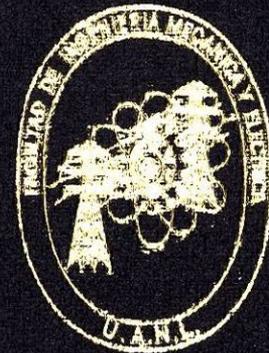
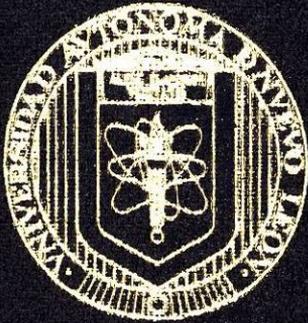


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA**



**MANTENIMIENTO Y DISEÑO DE  
SUBESTACIONES ELECTRICAS**

**CURSO - TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA**

**ELIUT FUENTES RETA**

**ASESOR: ING. ALBERTO RIOS**

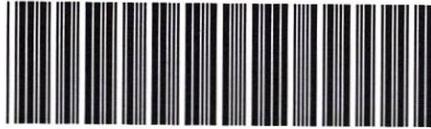
**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
JUNIO DE 1996**

F

TK1751

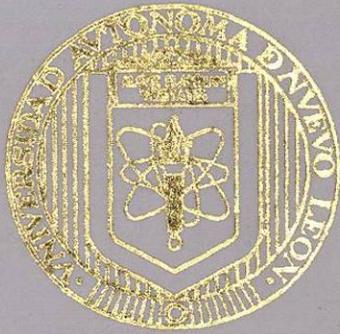
F8

C.1



1080064392

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



MANTENIMIENTO Y DISEÑO DE  
SUBESTACIONES ELECTRICAS

CURSO - TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

ELIUT FUENTES RETA

ASESOR: ING. ALBERTO RIOS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
JUNIO DE 1996

T  
TK 1751  
F8



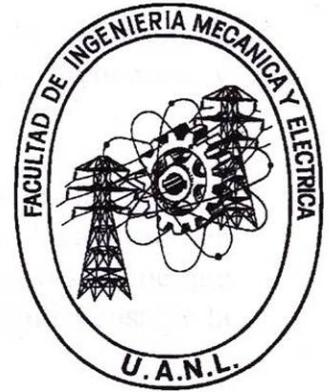
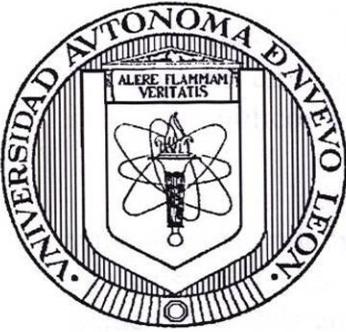
Central  
Universidad

Ma  
*tesis*

BURAU RANGAI PAKS  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA**



**MANTENIMIENTO Y DISEÑO  
DE SUBESTACIONES ELECTRICAS**

**CURSO - TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

*Ingeniero Mecánico Electricista*

**presenta**

*Oliver Fuentes Reta*

San Nicolás de los Garza, N.L. a Junio de 1996.

# INTRODUCCION

En la época actual es difícil encontrar un objeto que no haya requerido para su elaboración de la electricidad.

Debido a esto la demanda de energía crece con el aumento de la industria, la distribución de energía se está incrementando rápidamente en el campo, industrias y servicios públicos que demandan las grandes ciudades.

En toda industria pequeña, mediana o grande, así como centros comerciales grandes y medianos donde la carga a alimentar es grande, el suministro de energía se lleva a cabo en alta tensión, debido a que se tiene un gran ahorro en los conductores. Para esto se tiene que reducir el voltaje en el punto de utilización , para lograr el objetivo se hace indispensable la instalación de una subestación eléctrica.

Según la Comisión Federal de Electricidad las instalaciones de mediana y pequeña capacidad son las que ocupan el primer lugar en cantidad de subestaciones eléctricas en cuyo caso cada una de ellas requiere de una protección adecuada contra corto circuito.

Una subestación eléctrica es un conjunto de dispositivos que forman parte del sistema eléctrico de potencia (S.E.P.) los cuales necesitan medición y control y sirven para transformar tensiones, además derivan circuitos de potencia.

## **CONSIDERACIONES GENERALES.**

### **Definición:**

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica, (voltaje, corriente, frecuencia, etc.) tipo C.A. a C.C. o bien conservarla dentro de ciertas características.

Por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento) los voltajes de las centrales generadoras son relativamente bajos en relación con los voltajes de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarían antieconómicos ya que se tendrían grandes caídas de voltaje.

De aquí que se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas económicos utilizando para ello una subestación elevadora.

Una vez que los voltajes han sido elevados para poderlos transmitir al centro de consumo hay que volverlos a reducir ya que este voltaje no es posible emplearlo en las industrias, comercios, etc. Entonces se requiere de subestaciones reductoras.

Esta es la relación que existe entre centrales generadoras, líneas de transmisión y subestaciones eléctricas.

## **CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.**

### **a) Por su operación:**

- 1.- De corriente alterna.
- 2.- De corriente continua.

### **b) Por su servicio:**

#### **Primarias:**

- 1.- Elevadoras.
- 2.- Receptoras reductoras.
- 3.- De Enlace o Distribución.
- 4.- De Switcheo o de Maniobra.
- 5.- Convertidoras o Rectificadoras.

#### **Secundarias:**

- 1.- Receptoras (reductoras, elevadoras).
- 1.- Distribuidoras.
- 2.- De Enlace.
- 3.- Convertidoras o Rectificadoras.

c) Por su Construcción:

- 1.- Tipo intemperie
- 2.- Tipo interior
- 3.- Tipo blindado

## **ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA SUBESTACION.**

Se pueden clasificar sus elementos principales o secundarios.

Elementos principales:

- 1.- Transformador.
- 2.- Interruptor de potencia.
- 3.- Restaurador.
- 4.- Cuchillas fusible.
- 5.- Cuchillas desconectoras y cuchillas de prueba.
- 6.- Apartarrayos.
- 7.- Tableros dúplex de control.
- 8.- Condensadores.
- 9.- Transformadores de instrumento.

Elementos secundarios:

- 1.- Cables de potencia.
- 2.- Cables de control.
- 3.- Alumbrado.
- 4.- Estructura.
- 5.- Herrajes.
- 6.- Equipo contra incendio.
- 7.- Equipo de filtrado de aceite.
- 8.- Sistemas de tierras.
- 9.- Carrier.
- 10.- Intercomunicación.
- 11.- Trinchera, ductos, conductos y drenajes.
- 12.- Cercas.

## **TRANSFORMADOR**

Es un dispositivo que:

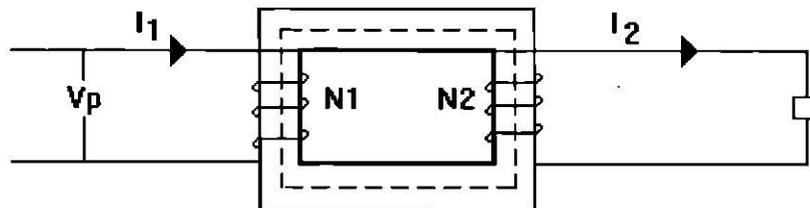
- Transfiere la energía eléctrica de un circuito al otro manteniendo la frecuencia constante.
- Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.

- Tiene circuitos eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.

### ***Principio de inducción electromagnética.***

La fuerza electromotriz inducida en un circuito es directamente proporcional a la razón del flujo magnético con respecto al tiempo.

### **Diagrama elemental de un transformador.**



En la figura se ilustra el esquema de un transformador sencillo en el cual dos bobinas están eslabonadas por un núcleo magnético laminado, la bobina conectada a la alimentación se llama primaria y la bobina en el cual se induce un voltaje por el principio de inducción y que alimenta a la carga se llama secundaria.

La bobina primaria toma la energía eléctrica de la alimentación de corriente alterna y la secundaria la recibe por inducción electromagnética para entregarla a los dispositivos eléctricos conectados a sus terminales.

### ***Las partes del transformador.***

- 1.- Núcleo de circuito magnético.
- 2.- Devanados.
- 3.- Aislamientos.
- 4.- Aislantes.
- 5.- Tanque o recipiente.
- 6.- Boquillas.
- 7.- Ganchos de sujeción.
- 8.- Válvula de carga de aceite.
- 9.- Válvula de drenaje.
- 10.- Tanque conservador.
- 11.- Tubos radiadores.
- 12.- Bases para rolar.
- 13.- Placa de tierra.
- 14.- Placa de características.
- 15.- Termómetro.
- 16.- Manómetro.
- 17.- Cambiador de derivaciones o taps.

### ***Clasificación de los transformadores.***

a) Por la forma de su núcleo:

- 1.- Tipo columnas.
- 2.- Tipo acorazado.
- 3.- Tipo envolvente.
- 4.- Tipo radial.

b) Por el número de fases:

- 1.- Monofásico.
- 2.- Trifásico.

c) Por el número de devanados:

- 1.- Dos devanados.
- 2.- Tres devanados.

d) Por el medio refrigerante:

- 1.- Aire.
- 2.- Aceite.
- 3.- Líquido inerte.

e) Por el tipo de enfriamiento:

- 1.- Enfriamiento OA.
- 2.- Enfriamiento OW.
- 3.- Enfriamiento OW/A.
- 4.- Enfriamiento OA/AF.
- 5.- Enfriamiento OA/FA/FA.
- 6.- Enfriamiento FOA.
- 7.- Enfriamiento OA/FA/FOA.
- 8.- Enfriamiento FOW.
- 9.- Enfriamiento A/A.
- 10.- Enfriamiento AA/FA.

f) Por la regulación.

- 1.- Regulación fija.
- 2.- Regulación variable con carga.

### 3.- Regulación variable sin carga.

g) Por la operación.

- 1.- De potencia.
- 2.- Distribución.
- 3.- De instrumento.
- 4.- De horno eléctrico.
- 5.- De ferrocarril.

#### ***Tipos de enfriamiento mas usados.***

- \* Tipo OA= (oil-air) Sumergido en aceite con enfriamiento propio.
- \* Tipo OA/FA= (oil-air forced-air) Sumergido en aceite con enfriamiento propio aceite del medio forzado.
- \* Tipo OA/FA/FOA= Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado y aceite forzado.
- \* Tipo FOA= Sumergido en aceite enfriado con aceite forzado y un enfriador de aire forzado.
- \* Tipo AA= Tipo seco no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamiento.
- \* Tipo AFA= Tipo seco enfriado por aire forzado.

#### ***Control del transformador.***

- 1.-Temperatura.
- 2.-Presión.
- 3.-Nivel de aceite o liquido.
- 4.-Rigidez del aceite.

#### ***Puesta en servicio y mantenimiento de transformadores.***

Antes de poner en operación un transformador dentro de una subestación eléctrica conviene hacer una revisión de lo siguiente:

1.- Rigidez dieléctrica del aceite.

Una lectura baja de rigidez dieléctrica del aceite nos indicará suciedad y humedad en el aceite.

2.- Resistencia de aislamiento.

3.- Secuencia de fases correctas(polaridad).

4.- Tener cuidado de que las lecturas de parámetros(V, I, W) sean las adecuadas.

Conviene que periódicamente se haga una revisión de algunas de sus partes como son:

- . Inspección ocular de su estado externo en general para observar fugas de aceite o cualquier anomalía.
- . Revisar si las boquillas no están flameadas por sobretensiones de origen externo o atmosférico.
- . Cerciorarse de que la rigidez dieléctrica del aceite sea la correcta de acuerdo a las normas .
- . Observar que los aparatos indicadores funcionen debidamente.
- . Tener cuidado que los aparatos de protección y control operen en forma correcta.

## **INTERRUPTORES.**

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Si la operación se efectúa sin carga (corriente) el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

Los interruptores en caso de apertura deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

La apertura de un circuito metálico cuando conduce una corriente ocasiona la formación de un arco eléctrico al separarse los contactos divisorios. Si esta acción tiene lugar en el aire, se ioniza el aire por el paso de la corriente. El aire ionizado es conductor de la electricidad.

Por ello el espacio entre los contactos móviles tiene una caída relativa baja de voltaje y la región cercana a la superficie de los contactos tiene una caída relativamente alta de voltaje.

### ***Interruptores de potencia.***

Los interruptores de potencia, como ya se mencionó, interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción la deben efectuar con carga o corriente de corto circuito.

Se construyen en 2 tipos generales:

- a) Interruptores de aceite.
- b) Interruptores neumáticos.

### *Interruptores de aceite.*

Los interruptores en aceite se pueden clasificar en 3 grupos:

- . Interruptores de gran volumen de aceite.
- . Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
- . Interruptores de pequeño volumen de aceite.

### *Interruptores de gran volumen de aceite.*

Estos interruptores reciben ese nombre debido a la gran cantidad de aceite que contienen; generalmente se construyen en tanques cilíndricos y pueden ser monofásicos o trifásicos. Los trifásicos son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común, separados entre sí por aislantes.

Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean interruptores monofásicos (uno por fase en circuitos trifásicos). Las partes fundamentales de estos interruptores son:

- Tanque o recipiente.
- Boquillas y contactos fijos.
- Conectores.
- Vástago y contactos móviles.
- Aceite de refrigeración.

### *Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción.*

Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas que en algunas ocasiones pueden ocasionar explosiones. Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de “cámaras de extracción” y dentro de estas cámaras se extingue el arco.

### *Interruptores de pequeño volumen de aceite.*

Los interruptores de pequeño volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen.

Se construye para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada, que permite mayor flexibilidad de operación.

### ***Interruptor neumático.***

El aire a presión se obtiene por un sistema de aire comprimido que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de que sean varios interruptores. Se fabrican monofásicos y trifásicos, para uso interior o uso exterior.

Ventajas:

- Ofrece mejores condiciones de seguridad, ya que evita explosiones e incendios.
- Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos.
- Disminuye la posibilidad de reencebados de arco.
- Es más barato.

### ***Pruebas a interruptores.***

Las que generalmente se efectúan a los interruptores o antes de poner en servicio un sistema son las siguientes:

- a) Prueba de presentación.- Sirve para determinar el valor de la corriente de apertura o de la corriente de cierre en algunos casos(corriente de falla).
- b) Prueba de sobrecarga.- Sirve para comprobar si el interruptor soporta la corriente de sobrecarga fijada.
- c) Prueba de temperatura.- Sirve para observar el comportamiento del interruptor con temperaturas elevadas o con corrientes mayores a la nominal.
- d) Prueba de aislamiento.- Sirve para verificar el comportamiento del interruptor a la tensión nominal y comprobar la calidad de los aislantes empleados.
- e) Prueba mecánica.- Nos permite observar si el interruptor es lo suficientemente fuerte de acuerdo a su capacidad de diseño (MVA).
- f) Prueba de presión.- Nos permite comprobar la resistencia del tanque a las presiones internas originadas por una falla.
- g) Prueba de funcionamiento.- Nos permite comprobar el funcionamiento correcto de los dispositivos de control y mecánicos fundamentalmente la operación simultánea de los polos de desconexión.

### ***Especificaciones para interruptores de potencia.***

Al igual que los transformadores se deben de especificar generalidades, función del interruptor en la subestación, si la subestación es de tipo interior o intemperie, si es de accionamiento manual o automático.

Entre los datos técnicos que se deben proporcionar se pueden mencionar como fundamentales los siguientes:

- a) Tensión nominal de operación.
- b) Corriente nominal.
- c) Corriente de ruptura KA.
- d) Capacidad de ruptura MVA.
- e) Capacidad de ruptura para S SRG, de duración de falla.

## **RESTAURADORES.**

En los sistemas de distribución, además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se planea en las redes de distribución se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente. Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operación automática que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir, construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con característica de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es más que un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y tensiones no muy elevadas.

Los restauradores normalmente están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas, con un intervalo entre una y otra calibrado de antemano en la última apertura el cierre debe ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

## **CUCHILLAS FUSIBLES.**

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora para lo cual se conecta y se desconecta y como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.

El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de la corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata, cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aliado con estaño.

Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles de acuerdo con el empleo que se les de. Entre los principales tipos y características tenemos las siguientes:

- Cuchillas desconectadoras(seccionadores).- Es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general operan sin carga aunque pueden operar con carga hasta ciertos límites.

### **Clasificación de cuchillas desconectadoras.**

Por su operación:

- a) Con carga (con tensión nominal).
- b) Sin carga (con tensión nominal).

Por su tipo de accionamiento:

- a) Manual.
- b) Automático.

Por su forma de desconexión:

- a) Con tres aisladores, dos fijos y uno giratorio al centro(horizontal), llamado también de doble arco.
- b) Con dos aisladores (accionados con pértiga), operación vertical.
- c) Con dos aisladores, un fijo y otro giratorio en plano horizontal.
- d) Pantógrafo o separador de tijera.
- e) Cuchilla tipo AV.
- f) Cuchilla de tres aisladores, el del centro movable por cremallera.
- g) Cuchillas desconectadoras con cuernos de arqueo.
- h) Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio.

### **Algunas recomendaciones para el empleo de los diferentes tipos de cuchillas**

a) Cuchillas con tres aisladores, dos fijos y giratorio el del centro.

Estas cuchillas se emplean sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones del orden de 34.5 KV, son generalmente operadas en grupo, por mando eléctrico.

b) Cuchillas con dos aisladores de operación vertical (normal e invertida).

Este tipo de cuchillas es de los más usuales por su operación simple , pueden usarse en instalaciones interiores o a la intemperie. para usos interiores se recomienda usarla en tensiones no mayores de 23 KV , para operación con pértiga.

c) Cuchilla con dos aisladores de operación horizontales (un aislador fijo)

Este tipo de cuchillas es de uso a la intemperie generalmente. Presentan muchas ventajas cuando son accionadas neumáticamente ; por tal razón, es conveniente emplearlas cuando se disponga de aire comprimido. se usan para cualquiera de las tensiones normales de operación.

d) Cuchillas tipo pantógrafo

En la actualidad este tipo de cuchillas no se usan con frecuencia , sobre todo en América. La razón , es que su mecanismo de operación es complicado y falla en ocasiones.

e) Cuchillas con tres aisladores de doble arco (tipo “AV”)

Estas cuchillas se utilizan en instalaciones de corrientes elevadas y tensiones medias ; se operan generalmente por barra o motor eléctrico.

f) Cuchillas de tres aisladores, con el aislador central desplazable por cremallera.

El rango de aplicación de estas cuchillas es semejante a las cuchillas de operación vertical; debido a su tamaño, generalmente son accionadas por motor eléctrico.

g) Cuchillas con cuerno de arqueo.

Estas cuchillas pueden ser de operación horizontal o vertical. se usan por lo general en sistemas que operan a tensiones muy elevadas, por ejemplo 66, 88, 115 KV. Su empleo es indispensable en líneas largas.

- Cuchillas de operación con carga

existen cuchillas que pueden desconectar circuitos con carga. Estas cuchillas reciben el nombre generalmente de seccionadores y son casi siempre cuchillas de operación vertical con accesorios especiales para desconexión rápida. Se fabrican para interrumpir corrientes hasta 1000 Amp. a tensiones no mayores de 34.5 KV.

### **Especificaciones**

Los datos que se deben proporcionar para el pedido de las cuchillas desconectadoras son básicamente las siguientes:

- 1.- Tensión nominal de operación.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Corriente de cortocircuito simétrica.
- 4.- Tipo de montaje (horizontal o vertical) y forma de mando.

## **ELEMENTOS FUSIBLES.**

El elemento fusible es el elemento que realiza las funciones de interrupción por sobrecorriente. Consiste de tres partes básicas: el cabezal, el elemento fusible y el tensor. La mayoría están diseñados y especificados de acuerdo a las normas NEMA pueden ser de estaño junto con plata o algún otro material.

Generalmente vienen provistos de un alambre de alta resistencia para proteger al listón contra rupturas mecánicas accidentales.

La longitud y la sección transversal del elemento fusible determinan la corriente y el tiempo necesario para que se funda el elemento. La longitud determina la cantidad de calor que puede ser conducido del centro hasta la periferia del elemento.

### **Principio de operación.**

Cuando se instala una cuchilla fusible , el listón esta listo para funcionar como dispositivo de protección. Al ocurrir la falla debido a la alta resistencia del tensor se calienta y se desprende, en ese instante se establece un arco severo de una parte a otra del listón. Debido a que el arco resulta ser un medio para que fluya la corriente de falla, este debe ser extinguido rápidamente de modo de evitar daños al sistema y equipo. La extinción del arco depende principalmente del principio de expulsión para lo cual el tubo que contiene al elemento fusible puede ser de fibra de ionizante para así confiar el arco eléctrico producto de la interrupción.

Las normas EEI y NEMA dividen los listones fusibles en dos tipos: los listones rápidos y los listones lentos K y T respectivamente que dependen del rango de velocidad lo que se define como la razón entre las corrientes de fusión para .1 y 300 seg. para rangos de listones que no sobrepasen los 100 Amp. la razón entre las corrientes de fusión para .1 y 600 seg.

### **APARTARRAYOS.**

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

- 1.- Sobretensiones de origen atmosférico.
- 2.- Sobretensiones por fallas en el sistema.

### **Protección contra sobretensiones de origen atmosférico.**

Apartarrayos.- El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y daña el equipo si no se les tiene protegido correctamente ; para la protección del mismo se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Descargas directas sobre la instalación.
- 2.- Descargas indirectas.

De los casos anteriores el más interesante, por presentarse con mayor frecuencia , es el de las descargas indirectas.

El apartarrayos dispositivo que se encuentra conectado permanentemente dentro del sistema , opera cuando se produce una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación esta determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación ; por ejemplo, los más empleados son los conocidos como “apartarrayos tipo válvular” y “apartarrayos de resistencia variable” .

El apartarrayos tipo válvular consiste en varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es de dar una operación más sensible y precisa. Se emplean en los sistemas que operan a grandes tensiones , ya que representan una gran seguridad de operación.

El apartarrayos de resistencia variable funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

La función del apartarrayos no es la de eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Las ondas que normalmente se presentan son de 1.5 a 1 microseg. (tiempo de frente de onda) La función del apartarrayos es corta su valor máximo de onda (aplanar la onda).

Para dar mayor seguridad contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejante a los que se colocan en líneas de transmisión.

La tensión a que operan los apartarrayos se conoce técnicamente como tensión de cebado del apartarrayos.

## **TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO.**

Se denominan transformadores para instrumento los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control, o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases.

- 1.- Transformadores de corriente.
- 2.- Transformadores de potencial.

### **Transformadores de corriente.**

Se conoce como transformador de corriente a aquel cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno elevado a otro con el cual se pueda alimentar

instrumentos de medición, control o protección como amperímetros, wattmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente etc.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja se determina sumando las capacidades de los instrumentos que serán alimentados y pueden ser de 15,30,50,60 y 70 VA.

Como estos transformadores van a estar conectados en sistemas trifásicos las conexiones que pueden hacerse con ellos son las conexiones normales trifásicas entre transformadores delta delta , estrella delta.

Es muy importante en cualquier conexión trifásica que se hagan conectar sus devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad y siempre conectar el lado secundario a tierra.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas y estos transformadores pueden construirse sin devanado primario ya que este lo constituye la línea a la que va a conectarse. En este caso a los transformadores se les denomina tipo dona.

### **Transformadores de potencial.**

Se denominan transformadores de potencial a aquel cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomaren cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieren señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja ya que varia de 15 a 60 VA.

Se construyen para diferente relación de transformación pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente 115V. Para conexiones trifásicas debe cuidarse que sus devanados estén conectados correctamente de acuerdo con sus marcas de polaridad.

## **TABLEROS ELECTRICOS.**

### ***Introducción:***

El termino tablero es aplicable tanto a los llamados de pared, como a los tableros de piso, ambos sirven para la misma función: recibir la energía eléctrica en forma concentrada y distribuirla por medio de conductores eléctricos, por lo general barras, a las cargas de los circuitos derivados.

Los circuitos derivados se protegen individualmente para sobrecorriente y corto circuito por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos montados en tableros algunas veces junto con los instrumentos de medición tales como voltímetros, amperímetros, medidores de demanda, etc.

Los tableros de pared y de piso difieren únicamente en su accesibilidad, los tableros de pared están diseñados para ser montados en pared o columna.

Los tableros de piso están diseñados para montarse retirados de las paredes de manera tal que son accesibles por el frente o por la parte trasera, necesitan entonces espacio libre para circulación, sujeción al piso y eventualmente bases de montaje especiales.

### **Tableros de maniobra, control y distribución.**

El sistema más empleado para encerrar los aparatos eléctricos en el campo de la baja tensión y de la media tensión es el de montarlos dentro de tableros cerrados realizados con perfiles y láminas metálicas.

La técnica de la realización de los tableros eléctricos ha evolucionado notablemente y se han desarrollado categorías de tableros eléctricos con características bien precisas de las cuales las más importantes son:

- \* Construcciones modulares con dimensiones normalizadas.
- \* Los aparatos por usuario o por circuito se instalan de manera tal que quedan independientes.
- \* Las barras se protegen de tal manera que no sean accesibles.
- \* Se procura en la media tensión el uso de interruptores de tipo móvil(extraíbles).

Estos tableros se encuentran disponibles para cubrir las exigencias de una distribución normal de las instalaciones y de la protección, así como el control de motores(centros de control de motores), para la distribución de potencia(centros de potencia), para la distribución en media tensión(metalclad).

### **Centros de control de motores.**

Los centros de control de motores son recomendables cuando existen razones particulares, para que los motores de una instalación o de una zona se alimenten en forma centralizada de esta manera un solo operador puede controlar fácilmente todo un complejo en los cuales se contienen los órganos de mando, de protección e instrumentos de medición.

Las principales características de los tableros usados como centro de control de motores son:

- Estructura metálica normalizada que sea fácilmente armada y modular. Cada módulo o compartimento contiene un grupo de paneles en los que se alojan los aparatos de mando y control de motores.
- Los paneles o módulos, tienen por lo general dimensiones normalizadas de manera que cada compartimento contenga un número entero de elementos, aunque de características distintas o sean fácilmente sustituibles en caso de ser necesario.
- Cada compartimento o panel contiene por lo general un interruptor automático que constituye un órgano de seccionamiento y protección contra la corriente de corto circuito, estaciones de botones para el mando de motores o bien arrancadores con estaciones de botones a control remoto, eventualmente se tienen módulos con instrumentos de medición, lámparas piloto, etc.
- Un sistema de barras generales de distribución, cuchillas o interruptor general a la entrada y algunos otros aparatos de medición como por ejemplo wathorímetro.

Los tableros para centros de control de motores se fabrican con corriente nominal de las barras principales, por lo general no superiores a 1000 Amp. y para corrientes de corto circuito no superiores a 50000 Amp.

Para su característica modular los centros de control de motores pueden ser fácilmente ampliados.

### **Tableros de control de potencia (tableros de potencia).**

Los tableros de control de potencia reciben potencia en baja tensión del transformador o de los transformadores y la distribuyen a distintos alimentadores o bien a centros de control de motores.

## **CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA SUBESTACION.**

Los principales conceptos que intervienen para contar con este tipo de instalaciones son: Diseño y selección de equipo, instalación, puesta en operación del equipo y conservación del equipo instalado (o sea mantenimiento).

Requisitos mínimos que debemos considerar en el diseño de una subestación son:

- a) La subestación deberá cumplir los requisitos mínimos de la C.F.E para este tipo de instalaciones.
- b) Debe ser funcional y de alta confiabilidad.
- c) Debe tener flexibilidad.
- d) Debe contar con equipo de protección adecuado.

e) El proyecto deberá contemplar la mejor alternativa económica para su adquisición y operación.

Para obtener estos requisitos se analizan los siguientes parámetros: lugar de instalación, capacidad de la subestación y esquemas de protección.

### ***Lugar de instalación.***

Si se trata de una instalación nueva es muy conveniente determinar la posición adecuada dentro de los terrenos de la planta, tomando en cuenta la acometida o sea la alimentación de C.F.E. , la ubicación de las cargas principales, los vientos dominantes (si fuera una industria que pudiera de alguna manera contaminar el equipo de la subestación).

Si se trata de una ampliación, convendrá determinar si se cuenta con el espacio disponible para colocar el equipo. Así mismo es muy importante estudiar la manera como se va a interconectar con la existente para que se haga en el menor tiempo posible evitando así una o varias interrupciones del servicio ya que esto afecta directamente a la producción.

### ***Capacidad de la subestación.***

Si es nueva la instalación es necesario conocer la carga actual así como la esperada en los siguientes 5 años. Así mismo es conveniente analizar la posibilidad de contar con uno o dos transformadores para satisfacer la capacidad. Los esquemas de protección mas adelante los analizaremos.

Teniendo perfectamente definidos los puntos anteriores se deberá hacer una solicitud a la compañía suministradora (C.F.E) indicando la carga instalada y la esperada en los próximos 5 años, acompañada con un diagrama unifilar de protección y medición de la subestación, disposición general del equipo, plantas y cortes, red de tierras, etc.

Después de lo anterior la C.F.E. nos deberá de proporcionar los siguientes datos:

- a) Voltaje de suministro y punto de entrega.
- b) Valor del corto circuito en el punto de entrega.
- c) Lugar de la medición y equipo a usar.
- d) Equipo de desconvinco y protección de la acometida.

Con esto podemos terminar de analizar los siguientes puntos:

### ***Niveles de voltajes en alta y baja tensión.***

Como ya lo comentamos la C.F.E. nos indica el valor del voltaje primario, y el voltaje secundario se determinara de la siguiente manera: Si se trata de una ampliación, el equipo existente es el que nos lo determinara. Y si se trata de una instalación nueva, necesitaremos conocer las características de la carga a conectar, las distancias entre las cargas. Para esto es muy conveniente tomar en cuenta los voltajes normalizados de la región.

### ***Medición de C.F.E.***

Dada la economía actual del país y de las empresas es muy conveniente analizar de donde se va a colocar la medición ya sea en el lado de alta o baja tensión.

Para poder determinar el lugar, es necesario primero consultar con la C.F.E. si no tiene inconveniente de colocar la medición en alta o baja tensión, si no hay inconveniente necesitamos evaluar la conveniencia económica y técnica; ya que como ustedes saben las tarifas actuales indican que si la medición esta en baja tensión se cargara un 5 % sobre el consumo y si es en alta tensión no se hace cargo alguno, pero se tendría que invertir en la adquisición de los transformadores de medición.

Estamos consientes que son mas los conceptos que intervienen en el diseño tales como: Tipo de estructura, cimentaciones, cuartos de control, tableros de alta y baja tensión. sistemas de tierras, ductos y trincheras, etc.

### ***Selección del equipo.***

La selección del equipo es una actividad que tradicionalmente lo maneja el personal de Ingeniería y el de compras, ya que cuando se toma una decisión se apoya primordialmente en el aspecto económico y rara vez participa el personal de mantenimiento, no debemos olvidar que son ellos los que tienen la experiencia en el manejo y operación del equipo y pueden colaborar proporcionándonos aspectos muy valiosos para hacer una buena selección. Los aspectos que muchos no consideran son: Compatibilidad del equipo con los ya instalados, disponibilidad de refacciones, simplicidad de operación y mantenimiento, confiabilidad reconocida del equipo, maniobras para sacar o meter el equipo en la subestación, ampliaciones futuras, etc.

### ***Selección del transformador.***

#### ***Elevación de temperatura.***

Todos los aislamientos del transformador deben ser capaces de operar en forma continua a una elevación de 65 grados centígrados sobre 40 grados centígrados de temperatura ambiente; y la elevación de temperatura del punto mas caliente no debe exceder de 80 grados, con un incremento de capacidad de 12 % sobre los KVA nominales a 55 grados centígrados, sin reducir la vida normal del transformador.

La elevación de temperatura de los devanados a tensión nominal y 112 % de los KVA nominales no debe exceder de los 65 grados centígrados, medidos por el método de resistencia. La elevación de temperatura del punto mas caliente no debe de exceder de 80 grados centígrados; la vida esperada del transformador cuando opera a 65 grados centígrados no debe ser menor que la que resultaría de su operación a 55 grados centígrados.

#### ***Altura de operación.***

Todos los transformadores se diseñan para operar a 1000 M.S.N.M en caso contrario de deberá especificar.

### *Impedancia.*

El valor de la impedancia se deberá especificar o solicitar garantizada, solamente cuando el transformador requerido se vaya a emparalelar con otro.

### *Derivaciones.*

Normalmente los transformadores los construyen con 4 derivaciones de 2.5 % de la tensión nominal en el devanado de alta tensión, a nosotros nos corresponde indicar si las derivaciones serán 2 arriba y 2 abajo, o 1 arriba y 3 abajo, o 3 arriba y 1 abajo.

En el caso de que se solicitara un cambiador de derivaciones con carga se deberá de cumplir con lo siguiente: Todas las derivaciones deben ser a capacidad plena. El numero de derivaciones conviene que sea de 10 arriba y 10 abajo de la tensión nominal, de un valor cada uno de 1% de la misma. La banda de regulación total debe ser de + - 10% de la tensión nominal, las derivaciones deben estar sobre el devanado de alta tensión.

### *Sistemas de preservación del aceite.*

Los casos mas comunes son: Sellado de aire, tanque conservador y sellado con cámara de nitrógeno.

## **PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO.**

### 1.- Criterios a seguir para la elaboración del programa de mantenimiento.

- 1.1.- Relación de equipo.
- 1.2.- Instrucciones del fabricante.
- 1.3.- Frecuencia de inspección.
  - 1.3.1.- Recomendaciones del fabricante.
  - 1.3.2.- Historial del equipo.
  - 1.3.3.- Condiciones de operación.
  - 1.3.4.- Calidad del equipo.
  - 1.3.5.- Condiciones ambientales.
  - 1.3.6.- Importancia del equipo.
- 1.4.- Disponibilidad de herramienta.
- 1.5.- Disponibilidad de recursos humanos.
- 1.6.- Disponibilidad de refacciones.
- 1.7.- Disponibilidad de librar el equipo.

### 2.- Control del mantenimiento.

## 2.1.- Objetivo.

Las actividades de mantenimiento del equipo eléctrico de una subestación, al igual que cualquier en la industria requiere de un buen sistema de planeación y control para mantener el equipo en las mejores condiciones de operación y así lograr una mejor continuidad del servicio eléctrico y evitar una acelerada depreciación del equipo.

## 2.2.- Criterios para la elaboración del programa de mantenimiento.

Para la elaboración de este programa se requiere contar con lo siguiente:

### 2.2.1.- Relación de equipo.

Es la relación de todo el equipo de la subestación que requiera trabajos de mantenimiento rutinarios. Debe incluirse todo el equipo cuyo costo de mantenimiento sea menor que los daños que podría ocasionar en caso de una falla.

Equipo que tiene una subestación: Transformadores de potencia, de potencial y corriente, interruptores de potencia (gran y pequeño volumen de aceite, vacío, SF6 y aire), tableros metal-clad, cables de potencia, banco de baterías y cargadores, apartarrayos, capacitores, buses y cuchillas desconectadoras, sistemas de tierras.

De los equipos anteriores, el mas importante es el transformador. La reparación o reposición de un transformador de potencia es una operación complicada y dilatada, a la vez costosa no solamente con lo que respecta a gastos directos de su reposición o reparación, sino que también aquellos costos indirectos que representan las perdidas de producción. Por lo tanto sobre el se toman las bases para elaborar el programa de mantenimiento.

## 3.- Instructivos del fabricante.

El departamento de mantenimiento debe de contar con todos los instructivos y manuales de mantenimiento de cada uno de los equipos, ya que los primeros meses de operación sirven de base como guía para las inspecciones rutinarias.

## 4.- Frecuencia de inspección.

Para determinar la frecuencia de inspección del transformador y del equipo de la subestación, intervienen muchos factores que son los que a ultima instancia determinan la ruta de inspección y son:

### 4.1.- Recomendaciones del fabricante.

Estas recomendaciones son un factor muy importante a considerar, no obstante que generalmente el fabricante para protegerse exagera un poco las necesidades de mantenimiento o presenta un plano muy conservador, no mencionando algunas partes que requieren mantenimiento. Cuando el equipo es nuevo es conveniente seguir las indicaciones del fabricante, este criterio se deberá ir modificando y mejorando según se vaya

adquiriendo experiencia de campo, que a fin de cuentas nos dará la información para definir la periodicidad del mantenimiento.

#### 4.2.- Historial del equipo.

La experiencia propia del personal que tiene a su cargo la instalación, es una de las mas valiosas herramientas que complementara el criterio del mantenimiento a realizar, teniendo como base los historiales del equipo; y de acuerdo al comportamiento del equipo se podrán prolongar o acortar los periodos de inspección.

#### 4.3.- Calidad del equipo.

En algunas ocasiones se detectan en el equipo ya en operación fallas debido a la mala calidad del mismo, lo que nos obliga a intensificar los mantenimientos y acortando los periodos de inspección.

#### 4.4.- Condiciones ambientales.

El medio ambiente es uno de los factores que nos obligan a considerar las periodicidades del mantenimiento, aun cuando este concepto afecta principalmente al medio aislante externo. En instalaciones donde la contaminación es muy fuerte, es necesario reforzar la limpieza externa.

#### 4.5.- Condiciones de operación.

Algunos equipos requieren una atención mas continua debido a sus condiciones de operación, por ejemplo: Los transformadores que alimentan hornos eléctricos, los cuales están sujetos a esfuerzos mecánicos muy fuertes; también los transformadores que alimentan rectificadores para sistemas de electrólisis y los que operan a temperaturas arriba de 80 grados centígrados.

#### 4.6.- Importancia relativa del equipo.

Este es un factor que en algunos casos puede ser decisivo para establecer la periodicidad, pues con objeto de garantizar una mayor confiabilidad en el equipo se pueden establecer periodos mas cortos de tiempo entre mantenimientos, lo cual seria mas costoso y deberá estar justificado por la importancia que el equipo tiene en la planta.

#### 4.7.- Disponibilidad de herramienta y equipo.

Para llevar acabo las inspecciones del equipo son necesarias algunas herramientas y equipo especial, algunas inspecciones pueden efectuarse en la planta con el personal de la misma, mientras que otras inspecciones mas especiales requieren del equipo y personal especializado que por lo general no se cuenta en la mayoría de las industrias.

#### 4.8.- Disponibilidad de recursos humanos.

Es de mucha importancia contar con los recursos humanos necesarios para llevar a cabo las inspecciones y actividades de mantenimiento. Se requiere contar con personal capacitado para la seguridad del mismo, por la conservación del equipo y evitar interrupciones prolongadas del servicio.

#### 4.9.- Disponibilidad de refacciones.

Es necesario contar con las refacciones necesarias para programar el remplazo de las partes afectadas, en la mayoría de los casos se recomiendan las refacciones mas comunes que se deban tener de reserva.

#### 4.10.- Disponibilidad de libranza.

La disponibilidad del equipo es fundamental para la programación del mantenimiento. Algunas plantas cuentan con procesos continuos donde la libranza o paros son muy escasos, por lo que la programación de inspección se ve forzada a efectuarse en paros programados de producción.

#### 5.- Control del mantenimiento.

Una de las situaciones mas graves a subsanar en el control de mantenimiento es la falta de reportes y sus comentarios, pues con forme va pasando el tiempo el equipo requiere mayor atención y sucede que no existe una fuente de referencia para conocer su desempeño u funcionamiento, por lo que el Ingeniero de mantenimiento se ve en grandes problemas e improvisa lo que su experiencia o lo que sus conocimientos le permiten.

Es muy recomendable que junto con el reporte de pruebas que se realice al equipo, se describa la causa de haber realizado no solo la prueba sino las reparaciones o correcciones describiéndolas con detalle. Para lo que es conveniente auxiliarse de paginas y figuras de referencia de los instructivos o de fotografías, pues de esa forma quedara debidamente aclarado sin lugar a duda que parte del equipo a sufrido un desperfecto y en que forma se llevo a cabo su corrección.

### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PREDICTIVO Y CORRECTIVO.**

#### ***Mantenimiento preventivo.***

Inspecciones programadas y pruebas periódicas al equipo para verificar su comportamiento y así detectar cualquier problema que pueda ocasionar una falla.

#### ***Mantenimiento predictivo.***

Este mantenimiento es una fase del mantenimiento preventivo. Son las actividades (inspecciones y pruebas) efectuadas con mas frecuencia a un equipo considerado critico.

### ***Mantenimiento correctivo.***

Es el mantenimiento necesario a efectuar en el equipo para corregir un problema detectado.

## **PRUEBAS USADAS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Algunas de las pruebas mas comunes usadas en campo para evaluar las condiciones del equipo son las siguientes: Resistencia al aislamiento, perdidas dialécticas (factor de potencia), corriente de excitación, relación de transformación, resistencia ohmica, alto potencial C.D., resistencia de tierras, pruebas de aceite.

### ***Resistencia de aislamiento.***

Es una prueba no-destructiva, la medición de la resistencia de aislamiento sirve “para tener una idea” del estado en que se encuentran los aislamientos y con base en esto decidir si estar en condiciones de soportar los esfuerzos dialécticos que se originan al aplicar tensiones en prueba o trabajo. El obtener valores bajos nos indica en forma decisiva que el aislamiento sea deficiente (en su diseño o aplicación), sino que hay suciedad o humedad en los aislamientos.

La medición se efectúa con un “Megger”, que consta básicamente de una fuente de C.D. y un indicador de megaohms. La capacidad de la fuente generalmente es baja, ya que la finalidad es ver el estado en que se encuentra un aislamiento, de tal manera que si un aislamiento esta débil no lo dañara. La fuente puede ser accionada manual o eléctricamente.

En general las lecturas de resistencia de aislamiento deben ser consideradas como relativas, a menos que se este interesado solamente en que si están manteniendo los valores mínimos, de acuerdo con una regla o formula; las lecturas deben compararse con resultados de pruebas hechas previa o subsecuentemente. Las pruebas periódicas constituyen por lo tanto un medio lógico para aproximarse a la resistencia de aislamiento con un significado efectivo para determinar y seguir las condiciones de aislamiento de equipo eléctrico.

Además de que el valor real de las pruebas y el criterio para discriminar los resultados viene cuando se ha asimilado una experiencia y capacitación para juzgar una serie de lecturas y anticipar fallas.

Las resistencias de aislamiento a determinar en un transformador, son la resistencia que presenta un devanado con respecto a otro y la que presenta un devanado con respecto al núcleo y con respecto al tanque; es decir las lecturas de resistencia de aislamiento que se toman son:

- A.T. contra B.T.
- A.T. contra B.T. + tanque a tierra.
- A.T. + tanque a tierra contra B.T.

Supongamos un transformador que tiene 10 años o mas de servicio, donde su historia no es bien conocida y no se han hecho pruebas anteriores, excepto en el caso de una lectura con un valor obviamente bajo, se podría basar un criterio como aceptable observando el efecto de absorción, el cual si no es deformado por pequeñas resistencias de dispersión, ocasiona un continuo incremento en la lectura por varios minutos (10). Por el contrario si el efecto de absorción es deformado por la humedad u otras condiciones de aceites o aislantes, se obtendrá un valor que en los primeros 3 minutos de la prueba se estabilizara.

La lectura de la escala de Megger esta determinada por la relación del voltaje aplicado al devanado bajo prueba y la corriente que se forma de 3 componentes y no alcanza su valor final inmediatamente; la lectura inicial es baja y se incrementa gradualmente con el tiempo, alcanzando un valor medianamente estable. Primeramente tenemos una corriente de carga capacitiva real, la cual depende del tramo del equipo bajo prueba y puede ser de un gran valor, pero disminuye después de que el aislamiento se carga a pleno voltaje. Inmediatamente después tenemos una corriente de carga que debe de suministrar debido a que el aislamiento esta sometido a un esfuerzo de un campo eléctrico, esta corriente de carga se conoce como absorción dieléctrica.

Por ultimo tendremos la corriente de fuga a través y sobre el aislamiento. La cual es constante y nos da la medida de la resistencia de aislamiento, la corriente de absorción puede tardar en decaer hasta 10 minutos. Esta claro que una vez que las dos corrientes de carga han decaído se puede obtener un valor real de resistencia.

El índice de polarización se llama a la relación de 2 lecturas tomadas a intervalos de tiempo definidos; para instrumentos operados con motor se recomienda la relación de 10 a 1 minutos. Este índice da la indicación de la proporción de la corriente de conducción sobre la de absorción.

Un valor próximo de 1.0, indica promedio de la corriente de conducción y por lo tanto una conductividad muy alta. El principio del método índice de polarización es que siendo el fenómeno de absorción inherente al aislamiento debe mostrarse claramente en la curva de resistencia-tiempo, y su ausencia (curvas que rápidamente se estabilizan en un valor constante de resistencia) indica que la componente corriente de conducción predomina al grado de que la variación de la corriente de absorción no se percibe, lo cual acusara presencia de humedad, fuga superficial o deterioro de aislamiento.

La temperatura tiene también un efecto apreciable en la lectura, ya que esta reduce el valor de la resistencia de aislamiento considerablemente. Para relacionar debidamente las mediciones periódicas de resistencia de aislamiento, es necesario que cada medición sea hecha a la misma temperatura, o que las mediciones sean convertidas a la misma temperatura base. Para lo cual se anexa una tabla en la que se dan los factores de corrección por temperatura en la medición de resistencia de aislamiento con Megger, tomando como base 20 grados centígrados. Los valores obtenidos a esta temperatura base tendrán validez exclusivamente para fines de estadística así como comparación para relacionar dichos valores con los obtenidos en las pruebas periódicas anteriores.

## PRUEBAS DE MEGGER

Para medir	Conectar terminal de:			Tensión de prueba en KV	Duración de prueba en minutos
	Línea	Guarda	Tierra		
RH	H	X	Tanque	2.5	10
RX	X	H	Tanque	2.5	10
RHX	H		X	2.5	10

Diagrama de conexiones para pruebas a transformadores de 2 devanados.

NOTA: Para esta prueba el tanque deberá estar aterrizado firmemente.

Factores de corrección por temperatura para transformadores en operación.

Temperatura base de 20 grados centígrados.

Grados centígrados	Factor
0	.25
5	.36
10	.50
15	.72
20	1.00
30	1.98
40	3.95
50	7.85

### Perdidas dieléctricas (factor de potencia).

Esta prueba es una medida de aislamiento y no debemos confundirla con el factor de potencia de un sistema de potencia. Esta prueba nos indica la calidad del aislamiento y se puede comprender con la siguiente explicación. Todos los devanados de un transformador están separados unos entre otros y también con respecto a tierra por medio de aislamiento sólido, este aislamiento de celulosa forma una capacitancia entre pérdidas dieléctricas que pueden ser representadas por una resistencia en serie con un capacitor. El factor de potencia del aislamiento se define como la relación de la resistencia y la impedancia de esta combinación, y se puede medir aplicando un voltaje a través de esta capacitancia, midiendo

amperes y watts de pérdidas, y calculando con estos valores el factor de potencia. Las pérdidas dieléctricas que pueden ser medidas provocan calor en el aislamiento durante la operación del transformador. Este calor junto con la humedad y otros factores pueden deteriorar el aislamiento. La interpretación de la condición del aislamiento depende en primer lugar de la comparación con respecto a pruebas anteriores de la misma unidad o de unidades similares que estén en buenas condiciones.

Como se ha descrito esta prueba detecta las pérdidas reales a tierra a través del aislamiento causadas por las pérdidas dieléctricas o corrientes de fuga. Todos los aislamientos tienen trayectorias pequeñas de fuga que permiten el flujo de corrientes pequeñas. Si algún elemento fuera perfecto no habría corriente de fuga, por lo que el factor de potencia sería del 0%. Entre más grande sea la trayectoria de fuga, más grandes serán las pérdidas reales a través del aislamiento causadas por la  $I^2 R$ . Si toda la potencia que se aplica durante la prueba se perdiera en calor a través del aislamiento, el factor de potencia sería del 100%.

Por definición el factor de potencia es una medición de las pérdidas reales a tierra a través del aislamiento causados por la corriente de fuga. Es igual a la resistencia del circuito  $R$  dividida por la impedancia del circuito ( $Z$ ). También puede ser, expresado como el coseno del ángulo de fase entre la corriente y el voltaje. El equipo más conocido para efectuar esta prueba es el desarrollado por :

Relación de transformación (T.T.R.): Esta prueba en primer lugar se usa como prueba de aceptación. También se usa como herramienta de investigación de algunos problemas.

## **PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES Y CORTO CIRCUITO.**

### *Introducción :*

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

Si un conductor tiene una resistencia  $R$  que conduce una corriente  $I$ , el calentamiento resultante es proporcional a  $RI$ , de manera que si por ejemplo el conductor conduce una corriente del doble, el calentamiento se incrementa cuatro veces, esto significa que al aumentar la corriente en un conductor el calentamiento sube mucho más, debido a que crece con el cuadrado de la corriente.

El calentamiento excesivo como resultado de una corriente excesiva causa que el aislamiento del conductor se degrade rápidamente, lo que conduce a una falla del aislamiento y al subsecuente corto circuito de línea a tierra o de línea a línea (entre

conductores), también el calentamiento excesivo puede producir fuego e incendios cuando se encuentre cerca de material inflamable.

Por otra parte las corrientes de corto circuito pueden tener tal magnitud que producen explosiones en los tableros grandes y daños en el equipo con riesgos frecuentes para el personal. Estos daños en el equipo y riesgo para el personal se pueden prevenir con una adecuada protección contra sobrecorrientes y corto circuito.

Los fusibles e interruptores son los dispositivos que se usan normalmente para proteger las instalaciones y equipos contra sobrecorrientes y corto circuito, operan básicamente abriendo (liberando) los circuitos en los que están conectados, antes de que los valores de corriente excedan la corriente permisible en los conductores.

Antes de iniciar el estudio del corto circuito se hará una breve revisión de las características de los elementos de protección y sus aplicaciones recomendadas en las instalaciones eléctricas.

### **Los dispositivos de protección.**

Los dispositivos de protección y control deben satisfacer las normas y recomendaciones dadas para las instalaciones, que en términos generales son las siguientes:

- \* Se debe prever de circuitos separados para alumbrado general, para contactos y aplicaciones especiales.
- \* Las ramas de los circuitos con mas de una salida no deben tener una carga que exceda al 50% de la capacidad de conducción.
- \* El tamaño menor del conductor de alumbrado no debe ser menor de 12 AWG.
- \* De acuerdo con la capacidad de carga de cada circuito se deben instalar tableros de distribución con tantos circuitos como sea necesario.

Para cumplir con las disposiciones anteriores, se debe contar con los siguientes elementos:

- ➤ Interruptores en caja de lamina: También conocidos como interruptores de seguridad, son interruptores de navaja con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor y con fusibles integrados.
- ➤ Tableros de distribución: Estos tableros también son conocidos como centros de carga, consisten en dos o mas interruptores de navaja con palanca o con interruptores automáticos termomagnéticos.

☞ **Fusibles:** Los fusibles son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un punto bajo de fusión, que se funde cuando se excede el límite para el cual fue diseñado, interrumpiendo con esto el circuito.

Se fabrican de 2 tipos:

- a) Fusible de tapón : Usados principalmente en casas habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 Amp.
- b) Fusible tipo cartucho: Que a su vez pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 Amp. y tipo navaja para capacidades de 75 a 600 Amp. De acuerdo con sus características eléctricas los elementos fusibles pueden ser normal o de acción retardada.

#### *Interruptores termomagnéticos.*

Estos interruptores están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga, accionado por una combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación conocido también como par térmico, el cual al paso de la corriente se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor. Operan desde el punto de vista del tiempo de apertura con curvas características de tiempo corriente.

El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es móvil y puede operar o disparar el mecanismo del interruptor. El circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre sobrecorriente, operan con sobrecargas con el elemento térmico y por sobrecorrientes con el elemento magnético para fallas.

#### *Interruptores termomagnéticos instantáneos.*

Son energizados por el circuito magnético de las corrientes de sobrecarga o de corto circuito y se usan normalmente como elementos de protección de los circuitos derivados de motores, ya que la protección contra la sobrecarga del motor es el elemento térmico de un relevador que se considera por separado. Los interruptores termomagnéticos especiales se diseñan para soportar un 100% de la corriente nominal y para disparar entre el 101 y 120% de la corriente nominal de carga..

#### *Interruptores termomagnéticos de tiempo inverso.*

Es el tipo de interruptor termomagnético equivalente al fusible de tiempo retardado, tiene un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de corto circuito o a valores excesivos de sobrecarga en el arranque. El elemento térmico proporciona protección para los circuitos derivados cuando se presentan sobrecargas, esta protección se realiza por medio de dispositivos térmicamente activados tal como ocurre en los elementos bimetalicos.

### *Otras características constructivas de interruptores.*

Características principales de los interruptores de seguridad, servicio normal de navaja para fusible tipo cartucho, tiro sencillo en caja de usos generales son los siguientes:

- a) Mecanismo rápido de desconexión para capacidades superiores a los 30 Amp.
- b) Tienen bases de porcelana de 30 hasta 100 Amp.
- c) La manija puede ser asegurada en las posiciones de abierto o cerrado.

Se fabrican en dos polos para 250 volts C.A. de 30 a 600 Amp. y en 3 polos para 240 volts C.A. también de 30 a 600 Amp.

Estos interruptores de seguridad se fabrican también para servicio pesado de navajas para fusible tipo cartucho hasta 600 volts máximos de C.A. con las siguientes características:

- a) Puerta con seguro para evitar abrirlo en la posición de cerrado.
- b) Mecanismo rápido de conexión y desconexión.
- c) Supresión de arco.
- d) Partes conductoras plateadas.

Los interruptores termomagnéticos se fabrican según sus aplicaciones y capacidad para prestar servicio en:

- a) Tipo industrial.
- b) Centros de carga.
- c) Tableros de alumbrado.

## **FACTOR DE POTENCIA**

### **Fundamentos:**

La corriente requerida por los motores de inducción, lámparas fluorescentes, transformadores etc. se puede dividir en dos clases de corriente: corriente magnetizante y corriente productora de potencia o corriente de trabajo.

La corriente productora de potencia es aquella corriente que será convertida por el equipo, en trabajo útil, tal como hacer girar en torno, efectuar soldadura o bombear agua.

La unidad de medida de la potencia es el kilowatt (KW).

La corriente magnetizante (reactiva o no productora de trabajo) es aquella corriente que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante la energía no puede fluir a través del núcleo del transformador o a través del entrehierro de los motores de inducción.

La unidad de medida de esta potencia magnetizante es el KiloVar

La potencia total llamada "POTENCIA APARENTE" KVA será la suma geométrica de ambas potencias es decir:

$$KVA = \sqrt{(KW)^2 + (KVAR)^2}$$

$$\cos\phi = FP$$

FP=FACTOR DE POTENCIA

¿Que es factor de potencia?

El factor de potencia se expresa como la razón de corriente productora de potencia en el circuito y la corriente total en el circuito. Esto es lo mismo que la razón entre los kw o potencia real y los kva o potencia aparente.

$$\text{Factor de Potencia} = KW/KVA$$

En otras palabras el factor de potencia es el factor por el cual debe ser multiplicada la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo.

$$KW = fp \times KVA$$

El factor de potencia viene a representar según la relación triangular el coseno

$$fp = \cos\phi \quad P = VI \cos\phi$$

Con frecuencia se utilizan los términos de factor de potencia "adelantado" o factor de potencia "atrasado" términos muy relacionados con la dirección del flujo de la potencia real y reactiva.

Como regla general se asumirá : que un factor de potencia está en atraso si la carga requiere kilovars y en adelante si la carga suministra kvars.

Es así como un motor de inducción tienen un factor de potencia en atraso debido a que los requerimientos para la magnetización deben ser suplidos por alguna fuente de

potencia; un motor sincrónico sobreexcitado puede suplir kilovars a partir del campo de C.D.: de excitación.

### ***Factores que influyen en un bajo factor de potencia.***

Todos los aparatos que contienen inductancias tales como motores , generadores , transformadores y demás equipos con bobinas necesitan corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.

### ***Desventajas.***

a)Un bajo factor de potencia trae como consecuencia sobrecargas en los generadores , transformadores y líneas de distribución. Debido a esto las caídas de tensión y las pérdidas de potencia se tornan mayores de lo normal.

b)Los costos aumentan debido a que se deben transmitir mas corriente siendo el consumidor el que pague la diferencia.

c)Se reduce la capacidad de carga del sistema eléctrico.

Se deduce que existen 2 razones principales para mejorar el factor de potencia:

- Mayor capacidad eléctrica del sistema de distribución de potencia.
- Reducción en cuestión económica que la compañía de electricidad cobra al consumidor por medio de las cláusulas de factor de potencia incluidas en las tarifas.

### ***Como se mejora.***

De las fórmulas antes expuestas del factor de potencia se observa que si dicho factor de la carga es bajo , fluirá mas corriente a la carga a una tensión dada para desarrollar una potencia determinada lo que no ocurriría si el factor de potencia es unitario.

Es deseable reducir la corriente que fluye tanto como sea posible con un factor de potencia que se asemeje a la unidad. La corriente para una carga determinada es minimizada y la capacidad plena del equipo puede ser utilizada para proveer potencia útil a la carga.

Los problemas de la presencia de un bajo factor de potencia se resuelven agregando equipo de corrección al circuito eléctrico.

Los aparatos que han sido diseñados con el fin de mejorar el factor de potencia son los motores sincrónicos , condensadores y los capacitores.

Los motores sincronicos mejoran siempre y cuando actúen a baja carga porque de lo contrario toman potencia reactiva de la línea de alimentación.

Los condensadores sincronicos se utilizan en compañías de electricidad con instalaciones pesadas y operan muy bien pero sin embargo resultan muy costosos y pesados.

Los condensadores no sincronicos constituyen el medio mas practico y económico de mejorar el factor de potencia. La corriente del capacitor se encargara de suministrar la corriente magnetizante requerida por la carga .

La mejora es debido a que su efecto es exactamente opuesto al de la inductancia. De estas forma la cantidad neta de potencia reactiva se reduce y consecuentemente se mejora el factor de potencia.

### **Guía para determinar el calibre del conductor en baja tensión.**

- Seleccione el tipo de conductor adecuado según el uso especificado de la instalación, además deberá conocer si la instalación se efectuara en conduit, al aire o en charola.

Calcule la corriente que va a transportar el conductor con la formula adecuada de la tabla de fórmulas eléctricas mas usuales. En el caso de motores usted puede calcular la corriente con dichas fórmulas, o consultarlas directamente en las tablas (valores de corriente a plena carga para motores). No se olvide de aumentar a la corriente a plena carga en los motores un 25% adicional para cumplir con el reglamento NTIE-81; en el caso de dos o mas motores, sume la corriente nominal de estos y aumente solamente el 25% al valor de la corriente del motor mas grande.

Es necesario afectar este valor de corriente por los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento. Este nuevo valor de corriente no circulara realmente por el conductor, sino que sirve para simular las condiciones adversas en las que estará trabajando.

Con este nuevo valor de corriente afectada por los factores de corrección, localice el calibre adecuado, según sea el tipo de conductor y el tipo de instalación elegidos.

Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión que sufrirá la instalación utilizando para esto la formula de caída de tensión, que es

$$V = \frac{F_c (L)(I)}{1000}$$

Donde:

V= Caída de tensión.

L= Longitud del circuito (m t o).

I= Corriente que circula (A m p).

Fc= Factor de caída de tensión unitaria.

Y el % V sera:

$$\%V = \frac{1.732 V}{V_c} \times 100.$$

Donde:

%V=% de caída.

Vc= Voltaje en la carga.

Es importante recalcar que en esta formula, la corriente que se utilizara será aquella resultante en el punto numero 2, es decir, de aquí la corriente no deberá estar afectada por los factores de corrección por agrupamiento y temperatura. Si el sistema fuera de dos fases el (V) es multiplicado por 2 y por uno si fuera de una fase.

6.- Si la caída de tensión es mayor del 3% para circuitos alimentadores o derivados o del 5 % para la suma de alimentadores mas derivado, es necesario calcular un calibre superior.

## **SISTEMAS DE TIERRA.**

### **Material utilizado:**

1. Conductor a tierra.
2. Cable de cobre suave no menor de 2 AWG hasta 15 KV.
3. Para grandes subestaciones (20,000 KVA o mas) usar cable 4/0.

### **Material para el electrodo:**

- a) Tubo galvanizado de 25 mm.φ por 2 metros.
- b) Varilla de cobre acero Copperwelld de 16 mm φ por 3 metros de largo.
- c) Resistencias de tierra no mayores de 10 Ω.

### **Numero de electrodos:**

- ◇ Para subestaciones pequeñas 2 electrodos.
- ◇ Para subestaciones mayores de 1500 KVA se colocan 20 electrodos.
- ◇ O por cada 15 metros cuadrados se coloca 1 electrodo.

### Fines de la puesta a tierra:

- \* Fijar el nivel de potencial de todas las masas metálicas con respecto a tierra.
- \* Proteger las maquinas y aparatos de la sobrecarga.
- \* Asegurar la protección del personal, en lo referente a los peligros de corriente eléctrica.

Tipos de tierra.	$\Omega$ / metro.
Arcilla, Marga, Fósil, Mantillo húmedo	10
Arena fina, Yeso seco.	100
Arena húmeda	1,000
Basaltos	10,000
Roca compacta	100,000

NOTA: Subestaciones de C.F.E. de 1 a 5  $\Omega$  / metro..  
Subestaciones pequeñas de 10 a 25  $\Omega$  / metro.

## CALCULO PRACTICO Y DISEÑO ELECTRICO DE UNA SUBESTACION

Se piensa instalar una subestación eléctrica la cual tendrá la siguiente carga:

1. Un molino movido por un motor síncrono de 500 H.P y  $f.p=0.85 (+)$ .
2. Una maquinaria con motores de 20 y 15 H.P y  $f.p=0.85 (-)$ .
3. 3 maquinas de soldar de 25 KVA. y  $f.p=0.6 (-)$ .
4. 3 compresores con motores de 40, 60 y 50 H.P. y  $f.p=0.85 (-)$ .
5. Una maquina y herramienta con motores de 5, 7 ½ y 10 H.P. y  $f.p=0.85 (-)$ .
6. Un grupo de 5 bombas con motores de 5 H.P. c/u y  $f.p= 0.85 (-)$ .
7. Un tablero de alumbrado de 100 KW y  $f.p= 0.9(-)$ .

Consideraciones: La tensión de las cargas será 3F y 440 Volts, excepto el alumbrado que es de 3F y 220 Volts; y la subestación es para una fabrica de telas (Textil) y existen 100,000 KVA de corto circuito.

Determinar:

- a) Los KVA del transformador de 13,200/440 Volts. Alumbrado en 220 Volts con 100,000 KVA de corto circuito en la acometida.
- b) Compresores en un ramal o circuito derivado.
- c) Bombas en otro ramal.
- d) Alumbrado distribuido en 4 transformadores secos (3 de 30 KVA y 1 de 20 KVA) de 440/220 Volts c/u.
- e) Soldadoras en otro ramal.
- f) Maquinas de motores de 15, 20 H.P y maquinas herramientas de 10, 7 1/2 y 5 H.P en otro ramal.
- g) Motor síncrono en otro circuito derivado.

Seleccionar:

- ⇒ Fusibles en alta tensión.
- ⇒ Interruptor general de baja tensión.
- ⇒ Interruptores generales de todos los circuitos derivados ( o ramales).
- ⇒ Interruptor, arrancador, elemento térmico, calibre del conductor y tubo conduit para cada motor.

Solución:

- a).- La capacidad del transformador.

La capacidad del transformador se determinara considerando por separado los tipos de carga que tengan un mismo factor de potencia; para realizar por medio del triángulo de potencias la determinación de ellas.

Primeramente aquellas que tienen un factor de 0.85 en retraso.

Estas cargas son: Compresores, Bombas, Maquinas de motores y Maquinas herramientas.

Suma de H.P= 60+50+40+25+20+15+10+7.5+5= 232.5 H.P.

KW=.746 H.P. =.746 (232.5)= 173.44 KW.

f.p= KW/ KVA ; KVA=KW/ f.p = 173.44/ 0.85= 204.4 KVA.

KVAR= KVA (Sen  $\theta$ )= 204.04 (Sen 31.79)= 107.46 KVAR.

Ahora para las maquinas de soldar, las cuales son de 25 KVA c/u con un f.p. de 0.6 en retraso.

KW= KVA (f.p.)= 75 (.6)= 45 KW.

KVAR= KVA (sen $\theta$ )= 75 (sen 53.13)= 60 KVAR.

Para el alumbrado, el cual tiene un factor de potencia de 0.9 en retraso, y una carga de 100 KW.

KVA= KW/ f.p.= 100/ 0.9= 111.11 KVA.

KVAR= KVA (Sen  $\theta$ )= 111.11 (.4358)= 48.42 KVAR.

Y para el motor síncrono de 500 H.P con un factor de potencia de 0.85 adelanto.

KW= 500 H.P.(.746)= 373 KW.

KVA=KW/ f.p.= 373/ 0.85= 438.82 KVA.

KVAR= KVA (Sen  $\theta$ )= 438.82 (.5267)= 231.12 KVAR.

Realizando una suma de KW= 173.44+45+100+373= 691.49 KW.

Realizando una suma de KVAR= 107.46+60+48.42-231.12= -15.24.

KVA instalados =  $\sqrt{(691.49)^2 + (-15.33)^2} = 691.69$  KVA

Multiplicando los KVA instalados por el factor de demanda y sumándole del 20 al 30% de los KVA instalados, obtendríamos la potencia del transformador.

Los KVA transformador= KVA instalados (F.D) + 20 al 30% de los KVA inst.  
Los KVA transformador= (691.65) (.65) + (0.25) (691.65).  
Los KVA transformador= 622.41 KVA.

Como este valor no es comercial, escogeremos el de la capacidad comercial mas próximo ( ver tabla 2 ), siendo este de 750 KVA.

Por lo tanto las características del transformador son las siguientes:  
750 KVA. 13200/ 440/220.  
3 Fases.  
Z= 5.75%.  
Tipo de enfriamiento: OA.

b).- Fusibles de alta tensión.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} (V)} = \frac{750}{\sqrt{3} (13.2)} = 32.804 \text{ Am p.}$$

Criterio de código 2 (In).

Criterio de código 2 (32.804)= 65.608 Amp.

Características de los tres cortacircuitos fusibles:  
(Ver tabla 4 y 5 )  
Voltaje máximo: 15 KV.  
Tipo: universal, velocidad "Std", número 64065.

Capacidad de los listones: 65 Amp.  
Capacidad interruptiva: 8000 Amp.  
Distribución para 100 Amp.

También se necesitara 3 apartarrayos en 12 KV (ver tabla 7).

c).- Interruptor general de baja tensión.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} (V)} = \frac{750}{\sqrt{3} (.44)} = 984.11 \text{ Am p.}$$

Criterio de código 1.25 (In).

Criterio de código 1.25 (984.11)= 1230.13 Amp.

Características del interruptor termomagnético:  
(Ver tabla 12).  
tipo: PA (3 polos).  
Corriente nominal: 1400 Amp.  
Marco: 2000 Amp.

V c.a. máximos: 600.

Capacidad interruptiva: 50,000 Amp.

d).- Interruptores generales de cada uno de los ramales.

1).- Calculo del interruptor general del motor síncrono.

Capacidad del motor = 500 H.P.

$$P = \sqrt{3} (KV)(I)(f.p).$$

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}(KV)(f.p)} = \frac{500 \text{ H.P } (.746 \text{ KW / H.P})}{\sqrt{3}(.44)(.85)} = 575.58 \text{ Amp.}$$

$I_n = 575.58 \text{ Amp.}$

Criterio de código 1.25 ( $I_n$ ).

Criterio de código 1.25 ( $575.58$ ) =  $719.47 \text{ Amp.}$

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 11).

Tipo: MH (3 polos).

Corriente nominal: 800 Amp.

Marco: 1000 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d: 250.

Capacidad interruptiva: 50,000 Amp.

2).- Calculo del interruptor general para la maquinaria (motores de 20 y 15 H.P.) y para las maquinas herramientas (motores de 10, 7.5 y 5 H.P.).

(Ver tabla 13).

$I_n$  para el motor de 20 H.P = 27 Amp.

$I_n$  para el motor de 15H.P.= 21 Amp.

$I_n$  para el motor de 10 H.P.= 14 Amp.

$I_n$  para el motor de 7.5 H.P.= 11 Amp.

$I_n$  para el motor de 5 H.P.= 7.6 Amp.

Criterio de código 1.25 ( $I_n$  motor mayor) +  $\sum I_n$  de los demás motores.

Criterio de código 1.25 ( $27$ ) + ( $21+14+11+7.6$ ).

Criterio de código 87.35 Amp.

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 8).

Tipo: FH (3 polos).

Corriente nominal: 100 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva 25,000 Amp.

3).- Calculo del interruptor general de las soldadoras (3 soldadoras de 25 Kva c/u.).

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} (KV)} = \frac{75}{\sqrt{3} (.44)} = 98.41 \text{ Am p.}$$

Criterio de código 2 a 3 (In).

Criterio de código 2.5 (98.41)= 246 Amp.

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 10).

Tipo: LH (3 polos).

Corriente nominal: 250 Amp.

Marco: 400 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva: 35,000 Amp.

4).- Calculo del interruptor general de los compresores (motores de 60, 50 y 40 H.P.).

(Ver tabla 13).

In para el motor de 60 H.P.= 77 Amp.

In para el motor de 50 H.P.= 65 Amp.

In para el motor de 40 H.P.= 52 Amp.

Criterio de código: 1.25 (In motor mayor) +  $\sum$  In de los demás motores.

Criterio de código: 1.25 (77) + (65+52).

Criterio de código: 213.25 Amp.

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 10).

Tipo: LH (3 polos).

Corriente nominal: 225 Amp.

Marco: 400 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d: 250.

Capacidad interruptiva: 35,000 Amp.

5).- Calculo del interruptor general para las bombas ( 5 motores de 5 H.P. c/u)

(Ver tabla 13).

In para el motor de 5 H.P.= 7.6 Amp.

Criterio de código:  $1.25 (I_n \text{ motor mayor}) + \sum I_n$  de los demás motores.

Criterio de código:  $1.25 (7.6) + 4 (7.6)$

Criterio de código: 39.9 Amp.

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 8).

Tipo: FH ( 3 polos).

Corriente nominal: 50 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

6).- Calculo del interruptor general para el alumbrado ( 100 KW).

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3}(f.p)(KV)} = \frac{75}{\sqrt{3} (.9) (.44)} = 145.79 \text{ Am p.}$$

Criterio de código  $1.25 (I_n)$ .

Criterio de código  $1.25 (145.79)$ .

Criterio de código 182.24 Amp.

Características del interruptor termomagnético:

(Ver tabla 9).

Tipo: KH (3 polos).

Corriente nominal: 200 Amp.

Marco: 225 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva: 35,000 Amp.

1a).- Calculo del arrancador para el motor de 500 H.P.

(Tabla 14).

Características:

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: JG1.

Tamaño: 7.

Gabinete usos generales NEMA 1.

1b).- Calculo del elemento térmico para el motor de 500 H.P.

(Tabla 15).

$I_n = 590$  Amp (buscar en tabla de acuerdo con el tipo de arrancador que se tenga).

Numero del elemento: B 3.70.

1c).-Cálculo del calibre del conductor: para el motor de 500 H.P.

$I_n=590$  Amp.

I para el cond.:  $1.25 (I_n)= 1.25 (590 \text{ Amp})= 737$  Amp

I para el cond. total =  $\frac{I \text{ para el cond.}}{(F.A) (F.T)}$

Donde:

F.A= Factor de agrupamiento.

F.T = Factor de temperatura.

F.A= 1 (ver tabla 16).

F.T= 0.88 (ver tabla 17).

I para el cond. total =  $\frac{737}{(.88) (1)} = 837.5$  Am p.

I para el cond. total=  $837.5/ 3= 279.16$  Amp.

(Tabla 18).

Por lo tanto se necesitaran 3 conductores por fase de calibre 300 MCM (THW).

El tubo conduit será de 4 pulgadas.

2a).- Cálculo del interruptor para el motor de 20 H.P

$I_n= 27$  Amp. (ver tabla 5 y seleccionar la capacidad del interruptor).

Características:

(Tabla 8).

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 50 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a. máximos: 600.

V c.d. = 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

2a1).- Selección del arrancador para el motor de 20 H.P.

(Ver tabla 14).

Características:

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: DG-1

Tamaño: 2.

Gabinete usos generales NEMA 1.

2a2).- Selección del elemento térmico para el motor de 20 H.P.

$I_n=27$  Amp (Ver tabla 15).

Numero del elemento: B36.

2a3).- Cálculo del calibre del conductor para el motor de 20 H.P.

$I_n = 27$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (27) = 33.75$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 33.75 / (.88) = 38.35$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitaran 3 conductores del calibre numero 8 AWG (THW).  
El tubo conduit será de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

2b).- Calculo del interruptor para el motor de 15 H.P.

$I_n = 21$  Amp (Ver en tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).

(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal : 40 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a. máximos: 600.

V c.d : 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 amp.

2b1).- Selección del arrancador para el motor de 15 H.P.

(Ver tabla 14).

Características:

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: DG-1

Tamaño: 2.

Gabinete usos generales NEMA 1.

2b2).- Selección del elemento térmico para el motor de 15 H.P.

(Ver tabla 15).

Numero del elemento: B 28.

2b3).- Calculo del calibre del conductor para el motor de 15 H.P.

$I_n = 21$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (21) = 26.25$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total.} = 26.25 / (.88) = 29.82$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitan 3 conductores de calibre numero 10 AWG (THW).

El tubo conduit será de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

2c).- Calculo del interruptor para el motor de 10 H.P.

$I_n = 14$  Amp (buscar en tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).

(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 30 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a. máximos: 600.

V c.d: 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

2c1).- Selección del arrancador para el motor de 10 H.P.

(Tabla 14).

Características:

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: CG-3.

Tamaño: 1.

Gabinete usos generales NEMA 1.

2c2).- Seleccionar el elemento térmico para el motor de 10 H.P.

(Tabla 15).

Numero del elemento: B 25.

2c3).- Calcular el calibre del conductor para el motor de 10 H.P.

$I_n = 14$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25(14) = 17.5$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 17.5 / (.88) = 20$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitan 3 conductores de calibre numero 12 AWG (THW).

El tubo conduit será de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

2d).- Calculo del interruptor para el motor de 7.5 H.P.

$I_n = 11$  Amp. (buscar en tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).

(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 20 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d : 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

2d1).- Seleccionar el arrancador para el motor de 7  $\frac{1}{2}$  H.P.

(Tabla 14)

Características:

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: CG-3.

Tamaño: 1.

Gabinete usos generales NEMA 1.

2d2).- Seleccionar el elemento térmico para el motor de 7  $\frac{1}{2}$  H.P.

$I_n = 11$  Amp ( ver tabla 15).  
Numero del elemento: B 17.5.

2d3).- Calculo del calibre del conductor para el motor de  $7 \frac{1}{2}$  H.P.

$I_n = 11$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (11) = 13.75$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 13.75 / (.88) = 15.62$  Amp.

(Tabla 18).

Por lo tanto se necesitan 3 conductores del calibre numero 12 AWG (THW).

El tubo conduit será de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

2e).- Calculo del interruptor para el motor de 5 H.P.

$I_n = 7.6$  Amp (buscar en tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).

(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 15 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d: 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

2e1).- Seleccionar el arrancador para el motor de 5 H.P.

Características (ver tabla 14).

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: BG-2.

Tamaño: 0.

Gabinete usos generales NEMA 1.

2e2).- Seleccionar el elemento térmico para el motor de 5 H.P.

$I_n = 7.6$  Amp. (ver tabla 15 y seleccionar elemento térmico).

Numero del elemento: B 10.2.

2e3).- Calculo del calibre del conductor para el motor de 5 H.P.

$I_n = 7.6$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (7.6) = 9.5$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 9.5 / (.88) = 10.79$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitaran 3 conductores del calibre numero 14 AWG (THW).

El tubo conduit será de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

3a).- Calculo del interruptor para la soldadora de 25 KVA.

$I_n = 25 / (1.732)(.44) = 32.8$  Amp.

Criterio de código 2.5 (32.8) = 82 Amp.

(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 100 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d: 250.

Capacidad interruptiva =25,000 Amp.

3b).-El interruptor es de las mismas características que el interruptor 3a.

3c).- El interruptor es de las mismas características que el interruptor 3a.

4a).- Calculo del interruptor para el motor de 60 H.P.

$I_n = 77$  Amp. (Ver tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).

(Tabla 9).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: KHL (3 polos).

Corriente nominal: 125 Amp.

Marco: 225 Amp.

V c.a máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva: 35,000 Amp.

4a1).- Seleccionar el arrancador para el motor de 60 H.P.

Características (ver tabla 14).

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: FG-1.

Tamaño: 4.

Gabinete usos generales NEMA 1.

4a2).- Seleccionar el elemento térmico para el motor de 60 H.P.

$I_n = 77$  Amp (ver tabla 15 y seleccionar el elemento térmico).

Numero del elemento = CC 112.

4a3).- Calcular el calibre del conductor para el motor de 60 H.P.

$I_n = 77$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (77) = 96.25$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 96.25 / (.88) = 109.37$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitaran 3 conductores de calibre numero 2 AWG (THW).

El tubo conduit será de 1 ¼ pulgadas.

4b).- Calculo del interruptor para el motor de 50 H.P.

$I_n = 65$  Amp. (ver tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).  
(Tabla 9).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: KHL (3 polos).

Corriente nominal: 125 Amp.

Marco: 225 Amp.

V c.a. máximos: 600.

V c.d.: 250 Amp.

Capacidad interruptiva : 35,000 Amp.

4b1).- Seleccionar el arrancador para el motor de 50 H.P.

Características (ver tabla 14).

Clase: 8536 (3 polos).

Tipo: EG-1.

Tamaño: 3.

Gabinete usos generales NEMA 1.

4b2).- Seleccionar el elemento térmico para el motor de 50 H.P.

$I_n = 65$  Amp. (Ver tabla 15 y seleccionar el elemento térmico)

Numero del elemento: C 90.

4b3).- Seleccionar el tamaño del conductor para el motor de 50 H.P.

$I_n = 65$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (65) = 81.25$  Amp.

$I_{para\ el\ cond.\ total} = 81.25 / (.88) = 92.32$  Amp.

(Ver tabla 18).

Por lo tanto se necesitaran 3 conductores de calibre numero 4 AWG (THW).

El tubo conduit será de 1 pulgada.

4c).- Calculo del interruptor para el motor de 40 H.P.

$I_n = 52$  Amp. (ver tabla 13 y seleccionar la capacidad del interruptor).  
(Tabla 8).

Características del interruptor termomagnético:

Tipo: FHL (3 polos).

Corriente nominal: 100 Amp.

Marco: 100 Amp.

V c.a. máximos: 600.

V c.d.: 250.

Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

4c1).- Selección del arrancador para el motor de 40 H.P.

Características ( ver tabla 14).

Clase: 8536 (Polos).  
Tipo: EG-1.  
Tamaño: 3.  
Gabinete usos generales NEMA1.

4c2).- Selección del elemento térmico para el motor de 40 H.P.  
(Ver tabla 15).  
Numero del elemento: C 66.

4c3).- Seleccionar el calibre del conductor para el motor de 40 H.P.  
 $I_n = 52$  Amp.  
 $I_{para\ el\ cond.} = 1.25 (52) = 65$  Amp.  
 $I_{para\ el\ cond\ total} = 65 / (.88) = 73.86$  Amp.  
(Ver tabla 18).  
Por lo tanto se necesitaran 3 conductores de calibre numero 4 AWG (THW).  
El tubo conduit será de 1 pulgada.

NOTA: Para el ramal numero 5, o sea el de las bombas con motores de 5 H.P c/u , la selección de los interruptores, arrancadores, elementos térmicos , conductores y tubos conduit se hacen similar a los seleccionados en el inciso 2e, 2e1, 2e2, y 2e3.

6a1).-Calculo del interruptor de alta tensión para el transformador de 30 KVA.

$$I = \frac{30KVA}{\sqrt{3}(.44)} = 39.36.$$

Criterio de codigo=  $1.25 (I) = 49.2$  Amp.  
Características del interruptor termomagnético (ver tabla 8):  
Tipo: FHL (3 polos).  
Corriente nominal: 50 Amp.  
Marco: 100 Amp.  
V c.a máximos: 600.  
V c.d: 250.  
Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

6a).- Calculo del interruptor de baja tensión para el transformador de 30 KVA.

$$I = \frac{30\ KVA}{\sqrt{3}(0.22)} = 78.72\ Am\ p.$$

Criterio de código  $1.25 (I) = 1.25 (78.72)$ .  
Criterio de código 98.41 Amp.  
Características del interruptor termomagnético (ver tabla 8):

Tipo: FHL (3 polos).  
Corriente nominal: 100 Amp.  
Marco: 100 Amp.  
V c.a. máximos: 600.  
V c.d: 250.  
Capacidad interruptiva. 25,000 Amp.

6b1 y 6c1).- La capacidad del interruptor termomagnético será igual que la del inciso 6a1.

6b y 6c).- La capacidad del interruptor termomagnético será igual que el del inciso 6a.

6d1) Calculo del interruptor de alta tensión para el transformador de 20 KVA.

$$I = \frac{20 \text{ KVA}}{\sqrt{3}(.44)} = 26.29 \text{ Amp.}$$

Criterio de código= 1.25 (26.29)= 32.8 Amp.  
Características del interruptor termomagnético (ver tabla 8).  
Tipo: FHL (3 polos).  
Corriente nominal: 40 Amp.  
Marco: 100 Amp.  
V c.a máximos: 600.  
V c.d : 250.  
Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

6d).- Calculo del interruptor de baja tensión para el transformador de 20 KVA.

$$I = \frac{20 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (.22)} = 52.486 \text{ Am p.}$$

Criterio de código 1.25 (52.486)= 65.6 Amp.  
Características del interruptor termomagnético (ver tabla 8).  
Tipo: FHL (3 polos).  
Corriente nominal: 70 Amp.  
Marco: 100 Amp.  
V c.a. máximos: 600.  
Vc.d: 250.  
Capacidad interruptiva: 25,000 Amp.

NOTA: Los interruptores de baja tensión para los transformadores secos se localizan dentro del tablero de alumbrado.

Corriente para el cable del transformador:

$$I_n = 984.11 \text{ Amp.}$$

I para el cable = 1.25 (984.119= 1230 Amp.

$$I \text{ para el cable total} = \frac{1230}{(.88)(1)}$$

I para el cable total= 1397 Amp.

$$\frac{1397}{4} = 348 \text{ Am p.}$$

Por lo tanto se necesitan 4 conductores por fase de calibre 400 MCM (THW).

### **CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.**

100,00 KVA de corto circuito en la acometida.

X= .25 P.U. (motor síncrono y motores de inducción).

Z= 5.75% (para el transformador).

KVA base= 1000.

Calcular la impedancia de la red.

$$Z_{red} = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA regimen}} \times 100.$$

$$Z_{red} = \frac{(1000)(100)}{100,000} = 1\%.$$

$$Z_{red} = \frac{Z_{red} \%}{100} = \frac{1}{100} = .01 \text{ p.cu.}$$

Calcular la impedancia del transformador.

$$Z_t = \frac{\text{KVA base nuevos}}{\text{KVA base dados}} \times Z_t \text{ base dada.}$$

$$Z_t = \frac{1000}{750} \times 5.75 = 7.66\%.$$

$$Z_t = \frac{7.66}{100} = 0.076 \text{ p.u.}$$

Calcular la impedancia para los motores de inducción.

$$F.p = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{F.p} = \frac{(.746)(232.5 \text{ H.P})}{.85} = 204 \text{ KVA.}$$

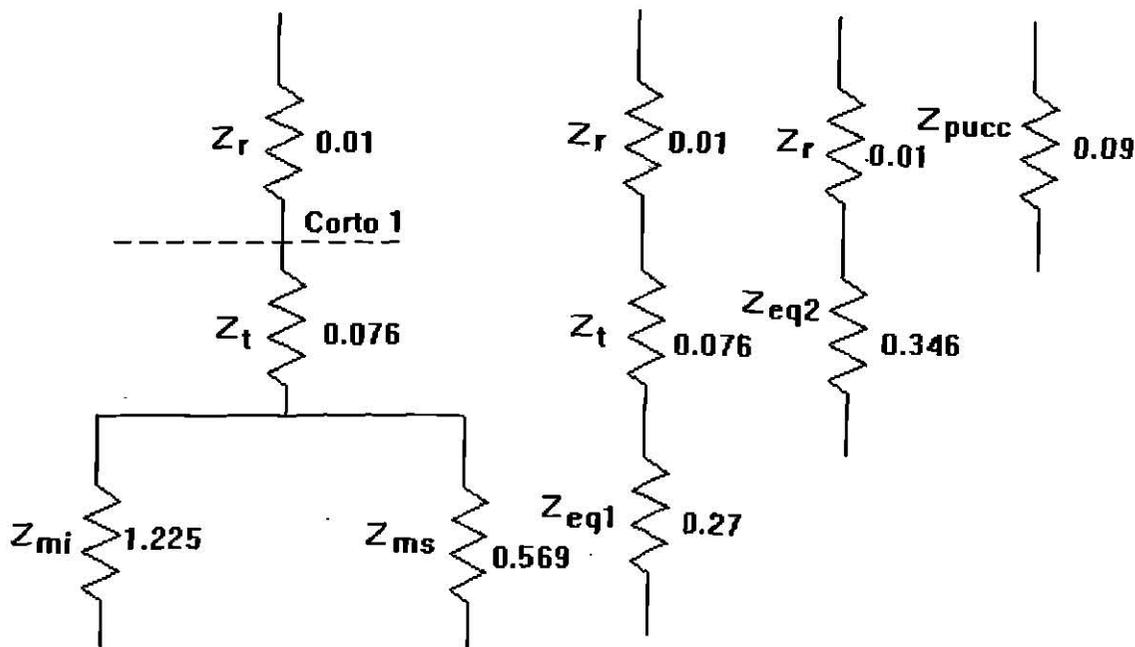
$$Z_{m.i} = \frac{1000}{204} \times .25 = 1.225 \text{ p.u.}$$

Calcular la impedancia para el motor síncrono.

$$F.p = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{F.p} = \frac{(.746)(500 \text{ H.P})}{.85} = 438.82 \text{ KVA.}$$

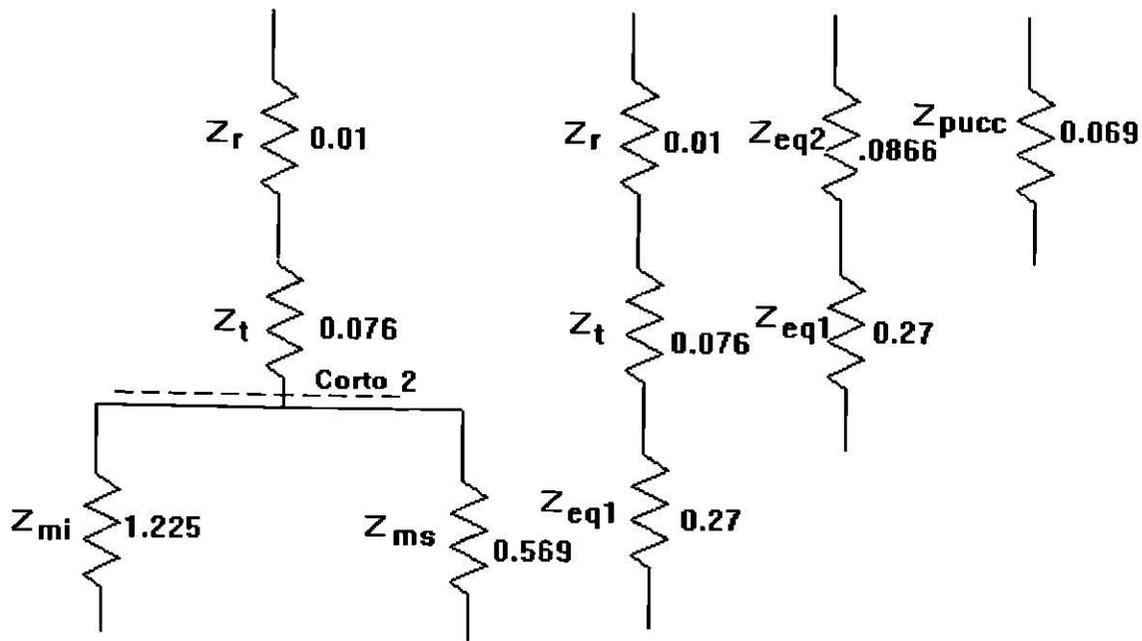
$$Z_{m.s} = \frac{1000}{438.82} \times .25 = .569 \text{ p.u.}$$



$$I_{cc} \text{ simetrica} = \frac{\text{KVA base}}{Z_{pucc} (\sqrt{3})(KV \text{ en el corto})} = \frac{1000}{(.0097)(\sqrt{3})(13.2)}$$

$$I_{cc} \text{ simetrica} = 4496.96 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc} \text{ asimetrica} = (1.6)(4996.96) = 7199.93 \text{ Amp.}$$



$$I_{cc} \text{ simetrica} = \frac{1000}{(\sqrt{3})(0.069)(.44)} = 19881.20 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc} \text{ asimetrica} = (1.25)(19881.2) = 24851.5 \text{ Amp.}$$



# TABLAS

### ⊕ Cálculo de Factores

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Conecta}} \leq 1$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{\text{Suma de las Demandas Máximas Individuales}}{\text{Sistema de la Demanda Máxima}} > 1$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Promedio de Carga en un Período}}{\text{Carga Máxima en el Mismo Período}} \leq 1$$

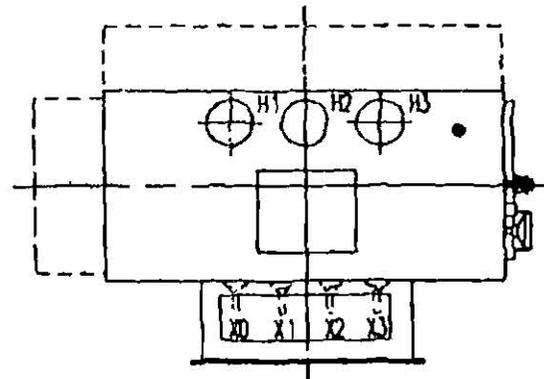
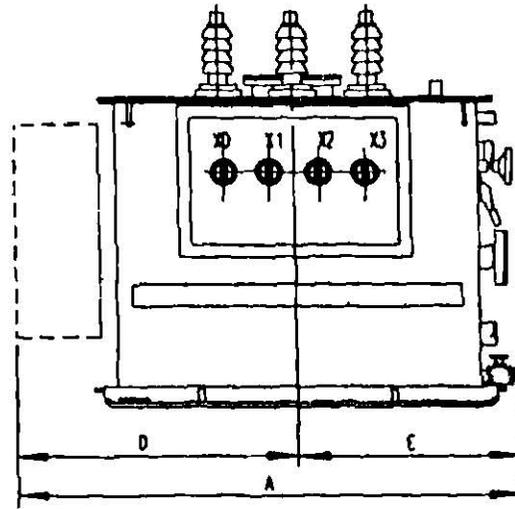
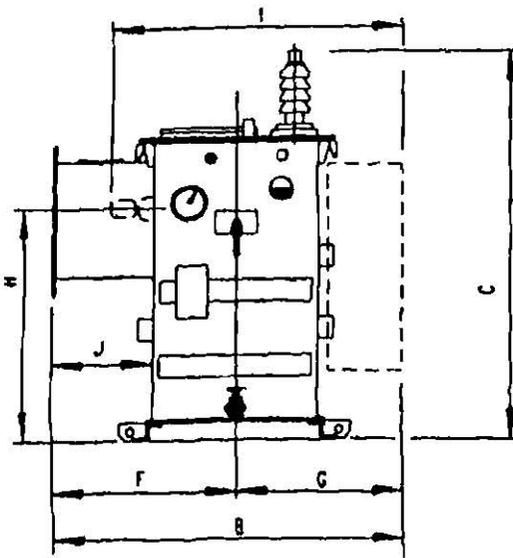
$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Potencia Nominal}} \leq 1$$

### Factores de Demanda Aproximadamente Usuales

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado Público	1.00	Acetileno (Fca. de)	0.70
Apartamentos	0.35	Armadoras de Autos	0.70
Bancos	0.70	Carpinterías (talleres de)	0.65
Bodegas	0.50	Carne (Empacadoras)	0.80
Casinos	0.85	Cartón (Productos de)	0.50
Correos	0.30	Cemento (Fca. de)	0.65
Escuelas	0.70	Cigarros (Fca. de)	0.60
Garages	0.60	Dulces (Fca. de)	0.45
Hospitales	0.40	Fundición (talleres de)	0.70
Hoteles Chicos	0.50	Galletas (Fca. de)	0.55
Hoteles Grandes	0.40	Hielo (Fca. de)	0.90
Iglesias	0.60	Herrería (Talleres de)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jabón (Fca. de)	0.60
Oficinas	0.65	Lámina (Fca. Artículos)	0.70
Restaurants	0.65	Lavandería Mecánica	0.80
Teatros	0.60	Niquelado (Talleres de)	0.75
Tiendas	0.65	Maderería	0.65
		Marmolería (talleres de)	0.70
		Mecánico (Taller)	0.75
		Muebles (Fca. de)	0.65
		Pan (Fca. mecánica de)	0.55
		Papel (Fca. de)	0.75
		Periódicos (rotativas)	0.75
		Pinturas (Fca. de)	0.70
		Química (Industria)	0.50
		Refinerías (Petróleo)	0.60
		Refrescos (Fca. de)	0.55
		Textiles (Fca. telas)	0.65
		Vestidos (Fca. de)	0.45
		Zapatos (Fca. de)	0.65

TABLA 1

# Transformador de Pequeña Potencia con Garganta en BT Norma NOM-J-284



VOLTS A.T.	VOLTS B.T.	KVA	DIMENSIONES										ACEITE En Lts.	PESO En Kgs.	% Z
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
13,200	220	750	2210	2005	1535	1400	810	865	1140	1015	1725	500	1025	3140	4.90 - 6.80
	6	1000	2110	1935	1725	1300	810	880	1055	1210	1655		1190	3600	5.50 - 6.75
	440	1500	2310	2065	1880	1475	835	870	1195	1360	1785		1375	4525	5.70 - 6.60
	440	2000	2620	2195	1890	1630	990	935	1290	1360	1945		1890	5650	6.00 - 7.00
	440	2500	2925	2370	1890	1885	1040	920	1450	1360	2090		2070	6635	6.50 - 7.00
23,000	220	750	2180	1995	1660	1335	845	860	1135	1015	1715	500	1010	3245	6.20 - 6.80
	6	1000	2210	1995	1880	1350	860	910	1085	1210	1715		1355	3960	6.70 - 7.00
	440	1500	2450	2105	2030	1545	905	890	1215	1360	1825		1555	4995	5.80 - 7.00
	440	2000	2680	2245	2030	1660	1020	960	1285	1360	1965		2040	6035	6.40 - 6.95
	440	2500	2820	2195	2030	1730	1090	935	1265	1360	1920		2090	6820	6.40 - 7.00
34,500	220	750	2290	2085	1810	1440	850	905	1180	1015	1805	500	1175	3425	5.70 - 7.40
	6	1000	2290	1985	2020	1390	900	905	1080	1210	1705		1425	4030	6.20 - 7.30
	440	1500	2520	2095	2175	1580	940	885	1210	1360	1815		1610	5010	6.20 - 7.50
	440	2000	2670	2285	2175	1655	1015	980	1305	1360	2005		2135	6040	6.30 - 7.50
	440	2500	2860	2245	2175	1750	1010	960	1285	1360	1965		2270	6910	6.60 - 7.00

NOTA: Para transformadores de Pequeña Potencia sin gargantas considerar la dimension " I " como la máxima y no considerar la garganta en Baja Tensión (Dimensión J, F y B).

\*DIMENSIONES APROXIMADAS MAXIMAS EN mm.

\* Ver dimensiones de garganta y boquillas típicas

  TABLA 2

TABLA 3

Capacidad del Transformador Trifásico KVA y Porcentaje de Impedancia	KVA Máximos de Circuito Corto Disponibles para Sistema Primario	600 VOLTS				480 VOLTS				240 VOLTS				208 VOLTS			
		Co- rriente Contín- ua a Carga Normal Am- peres	Capacidad Interruptiva Corriente Total en Amperes RMS			Co- rriente Contín- ua a Carga Normal Am- peres	Capacidad Interruptiva Corriente Total en Amperes RMS			Co- rriente Contín- ua a Carga Normal Am- peres	Capacidad Interruptiva Corriente Total en Amperes RMS			Co- rriente Contín- ua a Carga Normal Am- peres	Capacidad Interruptiva Corriente Total en Amperes RMS		
			El Transformador Solo	Carga de Motores 100%	Combi- nados												
300	15000	289	5850	1450	361	7300	1800	9100	722	12900	3600	16500	834	14900	2100	17000	
	25000																6450
5%	100000	289	6850	1450	361	8500	1800	10300	722	17000	3600	20600	834	19600	2100	21700	
	150000																8300
5%	250000	289	7050	1450	361	8800	1800	10600	722	17600	3600	21200	834	20300	2100	22400	
	500000																8600
5%	Ilimitada	289	7250	1450	361	9000	1800	10800	722	18100	3600	21700	834	20800	2100	22900	
	25000																7900
450	50000	433	9000	2200	542	11200	2700	12400	1083	22900	5400	28300	1250	26500	3100	29600	
	100000																9900
5%	150000	433	10200	2200	542	12400	2700	15400	1083	25400	5400	30800	1250	29400	3100	32500	
	250000																10400
5%	500000	433	10600	2200	542	12800	2700	16000	1083	26500	5400	31900	1250	30600	3100	33700	
	Ilimitada																10800
500	25000	481	8600	2400	600	11000	3000	13800	1200	21500	6000	27500	1388	24800	3500	28300	
	50000																10000
5%	100000	481	11000	2400	600	13400	3000	16700	1200	27300	6000	33300	1388	31500	3500	35000	
	150000																11300
5%	250000	481	11600	2400	600	14000	3000	17500	1200	28900	6000	34900	1388	33300	3500	36800	
	500000																11800
5%	Ilimitada	481	12000	2400	600	14400	3000	18100	1200	30100	6000	36100	1388	34600	3500	38100	
	25000																9700
600	50000	578	11600	2900	722	14500	3600	16100	1443	29000	7200	36200	1668	33500	4200	37700	
	100000																12900
5%	150000	578	13300	2900	722	16200	3600	20300	1443	33300	7200	40500	1668	38500	4200	42700	
	250000																13800
5%	500000	578	14100	2900	722	17000	3600	21200	1443	35100	7200	42300	1668	40600	4200	44800	
	Ilimitada																14500
750	25000	722	10600	3600	900	14200	4500	17800	1800	26600	9000	35600	2080	30600	5200	35800	
	50000																12900
5 1/2 %	100000	722	14500	3600	900	18100	4500	22500	1800	36100	9000	45100	2080	41600	5200	46800	
	150000																15100
5 1/2 %	250000	722	15600	3600	900	19200	4500	24000	1800	39000	9000	48000	2080	44800	5200	50000	
	500000																16000
5 1/2 %	Ilimitada	722	16400	3600	900	20000	4500	25000	1800	41100	9000	50100	2080	47300	5200	52500	
	25000																12700
1000	50000	962	16100	4800	1200	20900	6000	26100	2400	40200	12000	52200	2780	46300	7000	53300	
	100000																18500
5 1/2 %	150000	962	19500	4800	1200	24300	6000	30400	2400	48800	12000	60800	2780	56300	7000	63300	
	250000																20500
5 1/2 %	500000	962	21100	4800	1200	26400	6000	32400	2400	52800	12000	64800	2780	60900	7000	67900	
	Ilimitada																21900
1500	25000	1444	15700	7200	1800	22900	9000	28600	3600	39300	18000	57300					
	50000																21300
5 1/2 %	100000	1444	25900	7200	1800	33100	9000	41300	3600	64500	18000	82500					
	150000																27900
5 1/2 %	250000	1444	29700	7200	1800	36900	9000	46000	3600	74000	18000	92000					
	500000																31200
5 1/2 %	Ilimitada	1444	32900	7200	1800	40100	9000	50100	3600	82000	18000	100000					
	25000																17700
2000	50000	1924	25300	9600	2400	34900	12000	43700									
	100000																31600
5 1/2 %	150000	1924	35300	9600	2400	44200	12000	51400									
	250000																37500
5 1/2 %	500000	1924	40500	9600	2400	50100	12000	62700									
	Ilimitada																43800

Todos los cálculos se basan, como se indica, en voltajes, impedancias del transformador y cargas motrices, incluyendo un factor de 1.25 para la componente de DC. (Corriente Directa).

Para condiciones diferentes a las dadas en estas tablas, las corrientes en circuito corto deben calcularse.

Las aportaciones motrices en circuito corto están calculadas en la base de las características motrices que darán cinco veces la corriente normal. Para la columna de 208 volts, se supone una carga motriz del 50%. Para las columnas de 600, 480 y 240 volts se suponen cargas motrices del 100%. Para otros porcentajes de carga motriz, la aportación motriz a la corriente en circuito corto estará en proporción directa.

En donde el voltaje del circuito es menor de 600, 480 y 240 volts, los valores dados de la corriente deben multiplicarse por la proporción

$$\frac{600 \text{ ó } 480 \text{ ó } 240}{\text{Voltaje del Circuito}}$$

**ESLABONES FUSIBLES**  
**S & C ELECTRIC COMPANY**

Velocidad de fusión ..... Estándar a "K".

AMPERES NOMINALES	TIPO UNIVERSAL	
	VELOCIDAD	
	"STD"	"K"
1/2	640015	
2	64002	
3	64003	
5	64005	
6		265006
7	64007	
8		265008
10	64010	265010
12		265012
15	64015	265015
20	64020	265020
25	64025	265025
30	64030	265030
40	64040	265040
50	64050	265050
65	64065	265065
80	64080	265080
100	64100	265100
125	64125	
140		265140
150	64150	
200	64200	265200

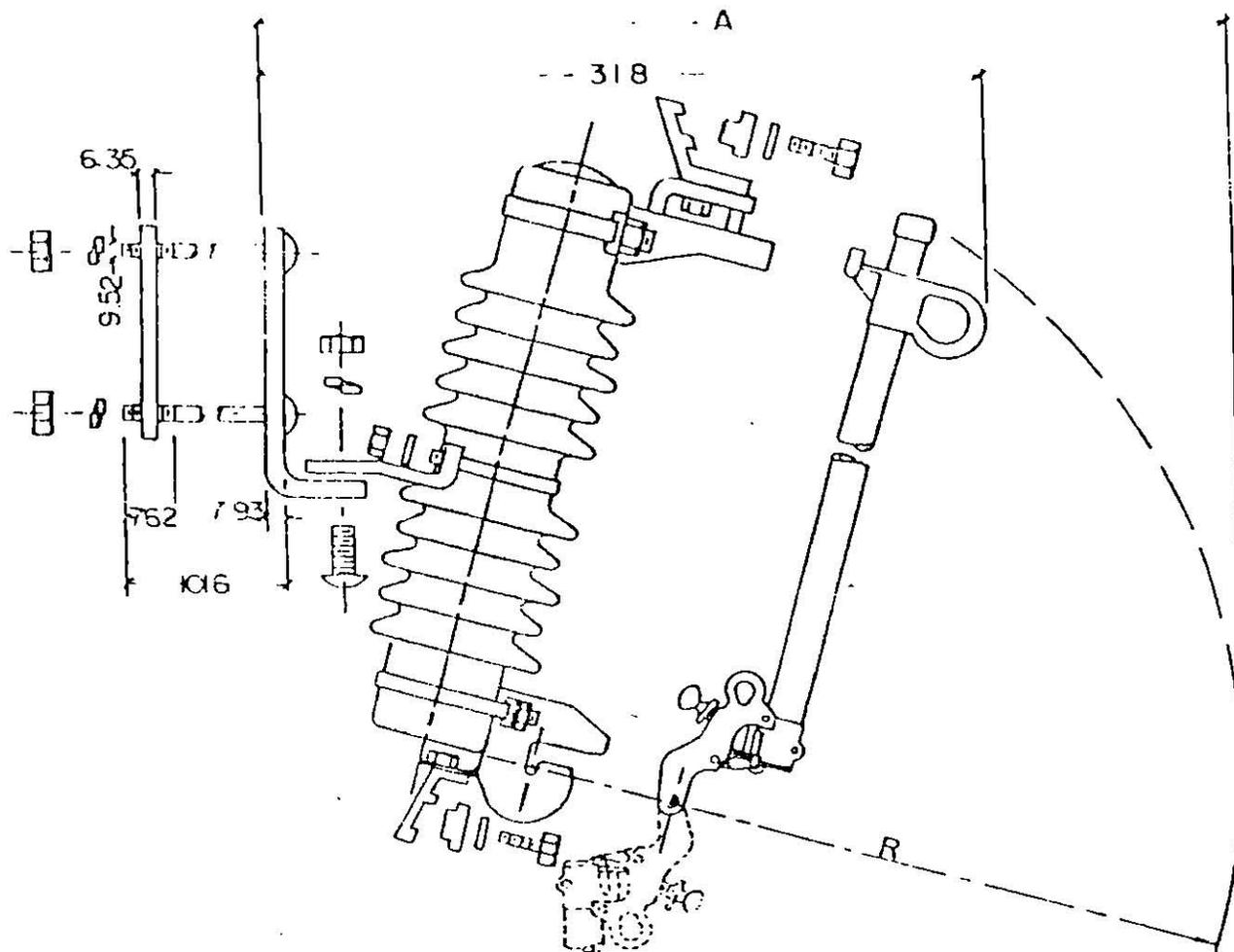
TABLA 4

TABLA 5

Volts	220 +		440 +		550 +		2 400		4 160		6 000		6 600		13 200		22 000		33 000		44 000	
	Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes		Amperes	
KVA	Carga plena	Fusible																				
5	13.130	—	6.560	—	2.250	—	1.203	3	0.694	3	0.481	2	0.437	2	0.218	1	—	—	—	—	—	—
7.5	19.700	—	9.850	—	7.880	—	1.810	—	1.040	—	—	—	—	—	0.330	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	2.165	5	1.249	5	0.866	3	0.787	3	0.393	1	0.240	1	0.160	1	0.160	—
10	26.270	—	13.130	—	10.500	—	2.405	5	1.388	5	0.962	5	0.874	3	0.437	2	0.260	1	0.170	1	0.170	—
15	39.410	—	19.700	—	15.750	—	3.608	10	2.082	5	1.443	5	1.312	5	0.656	3	0.390	1.5	0.260	1	0.260	—
22.5	—	—	—	—	—	—	5.413	15	3.123	7	2.165	5	1.968	5	0.984	3	0.590	1.5	0.390	1.5	0.390	—
25	65.680	—	32.840	—	26.270	—	6.014	15	3.470	7	2.405	5	2.187	5	1.093	5	0.660	2	0.440	1.5	0.440	—
30	—	—	—	—	—	—	7.217	15	4.164	10	2.887	7	2.624	7	1.312	5	0.790	2	0.520	1.5	0.520	—
37.5	98.530	—	49.260	—	39.400	—	9.021	20	5.204	15	3.608	7	2.280	7	1.640	5	0.990	3	0.660	2	0.660	—
45	—	—	—	—	—	—	10.825	25	6.245	15	4.330	10	3.936	10	1.968	5	1.180	3	0.790	2	0.790	—
50	131.370	—	65.680	—	52.550	—	12.029	30	6.940	15	4.811	10	4.374	10	2.186	5	1.310	3	0.870	2	0.870	—
75	197.060	—	98.530	—	78.820	—	18.043	40	10.409	25	7.217	15	6.560	15	3.280	7	1.970	5	1.310	3	1.310	—
100	262.740	—	131.370	—	105.100	—	24.057	50	13.879	30	9.623	20	8.748	20	4.374	10	2.630	5	1.750	5	1.750	—
112.5	—	—	—	—	—	—	27.064	65	15.614	40	10.825	25	9.841	25	4.921	10	2.960	7	1.970	5	1.970	—
150	394.110	—	197.060	—	157.650	—	36.085	85	20.818	50	14.434	30	13.122	30	6.560	15	3.940	7	2.620	5	2.620	—
200	525.490	—	262.740	—	210.190	—	48.114	100	27.758	65	19.246	40	17.496	40	8.748	20	5.250	10	3.500	7	3.500	—
225	—	—	—	—	—	—	54.128	100	31.228	65	21.615	50	19.683	40	9.841	25	5.900	10	3.940	10	3.940	—
300	788.230	—	394.110	—	315.290	—	72.171	—	41.637	80	28.868	65	26.244	50	13.122	30	7.900	15	5.250	10	5.250	—
400	—	—	525.490	—	420.390	—	96.340	—	55.580	—	—	—	—	—	17.520	—	—	—	—	—	—	—
450	—	—	—	—	—	—	108.256	—	62.455	100	43.302	85	39.366	85	19.682	40	11.800	20	7.870	15	7.870	—
500	—	—	656.860	—	525.490	—	120.285	—	69.395	—	48.114	100	43.740	85	21.870	50	13.100	20	8.740	15	8.740	—
600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57.477	100	52.488	100	26.244	50	—	—	—	—	—	—
750	—	—	985.290	—	788.230	—	—	—	—	—	72.171	—	65.610	100	32.805	65	19.700	30	13.100	20	13.100	—
1000	—	—	1313.720	—	1050.970	—	—	—	—	—	96.228	—	87.480	—	43.740	100	26.300	40	17.500	25	17.500	—
1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	115.473	—	104.976	—	52.489	100	—	—	—	—	—	—

\* Protegidos por tres fusibles.  
 \*\* Si son tres transformadores monofásicos, úsense los KVA totales del banco.  
 Nota: La tabla indica el fusible que debe usarse con cualquier transformación a cualquier tensión dada, con + Unicamente se indican los amperes a plena carga.  
 una tensión entre fases de 4 160 volts, la corriente de la línea es de 2.08 amperes y se recomienda un fusible de 5 amperes.  
 La corriente de línea será la misma, ya sea que se trate de conexión delta o estrella.

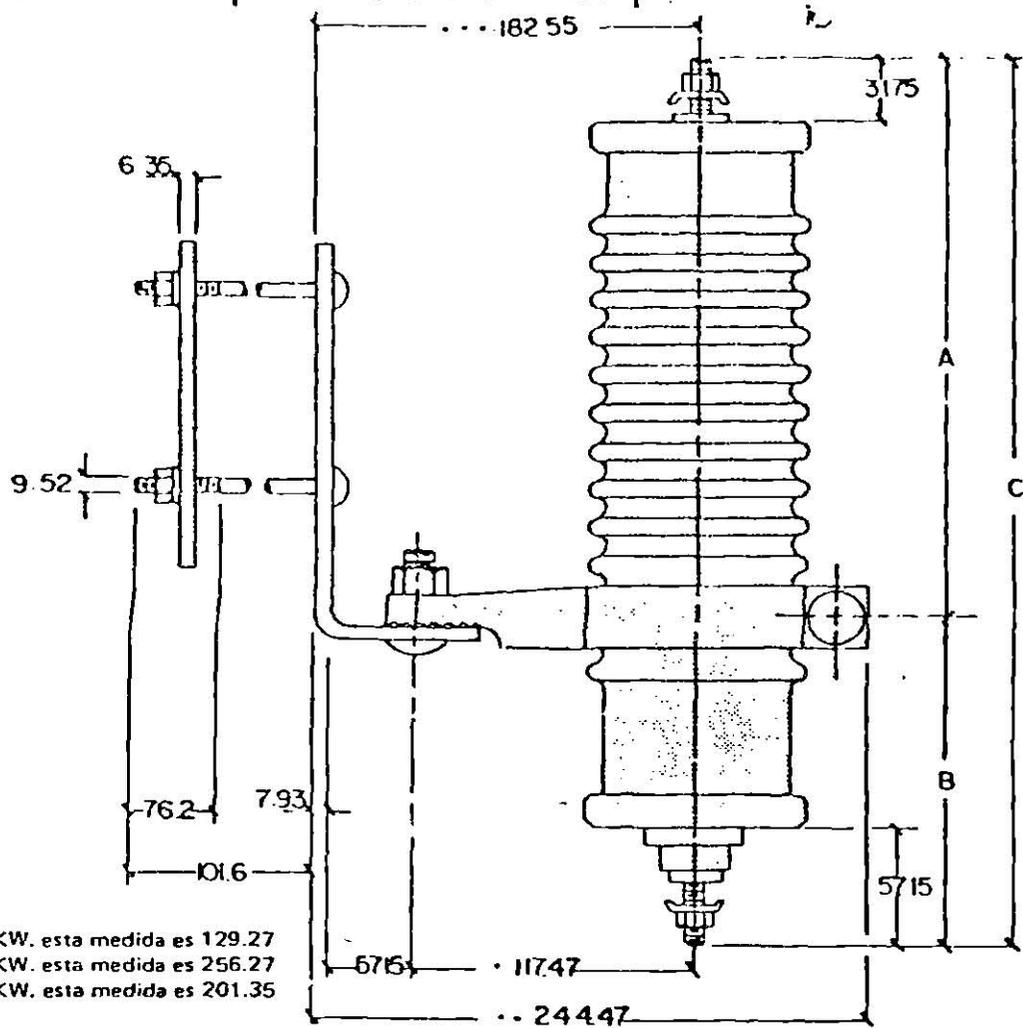
# Cortacircuitos fusible descubierta clase distribución para 100 amn



CATALOGO	VOLTAJE MAXIMO (KV.)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV.)	CORRIENTE CONTINUA (AMP.)	RANGO DE INTERRUPCION AMP.		TAPON	A	R	PESO KG.
				SIMETRICOS	ASIMETRICOS				
C.C.- 7.8/15	15	95	100	5600	8000	NO EXPANSIBLE	638	320	9
C.C.- 15/27	27	125	100	4000	6000	NO EXPANSIBLE	598	470	10
C.C.- 27/34.5	38	150	100	1300	2000	NO EXPANSIBLE	778	580	11.2

TABLA 6

# Apartarrayos Autovalvular distribución serie "B" para 5000 Amp.



\* Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 129.27  
 \*\* Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 256.27  
 \*\*\* Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 201.35

CLASE	VOLTAJES					DIMENSIONES EN M.M.			PESO (Kg.)
	NOMINAL K.V.	DESCARGA 60 Hz. (KV. CRESTA/V2)		DESCARGA F. D. O. (KV. CRESTA)	DESCARGA 1.2 x 50 (KV. CRESTA)	A	B	C	
		MIN.	MAX.						
AR-3	3	5.5	9.5	14	12	112.87	123.63	236.5	2.5
AR-6	6	10	17	27	23	141.48	123.63	265.11	2.8
AR-7.5/8	7.5/8	13.5	21	35	31	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-9/10	9/10	18	29	43	39	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-12	12	20	33	51	44	238.13	173.03	411.16	4.4
AR-15	15	25	41	62	53	292.12	187.30	479.49	5.0
AR-18	18	30	49	73	62	293.71	204.76	498.47	5.2
AR-21	21	35	56	83	71	349.28	215.87	565.15	5.8
AR-24	27	38	63	93	80	382.65	244.41	627.06	6.4
AR-27	27	41	70	103	89	428.64	274.46	703.1	7.6
AR-30	30	45	79	115	99	468.10	301.51	769.68	9.3

NOTA: El peso del apartarrayos es neto

TABLA 7

FA

SELECCION

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos			
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz			Tensión CD
			240 V	480 V	600 V	250 V
FA-FAL	2	15-100	18,000	14,000	14,000	10,000
	3	15-100	18,000	14,000	14,000	—
FH-FHL	2	15-100	65,000	25,000	18,000	10,000
	3	15-100	65,000	25,000	18,000	—

**FA** MARCO 100 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL.

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
		Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
15	430	FAL 26015 ●	FA 26015 * ●	FAL 36015	FA 36015
20	430	FAL 26020 ●	FA 26020 * ●	FAL 36020	FA 36020
30	430	FAL 26030 ●	FA 26030 * ●	FAL 36030	FA 36030
40	625	FAL 26040 ●	FA 26040 * ●	FAL 36040	FA 36040
50	625	FAL 26050 ●	FA 26050 * ●	FAL 36050	FA 36050
70	1125	FAL 26070 ●	FA 26070 * ●	FAL 36070	FA 36070
100	1300	FAL 26100 ●	FA 26100 * ●	FAL 36100	FA 36100

**FH** MARCO 100 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) 1-75,000

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
		Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
15	430	FHL 26015 ●	FH 26015 * ●	FHL 36015	FH 36015
20	430	FHL 26020 ●	FH 26020 * ●	FHL 36020	FH 36020
30	430	FHL 26030 ●	FH 26030 * ●	FHL 36030	FH 36030
40	625	FHL 26040 ●	FH 16040 * ●	FHL 36040	FH 36040
50	625	FHL 26050 ●	FH 26050 * ●	FHL 36050	FH 36050
70	1125	FHL 26070 ●	FH 26070 * ●	FHL 36070	FH 36070
100	1300	FHL 26100 ●	FH 26100 * ●	FHL 36100	FH 36100

Int. estándar indica un interruptor en caja moldeada con zapatas en el lado de línea y carga  
**I-LINE** indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución **I-LINE**  
**I-LINE** e **I-75,000** son marcas registradas.

● Interruptores fabricados bajo orden especial

\* El número de catálogo de los interruptores **I-LINE** de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fases deseada.

Ejemplo: Un interruptor de 100A se puede conectar en las fases siguientes:

fases de conexión	int. de dos polos	int. de tres polos
A - B	FA 26100 - AB	-----
A - C	FA 26100 - AC	-----
B - C	FA 26100 - BC	-----
A - B - C	-----	FA 36100

TABLA 8

**INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS**

**KA**

**SELECCION**

**CAPACIDAD INTERRUPTIVA**

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos			
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz			Tensión CD
			240 V	480 V	600 V	250 V
KA-KAL	2	125-225	25,000	22,000	22,000	10,000
	3	125-225	25,000	22,000	22,000	-----
KH-KHL	2	125-225	65,000	35,000	25,000	10,000
	3	125-225	65,000	35,000	25,000	-----

**KA** MARCO 225 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
125	625	1250	KAL 26125 ●	KA 26125 * ●	KAL 36125	KA 36125
150	750	1500	KAL 26150 *	KA 26150 * ●	KAL 36150	KA 36150
175	875	1750	KAL 26175 ●	KA 26175 * ●	KAL 36175	KA 36175
200	1000	2000	KAL 26200 ●	KA 26200 * ●	KAL 36200	KA 36200
225	1125	2250	KAL 26225 ●	KA 26225 * ●	KAL 36225	KA 36225

**KH** MARCO 225 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) **I-75.000**

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
125	625	1250	KHL 26125 ●	KH 26125 * ●	KHL 36125	KH 36125
150	750	1500	KHL 26150 ●	KH 26150 * ●	KHL 36150	KH 36150
175	875	1750	KHL 26175 ●	KH 26175 * ●	KHL 36175	KH 36175
200	1000	2000	KHL 26200 ●	KH 26200 * ●	KHL 36200	KH 36200
225	1125	2250	KHL 26225 ●	KH 26225 * ●	KHL 36225	KH 36225

Int. Estándar indica un interruptor en caja moldeada con zapatas en el lado de línea y carga  
**I-LINE** indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución **I-LINE**  
**I-LINE** e **I-75,000** son marcas registradas.

● Interruptores fabricados bajo orden especial.

\* El número de catálogo de los interruptores **I-LINE** de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fases deseada.

Ejemplo: Un interruptor de 150A se puede conectar en las fases siguientes:

fases de conexión	int. de dos polos	int. de tres polos
A - B	KA 26150 - AB	-----
A - C	KA 26150 - AC	-----
B - C	KA 26150 - BC	-----
A - B - C	-----	KA 36150

**TABLA 9**

LA

SELECCION

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos			
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz			Tensión CD
			240 V	280 V	600 V	250 V
LA-LAL	2	125-400	42,000	30,000	22,000	10,000
	3	125-400	42,000	30,000	22,000	-----
LH-LHL	2	125-400	65,000	35,000	25,000	10,000
	3	125-400	65,000	35,000	25,000	-----

**LA** MARCO 400 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
225	1125	2250	LAL 26225 •	LA 26225 * •	LAL 36225	LA 36225
250	1250	2500	LAL 26250 •	LA 26250 * •	LAL 36250	LA 36250
300	1500	3000	LAL 26300 •	LA 26300 * •	LAL 36300	LA 36300
350	1750	3500	LAL 26350 •	LA 26350 * •	LAL 36350	LA 36350
400	2000	4000	LAL 26400 •	LA 26400 * •	LAL 36400	LA 36400

**LH** MARCO 400 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) I-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
225	1125	2250	LHL 26225 •	LH 26225 * •	LHL 36225	LH 36225
250	1250	2500	LHL 26250 •	LH 26250 * •	LHL 36250	LH 36250
300	1500	3000	LHL 26300 •	LH 26300 * •	LHL 36300	LH 36300
350	1750	3500	LHL 26350 •	LH 26350 * •	LHL 36350	LH 36350
400	2000	4000	LHL 26400 •	LH 26400 * •	LHL 36400	LH 36400

Int. Estándar indica un interruptor en caja moldeada con zapatas en el lado de línea y carga

**I-LINE** indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución **I-LINE**

**I-LINE** e I-75,000 son marcas registradas.

• Interruptores fabricados bajo orden especial.

\* El número de catálogo de los interruptores **I-LINE** de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fases deseada.

Ejemplo: Un interruptor de 400A, se puede conectar con las fases siguientes

fases de conexión	int. de dos polos	int. de tres polos
A - B	LA 26400 - AB	-----
A - C	LA 26400 - AC	-----
B - C	LA 26400 - BC	-----
A - B - C	-----	LA 36400

  TABLA 10

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS M A

## SELECCION

### CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simetricos			
			Tensión Corriente Alterna 60Hz			Tensión CD
			240 V	280 V	600 V	250 V
MA-MAL	2	500-1000	42,000	30,000	22,000	14,000
	3	500-1000	42,000	30,000	22,000	-----
MH-MHL	2	500-1000	65,000	50,000	25,000	14,000
	3	500-1000	65,000	50,000	25,000	-----

**MA** MARCO 1000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
500	2500	5000	MAL 26500 ●	MA 26500 * ●	MAL 36500	MA 36500
600	3000	6000	MAL 26600 *	MA 26600 * ●	MAL 36600	MA 36600
700	3500	7000	MAL 36700 ●	MA 26700 * ●	MAL 36700	MA 36700
800	4000	8000	MAL 26800 ●	MA 26800 * ●	MAL 36800	MA 36800
900	4500	9000	MAL 26900 ●	MA 26900 * ●	MAL 36900	MA 36900
1000	10000	10000	MAL 261000 ●	MA 261000 * ●	MAL 361000	MA 361000

**MH** MARCO 1000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) I-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>	Int. Estándar	<b>I-LINE</b>
500	2500	5000	MHL 26500 ●	MH 26500 * ●	MHL 36500	MH 36500
600	3000	6000	MHL 26600 ●	MH 26600 * ●	MHL 36600	MH 36600
700	3500	7000	MHL 26700 ●	MH 26700 * ●	MHL 36700	MH 36700
800	4000	8000	MHL 26800 ●	MH 26800 * ●	MHL 36800	MH 36800
900	4500	9000	MHL 26900 ●	MH 26900 * ●	MHL 36900	MH 36900
1000	5000	10000	MHL 261000 ●	MH 261000 * ●	MHL 361000	MH 361000

Int. Estándar indica un interruptor en caja moldeada con zapatas en el lado de línea y carga  
**I-LINE** indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución **I-LINE**  
**I-LINE** e I-75,000 son marcas registradas.

- Interruptores fabricados bajo orden especial
- \* El número de catálogo de los interruptores **I-LINE** de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fases deseada.  
 Ejemplo: Un interruptor de 1000 A, se puede conectar en las fases siguientes.

fases de conexión	int. de dos polos	int. de tres polos
A - B	MA 261000 - AB	-----
A - C	MA 261000 - AC	-----
B - C	MA 261000 - BC	-----
A - B - C	-----	MA 361000

  TABLA 11

**INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS**

**P A**

**SELECCION**

**CAPACIDAD INTERRUPTIVA**

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos		
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz		
			240 V	480 V	600 V
PAF	2	600-2000	65,000	50,000	42,000
	3	600-2000	65,000	50,000	42,000
PHF	2	600-2000	125,000	85,000	65,000
	3	600-2000	125,000	85,000	65,000

**PA MARCO 2000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL**

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de dos Columnas	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de Columnas
600	3200	9000	PAF 2026 ●	PA 2600 RC	PAF 2036	PA 3600 RC
700	3200	9000		PA 2700 RC		PA 3700 RC
800	3200	9000		PA 2800 RC		PA 3800 RC
1000	3500	9000		PA 21000 RC		PA 31000 RC
1200	3500	9000		PA 21200 RC		PA 31200 RC
1400	4500	9000		PA 21400 RC		PA 31400 RC
1600	5000	10000		PA 21600 RC		PA 31600 RC
1800	6500	10000		PA 21800 RC		PA 31800 RC
2000	8000	12000		PA 22000 RC		PA 32000 RC

**PH MARCO 2000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS)**

**1-75,000**

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de dos Columnas	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de Columnas
600	3200	9000	PHF 2026 ●	PA 2600 RC	PHF 2036	PA 3600 RC
700	3200	9000		PA 2700 RC		PA 3700 RC
800	3200	9000		PA 2800 RC		PA 3800 RC
1000	3500	9000		PA 21000 RC		PA 31000 RC
1200	3500	9000		PA 21200 RC		PA 31200 RC
1400	4500	9000		PA 21400 RC		PA 31400 RC
1600	5000	10000		PA 21600 RC		PA 31600 RC
1800	6500	10000		PA 21800 RC		PA 31800 RC
2000	8000	12000		PA 22000 RC		PA 32000 RC

● Interruptores fabricados bajo orden especial

Datos para ordenar: Interruptor sin columnas más las columnas conforme corriente nominal requerida.

Ejemplo: Se requiere un interruptor de 1800 Amperes, tres polos en alta capacidad interruptiva. Solicitar:

- a) interruptor PHF 2036
- b) juego de columnas PA 31800 RC

Los interruptores PAF y PHF, se surten sin zapatas, estas deben ordenarse por separado. Ver Clase 685.

Corriente alterná trifásicos

kW	(C.P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A)		
		220 V	440 V	2,400 V	220 V	440 V	2,400 V
0.373	(1/2)	2.1	1.0				
0.560	(3/4)	2.9	1.5				
0.746	(1)	3.8	1.9				
1.119	(1 1/2)	5.4	2.7				
1.490	(2)	7.1	3.6				
2.230	(3)	10.0	5.0				
3.730	(5)	15.9	7.9				
5.600	(7 1/2)	23.0	11.0				
7.460	(10)	29.0	15.0				
11.190	(15)	44.0	22.0				
14.920	(20)	56.0	28.0				
18.650	(25)	71.0	36.0		54	27	
22.380	(30)	84.0	42.0		65	33	
29.840	(40)	109.0	54.0		86	43	
37.300	(50)	136.0	68.0		108	54	
44.760	(60)	161.0	80.0	15	128	64	11
55.950	(75)	201.0	100.0	19	161	81	14
74.600	(100)	259.0	130.0	25	211	106	19
93.250	(125)	326.0	163.0	30	264	132	24
119.900	(150)	376.0	188.0	35	-	158	29
149.200	(200)	502.0	251.0	47	-	210	38

Nota: Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionan a velocidades normales para transmisión por banda, y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores; y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad, en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

**TABLA 13**

Corriente alternamono fásicos

Corriente a plena carga, en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna			
W	C.P.	127 V	220 V
124.33	1/6	4.0	2.3
186.50	1/4	5.3	3.0
248.66	1/3	6.5	3.8
373.00	1/2	8.9	5.1
559.50	3/4	11.5	7.2
746.00	1	14.0	8.4
1,119.00	1 1/2	18.0	10.0
1,492.00	2	22.0	13.0
2,238.00	3	31.0	18.0
3,730.00	5	51.0	29.0
5,595.00	7 1/2	72.0	42.0
7,460.00	10	91.0	52.0

TA3LA 13a

## ARRANCADORES MAGNETICOS A TENSION COMPLETA

Los arrancadores magnéticos a tensión completa son los aparatos de control más sencillos que puedan emplearse para arrancar motores y para protegerlos contra sobrecargas y bajas tensiones. Pueden usarse cuando la corriente de arranque del motor no tiene un valor alto para la línea que alimenta el motor y cuando el par de arranque en estas condiciones no es perjudicial a la máquina impulsada.

### PARA ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE (\*).

600 VOLTS MAX. C A						60 HERTZ				
Núm. de Polos	Tamaño	Capacidades			Caja para usos generales TIPO-1	(TAM. 0-5) A prueba de agua Lam. inoxidable TIPO-4	A prueba de polvo TIPO-12 ▲	A prueba de Explosión		Sin caja TIPO ABIERTO
		Volts	Máx. C P					Caja TIPO-9	Blindaje Tubular TIPO 7-9	
			3 F.	1 F.	TIPO	TIPO	TIPO			TIPO
2 Polos	0	120	—	1	LBG-1	LBW-11	LBA-1	SBE-1	SBR-1	LBO-1
		220	—	2						
	1	120	—	2	LCG-1	LCW-11	LCA-1	SCE-1	SCR-1	LCO-1
1P	120	—	3	LCG-2	LCW-12	LCA-2	SCE-2	SCR-2	LCO-2	
	220	—	5							
3 Polos	0	110	2	1	LBG-2	LBW-12	LBA-2	SBE-2	SBR-2	LBO-2
		208-220	3	2						
		440-550	5	—						
	1	110	3	2	LCG-3	LCW-13	LCA-3	SCE-3	SCR-3	LCO-3
		208-220	7½	3						
	440-550	10	—	—						
		110	7½	3	LDG-1	LDW-11	LDA-1	SDE-1	SDR-1	LDO-1
	208-220	15	7½							
	440-550	25	—	—						
		110	15	7½	LEG-1	LEW-11	LEA-1	SEE-1	SER-3	LEO-1
	208-220	30	15							
	440-550	50	—	—						
		208-220	50	—	LFG-1	LFW-11	LFA-1	SFE-1	SFR-1	LFO-1
	440-550	100	—							
	208-220	100	—	—	LGG-1	LGW-11	LGA-1	SGE-1	SGR-1	LGO-1
440-550	200	—	—							
208-220	200	—	—	SHG-2	SHW-2	SHA-2	SHR-1	SHO-2		
440-550	400	—	—							
208-220	300	—	—	SJG-1	SJW-1	SJA-1		SJO-2		
440-550	600	—	—							
208-220	450	—	—	KG-1	KW-1	KA-1		KO-1		
440-550	900	—	—							

Los elementos térmicos de aleación fusible deben seleccionarse de la Tabla No. 5 en la pág. 210. Para elementos térmicos tipo bimetalícos referirse a la pág. 212 Tabla 7. Accesorios, dimensiones y pesos para arrancadores consultar el Boletín No. 8. Adecuado también para aplicaciones Tipo 3 y 3R. Para arrancadores, 630 A Máx., 750 VCA Máx. Consultar Boletín No. 8.

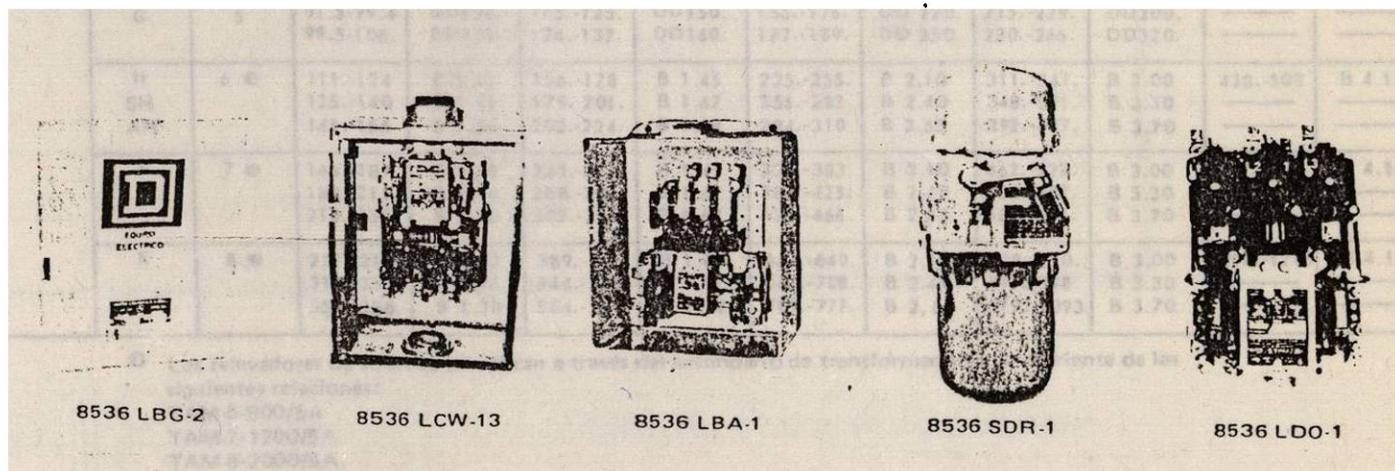
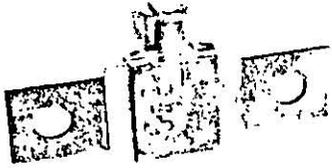


TABLE 14

# SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS



## ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE PARA USARSE CON MOTORES DE FACTOR DE SERVICIO 1.15 EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

TABLA 3- ARRANCADORES MAGNETICOS DE CA													
Para usarse con			Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	
Calse	Tipo	Tamaño											
8536 En caja propia 8998 8999	B C	0	0.29-0.31	B 0.44	1.10-1.23	B 1.67	4.06-4.40	B 6.25	11.4-12.5	B 19.5	25.3-26.0	B 50	
			0.32-0.35	B 0.51	1.24-1.42	B 1.88	4.41-5.00	B 6.90	12.6-13.4	B 22.			
			0.36-0.40	B 0.57	1.43-1.64	B 2.10	5.01-5.67	B 7.70	13.5-15.4	B 25.			
		1 1 P	0.41-0.49	B 0.63	1.65-1.80	B 2.40	5.68-6.31	B 8.20	15.5-18.0	B 28.0	PARA TAM. 1 P	25.3-27.2	B 50
			0.50-0.53	B 0.71	1.81-2.05	B 2.65	6.32-7.03	B 9.10					
			0.54-0.61	B 0.81	2.06-2.30	B 3.00	7.04-7.74	B 10.2					
			0.62-0.68	B 0.92	2.31-2.58	B 3.30	7.75-8.07	B 11.5					
			0.69-0.77	B 1.03	2.59-2.93	B 3.70	8.08-9.19	B 12.8					
			0.78-0.89	B 1.16	2.94-3.32	B 4.15	9.20-9.84	B 14.					
			0.90-1.03	B 1.30	3.33-3.81	B 4.85	9.85-10.5	B 15.5					
	1.04-1.09	B 1.45	3.82-4.05	B 5.50	10.6-11.3	B 17.5							
	D	2	0.31-0.35	B 0.44	0.93-1.03	B 1.30	2.66-2.97	B 3.70	7.32-8.27	B 10.2	20.1-22.9	B 28.0	
			0.36-0.39	B 0.51	1.04-1.19	B 1.45	2.98-3.47	B 4.15	8.22-9.18	B 11.5	23.0-25.8	B 32.	
			0.40-0.44	B 0.57	1.20-1.34	B 1.67	3.48-3.94	B 4.85	9.19-9.99	B 12.8	25.9-28.6	B 36.	
		3	0.45-0.50	B 0.63	1.35-1.50	B 1.88	3.95-4.44	B 5.50	10.0-11.0	B 14.	28.7-32.2	B 40.	
			0.51-0.58	B 0.71	1.51-1.72	B 2.10	4.45-4.94	B 6.25	11.1-12.4	B 15.5	32.3-35.8	B 45.	
			0.59-0.65	B 0.81	1.73-1.89	B 2.40	4.95-5.52	B 6.90	12.5-13.9	B 17.5	35.9-40.1	B 50.	
			0.66-0.73	B 0.92	1.90-2.14	B 2.65	5.53-5.88	B 7.70	14.0-15.7	B 19.5	40.2-45.0	B 56.	
			0.74-0.82	B 1.03	2.15-2.36	B 3.00	5.89-6.52	B 8.20	15.8-17.8	B 22.	---	---	
			0.83-0.92	B 1.16	2.37-2.65	B 3.30	6.53-7.31	B 9.10	17.9-20.0	B 25.	---	---	
14.4-15.7			C 20	24.4-28.6	C 34.	36.6-41.5	C 51.	59.5-64.3	C 83	---	---		
15.8-18.6	C 22	28.7-30.1	C 40.	41.6-47.3	C 58.	64.4-73.5	C 90.	---	---				
18.7-21.4	C 26.	30.2-32.2	C 42.	47.4-53.7	C 66.	73.6-81.3	C 103.	---	---				
21.5-24.3	C 30.	32.3-36.5	C 45.	53.8-59.4	C 75.	81.4-86.0	C 114.	---	---				
F (Serie C)	4	43.8-46.3	CC64.3	54.7-58.4	CC81.5	68.5-73.3	CC 103.	84.3-91.9	CC132.	108.-115.	CC 167.		
		46.4-50.0	CC68.5	58.5-62.6	CC87.7	73.4-78.9	CC 112.	92.0-99.3	CC143.	116.-133	CC 180.		
		50.1-54.6	CC74.6	62.7-68.4	CC94.0	79.0-84.2	CC 121.	99.4-107.	CC156.	---	---		
G	5	84.0-91.4	DD112.	107.-114	DD140.	138.-155.	DD 185.	190.-214.	DD265.	---	---		
		91.5-99.4	DD121.	115.-123.	DD150.	156.-176.	DD 220.	215.-229.	DD300.	---	---		
		99.5-106.	DD128.	124.-137.	DD160.	177.-189.	DD 250.	230.-266.	DD320.	---	---		
H SH AH	6 0	111.-124	B 1.03	156.-178	B 1.45	225.-255.	B 2.10	311.-347.	B 3.00	438.-509	B 4.15		
		125.-140	B 1.16	179.-201.	B 1.67	256.-283.	B 2.40	348.-391.	B 3.30	---	---		
		141.-155	B 1.30	202.-224.	B 1.88	284.-310	B 2.65	392.-437.	B 3.70	---	---		
J	7 0	166.-187.	B 1.03	233.-267.	B 1.45	337.-383.	B 2.10	467.-522.	B 3.00	657.-764.	B 4.15		
		188.-211.	B 1.16	268.-301.	B 1.67	384.-425.	B 2.40	523.-587.	B 3.30	---	---		
		212.-232.	B 1.30	302.-336.	B 1.88	426.-466.	B 2.65	588.-656.	B 3.70	---	---		
K	8 0	277.-312	B 1.03	389.-445.	B 1.45	562.-640.	B 2.10	778.-870.	B 3.00	1094.-1215	B 4.15		
		313.-352.	B 1.16	446.-503.	B 1.67	641.-708.	B 2.40	871.-978.	B 3.30	---	---		
		353.-388.	B 1.30	504.-561.	B 1.88	709.-777.	B 2.65	979.-1093	B 3.70	---	---		

○ Los relevadores de sobrecarga operan a través del secundario de transformadores de corriente de las siguientes relaciones:  
TAM-6-800/5A  
TAM-7-1200/5A  
TAM-8-2000/5A.

# Tablas de factores de corrección por para tubos conduit y charola (de acuerdo con la norma NOM-001-SEMP-1994)

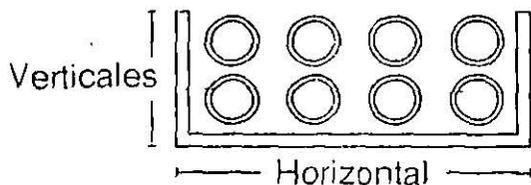
Numero de conductores	Factores de corrección por agrupamiento
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 y más	0.35

Nota: Estos valores se aplican en caso de ser todos conductores para alumbrado o fuerza. El conductor neutro transporta sólo la corriente de desequilibrio de otros conductores, y por tanto no se toma en cuenta para aplicar los factores de corrección por agrupamiento.

**TABLA 16**

Cables con separación mantenida de 1/4 a 1 vez el diámetro del cable

Número de cables verticalmente	Número de cables horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61



Ejemplo: 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

**TABLA 16a**

# Factores de corrección por temperatura ambiente

**TABLA 9: Factores de corrección**

Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente por el factor de corrección correspondiente en esta tabla		
	60°C (1)	75°C (1)	90°C
21 - 25	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76
56 - 60		0.58	0.71
61 - 70		0.33	0.58
71 - 80			0.41

Nota:

(1) Temperatura en el conductor de acuerdo con el tipo de aislamiento.

T A B L A 17

Capacidad de Conducción de Corriente en Conductores de Cobre Aislados

No más de tres conductores instalados en conduit o directamente enterrados o un conductor de aire (Basadas en temperatura ambiente de 30° C).

Sección nominal en mm <sup>2</sup>	60°C		75°C		85°C		90°C		110°C		125°C		200°C	
	Tipos		Tipos		Tipos		Tipos		Tipos		Tipos		Tipos	
	RUW, T, TW, TWD, MTW	Al aire	RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW, NMC	Al aire	PILC, V, MI	Al aire	TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, FEPB, EP, RHH, THHN, MTW, XHHW, NMC.	Al aire	AVA, AVL	Al aire	Al aire	Al aire	Al aire	A, AA, FEPB
2.08	15	20	15	20	25	30	25	30	30	40	30	40	30	45
3.31	20	25	20	25	30	40	30	40	35	50	40	50	40	55
5.26	30	40	30	40	40	55	40	55	45	65	50	70	55	75
8.37	40	55	45	65	50	70	50	70	60	85	65	90	70	100
13.30	55	80	65	95	70	100	70	100	80	120	85	125	95	135
21.15	70	105	85	125	90	135	90	135	105	160	115	170	120	180
26.67	80	120	100	145	105	155	105	155	120	180	130	195	145	210
33.62	95	140	115	170	120	180	120	180	135	210	145	225	165	240
42.41	110	165	130	195	140	210	140	210	160	245	170	265	190	280
53.49	125	195	150	230	155	245	155	245	190	285	200	305	225	325
67.43	145	225	175	265	185	285	185	285	215	330	230	355	250	370
85.01	165	260	200	310	210	330	210	330	245	385	265	410	285	430
107.20	195	300	230	360	235	385	235	385	275	445	310	475	340	510
127	215	340	255	405	270	425	270	425	315	495	335	530	340	510
152	240	375	285	445	300	480	300	480	345	555	380	590	340	510
177	260	420	310	505	325	530	325	530	390	610	420	655	340	510
203	280	455	335	545	360	575	360	575	420	665	450	710	340	510
253	320	515	380	620	405	660	405	660	470	765	500	815	340	510
304	355	575	420	690	455	740	455	740	525	855	545	910	340	510
355	385	630	460	755	490	815	490	815	560	940	600	1005	340	510
380	400	655	475	785	500	845	500	845	580	980	620	1045	340	510
405	410	680	490	815	515	880	515	880	600	1020	640	1085	340	510
456	435	730	520	870	555	940	555	940	680	1165	730	1240	340	510
507	455	780	545	935	585	1000	585	1000	730	1240	730	1240	340	510

TABLA 18



