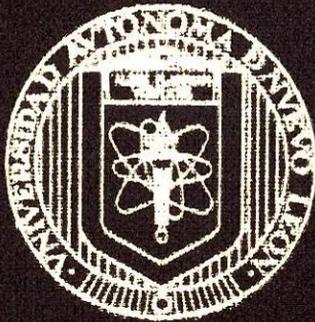


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA  
SUBESTACION ELECTRICA

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

JESUS DANIEL RAMIREZ HERRERA

CD. UNIVERSITARIA

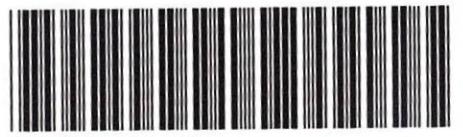
MAYO DE 1996

T

TK1751

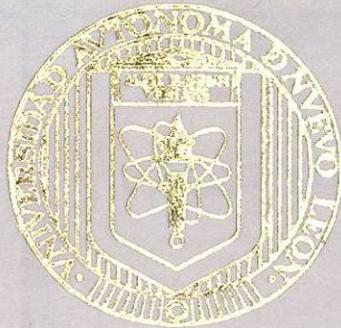
R3

C.1



1080064385

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA  
SUBESTACION ELECTRICA

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

JESUS DANIEL RAMIREZ HERRERA

CD. UNIVERSITARIA

MAYO DE 1996

T  
TK1751  
R3



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

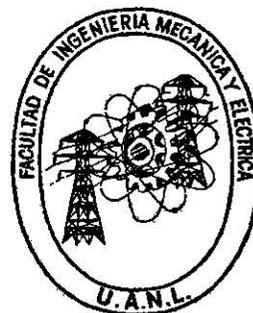
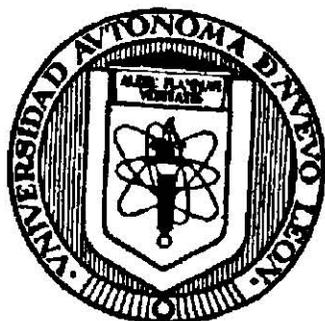


FONDO  
ESIS LICENCIATURA

Fotosis

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“ DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ”

TEMA DE SUSTENTACIÓN QUE PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE :

***INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA***

PRESENTA :

**JESÚS DANIEL RAMÍREZ HERRERA**

# TESINA

## DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

<b>ÍNDICE.</b>	<b>Pag.</b>
Introducción.....	3
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>5</b>
1.1. Tipos de subestaciones.....	5
1.2. Características eléctricas de las subestaciones.....	6
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA SUBESTACIÓN.....</b>	<b>6</b>
2.1. El transformador.....	7
2.1.1. Tipos de transformadores.....	7
2.1.2. Tipos de conexiones en transformadores.....	10
2.1.3. Bancos de transformadores.....	12
2.1.4. Prueba a los transformadores.....	12
2.1.5. Instalación de los transformadores.....	13
2.1.6. Operación.....	14
2.1.7. Mantenimiento.....	14
2.2. Interruptores.....	18
2.2.1. Características de los interruptores.....	19
2.2.2. Tipos de interruptores.....	21
2.2.3. Fallas de los interruptores.....	22
2.3. Cuchillas desconectadoras.....	22
2.3.1. Tipos de cuchillas.....	23
2.4. Fusibles.....	25
2.4.1. Características de los fusibles.....	25
2.4.2. Tipos de fusibles.....	26
2.5. Apartarrayos.....	26
2.6. Restauradores.....	27
2.7. Aisladores.....	28
2.8. Tableros eléctricos.....	29
2.9. Protecciones principales en las subestaciones.....	30

### CAPITULO 3

<b>REDES DE TIERRA</b> .....	31
3.1. Disposición básica de las redes de tierra.....	31
3.2. Tipos de tierra.....	32

### CAPITULO 4

<b>CAPACITORES</b> .....	32
4.1. Bancos de capacitores.....	32
4.2. Factor de potencia.....	33
4.3. Corrección del factor de potencia.....	34

### CAPITULO 5

<b>MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN</b> .....	34
5.1. Prueba y puesta en servicio de una subestación.....	35
5.1.1 Tipos de prueba.....	36
5.2. Plantas de emergencia.....	38

### CAPITULO 6

<b>DISEÑO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN</b> .....	38
6.1. Requisito mínimos a considerar en el diseño de la subestación.....	38
6.2. Desarrollo.....	40
6.2.1. Calculo dela potencia del transformador.....	40
6.2.2. Calculo de protecciones y cables en alta tensión.....	42
6.2.3. Calculo de protecciones, cables y tubería en baja tensión.....	43
6.2.4. Calculo del cable del transformador.....	43
6.2.5. Protección de la sección “A”.....	44
6.2.6. Protección de la sección “B” .....	45
6.2.7. Protección general de cada uno de los ramales.....	53
6.2.8 Sistemas de tierra.....	56
Diagrama unifilar	
Tablas.	
Bibliografía.	

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería eléctrica tiene por objeto convertir en energía eléctrica otras formas de energía, la transmisión y distribución de la energía en forma eléctrica, su regulación y transformación para su posterior utilización.

Durante algunos años no se visualizaban cambios notables en las formas convencionales de generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, es decir que se seguirá generando por los métodos conocidos incluyendo a la plantas nucleoelectricas, existirán subestaciones eléctricas como las conocidas actualmente quizás con algunas variantes constructivas en equipo principalmente, la transmisión y distribución de energía eléctrica probablemente no sufra cambios substanciales por lo que se puede decir que en principio los aspectos relacionados son el diseño con más o menos convencionales.

No obstante lo anterior es necesario tener claro los conceptos relacionados con el diseño de las subestaciones eléctricas ya que intervienen tantos elementos y criterios que en un momento dado se puede diseñar de acuerdo a ciertas normas o recomendaciones sin tener claridad de conceptos que permitan adoptar soluciones alternativas, que satisfagan mejor algunas condiciones técnicas o económicas y tomar decisiones mejor fundamentadas sobre las características relevantes del equipo a emplear.

Las consideraciones anteriores conducen a la necesidad de contar con una referencia que permitan tener los elementos necesarios para el diseño de subestaciones eléctricas desde un punto de vista práctico tal que el Ingeniero o Técnico en ejercicio le sirva de auxilio directo y confiable y al estudiante del tema le de una información más próxima a la necesidad basándose en conceptos más o menos convencionales de la Ingeniería dirigidos fundamentalmente a la aplicación para la solución de problemas reales lo que obviamente requiere de conceptos más o menos precisos relacionados en principios con las instalaciones eléctricas.

Es tal la importancia de la energía eléctrica hoy en la actualidad, que gran parte de nuestras actividades depende de ella. Es por eso que nos abocaremos principalmente al estudio de la transformación de las características de energía eléctrica por medio de la subestación eléctrica.

## **FINALIDAD DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

La civilización moderna, en esta época en que vivimos, tiene una gran cantidad de necesidades y a cada momento se están creando aun más; para la satisfacción de dichas necesidades, es indispensable la energía eléctrica, ya sea en forma directa por tomas de corriente en los hogares o en forma indirecta para la elaboración de algunos productos en las industrias establecidas. es muy raro encontrar un objeto que en cuya elaboración no haya tenido nada que ver la electricidad. debido a esto, la demanda de energía eléctrica crece enormemente con el aumento de población con el desarrollo de un pueblo; en caso particular México, la instalación de plantas generadoras es un hecho y se trabaja sobre eso las 24 horas de día, la distribución de energía también se esta extendiendo rápidamente en el campo, a las industrias y a los servicios públicos y urbanísticos que demandan las grandes ciudades.

En todos los centros antes citados, en la carga a alimentas es grande, la alimentación se lleva a cabo en alta tensión debido al ahorro que se tiene en conductores, teniéndose la necesidad de reducir el voltaje en el punto de utilización, para el lograr el objetivo citado se hace indispensable el montaje de una subestación eléctrica.

Las características de una subestación a otra varia mucho en lo que respecto a la selección del equipo, porque aunque el voltaje y la carga sean iguales, las subestaciones pueden necesitar diferente equipo y de dimensiones variadas, dependiendo del corto circuito máximo que se puede presentar en el lugar.

La característica del corto circuito varia si la carga consiste en motores de inducción y sincronos ya que éstos, en el momento de la falla, contribuyen a la corriente de corto circuito actuando como generadores. La mayoría de las industrias y centros de carga eléctrica en México son de pequeña y mediana capacidad; naturalmente, excluyendo las grandes subestaciones de distribución y transporte de energía eléctrica que tiene instalada la C.F.E.: al principio y al final de sus líneas de transmisión para el transporte de la cantidad de energía tan considerable que puede demandar una ciudad entera; también podríamos citar algunas empresas privadas o descentralizadas cuyo consumo de energía es muy alto ( más de 5 MVA ) y no cabría el tenerlas consideras entre las industrias de mediana capacidad.

De acuerdo con informes obtenidos de la C.F.E.: respecto a sus alimentadores en alta tensión se ha llegado a la conclusión que las instalaciones de mediana y pequeña capacidad son las que ocupan un primer lugar en cantidad de subestaciones instaladas en cuyo caso, cada una de ellas necesita de la protección adecuada contra el corto circuito, se comprende que para este tipo de subestaciones, en que la factoría o local no cuenta con el equipo establecido y especializado para el mantenimiento del equipo de alta tensión, es indispensable elegir todos los componentes de la subestación para que necesiten el mínimo de mantenimiento, si no es que nulo, durante una cantidad razonable de años.

## CAPITULO 1

### **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tiene la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica ( tensión y corriente ), y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

#### **1.1. TIPOS DE SUBESTACIÓN.**

Desde el punto de vista de la función que desempeñan las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

**Subestaciones en las plantas generadoras o en centrales eléctricas.** Estas se encuentran adyacentes a las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores para permitir la transformación en alta tensión en las líneas de transmisión, a este aspecto se puede mencionar que los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 KV, y la transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia se puede efectuar 69, 85, 115, 138, 230, o 440 KV, en algunos países se emplean tensiones de transmisión de 765, 800 y hasta 1200 KV en C.A.

**Subestaciones receptoras primarias.** Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución, de manera que dependiendo de la tensión de transmisión puede tener en su secundario tensiones del orden de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 KV.

**Subestaciones receptoras secundarias.** Estas son por lo general alimentadas de las redes de subtransmisión y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 13.2 KV.

Las subestaciones eléctricas también se pueden clasificar por el tipo de instalación como:

**Subestaciones tipo intemperie.** Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas ( lluvia, viento, nieve e inclemencias atmosféricas diversas ) por lo general se adoptan en los sistemas de alta tensión.

**Subestaciones de tipo interior.** En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas que se usan están diseñados para operar en interiores, esta solución se usaba hace algunos años en la práctica Europea, actualmente son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente so usados en las industrias incluyendo la variante de las subestaciones del tipo blindado.

**Subestaciones tipo blindado.** En estas subestaciones los aparatos y las máquinas se encuentran muy protegidos y el espacio necesario es muy reducido en comparación a las construcciones de subestaciones convencionales, por lo general se usan en el interior de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieren de poco espacio para estas instalaciones, por lo que se usan por lo general en tensiones de distribución y utilización.

## **1.2. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS SUBESTACIONES.**

En las subestaciones eléctricas los parámetros eléctricos sobre los cuales se hace la selección de las características constructivas y de los equipos y aparatos son básicamente cuatro:

- 1.- Las tensiones a las que trabajará la instalación.
- 2.- El nivel de aislamiento admisible de los aparatos por instalar.
- 3.- La corriente máxima que se prevé en servicio continuo ( a la máxima potencia ).
- 4.- La corriente de corto circuito.

En las subestaciones receptoras conectadas a las plantas generadoras se prevén básicamente dos sistemas, uno que opera a la tensión de generación y que transforma a las tensiones necesarias en los servicios auxiliares de la planta y el otro a las tensiones de transmisión usadas.

En las subestaciones receptoras secundarias se definen las tensiones de operación en el lado de la transmisión usada en las líneas y en el otro lado por los valores usados para la distribución.

## **CAPITULO 2**

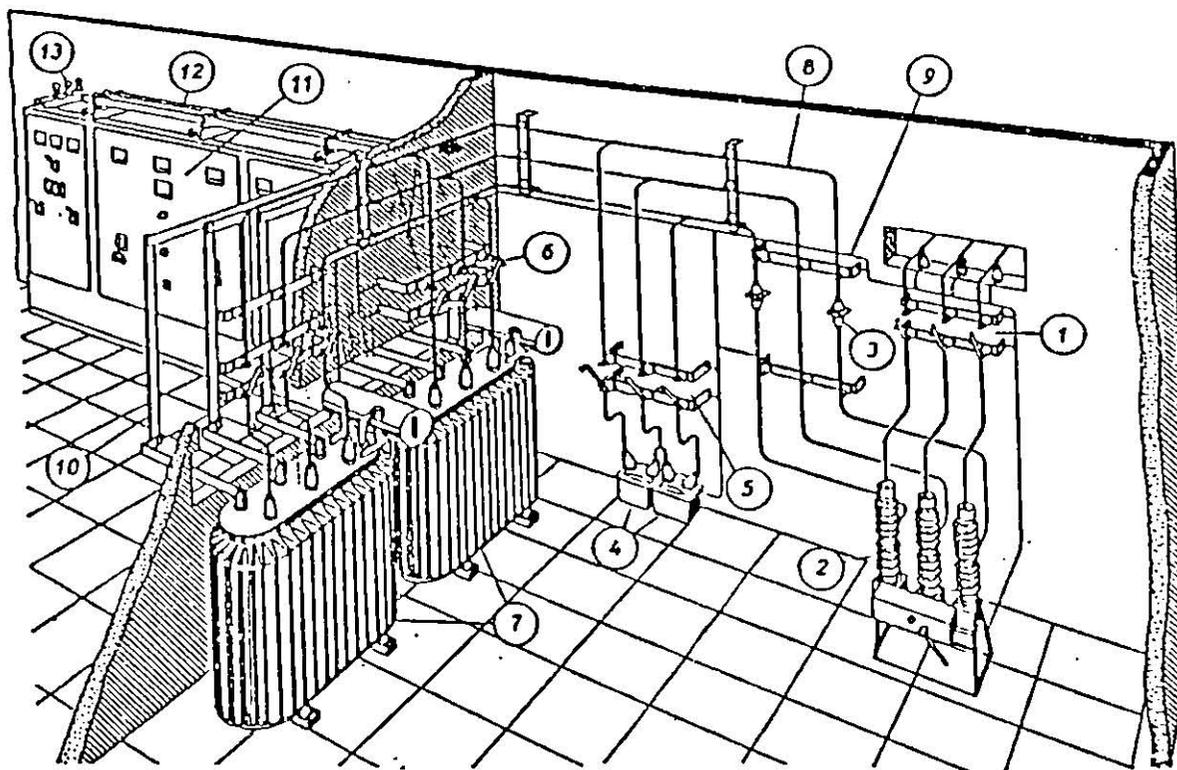
### **PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

#### **INTRODUCCIÓN:**

Siempre es conveniente tener una idea de los cuales son los principales componentes que constituyen una subestación eléctrica, así como la función que desempeñan dentro de los sistemas con el objeto de analizar con mayor propiedad las características más importantes para una aplicación específica.

En particular para aquellas personas que se inician con los problemas de diseño es útil saber que características deben resaltar de entre otras para un equipo, aparato o parte de una instalación ya que corre el riesgo que por desconocimiento de algunos conceptos se incurra en errores de apreciación o de selección.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA DE MEDIA POTENCIA Y MEDIA TENSION.



- 1.- Cuchillas desconectoras.
- 2.- Interruptor principal.
- 3.- TC.
- 4.- TP.
- 5.- Cuchillas desconectoras para sistema de medición.
- 6.- Cuchillas desconectoras de los transformadores de potencia.
- 7.- Transformadores de potencia.
- 8.- Barras de conexión.
- 9.- Aisladores soportes.
- 10.- Conexión a tierra.
- 11.- Tablero de control y medición.
- 12.- Barras de tablero.
- 13.- Sujeción de tablero.

Se puede mencionar que todos los elementos de una subestación eléctrica tienen una función que desempeñan y cada uno es importantes de acuerdo a la ubicación que guardan dentro de la instalación, sin embargo es obvio que es necesario conocer con cierto detalle aquellos elementos que por la función que desempeñan resultan de mayor importancia.

A continuación se describirán, a grandes rasgos las características más importantes del equipo principal que se instala en una subestación eléctrica:

## **2.1. EL TRANSFORMADOR.**

Es la parte más importante de una subestación eléctrica ya sea por la función que representa de transferir la energía eléctrica en un circuito a otro que son por lo general de diferente tensión y solo están acoplados magnéticamente. Este dispositivo convierte la energía eléctrica alterna en un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Esta constituido por 2 o más bobinas de alambre aislados entre sí eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituyen el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

### **2.1.1. TIPOS DE TRANSFORMADORES.**

Los transformadores desde el punto de vista del medio refrigerante se pueden dividir en 2 grupos:

- Transformadores con aislamiento en seco
- Transformadores con aislamiento en aceite

Los transformadores en seco tienen su parte activa en contacto directo con un medio aislante gaseoso ( por lo general aire ), o bien con un medio aislante sólido como por ejemplo resinas, materiales plásticos, etc. Estas máquinas por lo general se construye para potencias hasta de algunos KVA y con tensiones que normalmente no exceden a la clase de 15 KV por lo que su empleo es reducido casi a los servicios auxiliares de algunas otras instalaciones o como parte integrante de las instalaciones secundarias industriales o comerciales.

Loas transformadores en aceite tienen en cambio su parte activa en aceite mineral ( derivados del petróleo ), por lo que en estas máquinas de hecho no se tienen limitaciones ni en la potencia ni en las tensiones ya que es común encontrar transformadores de hasta 400 MVA y con tensiones de 500 KV y en algunos casos con valores superiores de potencia y tensión como los usados en las redes eléctricas de Estados Unidos, Rusia y Canadá, sólo por mencionar casos.

El aspecto del medio de enfriamiento es tan importante que existen una clasificación de los transformadores con relación a esto y que están referidas a las recomendadas por la comisión internacional de electrotecnia como sigue:

### **Transformadores tipo seco**

- Con enfriamiento por aire natural
- Con circulación forzada del aire en el exterior por medio de ventiladores
- Con circulación forzada de aire en el núcleo de los devanados

### **Transformadores en aceite**

- Circulación natural del aceite y del aire ( tipo OA )
- Circulación natural del aceite y aire auxiliado por circulación forzada del aire con ventiladores en los tubos radiadores
- Circulación forzada de aceite y circulación natural del aire
- Circulación forzada de aceite y circulación forzada del aire
- Circulación forzada de aceite y circulación forzada del agua por medios externos
- Circulación forzada del agua

Un aspecto importante a considerar con respecto al medio de enfriamiento de los transformadores es que la disipación del calor por convección que resulta la más importante en los equipos eléctricos disminuye con la altitud, es decir, que a mayor altura de operación sobre el nivel del mar debido a la variación en la densidad del aire, la disipación del calor se hace menos efectiva por lo que es común que los fabricantes de transformadores los diseñan para disipar la temperatura en forma normal hasta una altitud de 1000 mt sobre el nivel del mar reduciendo entonces su capacidad ( potencia ) a mayor altitud debido a la reducción que se sufre en la disipación de calor, pudiendose expresar esta relación en forma aproximada como un factor que se aplica por cada 100 mt. sobre una altura de 1000mt. sobre el nivel del mar siendo estos factores para los casos más comunes los siguientes:

- Para transformadores en aceite con enfriamiento natural ( auto-enfriados ) 0.4 %
- Para transformadores en aceite con circulación de aire forzado 0.5 %
- Para transformadores en aceite con circulación forzada de aceite y circulación forzada de aire 0.5 %
- Transformadores secos con enfriamiento natural ( auto-enfriados ) 0.3 %
- Transformadores secos con ventilación forzada 0.5 %.

## **TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Los transformadores de potencia se fabrican de 2 tipos de núcleos. El primero de ellos consiste en una pieza rectangular de acero laminado, con los devanados arrollados alrededor de dos lados del rectángulo. Este tipo de estructuras es conocida como tipo de núcleo como se muestra en la Fig. 1. El otro tipo consiste en un núcleo de tres columnas, laminado, con los devanados de arrollamiento alrededor de la columna central. Este tipo de estructura se le conoce como tipo acorazado y se muestra en la Fig. 2. En ambos casos el núcleo esta construido de láminas delgadas aisladas eléctricamente una de otra para reducir las corrientes parásitas al mínimo.

A los transformadores de potencia suele dársele una variedad de nombres diferentes, dependiendo de la función que cumplen en el sistema de potencia. Un transformador conectado a la salida de un generador y destinado a elevar el voltaje a niveles de transmisión ( superior a 110 KVA ), algunas veces se le denomina transformador de unidad. Al transformador del otro extremo de la línea de transmisión, destinado a reducir el voltaje de transmisión hasta niveles de distribución ( entre 2.4 y 34.5 KVA ), se le conoce como transformador de subestación. Finalmente, al transformador que toma el voltaje de distribución y los reduce hasta los niveles de utilización ( 120V, 127V, 220V, 240V, etc. ) es llamado transformador de distribución. Todos estos dispositivos son en esencia los mismos, la única diferencia entre ellos es su utilización específica.

Las principales partes que constituyen un transformador de potencia son el núcleo magnético, los devanados, el conmutador o cambiador de derivaciones ( en vacío o baja carga ), el tanque, los dispositivos de enfriamiento, las boquillas así como otros accesorios ( ruedas de rolar, ganchos de sujeción, etc. ).

### **TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO**

Los transformadores de instrumento son unos dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y corriente que se utilizan para la protección y medición de los diferentes circuitos de una subestación , o sistema eléctrico en general.

Los aparatos de medición y protección que se montan sobre los tableros de una subestación no están contruidos para soportar ni grandes tensiones, ni grandes corrientes. Con el objeto de disminuir el costo y los peligros de las altas tensiones en los tableros de control y protección, se dispone de los aparatos llamados transformadores de corriente y transformadores de potencial que representan a escalas muy reducidas, las grandes magnitudes de corriente y tensión respectivamente. Normalmente estos transformadores se construyen en su secundario para corrientes de 5 amperes y tensiones de 120 Volts.

### **TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.**

Los llamados transformadores de potencial se emplean para la medición y/o protección; su nombre se debe a que la cantidad principal por variar es la tensión, o sea que permite reducir un voltaje de un valor que puede ser muy alto a un valor utilizado por los instrumento de medición o protección ( generalmente 127 volts. ).

El transformador de potencial, es un transformador devanado especialmente con su primario de alto voltaje y un secundario de bajo tensión. Su potencia nominal es muy pequeña y su único propósito es entregar una muestra de voltaje del sistema a los instrumento de medición ( tensión ), debe ser muy preciso para que no distorsione los valores verdaderos.

## TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

El transformador de corriente toma la muestra de corriente de una línea y la reduce a un nivel de magnitud segura y medible. Consiste en un devanado secundario arrollado sobre un anillo de material ferromagnético y por cuyo centro atraviesa la línea primaria. El anillo conecta y guarda una pequeña muestra del flujo de la línea primaria, el cual induce voltaje y corriente en el arrollamiento secundario. Los valores nominales de estos transformadores se expresan en forma de relación entre las corrientes primaria y secundarias, algunos de estos valores típicos pueden ser 600/5, 800/5 y 1000/5 ( sólo por citar algunos ejemplos ) la corriente nominal en el secundario es por lo general de 5 amperes según normas.

Es muy importante mantener cortocircuitado el transformador de corriente, puesto que al dejar abierto el secundario origina en él altos voltaje. Por ello la mayoría de los relés y demás equipos que reciben señal de transformadores tienen un dispositivo que no permite la remoción del aparato al menos que se ponga en corto el transformador de corriente.

### 2.1.2. TIPOS DE CONEXIONES EN TRANSFORMADORES.

Para seleccionar un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas. Dichas conexiones son:

**Estrella - Estrella.** Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas y sus características son:

- Aislamiento mínimo.
- Cantidad de cobre mínimo
- Circuito económico para baja carga y alto voltaje.
- Los neutros son accesibles.
- Alta capacitancia entre espiras, que reduce los efectos dieléctricos durante los transitorios debidos a la tensión.
- Neutro inestable, si no se conectan a tierra.

**Estrella - Delta.** Esta conexión se utiliza en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir el voltaje, es empleada en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV. Sus características son:

- No se puede conectar a tierra el lado secundario.
- Se eliminan los voltajes de la tercera armónica.

**Delta - Delta.** Se utiliza comúnmente en lugares donde existen tensiones regularmente bajas: en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a tres hilos. Sus características son:

- Se pueden conectar los devanados primarios y secundarios sin desfaseamientos.
- No tiene hilo de retorno a la corriente de secuencia cero.

**Estrella - Estrella con terciario en Delta.** Sus características son:

- En caso de que un banco de transformadores se le dañe una fase, se puede operar utilizando la conexión delta abierta o V.
- Circuito económico para alta carga y bajo voltaje.
- Los dos deltas proporcionan un cambio cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante, lo cual elimina los voltajes de la tercera armónica.
- No se pueden conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utilizar un banco de tierra lo cual encarece más el banco.
- Se necesitan mayores cantidades de aislamiento y de cobre.

**Delta - Estrella.** Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación, en sistemas de distribución conviene porque se pueden tener dos voltajes diferentes entre fase y neutro. Sus características son:

- Al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero.
- Se eliminan los voltajes de la tercera armónica.

**Delta abierta - Delta abierta.** esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, sólo que su capacidad disminuya a un 58% aproximadamente. Los transformadores trifásicos en V-V se emplean en sistemas de capacidad y usualmente operan como transformadores.

**Zig - Zag.** Se utiliza en transformadores de tierra conectados a bancos en conexiones delta, para tener en forma artificial una corriente de tierra que energice las protecciones de tierra correspondiente.

## **CONEXIONES EN PARALELO DE LOS TRANSFORMADORES.**

Los transformadores a menudo se construyen con bobinas partidas que se pueden conectar en serie o en paralelo, con el fin de proporcionar varias combinaciones de voltaje-corriente. Se encuentran en paralelo aquellos transformadores cuyos primarios están conectados a una misma fuente y los secundarios a una misma carga. Es posible adicionar transformadores en paralelo si los requerimientos de carga exceden del equipo en línea, es decir, cuando las capacidades de generación son muy elevadas.

Para la conexión en paralelo de dos o más transformadores se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- 1.- Igual tensión en vacío de los devanados correspondientes a cada transformador.
- 2.- La misma polaridad de los devanados.
- 3.- Igualdad entre las conexiones de corto circuito y las componentes activa y reactiva de la misma magnitud.

4.- Misma frecuencia.

5.- Es recomendable dentro de lo posible y con objeto de tener mejor condición de operación que los transformadores tengan igual impedancia.

### 2.1.3. BANCO DE TRANSFORMADORES.

Los transformadores de potencia se pueden proteger por cualquiera de las protecciones siguientes:

**Diferencial.-** Se utiliza en los bancos como protección primaria, con un protección de repelado que puede ser de sobrecorriente de dos fases. Debemos tener en consideración que la protección primaria debe operar con la mayor rapidez posible y en primer lugar y, la de respaldo se energiza y arranca al mismo tiempo que la primaria, y como es más lenta, sólo opera en caso que la primaria no respondiera.

**Sobrecorriente.-** Se utiliza como protección de respaldo para fallas externas, los relevadores son del tipo de sobrecorriente instantáneos y de tiempo inverso.

**Trafoscopio.-** Se utiliza en algunos países como protección primaria, con una protección de respaldo de tanque a tierra.

**Tanque a tierra.-** Se utiliza como protección de respaldo de bancos de transformadores de hasta 300 MVA.

### 2.1.4. PRUEBA A LOS TRANSFORMADORES.

Los transformadores que han sido almacenados por largos períodos de tiempo ( más de un año ) es recomendable verificar los siguientes puntos a manera de guía.

- 1.- **Inspección del aparato.** Se debe verificar el cumplimiento de todas las normas y especificaciones.
- 2.- **No debe de haber continuidad entre los devanados de alta, baja tensión y tierra.**
- 3.- **No debe existir fuga de aceite.**
- 4.- Debe tener el nivel de aceite correcto y a una temperatura de 25° C y verificar la rigidez dieléctrica y la acidez.
- 5.- **Resistencia de aislamiento.** La medición se efectúa en tres pasos, primero se mide la resistencia de los devanados entre alta y baja tensión, después se mide entre alta tensión y tierra y finalmente entre baja tensión y tierra.
- 6.- **Inspección de alambrado de control.** Se comprueba la continuidad y la operación de los circuitos de control, protección, medición señalización, sistema de enfriamiento, cambiador de derivaciones y transformadores de instrumentos.
- 7.- **Relación de transformación.-** Se efectúa para determinar que las bobinas han sido fabricadas de acuerdo al diseño y con el número de vueltas exacto.
- 8.- **Polaridad.-** Se requiere su comprobación para efectuar la conexión adecuada hacia los bancos de transformadores.
- 9.- **Potencial aplicado.-** Sirve para comprobar el aislamiento de los devanados con respecto a tierra.

- 10.- Potencial inducido.**-Sirve para el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados.
- 11.- Pérdidas en el hierro y % de la corriente de excitación.** Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores máximos permitidos, que se llaman valores garantizados.
- 12.- Pérdidas de carga y % de impedancia.** Se fijan los valores garantizados y se cobran multas en caso de pérdidas superiores a las garantizadas.
- 13.- Temperatura.** Se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posición de pérdidas máximas y trabajando el sistema de enfriamiento a plena capacidad.
- 14.- Impulso.** Es una prueba de tiempo opcional, simula las condiciones producidas por la descarga de un rayo, sirve para mostrar la resistencia de un aislamiento a las descargas atmosféricas.
- 15.- Conexiones.** Los transformadores se embarcan con las conexiones internas de acuerdo a lo especificado en las normas o en su defecto lo especificado por el cliente.
- 16.-Placa de características.** El transformador se identifica mediante la placa de características, por lo que resulta indispensable conocerla antes de conectar el aparato.
- 17.- Sistemas de tierra.** Los transformadores deben de estar conectados permanentemente a tierra, para evitar tensiones inducidas peligrosas. Los sistemas de tierra deben ser de acuerdo a las buenas prácticas de cada región. Esto es especialmente para los transformadores con retorno de corriente a tierra.
- 10.- Potencial inducido.**-Sirve para el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados.
- 11.- Pérdidas en el hierro y % de la corriente de excitación.** Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores máximos permitidos, que se llaman valores garantizados.
- 12.- Pérdidas de carga y % de impedancia.** Se fijan los valores garantizados y se cobran multas en caso de pérdidas superiores a las garantizadas.
- 13.- Temperatura.** Se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posición de pérdidas máximas y trabajando el sistema de enfriamiento a plena capacidad.
- 14.- Impulso.** Es una prueba de tiempo opcional, simula las condiciones producidas por la descarga de un rayo, sirve para mostrar la resistencia de un aislamiento a las descargas atmosféricas.
- 15.- Conexiones.** Los transformadores se embarcan con las conexiones internas de acuerdo a lo especificado en las normas o en su defecto lo especificado por el cliente.
- 16.-Placa de características.** El transformador se identifica mediante la placa de características, por lo que resulta indispensable conocerla antes de conectar el aparato.
- 17.- Sistemas de tierra.** Los transformadores deben de estar conectados permanentemente a tierra, para evitar tensiones inducidas peligrosas. Los sistemas de tierra deben ser de acuerdo a las buenas prácticas de cada región. Esto es especialmente para los transformadores con retorno de corriente a tierra.

### 2.1.5. INSTALACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES.

Por lo que respecta a la instalación de los transformadores se puede mencionar que las variantes dependen del tipo de instalación, es decir, las subestaciones de gran potencia son por lo general del tipo intemperie y tienen disposición diferente a los de menor potencia, tipo interior o las compactas. En general para estos últimos casos no existen consideraciones especiales respecto a la instalación de los transformadores mientras que en las subestaciones intemperie existen muchas variantes dependiendo de la disposición de la subestación.

Como norma general se puede mencionar que los transformadores se deberán instalar sobre bases de concreto diseñados para soportar peso, en lo posible se deberán respetar las distancias de seguridad mínimas recomendadas o en caso contrario aislarlos de posible contacto por medio de barandales o mallas, la base deberá ser de tal forma que tenga la posibilidad de contener el aceite del transformador, en casos de fugas de aceite en la subestación que pueden conectarse a un recipiente que contenga el aceite extraído del transformador o los interruptores ( si fuera de aceite ) cuando se hacen labores de mantenimiento.

### 2.1.6. OPERACIÓN

La función del transformador empieza cuando el resultado de su transformación se emplea para el usuario. Para ello ya fue asegurada su confiabilidad en cada etapa de su desarrollo hasta llegar al punto de su instalación con suficiente espacio para su ventilación, protegido contra sobrecargas y sobretensiones y sin descuidar su mantenimiento, se obtendrá un servicio confiable y continuo por muchos años.

### 2.1.7. MANTENIMIENTO DEL TRANSFORMADOR

El transformador es un equipo eléctrico del cual a menudo se abusa por descuido o desconocimiento con sobrecargas continuas, protecciones inadecuadas y un pobre mantenimiento. Estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático, construido robustamente por lo que sus posibilidades de fallas son mínimas.

Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable en la vida útil del aparato. En esta información se manejan prácticas de como mantener y dar servicio al transformador, los tipos de fallas más comunes y su manifestación general que permite al personal de mantenimiento detectar y/o evitar dichas fallas.

**Mantenimiento preventivo.** Es recomendable una inspección visual periódica de las partes externas del transformador al menos cada dos años. En esta inspección se deberán tomar las preocupaciones y medidas necesarias sobre la seguridad.

**Los puntos de inspección son:**

- Las boquillas de alta tensión.
- Las boquillas de baja tensión y la conexión de los cables.
- Los apartarrayos y accesorios de protección.
- El acabado del tanque.
- La hermeticidad.
- La carga.
- Los empaques ( en boquillas, tapas, tanques, registro de mano, etc., ).
- Las válvulas ( de muestreo, sobrepresión, drenaje, etc., ).

Estando el transformador instalado y si el tanque muestran evidencias de herrumbre o deterioro de la pintura, el área afectada puede limpiarse con cepillo de alambre y retocarse con una capa de pintura dosificada con rociador, protegiendo las boquillas para evitar que el rocío de la pintura se deposite en éstas.

Cuando se encuentra un daño en el transformador y éste no puede ser reparado en el campo, debe enviarse al taller de servicio o fábrica. Al enviar el transformador al taller de servicio por cualquier motivo, es recomendable hacer un inspección cuidadosa de todas sus partes para así en un mismo servicio hacer todas las reparaciones necesarias o reparación de las partes envejecidas prematuramente. Se recomienda en una reparación evaluar mejoras adicionales tales como:

- Pintar el tanque.
- Cambiar empaques, en especial los de la cubierta y tapa de registro.
- Revisar el nivel y las condiciones del aceite.
- Revisar hermeticidad y el apriete de los tornillos.

La humedad es el agente destructor de mayor grado en el transformador. Si hay cualquier evidencia de penetración de humedad debe drenarse el aceite, el núcleo y las bobinas secarse en el horno o en algún otro medio adecuado y aceptado por esta necesidad, dependiendo de las necesidades del transformador.

Una vez hecho el secado la unidad debe llenarse con aceite previamente tratado. Es recomendable, y para aparatos de clase de aislamiento 34.5 KV y superior es imprescindible, un llenado de aceite estando el transformador en vacío en un proceso similar que asegure condiciones de calidad optima en la reparación.

El transformador al salir de un servicio de reparación, se debe probar con una tensión no mayor de 75% de valor utilizado en las pruebas originales de fábrica. El ciclo de carga a que es sometido el transformador indica la frecuencia con que debe revisarse el aceite. Para un ciclo sin sobrecarga es recomendable revisar el aceite cada 3 ó 4 años por lo menos El aceite para transformadores debe tener una tensión mínima de ruptura dieléctrica de 23 KV, al ser analizado con un probador de disco de 2.54 cm. con una separación de 0.254 cm.

Si es necesario remover la cubierta, boquillas, tapa o registro de mano, se debe prever un cambio de empaques para reemplazar los anteriores. Al instalarse evite que estos sean sometidos a esfuerzos que los dañen permanentemente, asegurarse que la tensión del apriete mecánico forme un apriete efectivo.

El interior del tanque debe estar limpio, sus empaques no deben de presentar signos de envejecimiento o de lo contrario corregir de inmediato cualquier fuga o reemplazar los empaques envejecidos. Se deben revisar que no existan residuos de carbón en el interior del tanque y tampoco señal de “abombamiento”. Si se observa la existencia de algunas de estas características no se debe reconectar el transformador, hasta determinar las causas que originaron este problema.

**Mantenimiento correctivo.** Las fallas que puede ocurrir en un transformador pueden clasificarse como sigue:

- a) Deterioro del aceite
- b) Fallas en equipo auxiliar
- c) Fallas en el devanado

**a).- Deterioro del aceite.** El aceite aislante se deteriora por la acción de la humedad y del oxígeno por la presencia de catalizadores ( cobre ) y por la temperatura. La combinación de estos elementos producen una acción química en el aceite, lo cual da como resultado la generación de ácidos que atacan a los aislamientos y a las partes metálicas del material del transformador. De esta acción química, resultan los lodos que se propician o precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación del calor, acelerando por lo tanto el envejecimiento de los aislamientos y por ende del transformador.

La humedad presente en el aceite puede originarse por el aire que entra en el transformador en operación, a través de sus juntas o grietas en el tanque. También se genera por conducción de los aislamientos al aceite. Otro factor que deteriora el aceite es la presencia de gases los cuales son liberados por descomposición propia del aceite y de los aislamientos por alta temperatura.

**b).- Fallas en el equipo auxiliar.** Al instalar un nuevo circuito o red eléctrica y al detectar la presencia de un problema en él, la primera impresión de muchos electricistas es de que en el transformador esta falla y se destina gran cantidad de recursos en revisarlo y probarlo una y otra vez. El resultado posterior a estas revisiones indica que el transformador esta correcto y que la falla se encuentra en otro lugar, por ejemplo: En el equipo auxiliar de protección ( apartarrayos, mala selección de los fusibles, etc. ), en el equipo de medición o en la red secundaria.

Recomendaciones: Antes de instalar los componentes de un circuito de distribución de energía, se deben de revisar cada elemento y de ser posible probarlo antes de su instalación. Posteriormente, con una lista de revisión se certifica punto por punto la calidad de los mismos.

**c).- Fallas en los devanados.** Este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por:

- 1.- Falsos contactos.
- 2.- Corto circuito externo.
- 3.- Corto circuito entre espiras.
- 4.- Sobretensiones por descargas atmosféricas.
- 5.- Sobretensiones por transitorios.
- 6.- Sobrecargas.
- 7.- Fallas en el equipo auxiliar.

**1.- Falsos contactos.** Los falsos contactos originan una resistencia mayor al paso de la corriente, produciéndose puntos calientes o hasta pequeños arcos. Este tipo de fallas deteriora el aislamiento y contaminan el aceite produciéndose gasificación, carbón y hasta abombamientos del transformador.

**2.- Cortocircuito externo.** Esta falla producida por un cortocircuito externo al transformador del lado de baja tensión. La alta corriente que circula durante el cortocircuito, se traduce en esfuerzos mecánicos que pueden distorsionar los devanados y hasta moverlos de su posición. Si el cortocircuito es intenso y prolongando su efecto se presentará en una degradación del aceite sobrepresión, arqueos y posteriormente abombamientos del tanque, dependiendo de la severidad del cortocircuito.

**3.- Cortocircuito entre espiras.** Este tipo de falla es el resultado de los aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, sobrecalentamientos continuos, exceso de tensión, etc. Estas fallas tardan en poner fuera de servicio al transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla.

**4.- Sobretensiones por descargas atmosféricas.** Para prevenir este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador. Esta distancia no debe ser mayor de un metro entre la boquilla y el apartarrayo. La manifestación de estas fallas, son bobinas deterioradas en el inicio o al final del devanado y tiene una similitud a la falla entre espiras.

**5.- Sobretensiones por transitorios.** Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de recierre o por puesta de servicio y desconexión de bancos de capacitores, etc. Las sobretensiones que se producen, son del orden de hasta dos veces la tensión de operación, su daño es a largo plazo y en ocasiones se confunde con una falla de cortocircuito entre espiras.

**6.- Sobrecargas.** El transformador esta diseñado para soportar sobrecargas de acuerdo a normas. En caso que de que estas excedan los valores de diseño de normas, el transformador tendrá un envejecimiento acelerado de los aislamientos y posteriormente una falla entre espiras. Las características de esta falla son: un envejecimiento total de todos los aislamientos internos del transformador, el papel y cartón quebradizo y con un color oscuro intenso.

## **Conclusiones.**

Para evitar daños causados por parámetros eléctricos excesivos ( corriente o tensión ) todo transformador debe contar con protecciones que aislen el aparato o sistema de distribución de estos fenómenos dañinos. Por lo anterior expuesto se recomienda protegerlos con los siguientes elementos:

- Apartarrayos, uno para cada fase
- Fusible limitador de corriente en el lado primario.
- Interruptor o limitador de corriente en el lado secundario del transformador y lo más cercano a este.

## **Precauciones.**

- 1.- No energizar el transformador cuando se tenga bajo nivel de aceite.
- 2.- Para evitar la entrada de humedad, no se deberá abrir el registro de mano o la tapa del transformador en ambiente con alto porcentaje de humedad. Al cerrarlo se debe tener especial cuidado de colocar los empaques en su posición correcta.
- 3.- Tome las medidas de seguridad para acercarse a un transformador desenergizar previamente.
- 4.- No hacer cambio de derivaciones con el transformador energizado.
- 5.- Nunca opere un transformador sin ser revisado, cuando exista señales de falla externa por ejemplo:
  - Abombamiento del tanque.
  - Fuga de aceite en exceso por la tapa.
  - Fuga de aceite por la válvula de sobrepresión, etc.
- 6.- Cuando alguna boquilla tenga algún daño, por ejemplo, este fracturado, se deberá reemplazar inmediatamente.

## **2.2. INTERRUPTORES**

Los interruptores son elementos cuya función es desconectar los circuitos bajo condiciones de corriente nominal, vacío o cortocircuito, es decir, en condiciones normales o anormales, su operación o ciclo de trabajo puede consistir de lo siguiente:

- Desconexión normal.
- Interrupción de corriente de falla.
- Cierre con corriente de falla.
- Interrupción de corrientes capacitivas.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Fallas de línea corta.
- Oposición de fase durante las salidas del sistema.
- Recierres automáticos rápidos.
- Cambios súbitos de corriente durante las operaciones de maniobra.

El interruptor junto con el transformador es la parte más importante de una subestación eléctrica y debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidad y factores de potencia diferentes. Algunas de sus partes principales son: boquillas, terminales que a veces incluyen transformadores de corriente, válvula de llenado, descarga y muestreo de fluido aislante, además de conectores de tierra, placa de datos y gabinete que contiene los dispositivos de control, protección, medición, accesorios como compresora, resorte, bobinas de cierre o de disparo, calefacción, etc.

Los valores nominales de un interruptor deben considerar las condiciones de operación posibles mencionadas anteriormente o sea que su diseño debe considerar estos factores y desde luego que debe estar diseñado y construido para conducir las corrientes de plena carga del sistema en el que se encuentra y soportar los esfuerzos electrodinámicos debidos a las corrientes de corto circuito.

**b) Corriente asimétrica.** Es el valor eficaz del valor total de la corriente que comprende las componentes de corriente alterna y corriente directa en un polo en el instante de la separación de los contactos.

**5.- Capacidad de cierre de corto circuito.** Este valor caracteriza la capacidad de un interruptor para cerrar contactos en condiciones de cortocircuito en el sistema.

**Corriente de cierre.** La corriente de cierre de un interruptor cuando cierra sobre un cortocircuito es el valor eficaz de la corriente total ( incluyendo las componentes de CA y CD ) y que se miden de la envolvente de la onda de corriente en su primer valor cresta.

La corriente de cierre es aquella que corresponde a esta maniobra a la tensión nominal del mismo, la ausencia de este valor en la placa de características del interruptor implica que se debe calcular.

**6.- Máxima duración de la corriente de cortocircuito o corriente de tiempo corto.** La corriente nominal de tiempo corto de un interruptor es el valor eficaz de corriente que el interruptor puede conducir en posición cerrada sin sufrir daños para intervalos de tiempos cortos especificados. Estas corrientes se expresan por lo general en KA para un período de un segundo o para cuatro segundos expresándose como las corrientes de 1 seg. y 4 seg., estas corrientes por lo regular no se especifican para interruptores de baja tensión debido a que están equipados con dispositivos de disparo directo y su objetivo es determinar sus limitaciones térmicas.

**7.- Ciclo de operación nominal.** El ciclo de operación de un interruptor consiste de un número de operaciones establecidas con intervalos de tiempo dados. De acuerdo con las recomendaciones de las normas de la IEC el ciclo de operación de un interruptor que no está especificado para autocierre.

**8.- Tensión de restablecimiento.** Es el valor eficaz de la tensión máxima de la primera semionda de la componente alterna, que aparece entre los contactos del interruptor después de la extinción de la corriente.

**9.- Resistencia de contacto.** Es producido cuando una cámara de arqueo se cierra, y origina un contacto en un área más pequeña formada por tres puntos.

**10.- Cámaras de extinción del arco.** Es la parte primordial de cualquier interruptor eléctrico, en donde al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito que se trate. Durante la interrupción del arco aparecen los siguientes fenómenos:

- a) Altas temperaturas debido al plasma creado por el arco.
- b) Altas presiones debido a las altas temperaturas del plasma.
- c) Flujos turbulentos del gas y que producen el soplado del arco, su alargamiento y por lo tanto su extinción.
- d) Masas metálicas en movimiento.
- e) Esfuerzos mecánicos debido a la corriente de cortocircuito.
- f) Esfuerzos dieléctricos a la tensión de restablecimiento.

### 2.2.2. TIPOS DE INTERRUPTORES.

De acuerdo a los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos:

**1) Interruptor en gran volumen de aceite.** En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y su enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo al pasar la onda de corriente por cero. Se emplean en tensiones medias de 6 a 34.5 KV.

**2) Interruptor en pequeño volumen de aceite.** Consumen poco aceite, en general se usan en tensiones de 230 KV, y utiliza aproximadamente un 5% de volumen de aceite del caso anterior.

**3) Interruptores en aire comprimido ( neumáticos ).** Se realiza aplicando el arco eléctrico una fuerte inyección de aire comprimido de manera que el arco mismo se alarga y se enfría en una forma muy eficaz, por otra parte se sustituye rápidamente el gas ionizado de manera que se recupera en forma inmediata las características dieléctricas entre los contactos evitando así posibles rearqueos ya que se soporta la tensión transitoria de restablecimiento. Sus principales ventajas son el bajo costo, así como la disponibilidad del aire, además de no provocar explosiones ni tiende a arder como el aceite y su rapidez de operación es otra de sus ventajas.

**4) Interruptor en hexafluoruro de azufre.** Sus cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre que tiene capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos. Este es un gas que presenta ciertas características particulares para la extinción del arco debido a que reúne dos requisitos fundamentales:

- a) Un elevado valor de rigidez dieléctrica.
- b) Una elevada velocidad de recuperación de la rigidez dieléctrica cuando se pierde debido a la interrupción de a causa de un arco eléctrico.

**5) Interruptor en vacío.** Está construido por un recipiente de material aislante como por ejemplo porcelana o vidrio, en este recipiente se encuentran montados los contactos fijos y móvil, el contacto móvil es controlado desde el exterior por medio de una varilla aislante que se apoya en un dispositivo especial que permite el movimiento. Si se supone que se quiere interrumpir una corriente alterna de un valor relativamente pequeño cuando un contacto se separa del otro que se encuentra a potencial negativo ( cátodo ) se forma un mecanismo del tipo catódico que origina una pequeña descarga hacia el otro contacto que se encuentra a potencial positivo ( ánodo ) y emite iones positivos bajo la forma de vapor del electrodo del metal que constituye el electrodo mismo, éste vapor se forma por el efecto de elevada temperatura en la superficie de la forma interesada del contacto. Al primer paso de la corriente por su cero el arco se extingue de tal forma que la rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente dada la escasez de partículas conductoras.

Este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 KV dentro de tableros blindados y tiene dos inconvenientes que son:

- 1).- Que por algún defecto o accidente se puede perder el vacío de la cámara y al entrar aire y producirse el arco se puede reventar la cámara.
- 2).- Debido a su rapidez producen grandes sobretensiones entre sus contactos.

### 2.2.3. FALLAS EN LOS INTERRUPTORES

**Fallas en las terminales.** Dentro de esta categoría se considera a todas las fallas pegadas al interruptor. En este caso la oscilación de la tensión se amortigua por la resistencia propia del circuito de potencia y su frecuencia depende de los valores de la inductancia y de la capacitancia de lado de la fuente.

**Fallas en una línea corta.** Este tipo de falla hace muy crítico el comportamiento de los interruptores, principalmente cuando ocurre entre los 3 y 5 kilómetros de distancia del interruptor. La tensión de restablecimiento esta dada por la diferencia de tensión entre el lado de la fuente y el lado de la línea, con una frecuencia de oscilación del doble de la fundamental.

**Apertura en oposición de fases.** Se produce en el caso de que por una conexión de fase equívoca al cerrar el interruptor éste cierre corta un cortocircuito directo lo que provoca una apertura violenta y produciéndose una sobretensión.

**Apertura de pequeñas corrientes inductivas.** Es el caso típico de la apertura de un transformador excitado o de un banco de reactores . Esta apertura puede provocar la llama de falla evolutiva.

**Falla evolutiva.** Se produce cuando al abrir un circuito inductivo aparece la sobretensión que puede provocar el arqueo de los aisladores exteriores.

### 2.3. CUCHILLAS DESCONECTORAS.

Son dispositivos de maniobra capaces de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, puede ser maniobrables bajo tensión pero en general sin corriente ya que poseen una capacidad interruptiva casi nula. Su empleo es necesario en los sistemas ya que debe existir seguridad en el aislamiento de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantiza un aislamiento eléctrico. Antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente.

Las cuchillas desconectadoras en particular deben cumplir los siguientes requisitos:

- Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y sobre todo en la apertura. Por lo general se requiere entre puntos de apertura de las cuchillas un 15 o 20% de exceso en el nivel de aislamiento con relación al nivel de aislamiento a tierra.
- Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla y en particular de los contactos.
- Soportar por un tiempo especificado (generalmente 1 seg.) los efectos térmicos y dinámicos de la corriente de cortocircuito.
- Las maniobras de cierre y apertura se deben de realizar con toda seguridad, es decir, sin posibilidad de que presenten falsos contactos o oposiciones falsas aún en condiciones atmosféricas desfavorables como puede ser por ejemplo la presencia de hielo.

### 2.3.1. TIPOS DE CUCHILLAS

Las cuchillas desconectadoras pueden tener formas y características constructivas que tienen variantes en base a la tensión de aislamiento y a la corriente que deben conducir en condiciones normales, pudiéndose distinguir:

**Cuchillas trípolaes.** Son básicamente el mismo tipo de cuchillas unipolares pero el mando es tal que se accionan las tres fases simultáneamente.

**Cuchilla unipolar de rotación.** Estas pueden tener un perno control o bien con interrupción doble o pueden existir de interrupción simple con columna central giratoria, son utilizadas por lo general en sistemas de alta tensión con corrientes hasta de 2000 amperes.

**Cuchillas desconectadora trípolar giratoria.** Son prácticamente iguales a a las giratorias unipolares, pero emplean mando trípolar para accionamiento giratorio simultáneo de los tres polos, por lo general se usan de 69 a 115 KV.

**Cuchillas desconectadora de apertura vertical.** En estas cuchillas se tiene un giro del orden de  $110^\circ$  de la columna central del aislador, la apertura se realiza en dos tiempos por medio de giro de  $60^\circ$  de la cuchilla (navaja) que gira sobre su propio eje y un movimiento vertical de la otra navaja en forma propia. Los puntos de contactos son anti-hielo y a prueba de contaminación. Se usan en sistemas de 85 a 230 KV.

**Cuchillas unipolares.** En este seccionador en la posición cerrada la navaja se encuentra insertada en un contacto que esta a presión aprisionado fuertemente la navaja para garantizar un buen contacto eléctrico. Pueden haber de una o mas navajas según sea la corriente nominal que conduzcan, por lo general se emplean en baja y media tensión con corrientes hasta de 1000 ó 1500 amperes.

**Cuchillas trípolar.** Son básicamente el mismo tipo de cuchillas unipolares pero el mando es tal que se accionan las tres fases simultáneamente.

**Cuchilla unipolar de rotación.** Estas pueden tener un perno control o bien con interrupción doble o pueden existir de interrupción simple con columna central giratoria, son utilizadas por lo general en sistemas de alta tensión con corrientes hasta de 2000 amperes.

**Cuchillas desconectadora trípolar giratoria.** Son prácticamente iguales a a las giratorias unipolares, pero emplean mando trípolar para accionamiento giratorio simultáneo de los tres polos, por lo general se usan de 69 a 115 KV.

**Cuchillas desconectadora de apertura vertical.** En estas cuchillas se tiene un giro del orden de  $110^\circ$  de la columna central del aislador, la apertura se realiza en dos tiempos por medio de giro de  $60^\circ$  de la cuchilla (navaja) que gira sobre su propio eje y un movimiento vertical de la otra navaja en forma propia. Los puntos de contactos son anti-hielo y a prueba de contaminación. Se usan en sistemas de 85 a 230 KV.

**Cuchilla desconectadora tipo pantógrafo.** Se construyen en general del tipo monopolar siendo su elemento de conexión del tipo pantógrafo de donde viene su nombre, el cierre del circuito se obtiene levantando el contacto móvil que se encuentra sobre el pantógrafo conentándose al contacto fijo que se monta sobre el cable o sistemas de barras de la subestación, su empleo es importante en las subestaciones en donde se dispone de poco espacio para la subestación y por otro lado presentan la ventaja que pueden ser inspeccionadas sin poner en fuera de servicio esa parte de la subestación.

Para la mayoría de los tipos de cuchillas mencionadas anteriormente se tienen básicamente las siguientes formas de accionamiento:

- Manual directo o con pértiga.
- Manual con mando por varilla y palanca o manivela.
- A control remoto accionadas por motor eléctrico o bien en forma neumática.

los siguientes:

**Base.** Se fabrican de lamina de acero galvanizado.

**Aisladores.** Son de porcelana y pueden ser de tipo columna o alfiler.

**Cuchillas.** Se pueden fabricar de cobre o de aluminio según la contaminación predominante en la zona de la instalación.

La operación de las cuchillas puede ser en forma individual o en grupo. La operación en forma individual se efectúa cuando la tensión de operación es menor de 20 KV; se abren o cierran por medio de garrochas o pértigas de madera bien seca y el operador debe de utilizar guantes de hule. La operación en grupo se efectúa para tensiones superiores a 20 KV y puede ser por medio de un mecanismo de barras que interconectan los tres polos.

## 2.4. FUSIBLES

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hacen las veces de un interruptor, siendo más baratos que éstos. Se emplean en aquellas partes de una instalación eléctrica en que los relevadores y los interruptores no se justifican económicamente.

El uso de fusibles para la protección de corto circuito y contra sobre carga en los sistemas de baja tensión ha sido muy común por la simplicidad y el bajo costo que estos elementos representan, estas características hacen que también sean usados en circuitos de media tensión.

El fusible esta reservado para la interrupción automática del circuito que protege cuando se verifican condiciones anormales de funcionamiento que están normalmente asociados con las sobrecorrientes, esta interrupción se obtiene de la fusión del elemento fusible que en sí representa la parte fundamental y que determinan sus características.

La principal función del fusible de desarrollar el elemento fusible propiamente dicho al cual se le deja la función de soportar sin calentamiento excesivo la corriente nominal y de fundirse durante un tiempo determinado cuando la corriente supera el límite máximo de fusión previsto, este tiempo depende de la densidad de corriente del elemento fusible y otras características como su resistividad, calor específico, etc.

Un juego de fusibles de alta tensión en su parte fundamental, esta formado por tres polos. Cada uno de ellos a su vez esta formado por una base metálica semejante a las utilizadas en cuchillas, dos columnas de aisladores que pueden ser de porcelana o de resina sintética y cuya altura al nivel básico de impulso a que trabaja el sistema.

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES.

Las características principales que definen a un fusible son:

**Tensión nominal.** Es el valor de la tensión para la cual se designa la operación del fusible y que normalmente corresponde a la tensión máxima de diseño del fusible en correspondencia a la tensión máxima de operación del sistema en el que va a operar.

**Corriente nominal.** Es el valor de la corriente al cual el fusible no debe presentar calentamiento excesivo y a la cual no operará.

**Capacidad interruptiva.** Es el máximo valor de la corriente que el fusible esta en posibilidad de interrumpir cuando el fusible esta a su tensión nominal y en condiciones determinadas de tensión de restablecimiento y factor de potencia.

### 2.4.2. TIPO DE FUSIBLES

De acuerdo con su capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo, se pueden utilizar diferentes tipos de fusibles, entre los más conocidos se pueden indicar los siguientes:

**Fusible de expulsión.** En este tipo de fusibles un tubo de material orgánico capaz de producir una cantidad notable de gas y soportar una alta temperatura, une a las dos terminales del fusible, este tubo también tiene un dispositivo de contacto de manera que cuando el fusible se funde los contactos se separan cayendo el tubo de manera que se pueda observar físicamente la operación. El funcionamiento del fusible produce mucho mas gas y ruido, estos fusibles se pueden emplear en tensiones hasta 115 KV, y con corrientes de cortocircuito simétricas de 29 KA.

**Fusible de ácido bórico.** La función del tubo del material orgánico se sustituye por un cuadro de este material de manera que el elemento fusible se coloca en el extremo abierto del tubo aislante y cuando interviene en el punto de contacto se alarga el arco hacia el espacio en donde se pone el ácido bórico, éste bajo la acción del calor se descompone desarrollando vapor de agua cuyo efecto de ionizante es mas eficaz que el del gas en los fusibles de expulsión. Los fusibles de expulsión y de ácido bórico se aplican en el mismo rango de tensiones y corrientes.

**Fusibles limitadores de corriente.** Tienen doble acción, por un lado reduce la corriente de falla debido a la características de introducir una resistencia elevada en el circuito y por otro debido al incremento de la resistencia pasa de un circuito de bajo factor de potencia a otro circuito de alto factor de potencia.

**Fusibles en vacío.** Este tipo de interrupción se produce al separarse los contactos dentro de un recipiente hermético en el que se han hecho el vacío, de tal manera que a medida que se separan los contactos la corriente se concentrará en los puntos mas salientes de la superficie del contacto y cesa cuando se evapora el último punto entre los dos contactos . Las ventajas de los fusibles en vacío es que se pueden montar en lugares muy reducidos como son los tableros y además no hacen ruido.

### 2.5. APARTARRAYOS.

Son unos dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

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

- Descargas directa sobre la instalación.
- Descargas indirectas.

El caso que puede presentarse mas frecuentemente es el de las descargas indirectas, y el de apartarrayos que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta determinada descarga frenando 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 mismo principio de operación. Los mas conocidos son:

- Apartarrayos tipo autovalvular.
- Apartarrayos de resistencia variable.

Los apartarrayos de tipo autovalvular consiste de varias capas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación mas sensible y precisa.

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

Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que almacenan sobre las líneas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz.

Los apartarrayos protegen también a la instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor protección contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas en las líneas de transmisión. Los apartarrayos deben de cumplir con las siguientes funciones.

- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tensión disyuntiva de diseño.
- Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.
- Deben desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones.
- No debe de operar con sobretensiones temporales de baja frecuencia.
- La tensión residual debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen.

## **2.6. RESTAURADORES.**

En los sistemas de distribución además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presentan el de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se plantea 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 es decir, construido de tal manera que un cierre esta calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de las redes 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 cierre y cuatro de apertura, 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.

### **OPERACIÓN DE UN RESTAURADOR.**

El restaurador opera en forma semejante a un interruptor trifásico, ya que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectando y desconectando en forma simultánea. El proceso de apertura y cierre se puede describir brevemente como sigue:

- 1).- Cuando ocurre la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.
- 2).- Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar en un cierto intervalo.
- 3).- La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.
- 4).- Si la falla es transitoria el restaurador queda conectado y preparado para otra falla; si la falla es permanente repetira todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual sea calibrado. La interrupción del arco tiene un lugar en una cámara de extinción que contiene a los contactos.

### **2.7. AISLADORES.**

Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, existen básicamente dos tipos, el de soporte a base de montaje en alfiler de acero con rosca recubierta de plomo o simple sujeción a base de tornillos según sea la tensión de operación y el tipo suspensión semejante a los usados en las líneas de transmisión con las mismas dimensiones y montajes.

El empleo de cada uno de estos tipos esta sujeto al elemento conductor usados en el sistema de barras de la instalación; así como por ejemplo, si se emplea barra sólida el aislador será de soporte, pero si se emplea cable es común el empleo de aisladores tipo suspensión formando cadenas montadas generalmente en posición horizontal.

Se fabrican para uso interior e intemperie por lo general de vidrio y porcelana aunque para instalaciones interiores también se pueden hacer de resinas fundidas.

## 2.8. TABLEROS ELÉCTRICOS.

En el complejo de una subestación eléctrica donde interviene los instrumentos de maniobra , de medición, de control y algunos otros, la conexión eléctrica entre estos que constituye la instalación se divide genéricamente en dos categorías: Los tableros y los circuitos principales de la subestación.

En las instalaciones de pequeña potencia y baja tensión es común que el equipo principal de los aparatos de maniobra y control se monten junto a los aparatos que deben accionar o sea en los propios tableros de distribución. En instalaciones grandes los aparatos de control, maniobras y medición normalmente no se pueden instalar juntos en los mismos tableros por lo que todo lo que corresponde a los aparatos de corte se instalan por separado y es frecuente tener un puesto de mando central lo que hace necesario efectuar un alambrado de interconexión controlado por diagrama de interconexión que faciliten la acción a los operadores.

Por otra parte los relevadores de protección que accionan interruptores o dispositivos de protección que se encuentran a la intemperie es normal que se localicen en tableros denominados de protección y localizados a una cierta distancia de los objetos que accionan dentro del área de subestación en un cuarto denominado “cuarto de control o caseta de mando”.

Los tableros de medición, control y protección se pueden clasificar como:

1).- Tableros de mando directo instalados por lo general en sistemas eléctricos de poca importancia en donde es importante el bajo costo y se requiere de pocos panales. Pueden ser de tres tipos:

- a).- Tableros con el frente de baja tensión.
- b).- Tableros con el frente muerto (sin tensión).
- c).- Tableros modulares.

2).- Tableros de mando a distancia por control remoto con medio eléctricos.

Estos tableros se emplean por lo general en las grandes instalaciones en donde la disposición de los puestos de mando y vigilancia deben permitir en todo momento una visibilidad amplia del estado de servicio de toda la instalación y facilitan la maniobra rápida de los elementos de corte y elementos de regulación si existen. En sistemas de distribución con alta tensión resulta peligroso el uso de tableros con mando directo por lo que resulta adecuado el uso de estos tableros. Es común en estos tableros señalar a los elementos que intervienen dentro del control y protección mediante representaciones basadas en los diagramas unifilares del sistema denominados “bus mímico”. Es común también que los cuadro de alarmas y elementos complicados se señalicen por medio de cuadros luminosos.

Existen también tableros con mando a distancia por medio de elementos mecánicos que sustituyen a los tableros de mando directo, en aquellos casos en que resulte peligroso el uso de éstos ya sea por las tensiones elevadas que se usan o por el riesgo que impliquen para el personal el uso de elementos de desconexión grandes o robustos.

Los tableros de un solo frente se utilizan en subestaciones pequeñas siendo lo de mayor uso los tableros de doble frente o dúplex, se utilizan en subestaciones instalándose en el frente principal, los dispositivos de control, medición y señalización, mientras que en la parte posterior se montan los diferentes relevadores de la protección. Los tableros separados por mando y protección se emplean en subestaciones muy grandes, en donde debido a la complejidad de las protecciones los relevadores no cabrían si se usan los tipos anteriores de tableros. Por último los tableros tipo mosaico, se emplean en subestaciones operadas a control remoto, en que los relevadores se fijan en tableros separados dentro del edificio principal o en casetas.

Dependiendo del tablero y la subestación los tableros se diseñan para operar los siguientes circuitos:

- Líneas y cables de alta tensión.
- Bancos de transformadores.
- Barras colectoras (buses).
- Baja frecuencia.
- Alimentadores de distribución.
- Bancos de capacitores.
- Servicio de estación y auxiliares.

## 2.9. PROTECCIONES PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES.

En una subestación los principales elementos que necesitan ser protegidos son los siguientes:

- Líneas o cables de alimentación.
- Banco de transformadores de potencia.
- Barras colectoras o buses.
- Respaldo local contra fallas de interruptores.
- Alimentadores.
- Banco de capacitores.
- Banco de tierras.

Las líneas de transmisión que rematan en una subestación se pueden proteger dependiendo de sus características mediante cualquiera de las protecciones siguientes:

**Sobrecorriente.** Es la mas sencilla y por lo tanto barato, se utiliza en instalaciones con diagramas unifilares sencillos, se emplean dos relevadores de fase y uno de tierra. Se acostumbra usarlas en líneas de distribución y en suministro a instalaciones industriales. Se usa con protección de distancia para la falla de tierra y como respaldo de la protección de hilo piloto.

**Distancia.** Se usa como protección primaria en transmisión. Los relevadores son preferibles a los de sobre corriente porque no les afectan los cambios en la magnitud de la corriente.

**Hilo piloto.** Es una protección de alta velocidad para protección de líneas. Se usa en líneas cortas de menos de 20 KM, también en la protección de cables de potencia.

**Onda portadora.** Es la protección mas confiable para líneas de alta tensión, se puede instalar a partir de 34 KV.

## CAPITULO 3

### REDES DE TIERRA

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones es la de disponer de 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 de estar a potencial de tierra.

Las necesidades de contar con una red de tierra 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 sea que se deban a una falla de cortocircuito o a la operación de un apartarrayo.
- b).- Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencial de potencial entre distintos puntos de la subestación.
- 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.

#### 3.1. DISPOSICIÓN BÁSICA DE LAS REDES DE TIERRA.

Para las redes de tierra, se han considerado básicamente tres sistemas:

- 1).- Sistema radial.
- 2).- Sistema de anillo.
- 3).- Sistema de red.

El sistema radial es mas barato pero el menos satisfactorio. 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 subestación y conectando derivaciones a cada aparato mediante un cable mas delgado (500 MCM o 4/0 AWG). Es un sistema económico y eficiente y en el se eliminan las grandes distancia de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos disminuyen al dispararse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

El sistema de red es el mas usado actualmente en nuestro sistema eléctrico y consiste como su nombre lo indica, en una malla formada por cable de cobre (aproximadamente 4/ 0 ) conectada a través de los electrodos de varilla copperweld a partes mas profundas para buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es el mas eficiente pero también el mas caro de los tres tipos.

### 3.2. TIPOS DE TIERRAS.

	ohms / mto.
1.- Arcilla, marga, fósil, mantillo húmedo.....	10 <sub>1</sub>
2.- Arena húmeda.....	10 <sub>2</sub>
3.- Arena fina, yeso seco.....	10 <sub>3</sub>
4.- Basalto.....	10 <sub>4</sub>
5.- Roca compacta.....	10 <sub>5</sub>

## CAPITULO 4

### CAPACITORES

Son unos dispositivos eléctricos formados por dos láminas conductoras, separadas por una lámina dieléctrica y que al aplicar una diferencia de tensión almacenan carga eléctrica. Los capacitores de alta tensión están sumergidos por lo general, en líquidos dieléctricos y todo el conjunto esta dentro de un tanque pequeño herméticamente cerrado.

Sus dos terminales salen al exterior a través de dos boquillas de porcelana cuyo tamaño dependerá del nivel de tensión del sistema al que se conectan. Una de las aplicaciones más importantes del capacitor es la de corregir el factor de potencia en líneas de distribución y en instalaciones industriales, aumentando la capacidad de transmisión de las líneas, el aprovechamiento de la capacidad de los transformadores y la regulación del voltaje en los lugares de consumo.

#### 4.1. BANCOS DE CAPACITORES.

En las instalaciones industriales y de potencia, los capacitores se instalan en grupos llamados bancos. Los bancos de capacitores de alta tensión generalmente se conectan en estrella o con neutro flotante y rara vez con neutro conectado a tierra.

El que se utiliza uno u otro tipo de neutro depende de las consideraciones siguientes:

- Conexión del sistema a tierra.
- Fusible de capacitores.
- Dispositivos de conexión y de desconexión.
- Armónicas.

Se conectan en neutro flotante para evitar la circulación a través del banco de capacitores de armónicas de corriente que producen magnitudes de corriente superiores al valor nominal y que pueden dañar los capacitores. La principal ventaja de esta conexión es permitir el uso de fusibles de baja capacidad de ruptura.

#### 4.2. FACTOR DE POTENCIA.

La inductancia y capacidad afectan a la potencia instantánea, pero no contribuye a la potencia media. Cuando aumenta la corriente de una inductancia la energía pasa del circuito al campo magnético de donde vuelve cuando la corriente disminuye. Análogamente cuando aumenta la tensión en una capacitancia la energía pasa del circuito al campo eléctrico de donde vuelve cuando disminuye la tensión.

La potencia media  $P$  se utiliza para especificar la capacidad de conducir energía de la corriente y de la tensión alterna. La corriente requerida por los motores de inductancia, lámparas fluorescentes, transformadores, etc. puede ser considerada como constituida por dos clases de corriente: corriente magnetizante y la corriente productora de potencia o corriente de trabajo.

La corriente productora de potencia es aquella corriente que es convertida por el equipo en trabajo útil, tal como hacer girar un torno, efectuar soldaduras o bombear agua. La unidad de medida de la potencia producida es el kilowatt ( KW ).

La corriente magnetizante es aquella corriente que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante la energía la corriente no puede fluir a través del núcleo del transformador o través del entrehierro de los motores de inducción. La unidad de medida de esta potencia magnetizante es el kilovar ( KVAR ).

La potencia total llamada potencia aparente ( KVA ) será la suma geométrica de ambas potencias ( relación triangular ), es decir:

$$KVA = KW + KVAR$$

$$KW = KVA - KVAR$$

El factor de potencia se expresa como la razón entre la corriente productora de potencia de un circuito a 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.

$$FP = KW / KVA.$$

$$KW = KVA \times FP$$

En base a lo anterior podemos decir que el factor de potencia es el factor por el cual debe ser multiplicada la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo. El factor de potencia viene a representar así, según la relación triangular en coseno:

$$FP = \cos ( KVA / KW )$$

### **4.3. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.**

El equipo eléctrico se ha de instalár para alimentar una carga dada, queda determinado por las necesidades de voltamperios de la misma, por lo que resulta directamente afectado por el factor de potencia de la carga. La carga industrial ordinaria en un sistema de distribución de energía funciona con un factor de potencia de retardo que en muchos casos es lo suficientemente bajo para que su aumento resulte justificable económicamente.

Dicho aumento o corrección del factor de potencia se efectúa conectando una batería de capacitores en paralelo con la carga, determinándose el tamaño de la batería de forma que el factor de potencia de la combinación en paralelo alcance el valor deseado.

Es preciso señalar que la corrección del factor de potencia no evita las necesidades de potencia reactiva de la propia carga. Cuando se corrige el factor de potencia la mayor parte de la potencia reactiva necesaria es proporcionada por los capacitores en paralelo, en vez de verificarse desde remotos generadores a través del sistema de distribución. Entonces la oscilación de energía de la potencia reactiva es la medida cuantitativa, tiene lugar principalmente entre las cargas y los capacitores adyacentes en vez de tenerlo entre la carga y los lejanos generadores.

De este modo la oscilación no aumenta excesivamente la carga sobre los generadores y el sistema de distribución, ni eleva las pérdidas en el cobre, por lo que esta característica posee un indiscutible valor económico.

Los medidores del factor de potencia son aparatos que sirven para medir el factor de potencia. Estos suelen tener en sus escalas dos sentidos a partir del coseno de 0 hasta 1, en que la aguja esta en el centro. Hacia la derecha se mide el adelanto de fase y hacia la izquierda el atraso.

## **CAPITULO 5**

### **MANTENIMIENTO DE LAS SUBESTACIONES.**

Aunque al parecer, el mantenimiento es sencillo, no deja de tener gran importancia, por estar ahí el corazón de la empresa, ya que cualquier falla en el transformador o transformadores, en el interruptor o simplemente en una cuchilla, mufa o cable, ocasiona la paralización total de las actividades de la empresa. Es por eso que el electricista no debe de descuidar esta parte tan vital, aconsejándosele desde luego que al hacerse cargo del mantenimiento, su primera verificación debe de ser a la subestación, de acuerdo con las instrucciones siguientes:

a) Tenga ante todo presente que se encuentra usted en un lugar peligroso, en que debe pensar antes de hacer cualquier cosa.

b) Observe el estado general de la subestación, pues generalmente el lugar ha sido poco visitado y se encuentra lleno de polvo y basura. Anote en su libreta limpieza del local.

c) Diríjase al o a los transformadores, tomando lectura de sus termómetros y niveles, los cuales no deben marcar más de 55°C, que es la temperatura máxima normal a que deben trabajar, en caso de que alguno marque una temperatura mayor, anótelos para más tarde averiguar la causa.

La inspección del interruptor debe concretarse a observar si no existe ruido en los relevadores, cuya intensidad sea demasiada.

d) Ahora vea los tableros de baja tensión y tome las lecturas de los voltímetros y amperímetros, anotando sus valores, en caso de no tenerlos, observe si no están calientes o no muestran huellas de estarse calentando.

En caso de que al hacer usted estudio de sus anotaciones encuentre todo normal, el mantenimiento se concretará a lo siguiente:

a) Mantener limpia la subestación, con objeto de que no acumule polvo, sobre todo en las partes en que se pueda producir un arqueo y por consiguiente un corto circuito. La limpieza de las subestaciones debe efectuarse estando la planta parada.

Antes de esto se llega con un acuerdo con C.F.E. para que realicen ellos una libranza, la cual consiste en desconectar las cuchillas que están en el ramal de la C.F.E., después de esto se desconectarán las cuchillas de entrada y el interruptor. Una vez sin corriente por medio de un soplador eléctrico retire el polvo acumulado.

b) En los casos de subestación tipo abiertas, limpie perfectamente por medio de un trapo seco los bornes de alta y baja tensión del o los transformadores, los aisladores y las tapas metálicas; lo mismo hará con los tableros e interruptores expuestos al aire. “Apriete todos los conectores”.

c) Rectificar las temperaturas de los termómetros, niveles, amperímetros, voltímetros, etc. abriendo la tarjeta de control con la fecha de la inspección y anotando las nuevas instrucciones para cada treinta días, período en el que deberá volver y rectificar todo lo que se ha explicado, lo que permitirá detectar con anticipación cualquiera de las fallas que se presenten en una subestación eléctrica.

## **5.1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA SUBESTACIÓN.**

Durante el proceso de instalación del equipo de una subestación y sobre todo el final que es cuando se procede a la puesta en servicio de la instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas para determinar el estado final de los aislamientos, los circuitos de control, la protección, señalización, alarmas y finalmente el funcionamiento del conjunto de la subestación.

A su vez el conjunto de datos obtenidos de las pruebas sirven de antecedentes para que a lo largo de la vida de la instalación el personal de mantenimiento tenga una base para determinar el grado de deterioro que van sufriendo los diferentes equipos, así como tener un punto de referencia para comparar las nuevas lecturas obtenidas en los equipos después de una reparación.

### 5.1.1. TIPOS DE PRUEBAS.

Las pruebas se pueden incluir en tres grupos iniciales más dos pruebas finales:

- 1) Pruebas al equipo de alta tensión.
- 2) Pruebas al equipo de protección, medición y control.
- 3) Pruebas al equipo con su tensión nominal de operación.
- 4) Faseo de la subestación.
- 5) Toma de carga de la subestación.

A continuación se indica cada uno de los equipos que se consideran en las pruebas de campo: Transformadores, interruptores, cuchillas, apartarrayos, fusibles, aisladores, etc.

Una vez instalado cada uno de los equipos, la secuencia de las pruebas de campo se pueden desarrollar en el siguiente orden, aunque no todas las pruebas que se indican a continuación se efectúan a cada uno de los equipo antes mencionados:

- Resistencia de aislamiento.
- Factor de potencia de los aislamientos.
- Rigidez dieléctrica del aceite.
- Relación de transformación.
- Resistencia de contacto.
- Tiempo de apertura y de cierre de los contactos de los interruptores.
- Continuidad eléctrica de los circuitos.
- Polaridad.
- Tensiones mínima de operación.

**Resistencia de aislamiento.** Esta prueba permite determinar el estado que guardan los aislamientos eléctricos de un aparato, de tal manera que pueda soportar conforme a las normas las tensiones nominales y de prueba. Dicha resistencia viene dada por el valor en megaohms que presenta un aislamiento al aplicarle una fuente de tensión de corriente directa durante un tiempo determinado, que produce una corriente de fuga en el aislamiento. Para efectuar la prueba se utiliza un aparato llamado Meger.

El Meger es un generador de corriente directa con una escala de lectura graduada en ohms, que mide los miliamperes que circulan por el aislamiento al aplicarle la tensión de corriente directa del generador del propio aparato, el generador se puede mover a mano o en forma motorizada siendo éste último el más utilizado, debido a que la aplicación de tensión durante la prueba es más uniforme que en el tipo manual.

**Factor de potencia de los aislamientos.** Esta prueba proporciona una indicación de la calidad de un aislamiento sobre todo en la referente a la detección de humedad y otros contaminantes, como lo que se mide es una relación de pérdidas, el factor de potencia es independiente de la cantidad de aislamiento bajo prueba. Experimentalmente esta prueba es más confiable que la resistencia de aislamiento.

**Rigidez dieléctrica del aceite.** Esta prueba es una medición de la habilidad que tiene un aceite aislante para soportar una diferencia de campo eléctrico sin que se produzca un arco entre los electrodos del campo.

El aceite aislante desarrolla varias funciones:

- Dieléctricas.
- Eliminación del calor generado por pérdidas en un aparato.
- Extinción del arco durante el proceso de apertura.

La rigidez dieléctrica se produce en presencia de los siguientes factores:

- Aumento de distancias entre partes vivas.
- Contenido de humedad.
- Contenido de gases diluidos.
- Temperaturas.
- Velocidad de incremento de la tensión.

**Relación de transformación.** Esta prueba sirve para comprobar que el número de espiras devanadas en la bobina de un transformador coincidan con las calculadas en el diseño, de tal manera que las tensiones medidas coincidan con los datos de la placa del aparato.

Para esta prueba se utiliza un aparato que suele conocer con las iniciales de las palabras inglesas o sea TTR, o bien probador de relación de espiras que se utiliza para obtener la relación de transformación sin carga.

**Polaridad.** Esta prueba se efectúa en cualquier tipo de transformador. Es necesario efectuar en los transformadores que han sufrido alguna reparación en sus bobinas y a la hora de conectar estas bobinas se puede haber cometido algún error en la colocación de las terminales.

**Faseo.** Es el procedimiento mediante el cual se comprueba que las fases del sistema de alta tensión que alimenta una subestación coincidan exactamente con las fases que entran en la subestación por el lado de baja tensión, ya que si esto no ocurre al conectar la subestación se producirá un corto circuito por existir una diferencia entre los dos extremos abiertos de una misma fase.

El faseo se desarrolla en dos partes:

- Faseo interno de la subestación.
- Faseo externo o de la subestación contra el sistema.

**Toma de carga.** Una vez hecha las pruebas del equipo, faseada la subestación y probada con tensión nominal, el siguiente y último paso es que la subestación tome la carga normal para lo cual se polarizan los relevadores que lo necesiten y se calibran las protecciones y los equipos de protección para que funcionen correctamente con la carga de cada circuito de la subestación.

## **5.2. PLANTA DE EMERGENCIA.**

Son grupo motor - generador que se utilizan en algunas subestaciones para que en caso de fallas se tenga otra posibilidad de tener energía para operar los circuitos. Dichas plantas arrancan y se conectan en forma automática al desaparecer la tensión de corriente alterna.

La conexión se efectúa en las barra principales de corriente alterna, que son alimentadas por los dos transformadores del servicio de estación, dicha conexión se hace por medio de un interruptor operado por un equipo de transferencia automática, que solo puede cerrar en el caso de que haya abierto los interruptores de los transformadores del servicio de mencionados y viceversa.

El equipo de transferencia automático, mediante los dispositivos adecuados transfiere la carga del sistema normal de los transformadores al sistema de la planta de emergencia en un tiempo no mayor de 50 milisegundos, por medio de relevadores que detectan la falla de tensión.

## **CAPITULO 6**

### **DISEÑO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN.**

**6.1. Los requisitos mínimos que debemos de considerar en el diseño de una subestación eléctrica son:**

- a).- La subestación deberá de cumplir los requisito 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 un 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:

**1.- Lugar de la 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 se trata de una ampliación, convendrá determinar si cuenta con el espacio disponible para colocar el equipo. Así mismo es muy importante estudiar la manera como se va a interconectar con lo 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.

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 se sabe las tarifas actualmente indican que si la medición esta en baja tensión se carga un 5% sobre el consumo y si esta en alta tensión no se hace cargo alguno, pero se tendría que invertir en la adquisición de los transformadores de medición.

Una vez que se haya elegido el terreno para la instalación de la subestación se hace un análisis del suelo, así como de las condiciones climatológicas de la región como son:

- Temperaturas máxima y mínima.
- Velocidad máxima del viento.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Nivel isoceraunico.
- Nivel sísmico.
- Nivel pluviométrico.
- Grado de contaminación.

**2.- Capacidad de la subestación.** Si es nueva la instalación es necesario conocer la carga actual así como la esperada en los siguientes 5 años. Asimismo es conveniente analizar la posibilidad de contar con uno o dos transformadores par satisfacer la capacidad.

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 corte, 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 desconexión y protección de la acometida.

**3.- Niveles de voltaje en alta y baja tensión.** La C.F.E. nos indica el valor del voltaje primario y el voltaje secundario el cual se determina de la siguiente manera:

Si se trata de una ampliación, el equipo existente es el que nos lo determinará y si se trata de una instalación nueva necesitamos conocer las características de la carga a conectar, las distancias entre las cargas. Para esto es muy conveniente tomar en cuenta los voltajes normalizados en la región.

## 6.2. DESARROLLO.

Se tiene una fábrica de artículos de lámina la cual consta de 26 motores, 4 máquinas de soldar, 4 tableros de alumbrado y 3 aparatos de aire acondicionado, la alimentación del lado de alta tensión es de 13.2 KV y consta de las siguientes características:

26 MOTORES ( 3 fases, 440 V )	4 MAQUINAS DE SOLDAR ( 3 fases, 440 V )	4 TABLEROS DE ALUMBRADO (3 fases, 220 / 127 V )	3 AIRE ACONDICIONADO ( 3 fases, 440 V )
(14) 3 HP = 42 (1) 5 HP = 5 (1) 7 1/2 HP = 7.5 (1) 10 HP = 10 (1) 15 HP = 15 (3) 20 HP = 20 (1) 30 HP = 30 (1) 50 HP = 50 (2) 75 HP = 150 (1) 100 HP = 100.	(2) 30 KVA = 60 (1) 20 KVA = 20 (1) 15 KVA = 15	TA - 01 = 30 KW TA - 02 = 20 KW TA - 03 = 45 KW TA - 04 = 20 KW	(1) 10 TON = 10 (2) 10 TON = 10
TOTAL 469.5 HP	TOTAL 95 KVA	TOTAL 115 KVA	TOTAL 20 TON.

El cálculo del calibre de los conductores según algunas normas debe estar entre el calibre # 12 y el 500 MCM.

El mínimo calibre en cobre (Cu) para el sistema de tierras es el 4/ 0 AWG.

NOTA: Los cálculos de las protecciones utilizadas en los motores se harán en base a la tablilla para motores de SQUARED COMPANY.

NOTA: Los conductores y la tubería se calcularán con las tablas de CONDUMEX.

### CALCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.

Para hacer el cálculo de la potencia del transformador, primeramente debemos de considerar de que tipo de industria o comercio se trata, ya que parte de ello depende de la potencia calculada.

NOTA: Si no se conoce la industria o comercio, el factor de demanda puede ser calculado mediante las fórmulas de la tabla 10, o bien considerarlo para diseño igual a 0.8.

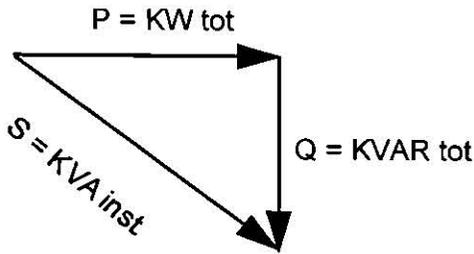
Tenemos entonces que:

$$\text{KVA. transf.} = (\text{KVA. inst.}) (\text{F.D}) + 20 \text{ AL } 30 \% \text{ KV.}$$

Donde:

F.D = Factor de demanda (tabla 10)

KVA. inst. = Se obtiene del triángulo de potencias totales.



FP = Factor de potencia  
 =  $\cos B$   
 $FP = P / S = \text{Pot. real} / \text{Pot. aparente}$

Por lo tanto:

$$\text{KVA. inst.} = \sqrt{((\text{KW tot.})^2 + (\text{KVAR tot.})^2)}$$

A continuación se dan los valores del diseño del factor de potencia para:

- Máquinas de soldar .....FP = 0.6
- Motores .....FP = 0.85
- Aire acondicionado .....FP = 0.85
- Tableros de alumbrado .....FP = 0.9

**MOTORES:** Considerando que 1 HP = 1 KVA, por lo tanto tenemos que:

$$469.56 \text{ HP} = 469.5 \text{ KVA}$$

$$\text{HP} = 0.85$$

$$\text{Cos } B = \text{FP} = \text{KW} / \text{KVA}$$

Por lo tanto:

$$\text{KW} = (469.5 \text{ KVA}) (0.85)$$

$$= 399.07 \text{ KW.}$$

$$B = 31.78^\circ$$

$$\text{Sen } B = \text{KVAR} / \text{KVA}$$

$$\text{KVAR} = (469.5 \text{ KVA}) \text{ Sen } (31.78)$$

$$= 247.32 \text{ KVAR.}$$

**MÁQUINAS DE SOLDAR:**

$$95 \text{ KVA, } \text{FP} = 0.6, \quad B = 53.13$$

$$\text{Cos } B = \text{KW} / \text{KVA}$$

$$\text{KW} = (95 \text{ KVA}) (0.6)$$

$$= 57 \text{ KW.}$$

$$\text{Sen } B = \text{KVAR} / \text{KVA.}$$

$$\text{KVAR} = (95 \text{ KVA}) \text{ Sen } (53.13)$$

$$= 76 \text{ KVAR.}$$

**AIRE ACONDICIONADO:** Considerando que 1 TON = 1900 Watts.

Tenemos entonces que:

$$20 \text{ TONS (1.9 KW / TON)} = 38 \text{ KW}$$

$$\text{FP} = 0.85$$

$$B = 31.78^\circ$$

$$\text{Tan } B = \text{KVAR} / \text{KVA}$$

$$\text{KVAR} = (38 \text{ KW}) \text{ Tan } (31.78)$$

$$= 23.55 \text{ KVAR}$$

### **TABLEROS DE ALUMBRADO:**

$$115 \text{ KW}$$

$$\text{FP} = 0.9$$

$$B = 25.84^\circ$$

$$\text{Tan } B = \text{KVAR} / \text{KW}$$

$$\text{KVAR} = (15 \text{ KW}) \text{ Tan } (25.84^\circ)$$

$$= 55.69$$

$$\text{KW TOT.} = 399.07 + 57 + 38 + 115 = 609.07 \text{ KW.}$$

$$\text{KVAR TOT.} = 247.32 + 76 + 23.55 + 55.69 = 402.56 \text{ KVAR.}$$

$$\text{FP} = \text{Tan}^{-1} (\text{KVAR} / \text{KW}) = \text{Tan}^{-1} (402.56 / 609.07) = \text{Tan}^{-1} (0.66)$$

$$\text{FP} = 33.46^\circ$$

$$\text{KVA} = \sqrt{(609.07)^2 + (402.56)^2} = 730.08 \text{ KVA inst.}$$

$$\text{KVA transf.} = (730.08 \text{ KVA}) (0.7) + (0.25) (730.08)$$

$$\text{KVA transf.} = 693.58 \text{ KVA.}$$

Con esta potencia nos vamos a la tabla # 11 y observamos la capacidad de transformadores de distribución y para este caso escogeremos un transformador de 750 KVA.

### **6.2.2. CALCULO DE PROTECCIONES Y CABLES EN ALTA TENSION.**

$$\text{In. TAT} = (\text{KVA transf.}) / \sqrt{3} (\text{KV}) = (750 \text{ KVA}) / \sqrt{3} (13.2) = 32.8 \text{ amper.}$$

$$\text{I del listón} = (200\%) (\text{In TAT}).$$

$$= (2) (32.8 \text{ amper}).$$

$$= 65.6 \text{ amper.}$$

\* Se seleccionan 3 cortocircuitos fusibles de 15 KVA con listones de 65 amper continuos tipo "K", número 265065 (tabla # 1), en 3 cuchillas porta fusibles de 100 amperes.

**APARTARRAYOS:**

NOTA: Para determinar los apartarrayos se escoge el 85 % del voltaje de entrada, es decir:

$$KV = (85\%)(KV \text{ ENTRADA})$$

$$KV = (0.85) (13.2)$$

$$KV = 11.22$$

\* Se seleccionan 3 apartarrayos de 12 kv ( tipo AR-12) de la tabla # 2.

**6.2.3. CALCULO DE PROTECCIONES EN CABLES Y TUBERÍA EN BAJA TENSIÓN.**

$$In \text{ TBT} = (KVA \text{ transf.}) / \sqrt{3} (KV) = (750 \text{ KVA}) / \sqrt{3} (13.2) = 984.12 \text{ amper.}$$

$$Ip/prot. = 1.25 In \text{ TBT:}$$

$$Ip/prot. = 1.25 (984.12 \text{ amper}) = 1230.15 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 1200}{2000}$$

Interruptor termomagnético de 1200 amper trifásico tipo PHF 361200.

**6.2.4 CALCULO DEL CABLE DEL TRANSFORMADOR.**

$$Ip/\text{cable del transf.} = 1.25 (In \text{ TBT}) = (1.25) (984.12) = 1230.15 \text{ amper.}$$

$$Ip/\text{cable total} = \frac{Ip/\text{cable del transf.}}{(\text{Fact. temp})(\text{fac. agru})} = \frac{1230.15 \text{ amper}}{(0.88) (1)} = 1397.89 \text{ amper.}$$

NOTA: Considerando un conductor tipo THW o THWN a 75 °C, como temperatura máxima que resiste el aislamiento.

$$\frac{Ip/\text{cable total}}{\# \text{ cond. x fase a utilizar}} = \frac{1397.89}{4} = 349.47 \text{ amper.}$$

Por lo tanto se utilizarán 4 conductores por fase de 400 MCM, THW a 75 °C y el diámetro de los tubos que llevarán a estos cables serán de 76 mm o 3 pulgadas. (Se tenderán 12 conductores en 3 tubos: 4 conductores por cada tubo).

## PROTECCIÓN DE LA SECCIÓN “A”.

### INTERRUPTOR PRINCIPAL.

NOTA: Considerando 1 HP = 1 KVA.

Máquinas de soldar.....	95.0 KVA.
Motores de inducción .....	148.5 KVA.
Tableros de alumbrado KVA = KW / FP .....	127.78 KVA.
	371.28 KVA tot.

$$I_n = \text{KVA tot.} / \sqrt{3} \text{ (kv)} = 371.28 / \sqrt{3} \text{ (0.44)} = 487.17 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 I_n = 1.25 (487.17) = 608.97 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 700}{1000} \quad \text{Interruptor termomagnético de 700 amper trifásico, tipo MHL 36700}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 I_n = 1.25 (487.17) = 608.97 \text{ amper.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75 °C en la tabla # 6, se dividirá esta entre el número de conductores a utilizar.

$$608.97 / 2 = 304.48.$$

Por lo tanto:

6 # 350-101      6 conductores THW calibre # 350 MCM en 1 tubo conduit de 102 mm o 4”

## PROTECCIÓN DE LA SECCION "B"

### INTERRUPTOR PRINCIPAL

Aire acondicionado = ( 20 TON. ) ( 1.9 KW/TON. ) = 38 KW

$$KVA = KW / FP = 38 KW / 0.85 = 44.70 KVA$$

Aire acondicionado.....	44.70 KVA
Motores de inducción .....	321.00 KVA

---

365.7 KVA tot.

$$I_n = KVA \text{ tot.} / \sqrt{3} \text{ (KV)} = 365.7 / \sqrt{3} \text{ (0.44)} = 479.86 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 ( I_n ) = 1.25 ( 479.86 ) = 599.83 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 600}{1000}$  Interruptor termomagnético de 600 amper trifásico, tipo MHL 36600.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 ( I_n ) = 1.25 ( 479.86 ) = 599.83 \text{ amper.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75 °C en la tabla # 6, se dividirá ésta entre el número de conductores a utilizar.

$$599.83 / 2 = 299.91 \text{ amper.}$$

por lo tanto:

6 # 350 - 101      6 conductores THW cal. # 350 MCM en un tubo conduit de 89 mm ó 3 1/2 pulg.

### MOTORES DE 3 HP.

$I_n = 5$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 15$  amper

$\frac{3 \times 15}{100}$  Interruptor termomagnético de 15 amper trifásico tipo FAL 36015.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 ( 5 ) = 6.25 \text{ amper.}$$

3 # 14 - 13      3 conductores THW cal.# 14 en 1 tubo conduit de 13 mm o 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 0, nema 1, tipo BG - 2, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 6.90.

**MOTORES DE 5 HP.**

$I_n = 7.9$  amper.

$I_{p/prot.} = 15$  amper

$\frac{3 \times 15}{100}$  Interruptor termomagnético de 15 amper trifásico, tipo FAL 36015.

$I_{p/cable} = 1.25 (5) = 9.87$  amper.

3 # 14 -13      3 conductores THW cal.# 14 en 1 tubo conduit de 13 mm ó 1/ 2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 0, nema 1, tipo BG - 2, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 11.5

**MOTORES DE 7 1/2 HP.**

$I_n = 11$  amp.

$I_{p/prot.} = 20$  amper.

$\frac{3 \times 20}{100}$  Interruptor termomagnético de 20 amper trifásico, tipo FAL 36020.

$I_{p/cable} = 1.25 (5) = 13.75$  amper.

3 # 12 - 13      3 conductores THW cal. # 14 en 1 tubo conduit de 13 mm ó 1/ 2 in.

**Arrancador .**

Arrancador de 3 polos, tamaño 1, NEMA 1, tipo CG - 3, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 17.5.

**MOTORES DE 10 HP.**

$I_n = 15$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 30$  amper.

$\frac{3 \times 30}{100}$  Interruptor termomagnético de 30 amper trifásico, tipo FAL 36030.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (15) = 18.75$  amper.

3 # 10 - 13 conductores THW cal. # 12 en 1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos; tamaño 1, tipo CG - 3, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 25.0

**MOTORES DE 15 HP.**

$I_n = 22$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 40$  amper.

$\frac{3 \times 40}{100}$  Interruptor termomagnético de 40 amper trifásico, tipo FAL 36040.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (22) = 27.5$  amper.

3 # 8 - 13 3 conductores THW cal. # 10 en un tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 2, NEMA 1, tipo DG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 30.0

**MOTORES DE 20 HP.**

$I_n = 28$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 60$  amper.

$\frac{3 \times 60}{100}$  Interruptor termomagnético de 60 amper trifásico, tipo FAL 36060.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (28) = 35$  amper.

3 # 8 - 19                    3 conductores THW cal. # 8 en 1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 2, NEMA 1, tipo DG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 40.0

**MOTORES DE 30 HP.**

$I_n = 42$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 80$  amper.

$\frac{3 \times 80}{100}$  Interruptor termomagnético de 80 amper trifásico, tipo FAL 36070.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (42) = 52.5$  amper.

3 # 6 - 25                    3 conductores THW cal. # 6 en un tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 3, NEMA 1, Tipo EG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

C 58.0

**MOTORES DE 50 HP.**

$I_n = 68$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 100$  amper.

$\frac{3 \times 100}{100}$  Interruptor termomagnético de 100 amper trifásico, tipo FAL 36100.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (68) = 85$  amper.

3 # 4 - 25 3 conductores THW cal. # 4 en 1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 3, NEMA 1, tipo EG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

C 90.0

**MOTORES DE 75 HP.**

$I_n = 100$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 125$  amper.

$\frac{3 \times 125}{225}$  Interruptor termomagnético de 125 amper trifásico, tipo KAL 36150.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (100) = 125$  amper.

3 # 1/0 - 38 3 conductores THW cal. # 1/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 4, NEMA 1, tipo FG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

CC 156.

**MOTORES DE 100 HP.**

$I_n = 130$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 200$  amper.

$\frac{3 \times 200}{225}$  Interruptor termomagnético de 200 amper trifásico, tipo FAL 36200.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (130) = 162.5$  amper.

3 # 2 / 0 - 38 3 conductores THW cal. # 2 / 0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1.5 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 4, NEMA 1, tipo FG - 1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

CC 180.

**MÁQUINAS DE SOLDAR.****MÁQUINA DE 15 KVA.**

$I_n = \text{KVA} / (3) (\text{KV}) = 15 \text{ KVA} / (3) (0.44) = 19.68$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 2.5 I_n = 2.5 (19.68) = 49.2$  amper.

$\frac{3 \times 50}{100}$  Interruptor termomagnético de 50 amper trifásico, tipo FAL 36050.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (19.68) = 24.6$  amper.

3 # 10 - 13 3 conductores THW cal. # 10 en 1 tubo conduit de 13mm ó 1/2 in.

**MÁQUINA DE 20 KVA.**

$I_n = \text{KVA} / (3)(\text{KV}) = 20 / (3)(0.44) = 26.24$  amper.

$I_p/\text{prot.} = 2.5 I_n = 2.5(26.24) = 65.6$  amper

$\frac{3 \times 70}{100}$  Interruptor termomagnético de 70 amper trifásico, tipo FAL 36070.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (26.24) = 32.8$  amper.

3 # 8 - 19 3 conductores THW cal. # 8 en un tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**MÁQUINA DE 30 KVA.**

$$I_n = \text{KVA} / (3) (\text{KV}) = 30\text{KVA} / (3) (0.44) = 39.36 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 2.5 I_n = 2.5 (39.36) = 98.41 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 100}{100} \quad \text{Interruptor termomagnético de 100 amper trifásico, tipo FAL 36100.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (39.36) = 49.2 \text{ amper.}$$

$$3 \# 6 - 25 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 4 en un tubo conduit de 25 mm ó 1 in.}$$

**TABLEROS DE ALUMBRADO.****TABLERO DE 20 KW.**

$$I_n = \text{KW} / (3) (\text{KV}) \text{FP} = 20 \text{ KW} / (3) (0.22) (0.9) = 58.39 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 I_n = 1.25 I_n = 1.25 (58.39) = 72.9 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 100}{100} \quad \text{Interruptor termomagnético de 100 amper trifásico, tipo FAL 36100.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (58.39) = 72.9 \text{ amper.}$$

$$3 \# 4 - 25 \quad \# \text{ conductores THW cal. \# 4 en 1 yubo conduit de 25 mm ó 1 in.}$$

**TABLERO DE 30 KW.**

$$I_n = \text{kw} / (3)(\text{KV})(\text{FP}) = 30 \text{ KW} / (3) (0.22) (0.9) = 87.48 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 I_n = 1.25 (87.48) = 109.34$$

$$\frac{3 \times 125}{225} \quad \text{Interruptor termomagnético de 125 amper trifásico, tipo KAL 36125.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (87.48) = 109.34 \text{ amper.}$$

$$3 \# 2 - 32 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 2 en 1 tubo conduit de 32 mm ó 1 1/4 in.}$$

**TABLERO DE 45 KW .**

$$I_n = KW / (3)(KV)(FP) = 45 KW / (3)(0.22)(0.9) = 131.21 \text{ amper.}$$

$$I_{p/\text{prot.}} = 1.25 I_n = 1.25 (131.21) = 164.02 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 175}{225} \quad \text{Interruptor termomagnético de 175 amper trifásico tipo KAL 36175.}$$

$$I_{p/\text{cable}} = 1.25 (131.21) = 164.02 \text{ amper.}$$

$$3 \# 2/0 - 38 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 2/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in}$$

**CALCULO DE LOS TRANSFORMADORES PARA LOS TABLEROS DE ALUMBRADO.****TABLEROS DE 45 KW.**

$$KVA = KW / FP = 45 / 0.9 = 50.0$$

NOTA: Como este valor de KVA no es comercial, se escogerá de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escogerán 2 transformadores de 30 KVA.

**TABLERO DE 30 KW.**

$$KVA = KW / FP = 30 / 0.9 = 33.33$$

NOTA: Al igual que el anterior se escoge de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escoge un transformador de 45 KVA.

**TABLERO DE 20 KW.**

$$KVA = KW / FP = 20 / 0.9 = 22.22$$

NOTA : Al igual que los anteriores se escoge de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escoge 2 transformadores de 30 KVA, uno para cada tablero.

## AIRE ACONDICIONADO.

### AIRE ACONDICIONADO DE 5 TON.

$$1.9 \text{ KW} = 1 \text{ TON.}$$

$$(5 \text{ TON.}) (1.9 \text{ KW} / \text{TON}) = 9.5 \text{ KW.}$$

$$I_n = \text{kW} / (3) (\text{KV}) (\text{FP}) = 9.5 \text{ KW} / (3)(0.44)(0.85) = 14.66 \text{ AMPER.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 (14.66) = 21.99 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 30}{100} \quad \text{Interruptor termomagnético de 30 amper trifásico, tipo FAL 36030.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (14.66) = 18.33 \text{ amper}$$

$$3 \# 12 - 13 \quad 3 \text{ conductores THW cal. 12 en 1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.}$$

### AIRE ACONDICIONADO DE 10 TON.

$$1.9 \text{ KW} = 1 \text{ TON.}$$

$$(10 \text{ TON}) (1.9 \text{ KW} / \text{TON}) = 19 \text{ KW.}$$

$$I_n = \text{KW} / (3) (\text{KV}) (\text{FP}) = 19 \text{ KW} / (3) (0.44) (0.85) = 29.33 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.5 I_n = 1.5 (29.33) = 44 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 50}{100} \quad \text{Interruptor termomagnético de 50 amper trifásico, tipo FAL 36050.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (29.33) = 36.66 \text{ amper.}$$

$$3 \# 8 - 19 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 8 en 1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 i}$$

## 6.2.5. PROTECCION GENERAL DE CADA UNO DE LOS RAMALES.

### RAMAL 1 ( 6 MOTORES DE 3 HP )

$$I_N = 5 \text{ amper.}$$

$$I_p/\text{prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 15 + 5 (5) = 40 \text{ amper.}$$

$$\frac{3 \times 40}{100} \quad \text{Interruptor termomagnético de 40 amper trfásico, tipo FHL 36040.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (I_n \text{ del mayor de los motores}) + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (5) + 5 (5) = 31.25 \text{ amper.}$$

3 # 8 - 19          3 conductores THW cal. # 8 en un tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**RAMAL 2 (MÁQUINAS DE SOLDAR 20, 2 - 30, Y 15 KVA).**

$$I_n = 2.5 (I_n \text{ mayor de las máquinas}) + \sum I_n \text{ de los demás máquinas.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 2.5 (39.36) + (26.24 + 26.24 + 19.68) = 170.5 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 175}{225}$           Interruptor termomagnético de 175 amper trifásico; tipo KHL 36175.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (I_n \text{ mayor de las máquinas de soldar} + \sum I_n \text{ de las demás máquinas de soldar.})$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (39.36) + (26.24 + 26.24 + 19.68) = 121.36 \text{ amper.}$$

3 # 1/0 - 38          3 conductores THW cal. # 1/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.

**RAMAL 3 (MOTORES DE 5, 10 Y 20 HP).**

$$I_p/\text{prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 60 + (15 + 7.9) = 82.9 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 100}{100}$           Interuptor termomagnético de 100 amper trifásico, tipo FHL 36100.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (I_n \text{ del mayor de los motores}) + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (28) + (15 + 7.9) = 57.9 \text{ amper.}$$

3 # 6 - 25          3 conductores THW cal. # 6 en 1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**RAMAL 4 (TABLEROS DE ALUMBRADO).**

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 (I_n \text{ mayor de los tableros}) + \sum I_n \text{ de los demás tableros.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 (131.21) + (87.48 + 58.32 + 58.32) = 368.13 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 400}{400}$           Interruptor termomagnético de 400 amper trifásico, tipo LHL 36400.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (131.21) + (87.48 + 58.32 + 58.32) = 368.13 \text{ amper.}$$

3 # 500 - 76          3 conductores THW cal. # 500 MCM en 1 tubo conduit de 76 mm ó 3 in.

**RAMAL 5 ( MOTORES 3 - 7 1/2, 15 , 2 - 20 , 30 HP ).**

$I_p/\text{prot.} = \text{prot. del mayor de los motores} + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_p/\text{prot.} = 80 + (28 + 28 + 22 + 11 + 5) = 174 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 175}{225}$  Interruptor termomagnético de 175 amper trifásico, tipo KHL 36175.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (\text{In del mayor de los motores}) + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (42) + (28 + 28 + 22 + 11 + 5) = 146.5 \text{ amper.}$$

3 # 1/0 - 38      3 conductores THW cal. # 1/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.

**RAMAL 6 (MOTORES DE 3 HP) .**

$I_n = 5 \text{ amper.}$

$I_p/\text{prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_p/\text{prot.} = 15 + 6 (5) = 45 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 50}{100}$  Interruptor termomagnético de 50 amper trifásico, tipo FHL 36050

$I_p/\text{cable} = 1.25 (\text{In mayor de los motores}) + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (5) + 6 (5) = 36.25 \text{ amper.}$$

3 # 8 - 19      3 conductores THW cal. # 8 en 1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**RAMAL 7 ( AIRE ACONDICIONADO ) .**

$I_p/\text{prot.} = 1.5 (\text{In mayor de los aires acondicionados}) + \sum I_n \text{ de los demás aires acondicionados.}$

$$I_p/\text{prot.} = 1.5 (29.33) + (14.66 + 16.66) = 73.15 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 100}{100}$  Interruptor termomagnético de 100 amper trifásico, tipo FHL 36100.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (\text{In del mayor de aires acondicionados}) + \sum I_n \text{ de los demás aires acondicionados.}$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (29.33) + (14.66 + 14.66) = 65.98 \text{ amper.}$$

3 # 4 - 25      3 conductores THW cal. # 4 en 1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**RAMAL 8 ( MOTORES DE 50, 2 - 75 Y 100 HP).**

$I_{p/prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_{p/prot.} = 200 + ( 100 + 100 + 68 ) = 468 \text{ amper.}$$

$\frac{3 \times 500}{1000}$  Interruptor termomagnético de 500 amper trifásico, tipo MHL 36500.

$I_{p/cable} = 1.25 (I_n \text{ mayor de los motores}) + \sum I_n \text{ de los demás motores.}$

$$I_{p/cable} = 1.25 ( 130 ) + ( 100 + 100 + 68 ) = 430.5 \text{ amper.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75°C en la tabla # 6, se dividirá esta entre el número de conductores a utilizar.

$$430.5 / 2 = 215.25 \text{ amper.}$$

por lo tanto:

6 # 4/0 - 76                      6 conductores THW cal. # 4/0 en 1 tubo conduit de 76 mm ó 3 in.

**6.2.6. SISTEMAS DE TIERRAS.****MATERIAL UTILIZADO.**

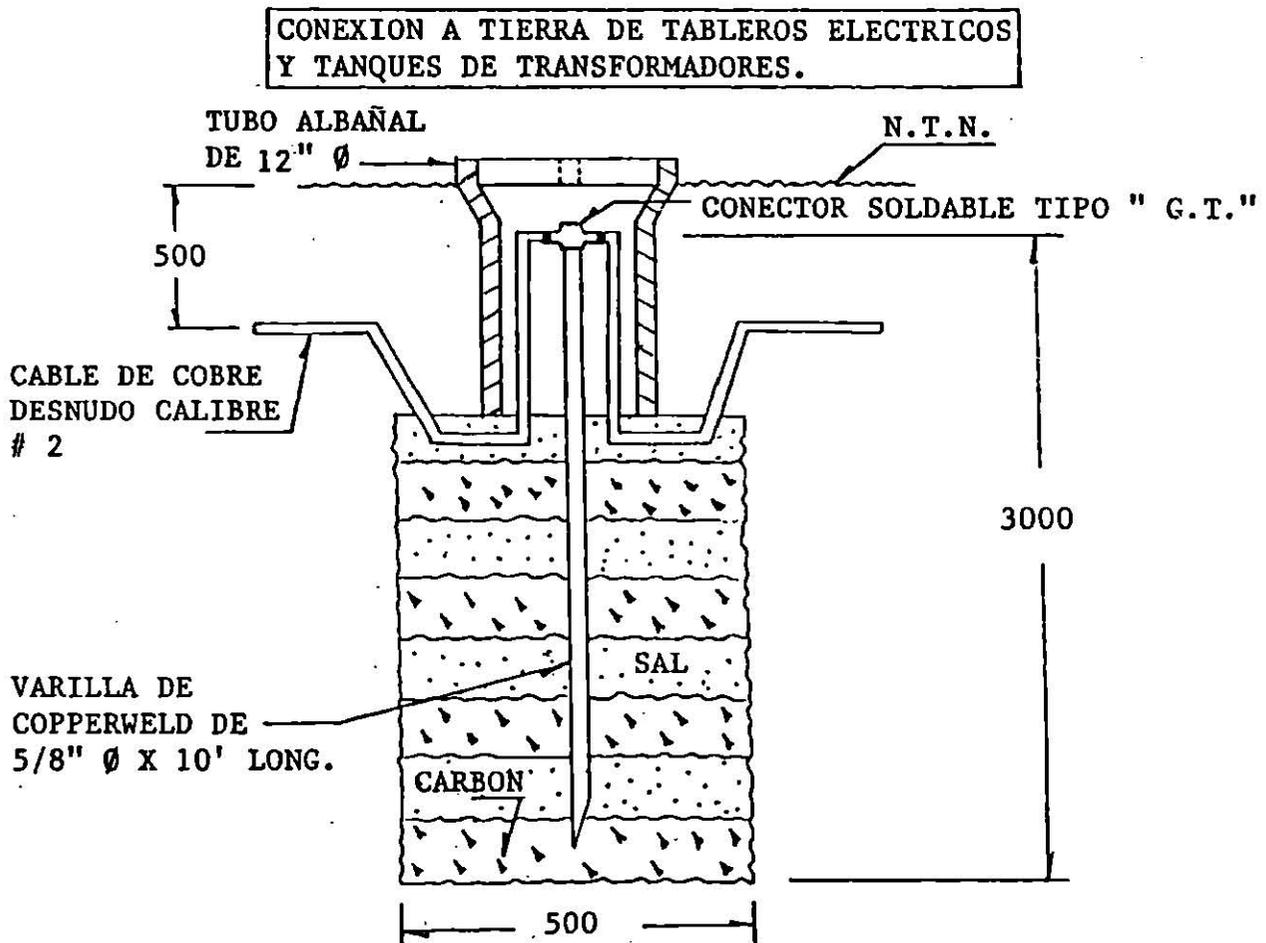
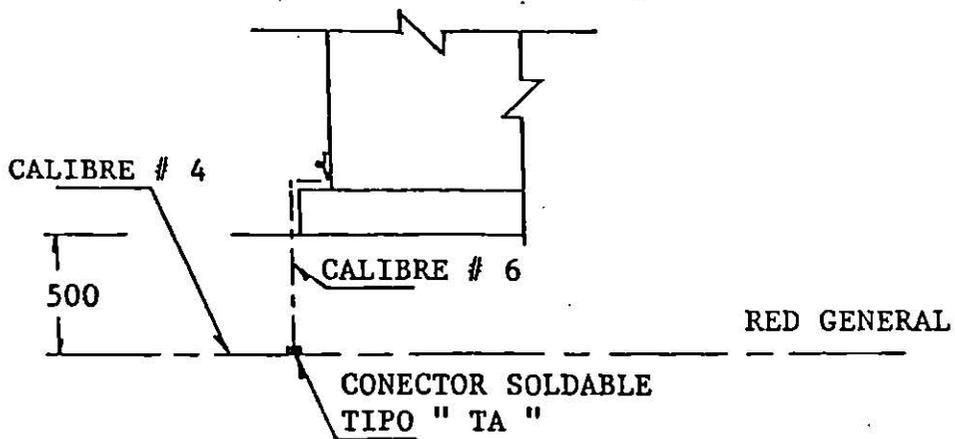
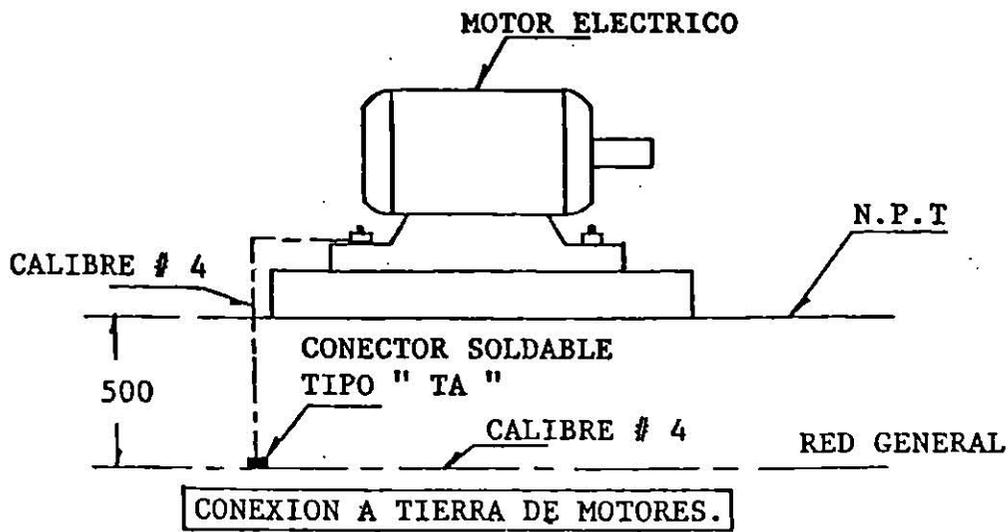
- 1.- Conductor a tierra.
- 2.- Cable de cobre suave no menor de 2/0 AWG, hasta 15 KV.
- 3.- Para grandes subestaciones ( 20,000KVA ó mas ) usa cable 4/0 AWG.

**MATERIAL PARA ELECTRODO.**

- 1.- Tubo galvanizado de 25 mm de diámetro por 2 metros.
- 2.- Varilla de cobre acero coperwelld de 16 mm de diámetro por 3 metros de largo .
- 3.- Resistencia de tierra no mayores de 20 ohms.

**NÚMEROS DE ELECTRODOS.**

- Para subestaciones pequeñas, 2 electrodos.
- Para subestaciones mayores de 1500 KVA, se colocan 20 electrodos.
- O por cada 15 metros cuadrado se colocan un electrodo.

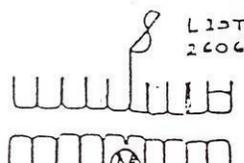


C.F.E. 13.2 KV

APARTARRAYOS 12 KV

L120N FUSIBLE 24065

13.2 KV  
13.8 KV  
0.41 KV  
0.254 KV



TRANSF. 750KVA 3Ø, Z=5.75

EQUIPO DE MEDICION

3X1200  
2.000  
12#400MCM-76

3X700  
1000

6#350-4"

3X600  
1000

6#350-4"

3X175  
225

3#1/2-38

3X100  
100

3#6-25

3X400  
400

3#500MCM-76

3X50  
100

3#8-19

3X100  
100

3#4-25

3X500  
1000

6#4/0-76

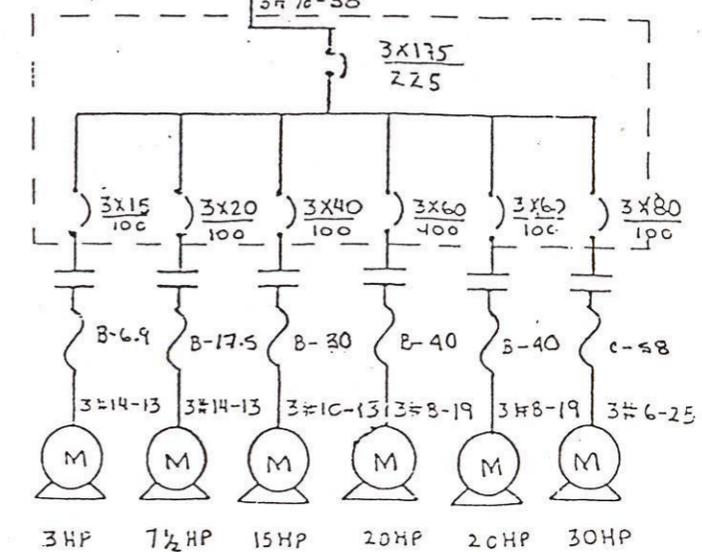
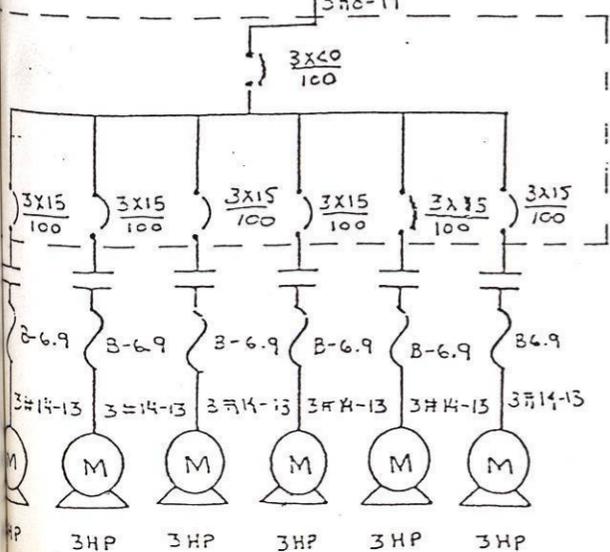
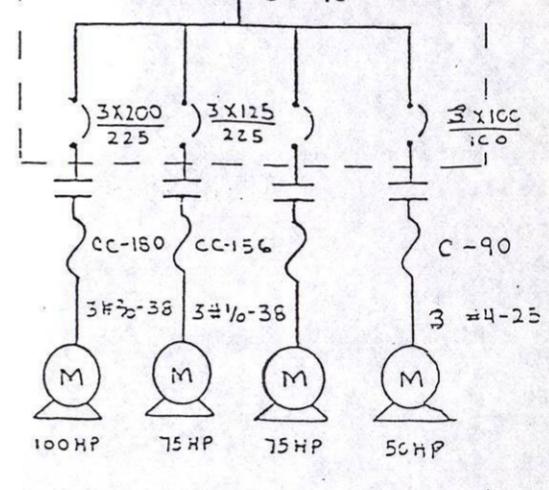
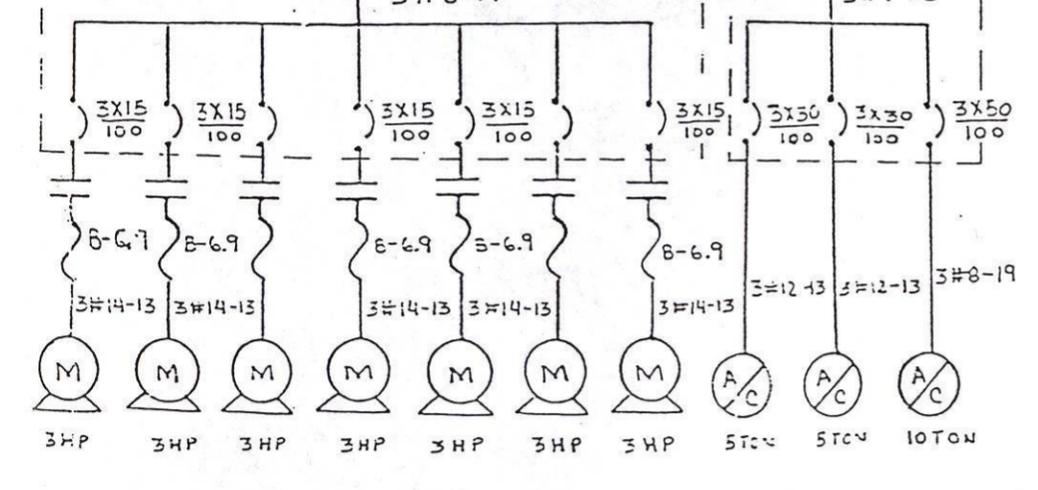
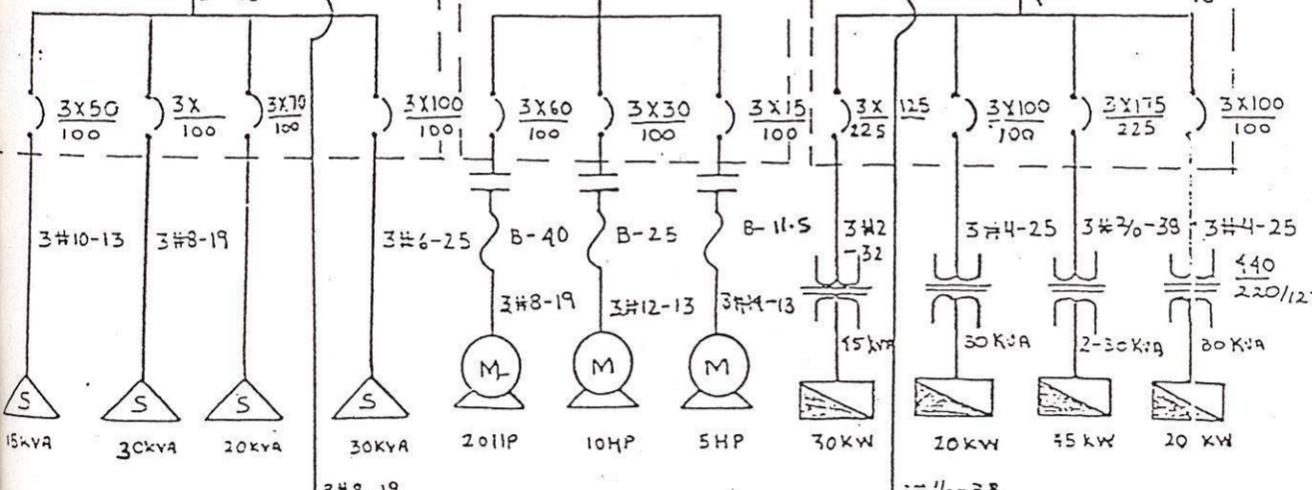


DIAGRAMA UNIFILAR

# TABLAS

SEPARACION MINIMA EN MILIMETROS ENTRE CENTROS DE CONDUITS VISIBLES

C	13 (1/2)"	19 (3/4)"	25 (1)"	31 (1 1/4)"	38 (1 1/2)"	51 (2)"	63 (2 1/2)"	76 (3)"	88 (3 1/2)"	101 (4)"	114 (4 1/2)"	127 (5)"	152 (6)"
13	35												
19	38	41											
25	44	47	50										
31	50	54	57	63									
38	54	57	60	67	73								
51	60	63	69	76	79	86							
63	67	69	75	83	85	92	102						
76	76	79	85	92	95	102	111	121					
89	85	88	92	98	102	111	118	127	137				
101	95	98	102	108	114	121	127	137	143	152			
114	102	105	108	114	121	127	133	145	152	159	165		
127	111	114	118	124	127	137	143	152	159	162	178	184	
152	127	130	133	139	143	152	159	168	178	184	194	203	219

Tabla #1

ESLABONES FUSIBLES

S & C ELECTRIC COMPANY

Velocidad de fusión ..... Estándar o "K".

AMPERES NOMINALES	TIPO UNIVERSAL	
	VELOCIDAD	
	"STD"	"K"
1 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	64055	265055
80	64080	265080
100	64100	265100
125	64125	
140		265140
150	64150	
200	64200	265200

FUSIBLES DE DISTRIBUCION

MARCA S & C

CAPACIDADES EN AMPERES COMERCIALES PARA PROTECTORES DE TRANSFORMADORES TRANSFORMADORES MONOFASICOS

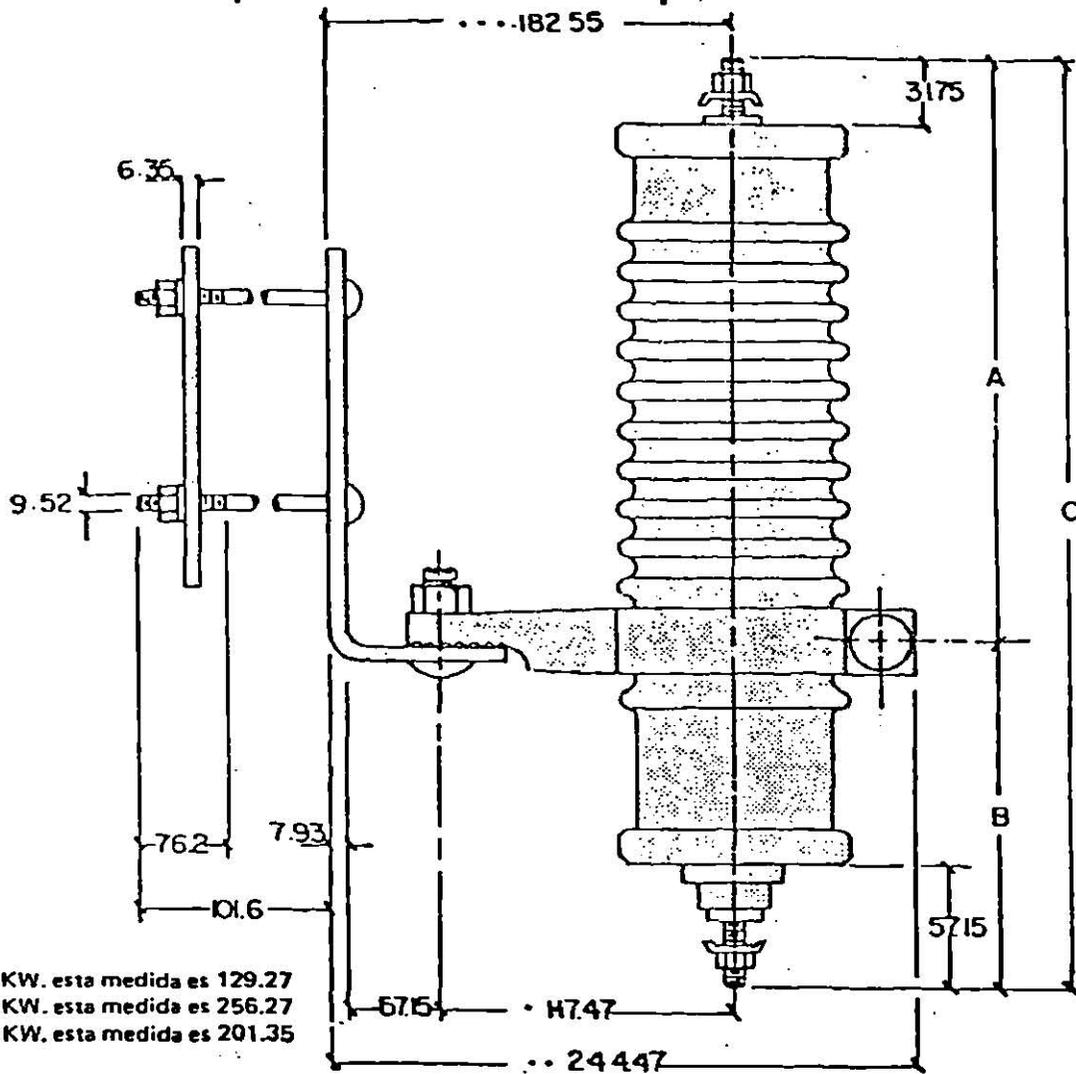
KVA	VOLTAJE PRIMARIO												
	2400	4800	7200	9600	14400	19200	24000	36000	48000	72000	96000	144000	
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2	37 1/2
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

KVA	VOLTAJE PRIMARIO												
	2400	4800	7200	9600	14400	19200	24000	36000	48000	72000	96000	144000	
5	2	3	1 1/2	3	1	1 1/2	3	1 1/2	1	1	1 1/2	1	1
7 1/2	3	5	2	3	1 1/2	2	3	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
10	5	5	3	5	2	3	2	2	2	2	2	2	2
15	7	7	5	5	3	5	2	2	2	2	2	2	2
20	10	10	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25	15	15	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7
30	15	15	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7
37 1/2	15	15	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7
50	20	20	15	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
75	30	30	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15
100	40	40	25	25	15	15	15	15	15	15	15	15	15
150	60	60	35	35	20	20	20	20	20	20	20	20	20
200	80	80	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	30
250	100	100	60	60	35	35	35	35	35	35	35	35	35
300	125	125	75	75	40	40	40	40	40	40	40	40	40
400	160	160	100	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50
500	200	200	125	125	60	60	60	60	60	60	60	60	60

NOTA:  
 1.- Los valores indicados en la columna de la izquierda, en cada voltaje se agregan a las normas N.E.S. comunes de E. U. A. los de la columna de la derecha son valores comerciales a partir de un factor de asimétrico de 1.0.  
 2.- El uso de los fusibles de la capacidad mínima indicado asegura la protección máxima del transformador contra fallas en el secundario próximas a él.  
 3.- El elemento fusible de los fusibles S & C es de plata por lo que no se dañan por la corrosión atmosférica, vibraciones o traspaso de sobrecorrientes tolerables. En consecuencia no es necesario sustituir los fusibles ni fundidos en una instalación monofásica o trifásica cuando uno o dos de los fusibles se han fundido.  
 Para casos especiales de coordinación, protección contra sobrecargas, operación remota, etc. consulte su caso con nuestro departamento especializado en protección de circuitos de alta tensión, sin costo alguno.

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



apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 129.27  
 apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 256.27  
 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	7.5
AR-30	30	45	79	115	99	468.10	301.51	769.68	9.3

NOTA: El peso del apartarrayos es neto

# Cortacircuitos fusible descubierto clase distribución para 100 amp.

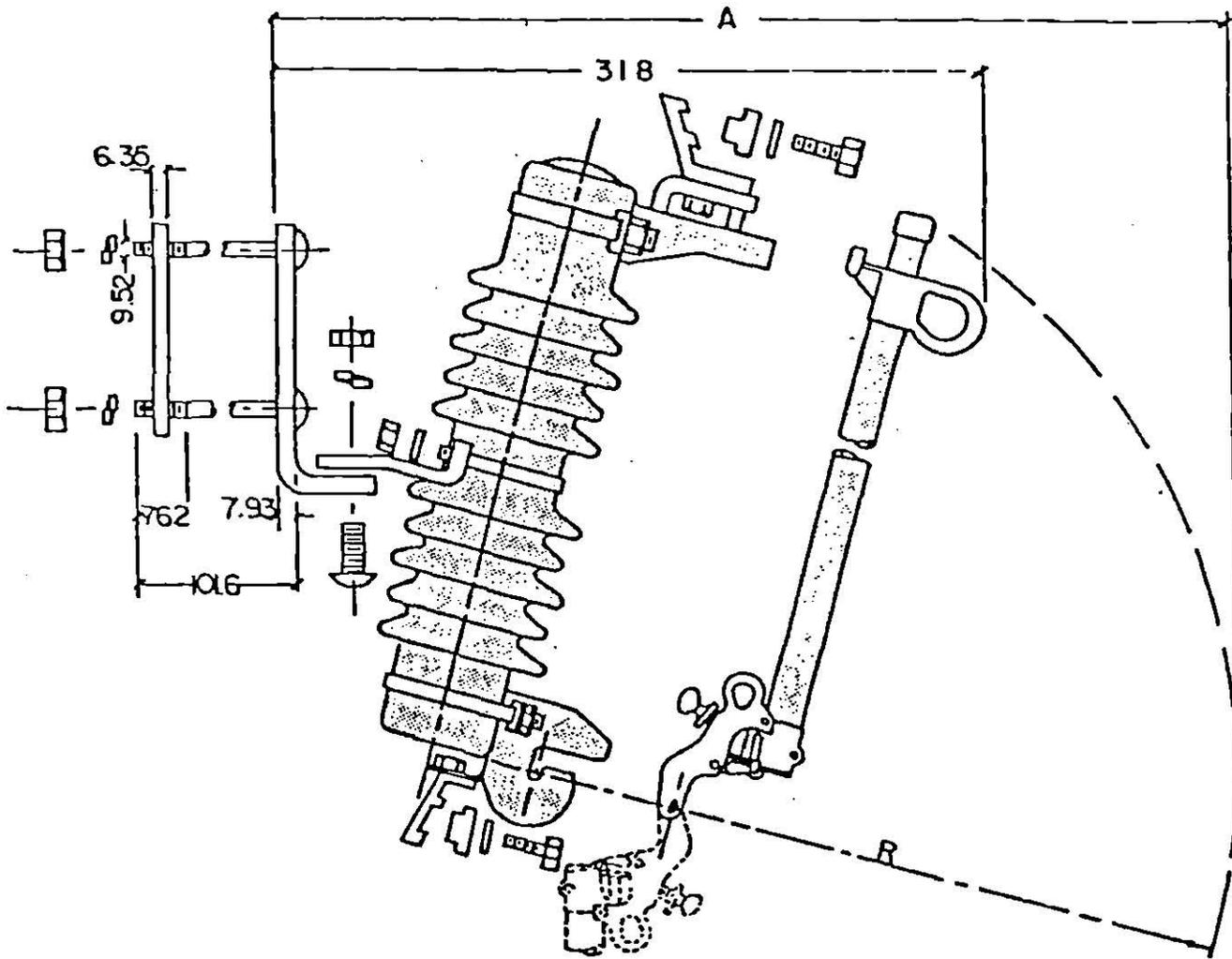


Tabla #3

CATEGORÍA	VOLTAJE MAXIMO (KV.)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV.)	CORRIENTE CONTINUA (AMP.)	RANGO DE INTERRUCCION AMP.		TAPON	A	R	PESO KG.
				SIMETRICOS	ASIMETRICOS				
15/15	15	95	100	5600	8000	NO EXPANSIBLE	638	320	9
15/27	27	125	100	4000	6000	NO EXPANSIBLE	698	470	10
15/34.5	38	150	100	1300	2000	NO EXPANSIBLE	778	580	11.2

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE \*

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	—
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	—
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	—
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	—
56 - 60	—	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61 - 70	—	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71 - 80	—	—	0.30	0.41	0.61	0.68	0.84
81 - 90	—	—	—	—	0.50	0.61	0.80
91 - 100	—	—	—	—	—	0.51	0.77
101 - 120	—	—	—	—	—	—	0.69
121 - 140	—	—	—	—	—	—	0.59

\* Para ampacidades a temperatura ambiente de 30 °C

TABLA 302.4-B

TABLA #4

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(SEGUN NIE-81)

Número de Conductores	Factor
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y más	0.50

TABLA #5

TABLA 302.4-A

Nota estos factores se aplican en el caso de ser todos conductores para alumbrado o fuerza. Los conductores neutro que transportan tan sólo la corriente de desequilibrio de otros conductores o tierras no se toman en cuenta para los factores de corrección por agrupamiento (Según NIE-81).

Factores de corrección por variación en la temperatura ambiente

Cables directamente enterrados o en ductos subterráneos

Máxima temperatura del conductor (°C)	Temperatura del terreno (°C)				
	15	20	25	30	35
60	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85
75	1.10	1.05	1.00	0.95	0.88
80	1.09	1.04	1.00	0.96	0.90
90	1.07	1.03	1.00	0.97	0.92

Cables instalados al aire

Máxima temperatura del conductor (°C)	temperatura ambiente (°C)							
	15	20	25	30	35	40	45	50
60	1.50	1.41	1.32	1.22	1.12	1.00	0.87	0.71
75	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85
80	1.27	1.22	1.17	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87
90	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN CHAROLAS

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



Ej. 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS (AMPERES) \*

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipo	THWN, RUM, T, TW, TWB, MTW		RHL, RHW, RUL, RHW		P.L.C. V. AN		UL 155, SA, AVB, SS, FEP, THW, RHH, THHN, LGW, EP, XHHW *	
Calibre AWG / MCM	En tubería o cable	Air libre	En tubería o cable	Air libre	En tubería o cable	Air libre	En tubería o cable	Air libre
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	125
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	160	120	170
1	110	165	130	195	140	210	130	210
1/0	125	195	150	220	155	245	155	245
2/0	145	225	175	255	185	285	185	285
3/0	165	260	200	310	210	330	210	330
4/0	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	460	300	460
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	660	490	815	515	860	515	860
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	760	545	935	565	1000	565	1000

\* Datos obtenidos de la NRE-81.  
Tc = 30 °C

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 alojan en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros lomos, 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 diámetro del tubo a utilizar.

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG / KCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUPO (mm)									
		(1/2)	(3/4)	(1)	(1 1/4)	(1 1/2)	(2)	(2 1/2)	(3)	(3 1/2)	(4)
T, TW y THW	14"	9	16	25	45	61	-	-	-	-	-
	12"	8	14	23	39	54	-	-	-	-	-
	10"	7	12	20	35	46	76	-	-	-	-
	12	6	11	17	30	41	55	-	-	-	-
	10"	5	10	15	27	37	61	-	-	-	-
	10	4	8	13	23	32	52	-	-	-	-
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14"	6	10	16	27	40	55	-	-	-	-
	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	51	-	-	-
	10	3	6	9	17	23	39	53	-	-	-
T, TW y THW; RHW y RHH (sin cubierta exterior)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	61
	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	3	5	7	10	13	17
	250	-	-	1	1	2	4	6	8	11	14
	300	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9
	350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8
400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	
500	-	-	-	1	1	1	1	2	4	6	

TABLA # 6

Tabla 403.93  
Corriente a plena carga en amperes de motores de corriente directa

C.P.	Tensión nominal de armadura		
	120 V.	240 V.	500 V.
1/4	3.1	1.6	
1/3	4.1	2.0	
1/2	5.4	2.7	
3/4	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 1/2	13.2	6.6	
2	17.0	8.5	
3	25.0	12.2	
5	40.0	20.0	
7 1/2	58.0	29.0	13.6
10	76.0	38.0	18.0
15		55.0	27.0
20		72.0	34.0
25		89.0	43.0
30		106.0	51.0
40		140.0	67.0
50		173.0	83.0
60		206.0	99.0
75		255.0	123.0
100		341.0	164.0
125		425.0	205.0
150		506.0	246.0
200		675.0	330.0

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

Tabla 403.94  
Corriente a plena carga en amperes de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales 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.

C.P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

Tabla 403.95  
Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

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

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen 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

TABLA # 7

# APARATOS PEQUEÑOS

Calculo de Factores

LUGAR	CARGA RECOMENDADA WATTS / L. A. P.
AMFITEATROS	10
BANCOS	20
UD DELEGAS O ALMACENES	2
CASAS PARA HABITACION	20
CLUBES	20
EDIFICIOS INDUSTRIALES	20
EDIFICIOS DE OFICINAS	20
ESCUELAS	50
GARAGES COMERCIALES	5
HOSPITALES	20
HOTELES, INCLUYENDO CASAS DE APARTAMIENTOS SIN APARATOS ELECTRICOS PARA COCINAR	20
IGLESIAS	5
FELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	30
RESTAURANTES	20
TIENDAS	30

Factor de Demanda =  $\frac{\text{Demanda M\u00e1xima}}{\text{Carga Correcta e Incluir la Carga Actual}}$  (en LVA & LVA)

Factor de Diversidad =  $\frac{\text{Suma de las Demandas M\u00e1ximas Individuales}}{\text{Sistema de la Demanda M\u00e1xima}}$

Factor de Carga =  $\frac{\text{Promedio de Carga en un Per\u00edodo}}{\text{Carga M\u00e1xima en el Mismo Per\u00edodo}}$

Factor de Utilizaci\u00f3n =  $\frac{\text{Demanda M\u00e1xima}}{\text{Potencia Nominal}}$

## Factores de Demanda Aproximadamente Usuales

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado P\u00fablico	1.00	Acetileno (Fz. del)	0.70
Apartamentos	0.35	Armadoras de Autos	0.70
Bancos	0.70	Carrocer\u00edas (Fz. del)	0.65
Bodegas	0.50	Carnes (Temperadoras)	0.80
Casinos	0.65	Cart\u00f3n (Productos del)	0.50
Correos	0.30	Cemento (Fz. del)	0.65
Escuelas	0.70	Cueros (Fz. del)	0.60
Gara\u00f1es	0.60	Dulces (Fz. del)	0.45
Hospitales	0.40	Fabricaci\u00f3n (Fz. del)	0.70
Hotels Chicos	0.50	Galletas (Fz. del)	0.55
Hotels Grandes	0.40	Hielo (Fz. del)	0.60
Iglesias	0.60	Herreros (Fz. del)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jab\u00f3n (Fz. del)	0.60
Oficinas	0.65	L\u00e1mina (Fz. Art\u00edculos)	0.70
Restaurants	0.65	L\u00e1mparas (Mec\u00e1nica)	0.80
Teatros	0.60	Maquinaria (Fz. del)	0.75
Tiendas	0.65	M\u00e1rtillos	0.65
		Marmolera (Fz. del)	0.70
		Mec\u00e1nica (Fz. del)	0.75
		Muebles (Fz. del)	0.65
		Pan (Fz. mec\u00e1nica del)	0.55
		Papel (Fz. del)	0.75
		Perforadoras (Fz. del)	0.75
		Productos (Fz. del)	0.70
		Qu\u00edmica (Fz. del)	0.50
		Refiner\u00eda (Fz. del)	0.60
		Refrigeraci\u00f3n (Fz. del)	0.55
		T\u00e9xtiles (Fz. del)	0.65
		Verduras (Fz. del)	0.45
		Z\u00e9nitas (Fz. del)	0.65

TABLA #10

Interruptor tipo	Usado, en tableros Tipo	Voltaje m\u00e1ximo C.A. o C.D.	No. de Poles	Rango en Amperes	CAPACIDAD INTERRUPTIVA-R.M.S. AMPERES SIM\u00c9TRICOS						Especificaci\u00f3n Federal N.C.375 a.
					Basado sobre la lista de capacidades de UL.						
					VOLTS C.A.		VOLTS C.D.				
QD	QD-NOD	120/240C.A.	1-2	15-30-70	5000						1a
QD	QD-NOD	240C.A.	3	15-50	5000						1b
QD	QD-NOD	240C.A.	2-3	70-100	5000						1c
ATL	IND. A	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2a
ATL	IND. B	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2b
ATL	IND. C	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2c
ATL	IND. D	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2d
ATL	IND. E	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2e
ATL	IND. F	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2f
ATL	IND. G	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2g
ATL	IND. H	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2h
ATL	IND. I	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2i
ATL	IND. J	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2j
ATL	IND. K	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2k
ATL	IND. L	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2l
ATL	IND. M	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2m
ATL	IND. N	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2n
ATL	IND. O	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2o
ATL	IND. P	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2p
ATL	IND. Q	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2q
ATL	IND. R	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2r
ATL	IND. S	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2s
ATL	IND. T	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2t
ATL	IND. U	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2u
ATL	IND. V	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2v
ATL	IND. W	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2w
ATL	IND. X	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2x
ATL	IND. Y	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2y
ATL	IND. Z	240C.A.	1	15-100	10000	5000			5000		2z

## DENSIDAD DE CARGA P/ALGUNAS INDUSTRIAS

TIPO	DENSIDAD WATTS/M2
INDUSTRIA AZUCARERA	160
CANTERAS	135
FAB. TEXTILES	110
FAB. DE CIGARROS	100
FAB. DE APARATOS ELECTRICOS	90
TALLER DE MANTENIMIENTO MECANICO Y DE MODO. HERRAMIENTAS	65
FAB. DE LAMPARAS ELECTRICAS	45
FAB. DE PEQUE\u00d1AS PARTES MECANICAS	30

F.D. se considera como 0.8 cuando no se encuentra el tipo de industria.

TABLA #11

Interruptor de alta capacidad interruptiva - Para interruptores tipo QD de 10000-AGIL, consultar a NORDAL AT\u00c9LIER & Ind. Individual.

### TAMA\u00d1O M\u00cdNIMO DE INTERRUPTOR RECOMENDADO EN SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES SEGUN CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Transformador 3F en KVA y por ciento de impedancia	Voltaje secundario (Volts)	Corriente secundaria m\u00e1xima (Amps.)	Corriente s\u00edncrica total de corto circuito (RMS Amps.) (Combinada)	Interruptor derivado m\u00ednimo o worse	
				Interruptor termomagn\u00e9tico	Interruptor electro-magn\u00e9tico
112	208	312	11000	TIPO-FA	MARCO 223A
130	240	381	17000	TIPO-FA	MARCO 223A
150	240	480	21000	TIPO-FA	MARCO 223A
175	240	624	27000	TIPO-FA	MARCO 223A
200	240	768	33000	TIPO-FA	MARCO 223A
225	240	912	39000	TIPO-FA	MARCO 223A
250	240	1056	45000	TIPO-FA	MARCO 223A
275	240	1200	51000	TIPO-FA	MARCO 223A
300	240	1344	57000	TIPO-FA	MARCO 223A
325	240	1488	63000	TIPO-FA	MARCO 223A
350	240	1632	69000	TIPO-FA	MARCO 223A
375	240	1776	75000	TIPO-FA	MARCO 223A
400	240	1920	81000	TIPO-FA	MARCO 223A
425	240	2064	87000	TIPO-FA	MARCO 223A
450	240	2208	93000	TIPO-FA	MARCO 223A
475	240	2352	99000	TIPO-FA	MARCO 223A
500	240	2496	105000	TIPO-FA	MARCO 223A
525	240	2640	111000	TIPO-FA	MARCO 223A
550	240	2784	117000	TIPO-FA	MARCO 223A
575	240	2928	123000	TIPO-FA	MARCO 223A
600	240	3072	129000	TIPO-FA	MARCO 223A

TABLA # 12

**TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS**

Alta Voltaje Nominal	Baja Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Kilogramos				Total	
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanques y Accesorios	Arreglo			
10000 12000 13000 14000 15000	120/240	10	84	63	18	82	80	38	14	15	14	15
		15	88	67	19	86	84	41	15	16	15	16
		20	92	71	20	90	88	44	16	17	16	17
		25	96	75	21	94	92	47	17	18	17	18
		30	100	79	22	98	96	19	18	19	18	19
		35	104	83	23	102	100	21	19	20	19	20
		40	108	87	24	106	104	22	20	21	20	21
		45	112	91	25	110	108	23	21	22	21	22
		50	116	95	26	114	112	24	22	23	22	23
		55	120	99	27	118	116	25	23	24	23	24
20000 25000	120/240	10	104	81	22	120	100	24	22	22	22	
		15	108	85	23	124	104	25	23	23	23	
		20	112	89	24	128	108	26	24	24	24	
		25	116	93	25	132	112	27	25	25	25	
		30	120	97	26	136	116	28	26	26	26	
		35	124	101	27	140	120	29	27	27	27	
		40	128	105	28	144	124	30	28	28	28	
		45	132	109	29	148	128	31	29	29	29	
		50	136	113	30	152	132	32	30	30	30	
		55	140	117	31	156	136	33	31	31	31	
30000 35000	120/240	10	124	99	24	140	110	26	24	24	24	
		15	128	103	25	144	114	27	25	25	25	
		20	132	107	26	148	118	28	26	26	26	
		25	136	111	27	152	122	29	27	27	27	
		30	140	115	28	156	126	30	28	28	28	
		35	144	119	29	160	130	31	29	29	29	
		40	148	123	30	164	134	32	30	30	30	
		45	152	127	31	168	138	33	31	31	31	
		50	156	131	32	172	142	34	32	32	32	
		55	160	135	33	176	146	35	33	33	33	
40000 45000	120/240	10	140	107	26	156	120	28	26	26	26	
		15	144	111	27	160	124	29	27	27	27	
		20	148	115	28	164	128	30	28	28	28	
		25	152	119	29	168	132	31	29	29	29	
		30	156	123	30	172	136	32	30	30	30	
		35	160	127	31	176	140	33	31	31	31	
		40	164	131	32	180	144	34	32	32	32	
		45	168	135	33	184	148	35	33	33	33	
		50	172	139	34	188	152	36	34	34	34	
		55	176	143	35	192	156	37	35	35	35	

**TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS**

Alta Voltaje Nominal	Baja Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Kilogramos				Total
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanques y Accesorios	Arreglo		
10000 12000 13000 14000 15000	200Y/117	15	118	75	50	82	80	35	15	15	15
		20	122	79	51	86	84	36	16	16	16
		25	126	83	52	90	88	37	17	17	17
		30	130	87	53	94	92	38	18	18	18
		35	134	91	54	98	96	39	19	19	19
		40	138	95	55	102	100	40	20	20	20
		45	142	99	56	106	104	41	21	21	21
		50	146	103	57	110	108	42	22	22	22
		55	150	107	58	114	112	43	23	23	23
		60	154	111	59	118	116	44	24	24	24
20000 25000	200Y/117	15	132	83	52	92	90	36	16	16	16
		20	136	87	53	96	94	37	17	17	17
		25	140	91	54	100	98	38	18	18	18
		30	144	95	55	104	102	39	19	19	19
		35	148	99	56	108	106	40	20	20	20
		40	152	103	57	112	110	41	21	21	21
		45	156	107	58	116	114	42	22	22	22
		50	160	111	59	120	118	43	23	23	23
		55	164	115	60	124	122	44	24	24	24
		60	168	119	61	128	126	45	25	25	25
30000 35000	200Y/117	15	146	87	54	96	94	37	17	17	17
		20	150	91	55	100	98	38	18	18	18
		25	154	95	56	104	102	39	19	19	19
		30	158	99	57	108	106	40	20	20	20
		35	162	103	58	112	110	41	21	21	21
		40	166	107	59	116	114	42	22	22	22
		45	170	111	60	120	118	43	23	23	23
		50	174	115	61	124	122	44	24	24	24
		55	178	119	62	128	126	45	25	25	25
		60	182	123	63	132	130	46	26	26	26
40000 45000	200Y/117	15	160	89	56	98	96	38	18	18	18
		20	164	93	57	102	100	39	19	19	19
		25	168	97	58	106	104	40	20	20	20
		30	172	101	59	110	108	41	21	21	21
		35	176	105	60	114	112	42	22	22	22
		40	180	109	61	118	116	43	23	23	23
		45	184	113	62	122	120	44	24	24	24
		50	188	117	63	126	124	45	25	25	25
		55	192	121	64	130	128	46	26	26	26
		60	196	125	65	134	132	47	27	27	27

A = Altura total B = Frente C = Fondo D = Altura a la tapa Todas estas medidas son aproximadas y se deben usar para construcción.  
 Los que se indican se aproximan.

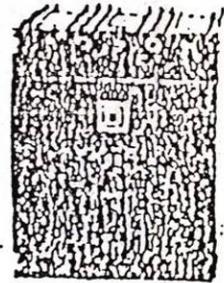
# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS SIN GABINETE (CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL)

**MARCO 100 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.**

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.		DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	CAT. No.		
15	FAL-36015		ANCHO-114 (4 1/2") ALTO - 152 (6") FONDO-80 (3 1/4")
20	FAL-36020		
30	FAL-36030		
40	FAL-36040		
50	FAL-36050		
70	FAL-36070		
100	FAL-36100		
1	100 FAL-36000		

1 No Automático.

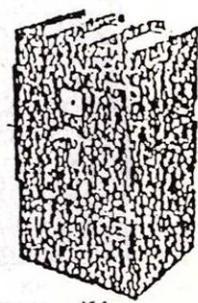


FA

**MARCO 225 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.**

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
125	625	1250	KAL-36125	ANCHO-114 (4 1/2") ALTO - 203 (8") FONDO-91 (3 5/8")
150	750	1500	KAL-36150	
175	875	1750	KAL-36175	
200	1000	2000	KAL-36200	
225	1125	2250	KAL-36225	
225	No Automático		KAL-36000	

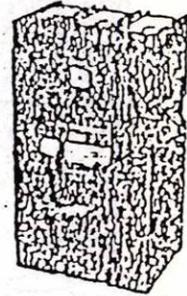


KA

**MARCO 400 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.**

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
225	1125	2250	LAL-36225	ANCHO-152 (6") ALTO - 279 (11") FONDO-103 (4 1/4")
250	1250	2500	LAL-36250	
300	1500	3000	LAL-36300	
350	1750	3500	LAL-36350	
400	2000	4000	LAL-36400	
400	No Automático		LAL-36000	



LA

**MARCO 1000 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.**

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	2500	5000	MAL-36500	ANCHO-220 (9") ALTO - 355 (14") FONDO-114 (4 1/2")
600	3000	6000	MAL-36600	
700	3500	7000	MAL-36700	
800	4000	8000	MAL-36800	
900	4500	9000	MAL-36900	
1000	5000	10000	MAL-361000	
1000	No Automático		MAL-36000B	
1000	No Automático		MAL-36000	

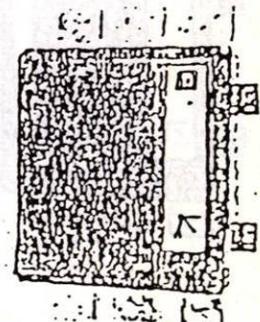


MA

**MARCO 2000 AMPS. MAX. 600V.C.A.**

MONTAJE ATORNILLADO  
UNIDAD DE DISPARO INTERCAMBIABLE

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	1500	3000	PAF-36600	ANCHO-350 (13 3/4") ALTO - 510 (20") FONDO-184 (7 1/4")
700	1750	3500	PAF-36700	
800	2000	4000	PAF-36800	
1000	2500	5000	PAF-361000	
1200	3000	6000	PAF-361200	
1400	3500	7000	PAF-361400	
1600	4000	8000	PAF-361600	
1800	4500	9000	PAF-361800	
2000	5000	10000	PAF-362000	
2000	No Automático		PAF-36000	



PAF

1 Se suministran sin zapatas terminales.

2 El fondo en las dimensiones nominales no incluye la palanca.

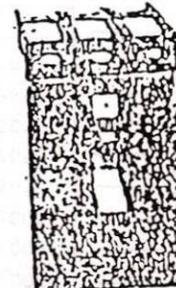
# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS SIN GABINETE (CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA)

MARCO 100 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.		MONTAJE ATORNILLADO	
AMPERES	3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.		DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	CATALOGO		
15	FHL-36015	ANCHO-114 (4 1/2")	
20	FHL-36020		
30	FHL-36030		
40	FHL-36040		
50	FHL-36050		
70	FHL-36070		
100	FHL-36100	ALTO-152 (6")	
		FONDO-80 (3 1/2")	



FH

MARCO 225 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.			MONTAJE ATORNILLADO	
AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
125	675	1250	KHL-36125	ANCHO-114 (4 1/2")
150	750	1500	KHL-36150	ALTO-203 (8")
175	875	1750	KHL-36175	FONDO-91 (3 5/8")
200	1000	2000	KHL-36200	
225	1125	2250	KHL-36225	



KH

MARCO 400 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.			MONTAJE ATORNILLADO	
AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
225	1125	2250	LHL-36225	ANCHO-152 (6")
250	1250	2500	LHL-36250	ALTO-279 (11")
300	1500	3000	LHL-36300	FONDO-103 (4 1/4")
350	1750	3500	LHL-36350	
400	2000	4000	LHL-36400	



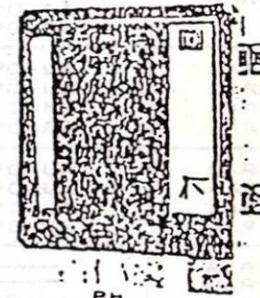
LH

MARCO 1000 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.			MONTAJE ATORNILLADO	
AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	2500	5000	MHL-36500	ANCHO-220 (9")
600	3000	6000	MHL-36600	ALTO-355 (14")
700	3500	7000	MHL-36700	FONDO-114 (4 1/2")
800	4000	8000	MHL-36800	
900	4500	9000	MHL-36900	
1000	5000	10000	MHL-361000	



MH

MARCO 2000 AMPS. MAX. 600V.C.A.			MONTAJE ATORNILLADO UNIDAD DE ESPACIO INTERCAMBIABLE	
AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
600	1500	3000	PHF-36600	ANCHO-350 (13 3/4")
700	1750	3500	PHF-36700	ALTO-510 (20")
800	2000	4000	PHF-36800	FONDO-184 (7 1/4")
1000	2500	5000	PHF-361000	
1200	3000	6000	PHF-361200	
1400	3500	7000	PHF-361400	
1600	4000	8000	PHF-361600	
1800	4500	9000	PHF-361800	
2000	5000	10000	PHF-362000	



PH

Se surten sin zapatas terminales.  
 Nota: Para datos sobre capacidad interruptiva consultar tabla en pág. No. 12  
 El fondo en las dimensiones nominales NO INCLUYE la palanca.

# CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Interruptor tipo	Usados en tableros Tipo	Voltaje máximo C.A. y C.D.	No. de Polos	Rango en Amperes	CAPACIDAD INTERRUPTIVA-R.M.S. AMPERES SIMETRICOS							Especifico- ción Federal W.C.375 e.	
					Basado sobre la lista de capacidades de UL.								
					V O L T S C. A.					V O L T S C. D.			
120	240	277	400	600	125	250							
QO	QO-1100	120/240C.A.	1-2	15-50-70	5000	—	—	—	—	—	—	1a	
QO	QO-1100	240C.A.	3	15-50	—	5000	—	—	—	—	—	1a	
QIB	QO-1100	240C.A.	2-3	70-100	—	5000	—	—	—	—	—	1a	
A1L	110. 6	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000	—	—	—	5000	—	2a	
A1L	110. 6-8539	240C.A. 250C.D.	2-3	15-100	—	10000	—	—	—	—	5000	2a	
A1B	11A1B-ML	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000	—	—	—	5000	—	2a	
A1B	11A1B-ML	240C.A.	2-3	15-100	—	10000	—	—	—	—	5000	2a	
Y1B	11Y1B-ML	277C.A. 250C.D.	1	15-100	—	—	10000	—	—	—	—	2a	
FA	ML-CB1	600C.A. 250C.D.	3	15-100	—	18000	—	14000	14000	—	10000	2a	
+ FH	✓	✓	✓	3	15-100	—	65000	—	25000	16000	—	10000	2a
KA	✓	✓	✓	3	175-225	—	25000	—	22000	22000	—	10000	3a
+ KII	✓	✓	✓	3	125-225	—	65000	—	35000	25000	—	10000	3a
LA	✓	✓	✓	3	225-400	—	42000	—	30000	22000	—	10000	4a
+ LII	✓	✓	✓	3	225-400	—	65000	—	35000	25000	—	10000	4a
MA	✓	✓	✓	3	500-1000	—	42000	—	30000	22000	—	14000	5a
+ MII	✓	✓	✓	3	500-1000	—	65000	—	35000	25000	—	14000	5a
PA	✓	✓	✓	3	600-2000	—	65000	—	50000	42000	—	—	—
+ PII	✓	✓	✓	3	600-2000	—	125000	—	85000	65000	—	—	—

+ Interruptor de alta capacidad interruptiva. \* Para Interruptores tipo QO de 10000 A.C.I., consultar a nuestras oficinas.  
A Ind. = Individual.

## TAMAÑO MINIMO DE INTERRUPTOR RECOMENDADO EN SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES SEGUN CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Transformador Ø en K.V.A. y por ciento de impedancia	Voltaje secundario (Volts)	Corriente secundaria máxima (Amps.)	Corriente simétrica total de corte circuito (RMS Amps.) (Combinado)	Interruptor derivado mínimo a usarse	
				Interruptor termomagnético	Interruptor electromagnético
112.5 (13%)	200 240 400 600	312 272 136 100	11000 10000 5100 4000	TIPO-FA	MARCO 225A.
150 (3.5%)	200 240 400 600	416 361 180 144	12700 11700 5900 4700	TIPO-FA	MARCO 225A.
225 (4.5%)	200 240 400 600	624 544 272 216	15100 14100 7100 5600	TIPO-FA	MARCO 225A.
300 (4.5%)	200 240 400 600	833 722 361 289	19900 18000 9400 7500	TIPO-KA TIPO-KA TIPO-FA TIPO-FA	MARCO 225A.
500 (5.0%)	200 240 400 600	1388 1203 601 481	30000 28400 14200 11400	TIPO-LA TIPO-LA TIPO-KA TIPO-FA	MARCO 600A. MARCO 600A. MARCO 225A. MARCO 225A.
750 (5.75%)	200 240 400 600	2002 1804 902 722	39400 37000 18000 15100	TIPO-LA TIPO-LA TIPO-KA TIPO-KA	MARCO 600A. MARCO 600A. MARCO 225A. MARCO 600A.
1000 (5.75%)	300 240 400 600	2778 2400 1203 962	52200 50100 25000 20000	— — TIPO-LA TIPO-KA	MARCO 1600A. MARCO 1600A. MARCO 800A. MARCO 600A.

Notas: Tabla basada en sistema primario de 50000 K V A de circuito corto.  
Esta tabla es válida para sistemas de distribución tipo "Capacidad Plena".

TABLA # 11



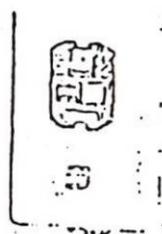
# ARRANCADORES MAGNETICOS A TENSION COMPLETA



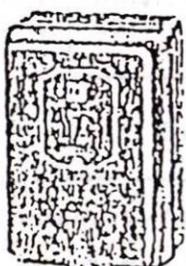
Los arrancadores a tensión completa son los aparatos de control más sencillos que pueden emplearse para arrancar motores y para protegerlos contra sobrecargas. Pueden usarse cuando la corriente de arranque del motor no tiene un valor alto para la línea que alimenta el motor y cuando el par de arranque en estas condiciones no es perjudicial a la máquina movida. PARA ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE (°).

600 VOLTS. MAX. C.A.		50-60 HERTZ								
Núm. de Polos	TÉRMINOS	Capacidades		Caja para usos generales NEMA-1		(TAM. 0-5) A prueba de agua Lam. inoxidable NEMA-4	A prueba de polvo NEMA-12 A	A prueba de Explosión		Sin caja tipo abierto
		Volts.	AM. HP.	TIPO	TIPO	TIPO	Caja NEMA-9 TIPO	Blindaje Tubular NEMA 7-9 TIPO	TIPO	
2 Polos	I	120 250	— —	1 2	BC-1	BW-11	BA-1	SBE-1	SBR-1	BO-1
	II	170 250	— —	2 3	CC-1	CW-11	CA-1	SCE-1	SCR-1	CO-1
	III	110 250	— —	3 5	CC-2	CW-12	CA-2	SCE-2	SCR-2	CO-2
	IV	110 250	— —	2 2	BC-2	BW-12	BA-2	SBE-2	SBR-2	BO-2
3 Polos	0	110 200-220 440-550	2 3 5	1 2 —	BC-2	BW-12	BA-2	SBE-2	SBR-2	BO-2
	1	110 200-220 440-550	3 7½ 10	2 3 —	CC-3	CW-13	CA-3	SCE-3	SCR-3	CO-3
	2	110 200-220 440-550	7½ 15 25	3 7½ —	DC-1	DW-11	DA-1	SDE-1	SDR-1	DO-1
	3	110 200-220 440-550	15 30 50	7½ 15 —	EC-1	EW-11	EA-1	SEE-1	SER-3	EO-1
	4	200-220 440-550	50 100	— —	FC-1	FW-11	FA-1	SFE-1	SFR-1	FO-1
	5	200-220 440-550	100 200	— —	GC-1	GW-11	GA-1	SGE-1	SGR-1	GO-1
	6	200-220 440-550	200 400	— —	SHG-2	SHW-2	SHA-2			SHO-2
	7	200-220 440-550	300 600	— —	JG-1	JW-1	JA-1			JO-1
	8	200-220 440-550	450 900	— —	KC-1	KW-1	KA-1			KO-1

Los elementos térmicos deben seleccionarse de la tabla No. 2 al final del catálogo.  
 Los accesorios que pueden ser adicionados aparecen en la página No.55  
 Las dimensiones y pesos para arrancadores en caja NEMA 1 aparecen en la página No.55 otro tipo de NEMA consultar a la planta.  
 Para elementos térmicos bimetalicos consultar a la planta.  
 Adecuado también para aplicaciones NEMA 3 y 3 R.



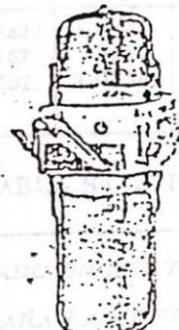
NEMA 1 FORMA A



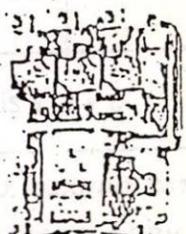
NEMA 1 FORMA C



NEMA 9



NEMA 7 Y 9



TAMAÑO 4 TIPO FO-1

# 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 C.A.

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	
Clase	Tipo	TAMANO											
8536 (Arrancador usado en panel de conjunto)	A Series C (Clase 0736 solo)	00	0.34-0.30	B 0.44	0.70-0.70	B 0.92	1.44-1.59	B 1.88	2.80-3.15	B 3.70	5.76-6.06	B 7.70	
			0.39-0.43	B 0.51	0.79-0.88	B 1.03	1.60-1.81	B 2.10	3.16-3.59	B 4.15	6.07-6.46	B 8.20	
			0.44-0.47	B 0.57	0.89-0.99	B 1.16	1.82-2.00	B 2.40	3.60-4.11	B 4.85	6.67-7.42	B 9.10	
			0.40-0.53	B 0.63	1.00-1.10	B 1.30	2.01-2.28	B 2.65	4.12-4.71	B 5.50	7.43-8.22	B 10.2	
				0.54-0.62	B 0.71	1.11-1.26	B 1.45	2.29-2.52	B 3.00	4.72-5.19	B 6.25	8.23-9.00	B 11.5
				0.63-0.69	B 0.81	1.27-1.43	B 1.67	2.53-2.79	B 3.30	5.20-5.75	B 6.90		
				0.30-0.32	B 0.44	1.09-1.15	B 1.45	3.44-3.95	B 4.85	9.48-10.0	B 14.		
				0.33-0.37	B 0.51	1.16-1.30	B 1.67	3.96-4.23	B 5.50	10.1-10.9	B 15.5		
				0.38-0.42	B 0.57	1.31-1.50	B 1.83	4.24-4.50	B 6.25	11.0-12.0	B 17.5		
				0.43-0.50	B 0.63	1.51-1.73	B 2.10	4.51-5.15	B 6.90	12.1-13.2	B 19.5	20.2-23.1	B 35.
				0.51-0.57	B 0.71	1.74-1.89	B 2.40	5.16-5.83	B 7.70	13.3-14.3	B 22.	23.2-24.5	B 40.
				0.50-0.64	B 0.81	1.90-2.12	B 2.65	5.84-6.56	B 8.20	14.4-15.5	B 25.	24.6-26.0	B 45.
			0.65-0.72	B 0.92	2.13-2.39	B 3.00	6.57-7.28	B 9.10	15.6-17.9	B 28.0			
			0.73-0.81	B 1.03	2.40-2.66	B 3.30	7.29-7.99	B 10.2	18.0-20.1	B 32.			
			0.82-0.94	B 1.16	2.69-3.04	B 3.70	8.00-8.32	B 11.5					
			0.95-1.08	B 1.30	3.05-3.43	B 4.15	8.33-9.47	B 12.8					
8530 8539 8547 8549 8606 8630 1 8640 8650 8736 8738 8739 8810 8811 8812 8930	B	0	0.31-0.35	B 0.44	0.93-1.03	B 1.30	2.66-2.97	B 3.70	7.32-8.21	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.	
			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	35.6-40.1	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.		
				15.0-18.6	C 22	28.7-30.1	C 40.	41.6-47.3	C 56.	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.			
			45.5-49.2	CC64.3	56.9-61.0	CC81.5	71.8-76.7	CC103.	89.3-96.5	CC132.	113.-121.	CC167.	
			48.3-52.2	CC68.5	61.1-66.0	CC87.7	76.8-83.1	CC112.	96.6-104.	CC143.	122.-133.	CC180.	
			52.3-56.6	CC74.6	66.1-71.7	CC94.0	83.2-89.2	CC121.	105.-112.	CC156.			
			87.4-92.9	DD112.	109.-119.	DD140.	145.-163.	DD185.	208.-229.	DD200.			
			93.0-100.	DD121.	120.-128.	DD150.	164.-187.	DD220.	230.-266.	DD300.			
			101.-100.	DD120.	129.-144.	DD160.	188.-207.	DD250.					
	H, J, K	6, 7, 8	IGUAL AL MOSTRADO EN TABLA No. 2 PARA TAMAÑOS 6, 7 y 8.										

1 DIVIDA LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR CONECTADO EN DELTA ENTRE 1.73; USANDO ESTE VALOR SELECCIONE.

2 USE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DE CADA DEVANADO PARA LA CORRECTA SELECCION. (NORMALMENTE LA MITAD DE LA CORRIENTE TOTAL DEL MOTOR).

# SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS

## ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE.

PARA USARSE CON MOTORES DE FACTOR DE SERVICIO 1.15  
EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

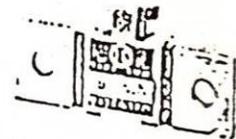


TABLA 2 - ARRANCADORES MAGNETICOS DE C.A.

arrancador			Corriente a pleno carga	No. del elemento											
Clase	Tipo	Tamaño													
E536 En caja propia E996 E999 Centro de control OMB Panel	B	0	0.29-0.31	B 0.44	1.10-1.23	D 1.67	4.06-4.40	B 6.25	11.4-12.5	D 19.5	25.3-26.0	D 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.					
			0.26-0.40	B 0.57	1.43-1.64	B 2.10	5.01-5.67	B 7.70	13.5-15.4	B 25.					
		C	1 P	0.41-0.49	B 0.63	1.65-1.80	B 2.40	5.68-6.31	B 6.20	15.5-18.0		B 28.0	PARA TAM. 1 P	25.3-27.2 27.3-29.9 30.0-32.9 33.0-36.0	B 50 B 56. B 62. B 66.
				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						
	D	2	0.62-0.68	B 0.92	2.31-2.58	B 3.30	7.75-8.07	B 11.5	15.5-17.1	B 26.0	PARA TAM. 1				
			0.69-0.77	B 1.03	2.59-2.93	B 3.70	8.08-9.19	B 12.6	17.2-18.6	B 32					
			0.78-0.89	B 1.16	2.94-3.32	B 4.15	9.20-9.84	B 14.	18.7-21.0	B 36.					
			0.90-1.03	B 1.30	3.33-3.81	B 4.85	9.85-10.5	B 15.5	21.1-22.7	B 40.					
			1.04-1.09	B 1.45	3.82-4.05	B 5.50	10.6-11.3	B 17.5	22.8-25.2	B 45.					
			0.31-0.35	B 0.44	0.93-1.03	D 1.30	2.66-2.97	B 3.70	7.32-8.21	B 10.2				20.1-22.9	B 20.0
0.36-0.39	B 0.51	1.04-1.19	D 1.45	2.96-3.47	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	D 1.67	3.43-3.94	B 4.85	9.19-9.99	B 12.2	25.9-28.6	B 36.						
0.45-0.50	B 0.63	1.35-1.50	D 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	15.6-17.8	B 22.								
0.83-0.92	B 1.16	2.37-2.65	D 3.30	6.53-7.31	B 9.10	17.9-20.0	B 25.								
E	3	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	43.0-46.3	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	CC60.5	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	6 e	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	D 1.16	179.-201.	B 1.67	256.-283.	B 2.40	346.-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.-700.	B 2.40	871.-973.	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.



**- FORMULAS ELECTRICAS**

	Corriente Continua	CORRIENTE ALTERNA		
		UNA FASE	2 FASES *4 HILOS	3 FASES
AMPERES Conociendo HP	$\frac{HP \times 746}{E \times N}$	$\frac{HP \times 746}{E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{2 \times E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times N \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KW	$\frac{KW \times 1000}{E}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{2 \times E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KVA	—	$\frac{KVA \times 1000}{E}$	$\frac{KVA \times 1000}{2E}$	$\frac{KVA \times 1000}{1.73 \times E}$
KW	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p.}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 1.73}{1000}$
KVA	—	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
POTENCIA en la línea HP	$\frac{I \times E \times N}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times 2 \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times N \times f.p.}{746}$
Factor de potencia	Unitario	$\frac{W}{E \times I}$	$\frac{W}{2 \times E \times I}$	$\frac{W}{1.73 \times E \times I}$

I - Corriente en amperes  
E - Tensión en volts  
N - Eficiencia expresada en decimales  
HP - Potencia en Horse Power

f.p. - Factor de potencia  
KW - Potencia en Killowatts  
KVA - Potencia aparente en Kilovoltamperes  
W - Potencia en watts  
R.P.M. - Revoluciones por minuto  
f - Frecuencia  
p - Número de polos

Para sistemas de 2 fases 3 hilos, la corriente en el conductor común es 1.41 veces mayor que en cualquiera de los otros conductores.

$$R.P.M. = \frac{f \times 120}{p}$$

SIMBOLOS GENERALES PARA DIBUJOS EN PLANTA PROYECTO	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE ALUMBRADO
	TABLERO DE EMERGENCIA
	TABLERO DE INSTRUMENTOS
	TABLERO DE TRANSFERENCIA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD TIPO NAVAJA
	CONTACTOR PARA ALUMBRADO
	TRANSFORMADOR TIPO SECO
	ARRANCADOR MANUAL
	ARRANCADOR MAGNETICO
	MOTOR HORIZONTAL ALTA TENSION
	MOTOR VERTICAL ALTA TENSION
	MOTOR HORIZONTAL
	MOTOR VERTICAL
	UNIDAD DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA
	CONTROL FOTOELECTRICO
	CAJA DE LAMINA O FIERRO FUNDIDO
	CONDULET
	TUBO CONDUIT VISIBLE
	TUBO CONDUIT OCULTO
	TUBO CONDUIT BAJO PLATAFORMA
	DUCTO SUBTERRANEO BAJA TENSION
	DUCTO SUBTERRANEO ALTA TENSION
	CHAROLA DE 61cm. DE ANCHO (ILUMINAR DE AZUL LAS CHAROLAS)
	CHAROLA DE 30cm. DE ANCHO (ILUMINAR DE AZUL LAS CHAROLAS)
	DUCTO CUADRADO DE LAMINA
	CABLE DE COBRE DESNUDO PARA SISTEMA DE TIERRAS
	CABLE PARA PARARRAYOS
	VARILLA PARA TIERRAS
	REGISTRO CON VARILLA
	PUNTA DE PARARRAYOS



**ACCESORIOS ESPECIALES**

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Amperímetro con contactos de alarma	12	Válvula de alivio para solve presiones anormalmente altas tipo mecánico
2	Relevador de nivel del líquido con contactos de alarma	13	Caja de boquillas en el lado de alta tensión
3	Tanque conservador	14	Brida en el lado de alta tensión
4	Indicador de temperatura en el punto más caliente	15	Caja de boquillas en el lado de baja tensión
5	Relevador Buchholz	16	Brida en el lado de baja tensión
6	Cambiator de derivaciones de 5 posiciones	17	Conectores en el lado de baja tensión
7	Cambiator de derivaciones regulable por carga	18	Conectores en el lado de alta tensión
8	Provisión para ventiladores	19	Futura especial
9	Ventiladores	20	Líquido aislante de alto punto de ignición, silicona o similar
10	Banco de relés para relés en dos secciones	21	Equipo automático para gas inerte con contactos de alarma
11	Relevador de presión subita de contactos de alarma	22	Relevador de presión subita de contactos de alarma

**PRUEBAS ELECTRICAS DE ACUERDO A NORMAS**

1	Resistencia de aislamiento en todos los devanados en su temperatura de funcionamiento normal	6	Comprobación de excitación Medición hecha a tensión nominal
2	Prueba de potencia en la tensión nominal y en las tensiones extras	7	Impedancia y pérdidas de carga a corriente nominal
3	Excitación en ausencia de carga	8	Prueba de potencia aplicada
4	Pruebas de carga Medición hecha en la tensión nominal	9	Prueba de potencia indicada
5	Regulación	10	Regulador de potencia del aceite

**CARACTERISTICAS ESPECIALES**

Eléctricas		Mecánicas	
1	Pérdidas vacíos Watts	1	Largo Mts.
2	Pérdidas totales Watts	2	Ancho Mts.
3	Corriente excitación	3	Alt. Mts.
4	Impedancia %	4	Peso total Kgs.
5	Eficiencia %	5	Acete Lts.
6	Nivel de ruido		
7	Nivel básico de in pulso		

Recomendaciones para la inspección y mantenimiento de transformadores arriba de 300 KVA; en vista de que los transformadores son los eslabones vitales para la operación de las grandes empresas industriales y comerciales, es necesario que para su funcionamiento continuo y confiable deba proporcionarse una

atención adecuada. Esto se logra mediante a través de un programa regular de inspecciones, pruebas y mantenimiento de rutina. A continuación presentamos una serie de recomendaciones hechas para un transformador crítico en su operación y que una falla de él ocasiona problemas de alto costo a la empresa.

**No. Rangones a Inspeccionar**

- 1 Corriente de carga (amperes)
- 2 Voltaje
- 3 Temperatura ambiente
- 4 Temperatura de los devanados
- 5 Temperatura del líquido
- 6 Presión del gas (tanque)
- 7 Nivel del líquido
- 8 Equipo de sellado automático de gas
  - a) Indicador de presión de gas del transformador
  - b) Contenido de gas del cuadro
  - c) Circuito de alarma de baja presión
  - d) Equipo externo de gas y hidrógenos
- 9 Equipo de enfriamiento por agua
  - a) Temperatura del agua dentro y fuera
  - b) Velocidad del gasto de agua
  - c) Bombas de agua
  - d) Bombas de circulación de aceite
- 10 Equipo de enfriamiento FOA o FA
  - a) Ventiladores, aspas y motores por acumulación de suciedad
  - b) Conexiones de ventiladores
  - c) Lubricación
  - d) Intercambiador de calor (interior del radiador)
- 11 Transformadores tipo seco (enfriados con aire forzado) Temperatura del aire dentro y fuera

**Programa Recomendado**

- Cada hora o usar amperímetro registrador  
 Cada hora  
 Cada hora  
 Cada hora  
 Cada hora  
 Cada hora  
 Diario  
 Diario  
 Diario  
 Trimestral  
 Semiestral  
 Semanal  
 Semiestral  
 Mensual  
 Mensual  
 Mensual  
 Cada dos años o después de 60 horas de operación, lo primero que sea  
 Anual  
 Cada hora

Tabla II - Programa de inspección recomendada para los accesorios auxiliares que requieren que el transformador sea desconectado

**No. Rangones a Inspeccionar**

- 1 Tanque accesorios y empaques por fugas, herrumbre, etc.
- 2 Dispositivos de liberación de presión
- 3 Boquillas
- 4 Aparatosivos
- 5 Cambiadores de derivación
- 6 Equipo de Control, Relevadores y Circuitos
- 7 Conexiones de tierra
- 8 Alarmas de protección
- 9 Análisis de gas
- 10 Prueba de presión de bobinas de enfriamiento o intercambiador de calor externo

**Programa**

- Semiestral  
 Trimestral  
 Semiestral  
 Semiestral  
 Semiestral  
 Mensual  
 Semiestral  
 Mensual  
 Anual  
 Anual

**INFORMACION GENERAL**  
**PRUEBAS ELECTRICAS**  
**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**



Tabla III - Programa recomendado para pruebas eléctricas y frecuencia para un transformador crítico

**PROGRAMA RECOMENDADO DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO**

No. Prueba de Mantenimiento	Programa
1 Equipo de prueba	
a) Resistencia dieléctrica	Anual
b) Numero de neutralización	Anual
c) Color	Anual
2 Resistor de calentamiento	Anual
3 Índice de polarización	Anual
4 Factor de potencia	Anual
5 A la potencia de CA de 200	Cada 5 años
6 Prueba de voltaje reducido	Cada 5 años

**LIMITES DE PRUEBA PARA ACEITE TIPO MINERAL**

Prueba	Satisfactorio	Debe ser Filtrado	Debería y Reemplazarse
Resistencia dieléctrica (ASTM D 172)	21 KV	Menos de 22 KV	-
Numero de neutralización	0.4 Max	0.4 a 1.0	Mayor de 1.0

Símbolos más usados en diagramas unifilares

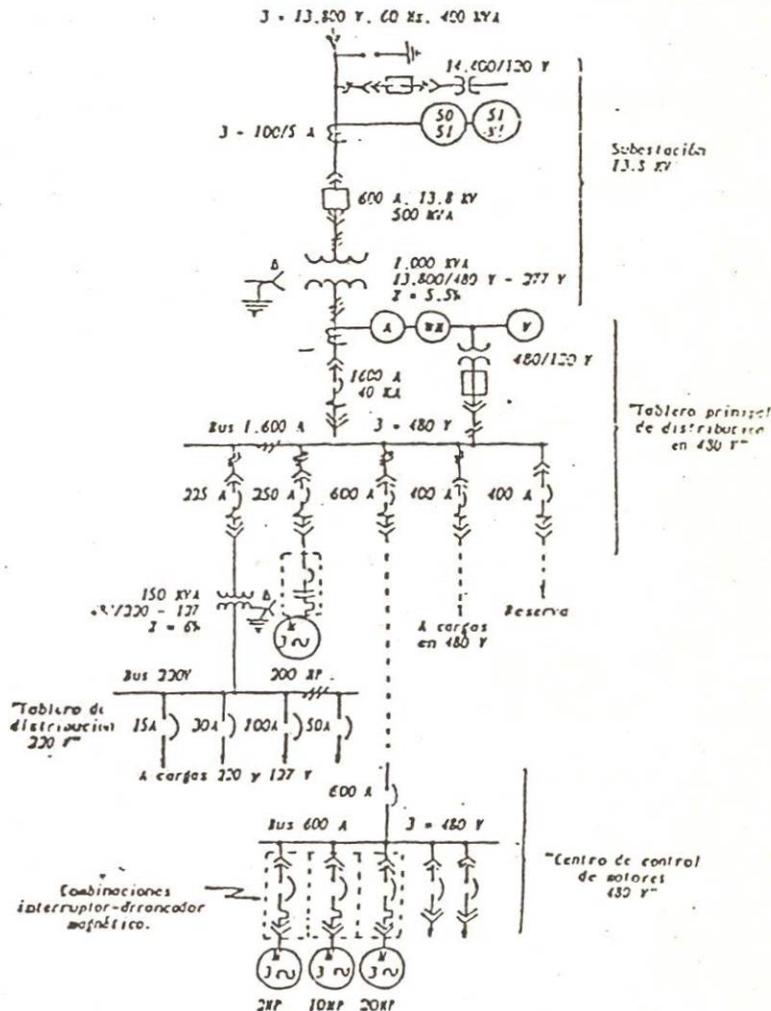
Equipo	Símbolo	Equipo	Símbolo
Aparatos		Cuchillas desconectoras sin carga, doble tiro	
Wala terminal			
Capacitor		Cuchillas desconectoras con carga	
Interruptor de potencia (montaje fijo)		Cuchillas desconectoras fusibles	
Interruptor de potencia (montaje removible)		Fusible	
Interruptor de potencia con cuchillas desconectoras		Fusible enchufable	
Interruptor en aire (tipo magnético o electromagnético, montaje fijo)		Generador (en general)	
Interruptor en aire (tipo removible)		Generador de corriente alterna	
Interruptor en aire con bobina de apertura (montaje removible)		Generador de corriente directa	
Cuchillas desconectoras sin carga		Motor en general	
Acumulador (batería)		Motor de inducción trifásico	
Rectificador		Motor de inducción monofásico	
Resistor		Motor de corriente continua	
Resistor variable		Autotransformador	
Reactor		Transformador de corriente constante	
Transformador de potencial		Regulador de voltaje de inducción, monofásico	
Transformador de corriente		Regulador de voltaje de inducción, trifásico	
Transformador de corriente tipo "bushing"		Transformador con cambiador de derivaciones (taps) bajo carga	
Transformador de 2 devanados (en general)		Contacto magnético con relevador de sobrecarga	
Transformador de 2 devanados con taps		Instrumentos de medición: A Amperímetro D Medidor de demanda F Frecuencímetro GD Detector de tierra KA Miliamperímetro PF Medidor de factor de potencia RD Registrador de demanda S Sinocronoscopio T Temperatura V Voltímetro VAF Varímetro VARE Varhorímetro W Watímetro	Para indicar el tipo de instrumento, se escribe dentro del círculo la letra o letras correspondientes
Transformador de 3 devanados			

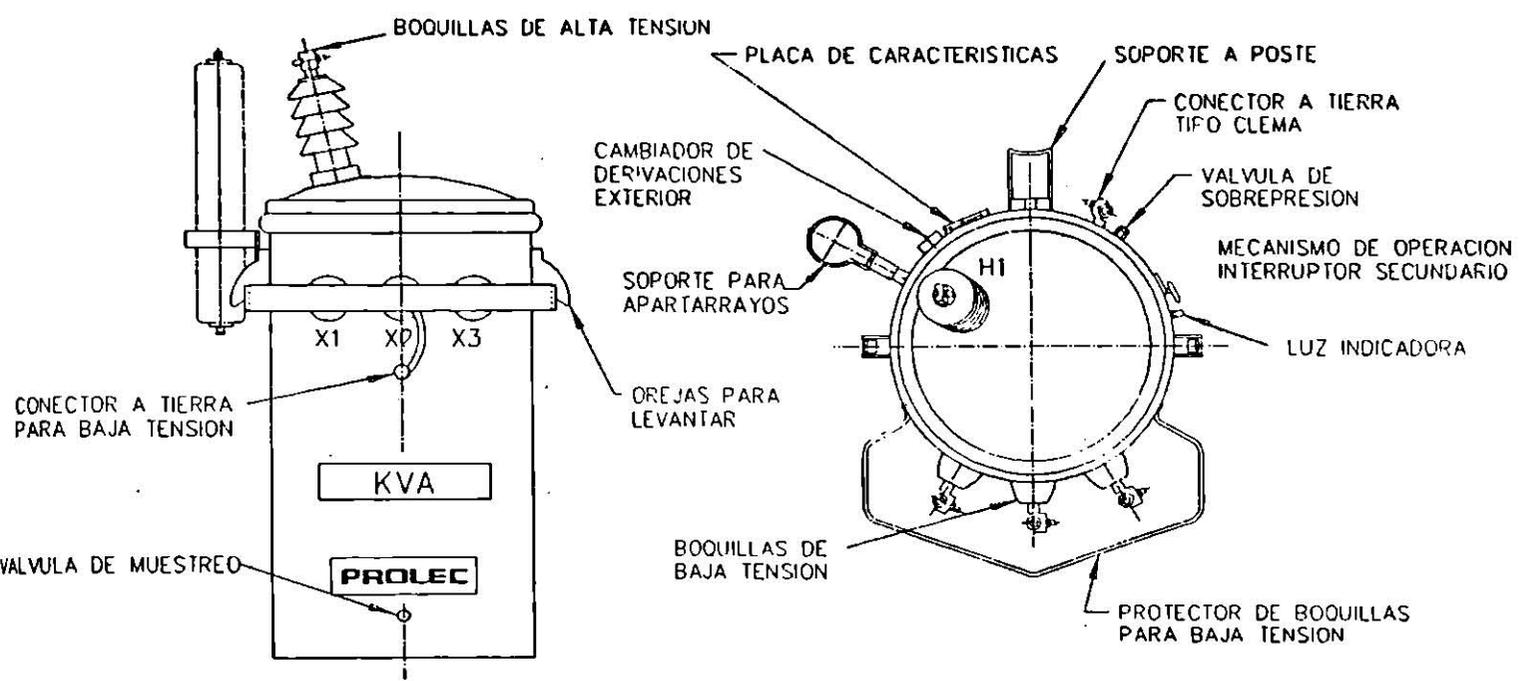
Símbolos más usados en diagramas unifilares (cont.)

Equipo	Símbolo	Conexión de devanados en transformadores	Símbolo
Relevadores más usuales:		Delta 3 fases-3 hilos	
21 De impedancia		Delta a tierra 3 fases-3 hilos	
25 De sincronización		Delta a tierra 3 fases-4 hilos	
27 De bajo voltaje C.A.		Estrella 3 fases-3 hilos	
32 De potencia inversa C.D.		Estrella neutro a tierra 3 fases-4 hilos	
37 De baja corriente		Zig Zag 3 fases	
40 De cuerpo		Zig Zag 3 fases aterrizado	
45 De sobrevoltaje C.D.		Estrella de 6 fases	
49 Térmico C.A.		Delta abierta	
50 Instantáneo de sobrecorriente		Delta abierta aterrizada en punto común	
51 De sobrecorriente con retardo de tiempo			
55 De factor de potencia			
59 De sobrevoltaje C.A.			
64 De protección de tierra			
67 Diferencial de potencia C.A.			
68 Térmico C.D.			
79 De recierre C.A.			
80 De bajo voltaje C.D.			
87 Diferencial de corriente			

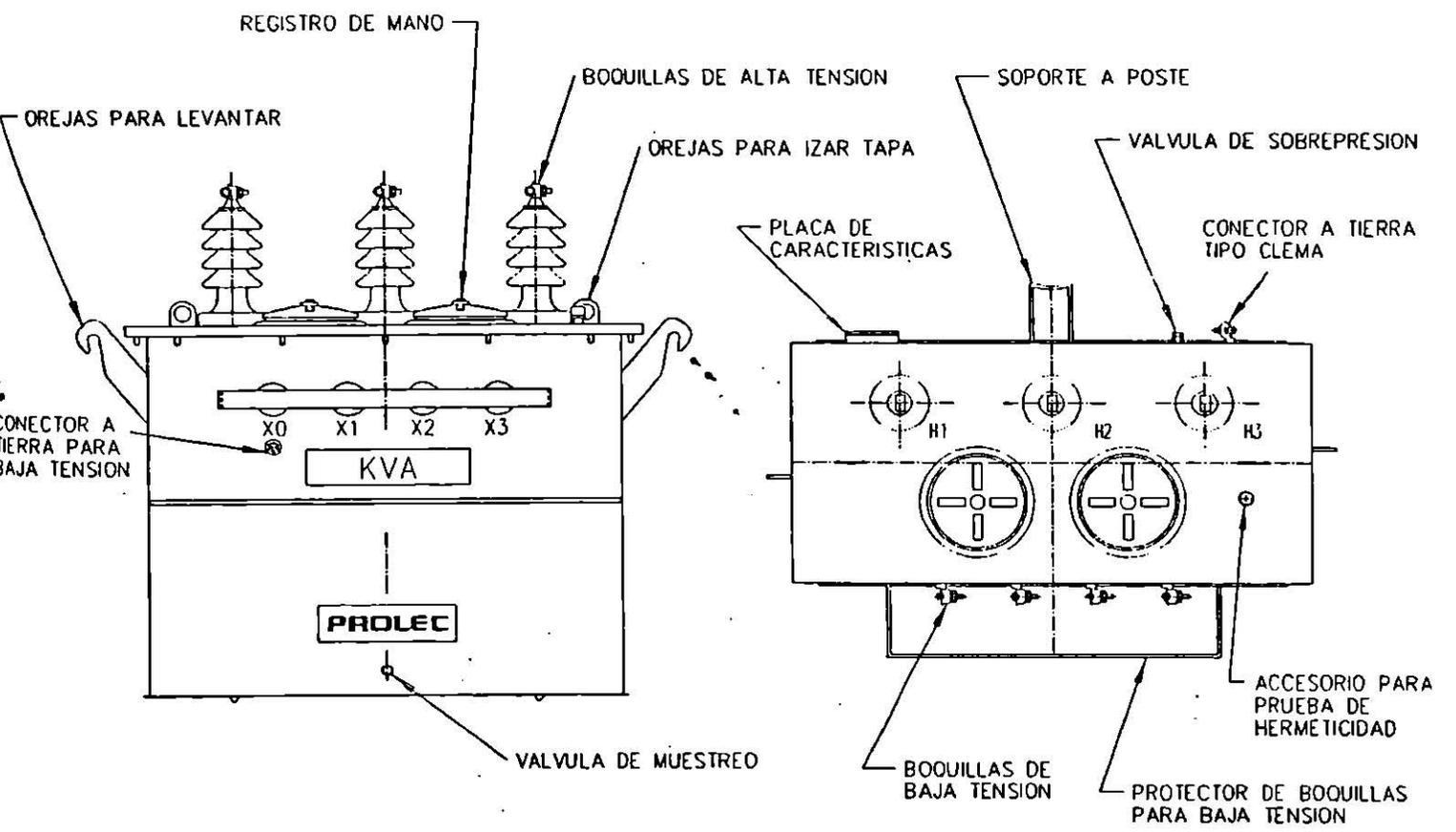
Para indicar el tipo de relevador, se escribe dentro del círculo el número correspondiente (según norma americana ASA - C 37.2)

Ejemplo de diagrama unifilar de un sistema industrial.

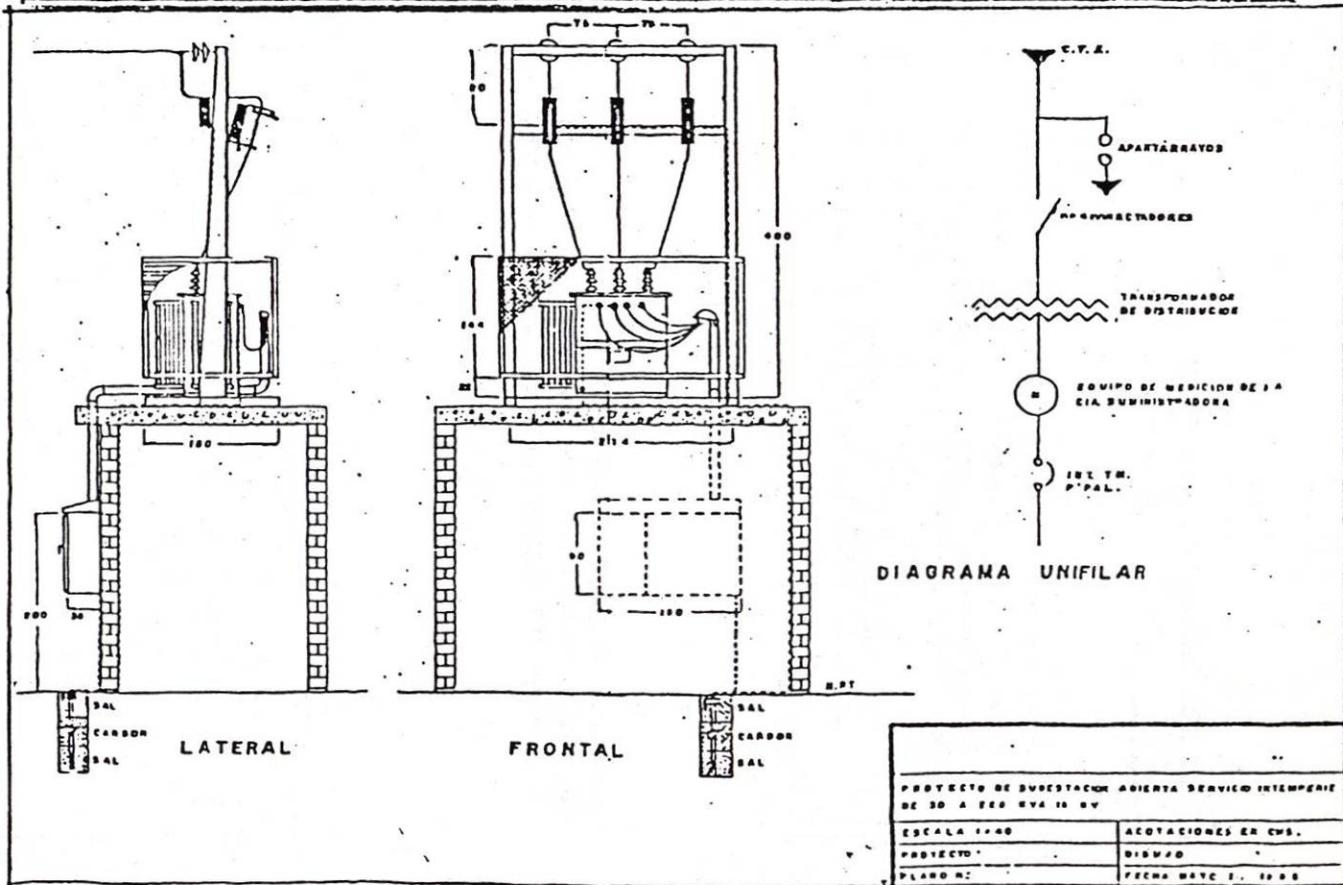
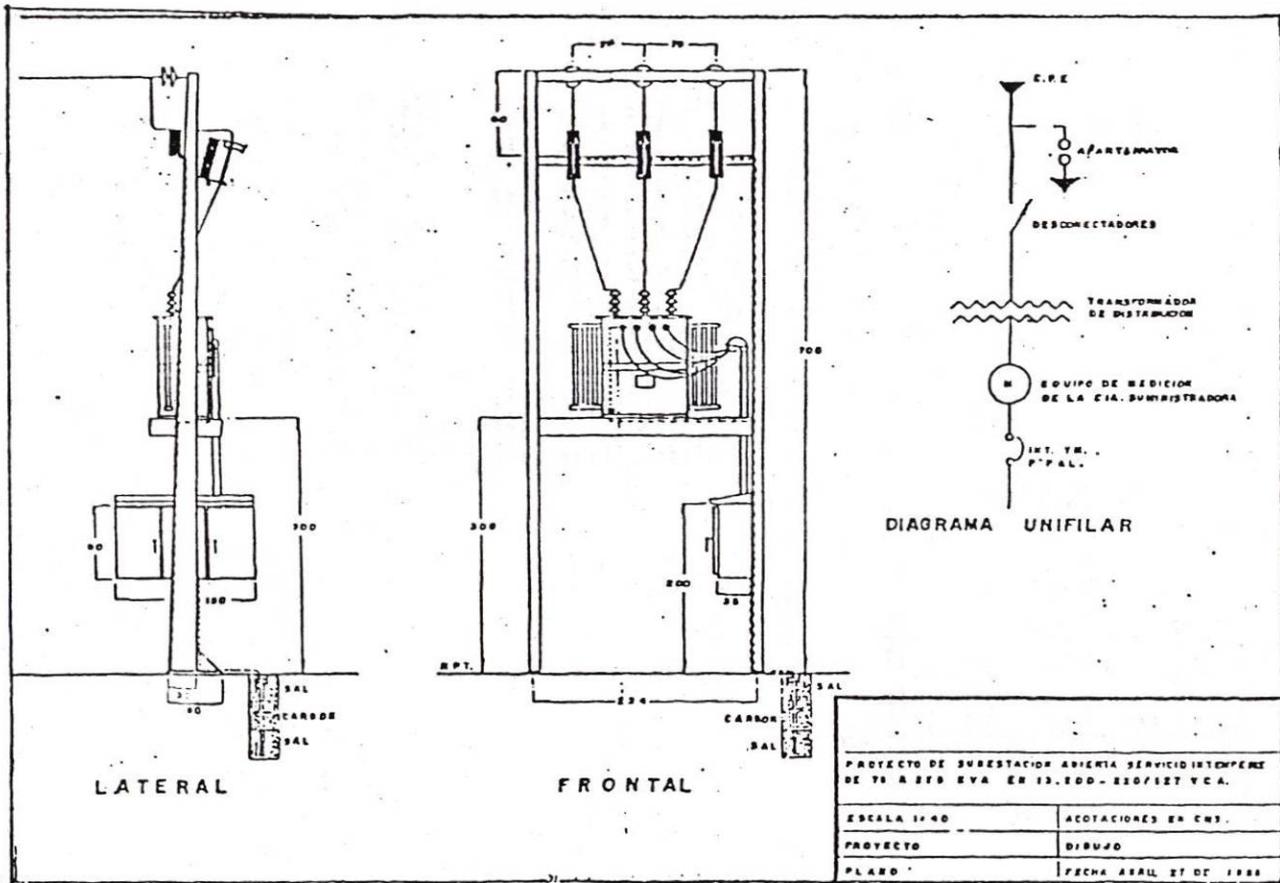




TRANSFORMADOR MONOFASICO



TRANSFORMADOR TRIFASICO







MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES

REPORTE DE INSPECCION

CLIENTE \_\_\_\_\_  
DIRECCION \_\_\_\_\_  
CIUDAD \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR :

\_\_\_\_\_ KVA \_\_\_\_\_ FASES \_\_\_\_\_ HZ \_\_\_\_\_ V, \_\_\_\_\_ °C  
MARCA \_\_\_\_\_ NO SERIE \_\_\_\_\_ LTS. ACEITE \_\_\_\_\_

INSPECCION FISICA:

AISLADORES B.T. \_\_\_\_\_ A.T. \_\_\_\_\_ CONEXIONES B.T. \_\_\_\_\_ A.T. \_\_\_\_\_  
FUGAS \_\_\_\_\_ EMPAQUES \_\_\_\_\_  
ACCESORIOS \_\_\_\_\_ PINTURAS \_\_\_\_\_  
OTROS \_\_\_\_\_

INSPECCION ELECTRICA :

PRUEBA TTR

RELACION DE TRANSFORMACION \_\_\_\_\_ FASES: A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_  
FALSOS CONTACTOS \_\_\_\_\_ VUELTAS EN CORTO \_\_\_\_\_

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO :

A.T./B.T. + TIERRA \_\_\_\_\_ MEGOHMS B.T./A.T. + TIERRA \_\_\_\_\_ MEGOHMS  
A.T. TIERRA \_\_\_\_\_ MEGOHMS B.T./ TIERRA \_\_\_\_\_ MEGOHMS

INSPECCION DE ACEITE :

NIVEL \_\_\_\_\_ TEMPERATURA \_\_\_\_\_ °C APARIENCIA \_\_\_\_\_ COLOR \_\_\_\_\_  
RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE SEGUN METODO ASTM 877 \_\_\_\_\_ KV

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

H. INICIO \_\_\_\_\_ ELABORADO POR : \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_  
H. FIN \_\_\_\_\_ RECIBIDO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_

## **BIBLIOGRAFÍA**

Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión.  
Autor : Gilberto Enríquez Harper.  
Editorial Limusa.

Principios de Diseño de Subestaciones Eléctricas.  
Autor : Gilberto Enríquez Harper.  
Editorial Limusa.

Manual de Instalación y Mantenimiento para Transformadores de Distribución Prolec.

Manual del Electricista  
Grupo AXA.

Catálogos y manuales de CONDUMEX:

Catálogos y tablillas para motores de SQUARED D. COMPANY.

