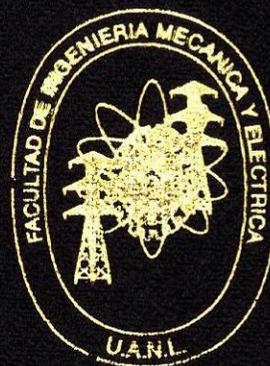
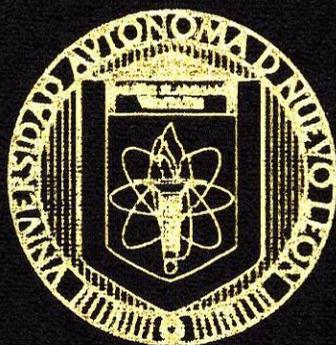


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE  
SUBESTACIONES ELECTRICAS

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

ABEL RAMIREZ MARTINEZ

ASESOR: ING. SERGIO MARTINEZ

CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 1996

T

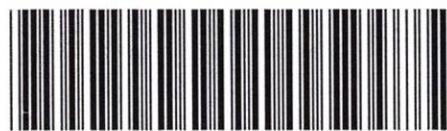
TK175

R36

1996

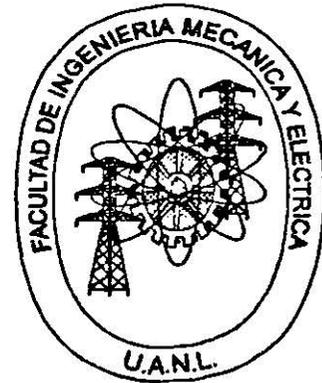
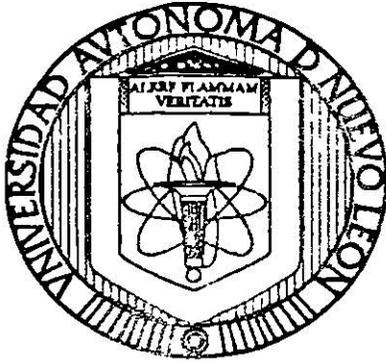
c.1

51



1080096971

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



**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE  
SUBESTACIONES ELECTRICAS**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
ING. MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**ABEL RAMIREZ MARTINEZ**

**ASESOR: ING. SERGIO MARTINEZ**

**CD. UNIVERSITARIA**

**DICIEMBRE DE 1996**

T  
TK1751  
R36  
1996



**AGRADECIMIENTO  
A MIS PADRES, Y HERMANOS  
QUE SIEMPRE ME APOYARON  
PARA QUE TERMINARA  
MIS ESTUDIOS CON BIEN.**

**GRACIAS**

# INDICE

## CAPITULO 1

	PAGINA
1.1 INTRODUCCION .....	1
1.2 CONCEPTOS BASICOS.....	2
1.3 FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR .....	4
1.4 INTERRUPTORES .....	6
1.5 CUCHILLAS FUSIBLES .....	8
1.6 APARTARRAYOS .....	9
1.7 RELEVADORES .....	10
1.8 LISTON FUSIBLE .....	11
1.9 REDES DE TIERRA .....	13
1.10 CONCEPTOS BASICOS .....	16

## CAPITULO 2

DIAGRAMA UNIFILAR .....	18
SOLUCION DEL PROBLEMA .....	19
CALCULOS .....	23
CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA .....	30
BANCO DE CAPACITORES REQUERIDOS .....	33

# **CAP. 1 SUBESTACIONES ELECTRICAS**

## **1.1 INTRODUCCION.**

En el empleo de la energía eléctrica, ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico para transmitir la energía eléctrica a dichos centros de consumo.

Por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.) los voltajes de generación en las centrales 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 incoasteables debido a que se tendría una gran caída de voltaje. De aquí se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes mas elevados que resulten más económico. Por ejemplos, si se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que está situado a una distancia de 1000 Km. Sería necesario elevar el voltaje de generación que supondremos de 13.8 Kv. a otro de transmisión más conveniente que asumimos sea de 110 Kv. Para poder elevar el voltaje de generación de 13.8 Kv. al de transmisión de 110 Kv. es necesario emplear una subestación.

Suponiendo que la caída de voltaje en la línea de transmisión fuera cero volts, tendríamos el centro de consumo 110 kv. es necesario y es claro que este voltaje no es posible usarlo en instalaciones industriales y aun menos en comerciales y residenciales, de donde se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 Kv. a otro más convenientes de distribución en centros urbanos de consumo. Por tal razón, será necesario emplear otra subestación eléctrica para poder suministrar energía eléctrica a dichos centros de consumo según sus necesidades.

## **1.2 CONCEPTOS BASICOS**

**SUBESTACION ELECTRICA.-** Es un conjunto de equipos, elementos o dispositivos que tienen el propósito de cambiar las características de la energía eléctrica como son el voltaje, la corriente, la frecuencia, etc. de equipo de C.A o de equipo de C.C o bien dentro de ciertas características

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

**A.-** Por su operación.

- a) de C.A.
- b) de C.C

**B.-** Por su construcción.

- a) de interperie.
- b) de interior.
- c) blindado.

**C.-** Por su servicio.

- a) Primarias.
  - 1) Elevadoras.
  - 2) Receptoras.
  - 3) De distribución o enlace.
  - 4) De switcheo o de maniobra.
  - 5) Convertidoras o rectificadoras.

b) Secundarias

- 1) Receptoras.
- 2) distribuidoras.
- 3) De enlace.
- 4) Convertidoras o Rectificadoras.

## **APARATOS DE MEDICIÓN**

El control de una subestación, de operación manual o automática, requiere de una cantidad considerable de aparatos indicadores, registradores o elementos de señal, en particular la subestación de control manual, ya que en ellos se basan las maniobras necesarias y en menor grado las que operan en forma automática para fines de ajuste, inspección, prueba, etc. Los instrumentos se clasifican en tres categorías según indique, registren o integren alguna magnitud en tiempo determinado; los aparatos son de uso momentáneo, los registradores sirven para ajustes o reparación de algún órgano que no cumpla con su función y los integradores sirven para determinar consumo de energía, demandas y otras cantidades relacionadas con el tiempo.

### **LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN QUE SE UTILIZAN EN UNA SUBESTACIÓN SON:**

**Amperímetros.-** Sirven para:

- 1) Indicar calentamiento de una máquina, conductores, reactores y equipo de conducción e interrupción de un sistema.
- 2) Repartir la carga entre máquinas que operen en paralelo.
- 3) Determinar las características de demanda de circuitos diversos.
- 4) Revelar algunas fallas de conducción y operación.

**Voltmetros.-** Se usan para:

- 1) Dar a un sistema la tensión correcta.
- 2) Poner en paralelo una nueva unidad.
- 3) Revelar algunas fallas.

Wattmetros.- Se utilizan en:

- 1) Determinar la característica de demanda.
- 2) Revelar algunas fallas.
- 3) Controlar los intercambios de energía entre sistemas en paralelo.

Factorímetros.- Son usados para:

- 1) Medir el consumo de los circuitos especiales.
- 2) Señalar el monto de la energía para el pago del impuesto.
- 3) Calcular demandas con base en cualquier intervalo.
- 4) Determinar la eficiencia media de la subestación.

### **1.3 FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR**

El funcionamiento del transformador está basado en el funcionamiento de la interacción electromagnética de dos, o en el caso general, de cualquier número de circuitos fijos o estacionarios entre sí.

Si se aplica una tensión de C.A. ente los bornes de uno de los arrollamientos, debido a la acción del flujo magnético que corta a los dos arrollamientos se establecerá una f.e.m alterna en el secundario la cual a su vez producirá en él una corriente alterna que alimentará el circuito conectado en sus bornes.

De esta manera se transfiere una potencia de C.A desde el circuito primario hasta el secundario.

Para reforzar el acoplamiento electromagnético entre los arrollamientos se provee un núcleo laminado constituido por chapas de acero eléctrico. Para convertir (transformar) una tensión y una corriente primaria en una tensión y una corriente secundaria es necesario primero calcular y luego acoplar los arrollamientos primario y secundario.

## **CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES**

Los transformadores se pueden clasificar por:

- a) La forma del núcleo.
- b) Por el número de fases.
- c) Por el número de devanados.
- d) Por el medio refrigerante.
- e) Por el tipo de enfriamiento.
- f) Por la regulación.
- g) Por la operación.

## **TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS**

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

- a) Transformadores de corriente.
- b) 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 mas o menos elevado a otro con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, como amperímetros, Wattmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente.

## **TRANSFORMADORES DE POTENCIA.**

Se denomina transformador de potencia a aquel cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente.

### **MANTENIMIENTO.**

Es el cuidado que se debe tener en cualquier tipo de máquina durante su operación, para prolongar su vida y obtener un funcionamiento correcto.

En el caso particular de los transformadores se requiere poco mantenimiento en virtud de ser máquinas estáticas. Sin embargo conviene que periódicamente se haga una revisión de algunas de sus partes, como son:

- 1.- Inspección ocular de su estado externo en general, para observar fugas de aceite, etc.
- 2.- Revisar que las boquillas no estén flameadas por sobretensiones de origen externo o atmosférico.
- 3.- Cerciorarse de que la rigidez dieléctrica del aceite sea la correcta, de acuerdo con las normas.
- 4.- Tener cuidado de que los aparatos de protección y control operen en forma correcta.

### **1.4 INTERRUPTORES.**

Es un dispositivo que tiene la función de interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico.

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

Si en cambio, la operación se efectúa con carga o corriente de corto circuito, el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

## **TIPOS DE INTERRUPTORES DE POTENCIA**

Todos los interruptores se distinguen principalmente por su cámara de extinción y mas concretamente por los diferentes medios extintores que utilizan para apagar el arco eléctrico.

A) INTERRUPTOR DE ACEITE.- Este interruptor se vale de aceite aislante como medio extintor del arco eléctrico.

B) INTERRUPTORES NEUMATICOS.- Este interruptor utiliza el aire comprimido para cortar el arco eléctrico.

C) INTERRUPTOR EN VACIO.- Este interruptor utiliza el vacío para cortar el arco eléctrico.

D) INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNÉTICO.- Estos utilizan el campo magnético como extintor para cortar el arco eléctrico.

## **PRUEBAS A INTERRUPTORES**

Las pruebas que generalmente se realizan a los interruptores o antes de poner en funcionamiento un sistema son:

a) PRUEBAS DE PRESTACIÓN.- Con ella sacamos el valor de la corriente de apertura o la de cierre en algunos casos (corriente de falla).

b) PRUEBA DE AISLANTE.- Mediante esta prueba se determina el comportamiento del interruptor a la tensión nominal y comprobar la calidad de los aislantes utilizados.

c) **PRUEBA DE SOBRECARGA.**- Mediante ella se comprueba si el interruptor soporta la corriente de sobrecarga fijada.

d) **PRUEBA MECANICA.**- Mediante esta prueba observamos si el interruptor es lo suficientemente fuerte de acuerdo con su capacidad de diseño en KVA.

e) **PRUEBA DE PRESIÓN.**- Mediante esta prueba observamos si el tanque soporta las presiones internas originadas en una falla.

f) **PRUEBA DE TEMPERATURA.**- Nos sirve para observar la manera de comportamiento del interruptor al ser sometido a temperaturas elevadas a mayores que la nominal.

## **1.5 CUCHILLAS FUSIBLES**

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

El elemento de protección lo constituyen el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible lo seleccionan de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por el. Pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de lata en casos (especiales) , cobre electrolítico con aleación de plata o cobre 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:

- a) Tipo interior.
- b) Tipo interperie.
- c) Tipo hilo de apertura.

- d) En aceite.
- e) En arena.

La mayor parte de las cuchillas fusibles operan con el principio de expulsión, empleando un tubo de fibra deionizante para confinar el arco eléctrico y un listón fusible. Al ocurrir un corto circuito la corriente de falla calienta el tubo deionizante, cuando el listón fusible se funde emitiendo gases deionizantes, estos se acumulan dentro del tubo. Las cuchillas fusibles en aceite y arena son utilizados en instalaciones externas.

### **CAPACIDAD DE CUCHILLAS.**

Las cuchillas fusibles están calificadas por nema con base a la frecuencia, capacidades conducción de corriente constante, voltaje nominal, máximo voltaje de diseño y capacidad interruptiva.

### **ESPECIFICACIONES.**

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

- 1.- Tensión nominal.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Corriente de corto circuito simétrica.
- 4.- Corriente de corto circuito asimétrica.
- 5.- Tipo de montaje (horizontal o vertical).

### **1.6 APARTARRAYOS.**

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

- 1.- Sobretensiones de tipo atmosférico.

## 2.- Sobretensiones por fallas en el sistema.

En el caso que ahora nos ocupa trataremos la protección contra sobretensiones de origen atmosférico.

**·APARTARRAYOS:** Es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

Un dispositivo de protección efectivo debe tener dos características principales:

- 1.- Comportarse como aislador mientras la tensión aplicada no exceda cierto valor predeterminado.
- 2.- Convertirse en un conductor al alcanzar la tensión a ese valor y conducir a tierra la onda de corriente producida por onda de sobretensión.

## 1.7 RELEVADORES.

Los relevadores son dispositivos de protección que sirven para retirar el servicio cualquier elemento de un sistema de potencia cuando se presentan desperfectos.

Están formados por contactos normalmente abiertos (N.A) y normalmente cerrados (N.C) que son accionados magnéticamente y constituidos para funcionar cuando se presenten variaciones de voltaje o corriente.

Los principales relevadores que se utilizan en los sistemas de potencia son:

### **a) RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE.**

Se utilizan para abrir o cerrar circuitos de disparo cuando el voltaje aplicado a sus bobinas de operación es menor al predeterminado.

### **b) RELEVADORES DE CORRIENTE BALANCEADA.**

Esta formada por tres relevadores mecánicamente separados pero interconectados eléctricamente. Se utilizan para proteger máquinas y

líneas trifásicas contra fallas debidas al desbalance de fases y operación monofásica.

### **c) RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE.**

Se utilizan para proteger máquinas de corriente alterna de bajo voltaje cuando arrancan debido a la apertura de fase contraria.

## **1.8 LISTÓN FUSIBLE.**

Un listón fusible consiste en tres partes básicas: cabezal, elemento fusible y tensor. Los diferentes tipos de listones son presentados y diseñados bajo especificaciones nema para utilizarse en varios tipos de cuchillas.

Los diseños mas comunes son como el tipo la I donde el listón fusible es una combinación de un elemento de soldadura autentica con uno de alta corriente para rangos de unos ocho ampers. El tipo II es de estaño para un rango de 5 a 20 amperes y de este tipo en listón de plata, se emplea para rangos de 5 a 100 amperes. El tipo III son aquellos listones fusibles cuya función es para el rango de 25 a 100 amperes. El tipo IV formado por una bandita para listón estañado con rangos de 100 amperes.

Los descritos en los tipos II, III y IV vienen provistos de un alambre de alta resistencia para proteger al listón contra falla mecánica accidental.

La longitud y la sección transversal del elemento fusible determina la corriente y el tiempo necesario para que se funda el elemento.

Cuando una falla ocurre, el elemento fusible es fundido por la alta corriente, simultáneamente, debido a la alta resistencia del tensor es calentado y desprendido, en ese instante se establece un arco de una parte a otra del listón. El arco es un medio conductor de partículas mezcladas las cuales son iones metálicos del elemento fundido del alambre y del gas ionizado .

## **FACTORES DE SELECCION PARA CUCHILLAS Y LISTONES.**

La aplicación de cuchillas fusibles depende de la corriente de carga, voltaje del sistema, tipo de sistema y probable corriente de falla, lo que determina el rango de corriente y voltaje para la selección adecuada de cuchillas que se desean instalar.

La seguridad económica y localización también influyen en la selección del tipo de cuchillas que se deben instalar: cerrada, abierta con listón, etc, incluso se debe considerar la carga de tierra, los posibles cambios por operación o la necesidad de conveniencia en la forma de establecer su operación.

Los datos que se deben conocer en un sistema de distribución para la correcta selección y localización de las cuchillas fusibles son:

- a) Tipo de sistema.
- b) La relación K/R para misma corriente y falla y su punto de aplicación.
- c) Voltaje del sistema.
- d) Corriente de fuga.

Estos cuatro factores determinan tres datos de las cuchillas:

- a) Corriente debido a la carga.
- b) Voltaje.
- c) Capacidad interruptiva.

## **APLICACION DE LOS LISTONES FUSIBLES**

La aplicación de los listones fusibles requiere del conocimiento del sistema y del equipo que se desea proteger. Para efectos de coordinación lo que se desea conocer es la corriente de falla máxima al punto más distante que se requiere proteger y la corriente de falla máxima probable, corriente de carga y corriente de retroalimentación al punto de aplicación del fusible.

## **VARIABLES DE OPERACIÓN.**

Al aplicar los listones fusibles se deben considerar los efectos de estas variables de operación:

- 1.- Precarga debido a la corriente de falla.
- 2.- Temperatura ambiente.
- 3.- Calor de fusión.

### **1.9 REDES DE TIERRAS.**

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobrecorrientes en las subestaciones es la disponer una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los apartarrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierras.

#### **NECESIDAD DE LA RED DE TIERRAS.**

La necesidad de contar con una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los aparatos y demás instrumentos en las subestaciones es la de cumplir con las siguientes funciones:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla de aislamiento o la operación de un apartarrayo.
- b) Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, que puedan ser peligrosos para el personal.
- c) Facilitar mediante sistemas de relevadores la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- d) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

## **DISPOSICIONES BÁSICAS DE LAS REDES DE TIERRA.**

Para las redes de tierras se han considerado básicamente tres sistemas:

- a) Sistema radial.
- b) Sistema de anillo.
- c) Sistema de red.

El sistema radial es el mas barato por lo menos satisfactorio ya que al producirse una falla en un aparato, se producen grandes gradientes de potencial.

Este sistema radial consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones a cada aparato.

El sistema de anillo se obtiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre (aproximadamente 1000 MCM) alrededor de la superficie ocupada por el equipo de la S.E y conectando derivaciones a cada aparato, usando alambre más delgado (500 MCM o 4/0 AWG).

Es un sistema económico y eficiente y en el se eliminan las grandes distancias de carga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos son disminuidos al disiparse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

El sistema de red es el más usado actualmente en nuestros sistemas eléctricos y consiste en una malla formada por cable de cobre (aproximadamente 4/0) y conectado a través de electrodos de varillas de copperwell a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad este sistema es el más eficiente pero también el más caro de los tres tipos.

## **ELEMENTO DE LA RED A TIERRA.**

**CONDUCTORES.**- Los conductores utilizados en los sistemas de tierra son de cable de cobre de calibres arriba de 4/0 AWG dependiendo del sistema que se utilice. Se ha escogido el calibre mínimo de 4/0 AWG en

cobre por razones mecánicas, ya que eléctricamente pueden usarse cables de cobre hasta # 2 AWG.

Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y sobre todo por ser resistente a la corrosión.

**ELECTRODOS.-** Son las varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y por lo tanto menor resistividad eléctrica. Los electrodos pueden ser fabricados de tubos o varillas de fierro galvanizado o bien de varillas copperwell.

**CONECTORES Y ACCESORIOS.-** Son aquellos elementos conservándolas que nos sirven para unir a la red de tierras, los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de los transformadores, etc.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos:

- a) Conectores atornillados.
- B) Conectores a presión.
- C) Conectores soldados.

## **1.10 CONCEPTOS BASICOS**

### **COMPONENTES DE UNA SUBESTACION UNITARIA.**

- a) Sección de llegada.
- b) Sección de transformación.
- c) Sección de baja tensión.

### **CAPACIDAD DE UNA SUBESTACIÓN ELECTRICA.**

La capacidad se fija tomando en cuenta la demanda actual en KVA, más 20 o 30 % para un incremento a futuro, previniendo el espacio necesario para las futuras aplicaciones.

$$KVA_{TRANS.} = KVA_{INST.}(F.D) + (20\% \text{ AL } 30\%) KVA_{INST.}$$

### **CORRIENTES DE UNA SUBESTACIÓN ELECTRICA.**

Se consideran dos tipos de corrientes:

#### **a) CORRIENTE NOMINAL:**

Nos fija los esfuerzos térmicos que debe soportar una instalación eléctrica en las condiciones mas favorables, sirve para determinar las barras colectoras y las características de desconexión de corriente, de interruptores, cuchillas, etc.

#### **b) CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.**

Determina los esfuerzos electrodinamicos máximos que pueden soportar las barras colectoras y los tramos de conexión. Es también un parámetro importante en el diseño de la red de tierras de la instalación.

## **MEDICIÓN DE UNA SUBESTACIÓN.**

La medición dependerá de la capacidad del transformador, a partir de 300 KVA hacia arriba la medición será en el lado de alta y de 300 KVA hacia abajo la medición se hará en el lado de baja.

## **ENFRIAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR.**

El enfriamiento de un transformador puede ser por aire forzado o por aceite, mientras mas frío se encuentre el transformador nos entregara mayor potencia.

## **MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACIÓN.**

Aunque el mantenimiento de una subestación es sencillo tiene gran importancia, ya que cualquier falla repercute parcial o totalmente en la paralización de la empresa, por lo tanto una subestación debe estar al 100% de su mantenimiento.

Para darle mantenimiento a una subestación se siguen los siguientes pasos:

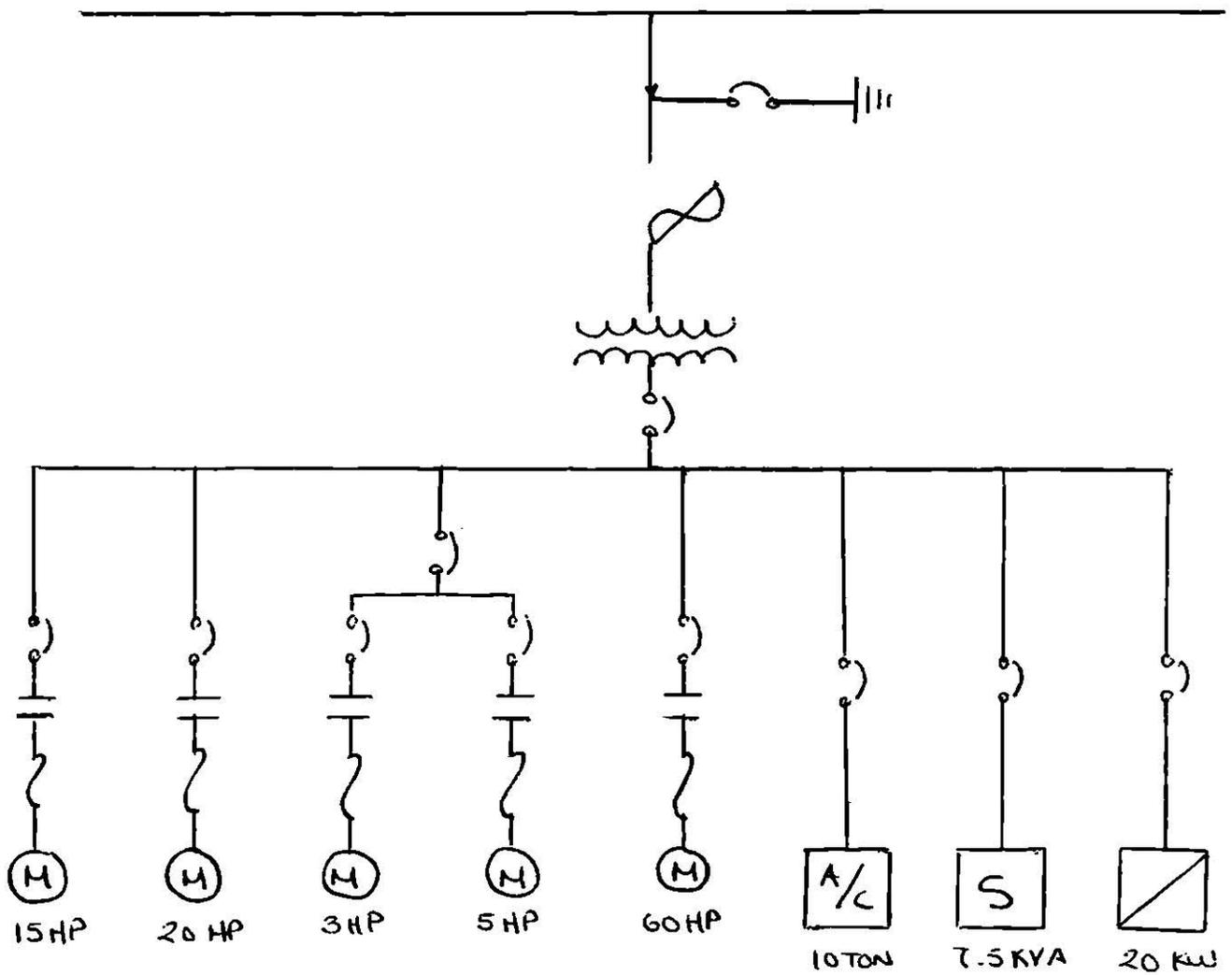
- 1.- Libranza por parte de C.F.E. en las cuchillas principales.
- 2.- Puesta fuera de servicio de la subestación, todo se efectúa librando la carga existente.
- 3.- Limpieza general al tablero general y a cada uno de sus elementos.
- 4.- Inspección y mantenimiento preventivo a interruptores PVA.
- 5.- Reapriete de tornillería de barras, aisladores, desconectores y transformadores de medición.
- 6.- Pruebas de MEGGER a línea aislada de alta tensión.
- 7.- Limpieza general exterior al gabinete.
- 8.- Conexión de cuchillas principales por C.F.E.

## CAPITULO # 2

### DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

(CÁLCULOS MATEMÁTICOS)

#### DIAGRAMA UNIFILAR



## SIMBOLOGÍA :

	Motor.
	Aire acondicionado.
	Soldadora.
	Tablero de alumbrado.
	Transformador.
	Apartarrayos.
	Interruptor termomagnético.
	Cuchilla y listón fusible.

## SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

I.- Algunas equivalencias y fórmulas importantes para la solución del problema.

$$1\text{KVA} = \frac{0.746}{n \times \text{f.p.}} = 1\text{HP}$$

(0.746)

$$1 \text{ TON. REF.} = 1700 \text{ WATTS}$$

$$\text{KVA Alumbrado} = \frac{\text{KW}}{\text{f.p.}}$$

f.p Inacandescente = 1  
 f.p Fluorescente = 0.92  
 f.p Aditivos metálicos = 0.94

KVA transformador = KVA Inst. (F.D.) + (20-30 % ) KVA Inst.

$$F.D = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA MEDIDA}_{[ca1]} \leq 1}{\text{CARGA TOT. IST. EN KW}}$$

## II.- CALCULO DE LOS KVA DEL TRANSFORMADOR

$$\text{KVA Inst.} = 15 + 20 + 3 + 5 + 60 + \frac{1.7 \times 10}{0.9} + \frac{20}{0.9}$$

KVA Inst. = 151.6 KVA.                      F.D = 0.75 Taller mecánico.

KVA transf. = KVA Inst. (F.D) + (20-30 %) KVA Inst.

$$\text{KVA transf.} = (151.6) (0.75) + (0.25) (151.6)$$

KVA transf. = 151.6 KVA .  $\approx$  150 KVA .

NOTA : Se instalara un transformador de 150 KVA.

### III.- CALCULO DEL FUSIBLE DE ALTA Y BAJA TENSION.

$$S = \sqrt{3} VI$$

$$I \text{ alta tensión} = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{150 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13.2} = 6.56 \text{ AMP.}$$

$$I \text{ Fusible A.T} = I \text{ alta tensión} \times 200 \%$$

$$I \text{ Fusible A.T} = 6.56 \text{ amp.} \times 2 = 13.2 \text{ AMP.}$$

NOTA : Según la tabla para calculo de fusibles para protección de transformadores trifasicos a 13.2 KV se selecciona el de 20 amp.

$$I \text{ baja tensión} = \frac{150 \text{ KVA}}{\sqrt{3} V} = 393.6 \text{ AMP.}$$

$$\sqrt{3} V \quad \sqrt{3} \times 0.22$$

NOTA : Se coloca un interruptor termomagnetico de 400 amp. tipo LA con marco de 400 amp.

### IV.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES.

- Para acometidas de alta tensión en ACSR utilizar cable 1/0 , 2/0 , 3/0 ,  
hacia arriba.

- Para acometidas de alta tensión en cobre utilizar cable 2 , 1/0 , 2/0 , 3/0 ,  
hacia arriba.

CON LOS DATOS DE CORRIENTES EN ALTA Y BAJA TENSIÓN SE SELECCIONA EL SIGUIENTE MATERIAL.

$$I \text{ cable B.T} = I \text{ B.T} \times 1.25 = 393.6 \times 1.25 = 492 \text{ amp.}$$

De tablas se selecciona el calibre 2/0 a una temperatura de 75° que soporta una corriente de 265 amp. por lo que se pueden colocar 2 cables juntos por fase para que soporten los 492 amp.

\* CALIBRE DEL CONDUCTOR NEUTRO.

$$I \text{ neutro} = \frac{20 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 0.22 (0.9)} = 58.31 \text{ amp.}$$

$$\sqrt{3} \times 0.22 (0.9)$$

$$I \text{ protecc. Neutro} = I_n \times 1.25 = 58.31 \times 1.25 = 72.8 \text{ amp.}$$

\* Para neutro se selecciono el calibre # 8 de cobre.

\* Para tierra se selecciono el calibre # 2 de cobre.

V.- DATOS TECNICOS SOBRE MOTORES, CLIMAS, SOLDADORAS,

ALUMBRADO Y CONDUCTORES.

Motores pequeños	0 - 7 ½ HP	I x 200 %
Motores medianos	10 - 25 HP	I x 165 %
Motores grandes	30 - Adelante	I x 140 %
Climas		I x 150 %
Soldadoras		I x 250 %
Alumbrado		I x 125 %
Conductor		I x 125 %

## CÁLCULOS

### VI.- MOTOR DE 15 HP

$$I_n = \text{KVA o' HP} / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 15 / (\sqrt{3} * 0.22 \text{KV})$$

$$I_n = 39.4 \text{ AMP.}$$

### PARA CALCULAR EL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

$$I = I_n * 1.65$$

$$I = (39.4 * 1.35) \text{ amp.}$$

$$I = 65 \text{ amp.}$$

Se selecciona interruptor termomagnetico de 70 amp. con un marco de 100 amp. y una capacidad interruptiva de 18000 amp. de 3 polos FAL 36070 de la tabla

### CONDUCTOR

$$I = I_n * 1.25$$

$$I = 39.4 * 1.25$$

$$I = 49.3 \text{ AMP.}$$

De las tablas se obtiene el calibre del conductor que es un calibre recomendado de # 8 pero que debido al interruptor que es de 70 amp. se selecciona el conductor de calibre # 6.

De las tablas también se obtiene el calibre para el cable de tierra y el diámetro de la tubería con el dato de la corriente del interruptor termomagnetico.

Calibre del conductor de la tierra # 8

Diámetro de la tubería 25 mm.

## VII.- MOTOR DE 20 HP

$$I_n = \text{kva o' HP} / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 20 \text{ HP} / \sqrt{3} * .22 \text{KV}$$

$$I_n = 52.48 \text{ AMP.}$$

$$I_{\text{int.}} = I_n * 1.65$$

$$I_{\text{cable}} = I_n * 1.25$$

$$I_{\text{int.}} = 52.48 * 1.65$$

$$I_{\text{cable}} = 52.48 * 1.25$$

$$I_{\text{int.}} = 86.6 \text{ amp.}$$

$$I_{\text{cable}} = 65.6 \text{ AMP.}$$

De tablas con corriente del interruptor de 86.6 amp. obtenemos el interruptor termomagnético de 100 amp. con marco de 100 FAL 36100 y con una capacidad interruptiva de 18 000 amp.

También de tablas pero ahora con la corriente del cable que es de 65.6 amp. y de 183.7 amp. obtenemos.

Cable recomendado de calibre # 8 pero debido al interruptor de 100 amp. se utilizara el calibre # 4.

Calibre de la tierra # 8

Diámetro de la tubería de 25 mm.

## VIII.- MOTOR DE 3 HP

$$I_n = \text{kva o' HP} / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 3 \text{ HP} / \sqrt{3} * .22 \text{KV}$$

$$I_n = 7.87 \text{ AMP.}$$

$$I_{int.} = I_n * 2$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{int.} = 7.87 * 2$$

$$I_{cable} = 7.87 * 1.25$$

$$I_{int.} = 15.74 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = 9.83 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 15.74 amp. y con la corriente del cable de 9.83 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 15 amp. FAL 36015 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 14

Calibre del cable # 14

Diámetro de tubería 13 mm.

## **IX.- . MOTOR DE 5 HP**

$$I_n = \text{kva o' HP} / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 5 \text{ HP} / \sqrt{3} * .22 \text{KV}$$

$$I_n = 13.12 \text{ AMP.}$$

$$I_{int.} = I_n * 2$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{int.} = 13.12 * 2$$

$$I_{cable} = 13.12 * 1.25$$

$$I_{int.} = 26.24 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = 16.4 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 26.24 amp. y con la corriente del cable de 16.4 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 30 amp. FAL 36030 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 10

Calibre del cable # 10

Diámetro de tubería 19 mm.

## **X.- CALCULO DEL INTERRUPTOR COMÚN A LOS DOS MOTORES DE 3 Y 5 HP.**

Equipo mayor x % +  $\sum I_n$

$(13.12 \text{ amp.} * 2) + 7.87 = 34.11 \text{ amp.}$

$I_{\text{cable}} = \sum I_n * 1.25$

$I_{\text{cable}} = 34.11 * 1.25$

$I_{\text{cable}} = 21 \text{ amp.}$

De las tablas con corriente de interruptor de 34.11 amp. y con la corriente del cable de 21 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 40 amp. FAL 3600 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 10

Calibre del cable # 10

Diámetro de tubería 19 mm.

## **XI.- MOTOR DE 60 HP**

$I_n = \text{kva o' HP} / \sqrt{3} * V$

$I_n = 60 \text{ HP} / \sqrt{3} * .22 \text{KV}$

$I_n = 157.45 \text{ AMP.}$

$$I_{int.} = I_n * 1.4$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{int.} = 157.45 * 1.4$$

$$I_{cable} = 157.45 * 1.25$$

$$I_{int.} = 220.4 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = 196.8 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 220.4 amp. y con la corriente del cable de 196.8 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 225 amp. LAL 36255 con marco de 400 amp.

Calibre del conductor de tierra # 4

Calibre del cable # 3/0

Diámetro de tubería 51 mm.

## XII.- CLIMA

$$I_n = \text{Ton de refrigeración} * 1.7 / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 10 * 1.7 / \sqrt{3} * .22 \text{KV}$$

$$I_n = 44.6 \text{ AMP.}$$

$$I_{int.} = I_n * 1.5$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{int.} = 44.5 * 1.5$$

$$I_{cable} = 44.6 * 1.25$$

$$I_{int.} = 67 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = 55.75 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 67 amp. y con la corriente del cable de 55.75 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 70 amp. FAL 36070 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 8

Calibre del cable # 6

Diámetro de tubería 25 mm.

### **XIII.- SOLDADORA**

$$I_n = KVA / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 7.5 / \sqrt{3} * .22KV$$

$$I_n = 19.68 \text{ AMP.}$$

$$I_{int.} = I_n * 2.5$$

$$I_{int.} = 19.68 * 2.5$$

$$I_{int.} = 49.2 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{cable} = 19.68 * 1.25$$

$$I_{cable} = 24.6 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 49.2 amp. y con la corriente del cable de 24.6 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 50 amp. FAL 36050 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 10

Calibre del cable # 8

Diámetro de tubería 25 mm.

### **XIV.- ALUMBRADO**

$$I_n = KVA o' / \sqrt{3} * V$$

$$I_n = 20 / \sqrt{3} * .22KV$$

$$I_n = 52.48 \text{ AMP.}$$

$$I_{int.} = I_n * 1.25$$

$$I_{int.} = 52.48 * 1.25$$

$$I_{int.} = 65.6 \text{ amp.}$$

$$I_{cable} = I_n * 1.25$$

$$I_{cable} = 52.48 * 1.25$$

$$I_{cable} = 65.6 \text{ AMP.}$$

De las tablas con corriente de interruptor de 65.6 amp. y con la corriente del cable de 65.6 amp. se obtiene un interruptor termomagnético de 70 amp. FAL 36070 con marco de 100 amp.

Calibre del conductor de tierra # 8

Calibre del cable # 6

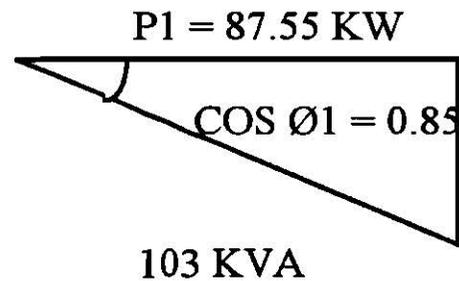
Diámetro de tubería 25 mm.

## CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

MOTOR DE 15 HP  
MOTOR DE 20 HP  
MOTOR DE 3 HP  
MOTOR DE 5 HP  
MOTOR DE 60 HP  
CLIMA DE 10 TONELADAS  
SOLDADORA 7.5 KVA  
ALUMBRADO 20 KW

### MOTORES F.P.= 0.85

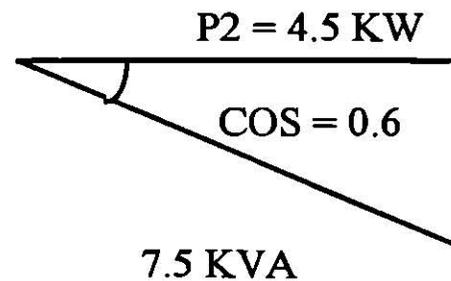
$$\begin{aligned}\cos \phi_1 &= P_1 / S_1 \\ P_1 &= S_1 * \cos \phi \\ \text{KVAR} \\ P_1 &= (103 \text{ KVA}) * (0.85) \\ P_1 &= 87.55 \text{ KW}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}Q_1 &= S_1 * \sin \phi_1 \\ Q_1 &= (103 \text{ KVA}) * (0.526) \\ \underline{Q_1} &= \underline{54.25 \text{ KVAR}}\end{aligned}$$

### SOLDADORA F.P. = 0.6

$$\begin{aligned}\cos \phi_2 &= P_2 / S_2 \\ P_2 &= S_2 * \cos \phi \\ \text{KVAR} \\ P_2 &= (7.5 \text{ KVA}) * (0.6) \\ P_2 &= 4.5 \text{ KW}\end{aligned}$$



$$Q2 = S2 * \text{SEN } \emptyset2$$

$$Q2 = (7.5 \text{ KVA} = ) * (0.79)$$

$$\underline{Q2 = 6 \text{ KVAR}}$$

**CLIMA F.P. = 0.85**

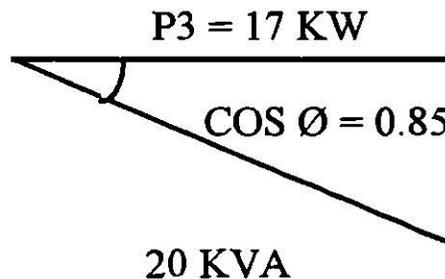
$$\text{COS } \emptyset3 = P3 / S3$$

$$S3 = P3 / \text{COS } \emptyset3$$

KVAR

$$S3 = (17 \text{ KW}) / (0.85)$$

$$S3 = 20 \text{ KVA}$$



$$Q3 = S3 * \text{SEN } \emptyset3$$

$$Q3 = (20 \text{ KVA}) * (0.52)$$

$$\underline{Q3 = 10.53 \text{ KVAR}}$$

**ALUMBRADO F.P. = 0.94**

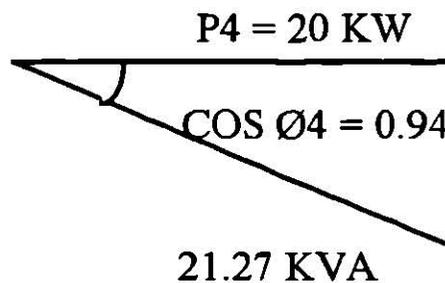
$$\text{COS } \emptyset4 = P4 / S4$$

$$S4 = P4 / \text{COS } \emptyset4$$

KVAR

$$S4 = (20 \text{ KW}) / (0.94)$$

$$S4 = 21.27 \text{ KVA}$$



$$Q4 = S4 * \text{SEN } \emptyset4$$

$$Q4 = (21.27 \text{ KVA}) * (0.34)$$

$$\underline{Q4 = 7.25 \text{ KVAR}}$$

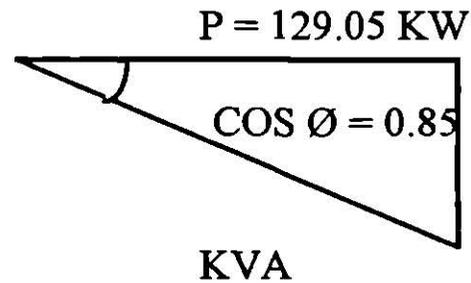
## HACIENDO LA SUMATORIA

$$P = P1 + P2 + P3 + P4$$

$$P = (87.55 + 4.5 + 17 + 20) \text{ KW}$$

$$\text{KVAR}$$

$$\underline{P = 129.05 \text{ KW}}$$



$$Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4$$

$$Q = (54.25 + 6 + 10.53 + 7.25) \text{ KVAR}$$

$$\underline{Q = 78.03 \text{ KVAR}}$$

$$\text{TAN } \emptyset = Q / P$$

$$\text{TAN } \emptyset = 78.03 \text{ KVAR} / 129.05 \text{ KW}$$

$$\text{TAN } \emptyset = 0.6046$$

$$\underline{\emptyset = 31.15^\circ}$$

$$* \underline{\text{COS } \emptyset = 0.85}$$

$$S = P / \text{COS } \emptyset$$

$$S = 129.05 \text{ KW} / 0.85$$

$$\underline{S = 151.82 \text{ KVA}}$$

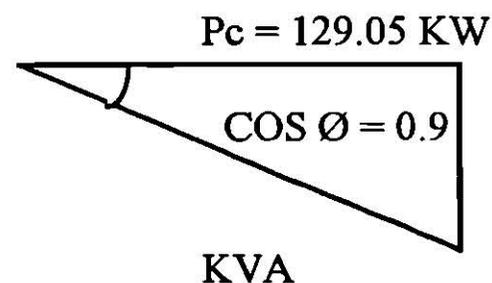
## CORRIGIENDO EL FACTOR DE POTENCIA

$$S_c = P_c / \text{COS } \emptyset$$

$$S_c = 129.05 \text{ KW} / 0.9$$

$$\text{KVAR}$$

$$\underline{S_c = 143.38 \text{ KVA}}$$



$$Q_c = P_c * \text{TAN } \emptyset$$

$$Q_c = 129.05 \text{ KW} * \text{TAN } 25.84^\circ *$$

$$\underline{Q_c = 62.49 \text{ KVAR}}$$

$$\underline{\emptyset = 25.84^\circ}$$

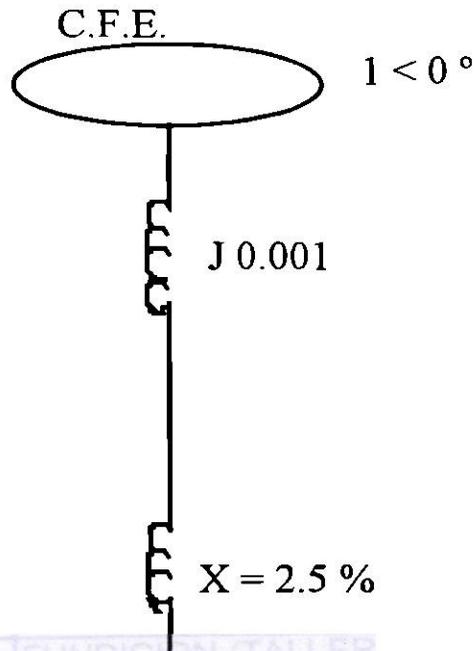
## **BANCO DE CAPACITORES REQUERIDOS**

$$Q_{\text{requeridos}} = Q - Q_c$$

$$Q_{\text{requeridos}} = (78.03 - 62.49) \text{ KVAR}$$

$$\underline{Q_{\text{requeridos}} = 15.54 \text{ KVAR}}$$

# ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO ( MÉTODO DEL BUS INFINITO )



$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{500 \times 10^3 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13.2 \text{ KV}} = 21.86 \times 10^3 \text{ AMP.}$$

$$Z_a = \frac{V}{I} = \frac{13.2 \text{ KV}}{21.86 \times 10^3} = 0.34 \Omega$$

KVA B = 500 × 10<sup>3</sup> KVA.

KV B = 13.2 KV

$$Z_B = \frac{1000(KV)^2}{KVA} = \frac{1000(13.2)^2}{500,000} = 0.34 \Omega$$

$$Z_B = Z/Z = 0.34/0.34 = 1 \text{ pu.}$$

$$I_{pu cc} = \frac{1 \text{ pu}}{Z_{pu}} = \frac{1 < 0^\circ}{0.025} = 40 \text{ pu.}$$

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{150 \times 10^3 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 10^3} = 393.6 \text{ AMP.}$$

$$I_{cc} = 1 \text{ pu cc} \times I_B$$

$$I_{cc} = 40 \times 393.6 = 15,744 \text{ AMP.}$$

## FACTOR DE DEMANDA

### COMERCIAL

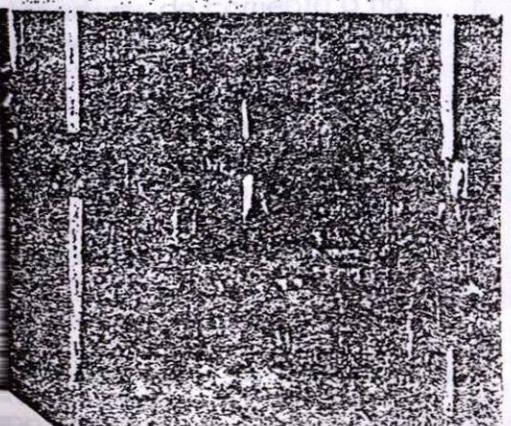
### INDUSTRIAL

COMERCIO	.D.	INDUSTRIA	F.D.
ALUMBRADO PUBLICO	1.00	ACETILENO (FABRICA DE)	0.70
APARTAMENTOS	0.35	ARMADORAS DE AUTOS	0.70
BANCOS	0.70	CARPINTERIAS (TALLERES DE)	0.65
BODEGAS	0.50	CARNE (EMPACADORAS)	0.80
CASINOS	0.85	CARTON (PRODUCTOS DE)	0.50
CORREOS	0.30	CEMENTO (FABRICA DE )	0.65
ESCUELAS	0.70	CIGARROS (FABRICA DE )	0.60
GARAGES	0.60	DULCES (FABRICA DE )	0.45
HOSPITALES	0.40	FUNDICION (TALLERES DE)	0.70
HOTELES CHICOS	0.50	GALLETAS (FABRICA DE )	0.55
HOTELES GRANDES	0.40	HIELO (FABRICA DE )	0.90
IGLESIAS	0.60	HERRERIA (TALLERES DE)	0.50
MERCADOS	0.80	IMPRENTAS	0.60
MULTIFAMILIARES	0.25	JABON (FABRICA DE )	0.60
OFICINAS	0.65	LAMINA ( FABRICA, ARTICULOS)	0.70
RESTAURANTES	0.65	LAVANDERIA MECANICA	0.80
TEATROS	0.60	NIQUELADO (TALLERES DE)	0.75
TIENDAS	0.65	MADERERIA	0.65
FACTORES DE DEMANDA MAS USUALES PARA EL CALCULO DE TRANSFORMADORES EN INSTALACIONES ELECTRICAS		MARMOLERIA (TALLERES DE)	0.70
		MECANICO (TALLER)	0.75
		MUEBLES (FABRICA DE)	0.65
		PAN (FABRICA, MECANICA DE)	0.55
		PAPEL (FABRICA DE)	0.75
		PERIODICOS (ROTATIVAS)	0.75
		PINTURAS (FABRICA DE)	0.70
		QUIMICA (INDUSTRIA)	0.50
		REFINERIAS (PETROLEOS)	0.60
		REFRESCOS (FABRICA DE)	0.55
		TEXTILES (FABRICA DE TELAS)	0.65
		VESTIDOS (FABRICA DE)	0.45
		ZAPATOS (FABRICA DE)	0.65

**Aislamiento y cubierta**  
 Debido a la importante función que el aislamiento desempeña, en un cable se deberá tener mucho cuidado en una adecuada selección del material que lo va a componer, y más aún, cuando éste desempeña a la vez la función de cubierta.

Entre los materiales que actualmente se emplean en la elaboración de los cables para la construcción está el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno de cadena cruzada (XLP) y el etileno propileno (EP), que ofrecen una alta resistencia a aceites, humedad, grasa, gasolina, solventes, agentes químicos en general, al calor, etc. Cuando el aislamiento desempeña la doble función de aislamiento y cubierta a la vez, debe ser resistente a los mismos agentes externos antes mencionados. En el caso del cable THW, el material empleado es un PVC especial que facilita su instalación, reduciendo costos de material, de mano de obra y reduce hasta cinco veces el esfuerzo de jalado.

El aislamiento o la cubierta en la mayoría de los cables es resistente a la propagación de la flama, cumpliendo con normas tanto nacionales como internacionales entre las que encontramos la prueba de la Electricité de France, en la que un haz de conductores es sometido a radiación de calor de un horno (800°C). Los conductores, a pesar de que se queman, no deben propagar el fuego más de 80 cm luego de 30 minutos de prueba.



**CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE (AMPACIDAD)**

El flujo de corriente a través de un conductor se traduce en calor que eleva su temperatura hasta cierto valor máximo (Tc) limitado por las propiedades térmicas del aislamiento.

En general, esta temperatura oscila entre 60° y 90°C y nunca

debe excederse, ya que, de hacerlo así, el aislamiento se deteriora rápidamente y puede presentarse una falla temprana en el cable.

A continuación se dan las ampacidades y los factores de corrección para la ampacidades, que pueden ser por temperatura o por agrupamiento.

**Capacidad de Conducción de corriente de conductores de cobre aislado (amperes)\***

Ta = 30°C

Temperatura Máxima del Aislamiento	60°C		75°C		90°C	
	Tipos		Tipos		Tipos	
	En Tubería o cable	Al Aire	En Tubería o cable	Al Aire	En Tubería o cable	Al Aire
20	--	--	--	--	20	27
18	--	--	--	--	21	28
16	--	--	--	--	22	27
14	15	20	15	20	25	30
12	20	25	20	25	30	40
10	30	40	30	40	40	55
8	40	55	45	65	50	70
6	55	80	65	95	70	100
4	70	105	85	125	90	135
2	95	140	115	170	120	180
1/0	125	195	150	230	155	245
2/0	145	225	175	265	185	285
3/0	165	260	200	310	210	330
4/0	195	300	230	360	235	385
*250	215	340	255	405	270	425
300	240	375	285	445	300	480
*350	260	420	310	505	325	530
400	280	455	335	545	360	575
*500	320	515	380	620	405	660
600	355	575	420	690	455	740
750	400	655	475	785	500	845
1000	455	780	545	935	585	1000

\* Datos obtenidos de las "Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas" Edición 1981.

\* NOTA: El conductor tipo THW debe considerarse para una temperatura de operación de 75°C en cualquier caso.

Factores de caída de tensión unitario para alambres de cobre (milivolts/ampere-metro)

Calibre AWG-kCM	$T_c = 60^\circ C$				$T_c = 75^\circ C$				$T_c = 90^\circ C$			
	Fp= 80%		Fp= 100%		Fp= 80%		Fp= 100%		Fp=80%		Fp=100%	
	No Metálico	metálico	No Metálico	metálico	No Metálico	metálico	No Metálico	metálico	No Metálico	metálico	No Metálico	metálico
22	49.29	49.29	61.5	61.5	—	—	64.7	64.7	—	—	67.75	67.75
20	30.89	30.89	38.5	38.5	—	—	40.4	40.4	—	—	42.40	42.40
18	19.52	19.52	24.3	24.3	—	—	25.5	25.5	—	—	26.80	26.80
16	12.23	12.23	15.2	15.2	—	—	16.0	16.0	—	—	16.80	16.80
14	7.75	7.75	9.6	9.6	8.12	8.12	10.07	10.07	8.54	8.54	10.60	10.60
12	4.89	4.89	6.03	6.03	5.13	5.13	6.34	6.34	5.34	5.34	6.60	6.60
10	3.10	3.10	3.79	3.79	3.26	3.26	4.00	4.00	3.42	3.42	4.20	4.20
8	1.97	1.97	2.38	2.38	2.07	2.07	2.51	2.51	2.14	2.14	2.60	2.60
6	1.27	1.27	1.50	1.50	1.32	1.32	1.57	1.57	1.42	1.42	1.70	1.70
4	—	—	0.943	0.943	0.85	0.85	0.992	0.992	0.89	0.89	1.04	1.04

Número máximo de conductores que puede alojarse en tubo conduit.

En general, al instalarse conductores en una canalización, debe haber suficiente espacio libre, tal que permita la disipación del calor generado, así como una fácil instalación y remoción de éstos en función de los factores de relleno permitidos.

En el Diario Oficial del día lunes 22 de abril de 1985 se publicó la expedición de adiciones, modificaciones y aclaraciones a las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, edición 1981, en las que mencionan los siguientes factores de relleno:

Artículo 304.4 Número de conductores (factor de relleno)

- a) Todos los conductores que se alojen en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal del tubo en el caso de 3 conductores o más; no más del 30% cuando sean 2 conductores o más; del 55% cuando se trate de un solo conductor.

En las tablas a continuación se menciona el número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit, en función del tipo de conductor, calibre y

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG KCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (m m)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW y THW	14*	9	16	25	45	61	—	—	—	—	—
	14	8	14	22	39	54	—	—	—	—	—
	12*	7	12	20	35	48	78	—	—	—	—
	12	6	11	17	30	41	68	—	—	—	—
	10*	5	10	15	27	37	61	—	—	—	—
	10	4	8	13	23	32	52	—	—	—	—
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	8	2	4	7	13	17	28	40	—	—	—
	14*	6	10	16	29	40	65	—	—	—	—
	14	5	9	15	26	36	59	—	—	—	—
	12*	4	8	13	24	33	54	—	—	—	—
	12	4	7	12	21	29	47	—	—	—	—
	10*	4	7	11	19	26	43	61	—	—	—
T, TW y THW RHW y RHH (sin cubierta exterior)	10	3	6	9	17	23	38	53	—	—	—
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	—	—
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	—
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	—	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0	—	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	—	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0	—	—	1	1	1	3	5	7	10	13
	250	—	—	1	1	1	2	4	6	8	10
300	—	—	—	1	1	2	3	5	7	9	
350	—	—	—	1	1	1	3	4	6	8	
400	—	—	—	1	1	1	2	4	5	7	

Excepción No 3: Cuando una canalización o armadura de cable se usa como conductor de puesta a tierra como está indicado en las Secciones 250-51, 250-57 (a), 250 73 y 250-91 (b)

250-97 Alumbrado de realce. Las partes metálicas separadas que no transportan corriente, de sistemas de alumbrado de realce, deben ser conectadas entre si por un conductor de sección transversal de 2.08 mm<sup>2</sup>(14 AWG) de cobre o se sección transversal de 3.31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) de aluminio protegido contra daños mecánicos, si se utiliza para la puesta a tierra del grupo, se debe utilizar un conductor que cumpla con lo requerido en la Sección 250-95.

Tabla 250-95 Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc.  No mayor en (amperes)	Sección transversal		Sección transversal	
	Cobre		Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG KMC	mm <sup>2</sup>	AWG KCM
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1000	67.43	2/0	107.2	4/0
1200	85.01	3/0	126.7	250
1600	107.2	4/0	177.3	350
2000	126.7	250	202.7	400
2500	177.3	350	304	600
3000	202.7	300	304	600
4000	253.4	400	405.4	800
5000	354.7	500	612	1200
6000	405.4	600	612	1200

Nota: Véanse las restricciones aplicables a las instalaciones, señaladas en la Sección 250-92.

250-99 Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos

a) Conexiones separables. Se instalarán conexiones separables, tales como las que se usan para equipos desmontables; conjunto de contactos y enchufes, y los cuales estarán diseñados para que la conexión del conductor de puesta a tierra sea el primero que haga contacto es decir, que primero entre la pala de conexión de tierra y al desconectarla salga al final.

Excepción: Los equipos con enchufes, contactos y clavijas con patas que no permiten la energización sin continuidad de puesta a tierra.

b) Interruptores. No se colocará ningún interruptor automático en el conductor de puesta a tierra del equipo a tierra de un circuito principal.

Excepción: Cuando la apertura de interruptor desconecte todas las fuentes de energía.

K Conexiones del conductor de puesta a tierra.

250-112 Al electrodo de puesta a tierra. La conexión de un conductor de electrodo puesto a tierra a un electrodo puesto a tierra, debe ser accesible y hacerse en un punto de una manera que asegure una puesta a tierra permanente y efectiva. Cuando sea necesario asegurar esa condición para un sistema metálico de tubería que sea usado como electrodo de puesta a tierra, se deberá hacer un puentado efectivo alrededor de todas las uniones y secciones aisladas y de cualquier equipo que sea susceptible de ser desconectado para reparaciones y reemplazos. Los conductores de puesta a tierra deben ser lo suficientemente largos para permitir el reemplazo del equipo sin dañar el puente.

Excepción: Una conexión hecha a un electrodo de puesta a tierra enterrado, clavado o embudido en concreto no requiera ser accesible.

250-113 A conductores y equipos. Los conductores de puesta a tierra y los puentes de unión deben estar conectados por medios exotérmicos, de conectores mecánicos, conectores de presión, abrazadera

# TABLA DE SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS PARA PROTECCION DE MOTORES

Potencia del Motor (C P)							*Corriente a Plena Carga	● Interruptores Termomagnéticos I-Line		Interruptor de servicio pesado con fusibles de acción retardada											
Motores Jaula de Ardilla y Rotor Devanado en Operación a Velocidades Normales, Código de Letras B a E			1 Fase 60 Hz CA		Motores de corriente directa en Operación a Velocidad Base			Amperes - Marco													
								*Servicio Ligero	*Servicio Pesado												
3 Fases 60 HZ CA																					
Tensiones (V)			Tensiones (V)		Tensiones (V) CD		Amperes			▲											
220-240	440-480	550-600	110-127	220-240	120-125	240-250															
1/2	1/2						1.0	15 FA	15 FA	30 A											
	3/4						1.5	15 FA	15 FA												
	1						1.6	15 FA	15 FA												
							1.9	15 FA	15 FA												
	3/4						1 1/2						1/4	2.0	15 FA	15 FA					
													1/3	2.1	15 FA	15 FA					
													1/2	2.3	15 FA	15 FA					
														2.7	15 FA	15 FA					
														2.9	15 FA	15 FA					
														3.0	15 FA	15 FA					
1	2					1/4	3.1	15 FA	15 FA												
						1/3	3.6	15 FA	15 FA												
							3.8	15 FA	15 FA												
						1 1/2	3					3/4	4.0	15 FA	15 FA						
												1	4.1	15 FA	15 FA						
													4.7	15 FA	15 FA						
												2	5					1	5.0	15 FA	15 FA
																		1 1/2	5.1	15 FA	15 FA
																			5.3	15 FA	15 FA
																		3	7 1/2		
3/4	6.5	15 FA	15 FA																		
	6.6	15 FA	15 FA																		
5	15					1 1/2	7.1	15 FA	15 FA												
						2	7.2	15 FA	15 FA												
							7.6	15 FA	15 FA												
						7 1/2	25														
												1	8.4	15 FA	20 FA						
													8.5	15 FA	20 FA						
												10	30								
																		1 1/2	9.0	15 FA	20 FA
																			9.5	20 FA	20 FA
																		15	40		
3/4	11.0	20 FA	30 FA																		
	11.5	30 FA	30 FA																		
30	70																				
						1	13.0	30 FA	30 FA												
							13.2	30 FA	30 FA												
						40	100														
												1 1/2	15.0	30 FA	30 FA						
													15.9	30 FA	40 FA						
												70	200								
																		3	18.0	40 FA	40 FA
																			20.0	40 FA	40 FA
																		100	300		
1 1/2	23.0	50 FA	50 FA																		
	25.0	50 FA	50 FA																		
150	400																				
						3	29.0	70 FA	70 FA												
							31.0	70 FA	70 FA												
						200	500														
												5	36.0	70 FA	70 FA						
													38.0	70 FA	70 FA						
												300	700								
																		5	41.0	70 FA	100 FA
																			42.0	70 FA	100 FA
																		400	1000		
5	44.0	100 FA	100 FA																		

continúa

# TABLA DE SELECCION

TABLA DE SELECCION DE PROTECCION DE CIRCUITOS DERIVADOS DE MOTORES (continuación)

Potencia del Motor (C P)							*Corriente a Plena Carga Amperes	* Interruptores Termomagnéticos I-Line		Interruptor de servicio pesado con fusibles de acción retardada A
Motores Jaula de Ardilla y Rotor Devanado en Operación a Velocidades Normales. Código de Letras B a E			1 Fase 60 Hz CA		Motores de corriente directa en Operación a Velocidad Base			Amperes - Marco		
3 Fases 60 HZ CA								*Servicio Ligero	*Servicio Pesado	
Tensiones (V)			Tensiones (V)		Tensiones (V) CD					
220-240	440-480	550-600	110-127	220-240	120-125	240-250				
		50	5	10			51.0	100 FA	100 FA	60 A
	40						52.0	100 FA	125 KA	100 A
							54.0	100 FA	125 KA	
20					7 1/2	15	55.0	100 FA	100 FA	
							56.0	100 FA	125 KA	
							58.0	100 FA	100 FA	
	50	60					62.0	100 FA	125 KA	
			7 1/2				68.0	100 FA	150 KA	
					10	20	71.0	125 KA	125 KA	
25							72.0	125 KA	150 KA	
							76.0	125 KA	125 KA	
	60	75					77.0	125 KA	175 KA	
							80.0	125 KA	175 KA	
30							84.0	125 KA	175 KA	
			10			25	89.0	125 KA	150 KA	
	75	100					91.0	150 KA	200 KA	
							99.0	150 KA	200 KA	
						30	106.0	175 KA	175 KA	
40		125					109.0	175 KA	225 LA	
	100						125.0	200 KA	250 LA	
							130.0	200 KA	300 LA	
50							136.0	200 KA	300 LA	
						40	140.0	225 LA	225 LA	
		150					144.0	225 LA	300 LA	
60							161.0	225 LA	350 LA	
	125						163.0	225 LA	350 LA	
						50	173.0	250 LA	300 LA	
	150	200					188.0	250 LA	400 LA	
							192.0	250 LA	400 LA	
75							201.0	300 LA	400 LA	
						60	206.0	300 LA	350 LA	
	200						251.0	400 LA	500 MA	
						75	255.0	400 LA	500 MA	
							259.0	400 LA	500 MA	
100							320.0	500 MA	700 MA	
125						100	341.0	500 MA	600 MA	
							376.0	600 MA	800 MA	
150						125	425.0	700 MA	700 MA	
							502.0	800 MA	1000 PA	
200						150	506.0	800 MA	800 PA	
						200	675.0	1000 MA	1200 PA	
										800 A

- ★ El servicio ligero comprende un servicio de arranque de motores con un tiempo de aceleración de 10 segundos o menos. El servicio pesado comprende las operaciones intermitentes o cargas periódicas con más de 25 arranques por hora o más de 5 arranques por minuto.
- La corriente a plena carga para motores hasta 200 CP, es tomada de las tablas 403.93, 94 y 95 del NTIE-81; la Selección de Interruptores Termomagnéticos ó de Fusibles se hace en base a los datos de estas tablas, en las cuales se indica la corriente a plena carga, según artículo 403.3. No se use estos valores para seleccionar elementos térmicos.
- ▲ En esta tabla se indica únicamente el tamaño del interruptor. Los fusibles para los interruptores de seguridad indicados en esta tabla, se seleccionarán en forma tal que no excedan el máximo porcentaje de la corriente a plena carga proporcionado por el artículo 403.35 del NTIE-81. Los interruptores de más de 50 CP en CD, no son adecuados para operar como Interruptores para Circuitos de Motores sino, como Interruptores de Uso General únicamente y no necesariamente son capaces de interrumpir la máxima corriente de sobrecarga de operación de un motor. Véase artículo 403.71, excepción 4, del NTIE-81.
- Los interruptores Termomagnéticos recomendados, son aproximados para condiciones generales y basados en características de disparo de interruptores Square D, y las tablas NTIE-81 para motores Jaula de Ardilla y Rotor Devanado, y son aplicables inclusive para un ajuste de disparo no excediendo del 200% de la corriente a plena carga. Bajo algunas condiciones al marco más grande inmediato de interruptor termomagnético o de fusibles, puede ser necesario para realizar el arranque del motor, estando esto permitido por el NTIE-81, artículo 403.35.

Capacidad en Amperes de los Fusibles Comunemente Usados para Protección de Transformadores Trifásicos

KVA	220 +		440 +		650 +		2 400		4 160		6 000		8 600		12 200		22 000		33 000		44 0	
	Carga plena	Fusible																				
5	1130	6560	2250	—	1203	3	0.694	3	0.481	2	0.437	2	0.218	1	—	—	—	—	—	—	—	—
7	1900	9850	7880	—	1.810	—	1.040	—	—	—	—	—	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	26.2	13.130	—	—	2.165	5	1.249	5	0.856	3	0.787	3	0.93	1	0.240	1	160	—	—	—	—	—
1	79.41	1700	10500	—	2.405	5	1.388	5	0.952	3	0.874	3	0.437	2	0.260	1	0.170	—	—	—	—	—
2.5	—	—	15750	—	3.608	10	2.002	5	1.443	5	1.312	5	0.656	3	0.390	1.5	0.260	—	—	—	—	—
2	5630	32840	26270	—	5.413	15	3.123	7	2.165	5	1.968	5	0.984	3	0.590	1.5	0.390	—	—	—	—	—
7.5	530	—	30400	—	6.014	15	3.470	7	2.405	5	2.187	5	1.093	5	0.660	2	0.440	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	7.217	15	4.164	10	2.887	7	2.024	7	1.312	5	0.790	2	0.520	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	9.021	20	5.204	15	3.608	7	2.280	7	1.640	5	0.990	3	0.660	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	10.825	25	6.245	15	4.330	1	3.936	10	1.903	5	1.180	3	0.790	2	—	—	—	—
—	—	—	—	—	12	30	940	15	4.811	10	4.374	10	2.1	6	1.310	3	0.870	2	—	—	—	—
—	—	—	—	—	18.043	40	1.409	45	7.217	15	6.560	15	3.200	7	1.970	5	1.31	3	—	—	—	—
100	2	—	1100	—	24.057	50	1.879	30	9.023	20	8.748	20	4.374	10	2.630	5	1.750	5	—	—	—	—
—	—	—	—	—	2.064	65	15.014	40	10.825	25	9.841	25	4.921	10	2.960	7	1.90	5	—	—	—	—
1.0	7041	—	19700	—	36.085	8	2.818	50	14.434	0	13.122	3	6.50	15	3.940	7	2.620	5	—	—	—	—
—	—	—	—	—	48.114	100	27.758	60	19.246	40	17.496	40	8.48	20	5.250	10	3.600	7	—	—	—	—
—	—	—	—	—	54.128	100	31.228	65	21.615	50	19.683	4	9.841	2	5.900	10	3.940	1	—	—	—	—
300	—	—	—	—	72.171	—	41.637	80	28.808	65	26.244	50	13.122	30	7.900	15	5.250	10	—	—	—	—
—	—	—	—	—	96.34	—	50	—	—	—	—	—	17.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	108.256	—	62.455	100	43.302	85	39.366	85	19.682	40	11.80	20	7.870	15	—	—	—	—
500	—	—	—	—	120.285	—	69.395	—	48.114	100	43.740	85	21.870	50	13.100	20	8.740	15	—	—	—	—
600	—	—	—	—	—	—	—	—	57.477	100	52.488	100	28.244	50	—	—	—	—	—	—	—	—
700	—	—	—	—	—	—	—	—	72.171	—	65.610	100	32.805	65	19.700	30	13.100	20	—	—	—	—
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	96.228	—	87.480	—	43.740	100	26.300	40	1.500	25	—	—	—	—
1200	—	—	—	—	—	—	—	—	115.473	—	104.976	—	52.489	100	—	—	—	—	—	—	—	—

• notados por tres fases. Una tensión entre fases de 4160 volts, la corriente de la línea es de 2.08 amperes y cuando un fusible de 5 amperes.

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

FA

SELECCION

CAPACIDAD INTERRUPTIVA



Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simetricos			
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz			Tension CD
			240 V	180 V	600 V	250 V
FA-FAL <small>ENCHUFABLE</small>	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 600VCA, 60HZ, 250VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
		Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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 600VCA, 60HZ, 250VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) 1-75.000

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
		Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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 26040 * •	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-LINE 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

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

LA

SELECCION



NOM

## 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	480 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	5,000	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	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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**(KX) 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

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

## MA

### SELECCION

### CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos			
			Tensión Corriente Alterna 60Hz			Tensión CD
			240 V	480 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	-----

**A** MARCO 1000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 V.C.A., 60 HZ, 250 V.C.D., CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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 26700 •	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	5000	10000	MAL 261000 •	MA 261000 • •	MAL 361000	MA 361000

**MH** MARCO 1000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 V.C.A., 60 HZ, 250 V.C.D., CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) I-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos	
	Baja	Alta	Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
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

# 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	100,000	65,000
	3	600-2000	125,000	100,000	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 tres 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 tres 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	11000		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.

# Mag-Gard

## Interruptores de Disparo Magnético Instantáneo Ajustable

CLASE  
680

MOX

### SELECCION

Corriente Nominal Amperes	Gama de Ajuste de Disparo Amperes	Dos Polos	Tres Polos
		No. de Catálogo	No. de Catálogo

#### FA MARCO 100 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz

3	7-22	FAL 2600311 M ●	FAL 3600311 M
7	18-58	FAL 2600712 M ●	FAL 3600712 M
15	50-150	FAL 2601513 M ●	FAL 3601513 M
30	50-150	FAL 2603013 M ●	FAL 3603013 M ●
30	100-300	FAL 2603015 M ●	FAL 3603015 M
50	75-260	FAL 2605014 M ●	FAL 3605014 M ●
50	150-460	FAL 2605016 M ●	FAL 3605016 M
100	150-460	FAL 2610016 M ●	FAL 3610016 M ●
100	275-1000	FAL 2610018 M ●	FAL 3610018 M

#### KA MARCO 225 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz

225	625-1250	KAL 2622525 M ●	KAL 3622525 M
225	750-1500	KAL 2622526 M ●	KAL 3622526 M
225	875-1750	KAL 2622529 M ●	KAL 3622529 M
225	1000-2000	KAL 2622530 M ●	KAL 3622530 M ●
225	1125-2250	KAL 2622531 M ●	KAL 3622531 M

#### LA MARCO 400 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz

400	1125-2250	LAL 2640031 M ●	LAL 3640031 M ●
400	1250-2500	LAL 2640032 M ●	LAL 3640032 M
400	1500-3000	LAL 2640033 M ●	LAL 3640033 M ●
400	1750-3500	LAL 2640035 M ●	LAL 3640035 M
400	2000-4000	LAL 2640036 M ●	LAL 3640036 M ●

#### MA MARCO 1000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz

1000	2500-5000	MAL 26100040 M ●	MAL 36100040 M ●
1000	3000-6000	MAL 26100040 M ●	MAL 36100042 M ●
1000	3500-7000	MAL 26100044 M ●	MAL 36100044 M ●
1000	4000-8000	MAL 26100045 M ●	MAL 36100045 M ●
1000	4500-9000	MAL 26100046 M ●	MAL 36100046 M ●
1000	5000-10000	MAL 26100047 M ●	MAL 36100047 M ●

● Interruptores fabricados bajo orden especial

### Mag-Gard Valores Nominales de Ajuste de Disparo

#### FA-KA GAMA DE AJUSTE MAGNETICO-AMPERES

Subjetos en el Numero de Catálogo	Posición del Selector						
	Bajo (L.O)	2	3	4	5	6	Alto (HI)
11 A	7	9	12	14	16	19	22
12 M	10	25	31	35	45	52	58
13 M	50	66	83	100	116	133	150
14 M	25	90	115	150	185	220	260
15 M	100	130	165	200	230	265	300
16 A	150	200	260	310	370	420	480
18 M	275	400	470	640	760	820	1000
25 A	625	750	900	1000	1100	1200	1350
26 M	230	330	1000	1150	1300	1450	1500
29 M	875	1000	1200	1400	1550	1650	1750
30 A	1000	1100	1300	1500	1700	1900	2000

#### L A-M A GAMA DE AJUSTE MAGNETICO-AMPERES

Subjetos en el Numero de Catálogo	Posición del Selector				
	Bajo (L.O)	2	3	4	Alto (HI)
31 M	1125	1400	1675	1975	2250
32 M	1250	1700	2000	2300	2500
33 M	1500	1900	2300	2600	3000
35 M	1750	2100	2500	2900	3500
36 M	2000	2600	3300	3800	4000
40 M	2500	3200	4000	4500	5000
42 M	3000	3500	4500	5500	6000
43 M	3500	4500	5500	6500	7000
45 M	4000	6000	7000	7500	8000
46 M	4500	6200	7500	8500	9000

# Interruptores Automáticos y no Automáticos

## SELECCION

### CAPACIDAD INTERRUPTIVA

### INTERRUPTORES AUTOMATICOS

Prefijo en el No. de Catálogo	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos			
		Tensión Corriente Alterna 60 Hz			Tensión CD
		240 V	250 V	600 V	250 V
FA-FAL	100	19,000	14,000	14,000	10,000
FH-FHL	100	65,000	25,000	18,000	10,000
KA-KAL	225	25,000	22,000	22,000	10,000
KH-KHL	225	65,000	35,000	25,000	10,000
LA-LAL	400	42,000	30,000	22,000	10,000
LH-LHL	400	65,000	35,000	25,000	10,000
MA-MAL	1000	42,000	30,000	22,000	14,000
MH-MHL	1000	65,000	50,000	25,000	14,000
PA-PAF	2000	65,000	50,000	42,000	-----
PH-PHF	2000	125,000	85,000	65,000	-----

### AUTOMATICOS

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	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
100	1500	FAL 26000 M •	FA 26000 M •	FAL 36000 M •	FA 36000 M •
225	4500	KAL 26000 M •	KA 26000 M •	KAL 36000 M •	KA 36000 M •
400	8000	LAL 26000 M •	LA 26000 M •	LAL 36000 M •	LA 36000 M •
1000	9000	MAL 26000 M •	MA 26000 M •	MAL 36000 M •	MA 36000 M •
2000	12000	PAF 26000 M •	-----	PAF 36000 M •	-----

### AUTOMATICOS

TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz, 250 VCD. CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) \*

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
		Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
100	1500	FHL 26000 M •	FH 26000 M •	FHL 36000 M •	FH 36000 M •
225	4500	KHL 26000 M •	KH 26000 M •	KHL 36000 M •	KH 36000 M •
400	8000	LHL 26000 M •	LH 26000 M •	LHL 36000 M •	LH 36000 M •
1000	9000	MHL 26000 M •	MH 26000 M •	MHL 36000 M •	MH 36000 M •
2000	12000	PHF 26000 M •	-----	PHF 36000 M •	-----

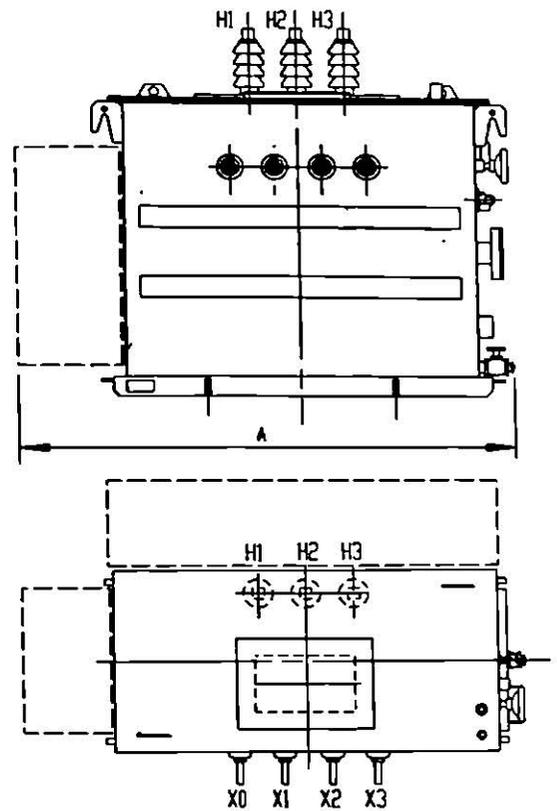
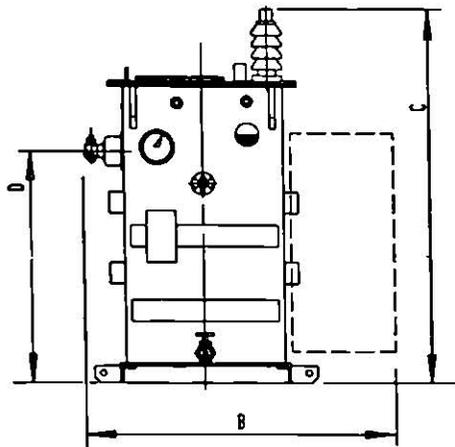
\* I-75,000

### NO AUTOMATICOS

TENSION MAXIMA 600 VCA, 60 Hz, 250 VCD

Corriente Nominal Amperes	Dos Polos		Tres Polos	
	Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
100	FAL 26000 •	FA 26000 •	FAL 36000	FA 36000 •
225	KAL 26000 •	KA 26000 •	KAL 36000	KA 36000 •
400	LAL 26000 •	LA 26000 •	LAL 36000	LA 36000 •
1000	MAL 26000 •	MA 26000 •	MAL 36000 •	MA 36000 •
2000	PAF 26000 •	-----	PAF 36000 •	-----

# Transformador de Estación Norma NMX-J-116



VOLTS A.T.	VOLTS B.T.	KVA	DIMENSIONES				ACEITE En Lts.	PESO En Kgs.	% Z
			A	B	C	D			
13,200	2 2 0	2 2 5	1920	940	1284	875	495	1500	2.79 - 3.78
		3 0 0	1535	1395	1284	875	505	1720	3.11 - 4.20
		5 0 0	1565	1665	1334	925	545	2240	2.50 - 3.17
	4 4 0	2 2 5	1930	910	1284	875	480	1410	2.50 - 3.38
		3 0 0	1485	1365	1284	875	470	1540	2.51 - 3.40
		5 0 0	1525	1625	1334	925	500	1980	2.82 - 3.81
23,000	2 2 0	2 2 5	2060	960	1284	875	565	1650	3.01 - 4.08
		3 0 0	1605	1425	1284	875	550	1800	3.36 - 4.55
		5 0 0	1645	1655	1434	1025	630	2350	2.79 - 3.78
	4 4 0	2 2 5	2040	940	1284	875	555	1550	3.15 - 4.26
		3 0 0	1645	1395	1284	875	550	1550	2.75 - 3.68
		5 0 0	1615	1625	1434	1025	530	2130	2.75 - 3.25
34,500	2 2 0	2 2 5	1960	1030	1365	875	580	1650	3.01 - 4.08
		3 0 0	1695	1505	1365	875	698	1950	3.11 - 4.20
		5 0 0	1685	1755	1415	925	715	2520	3.82 - 5.17
	4 4 0	2 2 5	1940	1030	1365	875	575	1600	3.88 - 5.25
		3 0 0	1685	1505	1365	875	700	1880	4.04 - 5.47
		5 0 0	1675	1755	1415	925	715	2380	3.00 - 3.82

\* DIMENSIONES APROXIMADAS MAXIMAS EN mm.

\* Ver dimensiones de garganta y boquillas típicas

