



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

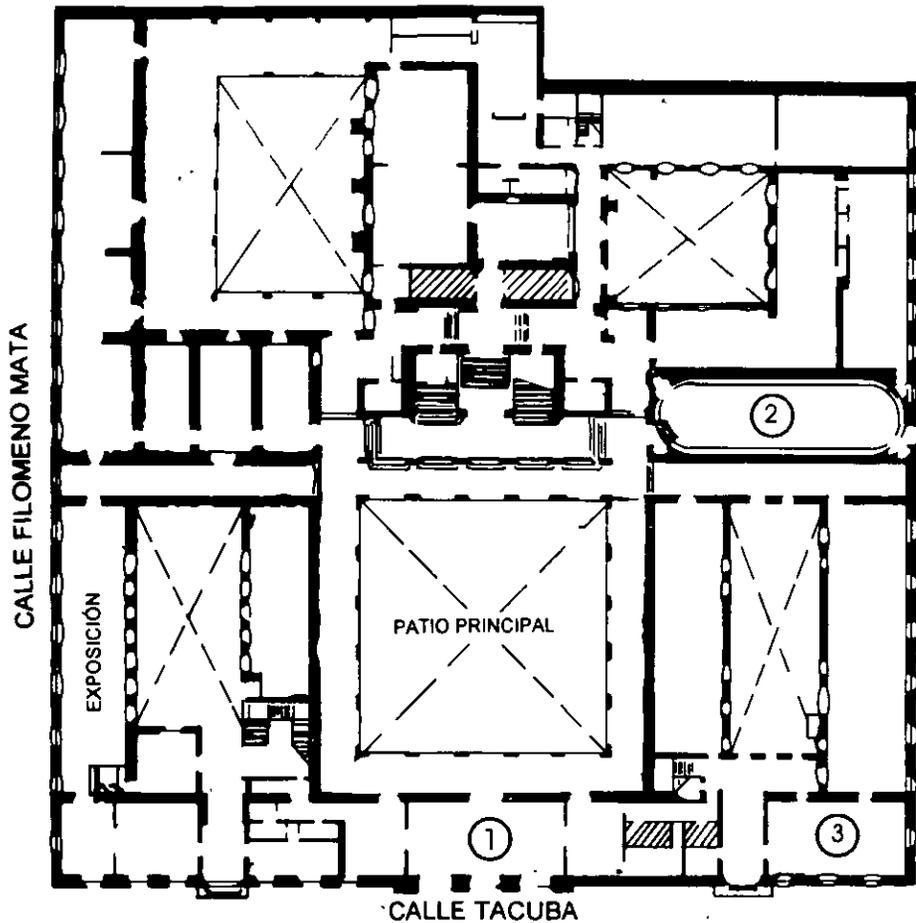
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

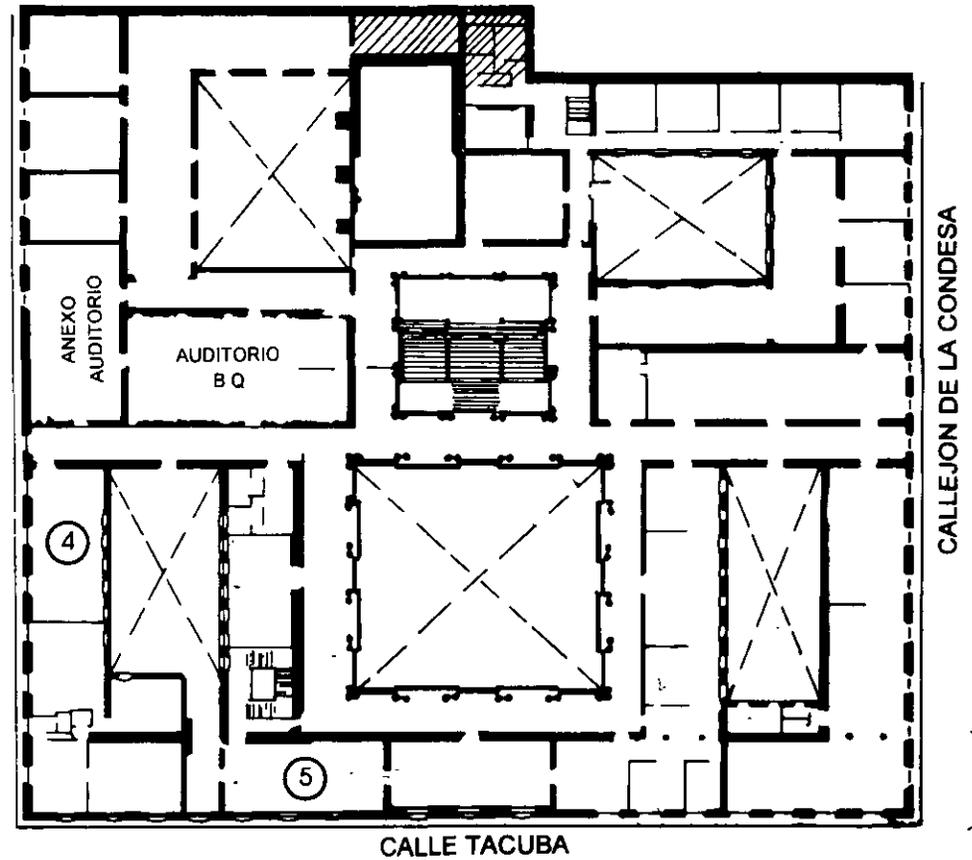
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

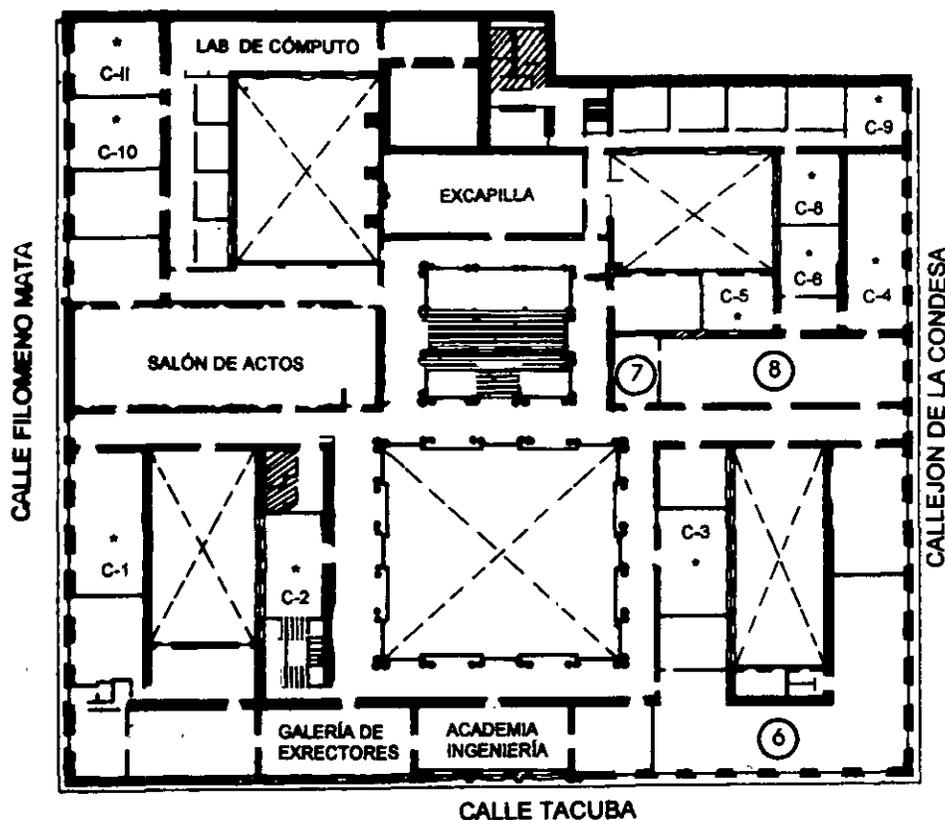


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

* AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO**

MÓDULO IV: DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS

TEMA

**APLICACIÓN DE CRITERIOS DE AHORRO DE ENERGÍA EN OPERCIÓN Y
MANTENIMIENTO**

**EXPOSITOR: ING. LEOPOLDO GARCÍA LUNA
PALACIO DE MINERIA
JULIO 2000**

1.-INTRODUCCIÓN.

Los principales problemas a los que se enfrenta la industria actualmente para elevar los niveles de productividad y competitividad en los mercados, los altos costos del mantenimiento y un adecuado uso racional y eficiente del consumo de sus energéticos, para poder disminuir los costos de producción de bienes y servicios.

En la mayoría de las empresas el consumo de energía ocupa el primer lugar, por lo que la atención se debe de centrar al ahorro y uso racional de la energía de todos sus insumos.

La solución para disminuir sus costos no siempre requieren de realizar grandes inversiones, en la mayoría de los casos las acciones encaminadas al mantenimiento y el uso de la energía para procesos productivos, viene dada por el aprovechamiento de todos los recursos disponibles de manera eficiente.

El establecimiento de un programa de ahorro de energía, depende del interés pleno y del esfuerzo de quienes ocupan los niveles directivos, así como los planes y programas formulado por las compañías, encaminadas tanto al ahorro de energía como a la reducción de costos ó ahorro económico.

El concepto **industria** implica necesariamente energía, ya que cualquiera consume cuando menos de forma directa e indirecta algún tipo de energía, siendo básicas la eléctrica y térmica

Las técnicas para la conservación de la energía, permite reducir el consumo de estos energéticos, sin embargo esto no implica necesariamente una disminución de la producción.

Los programas de conservación a implantarse deberán ser seleccionados y analizados de que sean realizables así como justificables técnica y económicamente, la disminución del consumo de energía es conveniente, pero existen beneficios adicionales no solo para la empresa sino para el país, estos **BENEFICIOS** son los beneficios ambientales ya que cada KW que no se consuma, representa una disminución NOx, SOx Y CO2 que se evita se agreguen al medio ambiente, y prolongar la duración de las fuentes no renovables dentro del ámbito nacional.

Con el fin de lograr mantener el proceso de crecimiento económico de la empresa con un menor consumo de energía, se requiere implantar programas de mantenimiento y de ahorro de energía, que deberá necesariamente considerar los cambios desde los niveles mas altos de la organización, cuya responsabilidad será :

- Establecer metas, planes y programas.
- Establecer criterios mutuamente acordados.
- Difundir los resultados a todas las áreas involucradas.

2.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGIA

Para implantar un programa de mantenimiento y conservación de la energía es importante realizar un diagnóstico a la instalación, esto permitirá determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía, el como ?, cuando ? , donde ? y por que ? se consume la energía, además que permite ubicar e identificar aquellas áreas donde se requiere realizar alguna acción inmediata y el consumo puede ser reducido, especificar cuanta es desperdiciada, realizando estudios de todas las fuentes y formas de energía mediante un análisis detallado de todos los consumos y las pérdidas, cumpliendo con el único objetivo de evidenciar las áreas de mayor consumo y desperdicio de energía, y evaluar técnica y económicamente las medidas a implementar de mantenimiento, conservación y ahorro de la energía.

El diagnóstico en una empresa pueden ser realizados por el mismo personal de la planta, dependiendo del nivel de conocimientos y experiencia, de la profundidad que se requiera además de la disponibilidad del tiempo, en caso contrario se sugiere se contrate alguna empresa consultora que trabaje de tiempo completo y con conocimientos profundos sobre los procesos y estudios a realizar.

En primer lugar podemos describir las acciones cuya aplicación son inmediatas y con inversiones marginales mínimas, aplicables en las instalaciones existentes, consistentes en la inspección visual de las instalaciones, análisis de los registros de operación y mantenimiento, identificando las áreas obvias de necesidad del mantenimiento.

En segundo lugar corresponde a un estudio general, de áreas y equipos de uso intensivo, cuya aplicación requieran de un estudio más detallado de sus registros históricos, de las condiciones de operación de los equipos, realizar balances de energía, actualizar planos eléctricos y diagramas unifilares, para establecer la distribución de la energía eléctrica, pérdidas, desperdicios globales, y reducción de costos por proyectos alternativos de conservación de la energía y así poder fijar metas más específicas y reales para la empresa, lo cual implicará la modificación de las instalaciones y un nivel de inversión medio.

El tercero corresponde a un estudio exhaustivo de las instalaciones, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Se pueden emplear técnicas de simulación de procesos, para estudiar diferentes esquemas de funcionamiento, con cambios de condiciones de operación, en donde las recomendaciones e implantaciones generalmente son de aplicación a mediano y largo plazo. y con las más altas inversiones involucradas.

3.- INICIO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE LA ENERGÍA.

La clave del éxito de un programa de mantenimiento es la implantación hecha a medida que comience con un diagnóstico de los puntos críticos de la empresa.

Un buen programa tarda en implementarse de manera efectiva y con buenos resultados hasta un tiempo de 2 años , sin embargo, la dirección no autorizara un programa que no produzca resultados tangibles de forma rápida. Para superar esta paradoja habrá de utilizarse un enfoque de dos vías para implantar el mantenimiento, uno que trabaje en un cambio estructural a largo plazo y otro cuyo objetivo sea la obtención de resultados a corto plazo.

Para obtener resultados rápidos es necesario identificar las mayores oportunidades para mejorar y seleccionar las técnicas adecuadas antes de proponer los programas a implementar.

Es importante desde diversos puntos de vista, establecer el patrón existente de energía eléctrica e identificar aquellas áreas donde el consumo de energía puede ser reducido. Una manera sencilla de referencia, evaluación y análisis, esta disponible en el recibo de consumo eléctrico, que facilita el registro histórico de su información, en donde se deberán anotar los parámetros más representativos como son:

1. Dirección
2. Periodo de lectura
3. Kilowatts hora (kw/h)
Kilovars (kVAR)
Kilovars hora (kVARh)
Kilowatts real demandado (kWrd)
Factor de potencia (%)
Factor de carga
4. Pago por consumo mensual (\$)
5. Historial de consumo
6. Fecha de emisión
7. Monto de facturación
8. Número de cuenta

- Estos datos proporcionarán una base para evaluar mejoras futuras. La comparación y análisis de ésta información con respecto al consumo de los energéticos, es parte del programa de mantenimiento, ya que en general además de del programa de mantenimiento se tiene la posibilidad de detectar las oportunidades de ahorro de energía pueden ser medidas fácilmente ejecutables y de muy bajo costo, de las cuales se mencionan algunas en la tabla No. 1.

TABLA No1.- Inspección y mantenimiento para un funcionamiento eficiente de las instalaciones

EQUIPO	REVISION
CONTACTOS CONDUCTORES AISLAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> ❖ FALSOS CONTACTOS ❖ RESISTENCIA EN UNIONES ❖ PUNTOS CALIENTES ❖ EMPALMES DE CONDUCTORES ❖ RESISITENCIA DE AISLAMIENTO ❖ ESTADO DE AISLADORES ❖ DEPOSITO DE POLVO SOBRE CONDUCTORES, AISLADORES Y EQUIPO EN GENERAL
MOTORES Y TRANSFORMADORES	<ul style="list-style-type: none"> ❖ RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ❖ LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS Y PARTES MÓVILES ❖ EVALUACION DE LA EFICIENCIA CON DIVERSAS CARGAS ❖ ELIMINACION DE POLVO ❖ EVITAR ACUMULACION DE POLVO ❖ SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO ❖ ESTADO DEL ACEITE AISLANTE ❖ ESTADO DE AISLADORES ❖ ESTADO DE PROTECCIONES
ALUMBRADO	<ul style="list-style-type: none"> ❖ NIVELES DE ILUMINACION ❖ CONSUMO DE ENERGIA EN ILUMINACION ❖ EFICIENCIA DE LAMPARAS LUMINARIOS Y BALASTROS ❖ SUSSTITUCION DE LAMPARAS Y ACCESORIOS ❖ LIMPIEZA DE LUMINARIOS ❖ LIMPIEZA DE PAREDES Y TECHOS ❖ LIMPIEZA DE VIDRIOS Y VENTANAS ❖ CONTROL DE LAS HORAS DE USO

4.-TARIFAS ELECTRICAS

Es de primordial importancia identificar los diferentes tipos de tarifas eléctricas debido a que el costo por consumo de energía eléctrica, es el parámetro principal para evaluar la rentabilidad de oportunidades de ahorro de energía, por lo tanto en los siguientes incisos se describen los términos más empleados, así como concepto y aplicación de las tarifas.

I.- TIPO DE TARIFA

- a) Cargos por consumo y cargos fijos 1,2, 5, 5a, 6 y 9
- b) Cargos por consumo y demanda máxima ordinaria 3,7 y OM. HM, HS, HSC, HT, HTC, 1-30

III.- CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA FACTURACION :

- a) Cargos por consumo de energía
 - 1.- Energía consumida (total)
 - 2.- Energía facturable de punta
 - Energía facturable de base
 - 3.- Energía facturable de punta mínima
 - Energía facturable de punta excedente
 - Energía facturable de base
- b) Cargos por consumo de demanda
 - 1.- Demanda máxima medida
 - 2.- Demanda facturable
- c) Facturación base
- d) Cargo o bonificación por F.P. (%)
- e) Facturación neta
- f) Bonificación o penalización por concepto de demanda ininterrumpible
- g) Facturación neta bonificada o penalizada
- h) Cargo por mantenimiento
- i) IVA

5.- INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR LA DETECCION DE NECESIDADES DE MANTENIMIENTO

Para poder determinar la calidad con la que es utilizada la energía, y las necesidades de mantenimiento en una instalación, es necesario realizar diversas actividades, como las mediciones, el registro de las condiciones de operación y hasta cantidad de equipos, así como condiciones de la instalación o de la calidad de los procesos procesos.

La ayuda de los instrumentos portátiles para realizar esta actividad es de suma importancia, que dependiendo de las lecturas y registros a realizar pueden ser necesarios instrumentos tales como :

- Vólmetros
- Wattmetro
- Factorímetro
- Amperímetros de gancho
- Luxómetros
- Termografías infrarrojas
- Registradores gráficos
- Analizador de redes, etc.

Para el área Industrial

- Sistemas eléctricos
- Compresores
- Motores
- Bombas
- Sistemas de refrigeración

En Edificios

- Equipos consumidores eléctricos
- Iluminación de las áreas de trabajo
- Aire acondicionado

6.-SISTEMAS DE DISTRIBUCION

La continuidad de operación de una instalación eléctrica es tan confiable, como lo es su sistema de distribución.

Sin embargo cada inmueble según el servicio a prestar , debe tener un sistema de distribución eléctrica específico siguiendo las recomendaciones , códigos y normas para su diseño y óptimo desempeño.

Mediante la ingeniería de diseño, se permite obtener el sistema de distribución de energía eléctrica adecuado a los requerimientos dentro de un valor económico sin confundir con un menor costo ya que el proyectar en base a la consideración del menor costo, puede originar entre otras cosas :

- a).- Problemas de calidad y fallas
- b).- Problemas de operación y poca flexibilidad
- c).- Problemas de mantenimiento
- d).- Pérdidas de producción o accidentes

Estos requerimientos o necesidades se traducen en dibujos, planos, especificaciones, memorias de cálculo equipo y materiales y una estimación de costos, información que una vez integrada brinda las bases para la adquisición de materiales, su instalación y pruebas de puesta en marcha, así como la operación del sistema y su mantenimiento.

2.-Consideraciones básicas :

El sistema de distribución de energía eléctrica, debe estar en una base total, que incluya los aspectos técnicos y económicos, algunos de los aspectos más importantes a considerar son :

Seguridad	Operación adecuada a fin de proteger la vida de los operarios y de las instalaciones.
Confiabilidad	Continuidad del servicio requerido, considerando las tolerancias que se aceptan para las interrupciones dependiendo del tipo de proceso
Simplicidad	La operación deberá ser tan sencilla como sea posible para satisfacer los requerimientos del sistema. Considerándose una operación y mantenimiento seguros y confiables del sistema
Flexibilidad	Adaptación del sistema al desarrollo, expansión y cambios requeridos durante la vida del inmueble. Considerando el espacio suficiente para equipo adicional por crecimiento futuros de carga, remodelaciones o ampliaciones arquitectónicas.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

Se clasificaran de la siguiente manera:

- a. Sistema Normal
 - b. Sistema de Emergencia
- A) Es la energía entregada por la compañía suministradora la cual esta sujeta a las interrupciones del suministro, sin que esto ponga en peligro la continuidad o suspensión de un proceso, ya que se destina a alimentar cargas no críticas.
- B) El sistema de emergencia se conoce aquel que esta formado por un conjunto de elementos instalados de forma permanente capaz de suministrar energía eléctrica en forma automática, segura y eficiente , a través de una fuente alterna a los servicios que son identificados como esenciales para la continuidad de los procesos, en el caso de una falla del suministro normal.

CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE TABLEROS

Los tableros eléctricos tienen por objeto alimentar , distribuir y controlar la energía eléctrica dentro del área , donde se genere o utilice.

Cuando un tablero esté mejor diseñado o para los usos a que se destine , se obtendrá un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, permitiendo economías en su consumo, continuidad en el servicio, protección a las personas y propiedad, a un costo mínimo del propio tablero

Un tablero puede ser pequeño para ser usado en una casa habitación , puede ocupar un área de varios metros cuadrados para grandes instalaciones industriales, donde se manejen muchos millones de watts.

Cuando la energía manejada es más grande conviene dividirla o seccionarla para facilitar sus distribución y control y hacer el equipo mas económico. En otras palabras , diseñar la instalación con varios tableros colocados en lugares más próximos a esos grandes consumos o centros de carga.

Un tablero , como el que nos ocupa , puede ser formado por una sola sección o varias, para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidas formarán un solo conjunto.

DEFINICIONES

Tablero.- Un panel o grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobre corriente y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o calefacción. Esta

diseñado para instalarse dentro de una caja o gabinete colocado, embutido o adosado a una pared o tabique y ser accesible sólo por el frente.

Tablero de distribución.- panel sencillo , armazón o conjunto de paneles; de en donde se instalan, ya sea por el frente, por detrás o en ambos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones , soleras e instrumentos los tableros de distribución normalmente son accesible desde l frente y desde atrás y no están previstas para instalarse dentro de los gabinetes.

Criterios de ubicación de los tableros:

Los tableros debe colocarse en lugares máximos al centro de carga que alimentan y de gerencia considerarse para alimentar servicios específicos se debe procurar una localización central para reducir la caída del voltaje en los circuitos derivados.

Los tableros de zona debe ubicarse de preferencia en circulaciones vestíbulos y salas de espera y de forma accesible para su inspección, conservación, operación y mantenimiento.

Al proceder a su ubicación deberá procurarse que los alimentadores sean las alimentadores sean los mas cortos posible y tengan un mínimo de cargas y desviaciones.

Los tableros de pared están limitadas a 42 dispositivos de sobrecorriente.

De forma general, tienen que estar ubicados de tal forma que ofrezcan protección contra contactos involuntarios y contra toda clase de contactos con las piezas sometidas a tensiones durante el servicio

Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico con tensiones nominales de 600 V o menores debe proveerse y mantenerse suficiente acceso y espacio de trabajo alrededor de todo equipo eléctrico , para permitir una rápida y segura operación y mantenimiento.

Los claros de seguridad en dirección del acceso a las partes vivas para una tensión nominal a tierra de 600 V o menor y que pueden requerir de inspección , ajuste, servicio o mantenimiento con el equipo energizado, no debe ser menor que el indicado en la tabla No. 2

Tabla No. 2 Claros de seguridad.

Tensión nominal a tierra V	Distancia mínima m		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 – 150	0.90	0.90	0.90
Mayor de 150 hasta 600	0.90	1.05	1.20

1. Cuando en el espacio de trabajo existan partes vivas expuestas de un lado y del otro no existan partes vivas ni puestas a tierra o cuando existan partes vivas descubiertas en ambos lados y resguardadas con madera u otros materiales aislantes adecuados.
2. Cuando en el espacio de trabajo existan partes vivas expuestas en un lado y partes puestas a tierra en el otro.
3. Cuando existan partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no resguardadas como indica la condición (1) y el operados requiere estar entre ellas.

El espacio requerido por esta sección , no debe utilizarse para almacenamiento y debe existir por lo menos una entrada de suficiente área para el acceso al espacio de trabajo alrededor de los equipos eléctricos. Para los equipos de corriente nominal de 1 200 A y mayores, o de ancho mayor a 1.80 m que contengan interruptores, dispositivos para sobrecorriente o de control, debe existir una entrada no menor de 0.60 m de ancho y 2.00 m de alto, en cada extremo.

Deben ser accesibles sólo a personas calificadas las instalaciones cuyo acceso este controlado por una cerradura bajo llave o cualquier otro medio aprobable.

Las instalaciones eléctricas interiores al alcance de personas no calificadas deben estar dentro de las cajas o gabinetes metálicos o deben encerrarse en bóvedas o en áreas cuyo acceso esté controlado por cerradura.

SELECCIÓN DEL TABLERO

1. Tener un diagrama unifilar con los componentes del tablero según las necesidades eléctricas a satisfacer
2. Tensión de operación
3. Capacidad de las barras
4. Capacidad nominal y capacidad interruptiva del interruptor principal o zapatas principales
5. Capacidad nominal y capacidad interruptiva de los interruptores derivados
6. Equipos de instrumentación
7. Gabinete inferior o exterior
8. Considerar espacios para futuras cargas.

7.- SELECCIÓN DE TENSIONES DE OPERACIÓN

Cuando se requieren de diferentes niveles de tensión en una instalación, las cargas son agrupadas de acuerdo a estos niveles, así mismo motores de alta capacidad, son contemplados dentro de este criterio.

El agrupar por zonas (zonificar), se realiza de acuerdo al arreglo que se tiene de las cargas, ya que el no hacerlo, así implicaría el manejar altos costos de la instalación misma, debido a las distancias que tendrán que recorrer los de los circuitos derivados hasta el centro de carga.

Los siguientes términos y definiciones se utilizan para identificar las tensiones y las clases utilizadas en el sistema eléctrico de distribución.

TENSION DEL SISTEMA

En el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre los conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA

Valor nominal asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de función también la fusión real al cual funciona el circuito van adentro de una banda que permite el funcionamiento satisfactorio del equipo.

TENSION MAXIMA DEL SISTEMA

Es la mayor tensión del sistema que ocurre bajo condiciones normales de operación, y para que el equipo y otros componentes están diseñados ,para proporcionar una operación continua sin afectar su régimen.

TENSION DE SERVICIO

Es la tensión en el punto en el cual se conecta el equipo eléctrico del usuario al equipo eléctrico de suministro.

FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCION DE LA TENSION

- 1.- Tensión nominal de los dispositivos o aparatos por alimentar.
- 2.- Tensión primaria disponible de la compañía eléctrica. Este voltaje no siempre es el mas adecuado, para conectar cargas directamente a el, pero puede usarse para alimentar a Subestaciones dentro de la unidad médica
- 3.- La distancia a la cual se lleva la energía, que implica hacer estudios técnico económicos para decidir su mejor opción.

En grandes instalaciones, es común tener tres o más niveles de tensión:

Que sistema es mas conveniente: 480 o 220 V.?

A menudo nos hacemos la pregunta **Cual es más económico, 220/127 o 480/277 ?**

En general podemos decir que 220/127 es más económico siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

- a) Que el 70% de la carga se alimente a 127 V.
- b) Que la carga no exceda de 300 KVA como es el caso de tiendas, talleres y fabricas pequeñas

Dentro de la normalización de las tensiones, también se pueden incluir las mencionadas en la norma ANSI-C84-1, en la cual se indican los limites de tolerancias de más menos 10 % de tensión permitidas para motores, ya que estos son los que representan dentro del sistema la mayor parte.

BALANCE DE CARGAS

Es importante mantener un rango máximo de 5% en el desbalanceo de cargas, ya que eso ocasiona desbalanceo de voltaje, porque esto ocasiona excesivas calentamiento, disminución de la eficiencia.

SELECCION Y USOS DE CONDUCTORES Y DUCTOS

La función primaria de los conductores es transportar energía entre la fuente y el punto de utilización en forma segura. Esto origina pérdidas en forma de calor que deben ser disipadas y la habilidad para efectuar esta disipación depende de la forma en que los cables son instalados, afectando así su capacidad.

Construcción de los cables

Los materiales más comunes son el cobre y el aluminio, siendo el cobre el más empleado principalmente por sus propiedades eléctricas y mecánicas y el aluminio por su relación conductividad-peso, que es de las más altas entre los materiales conductores, además de la rápida obtención y bajo costo del metal primario.

La necesidad de una mayor flexibilidad mecánica determina si el conductor debe ser sólido o multifilar y el grado de flexibilidad se función del número total de hilos., otra gran diferencia entre estos dos materiales es que el aluminio va a requerir un mayor número de conductores o de mayor tamaño para transportar la misma corriente que el cobre.

Calibre de conductores

Los calibres de conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designan usando el sistema americano de calibres (AWG) por medio de un número al cual se hace referencia para sus otras características como son diámetro , área resistencia, etc., la equivalencia en mm² del área se debe hacer en forma independiente de la designación usada por la American Wire Gauge (AWG).

Como se expresó anteriormente , las pérdidas RI^2 se manifiestan en forma de calor, que a su vez influye directamente en el aislamiento del conductor, factor que es muy importante ya que determina la temperatura máxima de operación a régimen permanente de un conductor, en la siguiente tabla se indican estas temperaturas para algunos conductores comerciales en baja tensión.

De lo anterior se deduce que la capacidad de conducción de corriente de un conductor está íntimamente ligada a la capacidad del aislamiento a las temperaturas elevadas , esto considerando también que por lo general los conductores se encuentran dentro de canalizaciones en las instalaciones eléctricas , que se comportan como emisoras de calor y también por temperaturas ambientes superiores a los 40° C.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

A) ALIMENTADORES EN SERVICIO INTERIOR

Para estos alimentadores se permite la utilización de:

a) Conductores de cobre con aislamiento THW-LS, 75°C o conductores de aleación de aluminio serie 8000 con aislamiento XHHW-2.

b) Multiconductor de aleación de aluminio serie 8000 tipo MC, con aislamiento XHHW-2 y cubierta metálica engargolada.

B) ALIMENTADORES EN SERVICIO EXTERIOR

Para estos alimentadores se permite la utilización de:

a) Conductores de cobre con aislamiento THW-LS, 75°C.

b) Conductores de aleación de aluminio serie 8000 con aislamiento XHHW-2 tipo MC, con cubierta metálica engargolada y un recubrimiento de neopreno.

c) El diseñador debe considerar en sus cálculos la correcta aplicación de los valores en cuanto a capacidades de los conductores así como de los factores que procedan para cumplir con lo descrito en el capítulo 300 y especialmente en el artículo 310 de la NOM-001.

d) Para los conductores de alimentación que van desde los tableros generales hasta: tableros subgenerales, centro de cargas de equipos de acondicionamiento de aire, equipos de rayos X, etc. se recomienda que el calibre máximo sea del No. 400 kCM, con el fin de facilitar su instalación.

Cálculo de los Conductores

- Tensión de aplicación
- Por capacidad de conducción
- ♣ Factor por corrección de temperatura
- ♣ Factor por corrección por agrupamiento
- ♣ Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en que se encuentre el conductor, es decir, aire o tubo conduit.

- ♣ Por caída de tensión , considerando la resistencia y reactancia del conductor una caída de tensión (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido al que el voltaje en la

carga se reduce. En las lámparas incandescentes reduce notablemente el nivel de iluminación en las lámpara fluorescentes se tiene problemas como dificultad , para arrancar, parpadeo, calentamiento de los balastos, en motores la reducción de voltaje, se traduce en un incremento de la corriente, la cual produce sobre calentamiento y algunas veces causa problemas de arranque.

- ♣ Por corto circuito: bajo condiciones de corto circuito , la temperatura del conductor aumenta rápidamente entonces por características térmicas del aislamiento y el medio circulante, se enfría lentamente después que se ha eliminado la falla. La falta de revisión del calibre del conductor por calentamiento por corto circuito puede resultar en un daño permanente al aislamiento del cable; debido a la desintegración del material, que puede ir acompañando por humo y generación de vapores combustibles. Estos vapores , si están suficientemente caliente, se encenderán ,iniciando un posible incendio.

Factores y criterio para el cálculo de alimentadores y equipo

A) FACTOR DE RESERVA

En los alimentadores y tableros de zona para alumbrado y receptáculos, se debe prever una reserva del 20% del valor de la carga instalada.

B) FACTOR DE DEMANDA

Los alimentadores para tableros de zona de alumbrado y receptáculos, tanto normales como de reserva y emergencia, se deben calcular considerando el 125% de la corriente nominal de alumbrado, más el 60% de la corriente nominal de receptáculos.

Los alimentadores para tableros subgenerales y generales, deben afectarse por los siguientes factores de demanda:

* Alumbrado:	0.8
* Receptáculos:	0.6

En caso de tener dos o más equipos, ver artículo 517-73 (2) de la NOM -001

* Elevadores :	1.0
* Alumbrado exterior :	1.0
* Fuerza en general :	1.0

E) CRITERIO DE CALCULO.

a) Tableros de zona de alumbrado y receptáculos. La corriente nominal se determina en función de la carga instalada.

b) Grupo de motores con alimentador común. El cálculo debe considerar el 125% de la corriente a plena carga del motor mayor, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores.

c) Elevadores. El cálculo debe considerar el 125% de la corriente a plena carga del motor. Este dato debe ser ratificado por el fabricante.

d) Unidades generadoras de agua helada y/o condensadoras para acondicionamiento de aire. Se deben utilizar los datos del número de componentes y corrientes a plena carga, que proporcione el diseñador correspondiente.

e) Tableros subgenerales y generales. La corriente para el cálculo se determina analizando cada una de las cargas, de acuerdo con los datos anteriores e incluyendo los factores de demanda y reserva.

f) Subestaciones secundarias. La corriente nominal se determina de acuerdo la capacidad del transformador.

Conductor neutro

A continuación se describen los criterios y lineamientos a seguir para el cálculo y selección del conductor neutro en alimentadores de sistemas varios debiendo cumplir además con lo establecido en el artículo 200 de la NOM-001.

a) Cada alimentador debe llevar un conductor neutro independiente.

b) Para tableros de zona de alumbrado y receptáculos, el conductor neutro debe ser de sección igual a la de la (s) fase (s).

c) Los alimentadores de equipos de fuerza trifásicos, no deben llevar conductor neutro a menos que el equipo lo requiera en cuyo caso se debe diseñar de acuerdo a los requerimientos del fabricante o proveedor.

d) Los alimentadores combinados de alumbrado, receptáculos y fuerza deben llevar un conductor neutro calculado conforme al artículo 220-22 de la NOM-001.

e) Los alimentadores a transformadores tipo seco por su conexión delta estrella, no contarán con conductor neutro en el lado de la conexión delta.

f) Para alimentadores de tableros que alimenten receptáculos en tensión regulada o con energía ininterrumpible el conductor neutro debe calcularse de acuerdo a lo indicado en el capítulo 08 de esta norma.

g) En caso de que el alimentador a un mismo tablero requiera de varias canalizaciones, el conductor neutro se debe dividir proporcionalmente en cada una de ellas.

Selección del conductor de puesta a tierra

Se debe diseñar en cada tubería de alimentador un conductor de puesta a tierra desnudo o aislado según las necesidades con una sección adecuada al rango de la protección como se indica en la tabla 250-95 de la NOM-001.

No debe confundirse el conductor de puesta a tierra con el conductor puesto a tierra del sistema (conductor neutro).

USO DE CANALIZACIONES

A) ALIMENTADORES EN SERVICIO INTERIOR.

Se permite el uso de las siguientes canalizaciones:

- a) Tubo conduit galvanizado de pared gruesa.
- b) Ducto metálico cuadrado embisagrado utilizado sólo en áreas con instalación aparente, no se permite su uso entre plafón y losa, áreas ocultas o alimentadores verticales.
- c) Charolas portacables, su utilización debe ser previa aprobación del Instituto, debe ser instalada sólo en áreas de instalación aparente y en estrecha coordinación con otras instalaciones para evitar conflictos y nunca debe instalarse bajo de tuberías hidráulicas.
- d) Electroductos, podrá utilizarse, previa presentación de un estudio técnico-económico que justifique su uso.

B) ALIMENTADORES EN SERVICIO EXTERIOR

Pueden utilizarse: ducto de asbesto cemento o tubo conduit de PVC servicio pesado, rematándose o registrándose en forma adecuada en registros de tabique o material equivalente.

Trayectorias de las canalizaciones

- a) En áreas exteriores deben ser en forma paralela a los ejes del edificio y a las otras instalaciones, previa coordinación evitando cruces innecesarios, o interferencias con cisternas, trincheras u otros obstáculos.
- b) En áreas interiores de preferencia y siempre que no incremente exageradamente la longitud del o los alimentadores, su trayectoria debe ser por circulaciones o áreas de servicio y fácilmente registrables, aparentes o en plafón y cuando no se interfieran las zonas críticas de la planta.
- c) El diseñador debe indicar en planos no sólo la trayectoria del alimentador, sino todos los registros requeridos (incluyendo sus dimensiones las cuales deben cumplir con lo indicado en artículo 370 de la NOM-001) ya sean de paso a cada 20 m aproximadamente o para cambios de dirección.
- d) Cuando las canalizaciones se ubiquen entre falso plafón y losa, los registros necesarios deben colocarse junto a un luminario de manera que al removerlo se tenga fácil acceso al registro.
- e) Cuando las canalizaciones sean alojadas en piso, se deben dejar registros en muro a una altura de 0.40 m. del nivel de piso terminado a la parte baja del registro, estos registros deben ubicarse en lugares de fácil acceso y de preferencia en áreas de servicio donde no se afecte la operación de la unidad en caso de labores de mantenimiento.
- f) Las canalizaciones en trayectorias verticales se deben localizar lo más cercano posible a los centros de carga de cada piso y deben registrarse a cada 20 m. y soportarse a cada 2 m.
- g) No se permite el uso de ductos o charolas portacables en canalizaciones verticales.

9.- MANTENIMIENTO Y AHORRO DE ENERGIA EN TRANSFORMADORES :

El transformador, dispositivo descubierto en 1831 por Michel Faraday, vino a solucionar las caídas de voltaje en las líneas de transmisión, ya que se requería que las líneas fueran cortas a fin de aprovechar al máximo la energía generada y que además las fuentes estuvieran realmente cerca de los puntos de consumo.

El transformador es un dispositivo que recibe energía eléctrica de una fuente a determinado voltaje, y entrega prácticamente la misma energía con un voltaje diferente, que puede ser mayor o menor que el primero y que funciona bajo el principio de inducción electromagnética de Faraday, y su acoplo es de un circuito a otro inductivamente sin conexión eléctrica física entre ellos, como se puede observar en la figura siguiente:

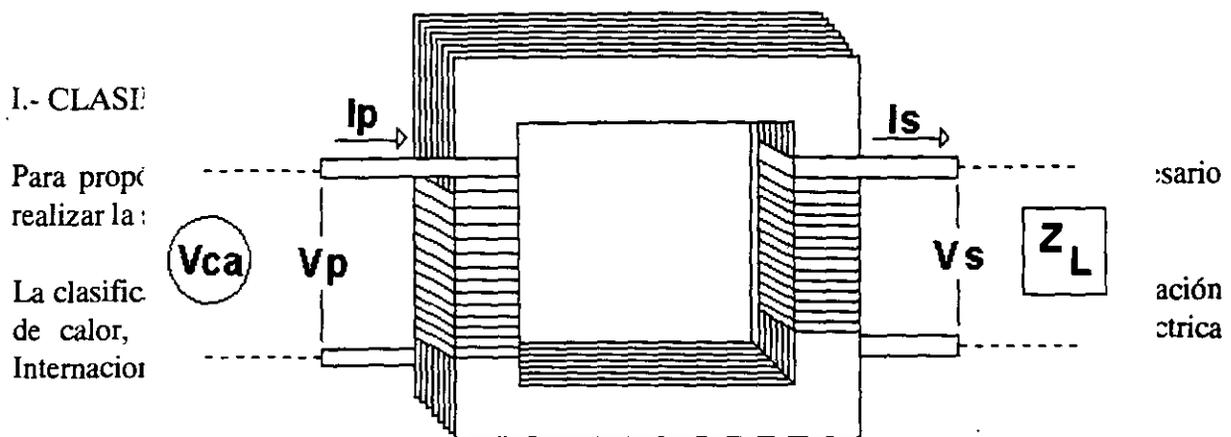


TABLA No. 1.- CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES

POR TIPO DE ENFRIAMIENTO Y CIRCULACIÓN	CLASIFICACIÓN IEC
Agua Aceite mineral Aire Forzada Natural	W O A F N

Además de la clasificación por tipo de enfriamiento existen otras maneras generales como son :

Por su número de fases :

- Monofásicos
- Trifásicos

Por su regulación :

- Fija
- Variable
- Con o sin carga
- Automática y manual

Por su capacidad :

- Utilización (200 KVA ; 15 KV)
- Distribución (de 200-500 KVA ; 69 KV)
- Potencia:
 - pequeña (de 501-10000 KV ; 69 KV)
 - mediana (60 MVA ; 230 KV)
 - alta (400 MVA ; 400 KV)
- Instrumentos

La eficiencia de un transformador es importante al igual que para todas las máquinas, y se expresa por la relación :

$$\text{Eficiencia } \tau = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}}$$

Pero además se deben considerar para este tipo de máquinas las pérdidas eléctricas y magnéticas, de las cuales las eléctricas son debidas a efecto Joule y las magnéticas, son debidas a la calidad de fabricación del núcleo, y que las podemos describir con más detalle a continuación :

TABLA No. 2 TIPO DE PERDIDAS EN TRANSFORMADORES

PERDIDAS ELECTRICAS		PERDIDAS MAGNETICAS	
TIPO DE EFECTO	QUE LAS PRODUCE	TIPO DE EFECTO	QUE LAS PRODUCE
JOULE ($I^2 R$)	Tipo de material	EDDY	Volumen de núcleo
	Calibre de devanados	FOULCAULT	Frecuencia
	Temperatura ambiente	HISTERESIS	Densidad magnética
	Frecuencia.		Temperatura ambiente
	Temperatura de elevación.		Calidad del material
Calidad del material			Espesor del material

A fin de reducir las pérdidas originadas en el transformador, existen métodos de reducción como se describe a continuación :

- Adicionar a los núcleos materiales de alta resistividad como el silicio, para reducir las corrientes parásitas.
- Utilizar materiales “ahorradores “como el acero amorfo, para ciertas densidades y volúmenes de energía.
- Laminar los núcleos y aislar las láminas entre si para evitar la circulación de corrientes altas.

A diferencia de las pérdidas magnéticas que son casi constantes durante todo el rango de cargas del transformador, las eléctricas dependen de la magnitud de la carga (Índice de carga), el cual podemos definirlo como:

$$I_c = \frac{\text{kVA entregados}}{\text{kVA nominales}}$$

Este índice de carga influye directamente en la eficiencia, ya que se alcanza la máxima eficiencia cuando las pérdidas magnéticas y eléctricas se igualan.

REQUERIMIENTOS A MAYOR ALTITUD

La norma ANSI C.57-80, especifica una corrección por compensación de 0.4% de los KVA nominales para transformadores con auto enfriamiento y de 0.5% kVA nominales para transformadores con enfriamiento forzado con aceite para cada 100 m por encima de 1000 m.s.n.m, ya que la operación a una mayor altitud incrementa la elevación de temperatura del aceite efectivo en los transformadores.

EFFECTOS DEL COLOR DEL TANQUE

Las pinturas empleadas en transformadores tienen la característica de una emisividad a baja temperatura de 0.95, las superficies metálicas en particular las superficies pulidas tienen menor emisividad a bajas temperaturas y producen una elevación de la temperatura del aceite mayor, característica similar las tienen las pinturas de aluminio o de bronce.

Para transformadores expuestos a la luz solar intensa, la elevación de temperatura adicional que resulta por el uso de pintura de aluminio se compensa en gran medida por el hecho de que la pintura de aluminio absorbe solo al rededor del 55% de la radiación solar incidente, mientras que las pinturas de uso más común absorben alrededor del 95%, como se observa en la tabla siguiente :

TABLA No. 3 CARACTERISTICAS DE EMISIVIDAD A BAJA TEMPERATURA DE DIFERENTES METALES.

MATERIAL	EMISIVIDAD
▪ Aluminio con alto pulido	0.08
▪ Cobre	0.15
▪ Hierro fundido	0.25
▪ Pintura de aluminio	0.55
▪ Cobre oxidado	0.60
▪ Acero oxidado	0.70
▪ Pintura de bronce	0.80
▪ Pintura brillante negra	0.90
▪ Laca blanca	0.95
▪ Barniz blanco	0.95
▪ Pintura gris	0.95
▪ Negro de humo	0.95

V.- VIDA DEL AISLAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR:

En seguida que se ha desconectado un transformador como resultado de la operación de Las protecciones, siempre es conveniente ponerlos en operación tan pronto como sea posible.

El riesgo que se corre por la reconexión de un transformador con una falla (dañado), es que si vuelve a presentarse la falla será mayor el daño que éste sufra y posiblemente los equipos que estén directamente relacionados.

Por lo que es recomendable que bajo ninguna circunstancia se reconecte al sistema un transformador, sin antes realizar un estudio y análisis completo de las causas de la operación de las protecciones.

VI.- EVALUACION DE LAS PERDIDAS

Está evaluación es un procedimiento por medio del cual se llega a un balance económico en que se ha de agregar material al diseño del transformador para reducir las pérdidas, se logra al establecer un valor en dólares por kilowatt para la pérdida con carga y un valor similar para la pérdida sin carga.

Se requiere una inversión incremental en la capacidad para generar la energía, suplir las pérdidas y llevarla al transformador. Adicionalmente existe un gasto continuo por combustible para generar la energía pérdida. Este gasto se convierte a valor presente y se agrega a la inversión incremental para obtener el valor presente de total de las pérdidas.

Este valor presente de un kilowatt de pérdidas es naturalmente más alto para pérdida sin carga, la cual es continua, que para la pérdida con carga, y el valor es más alto mientras más lejos esté el transformador del generador. Por supuesto, los valores dependerán de las reglas y los procedimientos contables en vigor en cada lugar en particular.

ECUACIONES PARA LA EVALUACION DE LAS PERDIDAS

Se emplean comúnmente las siguientes ecuaciones para establecer las evaluaciones de las pérdidas:

$$VL = S + 8760E FL / R$$
$$VN = S + 8760E FN / R$$

En donde:

E = Costo de la energía en dólares por kilowatt hora (éste puede ser muy bajo para una planta hidroeléctrica pero puede llegar hasta 0.02 o más para las plantas accionadas por combustible, dependiendo del costo del combustible y por supuesto, la cifra será aún mayor en lugares alejados de la planta generadora).

FL = Razón de la pérdida promedio con carga a la pérdida nominal con carga.

FN = Razón de la pérdida promedio sin carga a la pérdida nominal sin carga (1.00 para operación continua).

R = Cargo anual aplicado por unidad (%/100) en inversión del sistema (cubre seguro, impuestos, depreciación y rendimiento sobre la inversión).

S = Inversión en el sistema, dólares por kilowatt (200 o más dependiendo de la inversión que se haga en el sistema hasta el sitio del transformador).

VL = Dólares por kilowatt de evaluación de la pérdida nominal sin carga.

Como las pérdidas con carga de un transformador varían en razón directa del cuadrado de la carga, es importante establecer la capacidad en MVA a la que habrán de evaluarse las pérdidas con carga. En vista de que es costumbre de la mayoría de los fabricantes de transformadores optimizar el diseño del transformador a su capacidad con autoenfriamiento, el valor de las pérdidas en PESOS para la pérdida con carga debe especificarse a la capacidad de autoenfriamiento. Si se especifica este valor a alguna otra carga diferente de la capacidad con autoenfriamiento, puede ajustarse a dicha capacidad, multiplicando el valor en PESOS por el

cuadrado de la razón de la carga a la que se evaluarán las pérdidas y la capacidad con autoenfriamiento.

También es importante que el fabricante del transformador sepa si el comprador utiliza el método de evaluación del valor presente, el costo anual nivelado o el costo capitalizado.

Si se usa el método del valor presente, debe mencionarse el multiplicador del valor presente; si es el método del costo anual nivelado el que se aplica, debe mencionarse el cargo que se aplica para que el fabricante sepa, en cualquiera de los dos casos, cómo comparar los valores de las pérdidas en pesos con el costo inicial del transformador.

IMPORTANCIA DE LA EVALUACION DE LAS PERDIDAS

La evaluación de las pérdidas es un factor importante en la compra de transformadores nuevos, ya que en muchos casos la evaluación de las pérdidas totales es igual ó mayor que el precio del transformador, que definitivamente será la razón de peso para sustituirlo ocontinar con su mantenimiento.

10.-FACTOR DE POTENCIA

Operar con bajo factor de potencia una instalación eléctrica, además del impacto en el pago de facturación eléctrica, tiene otras implicaciones de igual o mayor significado, principalmente en la relación con la capacidad de los equipos de transformación y distribución de la energía eléctrica y con el uso de deficiente de las máquinas y aparatos que funcionan con la electricidad.

La explicación del porque nos interesa el factor de potencia en nuestras unidades médicas? que causa el bajo factor de potencia? y como se puede mejorar? es el objetivo principal para todo ingeniero.

En primer lugar debemos analizar los efectos en la operación en una unidad médica con bajo F. P.

- Aumento considerable de las perdidas por calentamiento en el cobre
- Disminución de la cantidad de la iluminación
- Aumento de costo de energía (penalización por disminución por bajo F.P.)
- Sobre carga (calentamiento) en transformadores y conductores eléctricos
- Disminución de su capacidad.

Ahora bien que lo produce ?

La principal fuente es debida a la operación de motores de inducción, ya que frecuentemente son operados a baja carga, debido a que es común seleccionar un motor para mejorar la máxima carga y en la operación real, es menor que la carga total.

Otro factor que contribuye a un bajo F.P. es debido: al simple remplazo de lámparas compacto fluorescentes en general de bajo o normal F.P. en lugar de incandescentes, gran cantidad de dispositivos con características inductivas, equipos eléctricos y unidades acondicionadoras de aire. En la mayoría de los casos anteriormente expuestos se ha hecho pensando principalmente en el confort humano y bajo costo de los materiales. A medida que la unidad médica va creciendo se hace más crítico los efectos por bajo F.P., que de no tomar acciones para corregir estos problemas, repercutirá el altos costos por consumo eléctrico.

Si bien existen causas de bajo F.P., existen también razones para mejorarlo, entre las cuales están el de aumentar la capacidad de los elementos del sistema eléctrico, y aprovechar que existe una bonificación por mejorar el F.P., en lugar de pagar una penalización. La primera razón es de mayor importancia que la segunda que es de aspecto puramente económico, ya que como es sabido la capacidad eléctrica liberada es valuada varias veces más que el costó de los capacitores. Ecuaciones empleadas para calcular bonificación y la penalización

$$\frac{1}{4} \left[1 - \frac{90}{FP} \right] \times 100$$

$$\frac{3}{5} \left[\frac{90}{FP} - 1 \right] \times 100$$

Las cargas eléctricas pueden consumir potencia reactiva en tal magnitud que afectan el F.P. de la instalación. Si la corriente reactiva (I_L) es mayor el ángulo, también el F.P. será más bajo, lo anterior puede ver:

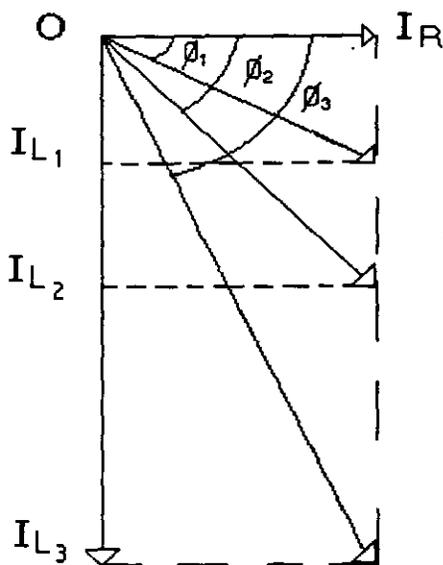


Figura No. 2.- Aumento de la corriente reactiva (I_L) disminución del F.P.

Como se había mencionado anteriormente uno de los principales inconvenientes de tener un bajo F.P. se refleja en una disminución de la capacidad de los equipos de generación, distribución y maniobra de la energía eléctrica, por lo que el tamaño de los conductores y otros componentes se diseñan para un cierto valor de corriente y capacidad para no dañarlos. Se deben operar sin que este se rebase, con riesgo de sufrir algún desperfecto, ya que el exceso de corriente debido al bajo F.P. , puede obligar a emplear conductores de una capacidad y calibre mayor, elevando con esto el costo de la instalación y en el peor de los casos, requerir equipo de transformación de mayor capacidad, ya que la capacidad depende directamente del factor de potencia.

Dado que el bajo F.P. implica una mayor corriente total, debido al aumento de componente reactivo, ocasionara un aumento en las pérdidas por calentamiento debido al efecto JOULE o $I^2 R$ de conductores bobinados de motores, transformadores, así como en generadores, representando además una caída de tensión en la alimentación de las cargas eléctricas, que repercuten en una menor potencia de salida, ocasionada principalmente por la corriente de exceso que circula por ellos.

Un bajo F.P. significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización de la instalación, es por esto que las empresas suministradoras ofrecen un incentivo si se corrige este valor a un 90% o mayor aplicable a los cargos por consumo y demanda máxima de energía, y que no exceda de 125% como porcentaje máximo de penalización.

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Donde :

V = Voltaje [V]

I = Corriente [A]

V x I = potencia aparente [VA]

φ = Angulo de fase [°] = factor de potencia o F.P.

I.- Métodos de corrección del bajo F.P.

Ahora bien suponiendo que debido al incremento en la demanda de sus derechohabientes, una unidad médica se ve en la necesidad de aumentar la sus servicios y equipo y planea expandirse, esto implica la instalación de motores nuevos, aumento en la carga de iluminación. Si los transformadores y la instalación eléctrica esta trabajando a plena carga, cualquier aumento implicara una sobrecarga y esto ocasionara un bajo F.P.

El primer paso para corregir el bajo F.P. es el de prevenirlo para lo cual se debe evitar en lo posible la demanda excesiva de potencia reactiva, esto es considerando la capacidad de los transformadores y motores a sus cargas reales, pero en la mayoría de las ocasiones esto no es posible, por lo que se hace necesario emplear otro tipo de equipos para corregir este problema, mediante el empleo de capacitores de potencia, capacitores síncronos o motores síncronos.

Estos equipos de naturaleza CAPACITIVA, adelantan la corriente con respecto al voltaje, en el caso ideal a 90°, que al combinarse con la corriente inductiva, ocasionaría la reducción del ángulo y la corriente total, como se aprecia en la figura siguiente.

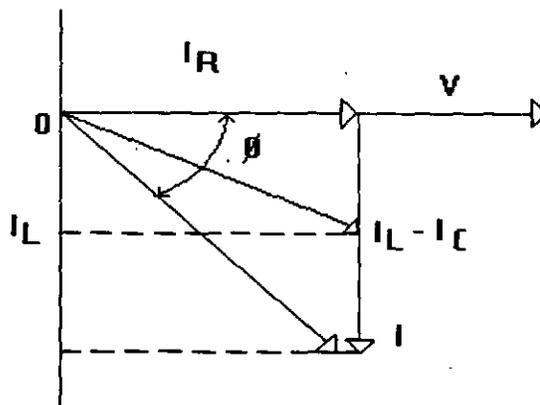


Figura No. 6.- Efecto de la corriente capacitiva (I_c) sobre la corriente inductiva (I_L).
 La característica de los equipos empleados para compensar la potencia reactiva como es el caso de los capacitores de potencia, son de los más prácticos y económicos, debido a su bajo costo, fácil instalación, mantenimiento casi nulo y facilidad de combinaciones que se pueden ensamblar.

Otro tipo de capacitores llamados SINCRONOS, son motores diseñados exclusivamente para corregir el F.P., sin embargo son de gran tamaño y por lo tanto implican una gran inversión inicial y por tanto un mantenimiento costoso

Existen también motores SINCRONOS, cuyo uso se justifica cuando se requiere sustituir motores nuevos, ya que pueden proporcionar al mismo tiempo trabajo mecánico y comportarse como una carga capacitiva en caso de operarse sobreexcitado. Aunque ayuda a mejorar el F.P. no constituye en si una forma común para compensarlo.

Beneficios por la instalación de capacitores

El instalar capacitores independientemente de corregir el F.P. nos sirve también para aumentar la capacidad útil de nuestro sistema eléctrico.

Suponiendo el caso de un hospital con una carga instalada de 400 KW y trabaja con un F.P. de 77%, el cual tiene una penalización por bajo F.P., se requiere corregirlo a 0.95%, pero además por proyectos de expansión pretenda crecer y esto implica un 20% de aumento de carga. Por lo tanto para una carga de 400 KW y corregir el F.P. DE 0.77 a 0.95, se requerirán 200 KVAR que tendrían un costo aproximado de \$ 28,000.00 ya instalados, y además nos liberan una carga para el actual sistema de 80 KW, aproximado al 20 % del aumento de carga

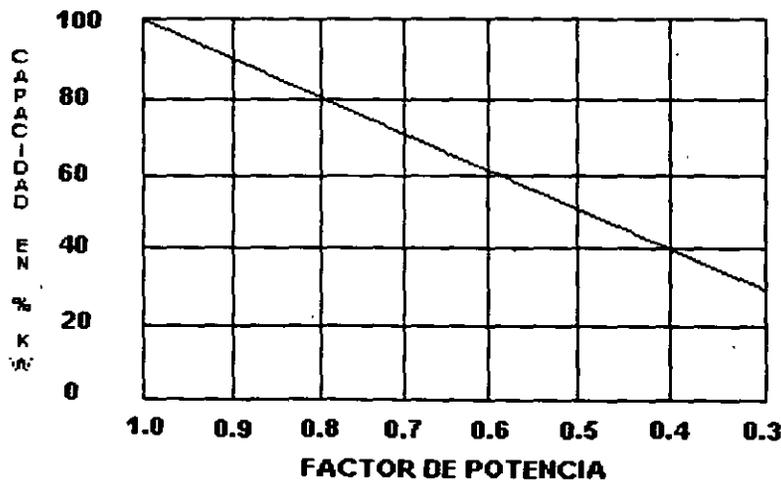


Figura No. 7.- Capacidad de kw x mayor F.P.

Sin considerar la instalación de capacitores, se tendría que adquirir un transformador e instalar nuevos circuitos y alimentados. El hecho de que solo se necesitan capacitores con un total de 200 KVAR es de suma importancia ya que en casos críticos puede ser muy difícil conseguir transformadores y material en cuyo caso excedan a los \$ 28,000.00 que cuestan los capacitores. El aumento de capacidad útil debe sumarse la reducción de los costos de energía eléctrica por penalización, en el cual el ahorro mensual podría llegar a \$ 5,200.00 que se obtiene cada año además del aumento del 20% de la capacidad útil.

Otra ventaja adicional por la instalación de bancos de capacitores se refleja en las caídas de tensión excesivas, las cuales en los motores los afectan haciendo que funcione inadecuadamente y se calienten, en iluminación la baja tensión también tiene sus repercusiones, así como en los equipos de control de instrumentos electrónicos.

Los capacitores elevan el nivel de voltaje en todos los alimentadores hasta el punto de las cargas más apartadas, con ello el funcionamiento es mejorado, y se obtiene aumento considerable de la producción, el cual se puede calcular por la siguiente expresión.

$$\text{Incremento de voltaje [\%]} = \frac{\text{KVARc} \times \% \text{ reactancia del transformador}}{\text{KVA}_T}$$

Además otro factor que se reduce es la corriente que circula por los conductores, pues se sabe que las pérdidas en sistema de distribución son proporcionales al cuadro de la corriente, esto es que si se reduce un 20% la corriente total, las pérdidas de energía disminuirán en un 36% , por lo que los ahorros anuales pueden fácilmente llegar a un 15% de la inversión en capacitores.

11.- CONCLUSIONES

La respuesta al problema de baja productividad no es el alto pago por un mantenimiento, sino el obstáculo más importante recae en la buena administración para lograr un adecuado programa de mantenimiento.

Sin embargo existen una serie innumerable de problemas que es necesario tomar el reto de lograr los cambios y buscar soluciones y métodos para resolverlos.