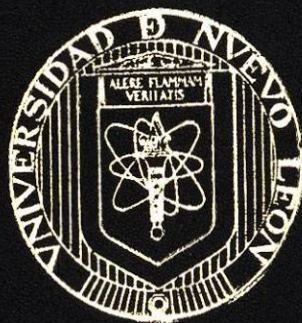


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y
ELECTRICA**



**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELECTRICAS**

TESINA

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

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GUTIERREZ PULIDO

MONTERREY, N. L.

FEBRERO DE 1997

751

7

T

TK1

G8

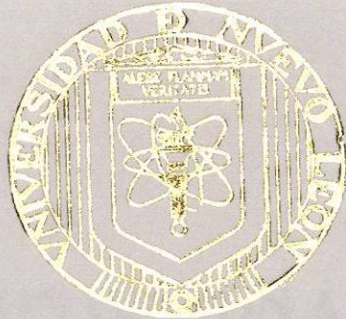
199

C.1



1080097042

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y
ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELECTRICAS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GUTIERREZ PULIDO

MONTERREY, N. L.

FEBRERO DE 1997

T
TK1751
G8
1997



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

CURSO CON OPCIÓN A TÍTULO

**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

**MIGUEL ANGEL GUTIERREZ PULIDO
MAT. 776040**

FEBRERO DE 1997

ÍNDICE

	PAG.
Definición de subestación eléctrica	3
Relación entre subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generadoras	3
Clasificación de las subestaciones eléctricas	3
Elementos constitutivos de una subestación	4
Transformador	4
Clasificación de los transformadores	5
Mantenimiento	5
Interruptores	5
Interruptor en aceite	6
Interruptor numérico	6
Interruptor para alta presión en aire	7
Pruebas a interruptores	8
Cuchillas fusibles	9
Capacidad de cuchillas	9
Especificación para las cuchillas	9
Apartarrayos	10
Transformador para instrumentos	10
Transformador de corriente	10
Transformadores de potencia	11
Dispositivos de protección	11
Reveladores	12
Listón fusible	13
Listones rápidos y lentos	14
Factores de selección para cuchillas y listones	14
Aplicación de los listones fusibles	15
Variables de operación	15
Tablero de distribución integral	15
Descripción de las aplicaciones NEMA para gabinetes	15
Conceptos básicos	17
Verificación del calibre del conductor por caída de tensión	18
Medición de una subestación	19
Enfriamiento de un transformador	19
Mantenimiento de una subestación	19
Criterios para el cálculo de las protecciones	20

Factor de potencia utilizado en las principales cargas de un circuito.....	20
Ejemplo de cálculo de los componentes de una subestación	21
Resumen de cálculos	21
Bibliografía	34

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

Como se ha visto, una subestación eléctrica no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación - Consumo de energía eléctrica, por lo cual podemos dar la siguiente definición :

DEFINICIÓN :

Una Subestación Eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.); tipo corriente alterna a corriente continua, o bien conservarle dentro de ciertas características.

RELACIÓN ENTRE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y CENTRALES GENERADORAS

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

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

CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

- a) Por su operación:
 - 1.- De corriente alterna.
 - 2.- De corriente continua.

- b) Por su construcción:
 - 1.- Tipo interperie.
 - 2.- Tipo interior.
 - 3.- Tipo blindado.

c) Por su servicio:

Primarias:	Elevadoras
	Receptoras
	De enlace o distribución
	De switcheo o de maniobra
	Convertidoras o Rectificadoras
Secundarias:	Receptoras
	Distribuidoras
	De enlace
	Convertidoras o Rectificadoras

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION

Los elementos que constituyen una subestacion se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

ELEMENTOS PRINCIPALES

- 1.- Transformador
- 2.- Interruptor de potencia
- 3.- Restaurador
- 4.- Cuchilla Fusible
- 5.- Cuchilla desconectadora
- 6.- Apartarrayos
- 7.- Tablero dúplex de control
- 8.- Condensadores
- 9.- Transformadores de instrumentos

ELEMENTOS SECUNADARIOS

- 1.- Cable de potencia
- 2.- Cable de control
- 3.- Equipo contra incendio
- 4.- Equipo de filtrado de aceite

- 5.- Sistema de tierras
- 6.- Carrier (Intercomunicación)

TRANSFORMADOR

Un transformador es un dispositivo que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando constante la frecuencia.

Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética. Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.

CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES

Los transformadores se pueden clasificar por:

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

MANTENIMIENTO

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

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

- 1.- Inspección ocular de su estado externo en general, para observar fugas de aceites, etc.
- 2.- Revisar que las boquillas no estén flameadas por sobretensiones de origen externo o atmosférico.

- 3.- Cerciorarse de que la rigidez dieléctrica del aceite sea la correcta, de acuerdo con las normas.
- 4.- Observar que los aparatos indicadores funcionen correctamente
- 5.- Tener cuidado de que los aparatos de protección y control operen en forma correcta.

INTERRUPTORES

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

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

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

Los interruptores en caso de apertura deben asegurar el aislamiento eléctrico del sistema. Los interruptores de potencia se constituyen en los siguientes tipos:

- a).- Interruptores de aceite
- b).- Interruptor neumático
- c).- Interruptor en alta presión en aire

INTERRUPTOR EN ACEITE

Están constituidos por contactos sumergidos en aceite aislante contenido dentro de un tanque neumático. Se utilizan para interrumpir circuitos de alto voltaje.

INTERRUPTOR NEUMÁTICO

Se utiliza aire comprimido para su funcionamiento, se fabrica en monofásicos y trifásicos para uso interior y exterior.

Ventajas de los interruptores neumáticos sobre los interruptores de aceite:

- 1.- Mayor seguridad ya que se evitan explosiones o incendios.
- 2.- Interrumpe la corriente de en menos ciclos.
- 3.- Disminuye la posibilidad de reneceado de acero.
- 4.- Es mas barato.

INTERRUPTOR PARA ALTA PRESION EN AIRE

Se utilizan para establecer y cesar suministros de energía eléctrica en circuitos de línea con carga, son para ruptura al aire y especiales para altas tensiones.

Para tensiones intermedias que están desde 2.4 hasta 13.8 kv, los interruptores de aire alargan el arco eléctrico mediante la aplicación de un campo magnético facilitando su pronto enfriamiento y rápida extinción.

En las subestaciones eléctricas estos interruptores se montan en entarimados de acero y suelen accionarse por medio de un eje largo que termina en una manivela o en un motor colocados a una altura apropiada de operación.

En la selección de los interruptores de potencia para su utilización en subestaciones eléctricas industriales deben conocerse las siguientes características:

- a).- La corriente nominal o carga máxima prevista.
- b).- La tensión o voltaje nominal.
- c).- La capacidad interruptiva.
- d).- La relación de los transformadores de corriente.
- e).- El nivel básico del aislamiento
- f).- El medio de extinción del arco.
- g).- El tipo de conductor para conectar el sistema
- h).- Equipo especial de accesorios.

PRUEBAS A INTERRUPTORES

Las pruebas que se efectúan a los interruptores o al sistema antes de ponerlo en servicio son las siguientes:

1.- Prueba de presentación.

Sirve para determinar el valor de la corriente de apertura o de la corriente de cierre en algunos casos (corriente de falla).

2.- Prueba de sobrecarga.

Sirve para comprobar si el interruptor soporta la corriente de sobrecarga fijada.

3.- Prueba de temperatura.

Sirve para observar el comportamiento del interruptor con temperaturas elevadas o con corrientes mayores de la nominal.

4.- Prueba de aislamiento.

Sirve para verificar el comportamiento del interruptor a la tensión nominal y comprobar la calidad de los aislantes empleados.

5.- Prueba mecánica.

Nos permite observar si el interruptor es lo suficientemente fuerte de acuerdo a su capacidad de diseño.

6.- Prueba de precisión.

Nos permite comprobar la resistencia del tanque a las presiones internas originadas en una falla.

7.- Prueba de funcionamiento.

Es la última prueba y nos permite comprobar el funcionamiento correcto de los dispositivos de control y mecánico, fundamentalmente la operación simultánea de los polos de desconexión.

CUCHILLAS FUSIBLES

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

Las cuchillas fusibles se subdividen en:

- a).- Tipo interior.
- b).- Tipo interperie.
- c).- Tipo hilo de apertura.
- d).- En aceite.
- E).- En arena.

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

CAPACIDAD DE CUCHILLAS

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

Si son empleados como navajas y usadas como switch desconectores se especifican en relación de corto tiempo en vez de medida interruptiva

ESPECIFICACIONES

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

- 1.- Tensión nominal.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Corriente de corto circuito simétrica.

- 4.- Corriente de corto circuito asimétrica.
- 5.- Tipo de montaje (horizontal o vertical).

APARTARRAYOS

Las sobre tensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos.

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

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

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

Un dispositivo de protección efectivo debe tener dos características principales:

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

TRANSFORMADOR PARA INSTRUMENTOS

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

- 1.- Transformador de corriente.
- 2.- Transformador de potencial.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE:

Se conoce como transformador de corriente a aquel cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno mas o menos elevado a otro

con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, como amperímetros, wattmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA:

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

LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION

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

- Se debe prever de circuitos separados para alumbrado general, para contactos y aplicaciones especiales.
- Las ramas de los circuitos con más de una salida no deben tener una carga que exceda al 50% de la capacidad de conducción.
- El tamaño de acuerdo con la capacidad de carga en cada circuito se debe instalar tableros de distribución con tantos circuitos como sea necesario.

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

Interruptores de caja lámina.

También conocidos como interruptores de seguridad, son interruptores de navaja con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor y con fusibles integrados.

Tablero de distribución

Estos tableros también son conocidos como centros de carga consisten en dos o mas interruptores de navaja con palanca o con interruptores automáticos termomagnéticos.

Fusibles

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

Se fabrican dos tipos de fusible:

Fusibles de tapón:

Usados principalmente en casas-habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 amps.

Fusibles tipo cartucho:

Que a su vez pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amps. y tipo navaja para capacidades de 75 a 600 amps.

De acuerdo con sus características eléctricas los elementos fusibles pueden ser normal o de acción retardada.

RELEVADORES

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

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

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

a) RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE.

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

b) RELEVADORES DE CORRIENTE BALANCEADA.

Está formada por tres relevadores mecánicamente separados pero interconectados eléctricamente. Se utilizan para proteger maquinas y líneas trifásicas contra fallas debidas al desbalance de fases y operación monofásica.

c) RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE.

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

LISTON FUSIBLE

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

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

Los descritos en los tipos II, III y IV vienen previstos de un alambre de alta resistencia para proteger al listón contra mecánica accidental. La longitud y la sección transversal del elemento fusible determina la corriente y el tiempo necesario para que se funda el elemento.

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

LISTONES RAPIDOS Y LENTOS

Las normas EE-NEMA de listones fusibles se dividen en dos tipos: Listones rápidos y listones lentos y se designan por “K” y “T” respectivamente.

Los listones “K” y “T” para su rango tienen los mismos límites de tiempo 300 - 600 seg, pero tienen distintas curvas T. C.

El listón “T” comienza a operar más lentamente que el correspondiente listón “K” a corriente alta. La diferencia entre los dos tipos se basa en el rango de velocidad, los que se definen como la razón entre las corrientes de fusión para 0.1 para rangos de listones que no sobrepasen los 100 amps.

FACTORES DE SELECCION PARA CUCHILLAS Y LISTONES

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

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

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

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

Estos cuatro factores determinan tres datos de las cuchillas:

- a).- Corriente debido a la carga.
- b).- Voltaje

c).- Capacidad interruptiva

APLICACION DE LOS LISTONES FUSIBLES

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

VARIABLES DE OPERACION

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

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

TABLERO DE DISTRIBUCION INTEGRAL

Los tableros de distribución integral están contenidos en una sola unidad y sus componentes están perfectamente coordinados entre si.

La selección de baja tensión es un tablero de distribución o un solo interruptor.

DESCRIPCION DE LAS APLICACIONES NEMA PARA GABINETES

NEMA 1 Usos generales:

Servicio interior, condiciones atmosféricas normales construido de lámina metálica.

NEMA 2 A prueba de goteo:

Servicio interior ofrece protección contra goteo de líquidos corrosivos, las entradas de conduit requieren conectores especiales tipo glándula.

NEMA 3 Servicio intemperie:

Servicio exterior protección contra aire húmedo, polvo resistente a la corrosión.

NEMA 3R A prueba de lluvia:

Servicio exterior a prueba de lluvia, resistente a la corrosión requiere de conectores tipo glándula.

NEMA 4 A prueba de polvo y agua:

Servicio exterior contra salpicaduras de agua.

NEMA 5 A prueba de polvo:

Servicio exterior protección hermética contra polvo.

NEMA 7 A prueba de gases explosivos:

Servicio interior y exterior en atmósferas peligrosas por gases explosivos.

NEMA 9 A prueba de plvos explosivos:

Servicio interior o exterior en atmósferas peligrosas, evita la entrada de polvos explosivos.

NEMA 12 Servicio Industrial

Servicio interior protección contra polvo, pelusa, fibras, goteras, salpicaduras, insectos, aceites refrigerantes requiere conectores

CONCEPTOS BASICOS

COMPONENTES DE UNA SUBESTACION UNITARIA

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

CAPACIDAD DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

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

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

CORRIENTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

Se consideran dos tipos de corrientes.

a).- CORRIENTE NOMINAL:

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

b).- CORRIENTE CORTO CIRCUITO:

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

SISTEMA DE TIERRAS PARA UNA SUBESTACION

Para determinar en el sistema de tierras debemos de conocer el área que abarca la red de tierras.

AREA DE CONDUCTOR DE LA RED PRINCIPAL

Por recomendación del reglamento de instalaciones eléctricas, el calibre mínimo a usar será 4/0 AWG, AIEEE recomienda el tamaño mínimo de 1/0 a 2/0 para uniones soldables y mecánicas pero advierte que la mayor parte de la industria considera como mínimo el 4/0 debido a razones de índole mecánicas.

VERIFICACION DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR POR CAIDA DE TENSION

Se utiliza para comprobar el calibre del conductor, cuando se utiliza a cierta distancia del punto de alimentación; esto debido a que mayor distancia mayor pérdida debida a la resistencia del conductor.

Para calcularlo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$V = Fc \times IP/CABLE \times Long \text{ (mts)}$$

1000

$$\%V = \frac{v \times 3}{v_0} \times 100$$

v_0

Donde:

- v = Caída de tensión.
- $\%v$ = % de caída de tensión.
- F.c. = Factor de caída de tensión.
- v_0 = Voltaje nominal.

El factor utilizado en el $\%v$ puede variar debido al voltaje que se utiliza y queda de la siguiente manera:

3 Fases, 4 Hilos	_____	v3
2 Fases, 3 Hilos	_____	2
Monofasico	_____	1

Los valores del %v no deben exceder el 3% requerido por norma, en caso de que se obtenga un valor mayor se deberá tomar un calibre mas grueso, que sea inmediato superior al calibre utilizado, y volver a realizar el calculo hasta que se cumpla con esta disposición, el calibre que cumpla es el que utilizara en la instalación.

MEDICION DE UNA SUBESTACION

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

ENFRIAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR

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

MANTENIMEINTO DE UNA SUBESTACION

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

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

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

CRITERIOS PARA EL CALCULO DE LAS PROTECCIONES

a) Para motores:	0 a 7 1/2 HP	200% IN
	10 a 25 HP	165% IN
	30 en adelante	140 %IN
b) Para máquinas de soldar:		250% a 300% IN
c) Para aire acondicionado:		150% IN
d) Para alumbrado:		125% IN
e) Para capacitores		150% IN

FACTOR DE POTENCIA UTILIZADO EN LAS PRINCIPALES CARGAS DE UN CIRCUITO

Lamparas fluorescente _____	0.92 al 0.96
Lamparas incandescentes, resistencias _____	1.00
Motores eléctricos _____	0.85
Máquina de soldar _____	0.60
Aires acondicionados _____	0.85

TABLA A

EJEMPLO DE CALCULO DE LOS COMPONENTES DE UNA SUBESTACION

Determinar la potencia del transformador, los dispositivos de protección para una subestación ubicada en una empresa dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, la cual tiene las siguientes cargas:

- a).- 5 Motores de $\frac{3}{4}$ HP, Trifásico de 220v.
- b).- 2 Motores de 10 HP, trifásico de 220v.
- c).- 4 Maquinas de soldar de 5 KVA, Trifásico de 220v.
- d).- 1 Tablero de alumbrado de 10 KW, Trifásico de 220v.
- e).- 1 Tablero de alumbrado de 35 KW, Trifásico de 220v.
- f).- 2 Aires acondicionados de 3 TON. Trifásico de 220v.

Los motores se consideran con una eficiencia del 90%; se utiliza conductor con máxima temperatura de 75°C; se estima una temperatura ambiente de 35°C. Uno de los motores de 10 HP se encuentra a 50 m del lugar de la alimentación, verificar el calibre del conductor por caída de tensión.

EJEMPLO DE CALCULO DE LOS COMPONENTES DE UNA SUBESTACION

Se calculara la subestación eléctrica para una sala de compresores la cual consta de doce motores trifásicos de diferente capacidad los cuales se controlan de un centro de control de motores. También se cuenta con un tablero para el alumbrado y contactos.

A continuación se enlista una tabla de los diferentes equipos de que de consta la sección con sus capacidades de voltaje de alimentación, así como la distancia a la que se encuentra de sus centros de alimentación diagrama unifilar al final así como también tablas usadas para los cálculos de esta sección.

MOTOR	CAPACIDAD	VOLTAJE	DISTANCIA
COMP. 1	125	440	33
COMP. 2	125	440	29
COMP. 3	125	440	25
BOMB 1	25	440	23
BOMB 2	25	440	21
BOMB 3	25	440	19
VENT 1	3	440	17
VENT 2	3	440	12
VENT 3	3	440	7
VENT 4	3	440	10
VENT 5	3	440	15
VENT 6	3	440	12

CALCULO Y SELECCION DEL EQUIPO DE LOS MOTORES

CALCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL A PLENA CARGA DEL MOTOR.

Con los datos de la potencia del motor expresado en HP y el voltaje entre líneas del motor trifásico, si dichos motores no traen datos de placa consideraremos una eficiencia del 90% y un factor de potencia de .9 de atrasado (-) y con estos datos.

Se pueden obtener la corriente nominal a plena carga del motor mediante la formula:

$$I_{pcm} = \frac{0.746(HP)}{\sqrt{3} kV F_p E_f}$$

$$F_n = \frac{0.746H}{\sqrt{3}VF_pE_f}$$

CALCULO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION PARA CORTO CIRCUITO

Una vez obtenida la corriente a plena carga del motor seleccionaremos el interruptor termomagnético para lo cual deberemos clasificar los motores en tres grupos dependiendo su potencia donde su corriente nominal a plena carga se multiplicará para un factor de seguridad para seleccionar el interruptor. Los tres grupos son los siguientes:

- Motores pequeños 1-7 HP 200% I_n
- Motores medianos 10-25 HP 165% I_n
- Motores grandes 30 o más HP 140% I_n

Una vez multiplicada la corriente nominal por el factor de seguridad seleccionaremos la capacidad del interruptor termomagnético.

CALCULO DEL CONDUCTOR EN BAJA TENSION

Para escoger un calibre mínimo del conductor utilizaremos la corriente a plena carga del motor multiplicándola por 1.25 y después la afectaremos dividiéndola entre los factores de agrupamiento t de la temperatura. En nuestro caso utilizaremos cable tipo THW 90" y el rango de temperatura será de 31 a 40 grados centígrados.

Es importante saber si el cable está al aire libre, en tubo conduit o en charola.

$$I_{p/cable} = 125\% I_n \quad I_{p/cable} = \frac{I_{p/cable}}{\text{correg. (Ft)(FA)}}$$

$$I_{conductor} = 1.25 I_n \quad I_{conductor} / (FA * FT)$$

Con este valor de corriente de conductor seleccionaremos nuestro calibre de cable.

SOLUCION:

a).- 5 Motores de 3/4HP, Trifasico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{0.746 H}{\sqrt{3} V F_p E_f}$$

$$I_N = \frac{0.746 (3/4)}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)(0.90)}$$

$$I_N = 1.92 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = 125\% I_N$$

$$I_{P/CABLE} = 1.25(1.92\text{amps})$$

$$I_{P/CABLE} = 2.40\text{amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{CORREGIDA} \quad (FT)(FA)$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{(2.40\text{amps})}{(0.88)(1.00)}$$

FT = Factor de corrección por Temperatura

FA = Factor de corrección por Agrupamiento

Para detener el FT lo haremos con la Tabla #2, deteniendo este dato con la Temperatura ambiente del diseño que es de 35°C y con la temperatura máxima permisible en el aislamiento, dando como resultado un FT=0.88.

El FA lo ordenaremos de la Tabla #1, para obtener este valor solamente se requiere saber el de \neq de conductores que en este curso son 3, nos da un FA=1.00.

$$I_{P/CABLE} = 2.73 \text{ amps}$$

CORREGIDA

Con el valor de I_p /cable corregida y la temperatura a 73°C podemos obtener el número del calibre a utilizar con ayuda de la Tabla #3 dándonos un resultado del calibre número 12 y para el diámetro de la tubería se hará con ayuda de la Tabla #4, teniendo como datos el tipo de conductor, calibre del

conductor y si el número de conductores no se excede del que viene en la Tabla, la medida será la que se indica en la parte superior de la Tabla.

- Se obtiene un conductor calibre numero 12, en tubería de $\frac{1}{2}$ de diametro, aunque la corriente debido a que es el minimo calibre a utilizar.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$\begin{aligned} \text{IP/PROTEC.} &= 200\%I_N & \text{IP/PROTEC.} &= 2(1.92\text{amps}) \\ \text{IP/PROTEC.} &= 3.84 \text{ amps} \end{aligned}$$

Para saber que tipo de interruptor termomagnético utilizaremos, lo haremos con ayuda de la Tabla #5 y con el Valor de la I_p /protecc.

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 amps, en marco, tensión máxima 600 v, 250 Vcd.

$$\text{Tipo : } \frac{3 \times 15A}{100} \text{ FA}$$

CALCULO ARRANCADOR

El arrancador nos lo da la Tabla de acuerdo a los HP del motor. En este caso se escoge un arrancador a tensión plena no reversible tamaño NEMA 1 para motor de $\frac{3}{4}$ HP. Tabla 6

Para el cálculo de los elementos térmico multiplicamos la Inominal del motor por 1.15% de esta manera sabiendo que la Inominal es 1.92 Amp. tenemos:

IELEMENTO = 115%IN IELEMENTO = 1.15%(1.92amps)
 IARRANCADOR = 2.21 amp.

b).- 2 Motores de 10 HP, Trifasicos de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$IN = \frac{0.746 \text{ HP}}{\sqrt{3} \text{ V Fp Ef}} \quad IN = \frac{0.746(10)}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)(0.90)} \quad IN = 25.59 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = 125\%IN \quad IP/CABLE = 1.25(25.59\text{amp}) \quad IP/CABLE = 31.99\text{amp.}$$

$$IP/CABLE = \frac{IP/CABLE}{CORREGIDA} = \frac{31.99\text{amps}}{(0.88)(1.00)} = 36.35\text{amps.}$$

El valor del FI y FA se obtienen de la Tabla #2 y de la Tabla #1 respectivamente.

*Se obtiene un conductor calibre numero 8, en tuberia de 3/4 de diametro como mínimo.

El calibre del conductor y el diámetro de la tubería se obtienen de la Tabla #3 y de la Tabla #4 respectivamente.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$\begin{aligned} \text{IP/PROTEC.} &= 165\% \text{IN} & \text{IP/PROTEC.} &= 1.65(25.59\text{amps}) \\ \text{IP/PROTEC.} &= 42.22\text{amp} \end{aligned}$$

El interruptor termomagnético lo obtendremos de la Tabla #5.

- Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA capacidad interruptiva normal, 100 apms, en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

$$\begin{aligned} \text{Tipo : } & \underline{3 \times 50A} \quad \text{FA} \\ & 100 \end{aligned}$$

CALCULO DEL ARRANCADOR

El arrancador de la Tabla #6.

$$\begin{aligned} \text{IELEMENTO} &= 115\% \text{IN} & \text{IELEMENTO} &= 1.15(25.59\text{amps}) \\ \text{IELEMENTO} &= 29.43\text{amp.} \end{aligned}$$

*Verificación del calibre del conductor por caída de tensión para el motor que se encuentra a 50m del punto de alimentación.

Nota: El %V no debe ser mayor del 3%.

$$\begin{aligned} V &= \frac{F_c \times \text{IP/CABLE} \times \text{Long}}{1000} & V &= \frac{(2.55)(31.99)(50\text{mts})}{1000} & V &= 4.08 \\ \text{volts.} & & & & & \end{aligned}$$

El factor de caída de tensión (Fc) se obtiene de la Tabla #7, con los datos del calibre del conductor y el Fp=100%, siendo Fc=2.55 según la Tabla #7 y datos conocidos.

$$\%V = \frac{V_{v3}}{V_o} \times 100 \qquad \%V = \frac{(4.08)v3}{(220)} \times 100 \qquad \%V = 3.53\%$$

NO CUMPLE.

Por lo tanto se calcula para un calibre mas grueso : (calibre # 6)

$$V = \frac{F_c \times I_{P/CABLE} \times Long(mts)}{1000} \qquad V = \frac{(1.60)(31.99)(50mts)}{1000} \qquad V = 2.56 V.$$

Siendo $F_c=1.60$ según la Tabla #7.

Por lo tanto se calcula para un calibre mas grueso: (Calibre # 6)

$$V = \frac{F_c \times IP/CABLE \times Long(mts)}{1000} \qquad V = \frac{(1.60)(31.99)(50m)}{1000} \qquad V = 2.56 Volt$$

$$\%V = \frac{V_{v3}}{V_o} \times 100 \qquad \%V = \frac{(2.56)v3}{(220)} \times 100 \qquad \%V = 2.51\%$$

SI SE CUMPLE.

Dando como resultado que para este motor se utilizara conductor calibre # 6

c).- 4 Maquinas de soldar de 5 KVA, Trifasico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{KVA}{v3 V} \qquad I_N = \frac{5KVA}{v3(0.22)} \qquad I_N = 13.12amps.$$

$$IP/CABLE = 125\% \qquad IP/CABLE = 1.25(13.12amp) \qquad IP/CABLE = 16.40amps.$$

$$IP/CABLE = \frac{IP/CABLE}{18.64\text{amps}} \quad IP/CABLE = \underline{816.40\text{amp}} \quad IP/CABLE =$$

$$CORREGIDA \quad (FT)(FA) \quad (0.88)(1.00) \quad CORREGIDA$$

El valor del FI y Fa se obtienen de la Tabla #2 y de la Tabla #1 respectivamente.

El Calibre del conductor y el diámetro de la tubería se obtienen de la Tabla #3 y de la Tabla #4 respectivamente.

*Se obtiene un conductor calibre # 12, en tubería de ½” de diámetro, como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$IP/PROTEC. = 300\%IN \quad IP/PROTEC. = 3(13.12\text{amps}) \quad IP/PROTEC. = 39.36 \text{ amps.}$$

El interruptor termomagnético lo obtendremos de la Tabla #5.

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal 100 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

$$\frac{\text{Tipo 3 x 40A}}{100}$$

d).- 1 Tablero de alumbrado de 10 KW, Trifásico de 220 v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$IN = \frac{KW}{\sqrt{3}VFp} \quad IN = \frac{(10KW)}{\sqrt{3}(0.22)(0.92)} \quad IN = 28.53 \text{ amps.}$$

El factor de potencia se obtiene de la Tabla A.

$$IP/CABLE = 125\%IN \quad IP/CABLE = 1.25(28.53Aamp) \quad IP/CABLE = 3.66 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = \frac{IP/CABLE}{CORREGIDA} \quad IP/CABLE = \frac{(35.35amps)}{CORREGIDA} \quad IP/CABLE = 40.52 \text{ amps.}$$
$$CORREGIDA \quad (FT)(FA) \quad CORREGIDA \quad (0.88)(1.00)$$

El valor del FI y Fa se obtienen de la Tabla #2 y de la Tabla #1 respectivamente.

El Calibre del conductor y el diámetro de la tubería se obtienen de la Tabla #3 y de la Tabla #4 respectivamente.

*Se obtiene un conductor calibre # 8, en tubería de 3/4" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$IP/PROTEC. = 125\%IN \quad IP/PROTEC. = 1.25(28.53amps) \quad IP/PROTEC. = 35.66 \text{ amps.}$$

El interruptor termomagnético lo obtendremos de la Tabla #5.

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 apms en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

$$\text{Tipo: } \frac{3 \times 40A \text{ FA}}{100}$$

e).- Tablero de alumbrado de 35 KW, Trifásico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$IN = \frac{KW}{\sqrt{3}VFp} \quad IN = \frac{(35KW)}{\sqrt{3}(0.22)(0.92)} \quad IN = 99.84 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = 125\%IN \quad IP/CABLE = 1.25(99.84 \text{ amp}) \quad IP/CABLE = 124.80 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = \frac{IP/CABLE}{CORREGIDA (FT)(FA)} \quad IP/CABLE = \frac{(124.80\text{amp})}{(0.88)(1.00)} \quad IP/CABLE = 141.82 \text{ amps.}$$

El valor del FI y Fa se obtienen de la Tabla #2 y de la Tabla #1 respectivamente.

El Calibre del conductor y el diámetro de la tubería se obtienen de la Tabla #3 y de la Tabla #4 respectivamente.

*Se obtiene un conductor calibre # 10, en tubería de 2" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$IP/PROTEC. = 125\%IN \quad IP/PROTEC.= 1.25(99.84\text{amp}) \quad IP/PROTEC. = 124.80 \text{ amps.}$$

El interruptor termomagnético lo obtendremos de la Tabla #5.

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 225 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

Tipo: $\frac{3 \times 125A \text{ FA}}{225}$

f).- 2 Aires acondicionados de 3 TON. Trifásicos de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR:

1 TON = 1900 Watts.

$$IN = \frac{KW}{\sqrt{3}VFp} \quad IN = \frac{(1.9)(3Ton)}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)} \quad IN = 17.60 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = 125\%IN \quad IP/CABLE = 1.25(17.60amp) \quad IP/CABLE = 22.00 \text{ amps.}$$

$$IP/CABLE = \frac{IP/CABLE}{CORREGIDA (FT)(FA)} \quad IP/CABLE = \frac{22.00amp}{(0.88)(1.00)} \quad IP/CABLE = 25.00 \text{ amps.}$$

El valor del FI y Fa se obtienen de la Tabla #2 y de la Tabla #1 respectivamente.

El Calibre del conductor y el diámetro de la tubería se obtienen de la Tabla #3 y de la Tabla #4 respectivamente.

*Se obtiene un conductor calibre # 10, en tubería de ¾" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$IP/PROTEC. = 150\%IN \quad IP/PROTEC. = 1.50(17.60 amp) \quad IP/PROTEC. = 26.40 \text{ amps.}$$

El interruptor termomagnético lo obtendremos de la Tabla #5.

***Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.**

Tipo: $\frac{3 \times 30A}{100}$ FA

BIBLIOGRAFIA

Normas Técnicas para Instalaciones Elécticas
Editorial Font, S.A.

Electricidad, Fundamentos y Aplicaciones
Autor: Shrader
Editorial Mc. Graw Hill

Sistemas Eléctricos de Potencia
Autor: Syed A. Nasar
Editorial Mc. Graw Hill

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

Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica
Autor: Gilberto Enriquez Harper
Editorial Limusa

El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales
Autor: Gilberto Enriquez Harper
Editorial Limusa

CALCULO DEL TRANSFORMADOR

$$KVA_{TRANS.} = KVA_{INST. (FD)} + (20\% \text{ al } 30\%) KVA_{INST.}$$

DONDE:

FA=ES EL FACTOR DE DEMANDA

Y ESTE FACTOR LO DETENDREMOS DE LA TABLA #8 SABIENDO QUE EL DISEÑO SE HARA PARA UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS.

* MOTORES :

$$\xi \text{ HP} = 5(3/4 \text{ HP}) + 2(10 \text{ HP})$$

$$\xi \text{ HP} = 23.75 \text{ HP}$$

$$\Phi = \text{Cos} (F_p)$$

$$\Phi = \text{Cos} (0.85)$$

$$\Phi = 31.79^\circ$$

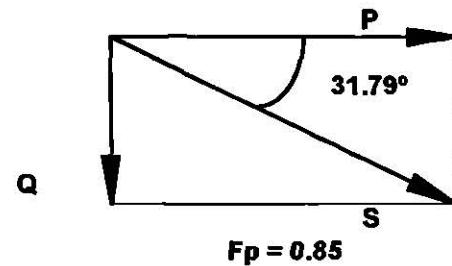
$$P = 23.75 (0.746 \text{ HP})$$

$$P = 17.72 \text{ KW}$$

$$Q = P \text{ Tang } \Phi$$

$$Q = 17.72 (\text{Tang } 31.79^\circ)$$

$$Q = 10.98 \text{ KVAR}$$



MAQUINAS DE SOLDAR :

$$P = S F_p$$

$$P = 20(0.60)$$

$$P = 12 \text{ KW}$$

$$\alpha = \text{Cos } F_p$$

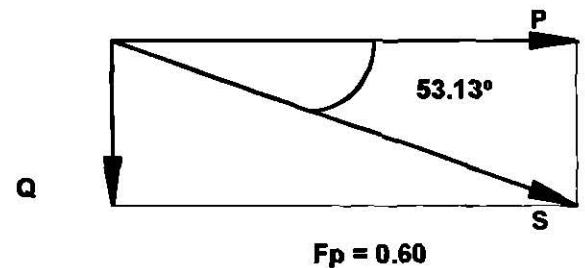
$$\alpha = \text{Cos} (0.60)$$

$$\alpha = 53.13^\circ$$

$$Q = P \text{ TAN } \alpha$$

$$Q = 12(\text{TAN } 53.13^\circ)$$

$$Q = 16 \text{ KVAR}$$



*** TABLEROS DE ALUMBRADO :**

$$P = (10+35)KW$$

$$P = 45 KW$$

$$Q = P \tan \beta$$

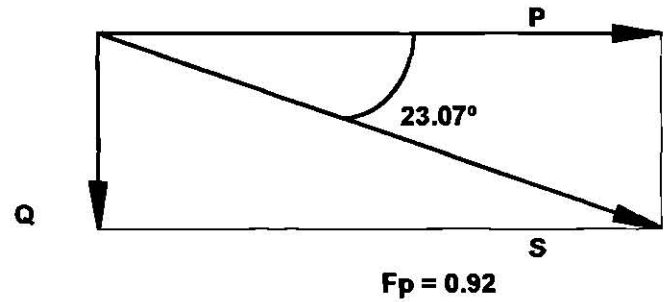
$$Q = 45(\tan 23.07)$$

$$Q = 19.17 KVAR$$

$$\beta = \cos F_p$$

$$\beta = \cos(0.92)$$

$$\beta = 23.07^\circ$$



*** AIRES ACONDICIONADOS :**

$$P = 1.9KW(6Ton)$$

$$P = 11.40 KW$$

$$Q = P \tan \gamma$$

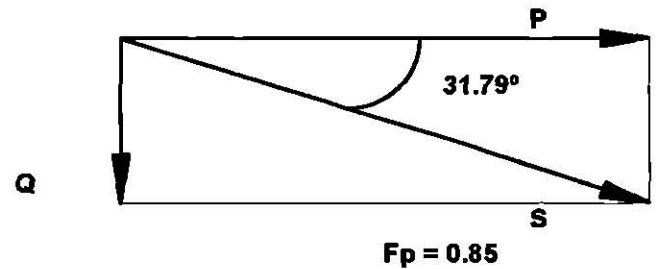
$$Q = 11.40 (\tan 31.79^\circ)$$

$$Q = 7.0 KVAR$$

$$\gamma = \cos (F_p)$$

$$\gamma = \cos (0.85)$$

$$\gamma = 31.79^\circ$$



SUMATORIA DE CARGAS :

$$\xi P = 17.72 + 12.00 + 45.00 + 11.40$$

$$\xi P = 86.12 KW$$

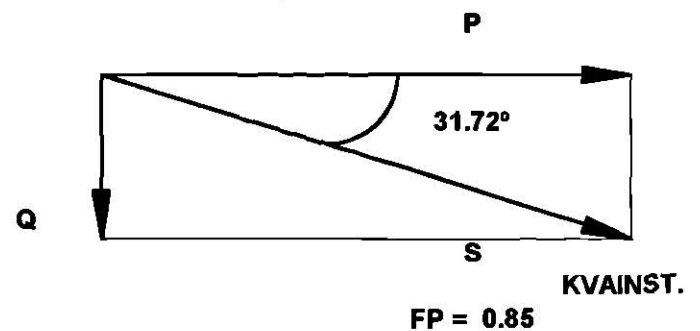
$$\xi Q = 10.98 + 16.00 + 19.17 + 7.07$$

$$\xi Q = 53.22 KVAR$$

$$KVA_{INST.} = (\xi P) + (\xi Q)$$

$$KVA_{INST.} = (86.12) + (53.22)$$

$$KVA_{INST.} = 101.24 KVA$$



$$KVA_{TRANS.} = KVA_{INST.}(FD) + (20\% \text{ al } 30\%)KVA_{INST.}$$

$$KVA_{TRANS.} = (101.24)(0.50) + 30\%(101.24)$$

$$KVA_{TRANS.} = 80.99 \text{ KVA}$$

APOYANDONOS DE LA TABLA #9 Y CON EL VALOR DE LOS KVA TRANS.

OBTENEMOS UN VALOR INMEDIATO SUPERIOR QUE SEA ESTANDAR DEL TRANSFORMADOR = 80.99 KVA.

TRANSFORMADOR DE 112.5 KVA , TRIFASICO DE 220/127 V ., 5 TAPS , DELTA - ESTRELLA.

**FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO
PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT**

NUMERO DE CONDUCTORES	FACTOR
1 a 3	1.00
4 a 24	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y mas	0.50

TABLA #1

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE *

TEMPERATUR A AMBIENTE	TEMPERATURA MAXIMA 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			

TABLA #2

CAPACIDAD DE CORRIENTES DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS (AMP)

Ta = 30° C

TEMPERATURA MAXIMA DEL AISLAMIENTO	60° C		75° C		85° C		90° C	
	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE
TIPOS	THWN, RUW, T, TW TWD, MTW		RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS FEP, THW, RHH, EP, THHN, MTW, XHHW	
CALIBRE AWG 6 MCM	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE
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	0	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1/0	125	195	150	230	155	245	155	245
2/0	145	225	175	265	185	285	185	285
3/	165	260	200	310	210	330	210	330
4/0	195	300	230	360	235	365	235	365
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	370	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	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	950	535	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

TABLA #3

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES QUE SE PUEDEN ALOJAR EN TUBERIA CONDUIT

TIPO DEL CONDUCTOR	CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG ó MCM	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO												
		1/2" 13mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 32 mm	1 1/2" 38 mm	2" 51 mm	2 1/2" 63 mm	3" 76 mm	3 1/2" 89 mm	4" 102 mm			
T	14	8	14	22	39	54		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
TW	12	6	11	17	30	41	68	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
THW	10	4	8	13	23	32	52	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	8	2	4	7	13	17	28	40	*****	*****	*****	*****	*****	*****
RHW Y RHH (sin cubierta exterior)	14	5	9	15	26	36	59	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	12	4	7	12	21	29	47	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	10	3	6	9	17	23	38	53	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	*****	*****	*****	*****	*****
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	*****	*****	*****	*****
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	*****	*****	*****
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	*****	*****	*****
	1/0	*****	1	1	2	3	5	8	12	16	21	*****	*****	*****
	2/0	*****	1	1	1	3	5	7	10	14	18	*****	*****	*****
	3/0	*****	1	1	1	2	4	6	9	12	15	*****	*****	*****
	4/0	*****	1	1	1	1	3	5	7	10	13	*****	*****	*****
	250	*****	*****	1	1	1	2	4	6	8	10	*****	*****	*****
	300	*****	*****	*****	1	1	2	3	5	7	9	*****	*****	*****
	350	*****	*****	*****	1	1	1	3	4	6	8	*****	*****	*****
	400	*****	*****	*****	1	1	1	2	4	5	7	*****	*****	*****
	500	*****	*****	*****	1	1	1	1	3	4	6	*****	*****	*****

TABLA DE FACTORES DE CAIDA DE TENSION UNITARIO PARA CABLES DE COBRE

CALIBRE	Tc = 75° C						Tc = 90° C					
	Fp = 80 %			Fp = 100 %			Fp = 80 %			Fp = 100 %		
	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO
AWG - MCM	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO	METALICO	NO	METALICO
20	33.13	33.12	41.3	41.3	41.3	34.73	34.73	34.73	34.73	43.3	43.3	43.3
18	20.86	20.86	26	26	26	21.87	21.87	21.87	21.87	27.3	27.3	27.3
16	13.14	13.4	16.3	16.3	16.3	13.78	13.78	13.78	13.78	17.1	17.1	17.1
14	8.31	8.31	10.3	10.3	10.3	8.7	8.7	8.7	8.7	10.76	10.76	10.76
12	5.25	5.25	6.47	6.47	6.47	5.5	5.5	5.5	5.5	6.77	6.77	6.77
10	3.32	3.32	4.06	4.06	4.06	3.48	3.48	3.48	3.48	4.26	4.26	4.26
8	2.12	2.12	2.55	2.55	2.55	2.22	2.22	2.22	2.22	2.68	2.68	2.68
6	1.35	1.35	1.6	1.6	1.6	1.42	1.42	1.42	1.42	1.68	1.68	1.68
4	0.874	0.874	1.01	1.01	1.01	0.914	0.914	0.914	0.914	1.06	1.06	1.06
2	0.574	0.57	0.637	0.637	0.637	0.599	0.599	0.599	0.599	0.667	0.667	0.667
1/0	0.388	0.381	0.4	0.4	0.401	0.403	0.403	0.397	0.397	0.419	0.42	0.42
2/0	0.32	0.312	0.316	0.316	0.317	0.333	0.333	0.325	0.325	0.332	0.333	0.333
3/0	0.268	0.26	0.261	0.261	0.253	0.238	0.238	0.27	0.27	0.274	0.265	0.265
4/0	0.225	0.217	0.21	0.21	0.212	0.233	0.233	0.225	0.225	0.22	0.211	0.211
250	0.201	0.193	0.178	0.178	0.171	0.208	0.208	0.2	0.2	0.189	0.179	0.179
300	0.178	0.17	0.151	0.151	0.141	0.184	0.184	0.175	0.175	0.158	0.15	0.15
350	0.162	0.154	0.131	0.131	0.124	0.167	0.167	0.159	0.159	0.137	0.13	0.13
400	0.151	0.142	0.116	0.116	0.11	0.157	0.157	0.146	0.146	0.121	0.115	0.115
500	0.145	0.125	0.095	0.095	0.109	0.138	0.138	0.128	0.128	0.099	0.094	0.094
600	0.124	0.114	0.081	0.081	0.076	0.128	0.128	0.117	0.117	0.084	0.08	0.08
750	0.144	0.103	0.68	0.68	0.064	0.116	0.116	0.105	0.105	0.07	0.066	0.066
1000	0.105	0.093	0.054	0.054	0.052	0.107	0.107	0.094	0.094	0.056	0.054	0.054

FACTOR DE DEMANDA

COMERCIAL

INDUSTRIAL

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

TABLA #8

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION			TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE POTENCIA		
ALTO VOLTAJE NOMINAL	BAJO VOLTAJE NOMINAL	KVA	ALTO VOLTAJE NOMINAL	BAJO VOLTAJE NOMINAL	KVA
480	220/127	9	2400	480	750
		15		480/277	1000
		30		600	1500
		45		480	750
2400	220/127 440/254 600	9	4160	480/277	1000
		15	6600	600	1500
		30	10800	480	750
		45		480/277	1000
		75		600	1500
		112.5		2400/4160 Y	2000
		150	12000	750	2500
		225	13200	1000	3750
		300	13800	1500	5000
		500	15000	2000	750
4160 6600	220/127 440/254 600	9	20000 22900	2400/4160 Y	1000
		15			1500
		30			2000
		45			2500
		75			3750
		112.5			5000
		150			750
		225			1000
		300			1500
		500			2000
10800 12000 13200 10800 12000	220/127 440/254 600	9	33000 34500	2400/4160 Y	1000
		15			1500
		30			2000
		45			2500
		75			3750
		112.5			5000
		150			1000
		225			1500
		300			2000
		500			2500
20000 22900	220/127 440/254 600	112.5	67000 68000	2400/4160 Y	3750
		150			5000
		225			1000
		300			1500
		500			2000
		150			2500
		225			3750
		300			5000
		500			1500
		500			2000
33000 34500	220/127 440/254 600	112.5	CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS EN KVA	10800	1500
		150			2000
		225			2500
		300			3750
		500			5000
		150			1500
		225			2000
		300			2500
		500			3750
		500			5000
10000 13200 13800 15000	2400 4160 6600	150	TABLA #9	12000	2000
		225			2500
		300			3750
		500			5000
		500			5000

CLASE	DIMENSIONES (m.m.)			PESO (KG)
	A	B	C	
AR-3	112.87	123.63	236.5	2.5
AR-6	141.48	123.63	265.11	2.8
AR-7.5/8	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-9/10	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-12	238.13	173.03	411.16	4.4
AR-15	292.12	187.30	479.43	5.0
AR-18	293.71	204.76	496.47	5.2
AR-21	349.28	215.87	565.15	5.8
AR-24	382.65	244.41	627.06	6.4
AR-27	426.64	274.46	703.1	7.5
AR-30	468.10	301.51	769.62	9.3

TABLA #10

