

Sabiendo la potencia demandada de los elementos instalados se tendrán que realizar cuadros de carga de cada tablero con el objetivo de analizar como se encuentran conectadas las cargas, y determinar si están balanceadas en las tres fases que llegan de la alimentación.

Realizar diagramas unifilares, planos actualizados y directorios en caso de no contar con ellos.

La realización de diagramas unifilares, planos actualizados y directorios nos proporcionan información importante:

- En cuanto a los diagramas unifilares nos representa como esta conformada la red desde la alimentación hasta la carga que consume la energía eléctrica.
- Los planos actualizados provee la ubicación exacta del equipo o elemento eléctrico que se está buscando en ese momento como también la posible modificación que se desee realizar.
- Los directorios promueven la seguridad del personal, la elaboración de mantenimiento seguro y confiable.

Como complemento de lo anterior también se está cumpliendo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2005, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Evaluar si los niveles de luminosidad son los aptos para las diferentes áreas de trabajo.

Los valores obtenidos con el luxómetro se comparan con la tabla que se muestra a continuación de la CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) para verificar que los niveles de luminosidad son los adecuados para cada área de trabajo.

Tabla 2. 3. 4a. Niveles de iluminación recomendados establecidos por la CONAE.

<b>Local o Actividad</b>	<b>Flujo luminoso (lux)</b>
Despachos	<b>500</b>
Pasillos y escaleras	<b>100</b>
Servicios y baños	<b>100</b>
Salas de espera y recepciones	<b>100</b>
Salas de reuniones y conferencias	<b>300</b>
Secretarías	
–Iluminación general	<b>400</b>
–Sobre el papel de escribir	<b>600</b>
Dibujantes	
–Iluminación general	<b>400</b>
–Trabajo continuo (mesa)	<b>750</b>
–Trabajo discontinuo (mesa)	<b>600</b>
Computadoras	<b>500</b>
Archivos	<b>200</b>
Cafeterías	<b>200</b>
Cocinas	<b>500</b>
Estacionamiento en exterior	<b>10</b>

La Norma Oficial Mexicana tiene por objeto:

- Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.
- Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2. 3. 4b.

Tabla 2. 3. 4b. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) emitido por la NOM.

Tipo de edificio	DPEA(W/m <sup>2</sup> )
Oficinas	14
Escuelas y demás centros docentes	
□–Escuelas o instituciones educativas	16
--Salón de clases/lectura/entretenimiento	17.2
--Oficina cerrada	16.1
--Oficina abierta	14
--Sala de juntas/usos múltiples	16.1
--Auditorio	5.3
--Baños	10.8
--Corredores	9.7
--Almacén activo	11.8
--Almacén inactivo	3.2
--Cuarto de maquinas o eléctricos	14
--Escaleras	9.7
□–Bibliotecas	16
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	20
Hospitales, sanatorios y clínicas	17
Hoteles	18
Moteles	22
Restaurantes	
□–Bares	16
□–Cafeterías y venta de comida rápida	19
□–Restaurantes	20
Bodegas o áreas de almacenamiento	13
Recreación y cultura	
□–Salas de cine	17
□–Teatros	16
□–Centros convencionales	15
□–Gimnasios y centros deportivos	16
□–Museos	17
□–Templos	24
Talleres de servicio	
□–Talleres de servicio para automóviles	16
□–Talleres	27
Carga y pasaje	
□–Centrales y terminales de transporte de carga	13
□–Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	16

### 2. 3. 5. Evaluación de un ahorro de energía eléctrica.

De la evaluación de ahorro de energía, surgen propuestas generadas a través de los anteriores pasos, estas buscan llegar a un ahorro de energía considerable. Cada una de las propuestas para implementar medidas de ahorro, debe proporcionar desde métodos sencillos que no causan una inversión extra hasta métodos en que haya la necesidad de hacer reemplazo de equipos más eficientes. Por lo tanto es necesario conocer el precio de la

energía comprada para poder hacer cálculos y realizar los cálculos necesarios a fin de saber cuanto se podría ahorrar en potencia consumida.

Se debe tener claro que mediante una evaluación económica de medidas de ahorro. Se puede expresar que la propuesta del reemplazo de equipos convencionales por equipos más eficientes, de aquí partimos al término de relación beneficio-costos, en ella se plantea el periodo de recuperación de la inversión por medio del ahorro, económicamente hablando, de los resultados obtenidos por el uso de equipos nuevos.

## **2. 4. ELABORACIÓN DE INFORMES EJECUTIVOS Y DE REPORTE TÉCNICOS.**

El documento escrito de la propuesta de ahorro de energía debe de existir un informe ejecutivo y un reporte técnico, con anexos que complementen los reportes realizados.

### **2. 4. 1. Informe ejecutivo.**

Es la evaluación económica de las propuestas de ahorro de energía, que tiene como objetivo dar a conocer toda la información de los edificios de forma clara y concisa, así como los resultados adquiridos del diagnóstico energético, en cuanto al término de la relación beneficio-costos, proporcionado en las propuestas hechas.

### **2. 4. 2. Reporte técnico.**

Los reportes técnicos, contiene todos los parámetros que fueron utilizados y los resultados obtenidos en el diagnóstico energético desde: la recopilación de información hasta las propuestas y recomendaciones hechas.

El reporte técnico se divide en los siguientes apartados:

- i. Recopilación de información. Plasma toda la información general del edificio: la ubicación y dirección del lugar, niveles que conforman el edificio, actividades que se realizan en este lugar, localización de las diferentes áreas y las características de los equipos eléctricos instalados.
- ii. Levantamiento arquitectónico y eléctrico.
  - *El levantamiento arquitectónico*, se realiza un plano arquitectónico actualizado y dividido en todas las plantas con las que cuenta el edificio; debe de ser a escala y por lo tanto se deberán tomar mediciones de todas las

áreas del edificio, añadiendo también el nombre del área y/o el número asignado para una buena localización.

- *El levantamiento eléctrico*, consiste en el inventario, en la ubicación y las características de equipos eléctricos instalados, para después introducirlos en el plano arquitectónico a fin de convertirlo en un plano eléctrico.
- iii. Censo de carga. Esta parte consiste en el inventario, la ubicación, las características y las horas de uso al día de las cargas instaladas en el edificio.
- iv. Análisis energético. Se presentan los datos recopilados y analizados de la instalación consumidora de energía, para determinar dónde y cómo es utilizada la energía eléctrica. Para expresar mejor este análisis se puede complementar con gráficos demostrativos.
- v. Diagrama unifilar, cuadros de carga y directorios.
- Los diagramas unifilares nos proporciona la información de la red eléctrica, de donde empieza la acometida, la longitud del cableado (la conexión de un elemento a otro), los interruptores participantes en el control de la energía eléctrica, los transformadores elevadores o reductores y los tableros de distribución y/o centros de carga.
  - Los cuadros de carga nos dan a conocer cuánta carga demanda cada interruptor y con ello también cuánto demanda cada fase, esto nos proporciona si esta balanceado el tablero de distribución y la demanda total por cada tablero de distribución o centro de carga. Proporciona además la corriente nominal que puede viajar en la instalación.
  - Los directorios tienen como objetivo tener un control en la instalación que nos servirá como método de prevención y seguridad para cambios que se realicen en la instalación eléctrica.
- vi. Cálculo para un nuevo transformador. Este apartado se ocupa de mostrar la carga demandada y si esta sobrepasa la capacidad que proporciona el transformador instalado o en su defecto lo contrario. La decisión se conoce en el resultado del cuadro de carga que se hace para el transformador, que es el resultado del conjunto de tableros de distribución conectados al transformador. Los valores de los transformadores son estándares por lo que hay que recurrir a una tabla de transformadores comerciales.
- vii. Resumen del edificio. Esta elaborado con base en el análisis energético. Describe, en forma teórica y gráfica, de manera concisa y clara, los resultados de los diferentes grupos consumidores de energía eléctrica.

- viii. Principales observaciones. Durante el proceso anterior se van anotando las observaciones que pueden obstaculizar el desarrollo del consumo de la energía eléctrica y con ello se puedan mostrar las medidas de ahorro a implementarse.
- ix. Propuestas y recomendaciones. Las propuestas y recomendaciones pueden dividirse en: Soluciones que no aplique una inversión y soluciones que se aplique una inversión.
- Soluciones que no aplique una inversión, se le puede llamar también soluciones de mantenimiento. Estas recomendaciones pueden ser desde cosas sencillas como utilizar de manera eficaz la luz natural hasta el mantenimiento proactivo, predictivo, preventivo y correctivo.
  - Soluciones que aplique una inversión: consiste en sustituir equipos más eficientes por equipos convencionales y esto representa un ahorro tremendo en la energía eléctrica. Por lo que invertir de manera eficaz produce la devolución de la inversión a corto o largo plazo.
- x. Conclusiones. Es la recapitulación del reporte técnico de manera breve. Nos representa si el objetivo fue concluido satisfactoriamente o no fue el deseado.

## **2. 5. TIPOS DE MANTENIMIENTO.**

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función:

- ✚ Del momento y el tiempo en que se realizan.
- ✚ El objetivo particular para el cual son puestos en marcha.
- ✚ De los recursos utilizados.

### **2. 5. 1. Mantenimiento correctivo.**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

### **2. 5. 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 y pericia 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. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo una falla o no se realizan actividades laborales, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicos. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

### **2. 5. 3. Mantenimiento predictivo.**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos y en contratación de personal calificado.

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis 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 (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

#### **2. 5. 4. Mantenimiento proactivo.**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento conozcan la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos estén concientes y al tanto de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

#### **2. 6. SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.**

Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos de la electricidad y en su mayor parte están relacionados con el empleo de las instalaciones eléctricas. Las citadas instalaciones están integradas por elementos que se utilizan para la generación, transporte y uso de la energía eléctrica. Sin embargo también existen riesgos por la aparición de fenómenos eléctricos relativamente fortuitos como pueden ser las descargas atmosféricas o las descargas electrostáticas.

El objetivo de la seguridad en las subestaciones eléctricas es el de identificar los conceptos y medidas de seguridad, para aplicarlas en las actividades relacionadas con el mantenimiento de subestaciones eléctricas y evitar cualquier riesgo de accidente.

Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas.

- ✚ Diseño.
- ✚ Ejecución (montaje).
- ✚ Mantenimiento.
- ✚ Uso.
- ✚ Desmantelamiento (desmontaje).

### 2. 6. 1. Daños causados por la electricidad.

#### i. Daños a las personas.

Los accidentes eléctricos representan un porcentaje bajo, con respecto a los suscitados por otras causas, aunque la electricidad está presente en todo tipo de actividades humanas. Algunos accidentes podrían evitarse si se utilizan los equipos de protección individual (EPI) y las herramientas adecuadas. La gravedad de los accidentes es mayor en alta tensión.

Los daños que puede causar la electricidad pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a) Causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano.
- b) Causados por la presencia de campos electromagnéticos.
- c) Por otras causas.

#### a) *Daños causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano.*

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que circule intensamente a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial). Por el hecho de que el cuerpo humano en su conjunto esté a una tensión diferente de otra existente en algún objeto de su entorno, del que se encuentre eléctricamente aislado, no hay riesgo de daños causados por el paso de la corriente, aparece un riesgo debido a los efectos del campo eléctrico correspondiente.

#### ➤ Inmediatos.

- ✓ Contracción muscular, que puede provocar caídas, que a su vez pueden causar:
  - Impacto, cortes, quemaduras (por contacto con zonas calientes), etc.
  - Incremento de la corriente (por la invasión de una zona más peligrosa).
- ✓ Dificultad de respiración, que puede provocar asfixia.

- ✓ Perturbaciones en el corazón, que pueden ser:
  - Fibrilación ventricular. Produce un movimiento anormal del corazón que provoca la pérdida de presión sanguínea.
    - Fibrilación auricular.
    - Interrupción cardíaca.
  - Como consecuencia de la falta de circulación de la sangre se produce la muerte de las células cerebrales por falta de oxígeno (anoxia).
    - Aumento de la presión sanguínea.
    - Quemaduras en las zonas de paso de la corriente.

La causa principal de muerte se considera la fibrilación ventricular. En algunos casos aparecen también como causas la parada cardíaca y la asfixia.

➤ Secundarios.

- ✓ Cerebrales.
- ✓ Circulatorios.
- ✓ Renales.

**b) Causados por la presencia de campos electromagnéticos.**

Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano han sido objeto de preocupación y alarma social creciente en las últimas décadas. Los campos electromagnéticos y sus efectos están relacionados con su frecuencia. Entre 0 y 10 kHz los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. Existen efectos a corto plazo bien establecidos, dependientes de la frecuencia como:

- La estimulación de células nerviosas y musculares.
- El calentamiento.

**Efectos directos.** Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto, que puede provocar cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas. Los campos magnéticos variables inducen en el interior del cuerpo tensiones que a su vez dan lugar a corrientes. La corriente inducida puede estimular los nervios o el tejido muscular.

Los campos electromagnéticos pulsados pueden producir otro tipo de efectos como percepción auditiva de pulsos de microondas además de aquellos asociados a la radiación de la onda. Pueden tener también efectos indirectos como quemaduras por tocar objetos calentados por efectos de los campo electromagnéticos. No es frecuente que aparezcan campos con la magnitud y frecuencia necesaria para que induzcan tensiones en el interior del cuerpo humano que provoquen intensidades inducidas peligrosas. En la tabla 2. 6. 1a. se indican los efectos en función de las densidades de corriente inducidas.

Tabla 2. 6. 1a. Los diferentes efectos que pueden ser provocados por una corriente inducida al organismo.

Densidad de corriente inducida (mA/m <sup>2</sup> )	Efectos
< 1	Ausencia de efectos establecidos.
1 - 10	Efectos biológicos menores.
10 - 100	Efectos bien establecidos, visuales (magneto-fosfenos) y posibles efectos sobre el sistema nervioso, informes de mejora en la consolidación de fracturas óseas.
100 - 1000	Cambios comprobados en la excitabilidad del sistema nervioso, central; umbrales de estimulación; posibles peligros para la salud.
> 1000	Extrasístoles, posibilidad de fibrilación ventricular, peligros para la salud comprobados.

En el caso de campos magnéticos débiles no se disponen hasta el momento de resultados concluyentes que permitan cuantificar sus efectos sobre la salud humana en función de la frecuencia, la intensidad y el tiempo de exposición. Es decir, no está por el momento demostrado que la exposición a campos magnéticos que no den lugar a corrientes inducidas peligrosas presente riesgo para la salud.

**Efectos indirectos.** Resultan del acoplamiento de un campo eléctrico o magnético con un objeto como una estructura metálica, que por las tensiones inducidas, puede provocar efectos directos sobre el cuerpo humano como consecuencia de descargas y quemaduras.

*c) Por otras causas.*

- Por arcos. Se pueden producir quemaduras en la cara, manos y vista (constituyen el porcentaje mas alto de lesiones).
- Por aumento de la temperatura. Se pueden producir quemaduras (en las manos principalmente).
- Por accionamientos imprevistos de maquinas accionadas o controladas por energía eléctrica. Se pueden producir contusiones, heridas, roturas de huesos, etc.

### 2. 6. 2. Daños de otros tipos.

Los incendios, provocados por cortocircuitos (motivados generalmente por un funcionamiento incorrecto de las instalaciones) son uno de los daños mas frecuentes. En numerosas ocasiones se atribuye el origen de un incendio a un cortocircuito, pero habitualmente el cortocircuito no es sino un paso más (el más llamativo) en el proceso que

desencadena el incendio. Es normal que el cortocircuito se produzca por un calentamiento excesivo previo de elementos aislantes hasta alcanzar su punto de fusión, produciéndose a continuación el cortocircuito. Los motivos del calentamiento pueden ser muy diversos; la obstrucción de la ventilación, el fallo de los sistemas de protección, o bien pudieran en algunos casos deberse a errores de mantenimiento, ejecución o hasta de diseño.

Otros daños típicos son las averías de equipos, motivadas por sobretensiones atmosféricas o de maniobra. También se producen incendios o explosiones motivadas por la presencia de atmósferas inflamables o explosivas ante elementos con temperatura elevada (producida por la electricidad) o arcos eléctricos.

## **2. 7. PREVENCIÓN EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

La seguridad, aplicada a los riesgos eléctricos, se utiliza tanto para la eliminación de estos riesgos como para la prevención de aquellos previamente evaluados. Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen fallos en las instalaciones o actuaciones incorrectas de las personas.

La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan.

El principio básico de la prevención de este riesgo se basa en:

- ✚ Diseñar las instalaciones para que los campos sean de la menor intensidad posible.
- ✚ Controlar la exposición de las personas a los campos y corrientes de contacto.

La aplicación de estos principios básicos se puede concretar en las siguientes recomendaciones:

- ✚ Modificar la geometría de los conductores y su disposición puede reducir los campos producidos. Se reduce considerablemente el campo magnético producido por una línea si los conductores están agrupados y trenzados.
- ✚ La puesta a tierra de los objetos que pueden producir tensiones de contacto elimina esta posibilidad de producir tensiones de contacto.
- ✚ La colocación de pantallas metálicas (Jaulas de Faraday) son efectivas frente a campos eléctricos de baja frecuencia. Mas complicada es la reducción de campos magnéticos de baja frecuencia excepto a pequeña escala o en ciertas situaciones. En caso especial puede aplicarse una compensación activa generando un campo cancelador.
- ✚ La limitación del acceso a zonas de campo alto puede ser la solución en ciertos casos.
- ✚ Los trajes conductores son eficaces para la reducción del campo eléctrico.

- ✚ Los guantes dieléctricos se recomiendan para reducir o eliminar las corrientes de contacto.

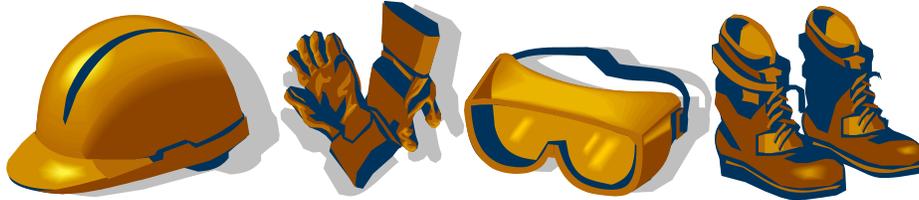


Figura 2. 7a. Equipo para la prevención de accidentes.

Una buena prevención es usar correctamente el equipo de protección personal que son el conjunto de elementos y dispositivos, diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes, enfermedades que pudieran ser causados con motivo de sus actividades de trabajo, se catalogan como básicos: el overol, las botas dieléctricas, el casco, los lentes de protección y los guantes dieléctricos.

## 2. 8. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES CONSUMIDORES.

El suministro de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad. Su precio es un factor decisivo de la competitividad de buena parte de nuestra economía. El desarrollo tecnológico de la industria eléctrica y su estructura de abastecimiento de materias primas determinan la evolución de otros sectores de la industria.

Por otra parte, el transporte y la distribución de electricidad constituyen un monopolio natural: se trata de una actividad intensiva en capital, que requiere conexiones directas con los consumidores, cuya demanda de un producto no almacenable -como la energía eléctrica- varía en períodos relativamente cortos de tiempo.

La imposibilidad de almacenar electricidad requiere que la oferta sea igual a la demanda en cada instante de tiempo, lo que supone necesariamente una coordinación de la producción de energía eléctrica, así como la coordinación entre las decisiones de inversión en generación y en transporte de energía eléctrica.

La electricidad se obtiene principalmente de las siguientes fuentes:

- + Compra.
- + Producción en el lugar por:
  - Generadores diésel o de gasolina.
  - Turbo-generadores de vapor (en el caso de instalaciones de cogeneración).

La mayor parte del consumo de energía eléctrica se realiza a través de equipos eléctricos tales como: motores eléctricos y alumbrado interior y exterior.

## **2. 9. APOYOS PARA UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO VIGENTE.**

Los apoyos o la base de un diagnóstico energético vigente, está basado en las investigaciones o publicaciones de las diferentes empresas que se han dedicado a ofrecer ahorro de energía eléctrica, el cual es el objetivo fundamental de un diagnóstico energético, esto incluye la eficiencia de los elementos que intervienen en la transmisión de la energía eléctrica.

Las principales fuentes de apoyo para la realización de un diagnóstico energético son entre otras las siguientes:

- + La NOM (Normas Oficiales Mexicanas).
- + La CONAE (Comisión nacional para el ahorro de energía).
- + El FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica).

### **2. 9. 1. La Norma Oficial Mexicana (NOM).**

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo están ordenados los textos procurando claridad de expresión y unidad

de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

El Título 3 de esta norma establece los principios fundamentales, los cuales no están sujetos a modificaciones en función de desarrollos tecnológicos.

El Título 4 “Especificaciones”, contiene los requisitos técnicos cuya observancia tienen por objeto asegurar la conformidad de las instalaciones eléctricas a los principios fundamentales del Título 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

En el Título 5 “Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM”, se establece la metodología para la apropiada aplicación de las disposiciones establecidas y una guía general para su interpretación formal.

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra: los choques eléctricos, los efectos térmicos, sobrecorrientes, las corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

**a)** La NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

- i. Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- ii. Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotor, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.
- iii. Sistemas de emergencia o reserva propiedad de los usuarios.
- iv. Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.

- v. Centrales eléctricas para Cogeneración o Autoabastecimiento.
- vi. Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica, excepto lo indicado en inciso c).

**b) Esta NOM cubre:**

- i. Circuitos alimentados con una tensión nominal hasta 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua, y algunas aplicaciones especificadas arriba de 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua. Para corriente alterna, la frecuencia tomada en cuenta en esta norma es 60 Hz. Sin embargo no se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones especiales.
- ii. Circuitos, que no sean los circuitos internos de aparatos, operando a una tensión superior a 600 V y que se derivan de una instalación con una tensión que no exceda de 600 V c.a., por ejemplo: los circuitos de lámparas a descarga, precipitadores electrostáticos.
- iii. Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios.
- iv. Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos).
- v. Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones. Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente.

**c) Esta NOM no se aplica en:**

- i. Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.
- ii. Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
- iii. Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante o de señalización y comunicación.
- iv. Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.

- v. Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

### **2. 9. 2. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).**

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) tiene como misión diseñar, promover y fomentar lineamientos y acciones en materia de ahorro y uso eficiente de energía y aprovechamiento de la energía renovable en el país; brindar asistencia técnica en la materia a los sectores público, privado y social; así como concertar la implantación de las normas de eficiencia energética.

### **2. 9. 3. Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).**

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) es un organismo privado no lucrativo, creado en agosto de 1990 a instancias de la Comisión Nacional de Electricidad de México (CFE) para promover acciones que induzcan y fomenten el ahorro de energía eléctrica entre los usuarios del servicio.

Los objetivos del FIDE son:

- Demostrar las ventajas, viabilidad técnica y rentabilidad económica del ahorro de la energía eléctrica, así como los beneficios sociales que esto lleva implícito.
- Promover las ventajas de programas integrales.
- Desarrollar esquemas que estimulen la activa participación de todos los usuarios, así como del resto de los agentes involucrados en este tipo de proyectos.
- Incorporar el ahorro de energía en la planificación del sector eléctrico.
- Diseñar esquemas novedosos de promoción y difusión del ahorro de energía eléctrica.
- Contribuir a la preservación de los recursos naturales y conservación del medio ambiente.

Para el logro de estos objetivos, el FIDE cuenta con diversos proyectos, entre los cuales se encuentran: el Proyecto de Ahorro de Energía Eléctrica en Grupos Corporativos y en Empresas Representativas de Ramas industriales de Intenso Consumo de Energía Eléctrica; el Proyecto de Ahorro de Energía Eléctrica en Empresas Altamente Consumidoras con Recuperación del Costo Financiero; el Financiamiento de Corto Plazo para la Aplicación de Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica; el Financiamiento de Proyectos Contratados Bajo Esquemas de Ahorros Garantizados y Demostrados; El Sello FIDE.

Los financiamientos de los distintos programas pueden alcanzar \$ 1 000,000 de pesos para empresas con demandas mayores a 1 000 kW, de \$ 500,000 para empresas entre 300 kW y 500 kW; de \$ 300,000 para empresas con demanda menor a 1000 kW y de \$ 250,000, para los proyectos mencionados, respectivamente.

Por lo que corresponde al sello FIDE, los principales beneficios que se obtienen son los siguientes: los usuarios que adquieren y utilizan los productos con el SELLO FIDE, obtienen el beneficio de reducir el consumo y en consecuencia el pago de la energía eléctrica, aumentado la confiabilidad del servicio. A los fabricantes les abre el mercado al recibir el reconocimiento, lo que se traduce en mayores ventas, además que reciben trato preferencial en la difusión del FIDE, pueden participar en los programas de financiamiento e incentivos que el FIDE realiza para promocionar la compra y uso de productos eficientes en el ahorro de energía eléctrica.



## **CAPÍTULO 3.**

### *ANÁLISIS Y MEDICIONES DE LOS EDIFICIOS A-5 Y A-6.*

#### **INTRODUCCIÓN.**

Este capítulo como su nombre lo indica es el de analizar detalladamente el consumo de energía eléctrica, como también las condiciones de operación de los equipos eléctricos instalados, esto dependerá de las diferentes características de cada una de las áreas de trabajo en cualquiera de estos dos edificios. En base al análisis se designarán puntos de diferente nivel de importancia para la resolución de problemas relacionadas con el mal uso de la energía eléctrica.

Algunas de las adquisiciones de las mediciones o datos importantes, son proporcionadas dependiendo de los horarios de trabajo o por parte de las personas que se encuentran a cargo de estos diferentes lugares.

También se realizarán mediciones con diferentes instrumentos: analizador de redes eléctricas, luxómetros, pirometro digital, entre otros; ya que a través de ellos ó estas mediciones reflejarán todas las anomalías que se encuentran dentro de la instalación eléctrica y que no se pueden observar a simple vista. Este tema concluye con la recopilación de mediciones generales, para valorar la utilización de la energía eléctrica sobre su buen uso de este servicio o por el contrario los desperdicios que va dejando a su paso.

### 3. 1. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO PARA LA PREPARACIÓN DEL ANÁLISIS.

Este paso es simple pero primordial, para el objetivo a lograr. Y consiste en la comunicación entre los directivos y/o jefes a cargo de cada área, que se encuentre dentro del recinto donde se aplicará el diagnóstico energético y tener la información de todo lo concerniente a las actividades que se realizan en las diferentes áreas de cada edificio.

Para dar inicio al programa se deberán realizar actividades administrativas con el fin de tener acceso a la información que permitirá realizar sin obstáculo, el análisis de estos dos edificios. Estos documentos deberán ser avalados por los responsables de estos recintos, desde el director del plantel, el jefe de mantenimiento del plantel, hasta los diferentes encargados de cada actividad en estos dos edificios.

En primera instancia se deberá conocer cada una de las aulas y los lugares que necesitan el servicio de la energía eléctrica, así como también las actividades que se realizan en estos recintos.

✚ Para el edificio A-5 se encuentra conformado de las siguientes actividades:

En la parte de la planta baja esta formado de:

- En el A-501 y A-503 son cubículos estudiantiles.
- En el A-502 es un aula de estudio.
- En el A-504 y A-505 es un centro de cómputo.

En la parte del primer nivel esta formado de:

- En el A-511, A-512, A-515, A-516, A-517 y A-518 son aulas de dibujo.
- En el llamado Computo D. I. representa un centro de cómputo exclusivo para la licenciatura de Diseño Industrial.
- En el A-513 y A-514 sirven como almacenes de la licenciatura de diseño industrial.

En la parte del segundo nivel esta formado de:

- En el A-521 dan servicio de guardería a niños con capacidades diferentes e hijos de los trabajadores del plantel.
- En el A-522, A-523, A-514 y A-515 son aulas de estudio.

✚ Para el edificio A-6 se encuentra conformado de las siguientes actividades:

En la parte de la planta baja esta formado de:

- En el A-601 es un cubículo estudiantil.
- En el A-602, A-603 y A-604 son audiovisuales.
- En el A-605 y A-606 son aulas de estudio.

En la parte del primer nivel y segundo nivel esta formado solamente de puras aulas de estudio.

- ✚ Para la parte entre los edificios A-5 y A-6 se encuentra conformado de:
  - Tres sanitarios uno en la planta baja, otro en el primer nivel, estos son ocupados por las damas y el tercero se encuentra en el segundo nivel que es usado por los caballeros.
  - Tres cuartos ubicados cada uno, enfrente de cada sanitario; en ellos se encuentran los tableros de alumbrado y distribución, y/o transformadores.
  - Añadiendo que en la planta baja se encuentran una serie de locales que venden alimentos y bebidas, los cuales también necesitan la energía eléctrica.

En **19 de enero de 1976** la facultad abrió sus puertas a los estudiantes, esto nos da la fecha en que empezaron labores las diferentes áreas descritas anteriormente y en la que empezaron a trabajar también todas sus instalaciones eléctricas con un horario promedio de 8:00 a 21:00 hrs.

La tarifa eléctrica contratada para la facultad es de **H-M** a media tensión y se encuentra en la región central que es una cuota mensual autorizada con demanda de 100kW o más.

Previamente hubo una solicitud de planos arquitectónicos y eléctricos de los edificios descritos de la facultad los cuales son obsoletos, por lo cual no son de gran ayuda para el análisis. Por consiguiente se debe realizar nuevos planos actualizados que se encontrarán mostrados en la parte de los anexos.

### **3. 2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS EDIFICIOS A LOS CUALES SE REALIZARÁ EL DIAGNÓSTICO.**

La recopilación de información se hizo lo más completa y relevante posible dándole un orden a cada edificio; por lo que se tiene que hacer un levantamiento eléctrico de todos los equipos instalados.

#### **3. 2. 1. Levantamiento de equipos eléctricos.**

El levantamiento se inicia anotando las características del equipo eléctrico, el tipo de equipo que se esta utilizando en ese lugar, las especificaciones dadas por el fabricante de lo más relevante, el estado en que se encuentra operando el equipo, el lugar de instalación del equipo, la antigüedad de utilización de este equipo, las demás componentes de las que se encuentra conformado, etc.

En cuanto a equipos eléctricos instalados existen los siguientes grupos:

- Por la parte de la **iluminación** se mencionan en la tabla 3. 2. 1a. los diferentes equipos eléctricos encontrados y las diferentes características de cada uno de ellos, dentro de los dos edificios al cual se le aplicara el programa de ahorro de energía eléctrica.

Tabla 3. 2. 1a. Diferentes equipos de iluminación hallados en los dos edificios.

Equipo eléctrico	Tipo	Cantidades	Marca	Antigüedad (Años)
Luminarios	0.3 x 1.2 mts. 2 lámparas	273	Desconocida	25
	0.6 x 1.2 mts. 4 lámparas	340		25
	0.3 x 3.3 mts. 4 lámparas	3		15
	0.67 x 0.67 mts. 2 lámparas	30		2
Lámparas	Fluorescentes T-12 de 40 W.	1918	Sylvania, Philips y General electric	5 Aprox.
	Fluorescentes T-U de 32 W.	60	Sylvania	2 Aprox.
Balastos electrónicos	Encendido rápido de 2 x 40 W	959	Lumicon y Sola SB	8 Aprox.
	Encendido rápido de 2 x 32 W	30	Osram	2 Aprox.
Lámparas de alumbrado exterior	Vapor de sodio de 250 W	12	Desconocida	20 Aprox.
Focos incandescentes	Incandescentes de 100 W	6	Desconocida	0.3 Aprox.

En la anterior tabla muestra los diferentes tipos de luminarias, lámparas y balastos que se encuentran dentro de estos recintos. Hay una gran cantidad de luminarias, lámparas y balastos que se encuentran operando de manera inadecuada, mencionando también que los difusores se encuentran en mal estado o se carece de estos difusores.

Sobre la iluminación, algunos equipos se encuentran operando en lugares inapropiados, ya que no fueron elaborados para ejecutar las tareas que realizan actualmente. También carece de iluminación en algunos lugares que lo necesita; añadiendo también que no se aprovecha la luz del día.

Los diferentes equipos existentes dentro de estos dos edificios poseen diferentes características esto indica que siendo parte de un gran número de equipos eléctricos, deberían de tener los mismos equipos. Ya que el diferente costo de cada equipo es diferente, como también la diferente eficiencia con la trabaja; entre otras cosas.

- Por la parte de los tableros generales de distribución son de marca Federal Pacific Electric de 440 V y 125 A, poseen una antigüedad de 25 años en promedio; se mencionan en la tabla 3. 2. 1b. los elementos que conforman a los 2 tableros encontrados.

Tabla 3. 2. 1b. Los equipos en la sección de transformación existentes.

Equipo que lo complementan	Corriente nominal	No. de catalogo	Cantidades	Marca
Transformadores trifásico tipo seco de 75 kVA conexión delta-estrella 440-220/127 V.	-----	-----	2	Desconocida
Interruptores termomagnéticos en caja moldeada FPower NS de 3 polos	225 A	NFS36225TM	1	Federal Pacific
	200 A	NFS36200TM	1	
	125 A	NES36125TM	2	
	100 A	NES32100TM	2	
	70 A	NES32070TM	8	
	50 A	NES32050TM	1	

El tablero general opera de manera adecuada, aunque existen unas irregularidades que con el paso del tiempo puede reducir la vida útil de estos equipos y esto significaría un gasto adicional.

Una de estas irregularidades es que tiene una ventilación inadecuada, es por que sus puertas no permiten la evacuación del calor generado dentro de este cuarto destinado al transformador y los demás elementos de distribución añadiendo que no poseen con ventanillas que ayuden a la disipación del calor.

También cuenta con la anomalía de la acumulación de agua en los ductos subterráneos por donde llega la alimentación a estos dos edificios también llamados “trincheras”.

- Por la parte de los tableros de alumbrado y distribución se mencionan en la tabla 3. 2. 1c. los diferentes equipos eléctricos encontrados, estos equipos poseen una antigüedad de 10 años en promedio.

Tabla 3. 2. 1c. Diferentes tableros de alumbrado y distribución hallados en los dos edificios.

Equipo eléctrico	No. de polos	Corriente (A)	No. de catalogo	Cantidades	Marca
Tablero de alumbrado y distribución	24 polos; de 3 fases y 4 hilos.	100 Capacidad máxima	NOQD244AB11F (ensamblado)	3	Square D
	16 polos; de 3 fases y 4 hilos.		NOQD164AB11F (ensamblado)	3	
Tablero de alumbrado y distribución	36 polos; de 3 fases y 4 hilos.	250 Capacidad máxima	NALP-36-4LF (ensamblado)	2	Federal Pacific
	24 polos; de 3 fases y 4 hilos.	100 Capacidad máxima	NALP-24-4LF (ensamblado)	2	
	Tipo NEF con un interruptor de 100 A con arrancador Square D	100 Capacidad máxima	Clase 8536, Tipo LCO-3, serie D (para alumbrado exterior)	1	

Los tableros de distribución que están encomendados para las diferentes cargas, están descritos en la tabla anterior, son apropiados para el número de cargas existentes; aunque se encuentran en mal estado, no cuentan con directorios y tiene también el problema de que cuenta con dos marcas diferentes de marcas de estos equipos.

Para el mal estado de estos equipos se debe de realizar un mantenimiento preventivo y correctivo ya que si continúa con este mismo problema los equipos instalados y las cargas conectadas sufrirán daños parciales o totales. Los directorios principalmente son diseñados con el objetivo de la seguridad del personal de mantenimiento del lugar y por consiguiente para el control de estas instalaciones para los distintos movimientos que se le haga a esta instalación eléctrica.

- Por la parte de los diferentes interruptores termomagnéticos se mencionan los siguientes en la tabla 3. 2. 1d., estos equipos poseen una antigüedad de 10 años en promedio.

Tabla 3. 2. 1d. Los diferentes interruptores termomagnéticos que conforman a los tableros.

Equipo eléctrico	No. de polos	Corriente (A)	No. de catalogo	Cantidades	Marca
Interruptores termomagnéticos	3 polos	70 Corriente nominal	QO270GFI	1	Square D
		50 Corriente nominal	QO250GFI	2	
	2 polos	40 Corriente nominal	QO240HID	1	
	1 polo	30 Corriente nominal	QO130	15	
		20 Corriente nominal	QO120	46	
		15 Corriente nominal	QO115	6	
Interruptores termomagnéticos	2 polos	30 Corriente nominal	NAM230	14	Federal Pacific
		20 Corriente nominal	NAM220	9	
		15 Corriente nominal	NAM215	2	
	1 polo	40 Corriente nominal	NAM140	4	
		30 Corriente nominal	NAM130	7	
		20 Corriente nominal	NAM120	15	

Hay varios interruptores que se encuentran operando en mal estado ya que no logran restablecerse, existen también interruptores que no tienen una función por realizar, presentan falsos contactos y por lo tanto presenta calentamiento térmico en estos equipos, así como existen dos marcas en tableros de alumbrado y distribución, obviamente se tienen dos marcas de interruptores.

### 3. 2. 2. Censo de cargas instaladas.

La elaboración del censo de cargas es un **levantamiento electrónico** de todos los instalados, muestran a los equipos electrónicos y algunos eléctricos que consumen la energía eléctrica, por lo cual es necesario realizar un análisis de cuanta potencia consume cada uno de forma ideal, para obtener el total de energía eléctrica demandada por estos aparatos. El censo de cargas deberá estar completo y deberán estar constituidos en dos

partes: los que son alimentados por el transformador 1 y a los son alimentados por el transformador 2.

El censo de cargas contendrá los siguientes datos: Nombre del equipo, número de equipos existentes y potencia que consume, entre algunas otras características importantes. Los aparatos pueden ser entre una PC's, monitor, estereos, televisores, ventiladores, hornos de microondas, impresoras, etc; esta información se encuentra mas detallada en la parte de anexos.

Hoy en día existe una gran variedad de aparatos que utilizan la energía eléctrica al máximo y los aparatos que poseen dentro de los dos edificios casi en su totalidad son aparatos convencionales.

**3. 2. 3. Los horarios base, intermedio y pico de los dos transformadores.**

Las siguientes gráficas muestran para una mejor apreciación, los horarios de trabajo que estarán expresados en potencia consumida teóricamente en ese momento, basado en la recopilación de información anterior mencionada. Se expresa el horario base, el horario intermedio y el horario pico, de diferentes días de la semana; en los que se encuentra trabajando actualmente.

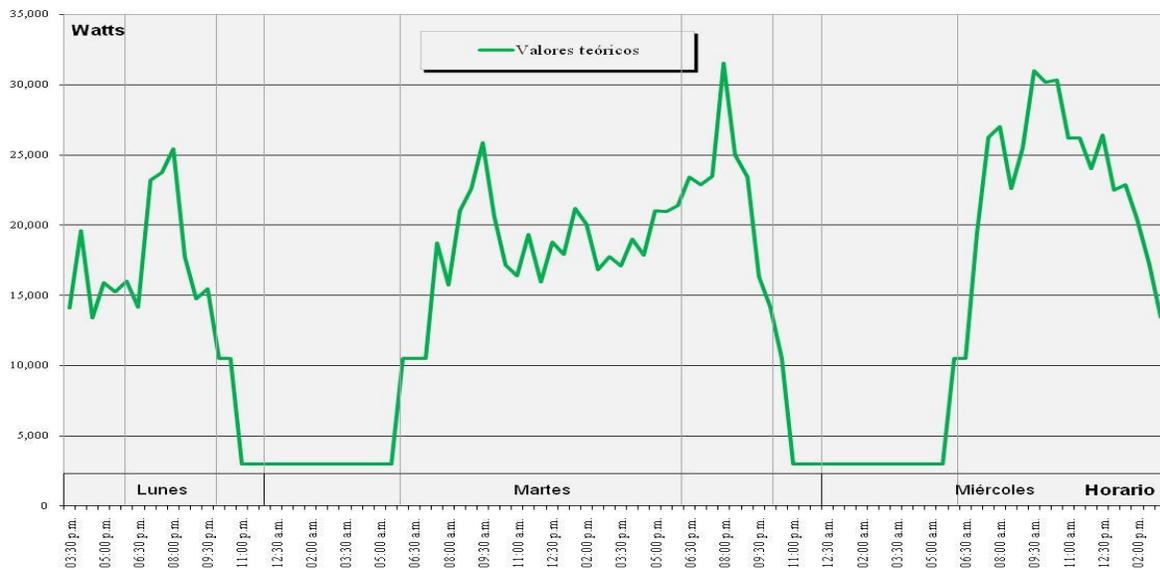


Figura 3. 2. 3a. Consumo teórico del transformador A-5 actualmente.

En la figura 3. 2. 3a. representa por medio de grafica la cantidad de energía eléctrica consumida en el edificio A-5 y la variación visible que existe entre los primeros tres días de cada semana laborables, como se aprecia existe como mayor cantidad de consumo 32 kW

en horario pico por lo que es conveniente disminuir el consumo en ese horario; por que el costo del kWhr en ese horario es mayor.

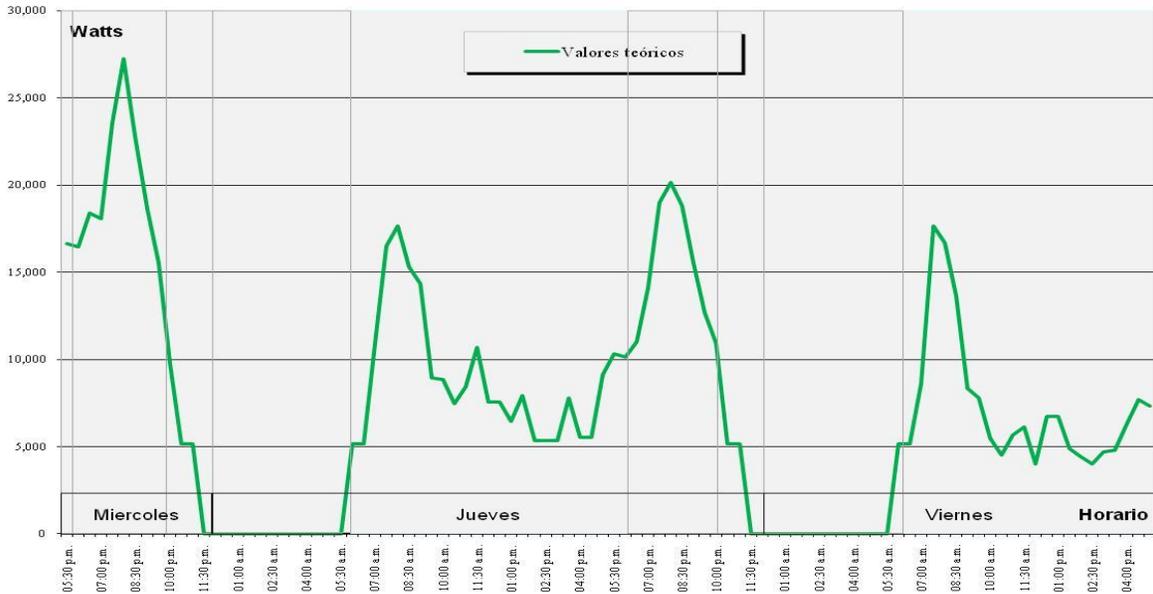


Figura 3. 2. 3b. Consumo teórico del transformador A-6 actualmente.

Así de igual manera que ilustro la gráfica anterior con respecto al transformador que alimenta al edificio A-5, la figura 3. 2. 3b. representa la cantidad que consume en horarios de labores y en los horarios de descanso, se nota que como una cantidad mayor de consumo esta entre 27.5 kW, se hace mención que de forma ideal en un horario a altas horas de la noche debería de haber un consumo de 0 W, pero se debe tener hincapié que un sistema no es ideal ya que existen algunas cuestiones que hagan que exista un consumo de potencia eléctrica como ejemplo sería el efecto Joule. Sin embargo no fueron tomadas las medidas en los mismos días de labores, nunca van a ser iguales aunque existan las mismas cantidades cargas conectadas al mismo tiempo

### 3. 2. 4. Iluminación utilizada incorrectamente.

La iluminación utilizada incorrectamente es una parte primordial en el ahorro de la energía eléctrica, ya que casi en toda la potencia consumida hoy en día se encuentra en el grupo de iluminación artificial y en la alimentación de motores. Este punto trata de la importancia de aprovechar la iluminación natural y la iluminación artificial al 100 % sin tener que hacer una inversión en equipos eléctricos más eficientes, solamente se necesita de un buen equipo de mantenimiento (de limpieza) a equipos eléctricos instalados y mobiliario que forma parte del lugar al que se le aplicará el programa de ahorro de energía eléctrica. A

continuación se muestran unas imágenes de un claro ejemplo de la mala utilización de la luz natural, como es la intervención del paso de la luz del día por cortinas y persianas cerradas.



Figura 3. 2. 4a. Un claro ejemplo del desaprovechamiento de la luz natural

### **3. 2. 5. Sistemas y/o equipos que estén operando e instalados de forma incorrecta, o requieran de una reparación por el mal estado en que se encuentra.**

Este punto trata de los equipos que operan de manera incorrecta y provocan que la energía eléctrica utilizada en ese momento sea desperdiciada o la utilización de esta no sea aprovechada en su totalidad. En seguida se muestran algunas imágenes de equipos que requieren de una reparación total o parcial.



Figura 3. 2. 5a. Un claro ejemplo de equipos en mal estado.

Como se aprecian en las figuras existe un mal estado en las instalaciones eléctricas y en equipos de eléctricos; por parte de las instalaciones, el desajuste de tornillos o la mala instalación de equipos hagan que la resistencia sea mayor y esta ocasione que no entregue la misma cantidad de corriente eléctrica que la fue proporcionada inicialmente; esto hace que los aparatos o equipos trabajen con una potencia menor a la que fueron diseñados.

### 3. 3. TOMAR MEDICIONES.

Para un diagnóstico energético es necesario tomar mediciones para llegar a los siguientes objetivos:

- ✚ Complementar el paso anterior de recopilación de información, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información del recinto no este disponible.
- ✚ Comprobar la operación del equipo importante del lugar (transformadores, tableros de distribución, interruptores, entre otros), para saber si el equipo esta operando de forma eficiente o no.
- ✚ Apoyar a la elaboración del balance energético global del lugar.

### 3.3.1. Equipo de medición.

Estos equipos de medición fueron proporcionados por parte del laboratorio de diagnóstico energético que se encuentra en el centro tecnológico de esta facultad. Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son los siguientes:

- ✚ Pirómetro digital.
- ✚ Kilowatthorímetro.
- ✚ Factoripotenciómetro.
- ✚ Analizadores de redes.
- ✚ Luxómetro.
- ✚ Entre otros más.

- Pirómetro digital. Este aparato proporciona la lectura de las temperaturas de cualquier equipo a distancia determinada sin necesidad de tocar el equipo a medir y son de gran utilidad para equipos de mucho riesgo como por ejemplo transformadores, tableros de distribución, etc. El uso de este equipo suele ser muy sencillo y exacto siempre y cuando la calibración este supervisada periódicamente.

Tabla 3. 3. 1a. Temperaturas de las fases de los transformadores.

<b>Transformador TA-5</b>			
Lado primario		Lado secundario	
Terminal	Grados (°C)	Terminal	Grados (°C)
		X0	29
L1	30	X1	37
L2	27	X2	41
L3	29	X3	45

Tabla 3. 3. 1b. Temperaturas de las fases de los transformadores.

<b>Transformador TA-6</b>			
Lado primario		Lado secundario	
Terminal	Grados (°C)	Terminal	Grados (°C)
		X0	31
L1	31	X1	42
L2	31	X2	50
L3	30	X3	40

- Analizadores de redes. Este equipo es muy importante para un diagnóstico energético, una vez instalado y dependiendo de el modelo contiene varias funciones y puede medir varias cosas al mismo tiempo; como por ejemplo puede sustituir al el Kilowattorímetro, Factoripotenciómetro, entre otros más.

Así como este equipo es sofisticado se debe de tener un cuidado al maniobrarlo ya que en alguna mala conexión este equipo puede dar resultados erróneos y en el peor de los casos también puede sufrir algún daño temporal o permanente, por lo que su reparación o el valor total del equipo es costosa. A este equipo dándole un buen uso puede ser una herramienta muy importante y muy complementaria.

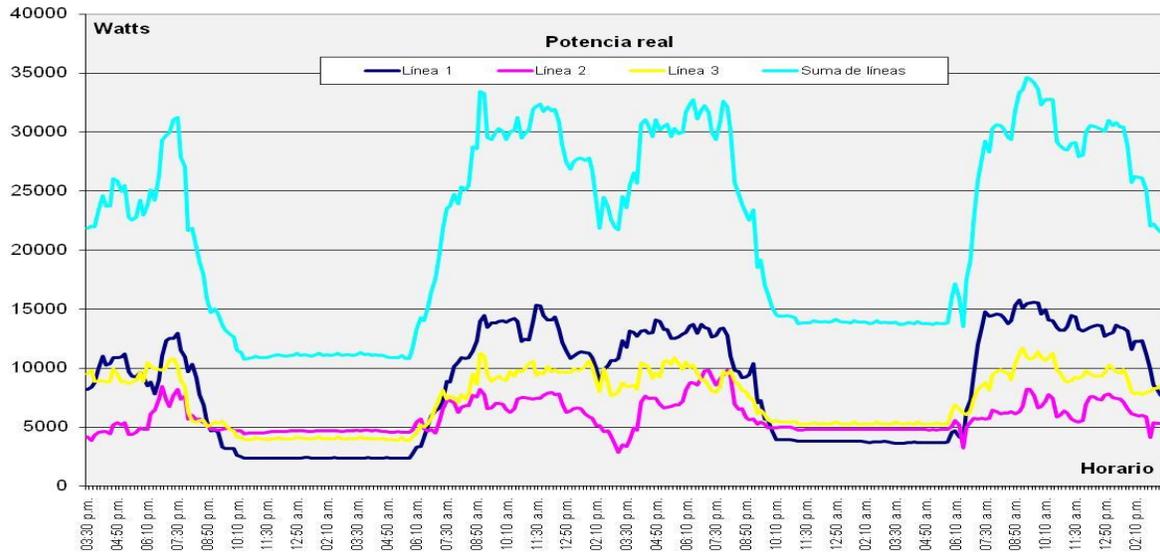


Figura 3. 3. 1a. Potencia real consumida del transformador A-5.

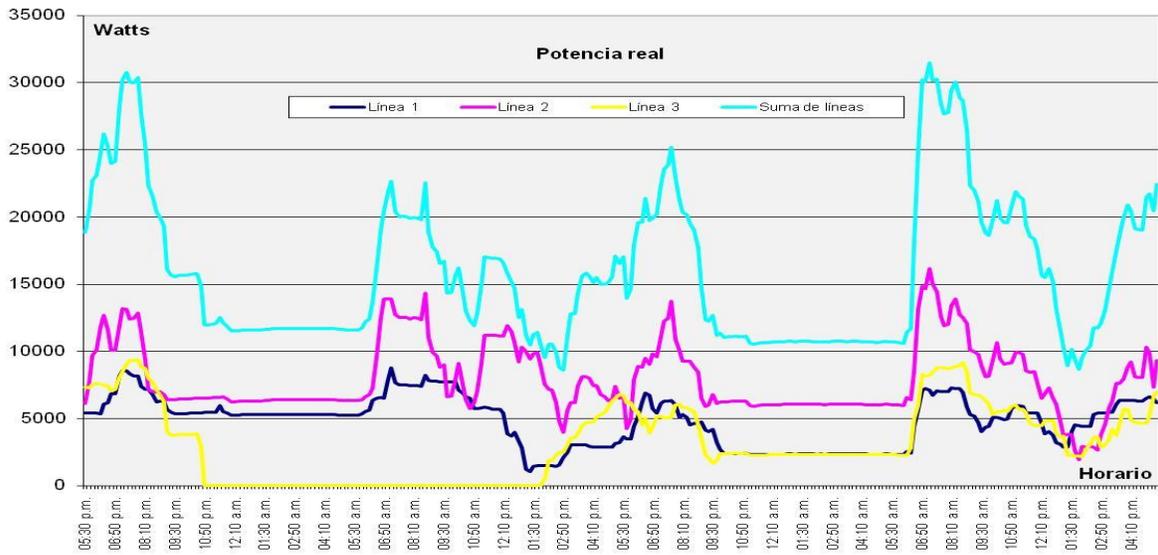


Figura 3. 3. 1b. Potencia real consumida del transformador A-6.

Las gráficas anteriores indican la cantidad de potencia real consumida proporcionada por el analizador de redes, la figura 3. 3. 1a. y 3. 3. 1b., muestra el consumo de potencia real al paso del tiempo por cada fase y la sumatoria de estas; en el inciso a se refiere a lo consumido en el edificio A-5 y el inciso b al edificio A-6.

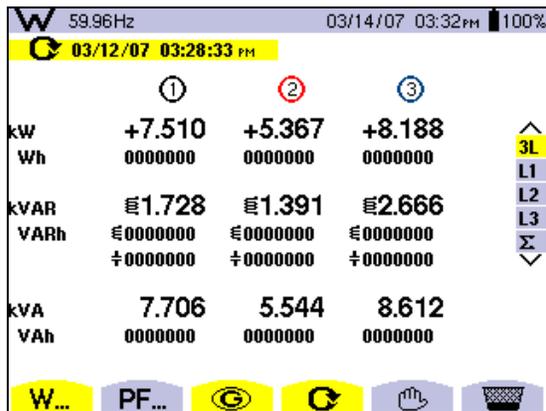


Figura 3. 3. 1c. Mediciones de potencia por cada fase del transformador A-5.

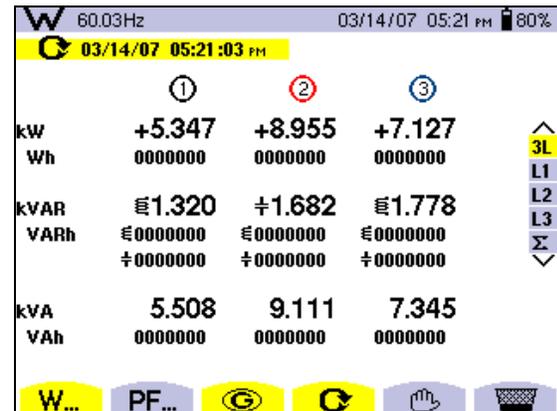


Figura 3. 3. 1d. Mediciones de potencia por cada fase del transformador A-6.

Las gráficas anteriores indican la cantidad de potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente consumida en tiempo exacto en el que fue tomado en ese momento, por cada una de las fases.

Una función más del analizador de redes es medir el factor de potencia en el cual se encuentra trabajando el sistema, ya que es el indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil.

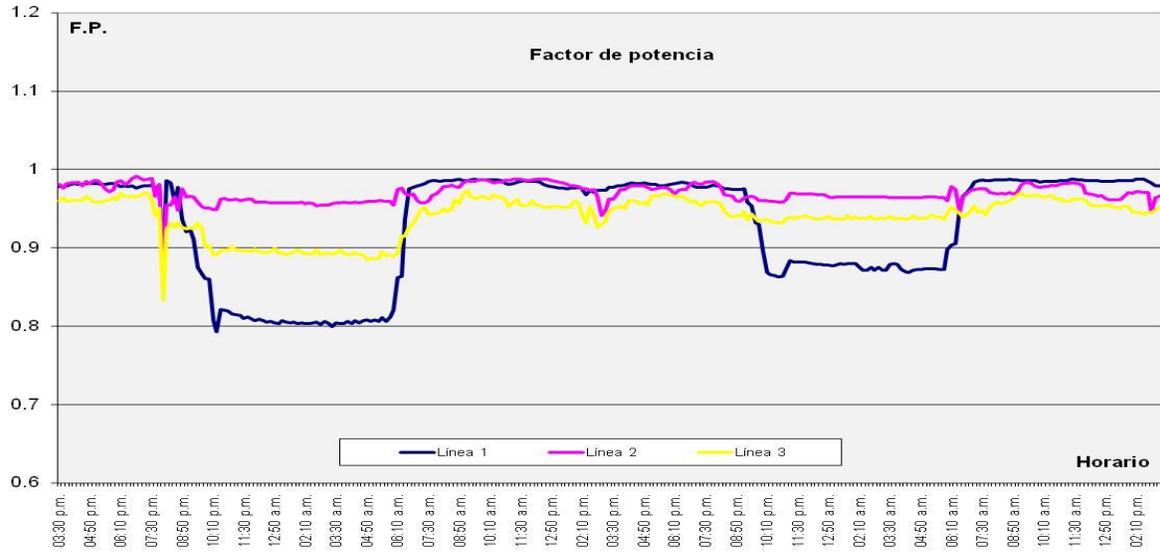


Figura 3. 3. 1e. Factor de potencia en el que trabaja el transformador A-5.

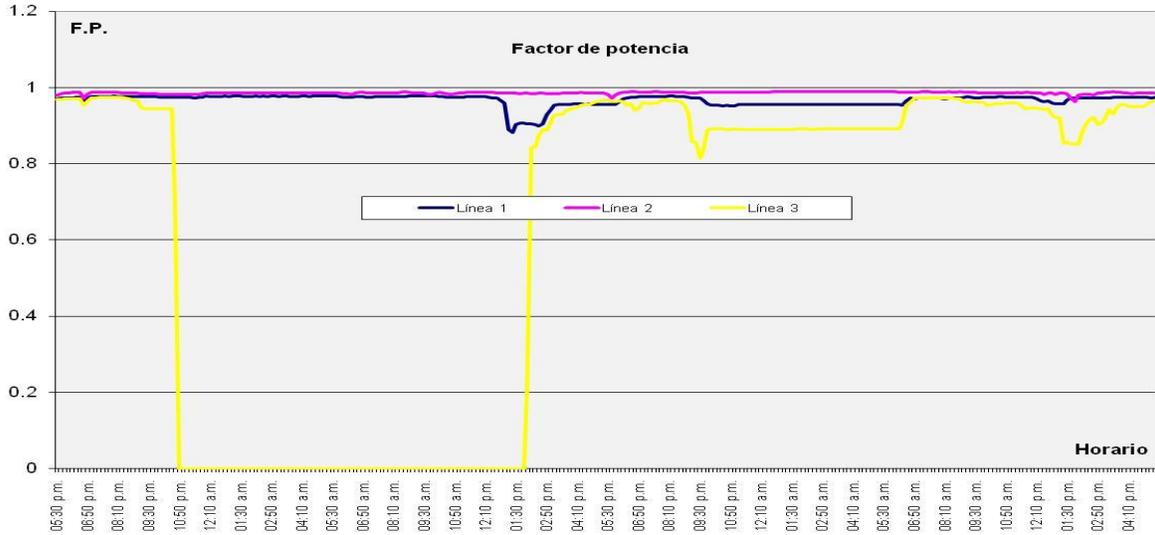


Figura 3. 3. 1f. Factor de potencia en el que trabaja el transformador A-6.

Las lecturas del factor de potencia son perjudiciales ya que sino se cumple con lo establecido por la empresa que proporciona la energía eléctrica, la factura tendrá un cargo adicional por no cumplir con lo establecido que es el de un FP de 1 con una variación

permitida de un  $\pm 10\%$ . Esto también es importante para los equipos ya que sino trabajan con el rango establecido los equipos poco a poco reducirá su vida útil.

Otra lectura que puede proporcionar este equipo es la frecuencia actual en la que se encuentra trabajando el sistema, recordando que la frecuencia en la que están diseñados los equipos en el interior de la república es de 60 ciclos por segundos (60 Hz). En seguida se muestra la frecuencia actual en la que esta trabajando los dos sistemas descritos anteriormente.

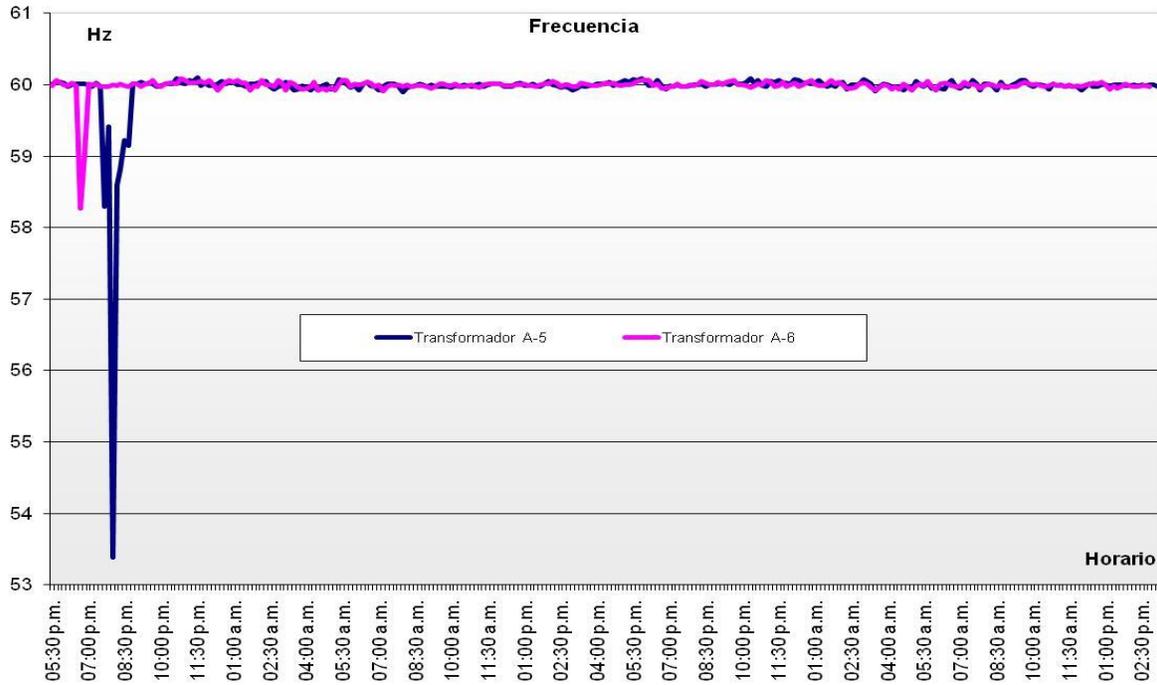


Figura 3. 3. 1g. Frecuencia en la que trabajan los transformadores.

Una lectura más es la ilustración de cómo se encuentran balanceadas las cargas conectadas en los dos sistemas existentes; esto es una de las razones por la cual tienen diferente temperatura las terminales del transformador.

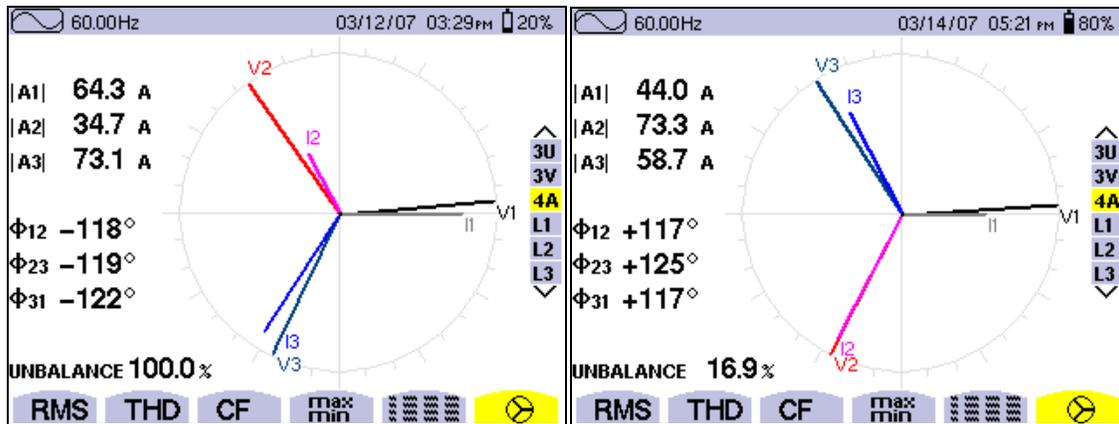


Figura 3.3. 1h. Defasamiento de las 3 fases del transformador A-5.

Figura 3.3. 1i. Defasamiento de las 3 fases del transformador A-6.

Las gráficas de defasamiento son importantes ya que nos indican que fase es la que demanda más energía eléctrica, o si se encuentra balanceado el sistema; ya que de lo contrario si no se da una solución correcta, el transformador pierde sus propiedades dentro del sistema de transformación de la energía eléctrica. Tomando en cuenta que el valor de este equipo es cuantioso.

- Luxómetro. Este aparato sirve para medir los luxes que existen dentro de los diferentes lugares de trabajo; los luxes medidos se encontrarán en la parte de los anexos.

Estos luxes es la medida de la luminosidad de las lámparas existentes, esta medición debe realizar a la altura del zona de trabajo y se deben de comparar con las que recomienda la norma, es importante mencionar que cada trabajo que se realiza se recomienda diferentes cantidades de luxes. Estas mediciones son de importancia en conjunto con los DPEA que más adelante se describirán.

### 3.4. ANALIZAR LOS DATOS.

Después de concluir los pasos anteriores, se analizan los datos y se realizan las siguientes actividades:

- ✚ Desarrollar una base de datos y gráficas de elementos consumidores de energía eléctrica: En este punto se hace un inventario de todos los equipos y/o aparatos eléctricos que consumen energía eléctrica, para después dividir todos los elementos en grupos y así identificar el grupo que consume más energía eléctrica. Para esto se debe realizar gráficas para comprobar lo antes mencionado. Los siguientes grupos

en los que se dividirán los equipos y/o aparatos eléctricos son: iluminación interior, equipo de cómputo, misceláneos e iluminación exterior.

- La iluminación interior abarca todos los luminarios que se encuentran dentro de las diferentes áreas de trabajo como son audiovisuales, aulas de estudios, centros de cómputo, sanitarios, cuartos de máquinas, etc.
- El grupo de cómputo como su nombre lo indica será todos los CPU`s, monitores, reguladores y demás componentes todos quedaron en el grupo de misceláneos.
- En el grupo de misceláneos se encuentran los aparatos eléctricos como; televisores, DVD`s, estereos, impresoras, proyectores, ventiladores, radios, amplificadores, etc.
- La iluminación exterior, es toda aquella iluminación de las áreas que dan al aire libre como: pasillos exteriores y patios.

✚ Describir la potencia demandada por los equipos y/o aparatos eléctricos: Con la base de datos obtenida se creo la potencia demandada de los diferentes elementos consumidores de energía eléctrica y con el resultado obtenido se realiza la comparación de la potencia demandada con la potencia suministrada por el transformador a cargo de ese lugar. Si la comparación resulta inadecuada se tendrán que hacer cálculos para un nuevo transformador para que proporcione la potencia requerida en ese lugar. Para poder explicar este punto brevemente, continuaremos con los grupos descritos anteriormente, expresándolo por medio de una tabla la cual nos indicara la potencia real que consume cada grupo, la potencia que demanda actualmente y el porcentaje que representa de toda la potencia total consumida. Para una apreciación mas detallada recurrir a la tabla de la demanda que se ubica en la sección de anexos.

Tabla 3. 4a. Los diferentes tipos de cargas conectadas al transformador A-5.

Grupo	kW Inst.	kW Dem.	kWhr/mes	W/m <sup>2</sup>	kWhr/m <sup>2</sup> año	% Demanda	% Consumo
Iluminación interior	48.64	17.03	3,279	20.71	16.75	55.12%	50.75%
Cómputo	16.10	6.50	1,398	6.85	7.14	21.04%	21.64%
Misceláneos	14.81	5.87	1,239	6.31	6.33	18.98%	19.17%
Iluminación exterior	3.00	1.50	546	1.28	2.79	4.85%	8.44%
<b>TOTAL</b>	<b>82.55</b>	<b>30.90</b>	<b>6,462</b>	<b>35.15</b>	<b>33.01</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla 3. 4b. Los diferentes tipos de cargas conectadas al transformador A-6.

Grupo	kW Inst.	kW Dem.	kWhr/mes	W/m <sup>2</sup>	kWhr/m <sup>2</sup> año	% Demanda	% Consumo
Iluminación interior	46.27	18.66	3,930.95	23.83	24.29	91.31%	92.63%
Cómputo	2.413	0.43	41.34	1.24	0.26	2.08%	0.97%
Misceláneos	4.307	1.35	271.56	2.22	1.68	6.61%	6.40%
<b>TOTAL</b>	<b>52.99</b>	<b>20.43</b>	<b>4,243.85</b>	<b>27.29</b>	<b>26.23</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Las anteriores tablas están divididas por 4 grupos importantes en el uso de la energía eléctrica los cuáles son: la iluminación interior, los equipos de cómputo, los misceláneos (televisores, equipos de audio, secadores, sensores, etc.) e iluminación exterior. Las tablas marcan el porcentaje de consumo total entre estos cuatro grupos, la iluminación interior presenta el máximo porcentaje en el consumo de la energía eléctrica.

Para ser mas breve y conciso explicaremos esta parte con gráficas las cuales nos darán una mejor perspectiva de la situación actual de los dos edificios a diagnosticar.

- En seguida se describe mediante gráficas los diferentes grupos consumidores en el transformador A-5, en primer lugar es la demanda total por todos los equipos conectados (Figura 3. 4a.) y en segundo término esta el consumo teórico basado en los horarios de trabajo (Figura 3. 4b.).

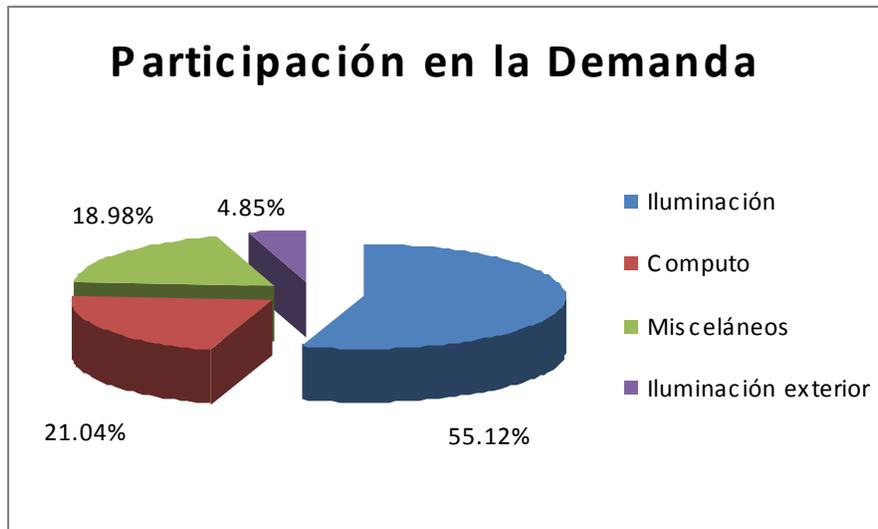


Figura 3. 4a. Gráfica que representa la demanda del transformador A-5.

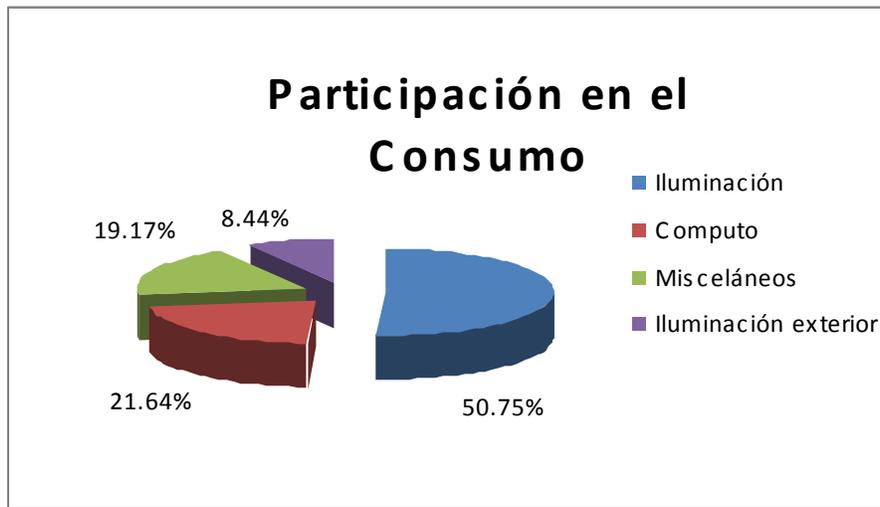


Figura 3. 4b. Gráfica que representa el consumo del transformador A-5.

- De la misma manera se describe mediante gráficas los diferentes grupos consumidores en el transformador A-6, en primer lugar es la demanda total por todos los equipos conectados (Figura 3. 4c.) y en segundo término esta el consumo teórico basado en los horarios de trabajo (Figura 3. 4d.).

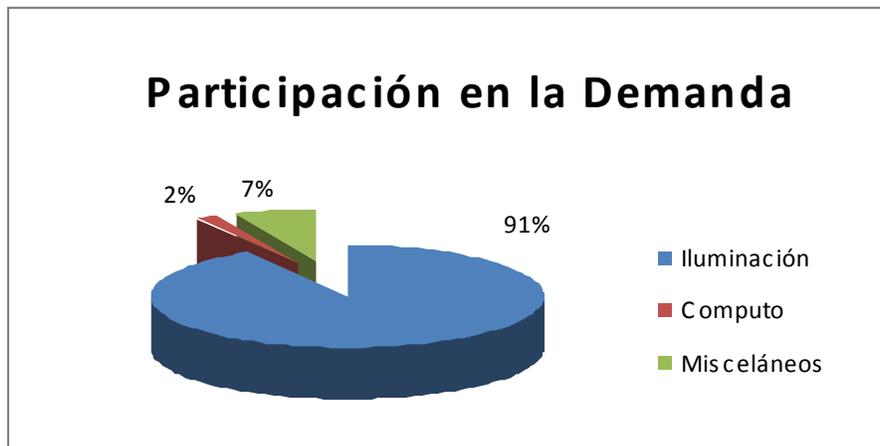


Figura 3. 4c. Gráfica que representa la demanda del transformador A-6.

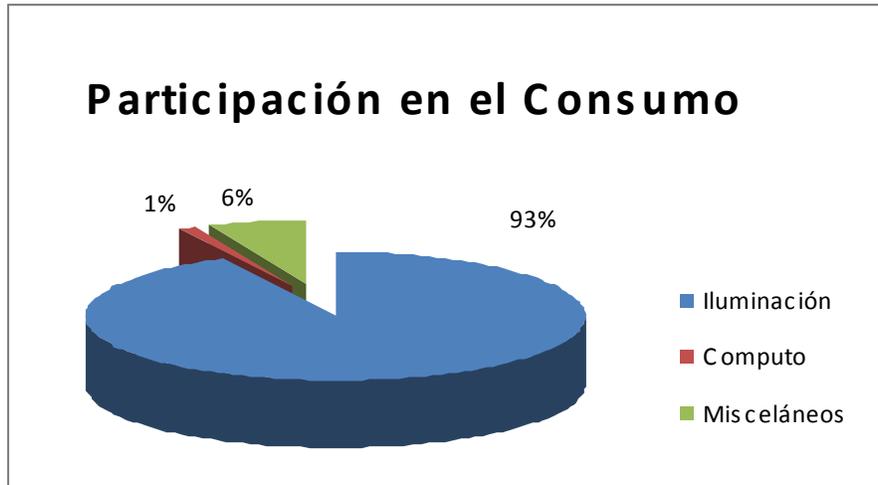


Figura 3. 4d. Gráfica que representa el consumo del transformador A-6.

- + Realizar cuadros de carga para cada tablero de distribución y para el tablero general, con el fin de conocer si están balanceadas las cargas. Conociendo la potencia demandada de los elementos instalados se tendrán que realizar cuadros de carga de cada tablero con el objetivo de analizar como se encuentran conectadas las cargas, esto indicará si no están sobresaturadas una o unas de las tres fases que llegan de la alimentación. Para explicar brevemente este punto se procedió a plasmar únicamente el cuadro de carga del tablero de distribución general de cada uno de los edificios a diagnosticar.

Tabla 3. 4c. Descripción del total de la potencia consumida del transformador A-5.  
EDIFICIO A-5

CUADRO GENERAL DE CARGAS DEL TABLERO TD-A5 (TRANSFORMADOR T-01)				
	A	B	C	WATTS
TA5-01	1692	1260	3300	6252
TA5-02	2069	2163	2386	6618
TA5-03	8772	7128	3432	19332
TA5-04	9216	4284	4740	18240
TA5-504-1	1800	7068	5400	14268
TA5-504-2	2580	1452	2400	6432
TOTAL	26129	23355	21658	71142

DESBALANCE = 17.11%

Tabla 3. 4d. Descripción del total de la potencia consumida del transformador A-6.

## EDIFICIO A-6

CUADRO GENERAL DE CARGAS DEL TABLERO TD-A6 (TRANSFORMADOR T-01)				
	A	B	C	WATTS
TA6-01	5568	8076	4608	18252
TA6-02	7464	7224	2112	16800
TA6-03	4224	5352	7404	16980
TA6-D.I.	2340	2520	1440	6300
TOTAL	19596	23172	15564	58332

$$\text{DESBALANCE} = 32.83\%$$

- ✚ Realización de diagramas unifilares, planos actualizados y directorios en caso de no contar con ellos. La realización de diagramas unifilares, planos actualizados y directorios proporcionan una información importante, ya que hablando de los diagramas unifilares estos representan como se encuentra conformada la red eléctrica, desde la alimentación hasta la carga que consume la energía eléctrica, los planos actualizados proveen la ubicación exacta del equipo o elemento eléctrico que se está buscando en ese momento como también la posible modificación que se desee realizar; los directorios promueven la seguridad del personal, la elaboración de mantenimiento seguro y confiable.
- ✚ Parte de la evaluación de la luminosidad para ver si son aptos, los niveles hallados en las diferentes áreas de los edificios. Se describe la tabla obtenida del diagnóstico una tabla donde nos indica los luxes obtenidos en cada área de trabajo y se compara con la recomendada por la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE).

Tabla 3. 4e. Descripción de los DPEA en el edificio A-5.

<b>DPEA RECOMENDADO Y ENCONTRADO DEL EDIFICIO A-5</b>						
<b>PLANTA BAJA</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Cubículo estudiantil	Cultural	A-501	80.91	768.00	9.49	16.1
Aula de estudio	Aula	A-502	80.91	1,152.00	14.24	17.2
Cubículo estudiantil	Cultural	A-503	80.91	1,152.00	14.24	16.1
Centro de computo	Servicios	A-504	161.82	5,088.00	31.44	17.2
Centro de computo	Servicios	A-505	80.91	2,112.00	26.10	17.2
Baños	Servicios	Baños de damas	65.57	957.00	14.60	10.8
Cubos de Transf.	Restringido	Cubos	4.62	100.00	21.65	14
Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98	1,920.00	11.10	7.5
Pasillo de baños	Pasillo	Pasillo de baños	54.33	864.00	15.90	7.5
<b>PRIMER NIVEL</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Aulas de estudio	Aula	A-511	80.91	2,304.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-512	80.91	2,304.00	28.48	17.2
Computo D. I.	Aula	Computo D.I.	53.94	1,536.00	28.48	17.2
Almacén	Servicios	A-513	26.97	768.00	28.48	11.8
Almacén	Servicios	A-514	33.06	768.00	23.23	11.8
Aulas de estudio	Aula	A-515	47.85	1,536.00	32.10	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-516	53.94	1,536.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-517	53.94	1,536.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-518	53.94	1,536.00	28.48	17.2
Baños	Servicios	Baños de damas	65.57	1,042.00	15.89	10.8
Cubos de Transf.	Restringido	Cubos	4.62	100.00	21.65	14
Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98	1,728.00	9.99	7.5
Pasillo de baños	Pasillo	Pasillo de baños	54.33	960.00	17.67	7.5
<b>SEGUNDO NIVEL</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Guardería	Servicios	A-521	161.82	4,608.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-522	80.91	2,304.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-523	80.91	2,304.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-524	80.91	2,304.00	28.48	17.2
Aulas de estudio	Aula	A-525	80.91	2,112.00	26.10	17.2
Baños	Servicios	Baños de caballeros	65.57	1,127.00	17.19	10.8
Cubos de Transf.	Restringido	Cubos	4.62	100.00	21.65	14
Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98	1,728.00	9.99	7.5
Pasillo de baños	Pasillo	Pasillo de baños	54.33	288.00	5.30	7.5

Tabla 3. 4f. Descripción de los DPEA en el edificio A-6.

<b>DPEA RECOMENDADO Y ENCONTRADO DEL EDIFICIO A-6</b>						
<b>PLANTA BAJA</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Aula de estudio	Cultural	A-601	80.91	2304	28.48	16.1
Aula de estudio	Audiovisual	A-602	80.91	2304	28.48	16.1
Aula de estudio	Audiovisual	A-603	80.91	2304	28.48	16.1
Aula de estudio	Audiovisual	A-604	80.91	2304	28.48	16.1
Aula de estudio	Aula	A-605	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-606	80.91	2304	28.48	17.2
Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82	1728	10.68	7.5
<b>PRIMER NIVEL</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Aula de estudio	Aula	A-611	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-612	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-613	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-614	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-615	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-616	80.91	2112	26.10	17.2
Aula de estudio	Aula	A-617	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-618	40.45	1152	28.48	17.2
Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82	1728	10.68	7.5
<b>SEGUNDO NIVEL</b>						
<b>Zona</b>	<b>Tipo de uso</b>	<b>Recinto</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación total (W)</b>	<b>DPEA encontrado</b>	<b>DPEA recomendado</b>
Aula de estudio	Aula	A-621	80.91	2112	26.10	17.2
Aula de estudio	Aula	A-622	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-623	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-624	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-625	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-626	40.45	1152	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-627	80.91	2304	28.48	17.2
Aula de estudio	Aula	A-628	80.91	2304	28.48	17.2
Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82	1728	10.68	7.5

Cuando se cuenta con los diagramas unifilares, planos eléctricos, directorios entre otras cosas más, se cumple además con la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004 (2004 o en el año vigente de la norma), Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Para la segunda parte de la evaluación se cuenta con el apoyo de los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (**DPEA**). La tabla que se muestra a continuación indica la iluminación total por todas las luminarias de los diferentes recintos dividida entre el área que se desea alumbrar, el resultado es nuestro DPEA obtenido el cual será comparado con el recomendado por la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004.



## **CAPÍTULO 4.**

### *EVALUACIONES Y PROPUESTAS PARA LOS EDIFICIOS A-5 Y A-6.*

#### **INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo se demostrará si el programa de ahorro de energía eléctrica en los edificios A-5 y A-6 de la FES Aragón cubre con todos los objetivos que se estipularon al inicio de este programa; el plantear e implementar este programa, se realiza con el fin de utilizar la energía eléctrica con la mayor eficiencia y evitar los desperdicios que se generen o que se llegarán a generar con el uso futuro de estos equipos eléctricos; mediante los resultados de las evaluaciones se obtendrán propuestas que al emplearlas se obtendrá en el consumo una disminución de energía eléctrica que se verá reflejada en la factura de este servicio.

Las evaluaciones se harán paso a paso para conocer los puntos clave, donde podría haber un desperdicio cuantioso de energía eléctrica, también se hallarán los equipos a los que se necesitan aplicar un tipo de mantenimiento; todo con el propósito de que los equipos no sufran en un futuro, averías que causen el mal funcionamiento del equipo o incluso el reemplazo total del equipo.

#### **4. 1. EVALUACIÓN DEL DIAGNOSTICO.**

Como su nombre lo indica este punto se evaluará como se encuentra la instalación eléctrica y los equipos eléctricos instalados. En pocas palabras se obtendrá un diagnóstico de cómo se encuentran las condiciones actuales de los dos edificios, finalmente el resultado obtenido se utilizará para adaptar un programa de ahorro de energía eléctrica; el propósito de este punto es el de no reemplazar los equipos por algunos más eficientes, solamente será necesario dar un mantenimiento a los equipos y/o recintos, para que trabajen con más eficiencia y no obstruyan la iluminación. Ya que el mal estado de los equipos provoca un consumo innecesario de la energía eléctrica.

##### **4. 1. 1. Información de la primera parte del diagnóstico.**

Los edificios diagnosticados son parte de la Facultad de Estudios Superiores Aragón y esta fue inaugurada desde el año de 1976, lo cual indica que desde ese tiempo los edificios comenzaron sus labores, también se deduce que las instalaciones eléctricas tienen una antigüedad aproximada de 25 años; lo que no está documentado, es de que equipos han reemplazado o han tenido algún mantenimiento en el transcurso de estos años.

Las pruebas a los equipos de conductividad, de resistencia, de operación, etc., mostrará las características en las cuales está trabajando los diferentes equipos, los resultados comprobarán si están aptos para el servicio que está otorgando este equipo eléctrico.

Las diferentes áreas de trabajo están situadas en los nuevos planos arquitectónicos y planos eléctricos, realizados durante el proceso de este programa, los planos fueron realizados principalmente para la seguridad de las personas que están a cargo de esas áreas.

La tarifa eléctrica actual contratada es la tarifa H-M a media tensión y se encuentra en la región central que es una cuota mensual autorizada con demanda de 100 kW o más, por medio de la factura eléctrica de la institución se obtuvo un promedio del costo del kilowatt-hora, y este es de 0.67 pesos por cada kW-hr. Esta parte es importante por que el objetivo general es el de invertir menos dinero, por lo que para ello se tendrá que reducir el consumo de la energía eléctrica, sin afectar la iluminación en las áreas que se encuentran dentro de los dos edificios o las diferentes actividades que se realizan, lo ideal es mejorar la calidad de iluminación y el servicio de la energía eléctrica, y al emplear el programa se debe de obtener la disminución del costo de la energía eléctrica con el beneficio adicional de obtener mejoras, en la iluminación y en suministro de la energía eléctrica.

#### 4. 1. 2. La recopilación de información de problemas presentados o problemas futuros.

A continuación se exponen diferentes clasificaciones, dependiendo de los diferentes equipos eléctricos, equipos electrónicos y fallas en mantenimiento o diseño, en general.

- ✚ En la siguiente tabla se indican los problemas a los que se está enfrentando los **equipos eléctricos** o lo que puede enfrentar en un tiempo no muy largo; están divididos por el tipo de equipo eléctrico existente de los dos edificios diagnosticados, la antigüedad del equipo y los posibles problemas que se tienen o se tendrán, esta es la descripción que se encontró en los dos edificios o en parte de ellos.

Tabla 4. 1. 2a. Equipos eléctricos instalados.

<b>Equipo eléctrico</b>	<b>Antigüedad</b>	<b>Problema producido o por provocar</b>
Luminaria	25 años	Es mínimo el daño que puede producir ya que nada más sirve de soporte.
Lámpara	5 años	Baja el nivel de luminosidad, consume mas potencia de la especificada por el fabricante y produce efectos de parpadeo.
Balastos electrónicos	8 años	Disminuye su valor de eficacia, produce ruido, producción de armónicas en corriente.
Lámpara de alumbrado exterior	10 años	Baja el nivel de luminosidad, consume mas potencia de la especificada por el fabricante y produce efectos de parpadeo.
Tablero de alumbrado y distribución	10 años	Falsos contactos y calentamiento térmico.
Interruptor termomagnético	10 años	Falsos contactos, deficiencia al cierre y/o apertura de la continuidad de un circuito eléctrico y calentamiento térmico.
Tablero general de distribución	25 años	Falsos contactos y calentamiento térmico.
Interruptor termomagnético en caja moldeada	25 años	Falsos contactos, deficiencia al cierre y/o apertura de la continuidad de un circuito eléctrico y calentamiento térmico.
Transformador	25 años	Calentamiento térmico, deficiencias en el material aislante, variación en su relación de transformación, falsos contactos, aumento de su resistencia a tierra.
Cableado	25 años	Calentamiento térmico y falsos contactos.

- ✚ A continuación se describen algunos problemas en cuanto a las **fallas de mantenimiento o de diseño**; ya que no cumplen con las normas estipulas recientes o con las recomendaciones para el buen uso de la energía eléctrica, estas fallas son las más notables dentro de la instalación eléctrica de estos dos edificios.

Tabla 4. 1. 2b. Fallas de mantenimiento o diseño.

<b>Fallas de mantenimiento o de diseño</b>	<b>Daños provocados por dicha situación</b>
Impedimento al paso de la luz natural, por medio de cartelones, persianas y cortinas	El no eliminar o no recorrer, los obstáculos de las ventanas al paso de la luz natural, produce encender la luz artificial cuando no se necesita.
Acumulación del polvo en lámparas y difusores.	Baja la luminosidad.
Falta de un drenaje optimo	La acumulación de agua en los ductos eléctricos, puede provocar disminución del aislamiento de los conductores, hasta un corto circuito entre ellos.
Falta de un sistema de tierras	Un sistema de tierras tiene como objetivo desviar cualquier descarga eléctrica a tierra, y que esta no ponga en riesgo al personal o al equipo instalado.
Falta de ventilación en las subestaciones	La buena ventilación evita que los equipos o componentes eléctricos tengan calentamientos y por lo cual perdidas de energía eléctrica.
Desenergizar la mayoría de equipos durante la noche	Elimina los consumos de energía que se presenten por fugas de energía eléctrica o por falsos contactos.

- ✚ En la siguiente tabla mencionan algunos **equipos electrónicos** los cuales necesitan un reemplazo o reubicación de equipos, para una mayor eficiencia en el uso de la energía eléctrica y algunos otros equipos necesitan una reubicación en la conexión de las tres fases de alimentación existentes para que exista un balanceo correcto en las tres fases, en primera instancia lo que se recomienda es reorganizar en lo mejor posible, los horarios de las labores que requieran la utilización de estos equipos electrónicos y el reemplazo de los monitores u otros equipos más eficientes es opcional ya que estos equipos resultan ser costosos, aunque su utilización resulta ser la adecuada para ahorrar energía eléctrica.

Tabla 4. 1. 2c. Equipos electrónicos instalados.

<b>Equipo electrónico</b>	<b>Reemplazo ideal de los equipos</b>	<b>Ventajas que se pueden obtener</b>
Monitores	Monitores LCD.	Un ahorro de energía de hasta un 40 % de consumo total.
Diferentes equipos electrónicos	Los diferentes equipos electrónicos existentes, tienen una gran variedad de equipos certificados por empresas que se dedican al ahorro de la energía eléctrica, estos realizan o mejoran la misma operación, con un consumo menor de energía eléctrica.	Un consumo de energía eléctrica menor al que actualmente se consume.

#### **4. 1. 3. La ubicación de los aparatos eléctricos y electrónicos instalados.**

La ubicación de la conexión de los aparatos o equipos eléctricos, como también de los aparatos o equipos electrónicos son una parte importante en el ahorro de energía eléctrica; esto se ve expresado en los cuadros de cargas mostrados en la parte de los anexos, describen el porcentaje de energía eléctrica consumida y se nota que las fases no presentan simetría, en este problema se presentan las pérdidas de energía eléctrica por calentamiento y fricción.

La elaboración de los planos eléctricos actuales sirve como medida de protección y para ubicar los equipos eléctricos y electrónicos, para así balancear las 3 fases. Tomando en cuenta que cualquier modificación en el sistema eléctrico se deberá actualizar el o los planos antes elaborados, y eliminar las alimentaciones clausuradas para que no haya fugas de energía.

## 4. 2. PROPUESTAS DE MEJORES EQUIPOS ELÉCTRICOS Y/U OTROS.

Hoy en día la energía eléctrica es utilizada por diferentes equipos, estos equipos serán divididos por grupos de acuerdo a la gran cantidad de energía eléctrica que utilizan estos equipos:

- ✚ La luz artificial es el grupo que utiliza más energía eléctrica.
- ✚ En seguida se encuentra el grupo de motores eléctricos y/o maquinaria industrial. Estos equipos consumen gran cantidad de energía eléctrica, pero usualmente la mayor cantidad de estos equipos se encuentran en la industria.
- ✚ Los aparatos electrónicos, estos existen en varias formas y en distintas cantidades, con frecuencia se encuentran estos equipos en todos los lugares.
- ✚ El grupo de los equipos de cómputo pertenecen a uno de los grupos que consumen mucha energía eléctrica y estos equipos se encuentran desde distintas cantidades en todos los lugares.

La luz artificial ha estado modernizándose día a día, y por lo cual existen una gran variedad de equipos de diferentes capacidades en tanto de flujo luminoso, cantidad de energía eléctrica consumida, tipo de utilización y diferentes formas en cuanto a la lámpara; dentro de lo más importante.

Enseguida se describen los diferentes tipos de lámparas de acuerdo a su utilización, estos dispositivos son los más aptos para el ahorro de energía eléctrica.

### 4. 2. 1. El balastro electrónico.

Los balastos también han evolucionado y hoy en día se recomienda el uso de balastos electrónicos, que utilizan componentes de estado sólido y están diseñados para operar en alta frecuencia.



Figura 4. 2. 1a. Balastro electrónico.

Su peso es menor, sus componentes están cubiertos con una resina que los protege de la humedad y actúa como reductor de ruido, además de que prácticamente no presenta pérdidas de energía.

El balastro electrónico presenta muchas ventajas comparado con el balastro convencional

- ✚ Hasta 20 % menor consumo de energía, utilizando las mismas lámparas.
- ✚ Entre 10 y 15% mayor luminosidad en las lámparas fluorescentes.
- ✚ No se calientan ni se "chorrean" como los balastos convencionales.
- ✚ No producen el efecto estroboscópico que producen los balastos convencionales.
- ✚ Ayuda a que el personal se sienta más cómodo y trabaje de manera más eficiente.

#### 4. 2. 2. Lámparas fluorescentes lineales T-8.

Las lámparas fluorescentes lineales se componen de un tubo de cristal en cuyo interior se encuentra una carga de gases y otros elementos, a través de los cuales pasa una corriente eléctrica, produciendo luz no visible (ultravioleta), misma que es transformada en luz visible por medio de un recubrimiento especial en la pared interna del tubo.

El elemento fundamental de este tipo de lámparas es el Mercurio, que se encuentra libre del tubo, lo cual representa una desventaja y un riesgo potencial para el entorno y la integridad física de los usuarios, pues es común que al final de su vida útil sean destruidas y tiradas a la basura sin tomar en cuenta que el mercurio se trasmina al manto freático con sus respectivas consecuencias.

Lámparas fluorescentes lineales tipo T-8. El desarrollo tecnológico permitió disponer en el mercado nacional de las lámparas T-8 que por ser mas eficientes permiten reducir costos por consumo de energía eléctrica y mantenimiento, ya que su flujo luminoso es superior al de las lámparas tipo T-12, su vida útil es mayor y su diámetro es menor (8/8 de pulgada).



Figura 4. 2. 2a. Lámpara fluorescente lineal.

Las lámparas tipo T-8 contienen un polvo fluorescente a base de fósforos activados con tierras raras, que les permite tener un mayor flujo luminoso y un mejor rendimiento de color. Además existen lámparas ecológicas que contienen el mercurio encapsulado y solamente liberan la cantidad necesaria para su operación por lo que al romperse no liberan

el componente tóxico al medio ambiente. Contienen una cantidad total de mercurio de aproximadamente 6 mg.

#### 4. 2. 3. Lámparas fluorescentes compactas.

Debido a la ineficiencia de los focos incandescentes y como resultado de los avances tecnológicos en materia de iluminación, durante la década de los ochenta apareció la lámpara fluorescente compacta. Su principio de funcionamiento es muy semejante al de las lámparas lineales, con la diferencia que el tubo es más pequeño y en forma de arco; necesita también de un balastro que además sirve como base para apoyar el tubo y hace posible su conexión eléctrica mediante la utilización de un “socket” común. Al igual que la lámpara incandescente, estas lámparas tienen la posibilidad de producir una luz cálida como la de un foco, pero adicionalmente, pueden reproducir tonos de luz que van desde un color neutral hasta un color frío.

La lámpara fluorescente compacta es capaz de reproducir los colores fielmente en un 85 %; asimismo, existen en el mercado una gran variedad de modelos, iluminación, tamaños y potencias, cuya tendencia es semejar a las dimensiones de un foco normal. A diferencia de las lámparas incandescentes éstas tienen un costo superior, pero las bondades que pueden ofrecer son variadas. La principal es que producen la misma cantidad de luz consumiendo menos energía eléctrica y tienen una vida útil de 10,000 horas, es decir, 10 veces más que un foco. Sus aplicaciones igualan a las de las lámparas incandescentes.



Figura 4. 2. 3a. Lámpara fluorescente compacta.

#### 4. 2. 4. Lámparas de aditivos metálicos.

Las lámparas de aditivos metálicos, su construcción está basada en un bulbo de vidrio duro en el que se encuentra alojado un volumen de gas noble con compuestos metálicos de mercurio y otros elementos. Ideales para la iluminación de naves industriales, edificios, estacionamientos, luminarios muy altos, estadios y áreas deportivas.



Figura 4. 2. 4a. Lámpara de aditivos metálicos.

Existen tres tipos de estas lámparas.

- ✚ Diseñadas para operar en aplicaciones de luminarios abiertos, ya que tienen una cubierta que protege al tubo de arco lo suficientemente resistente para reducir el impulso de los fragmentos de cuarzo que pudieran resultar de una falla, evita las posibles explosiones.
- ✚ Lámparas de aditivos metálicos ahorradoras de energía. Diseñadas con un nuevo quemador que posibilita su uso con el mismo balastro de 400 W, pero que sólo consume 360W.
- ✚ De encendido por pulso de 320 W y 400 W, ofrecen menor variación de color, menor depreciación lumínica y una larga vida. Su desempeño de calidad premium permite niveles más altos de iluminación mantenidos y substanciales ahorros de energía.

Ofrecen 20 mil horas promedio de vida con bajos costos de mantenimiento. Operan en luminarios abiertos, con un tiempo de 5 a 7 minutos de reencendido en caliente en comparación de 10 a 12 minutos con las lámparas estándar.

### 4. 2. 5. Lámparas de vapor de sodio.

Las lámparas de vapor de sodio son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que generan mayor cantidad de lúmenes por Watt. El color de la luz que producen es amarilla brillante.

El foco de vapor de sodio está compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan; a los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda.

Para operar estas lámparas se requiere de un balastro y uno o dos condensadores para el arranque. Para su encendido requiere alrededor de 9-10 minutos y para el reencendido de 4-5 minutos. El tiempo de vida de estas lámparas es muy largo ya que ronda las 24 000 horas.

Su uso se destina principalmente al alumbrado de grandes avenidas, autopistas, calles, parques y donde la reproducción de los colores no sea un factor importante. También son usadas caseramente en el cultivo de plantas en el interior.

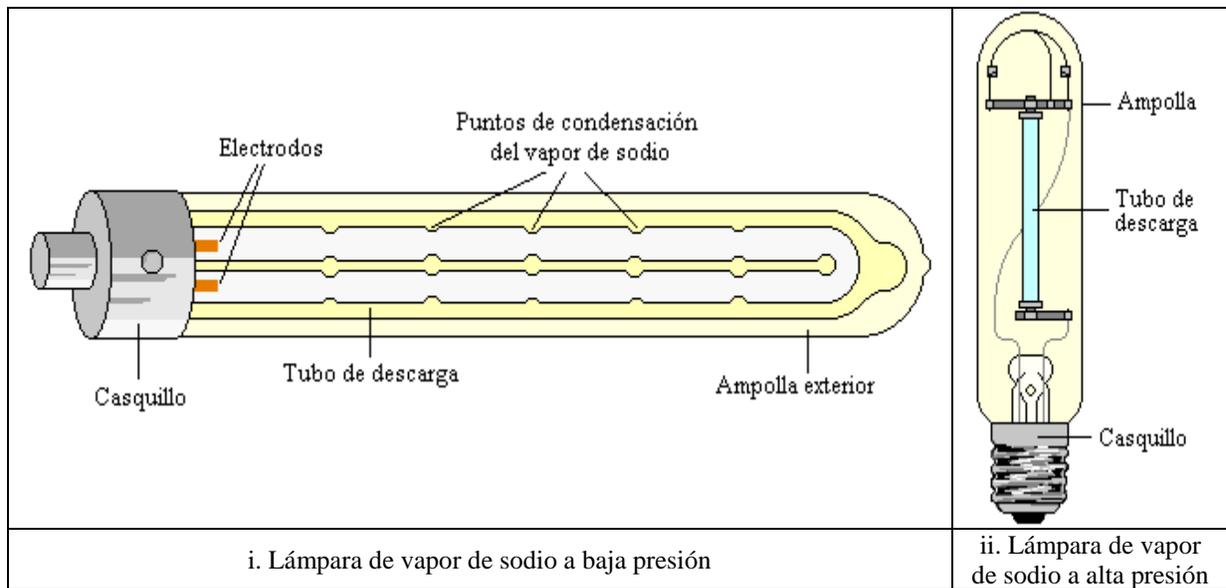


Figura 4. 2. 5a. Lámpara de vapor de sodio.

Se divide en dos tipos:

- ✚ Vapor de sodio a baja presión (SBP): la lámpara de vapor de sodio a baja presión es la que genera más lúmenes por Watt del mercado, y por esto es la más utilizada en las lámparas solares. La desventaja de ésta es que la reproducción de los colores es muy pobre.

- ✚ Vapor de sodio a alta presión (SAP): la lámpara de vapor de sodio a alta presión es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que tiene un alto rendimiento y la reproducción de los colores se mejora considerablemente aunque no al nivel que pueda iluminar anuncios espectaculares o algo que requiera excelente reproducción cromática.

#### 4. 2. 6. Bombilla de luz mixta.

Esta lámpara proporciona una luz mixta, mercurio-incandescente ya que el tubo de descarga normal se le ha añadido un filamento metálico conectado en serie que efectúa la doble función de suministrar una radiación luminosa de color rojo típica de las lámparas de incandescencia y de servir como resistencia de estabilización de la carga.



Figura 4. 2. 6a. Bombilla mixta.

Se utilizan mucho para la iluminación general de edificios industriales, talleres, depósitos, iluminación exterior calles, avenidas y otros.

#### 4. 2. 7. Adquisición de equipos de cómputo más eficientes.

Existen hoy en día también equipos de cómputo más eficientes, esto es, ahorran más energía eléctrica que los equipos de cómputo convencionales, para ello de deben de analizar los siguientes equipos:

Las distribuciones pueden disminuir la velocidad de sus servidores, reduciendo su consumo de energía eléctrica. Siempre debe de elegir un servidor con la mayor eficiencia energética disponible.

La elección de monitores LCD; este tipo de pantallas tienen un menor tamaño, el bajo consumo de energía eléctrica, ya no existen problemas de parpadeo y la geometría perfecta viene dada porque cada celda que contiene un cristal líquido se enciende o apaga individualmente y por lo tanto no hay problemas de convergencia.



Figura 4. 2. 7a. Monitores LCD.

En resumen, las lámparas y balastos que se deben de considerar en la utilización de la iluminación con ahorros de energía eléctrica son las siguientes.

Tabla 4. 2a. Lámparas catalogadas entre las más eficientes y las recomendables.

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Utilización en el programa</b>	<b>Utilización comúnmente</b>
Lámpara compacta fluorescente (ahorradoras de energía)	Esta lámpara debe ser utilizada en el cuarto del transformador, donde se utilizan los focos incandescentes.	Alumbrado de todo tipo de locales. Ideal para cuartos pequeños, hoteles, restaurantes, hospitales, casas-habitación, etc.
Fluorescente lineal T-8	Esta es la lámpara más utilizada dentro de este programa. Ya que se debe utilizar dentro de las aulas de estudio, en las aulas de dibujo, en los centros de computo, en los audiovisuales, en la guardería, sanitarios y en la bodega.	Iluminación de interiores en general.
Sodio de alta presión	Esta lámpara debe de ser usada especialmente en el alumbrado de los pasillos y para las escaleras que conectan a las aulas; también debe ser utilizada como alumbrado del patio y/o jardineras.	Alumbrado interior, donde el índice de color no es crítico. Alumbrado Industrial de media y gran altura. Alumbrado público. Estacionamientos. Alumbrado de seguridad. Alumbrado de pasos peatonales.
Sodio de baja presión	Esta lámpara puede ser utilizada también, en el alumbrado de patios y/o jardineras.	Alumbrado de carreteras con neblina. Alumbrado exterior, donde la identificación de colores no es necesaria.
Aditivos metálicos	Esta lámpara es de gran ayuda en el alumbrado de los patios y jardines.	Alumbrados deportivos. Alumbrado interior de gran altura, donde los procesos a realizar impliquen una buena discriminación de colores. Alumbrado industrial. Centros comerciales. Etc.
Bombilla de luz mixta	Esta bombilla también puede sustituir a los focos incandescentes.	Se pueden usar en ambientes internos o externos. Pueden ser alojados en luminarios de bombillas incandescentes. Se pueden utilizar en fábricas, tiendas, estacionamientos, plazas, etc.
Balastos electrónicos T-8 (2x32) de encendido rápido.	Este balastro debe sustituirse por los balastos electromagnéticos que se encuentran en todos los luminarios a excepción de los luminarios T-U (2x32) que son electrónicos.	Este balastro se encuentra entre los eficientes avalado por el FIDE y puede ser utilizada por la lámpara fluorescente Philips master TL-D eco que es mas eficiente que la lampar T-8, aunque esta todavía no esta en venta en México.

### 4. 3. ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se describirá primero un programa de ahorro de energía eléctrica sin necesidad de reemplazar los equipos convencionales, ya que este programa no provoca una inversión en nuevo equipo eléctrico, solo es aprovechar al máximo todos los recursos: como la luz del día y los equipos eléctricos existentes de manera eficiente.

**Paso no. 1.** Así como se encuentran las instalaciones se necesita; primeramente una limpieza en los equipos, en este caso todas las luminarias preferentemente lámparas y difusores; ya que la acumulación del polvo en las lámparas y en los difusores obstruye la luz generada por la iluminación artificial.

Después se necesita hacer la limpieza en todos los cristales o vidrios, y es también el quitar los carteles, entre otras cosas, también se debe recorrer las cortinas y las persianas; estos objetos obstruyen la iluminación natural, es decir, la luz proporcionada por la luz del día. Esto ayuda para que la luz del día sea aprovechada al máximo y así no utilizar la iluminación artificial.

En la figura siguiente se aprecia la buena utilización que se debe de emplear para ocupar la energía eléctrica lo menos posible.



Figura 4. 3a. Referencias del paso no. 1.

**Paso no. 2.** En un horario estipulado, se deberá comisionar al personal de mantenimiento de los edificios, el cual es quitar la energía eléctrica en un horario específico a casi todas las instalaciones, dejando únicamente alimentados los circuitos que se encargan de iluminar pasillos y/o patios estratégicos para el paso del personal encargado como medidas de seguridad y así eliminar las fugas que se presentan en la noche; este horario se deberá tomar en cuenta después de que se hayan acabado las labores en estos recintos. El horario propuesto deberá ser alrededor de las 22:30 horas, desactivar los interruptores y reactivar todos los interruptores alrededor de las 6:30 horas.

**Paso no. 3.** Se deberá reparar las instalaciones eléctricas esto incluye:

a) Un reapriete en los tableros generales y de distribución, ya que al estar en falso contacto existe perdidas de energía eléctrica, ya que se representa una mayor resistencia en el paso de la corriente eléctrica, aparte de las perdidas que se presentan por la resistencia al paso de la corriente, hace que los equipos o aparatos conectados a esa alimentación haga que su vida útil del aparato disminuya o no funcione correctamente ya que fueron diseñados para trabajar con cierta cantidad de voltaje y corriente.



Figura 4. 3b. Referencias del paso no. 3.

b) En el cableado en mal estado por el tiempo de utilización o el trato al que ha estado expuesto, a esto, se requiere la reparación inmediata o la eliminación de los conductores que no tienen alguna función.

c) Los contactos y apagadores que se encuentran en mal estado pueden desaprovechar una cantidad de energía eléctrica.

d) Las luminarias y reflectores que se encuentran en mal estado o descompuestas hacen que su luz artificial generada no sea la cantidad a la que fue diseñada. Se necesitara un mantenimiento o un cambio parcial o total del equipo.

e) Debe de existir un sistema de tierras en óptimas condiciones el cual sirve de protección para el personal y para el equipo instalado.

f) Realizar un balanceo en las fases del transformador, con respecto a las cargas instaladas para que exista aproximadamente el mismo consumo en cada una de las tres fases del transformador.

g) Las instalaciones eléctricas deben tener un mantenimiento general en un periodo anual, esto puede ser limpieza en todos los equipos eléctricos y los ductos subterráneos de los conductores.

h) Se deben hacer unas pruebas periódicas al transformador (cada año) para su óptima utilización; el manejo de este equipo es más delicado por lo que se necesita personal calificado para poder hacer este servicio. Se deberá hacer un reapriete en las terminales del transformador, hacer pruebas de relación de transformación, prueba de resistencia de aislamiento, prueba de resistencia ohmica a los devanados y la prueba de medición de resistencia a tierra.

✚ **Prueba de resistencia de aislamiento.** Verificar que los aislamientos del transformador bajo prueba cumplan con la resistencia mínima soportable, bajo la operación a la que serán sometidos, así de comprobar la adecuada conexión entre sus devanados y tierra, para avalar un buen diseño del producto y que no exista defectos en el mismo. Los instrumentos de medición que se emplean en esta prueba dependen del grado de exactitud de la lectura de la resistencia de aislamiento que se quiera conocer.

Método de prueba. El método de prueba de la resistencia de aislamiento de un transformador, es la de medición directa con el instrumento a medir (Megger o megometro). Normas de referencia; Las presentes especificaciones están referidas a lo estipulado en las normas:

IEEE C57.12.90-1993 "IEEE Standard test code for liquid - immersed distribution, power, and regulating transformers and IEEE guide for short - circuit testing of distribution and power transformers". IEEE 43-1974.

✚ **Prueba de relación de transformación.** Verificar que las relaciones de transformación para las diferentes posiciones del tap de un transformador están dentro de la tolerancia de medición.

Método de prueba. Existen 3 métodos de prueba para la determinación de la relación de transformación: El método de los dos voltímetros. El método del transformador patrón y El método del puente de relación. La presente especificación está referida al método del puente para conocer la relación ya que es el método más

preciso de los 3 y no se requiere de un segundo transformador de condiciones idénticas al de prueba, por lo que esta prueba se aplica fácilmente en el campo. Normas de referencia; las presentes especificaciones están referidas a lo estipulado en las normas:

IEEE C57.12.90-1993 "IEEE Standard test code for liquid - immersed distribución, power, and regulating transformers and IEEE guide for short - circuit testing of distribution and power transformers".

NMX-J-116-1996-ANCE "Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación".

- ✚ **Prueba de resistencia de ohmica.** Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuente de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc.; ésta prueba nos detecta esos puntos. En general, ésta se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, restauradores, dedos de contacto de reguladores, o de cambiadores de derivaciones y cuchillas seccionadoras.

Esta prueba tiene la finalidad de verificar la Resistencia Ohmica de los Devanados. Con su aplicación se detectan los falsos contactos y espiras en corto circuito al compararse con los datos anteriores en caso de no tenerlos considerarlos como iniciales.

- ✚ **Prueba de medición de resistencia a Tierra.** Verificar la conexión de los equipos eléctricos (partes muertas) al sistema de tierras, a fin de incrementar el nivel de seguridad en su operación y evitar daños al personal.

El método de las tres terminales es utilizado para medir resistencia a tierra de varillas y mallas de tierra. La diferencia de potencial entre los electrodos auxiliares X y Y es medida por un voltímetro y el flujo de corriente entre los electrodos X y Z es medida por un amperímetro.

Considerando la ley de Ohm ( $E=RI$ ), podemos obtener la resistencia a tierra del electrodo bajo prueba ( $R=E/I$ ). Los medidores de resistencia para este fin, generan su propia corriente, detectan la caída de potencial y despliegan el valor de resistencia a tierra del electrodo bajo prueba directamente. El equipo utilizado para esta prueba es el Telurómetro, medidor de resistencia a tierra.

**Paso no. 4.** Para centros de cómputo.

- ✚ La virtualización en los servidores permite que muchas aplicaciones operen de una forma segura dentro del mismo servidor físico. Al utilizar los servidores en un 80 – 90 por ciento, en lugar de 15 – 20 por ciento promedio, se ahorra energía. El software es usado para dividir el servidor físico en múltiples entornos virtuales, llamados servidores virtuales o servidores privados.
- ✚ Los servidores y las unidades de disco deben estar encendidas únicamente cuando se le necesita; se deben de implementar procesos de operación sofisticados para reconectar los servidores cuando así se requieran.
- ✚ El software, ineficiente o incluso aquel que genera poco valor de utilización deberán ser depurados, optimizados o incluso descontinuado, esto es, optimizar los software de aplicación.
- ✚ Los administradores de centros de cómputo pueden mejorar la eficiencia de sus instalaciones para asegurar que todos los equipos estén funcionando de manera óptima, además de disminuir los requerimientos de enfriamiento.

**Paso no. 5.** Hacer correcciones que produce una inversión mínima.

En las aulas de dibujo y de estudio son las áreas que necesitan tener una iluminación mayor, aunque sin menospreciar las demás áreas, se deberá hacer un mantenimiento en las paredes: como es el pintar las paredes de color blanco para que la luz expuesta se pueda reflejar con mayor facilidad ya que al estar sucias las paredes no poseen la propiedad de reflejar dicha luz.

**4. 4. RESULTADO DEL PROGRAMA QUE INCLUYE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS Y LOS EQUIPOS PROPUESTOS.**

Después de todo el procedimiento anterior se comprobaba mediante la relación de los beneficios adquiridos, a través de la evaluación del diagnóstico, el resultado de este programa contiene la disminución en el consumo de la energía eléctrica y por lo cual, se recuperaran en un corto o mediano plazo las inversiones hechas, para el logro de este objetivo.

El orden para obtener la relación beneficio-costos, se describe paso a paso y se dividirán por grupos, al final de este se expondrán los resultados totales obtenidos y el tiempo de recuperación de las inversiones hechas.

Los siguientes cálculos están elaborados con las propuestas que no requieren inversión en equipo nuevo, solamente los distintos tipos de mantenimientos (predictivo, preventivo y correctivo) estos tipos de mantenimiento cumplen con lo establecido en la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004, y en conjunto con el reemplazo de la lámpara T-12 y los balastos electromagnéticos, por unos más eficientes que es la lámpara fluorescente T-8 y balastos electrónicos; la adquisición de monitores eficientes y otros equipos de cómputo en general es de manera opcional ya que la desventaja de este reemplazo, es que posee un costo elevado, pero conviene la inversión de estos por su consumo, que es menor a la de los monitores convencionales o otros; estos únicos reemplazos (las lámparas T-8 y los balastos electrónicos) fueron tomados en cuenta con el objetivo de utilizar la misma instalación eléctrica y los mismos luminarios instalados pero con mas eficiencia.

Aunque los luminarios como por ejemplo los de los pasillos, no son los adecuados en primera instancia por la función que realizan, por que estos luminarios se diseñaron para interiores o simplemente la ubicación de estos es incorrecta por que no cumplen con los lúmenes establecidos en la tabla 2. 3. 4a. Niveles de iluminación recomendados establecidos por la CONAE que indica la cantidad de lúmenes es la apta para la iluminación de los pasillos; a la brevedad posible se deben cambiar estas lámparas por los correctos como es la lámpara de sodio de alta presión. Y colocar este mismo tipo de lámparas en las escaleras donde no existe iluminación alguna.

Un buen diseño de estas instalaciones deben cumplir las normas establecidas como la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004, esta dice que debe de existir un sistema de tierras para protección del personal y para el equipo eléctrico, un drenaje adecuado en los ductos subterráneos de la alimentación de la energía eléctrica, dependiendo de la cantidad de luminosidad, que requieren las diferentes áreas como son pasillos, aulas de estudios, centros de cómputo, aulas audiovisuales, etc. las demás especificaciones fueron realizadas durante el desarrollo de este programa por ejemplo: planos eléctricos, diagramas unifilares, directorios de los circuitos, etc.

#### **4. 4. 1. Resultados obtenidos con los diferentes mantenimientos y programas propuestos.**

En conjunto del paso no. 1, el paso no. 2 y el paso no. 3 del tema 4. 2. de este capítulo, los resultados proporcionan un ahorro de energía, esto se expresara de forma clara y precisa con ayuda de las siguientes gráficas (consumo de la energía eléctrica en forma teórica y el consumo de esta en forma real), la diferencia entre estos dos consumos será el ahorro que se obtendrá por el conjunto de los pasos de mantenimiento expuesto anteriormente.

Como se muestra en las siguientes gráficas el consumo en cuanto el valor teórico y el real de los dos transformadores demuestran que existen fugas de energía eléctrica o desperdicios de esta, por ejemplo, en altas horas de la noche hay un exceso de energía eléctrica desperdiciada, esto, a primera instancia se eliminaría si se desconectarán la energía por

medio de los interruptores y solamente se dejara por seguridad, energizados puntos estratégicos de iluminación como es el paso peatonal encargado y/u otras zonas.

Para una mejor apreciación en la grafica del transformador A-5 de la figura 4. 4. 1a. están incluidas las dos gráficas de consumo teórico contra la del consumo real, de antemano se sabe que ningún sistema eléctrico es ideal, pero la diferencia entre estos dos sistemas es muy diferente y existe la posibilidad de reducir con estos tipos de mantenimiento gran parte de esa diferencia. Se nota que existe una diferencia entre estos dos sistemas (potencia real-potencia teorica) hasta de 5 kW, y en las horas de la noche, en el tiempo donde no hay ninguna actividad, solamente la del uso de las lámparas exteriores, hay una diferencia de potencia real hasta de 10 kW. Esto se resume que estas diferencias son un ahorro de energía eléctrica sin necesidad de invertir en equipo más eficiente.



Figura 4. 4. 1a. Gráfica comparativa teórico- real del consumo en el transformador A-5.

De igual manera que la gráfica anterior existe una gráfica para el transformador A-6 que es la siguiente figura 4. 4. 1b. y en esta gráfica se nota que la diferencia entre el consumo teórico y real, tomando en cuenta nuevamente que no existe un sistema ideal; hay una diferencia de potencia real hasta de 3 kW. Y existe una gran cantidad de energía desperdiciada en el horario de la noche donde se sabe que no existe alguna actividad por realizar, que utilice la energía eléctrica, con una potencia real constante desperdiciada de hasta 11 kW; esta diferencia se ve expresada en la factura eléctrica, que en el transcurso del tiempo equivale a miles de pesos pagados por ninguna utilidad de dicha energía.

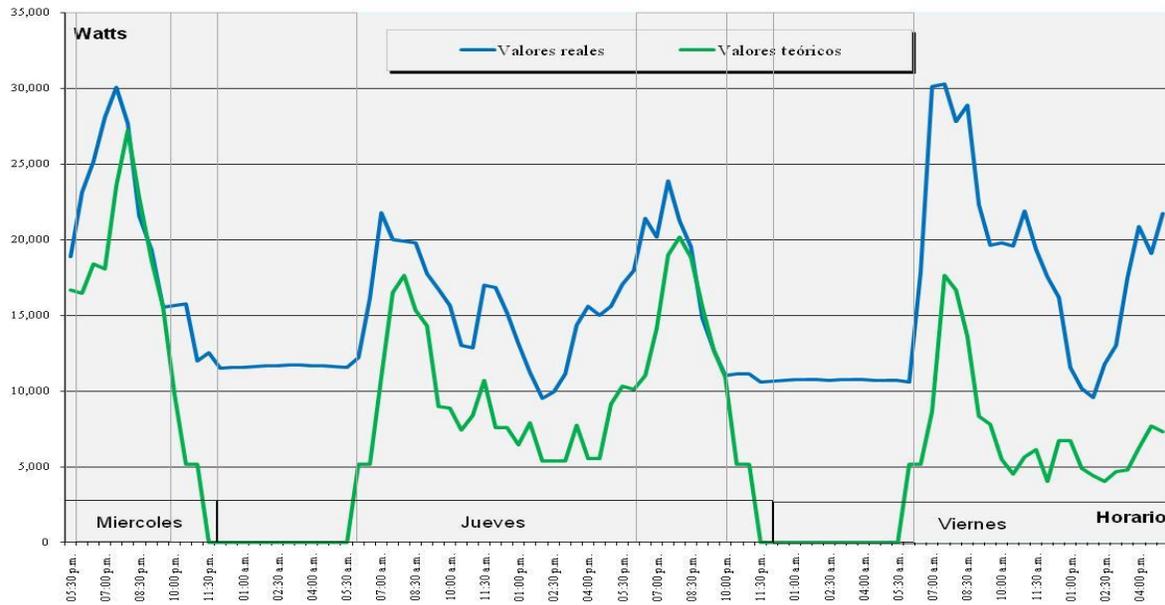


Figura 4. 4. 1b. Gráfica comparativa teórico- real del consumo en el transformador A-6.

#### 4. 4. 2. Resultados obtenidos reemplazando los equipos convencionales.

Como se menciono anteriormente de este tema los cálculos solo tendrán como equipos eficientes, las lámparas T-8 y balastos electrónicos; este proceso es solo para no renovar las instalaciones eléctricas existentes, ya que esto sería un costo adicional; aunque se debería hacerse este movimiento para instalar las lámparas apropiadas para su función específica.

A continuación se describe la gráfica de consumo del transformador A- 5 en la figura 4. 4. 2a., en esta gráfica muestra el ahorro de energía eléctrica que se produce, con los dos tipos de programas juntos: donde no se realiza alguna inversión de nuevos equipos eléctricos y en conjunto con la implementación de los estos nuevos equipos. Con esto existe una mayor cantidad de ahorro de energía eléctrica en comparación de la que se había mostrado anteriormente sin la necesidad de realizar alguna inversión.

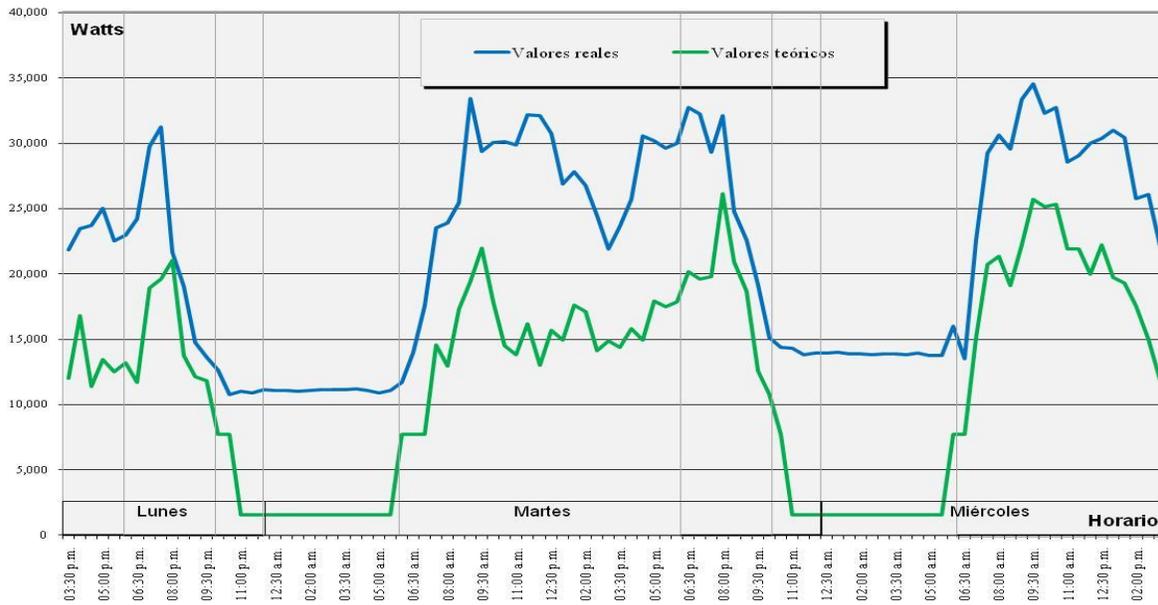


Figura 4. 4. 2a. Gráfica comparativa teórico- real del consumo en el transformador A-5 incluyendo los dos tipos del programa.

De la misma manera en la que se represento la gráfica anterior, se muestra la gráfica de consumo del transformador A- 6 en la figura 4. 4. 2b.

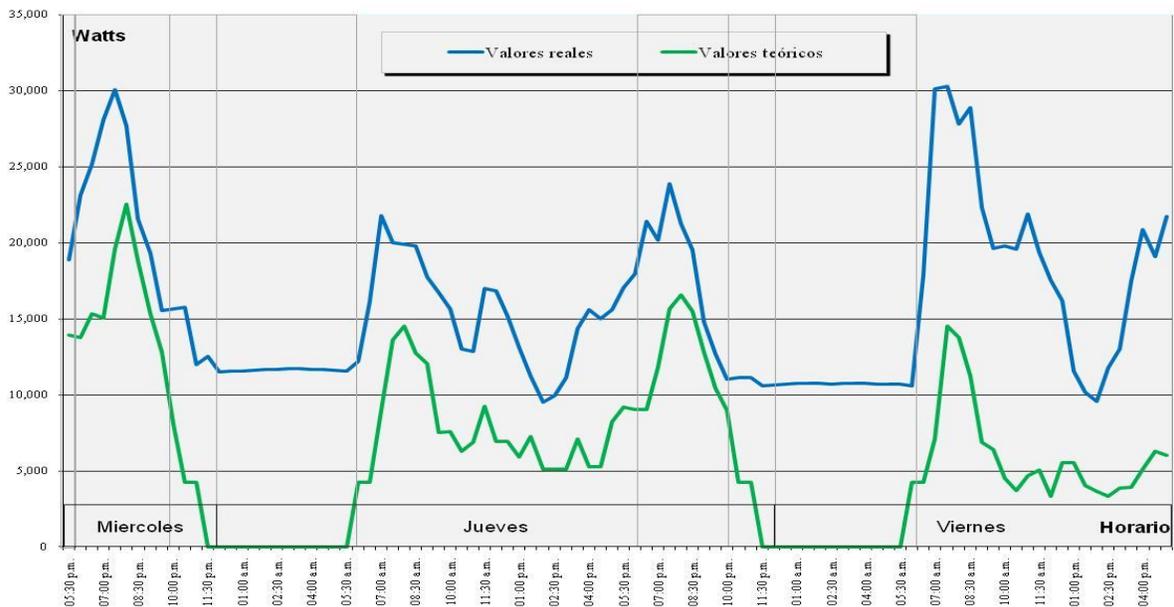


Figura 4. 4. 2b. Gráfica comparativa teórico- real del consumo en el transformador A-6 incluyendo los dos tipos del programa.

#### 4. 4. 3. Cálculo del costo de la energía eléctrica consumida.

La compañía suministradora únicamente cobra la cantidad de potencia activa que se consume, por lo que, los cálculos que a continuación se describen son los kiloWatts-hora que se consumen a lo largo del tiempo. Citando el dato antes mencionado que indica que el costo promedio del kiloWatt-hora es de **0.67 pesos**. Este promedio fue tomando en cuenta todos los aspectos: los tres diferentes horarios del día (punta, intermedio y base), la región central y los dos diferentes horarios que existen en el año (verano e invierno). Se deben también tomar en cuenta las diferentes infracciones por parte de la compañía suministradora a las que cualquier institución se pueden hacer acreedor cuando no cumple con la calidad en el consumo que puede ser: un bajo factor de potencia, rebasar el consumo máximo del rango del cual fue contratado, etc.

Utilizando los valores de la tabla adquirida por el analizador de redes (que muestra el valor de la potencia activa real por hora, consumida), la tabla realizada de manera teórica con los consumos ideales de los equipos eléctricos actuales y la tabla del consumo ideal anterior en conjunto con la instalación de los nuevos equipos eficientes; a continuación se describen los costos que deberán existir al implementar los tres diferentes tipos de mantenimiento y/o las propuestas de los nuevos equipos eficientes, se dividen en tres costos: el costo real, el costo teórico sin inversión y el costo con la inversión de los nuevos equipos. El total de las mediciones proporcionadas por el analizador de redes fue en el lapso de 48 horas consecutivas en cada transformador, por lo que se debe tomar en cuenta esto, para el valor real anual.

##### i) Cálculo del costo de la energía eléctrica consumida del transformador A-5.

La potencia activa real consumida es de 1 032. 38 kW/hr, la potencia activa teórica únicamente con la utilización de un buen mantenimiento tanto predictivo, preventivo como correctivo es de 701. 4 kW/hr, la potencia activa teórica en conjunto de los equipos eléctricos propuestos es de 619 kW/hr y el precio del kW-hr es de 0.67 pesos, se obtiene que para el transformador A-5 se consumen:

$$\frac{(1\ 032.38\ kW/hr)(0.67\ pesos)}{2} = 346\ pesos\ actuales\ diarios$$

$$\frac{(701.4\ kW/hr)(0.67\ pesos)}{2} = 235\ pesos\ teóricos\ diarios$$

$$\frac{(619\ kW/hr)(0.67\ pesos)}{2} = 208\ pesos\ propuestos\ diarios$$

De acuerdo con el precio de consumo diario es de aproximadamente 346 pesos de energía eléctrica reales, 235 pesos de energía eléctrica diarios se deben de consumir respetando todos los parámetros de acuerdo a las normas vigentes y 208 pesos de energía eléctrica diarios utilizando los nuevos equipos eficientes. A continuación se muestra las cifras gastadas semanalmente, mensualmente y anualmente de la potencia consumida al transformador A-5.

Se describen los gastos que deben de existir en un periodo de una semana, la semana cuanta con 5 días, se elimina el medio día del sábado para no contar los días que no hay labores en todo el año como son los días festivos, etc.

$$\left[ \frac{(1032.38 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 = 1730 \text{ pesos semanales}$$

$$\left[ \frac{(701.4 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 = 1175 \text{ pesos teóricos semanales}$$

$$\left[ \frac{(619 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 = 1040 \text{ pesos propuestos semanales}$$

Después se describen los gastos que deben de existir en un periodo de un mes, el mes cuanta con 4 semanas que son las que existen en el mes completo.

$$\left[ \frac{(1032.38 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 = 6920 \text{ pesos actuales mensuales}$$

$$\left[ \frac{(701.4 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 = 4700 \text{ pesos teóricos mensuales}$$

$$\left[ \frac{(619 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 = 4160 \text{ pesos propuestos mensuales}$$

Finalmente se obtiene los gastos que deben de existir en un periodo de un año, el año cuanta con 10 meses aproximados laborables.

$$\left[ \frac{(1032.38 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 \times 10 = 69200 \text{ pesos actuales anuales}$$

$$\left[ \frac{(701.4 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 \times 10 = 47000 \text{ pesos teóricos anuales}$$

$$\left[ \frac{(619 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \right] \times 5 \times 4 \times 10 = 41\,600 \text{ pesos propuestos anuales}$$

ii) Cálculo del costo de la energía eléctrica consumida del transformador A-6.

La potencia activa real consumida es de 760.8 kW/hr, la potencia activa teórica únicamente con la utilización de un buen mantenimiento tanto predictivo, preventivo como correctivo es de 354.6 kW/hr, la potencia activa teórica en conjunto de los equipos eléctricos propuestos es de 300.2 kW/hr y el precio del kW-hr es de 0.67 pesos, se obtiene que:

$$\frac{(760.8 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} = 255 \text{ pesos actuales diarios}$$

$$\frac{(354.6 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} = 119 \text{ pesos teóricos diarios}$$

$$\frac{(300.2 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} = 101 \text{ pesos propuestos diarios}$$

De acuerdo con el precio de consumo diario es de aproximadamente 255 pesos de energía eléctrica reales, 119 pesos de energía eléctrica diarios se deben de consumir respetando todos los parámetros de acuerdo a las normas vigentes y 101 pesos de energía eléctrica diarios utilizando los nuevos equipos eficientes. A continuación se muestra las cifras gastadas semanalmente, mensualmente y anualmente de la potencia consumida al transformador A-6.

A continuación se describen los gastos que deben de existir en un periodo de una semana, la semana cuanta con 5 días por que son los días laborales por lo antes mencionado en el edificio A-5.

$$\frac{(760.8 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 = 1\,275 \text{ pesos actuales semanales}$$

$$\frac{(354.6 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 = 595 \text{ pesos teóricos semanales}$$

$$\frac{(300.2 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 = 505 \text{ pesos propuestos semanales}$$

Después se describen los gastos que deben de existir en un periodo de un mes, el mes cuanta con 4 semanas que son las que existen en el mes completo.

$$\frac{(760.8 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 = 5\,100 \text{ pesos actuales mensuales}$$

$$\frac{(354.6 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 = 2\,380 \text{ pesos teóricos mensuales}$$

$$\frac{(300.2 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 = 2\,020 \text{ pesos propuestos mensuales}$$

Finalmente se obtiene los gastos que deben de existir en un periodo de un año, el año cuanta con 10 meses aproximados laborables.

$$\frac{(760.8 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 \times 10 = 51\,000 \text{ pesos actuales anuales}$$

$$\frac{(354.6 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 \times 10 = 23\,800 \text{ pesos teóricos anuales}$$

$$\frac{(300.2 \text{ kW/hr})(0.67 \text{ pesos})}{2} \times 5 \times 4 \times 10 = 20\,200 \text{ pesos propuestos anuales}$$

#### 4. 4. 4. Periodo de recuperación de la inversión.

Como inicio de este tema se describe los ahorros económicos totales que deberían de existir si se lleva a cabo este programa de ahorro de energía eléctrica en estos dos edificios, a continuación se mencionan los ahorros por cada uno de los dos edificios sin la necesidad de instalar los nuevos equipos, se tiene que para el edificio A-5 de la FES Aragón debe de haber un ahorro económico de hasta **22 000 pesos anuales** y con la implementación de los nuevos equipos eléctricos debe existir un ahorro económico de hasta **27 600 pesos anuales**.

Y en el edificio A-6 de la FES Aragón debe de haber un ahorro sin la implementación de los nuevos equipos de hasta **27 200 pesos anuales** y con la implementación de los nuevos equipos debe de existir un ahorro económico de hasta **30 800 pesos mensuales**.

Para obtener un total de ahorro económico sin la necesidad de implementar los nuevos equipos eficientes de hasta **49 200 pesos anuales** y con la ayuda adicional de los nuevos equipos eficientes estaría alcanzando hasta **58 400 pesos anuales**.

Obteniendo las cotizaciones de los equipos eléctricos eficientes según las especificaciones requeridas, para el buen uso de la energía eléctrica, en los diferentes mercados se encontró los precios actuales, estos se encuentran descritos en la siguiente tabla.

Tabla 4. 4. 4a. Precios encontrados actualmente en el mercado.

Nombre del equipo	Modelo	Precio por unidad (pesos)	Piezas totales de los 2 edificios	Precio total (miles de pesos)
Lámparas fluorescentes	Philips T-8 32 W	19.8	1906	37.7388
Balastos electrónicos	Lumicon T-8 (2 x 32 W)	162	953	154.386
<b>Precio total de los 2 equipos</b>				<b>192.1248</b>

Conociendo los valores anteriores se puede calcular el tiempo de recuperación por la inversión hecha, se debe tomar en cuenta que algunas lámparas o luminarios no se encuentran apropiados para realizar su función específica lo que indica que además de obtener un ahorro de energía eléctrica, se están cumpliendo con los requerimientos de iluminación en las diferentes áreas.

Si se obtiene un ahorro anual de 58 400 pesos, y la inversión alcanzo un costo económico de 192 125 pesos; por lo que la inversión realizada es recuperable en el transcurso de **3.3 años**.



# CONCLUSIONES.

Existen muchos tipos de lámparas con diferentes funciones y dependiendo de la eficiencia a la cual estén diseñados, está deberá emplearse a las diferentes áreas a iluminar. La investigación sobre los diferentes tipos de lámparas eficientes antes del diseño de las instalaciones eléctricas, que al emplearlos se adquiere un beneficio mayor por que estarán a la vanguardia y utilizaran la energía eléctrica al máximo sin desperdiciar esta. Al igual que las lámparas los tipos de balastros poseen diferentes características energéticas y la elección de estos, deberá ser la correcta, dependiendo de la lámpara que se desea utilizar.

Toda la tecnología es de gran ayuda, pero, las personas que utilizan la energía eléctrica deben de estar al tanto de las desventajas que puede causar, el no utilizar correctamente esta energía, por lo tanto la elaboración de carteles o murales debe de concientizar a estas personas que el desperdiciar este tipo de energía, es malgastar los recursos naturales que existen y que son recursos no renovables.

El empleo del programa de ahorro de energía eléctrica a cualquier lugar que utilice este tipo de energía, es benéfico para todos desde el dueño del lugar que paga hasta la empresa suministradora de este servicio y las demás personas en general, porque es un bien común para todos ya que se utilizan menos recursos naturales para la creación de la energía eléctrica.

La evaluación del diagnóstico energético a estos edificios, mostró el estado inadecuado de las instalaciones eléctricas y en conjunto la inconciencia de las personas que utilizan este tipo de energía, ya sea por desconocimiento o por distracción.

Este programa fue dividido en dos partes de ahorros en la energía eléctrica el primero trata únicamente de solo cumplir con las normas establecidas (Norma Oficial Mexicana), es decir las recomendaciones de organizaciones dedicadas al ahorro de energía eléctrica y aplicar a los diferentes equipos eléctricos o instalaciones un tipo de mantenimiento según sea el caso. A continuación se muestra algunos puntos de la NOM en instalaciones eléctricas, donde se está infringiendo:

## **Artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas.**

110-13. Montaje y enfriamiento del equipo.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).

110-32. Espacio de trabajo alrededor de los equipos.

### **Artículo 300 Métodos de alambrado.**

300-17. Números y tamaño de conductores en canalizaciones.

### **Artículo 310 Conductores para alambrado en general.**

310-8. En lugares mojados.

310-9. Condiciones corrosivas.

### **Artículo 450 Transformadores y bóvedas para transformadores.**

450-11. Marcado.

450-45. Abertura de ventilación.

450-46. Drenaje.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas.

### **Artículo 923 Líneas subterráneas.**

923-15. Registros, pozos de visita y bóvedas.

El segundo ahorro en la energía eléctrica es la implementación de nuevos equipos eléctricos y electrónicos eficientes, como son: las lámparas fluorescentes tipo T-8, balastos electrónicos, etc. Para que en conjunto de los dos tipos de ahorros lleve a recuperar las inversiones hechas en un corto o mediano plazo y para que al final de la recuperación de las inversiones, solo existan ganancias, con el fin de no afectar las labores realizadas en estos edificios.

Las modificaciones como fueron: el balanceo de cargas, los mantenimientos según sea el caso, los cambios de equipos más eficientes, entre otras propuestas en esta tesis, se obtuvo un ahorro de energía eléctrica sin necesidad de invertir en nuevos equipos eficientes, esto muestra la gran cantidad de energía desperdiciada. Solo es el cumplir con las normatividades establecidas y empleando un mantenimiento predictivo, un mantenimiento preventivo y un mantenimiento correctivo, entre otras tácticas de ahorro. Únicamente con estos pasos se obtienen ahorros que se presentan directamente en la factura eléctrica.

Las instalaciones eléctricas deben tener una revisión periódica por lo menos una vez cada año, como por ejemplo: falsos contactos, eliminación de conductores que no tienen ninguna función, revisión de equipos eléctricos, etc., esto con el objetivo de que los equipos eléctricos utilicen la energía eléctrica eficientemente y las modificaciones futuras que se lleguen a realizar se deben plasmar en los planos eléctricos, para que se encuentren actualizados, y lo anterior sirva como medida de seguridad para todo el personal encargado de mantenimiento. Tomando en cuenta que no se tiene que afectar con estos cambios, el balanceo de cargas en las tres fases del transformador y la actualización de los demás documentos como es: el diagrama unifilar, directorios, cuadros de cargas, entre otros.

La reubicación de los horarios de trabajo resultan ser favorables, como por ejemplo: en los centros de cómputo, sus clases impartidas deben estar situadas preferentemente en el horario base o intermedio, ya que son de los horarios que no resultan ser tan costosos, como el horario pico. Existen también una gran variedad de equipos de cómputo eficientes en el uso

de la energía eléctrica; las distribuciones pueden disminuir la velocidad de sus servidores, reduciendo su consumo de energía eléctrica.

En cuanto al conjunto de las medidas utilizadas sin inversión de equipos y la implementación de nuevos equipos eléctricos eficientes, agrega un ahorro en la energía eléctrica para obtener un total de ahorro de esta el cual estará plasmado también en la factura eléctrica, en este caso existió un ahorro de hasta un 48 % anual en su consumo total.

Este programa fue todo un éxito, y la prueba se está demostrada con los resultados que se dieron en la tabla de beneficios contra costos. Aunque este programa también puede ser benéfico en muchos otros casos más, porque las ganancias que se pueden obtener son muchas y todas benéficas, en primer punto se observa que la utilización de la luz artificial, se encuentra en todos los ámbitos y el diseño de la instalación de la iluminación se debe llevar con suma cautela, esto no significa que los otros grupos de consumidores de energía eléctrica no deban de llevar su respectivo cuidado; solo que el grupo de iluminación artificial es uno de los grupos que más utiliza este tipo de energía junto con el grupo de motores eléctricos.



# **BIBLIOGRAFÍA.**

Paul G. Hewitt  
FÍSICA CONCEPTUAL  
Addison Wesley Longman

Pere Esquerra Pizà  
Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía  
Marcombo S. A.

Enriquez Harper Gilberto  
ABC de la calidad de la energía eléctrica  
Limusa

Elementos básicos de un diagnóstico energético orientado a la aplicación de un programa de ahorro de energía  
FIDE

Ing. Prado José Julián, Ing. Rolando Roda, Ing. Oscar López  
Curso de seguridad, pruebas, diagnósticos y mantenimiento a subestaciones eléctricas  
SERVELEC

Ing. Padilla Arteaga Sergio  
Notas de Calidad de la energía eléctrica  
CFE.

Revista sobre el ahorro de energía eléctrica  
FIDE

Manual de recomendaciones para ahorro de energía en instalaciones eléctricas  
FIDE

Bibliografía.

---

[www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx)  
Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica

[www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)  
Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).  
SECRETARÍA DE ENERGÍA

# GLOSARIO.

**Alimentador eléctrico.** Circuito eléctrico por donde se recibe o transmite energía.

**Alternador.** Generador de corriente alterna.

**Área de Control.** Unidad técnico - administrativa que controla la operación de un sistema eléctrico.

**Autotransformador.** Transformador con el cual pueden obtenerse dos tensiones diferentes con un solo devanado.

**Cable de potencia.** Consiste en un conductor aislado mediante materiales enrollados que transporta.

**Caída de tensión.** Es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.

**Capacidad.** Medida de la aptitud para generar potencia eléctrica generalmente expresada en megawatts o kilowatts. El término capacidad puede referirse a la potencia suministrada por un solo generador, una central, un sistema local o un sistema interconectado.

**Capacidad de generación.** Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un periodo de tiempo dado.

**Capacidad disponible (en un sistema).** Suma de las capacidades efectivas de las unidades del sistema que se encuentran en servicio o en posibilidad de dar servicio durante el periodo de tiempo considerado.

**Capacidad efectiva o potencia real instalada.** Carga máxima que puede tomar la unidad en las condiciones que prevalecen y corresponde a la capacidad de placa corregida por efecto de degradaciones permanentes en equipos que componen a la unidad y que inhabilitan al generador para producir la potencia nominal.

**Capacidad instalada.** Potencia nominal o de placa de una unidad generadora.

**Carga.** Cantidad de potencia que debe ser entregada en un punto dado de un sistema eléctrico.

**Carga promedio.** Carga hipotética constante que en un periodo dado consumiría la misma cantidad de energía que la carga real en el mismo tiempo.

**Central generadora.** Lugar y conjunto de instalaciones, incluidas las obras de ingeniería civil y edificaciones necesarias, directa o indirectamente utilizadas para la producción de energía eléctrica.

**Consumo (gasto).** Cantidad de una sustancia en movimiento, medida en función del tiempo.

**Consumo de energía.** Energía eléctrica utilizada por toda o por una parte de una instalación de utilización durante un periodo determinado.

**Cuchilla.** Es el instrumento compuesto de un contacto móvil o navaja y de un contacto fijo o receptor. La función de las cuchillas consiste en seccionar, conectar o desconectar circuitos eléctricos sin carga por medio de una pértiga.

**Demanda eléctrica.** Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en megawatts (MW) o kilowatts (KW).

**Demanda máxima neta.** Demanda máxima bruta menos los usos propios.

**Demanda teórica.** Demanda de un sistema eléctrico o cualesquiera de sus partes calculada dividiendo el consumo de energía en KWH entre el número de unidades de tiempo del intervalo en que se midió dicho consumo.

**Difusor.** Cualquier dispositivo, objeto o superficie que se emplea para filtrar el resplandor de una fuente luminosa, difundiendo la luz sobre una superficie mayor.

**Disparo de carga.** Procedimiento para desconectar, en forma deliberada, carga del sistema como respuesta a una pérdida de generación y con el propósito de mantener su frecuencia en su valor nominal.

**Eficiencia.** Uso racional de los recursos con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado. A mayor eficiencia menor la cantidad de recursos que se emplearán, logrando mejor optimización y rendimiento.

**Encendido instantáneo.** En este tipo de encendido la descarga eléctrica se produce en la lámpara mediante la aplicación de una tensión lo suficientemente alta para provocar la emisión de electrones a través de la lámpara, lo que ioniza los gases o inicia una descarga a través de la misma.

**Encendido rápido.** Las lámparas se encienden previo calentamiento de los cátodos hasta una temperatura suficiente y adecuada para la emisión de electrones y sin que se establezca ionización en la región entre los cátodos.

**Equipos auxiliares.** Ayudan en el aprovechamiento máximo de la energía eléctrica como por ejemplo (detectores de presencia y de sonido).

**Factor de carga.** Relación entre la carga promedio durante un periodo de tiempo dado y la carga máxima registrada en dicho periodo.

**Factor de demanda.** Relación entre la demanda máxima registrada y la carga total conectada al sistema.

**Factor de operación.** Relación entre el número de horas de operación de una unidad o central entre el número total de horas en el periodo de referencia.

**Factor de potencia.** Coseno del ángulo formado por el defasamiento existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno.

**Falla eléctrica.** Anormalidad que interrumpe el servicio eléctrico.

**Flujo luminoso.** Es la medida de la potencia luminosa percibida. Difiere del flujo radiante, la medida de la potencia total emitida, en que está ajustada para reflejar la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda.

**Gabinete de Alta Tensión.** Permite alimentar en derivación simple o múltiple uno, dos o más transformadores o servicios de 23 KV, dependiendo del número y tipo de módulos que se acoplen.

**Gabinete de Baja Tensión.** Permite alojar en su interior fusibles limitadores de corriente necesarios en redes para alimentar las corrientes de falla.

**Generador.** Es el dispositivo electromagnético por medio del cual se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

**Iluminancia.** Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el lux.

**Instalación eléctrica.** Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Interruptor.** Es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, así como, y esta es su función principal, bajo condiciones de corto circuito.

**Línea de transmisión.** Es el conductor físico por medio del cual se transporta energía eléctrica de potencia, a niveles de tensión medios y elevados, principalmente desde los centros de distribución y consumo.

**Luminancia.** Se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.

**Luminario.** Luminaria constituida por un forjado reflector hueco para sustentar una o más lámparas fluorescentes.

**Mantenimiento programado.** Conjunto de actividades que se requiere anualmente para inspeccionar y restablecer los equipos que conforman a una unidad generadora y/o receptora. Se programa con suficiente anticipación, generalmente a principios del año y puede ser atrasado o modificado de acuerdo a las condiciones de operación.

**Metrología.** Campo de los conocimientos relativos a las condiciones. Incluye los aspectos tanto teóricos como prácticos que se relacionan con las mediciones, cualquiera que sea su nivel de exactitud y en cualquier campo de la ciencia y la tecnología.

**Potencia eléctrica.** Tasa de producción, transmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en Wats.

**Potencia instalada.** Suma de potencias nominales de máquinas de la misma clase (generadores, transformadores, convertidores, motores) en una instalación eléctrica.

**Potencia máxima.** Valor máximo de la carga que puede ser mantenida durante tiempo especificado.

**Potencia real.** Parte de la potencia aparente que produce trabajo. Comercialmente se mide en KW.

**Potencia real instalada.** Capacidad efectiva.

**Red de distribución.** Es un conjunto de alimentadores interconectados y radiales que suministran a través de los circuitos la energía a los diferentes usuarios.

**Reflectancia.** Capacidad de las superficies de reflejar la luz.

**Restaurador.** Es un dispositivo utilizado para interrumpir corrientes de falla, tiene la característica de discriminar las fallas permanentes de las instantáneas a través de apertura y recierres en forma automática, bajo una secuencia predeterminada sin necesidad del interruptor del alimentador.

**Seccionador.** Es un dispositivo de seccionamiento que en caso de falla en el ramal del alimentador donde se instala, abre sus contactos automáticamente, aislando así la falla, su

operación está comunicada a la del interruptor o restaurador según el caso, abre sus contactos al contar la falta de potencial tres veces.

**Sistema de distribución.** Es el conjunto de subestaciones y alimentadores de distribución, ligados eléctricamente, que se encuentran interconectados en forma radial para suministrar la energía eléctrica.

**Sistema eléctrico.** Instalaciones de generación, transmisión y distribución, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral, bajo control, administración y supervisión.

**Sobrecarga.** Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga o está sobrecargada, cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él conectados, es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación.

**Subestación.** Conjunto de aparatos eléctricos, localizados en un mismo lugar, y edificaciones necesarias para la conversión o transformación de energía eléctrica o para el enlace entre dos o más circuitos.

**Subestación de distribución.** Es el conjunto de dispositivos eléctricos que sirven para reducir, regular y distribuir la energía eléctrica a la red primaria de distribución.

**Subestación de transformación.** Subestación que incluye transformadores.

**Tablero de control.** Dentro de una Subestación, son una serie de dispositivos que tienen por objeto sostener los aparatos de control, medición y protección, el bus mímico, los indicadores luminosos y las alarmas.

**Transformador.** Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.



# ANEXOS.

## NORMAS UTILIZADAS

### NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones eléctricas (utilización).

#### ARTÍCULO 110 - REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

##### 110-13. Montaje y enfriamiento de equipo.

b) Enfriamiento. El equipo eléctrico que dependa de la circulación natural del aire y de la convección para el enfriamiento de sus superficies expuestas, se debe instalar de modo que no se impida la circulación del aire ambiente sobre dichas superficies por medio de paredes o equipo instalado al lado.

Para equipo diseñado para su montaje en el suelo, se debe dejar la distancia entre las superficies superior y las adyacentes para que se disipe el aire caliente que circula hacia arriba.

El equipo eléctrico dotado de aberturas de ventilación se debe instalar de modo que las paredes u otros obstáculos no impidan la libre circulación del aire a través del equipo. **Este artículo se aplica al cuarto donde se encuentra el transformador por la temperatura que se acumula.**

##### 110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).

Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta NOM, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias se deben medir desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo se deben considerar conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser inferior a 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° □ las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de altura de esta Sección, se permite equipo de la misma profundidad.

Tabla 110-16(a). Distancias de trabajo.

Tensión eléctrica nominal a Tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0.90	0.90	0.90
151-600	0.90	1.1	1.20
<p>Las condiciones siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Partes vivas expuestas en un lado y no-vivas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.</li> <li>Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a Tierra al otro lado.</li> <li>Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como esta previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.</li> </ol>			

b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por esta Sección no se debe utilizar como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

c) Acceso y entrada al espacio de trabajo. Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico.

Para equipo de 1200 A nominales o más y de más de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores instalados interiormente. No serán necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo eléctrico, la iluminación no debe estar controlada exclusivamente por medios automáticos.

e) Altura hasta el techo. La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo. **Este artículo se aplica al cuarto de transformador por el espacio reducido de trabajo.**

### 110-32. Espacio de trabajo alrededor de los equipos.

Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo. Cuando haya expuestas partes energizadas, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 2 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) ni inferior a 0,9 m de ancho (medidos paralelamente al equipo). La profundidad debe ser la que requiera la Sección 110-34(a). En todos los casos, el espacio de trabajo debe ser suficiente para permitir como mínimo una abertura de 90° de las puertas o paneles abisagrados.

Tabla 310-5. Tamaño nominal mínimo de los conductores.

Tensión eléctrica nominal del conductor (V)	Tamaño nominal mínimo del conductor	
	mm <sup>2</sup> (AWG)	Material
De 0 a 2000	2.082 (14)	Cobre
	13.3 (6)	Aluminio
De 2001 a 5000	8.367 (8)	Cobre
	13.3 (6)	Aluminio
De 5001 a 8000	13.3 (6)	Cu o Al
De 8001 a 15 000	33.62 (2)	Cu o Al
De 15 001 a 25 000	42.41 (1)	Cu o Al
De 28 001 a 35 000	53.48 (1/0)	Cu o Al

**Este artículo se aplica al cuarto del transformador por el espacio entre los equipos.**

#### **ARTICULO 300-METODOS DE ALAMBRADO.**

**300-17. Número y tamaño de conductores en canalizaciones.** La cantidad y tamaño de conductores en cualquier canalización no debe ser mayor que lo que permita la disipación del calor y la fácil instalación y retiro de los conductores sin dañar a los mismos o a su aislamiento. **Este artículo se aplica a las canalizaciones por el número de conductores que hay en la canalización.**

#### **ARTICULO 310-CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL.**

##### **310-8. En lugares mojados.**

a) Conductores aislados. Los conductores aislados que se utilicen en lugares mojados deben ser: (1) recubiertos con plomo; (2) de los tipos RHW, TW, THW, THW-LS, THHW, THHW-LS, THWN o XHHW o (3) de un tipo aprobado y listado para uso en lugares mojados.

b) Cables. Los cables de uno o más conductores utilizados en lugares mojados deben ser de un tipo aprobado y listado para su uso en lugares mojados.

Los conductores que se utilicen enterrados directamente deben ser de un tipo aprobado y listado para dicho uso. **Este artículo se aplica al cuarto del transformador de la planta baja por la acumulación de agua.**

##### **310-9. Condiciones corrosivas.**

Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación.

Tabla 310-9. Condiciones corrosivas de los conductores.

Tamaño nominal del conductor en:		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 - 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 - 35 000 V	
		90° C	105° C	90° C	105° C
mm <sup>2</sup>	AWG-kcmil	Tipo MV-90	Tipo MV-105	Tipo MV-90	Tipo MV-105
8.367	8	65	74	----	----
13.3	6	90	99	100	110
21.15	4	120	130	130	140
33.62	2	160	175	170	195
42.41	1	185	205	195	225
53.48	1/0	215	240	225	255
67.43	2/0	250	275	260	295
85.01	3/0	290	320	300	340
107.2	4/0	335	375	345	390
126.67	250	375	415	380	430
177.34	350	465	515	470	525
253.35	500	580	645	580	650
380.03	750	750	835	730	820
506.71	1 000	880	980	850	950

**Este artículo se aplica al cuarto del transformador de la planta baja por la acumulación de agua.**

#### **ARTÍCULO 450-TRANSFORMADORES Y BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES.**

**450-11. Marcado.** Cada transformador debe estar provisto de una placa de datos en la que se indique el nombre del fabricante, la capacidad nominal en kVA; la frecuencia; la tensión eléctrica en el primario y en el secundario; la impedancia para transformadores de 25 kVA y mayores; el espacio requerido para transformadores con aberturas de ventilación, y la cantidad y clase de líquido aislante, cuando se use. La placa de cada transformador tipo seco debe indicar además la clase de temperatura para el sistema de aislamiento. **Este artículo se aplican a los y transformadores por que no tienen su placa de información.**

#### **450-45. Abertura de ventilación.**

Donde lo exija la Sección 450-9, deben proveerse aberturas de ventilación de acuerdo con lo siguiente:

- a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles.
- b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo.
- c) Tamaño. En el caso de bóvedas con ventilación natural hacia el exterior, el área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o

celosías, no debe ser menor de 20 cm<sup>2</sup> por cada kVA de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor de 50 kVA, donde el área neta no debe ser menor de 9,30cm<sup>2</sup>.

d) Cubiertas. Las aberturas de ventilación deben estar cubiertas con pantallas, rejas o celosías de tipo duradero, de acuerdo con las condiciones requeridas para evitar condiciones inseguras.

e) Compuertas. Todas las aberturas de ventilación que den hacia adentro deben estar provistas de compuertas de cierre automático, que sean accionadas al producirse un fuego dentro de la bóveda. Estas compuertas deben tener una resistencia al fuego no menor de 1,5 horas.

f) Conductos. Los conductos de ventilación deben ser de material resistente al fuego. **Este artículo se aplica al cuarto del transformador por no tener una puerta especial que de ventilación.**

#### **450-46. Drenaje.**

Cuando sea factible en las bóvedas que contengan más de 100 kVA de capacidad de transformadores, se debe construir un drenaje u otro medio que evacue hacia un depósito especial de confinamiento cualquier acumulación de líquido aislante o agua, a menos que las condiciones del local lo impidan; en este caso, el piso debe tener una inclinación hacia dicho drenaje. **Este artículo se aplica al cuarto del transformador de la planta baja por el agua acumulada y no tiene por donde salir.**

#### **450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas.**

No deben almacenarse materiales dentro de las bóvedas de los transformadores. **Este artículo se aplica a los cuartos de los transformadores por que son usados como bodegas.**

### **ARTÍCULO 923-LÍNEAS SUBTERRÁNEAS.**

#### **923-15. Registros, pozos de visita y bóvedas.**

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior, quede libre y sin interferir con otras instalaciones.

b) Protección. Cuando los registros, pozos y bóvedas estén con el acceso abierto, deben colocarse medios adecuados de protección y advertencia para evitar accidentes.

c) Desagüe. En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario debe instalarse un medio adecuado de desagüe. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje.

d) Ventilación. Cuando los pozos, bóvedas y túneles tengan comunicación con galerías o áreas cerradas transitadas por personas, deben tener un sistema adecuado de ventilación hacia el exterior.

e) Detección de gases. Cuando se requiera entrar en algún pozo o bóveda, debe ventilarse previamente, si se sospecha que existen en el ambiente gases explosivos o tóxicos, debe determinarse y comprobarse mediante equipo adecuado si el ambiente es tolerable por el ser humano.

f) Obstrucción de accesos. Los accesos a registros pozos de visita o bóvedas no deben ser obstruidos por construcciones, estructuras, instalaciones provisionales, equipos semifijos o cualquier otra instalación. **Este artículo se aplica por el agua acumulada en el cuarto del transformador de la planta baja.**

CARGA DE DEMANDA EN EL TRANSFORMADOR A-5												
PLANTA	ZONA	RECINTO	TIPO DE USO	AREA (m²)	CPU				Monitor			
					Cantidad	Marca	W	h/d	Cantidad	Marca	W	h/d
PB	Cubiculo estudiantil	A-501	Cultural	80.91								
PB	Aula de estudio	A-502	Aula	80.91								
PB	Cubiculo estudiantil	A-503	Cultural	80.91								
PB	Centro de computo	A-504	Sala 1	26.29	12	AMD	75	10	12	Samsung	75	10
		A-504	Sala 2	26.92	12	Cisi	75	10	12	Samsung	75	10
		A-504	Sala 3	20.62	17	S/M	75	10	17	Samsung	75	10
		A-504	Lab de telecomunicaciones	15.74	10	S/M	75	5	10	ADC	75	5
		A-504	Lab de hardware	15.74	3	S/M	75	2	3	S/M	75	2
		A-504	Coordinación	10.38	4	S/M	75	8	4	Samsung	75	8
		A-504	Servidores	9.90	7	S/M	75	10	7	Varios	75	10
		A-504	Pasillo	40.42								
PB	Centro de computo	A-505	Sala 4	27.20	17	AMD	75	10	17	LG	70	10
		A-505	Sala 5	20.51	14	Intel	75	10	14	Acer.	70	10
		A-505	Oficina	8.30	2	S/M	75	2	2	Alaska	75	2
		A-505	Pasillo	9.70								
PB	Baños	Baños de damas	Servicios	65.57								
PB	Cubos de Transf.	Cubos	Restringido	4.62								
PB	Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98								
PB	Pasillo de baños	Pasillo de baños	Pasillo	54.33								
PN	Aulas de estudio	A-511	Aula	80.91								
PN	Aulas de estudio	A-512	Aula	80.91								
PN	Computo D. I.	Computo D.I.	Aula	53.94								
PN	Cerrado	A-513	Almacen	26.97								
PN	Cerrado	A-514	Almacen	33.06								
PN	Aulas de estudio	A-515	Aula	47.85								
PN	Aulas de estudio	A-516	Aula	53.94								
PN	Aulas de estudio	A-517	Aula	53.94								
PN	Aulas de estudio	A-518	Aula	53.94								
PN	Baños	Baños de damas	Servicios	65.57								
PN	Cubos de Transf.	Cubos	Restringido	4.62								
PN	Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98								
PN	Pasillo de baños	Pasillo de baños	Pasillo	54.33								
SN	Guarderia	A-521	Aula	161.82	2	HP	75	2	2	Samsung	75	2
		A-521	Aula		2	S/M	75	2	2	HP	75	2
SN	Aulas de estudio	A-522	Aula	80.91								
SN	Aulas de estudio	A-523	Aula	80.91								
SN	Aulas de estudio	A-524	Aula	80.91								
SN	Aulas de estudio	A-525	Aula	80.91								
SN	Baños	Baños de caballeros	Servicios	65.57								
SN	Cubos de Transf.	Cubos	Restringido	4.62								
SN	Pasillo	Pasillo	Pasillo	172.98								
SN	Pasillo de baños	Pasillo de baños	Pasillo	54.33								
Azotea	Edeificio A-5 y A-6		Alm ext									
<b>TOTAL</b>					<b>102</b>		<b>900</b>	<b>81</b>	<b>102</b>		<b>890</b>	<b>81</b>







CARGA DE DEMANDA EN EL TRANSFORMADOR A-5

h/d por iluminacion	192		96		192		76.8	250	100	Num. Lum.	ILUMINACION INTERIOR			
	4x40 W inst.	4x40 util.	2x40 W inst.	2x40 W util.	4x40 W	T-U 2x32 W	VSAP	Inc. 100 W	W inst.		FC	W deman.	kWh/mes	
6			8	7						8	768.00	0.25	192.00	24.94
10			12	12						12	1,152.00	0.42	480.00	103.92
6			12	12						12	1,152.00	0.25	288.00	37.41
6			8	8						8	768.00	0.25	192.00	24.94
6			8	8						8	768.00	0.25	192.00	24.94
7			8	8						8	768.00	0.29	224.00	33.95
4			6	6						6	576.00	0.17	96.00	8.31
6			6	6						6	576.00	0.25	144.00	18.71
6			4	4						4	384.00	0.25	96.00	12.47
6			4	4						4	384.00	0.25	96.00	12.47
4			9	9						9	864.00	0.17	144.00	12.47
5			10	10						10	960.00	0.21	200.00	21.65
4			6	6						6	576.00	0.17	96.00	8.31
4			4	4						4	384.00	0.17	64.00	5.54
4			2	2						2	192.00	0.17	32.00	2.77
7					1	9				10	883.20	0.29	257.60	39.04
0.5									1	1	100.00	0.02	2.08	0.02
12	10	10								10	1,920.00	0.50	960.00	249.41
12			9	9						9	864.00	0.50	432.00	112.23
10	12	12								12	2,304.00	0.42	960.00	207.84
10			24	20						24	2,304.00	0.42	960.00	207.84
5			16	14						16	1,536.00	0.21	320.00	34.64
1			8	8						8	768.00	0.04	32.00	0.69
2			8	8						8	768.00	0.08	64.00	2.77
10			16	13						16	1,536.00	0.42	640.00	138.56
10			16	15						16	1,536.00	0.42	640.00	138.56
10			16	12						16	1,536.00	0.42	640.00	138.56
10			16	14						16	1,536.00	0.42	640.00	138.56
7					1	10				11	960.00	0.29	280.00	42.43
0.5									1	1	100.00	0.02	2.08	0.02
12	9	9								9	1,728.00	0.50	864.00	224.47
12			10	10						10	960.00	0.50	480.00	124.70
6	24	24								24	4,608.00	0.25	1,152.00	149.64
											0.00	0.00	0.00	0.00
10			24	20						24	2,304.00	0.42	960.00	207.84
10	12	11								12	2,304.00	0.42	960.00	207.84
10	12	12								12	2,304.00	0.42	960.00	207.84
10	11	11								11	2,112.00	0.42	880.00	190.52
7					1	11				12	1,036.80	0.29	302.40	45.83
0.5									1	1	100.00	0.02	2.08	0.02
12	9	8								9	1,728.00	0.50	864.00	224.47
12			3	3						3	288.00	0.50	144.00	37.41
12								12		12	3,000.00	0.50	1,500.00	389.70
<b>304.5</b>	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>273</b>	<b>252</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>420</b>	<b>51,396.00</b>	<b>12.69</b>	<b>18,434.25</b>	<b>3,814.28</b>	



CARGA DEMANDADA EN EL TRANSFORMADOR A-6																
PLANTA	ZONA	TIPO DE USO	RECINTO	AREA (m²)	CPU				Monitor				Impresora Lasser			
					Cantidad	Marca	W	h/d	Cantidad	Marca	W	h/d	Cantidad	Marca	W	h/d
PB	Aula de estudio	Aula	A-601	80.91	1	IBM	75	0.2	1	IBM	75	0.2				
PB	Aula de estudio	Aula	A-602	80.91												
PB	Aula de estudio	Aula	A-603	80.91												
PB	Aula de estudio	Aula	A-604	80.91												
PB	Aula de estudio	Aula	A-605	80.91												
PB	Aula de estudio	Aula	A-606	80.91												
PB	Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82												
PN	Aula de estudio	Aula	A-611	40.45												
PN	Aula de estudio	Aula	A-612	40.45												
PN	Aula de estudio	Aula	A-613	80.91												
PN	Aula de estudio	Aula	A-614	80.91												
PN	Aula de estudio	Aula	A-615	80.91												
PN	Aula de estudio	Aula	A-616	80.91												
PN	Aula de estudio	Aula	A-617	40.45												
PN	Aula de estudio	Aula	A-618	40.45												
PN	Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82												
SN	Aula de estudio	Aula	A-621	80.91												
SN	Aula de estudio	Aula	A-622	80.91												
SN	Aula de estudio	Aula	A-623	40.45												
SN	Aula de estudio	Aula	A-624	40.45												
SN	Aula de estudio	Aula	A-625	40.45												
SN	Aula de estudio	Aula	A-626	40.45												
SN	Aula de estudio	Aula	A-627	80.91												
SN	Aula de estudio	Aula	A-628	80.91												
SN	Pasillo	Pasillo	Pasillo	161.82												
PN	Computo D. I.	Aula	A-5		7	Samsung	75	4.5	7	Samsung	75	4.5	2	HP	300	0.2
					2	Alaska	75	4.5	2	Alaska	75	4.5				
					4	S/M	75	4.5	4	S/M	75	4.5				
					1	VAIO	75	4.5	1	VAIO	70	4.5				
<b>TOTAL</b>				<b>1941.8</b>	<b>15</b>		<b>375</b>	<b>18.2</b>	<b>15</b>		<b>370</b>	<b>18.2</b>	<b>2</b>		<b>300</b>	<b>0.2</b>



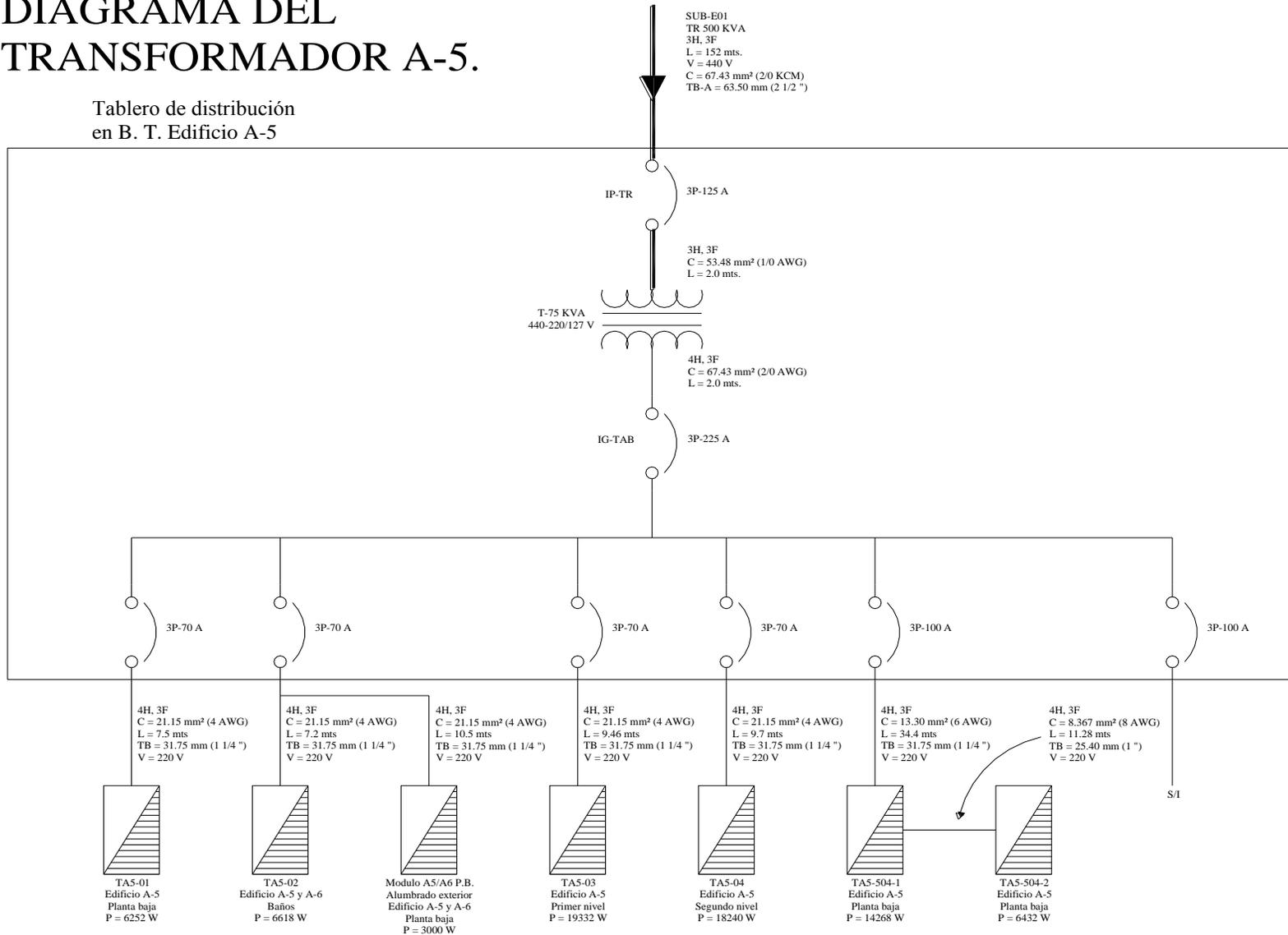


CARGA DEMANDADA EN EL TRANSFORMADOR A-6											
Amplificador				ILUMINACION INTERIOR							
Cantidad	Marca	W	h/d	h/d por iluminacion	192 4x40 W inst.	192 4x40 W util.	Num. Lum.	W inst.	FC	W deman.	kWh/mes
				8	12	12	12	2304.00	0.33	768.00	133.02
1	TASCAM	125	2	10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
1	TASCAM	125	2	10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
1	TASCAM	125	2	10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	12	9	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				8	9	9	9	1728.00	0.33	576.00	99.76
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	11	11	11	2112.00	0.42	880.00	190.52
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				8	9	8	9	1728.00	0.33	576.00	99.76
				10	11	11	11	2112.00	0.42	880.00	190.52
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	6	6	6	1152.00	0.42	480.00	103.92
				10	12	12	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				10	12	9	12	2304.00	0.42	960.00	207.84
				8	9	9	9	1728.00	0.33	576.00	99.76
<hr/>											
3		375	6	242	241	234	241	46272.00	10.08	18656.00	3930.95



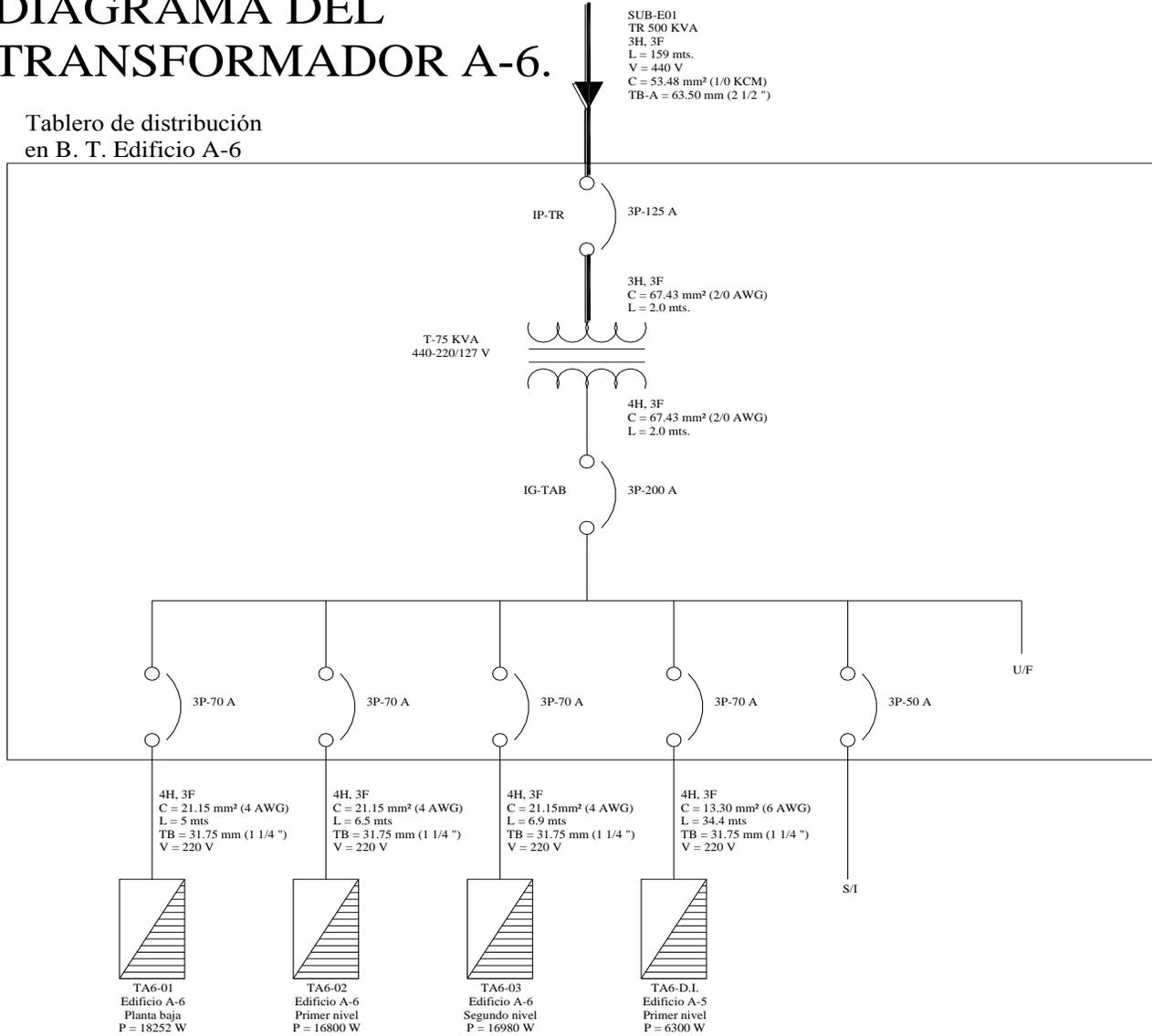
# DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR A-5.

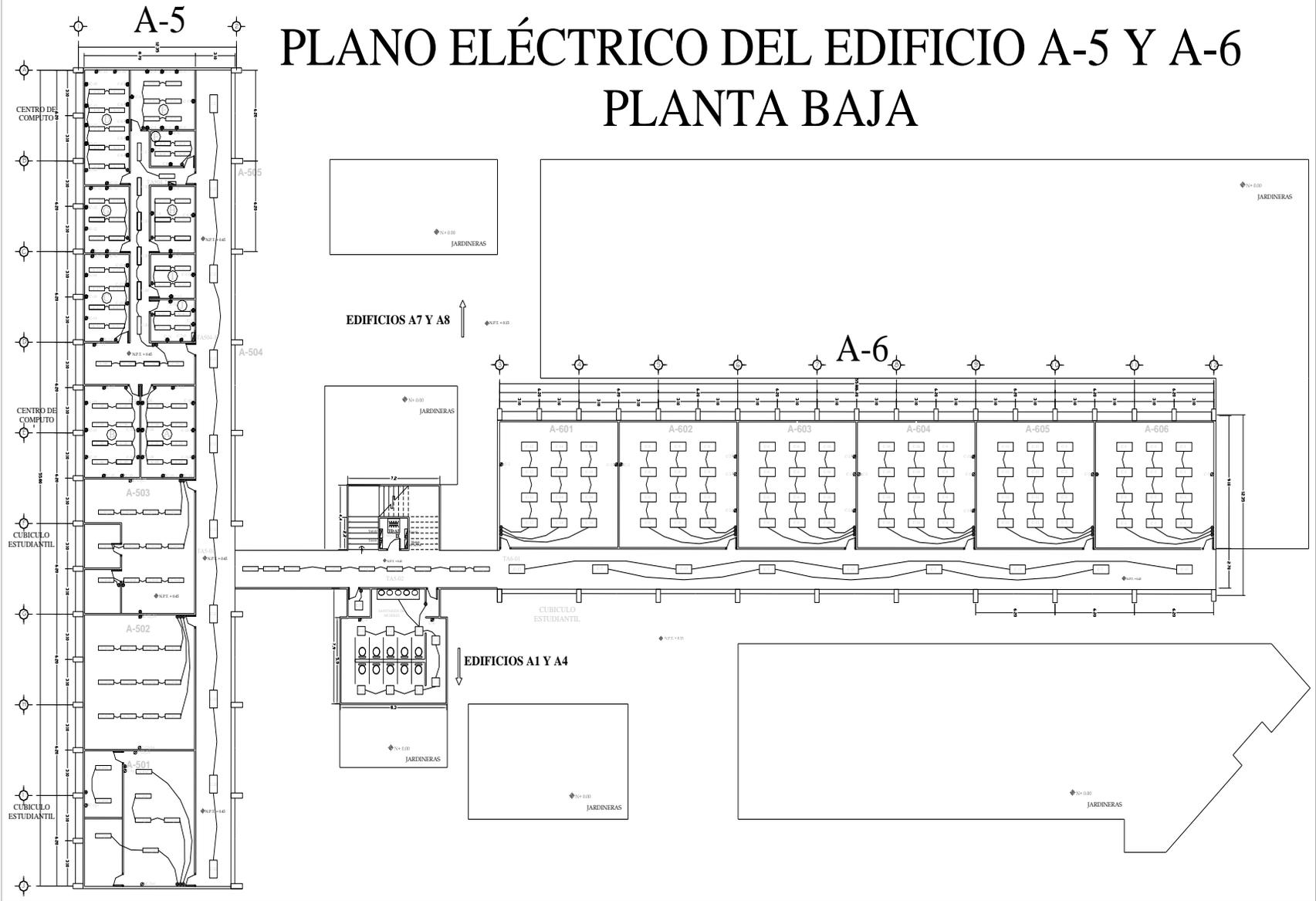
Tablero de distribución en B. T. Edificio A-5



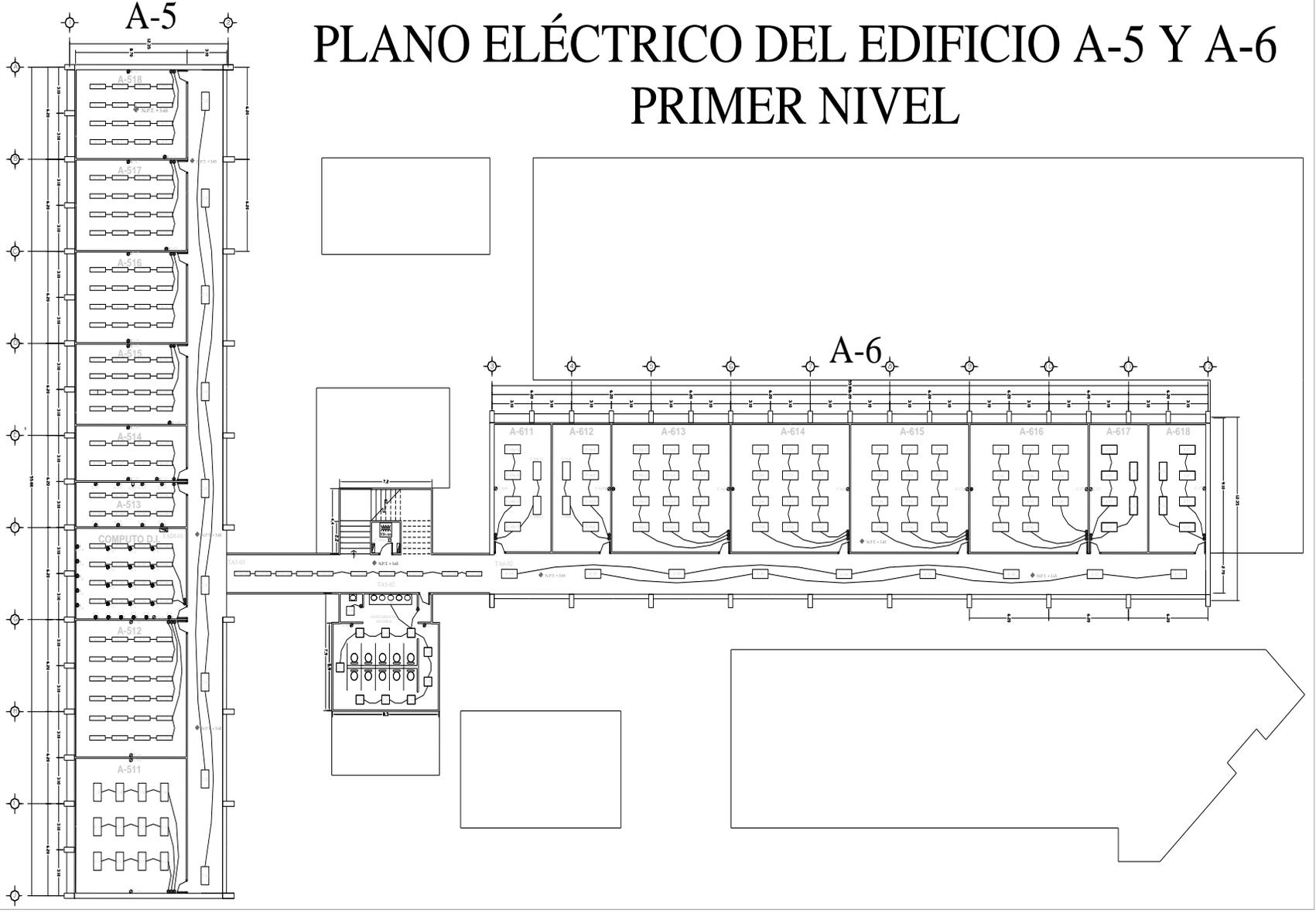
# DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR A-6.

Tablero de distribución en B. T. Edificio A-6

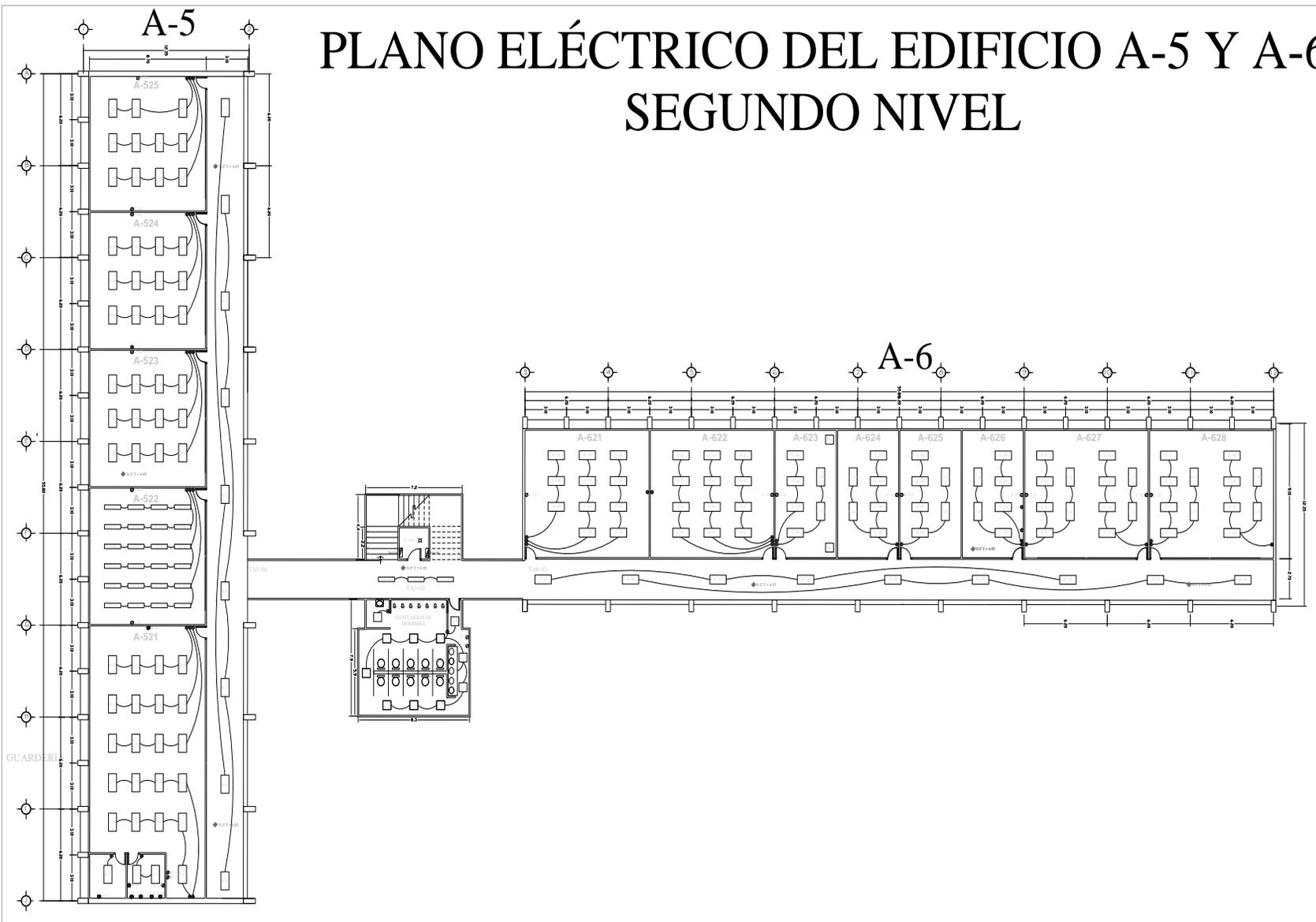




# PLANO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO A-5 Y A-6 PRIMER NIVEL



# PLANO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO A-5 Y A-6 SEGUNDO NIVEL



# PLANO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO A-5 Y A-6 AZOTEA

