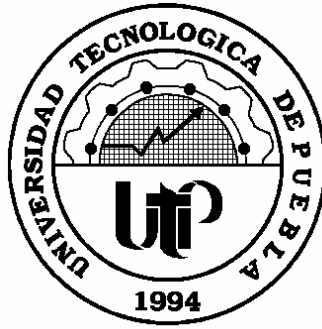




Universidad Tecnológica de Puebla

Subestaciones eléctricas

Manual de asignatura

Carrera

Electricidad y Electrónica Industrial

Programa 2004

Créditos

Elaboró: Ing. Reyes González Olguín

Revisó: Comisión revisora.
MC Carlos Morcillo Herrera.
Ing. Julio Francisco Curioca Vega.
Ing. Rafael López Sandoval.
Ing. Javier Arredondo Guzmán.

Colaboradores:

Autorizó:

Contenido

Objetivo general

Seleccionar e instalar los elementos que componen una subestación eléctrica

Habilidades por desarrollar en general

Comprender la importancia de contar con todos los elementos tanto técnicos como normativos para el diseño e instalación de una subestación, independientemente de cual sea su tipo o capacidad de carga.

	Teoría	Horas Práctica	Total	Página
I Elementos de Subestaciones Eléctricas	3	6	9	3
II Diagramas Unifilares	2	8	10	6
III Sistemas de Tierras	7	12	19	14
IV Especificaciones de Equipo	4	13	17	30
V Diseño de Locales	4	12	16	51
VI Disposiciones Normativas	2	2	4	60
Guía de practicas				75

I

Elementos de Subestaciones Eléctricas

Objetivo particular de la unidad

Identificar y describir las características de los tipos de subestaciones eléctricas de acuerdo al tipo del que se trate.

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender y aplicar el concepto de subestación eléctrica para su diseño.

Saber en la Teoría (3 hrs.)

I.1 Definiciones de Subestación Eléctrica

- Conjunto de transformadores, convertidores, interruptores, etc., destinados a la alimentación de una red de distribución de energía eléctrica. Edificio o ubicación al exterior donde la energía eléctrica de un sistema de potencia se transforma, convierte, controla, etc.
- Conjunto de aparatos y dispositivos de transformación, conversión y distribución de energía eléctrica, instalados en un edificio o al aire libre y cuya misión es alimentar una red eléctrica.
- Conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (voltaje y corriente) y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

I.2 Reconocer los diferentes tipos de subestaciones y sus elementos constitutivos

Entre las subestaciones eléctricas, tenemos las siguientes clasificaciones:

- Por su operación:
 - De corriente alterna
 - De corriente continua
- Por su servicio:
 - Primarias:
 - Elevadoras
 - Receptoras reductoras
 - De enlace o distribución
 - De maniobra
 - Convertidoras o rectificadoras
 - Secundarias:
 - Receptoras
 - Reductoras
 - Elevadoras
 - Distribuidoras
 - De enlace

Convertidoras o rectificadoras

- Por su construcción:
 - Tipo Intemperie
 - Tipo Interior
 - Tipo Blindado
- Subestación receptora y de enlace:

Cuando se interconecta a una o varias subestaciones que permiten el respaldo de suministro eléctrico

- Subestación transformadora:

Destinada a modificar los parámetros eléctricos de entrada y salida del sistema

- Subestación convertidora:

Destinada a convertir la corriente alterna en corriente continua, o viceversa.

- Subestación distribuidora:

Destinada a distribuir la energía eléctrica sin modificar sus características eléctricas

1.2 1.- Elementos que constituyen una subestación.

Se pueden clasificar en :

Elementos Principales o Primarios:

- Transformador
- Interruptor de potencia
- Restaurador
- Cuchillas fusible
- Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba
- Apartarrayos
- Tablero dúplex de control
- Condensadores
- Transformadoras de instrumento

Elementos Secundarios:

- Cables de potencia
- Cables de control
- Alumbrado
- Estructura
- Herrajes
- Equipo contra incendio
- Equipo de filtrado de aceite
- Sistema de tierra
- Carrier
- Intercomunicación
- Trincheras, ductos, conducto, drenajes.
- Cercas.

Saber Hacer en la practica (6 hrs.)

1.3.- IDENTIFICAR LOS TIPOS DE SUBESTACIONES

(Receptoras, de Distribución, Enlace Y Transmisión).

Mediante visitas programadas a las subestaciones existentes en la localidad explicar los diferentes tipos de subestaciones resaltando la ubicación de los elementos principales, el objetivo de la subestación , tipos de protecciones existentes , control de parámetros eléctricos , etc para reforzar el conocimiento practico del alumno

II

DIAGRAMAS UNIFILARES

Objetivo particular de la unidad

Diferenciar los componentes de una subestación eléctrica utilizando un diagrama unifilar eléctrico

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender y aplicar el concepto de diagrama unifilar para la clasificación de una subestación eléctrica.

Saber en la Teoría (2 hrs.)

II.1.- Definición de Diagrama Unifilar.- Esquema gráfico que indica por medio de líneas sencillas y símbolos eléctricos la interconexión y componentes de una red eléctrica.

II.2.- Identificar los diferentes símbolos eléctricos de un diagrama unifilar

A continuación se muestran los símbolos más comúnmente empleados en la representación esquemática de las instalaciones eléctricas.

FUSIBLE

Dispositivo protector que contiene un pequeño trozo de alambre especial que funde cuando la intensidad que circula por él durante un período determinado de tiempo excede de un valor establecido



Fusible *



Fusible



Fusible



Fusible



Fusible



Fusible de operación lenta



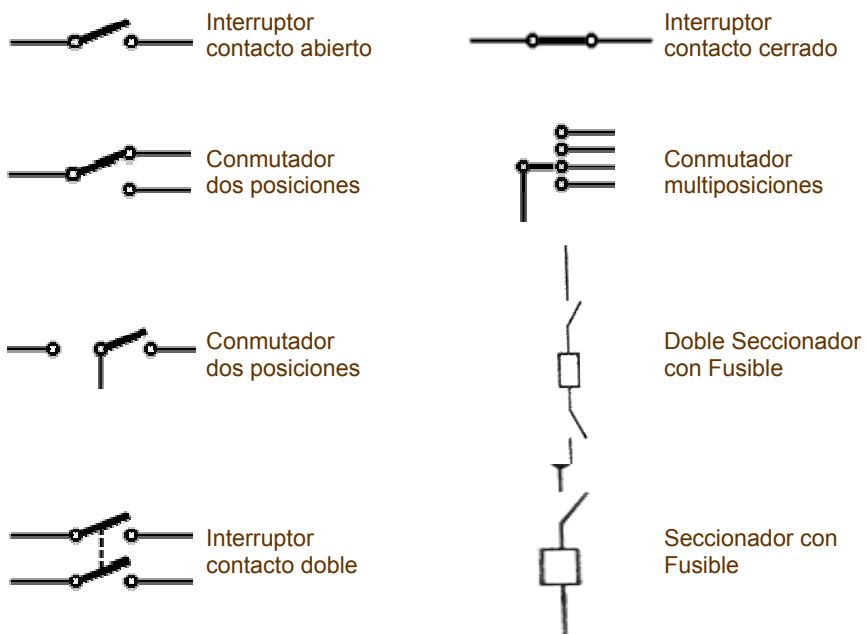
Fusible de operación rápida



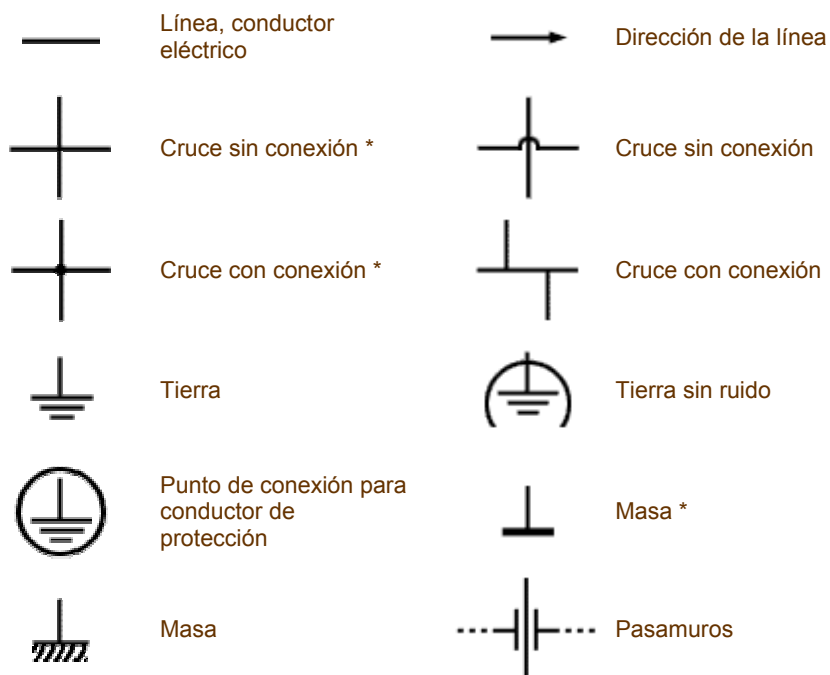
El lado ancho, es el lado de la red

INTERRUPTOR

Dispositivo eléctrico, electrónico o mecánico diseñado para interrumpir el paso de la corriente eléctrica en un circuito.

**CONDUCTOR**

Material que conduce electricidad con facilidad, como ciertos metales, electrólitos y gases ionizados. | Línea: zona física que forma el conductor





Línea aérea con
conductores desnudos



Línea aérea con
conductores aislados

GENERADOR

Dispositivo que sirve para transformar cualquier tipo de energía, en energía eléctrica.



Generador
símbolo general



Generador
sinusoidal *



Generador
símbolo general



Generador
sinusoidal
de frecuencias bajas



Generador sinusoidal
de frecuencias
medias



Generador
sinusoidal
de frecuencias altas

RESISTENCIA. Resistor

Componente fabricado específicamente para ofrecer un valor determinado de resistencia al paso de la corriente eléctrica



Resistencia
símbolo general *



Resistencia
símbolo general



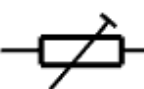
Resistencia
no reactiva *



Resistencia
no reactiva



Resistencia
variable *



Resistencia
ajustable *



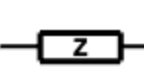
Resistencia
variable



Resistencia
ajustable



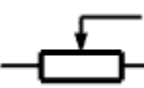
Potenciómetro



Impedancia



Resistencia variable
por escalones

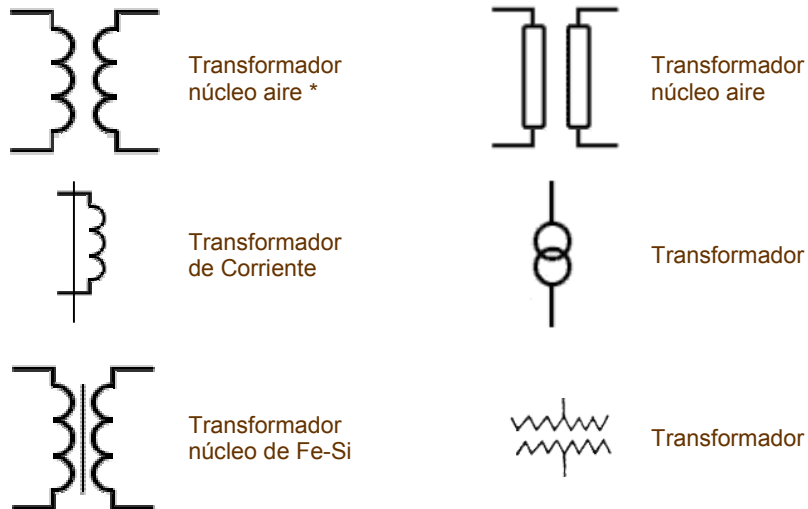


Potenciómetro
de contacto móvil

TRANSFORMADOR

Componente que consiste en dos o más bobinas acopladas por inducción magnética. Se

utiliza para transferir energía eléctrica.



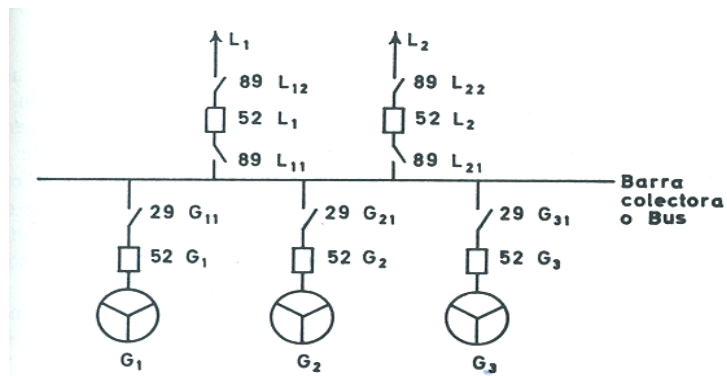
Saber Hacer en la practica (8 hrs.)

II.3.- Diseñar e interpretar un diagrama unifilar

Para Subestaciones Elevadores

- **Conexión directa a barras**

Se usan para 1 ó varios generadores conectados directamente al bus por medio de interruptores por lo tanto las líneas operan a tensiones nominales de generación: 4.16,6.6,13.8 kv y se usa para distribución urbana para capacidad no mayores de 10 MVA. La corriente de cortocircuito es muy elevada debido a la poca limitación.

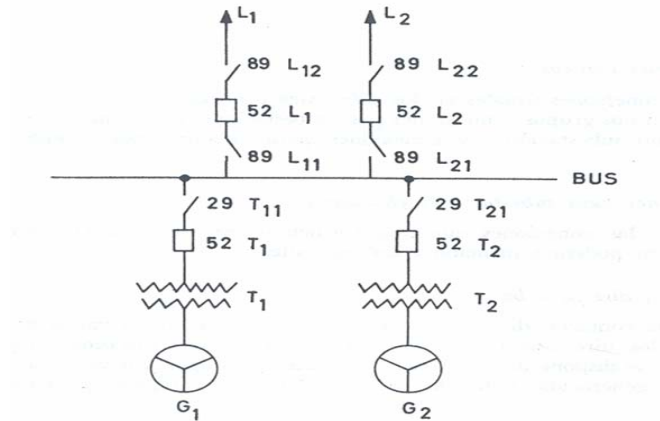


- **Conexión bloque o unidad**

Esta conexión se realiza cuando los generadores se encuentra conectados al bus con un transformador de por medio.

Esta conexión es la más empleada y se usa en aquellos casos en que la tensión de transmisión es mayor a la de generación.

El generador tiene mayor protección contra corriente de cortocircuito debido a la reactancia de dispersión de los transformadores. Se usan para transmitir potencia mayor a 15 MVA.

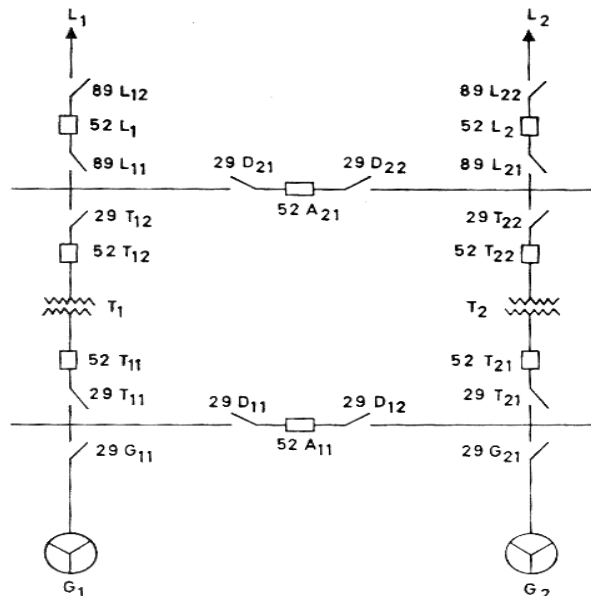


II.4.- Clasificar una subestación eléctrica en base al diagrama unifilar

- **Conexión para alimentación a dos tensiones mayores que la tensión de generación**

En estos casos se recomienda el uso de transformadores con devanado terciario, que resulta más económico que el empleo de dos transformadores de dos devanados ; además este tipo de conexión requiere de menor cantidad de equipo auxiliar.

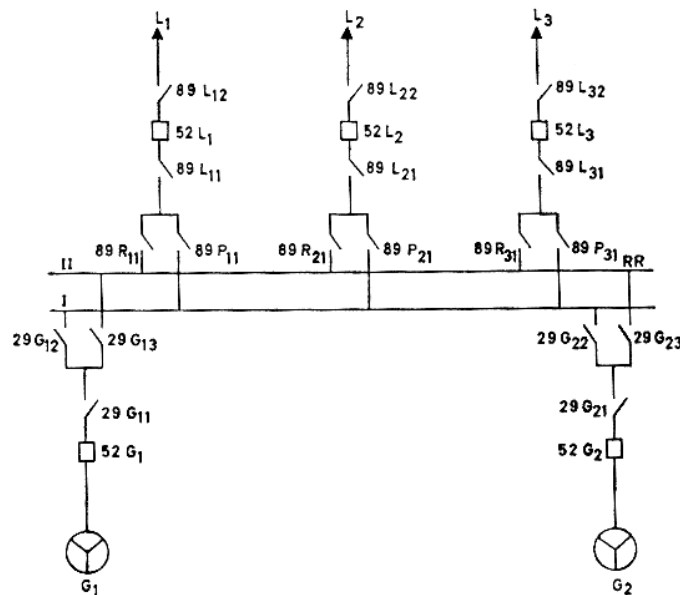
En capacidades relativamente altas y que requieran continuidad en el servicio es recomendable emplear dos o más transformadores (con devanado terciario) en paralelo, con objeto de dividir la carga.



- **Conexión con doble barra (doble bus) e interruptor de amarre**

En los casos en que sea necesario pasar de una barra a otra sin interrumpir el servicio, o alimentar por cualquiera de las líneas de salida (o llegada) sin interrupciones, al sistema de doble barra se le adapta un interruptor de amarre entre las dos barras.

Las conexiones para subestaciones receptoras son en general las mismas que para las subestaciones elevadoras.



II.5.- Explicar el funcionamiento de una subestación en base al diagrama unifilar

Con el siguiente ejemplo se explica el funcionamiento de la subestación eléctrica, analizando los diagramas unifilares que se muestra, analizando cada una de las vistas e integrando a cada una de ellas la explicación de los elementos y la función de cada uno de ellos para el funcionamiento

En esta grafica se muestra el diagrama unifilar de las subestaciones de 85 kv. en donde se observan los arreglos eléctricos.

Se incluyen referencias numéricas dentro de círculos, los cuales se encuentran descritos en la siguiente tabla que relaciona equipo y materiales para la construcción de la subestación.

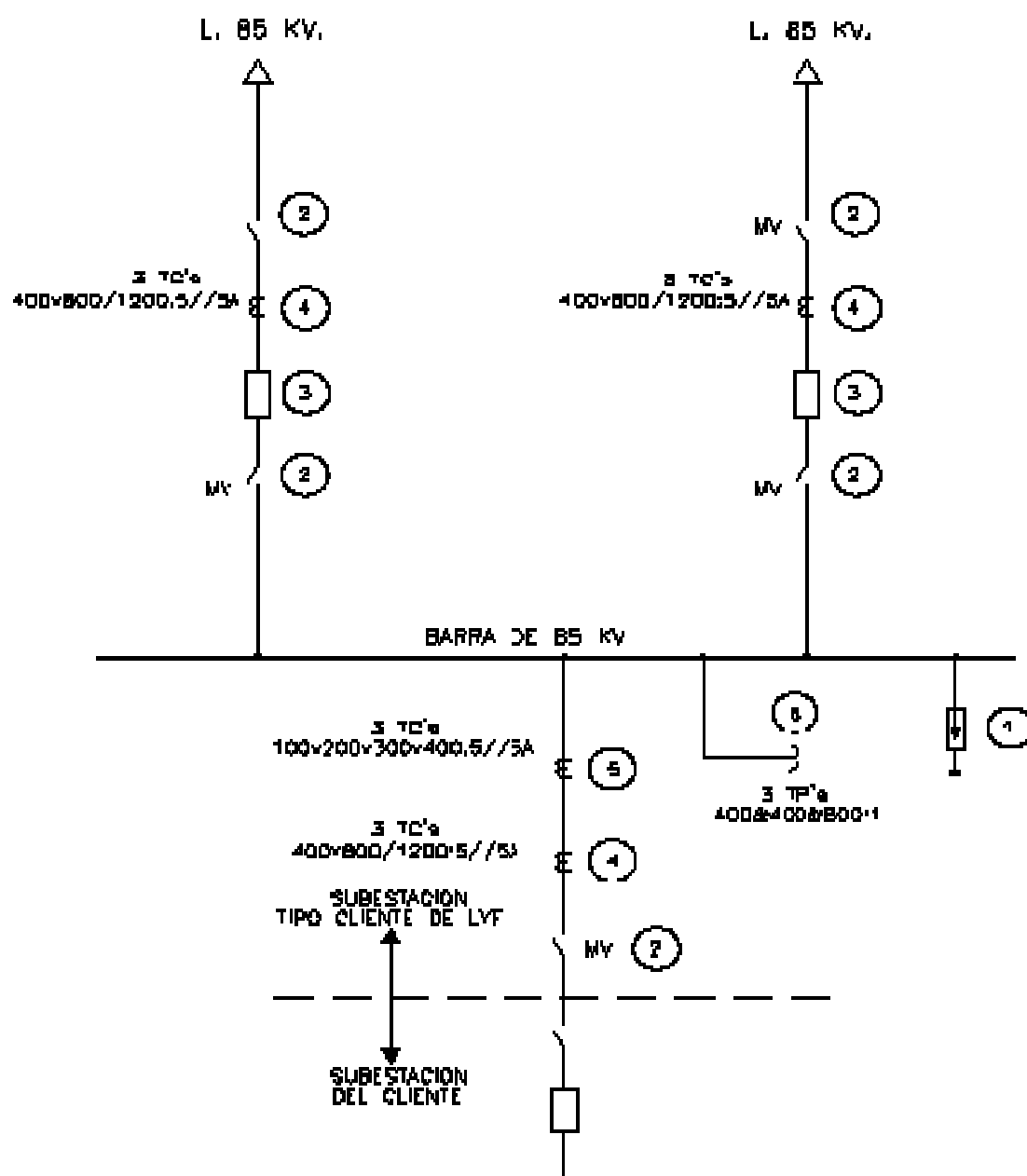


DIAGRAMA UNIFILAR

En esta tabla se puede apreciar la cantidad necesaria de cada uno de los elementos que conforman la subestación, se incluye una breve descripción y la especificación LyF normalizada y relacionada con el equipo.

Cantidad	Unidad	Descripción	Especificación LFC	Clasificación
3	Pieza	Apartarrayos de 85 Kv	LFC-ING-006	1
5	Juego	Cuchilla desconectada de 85 Kv, 1600 AMP. Montaje vertical, operación eléctrica	LFC-ING-052	2
2	Pieza	Interruptor de potencia de 85 Kv, 1000 amp. 40 KA.	LFC-ING-017	3
9	Pieza	TC's de 85 Kv, 400 x 800 / 1200:5//5, intemperie	LFC-ING-007	4
3	Pieza	TC's de 85 Kv, 100 x 200 x 300 x 400:5//5, intemperie	LFC-ING-007	5
3	Pieza	TP's de 85 Kv, 400 & 400 & 800:1, intemperie	LFC-ING-008	6
1	Lote	Material para sistema de tierras	LFC-ING-035	Varios
2	Pieza	Tablero de CPM para línea con fibra óptica y sobrecorriente direccional.	LFC-ING-	Salón Tableros
1	Lote	Equipo de alumbrado	LFC-ING-	Varios
1	Lote	Cable de Control	LFC-ING-005	Varios
1	Lote	Herrajes y conectores	LFC-ING-028	Varios
1	Pieza	Equipo terminal óptico	LFC-ING-	Salón Tableros
1	Pieza	Tablero servicio de estación cliente	LFC-ING-040	Salón Tableros
1	Pieza	UTR, Tipo Cliente	LFC-ING-	Salón Tableros

III

SISTEMAS DE TIERRAS

Objetivo particular de la unidad

Valorar los parámetros de un sistema de tierras de una subestación eléctrica utilizando el método simplificado

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender y aplicar el concepto de sistemas de tierra, analizando las características de cada una y realizando cálculos de tensiones y sistemas de tierra.

Saber en la Teoría (7 hrs.)

III.1.- Definir el objetivo de una conexión a tierra.

El objetivo de una conexión a tierra es facilitar el paso de corriente del sistema de potencia a tierra en caso de falla; la oposición que presenta a la circulación de esta corriente se llama resistencias de tierra.

La resistencia eléctrica total del sistema de tierra, debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman al sistema) menor a 25 OHMS, para subestaciones hasta 250 KVA y 34.5 KV., 10 ohms en subestaciones mayores a 250 KVA hasta 34.5 KV y de 5 ohms, en subestaciones que operen con tensiones mayores a los 34.5 KV.

III.2.- Discutir las características de una conexión a tierra.

Las características de una conexión a tierra, varían con la composición y el estado físico del terreno, así como la extensión y configuración de las mala de tierra.

Las características de una conexión a tierra, varían con las estaciones del año, las cuales se producen cambios en la temperatura, contenido de humedad y composición del terreno.

La construcción de redes de tierra tiene por objeto reducir la resistencia de tierra; esta red se encuentra formada por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 30 a 50 centímetros, espaciados en forma uniforme y conectados a varilla de 3 metros de longitud.

Sobre este tema, la NOM-001-SEDE-1999 señala en su capítulo para subestaciones, que el área de la sección transversal mínima de los conductores para una malla de tierra es de 107.2 mm^2 (4/0 AWG).

Las funciones de la red de tierra son las siguientes:

- a) Conducir o drenar a tierra las corrientes producidas por sobretensiones.
- b) Evitar sobrevoltajes peligrosos que pongan en riesgo la seguridad del personal.
- c) Para la operación del sistema eléctrico como son las conexiones de los neutros de equipo, evita sobrevoltaje que resulten peligrosos para los mismos y al personal
- d) Conexiones a tierra que se realicen temporalmente durante maniobras o mantenimiento de la instalación.
- e) La disponibilidad de una conexión a tierra para descargas atmosféricas.

DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTES EN LA MALLA

No todos los conductores de la malla drenan al suelo la misma corriente por unidad de longitud.

Los conductores periféricos son los que más drenan, mientras que los interiores drenan sensiblemente menos que el valor medio.

Esto justifica que en ciertos diseños se observe que el mallado no es regular, siendo mas denso en la periferia y mas ralo en el centro.

VARILLAS

Las redes de tierra de las estaciones eléctricas son relativamente extensas. Las varillas no contribuyen mayormente a drenar la corriente a tierra, ya que son relativamente pequeñas.

Las varillas deben instalarse en los puntos donde se deben drenar las sobretensiones de impulso.

Cuando es necesario reducir la corriente drenada por la red, para controlar los potenciales, se instalan varillas en la periferia de la misma, que es la zona donde mejor se aprovechan.

La corriente por unidad de longitud que drenan las varillas es sensiblemente mayor que la correspondiente a los dispersores horizontales.

Debe cuidarse que la corriente que las varillas drenan al suelo quede contenida dentro de límites que no produzcan excesivo calentamiento del terreno circundante al dispersor.

Si tal fenómeno ocurriera, el efecto es un aumento de resistencia, con aumento de las tensiones características y de los peligros consiguientes, debido a que por el calor producido el terreno circundante se seca aumentando su resistividad.

CORRIENTES IMPULSIVAS

Las descargas atmosféricas que llegan a la estación conducidas por los cables de guardia, deben ser drenadas a tierra.

También llegan descargas a través de los conductores de fase, y estas son drenadas por los descargadores y por los objetos de capacitancia hacia tierra relativamente elevada, capacitores de acoplamiento, transformadores de corriente, de tensión y de potencia.

Para estas descargas, de frecuencias muy elevadas solo una pequeña parte de la red de tierra resulta activa y dispersora.

Es conveniente en los puntos donde se presenta esta situación un mayor adensamiento de la red y la instalación de una varilla.

Varilla y cables dispersores ofrecen impedancias a la alta frecuencia que deben considerarse en paralelo, la corriente impulsiva se divide entre los caminos y es drenada al suelo por la conductividad transversal que ofrecen estos elementos.

III.3.-Explicar la función de una red de tierra: tensión de paso, tensión de contacto

Por lo general las normas internacionales dividen a las redes de tierras en las siguientes clases:

a) Puesta a tierra para protección.

Partiendo de la base de que es necesario conectar eléctricamente al suelo todas aquellas partes de las instalaciones eléctricas que no se encuentran sujetas a tensión normalmente, pero que pueden tener diferencias de potencial a causas de fallas accidentales, tales partes pueden ser: los tableros eléctricos, el tanque de los transformadores o interruptores, la carcasa de las máquinas eléctricas, la estructura metálica de las subestaciones o de las líneas de transmisión y en general todos los soportes metálicos de equipos y aparatos.

b) Puesta a tierra para funcionamiento.

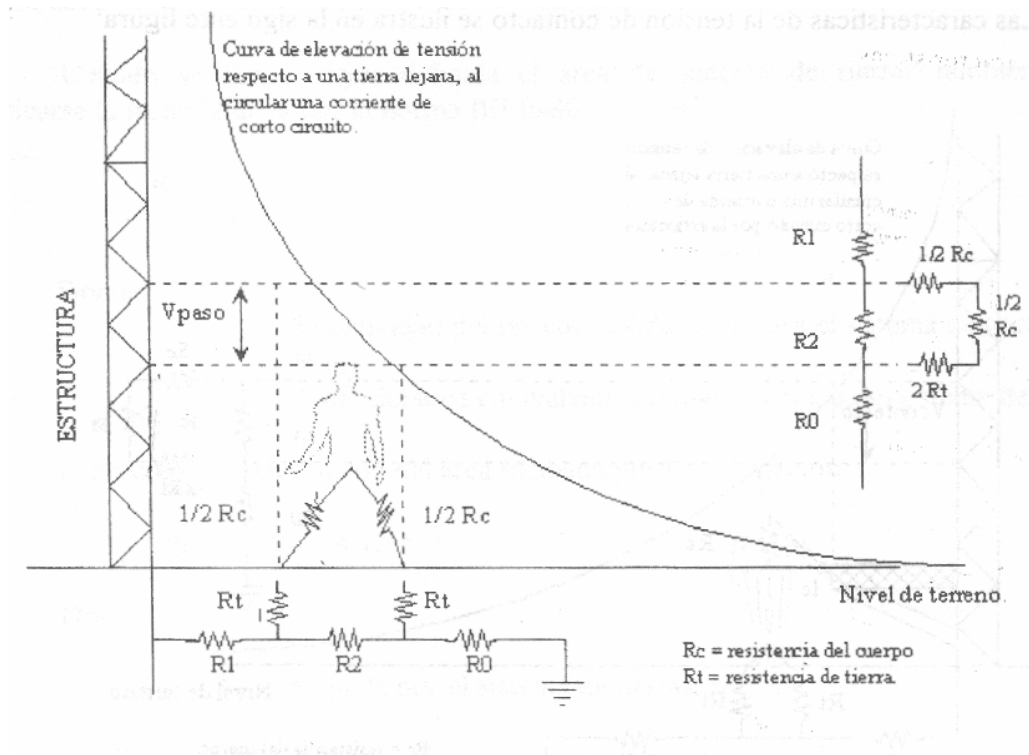
Partiendo de la base que es necesario establecer una conexión a tierra en determinado puntos de una instalación eléctrica con el fin de mejorar el funcionamiento, una mayor seguridad o una mejor regularidad de operación, estos puntos del sistema por conectar a tierra pueden ser por ejemplo la conexión a tierra de los neutros de los alternadores, de los transformadores en los devanados conectados en estrella, la conexión a tierra de los apartarrayos, de los hilos de guarda, de los transformadores de potencial y algunos otros.

c) Puesta a tierra para trabajo.

Con frecuencia durante las actividades de trabajo en una instalación eléctrica como son mantenimiento, ampliaciones, reparaciones, etc., es necesario realizar conexión a tierra temporales con partes de la instalación puestas fuera de servicio con el fin que sean accesible sin peligro para los trabajos a realizar, en cualquiera de los casos de puesta a tierra mencionados anteriormente no se deben exceder las "tensiones de seguridad" establecidas e indicadas en el punto correspondiente ;

Tensión de paso (V_p) : se define como aquella diferencia de potencial máxima que experimenta un individuo entre sus pies cuando en el instante de una falla se encuentra en el área o inmediatamente fuera de la red de tierras. Es decir, es el voltaje entre dos

puntos en la red separados por una distancia que ha sido normalizada a 1 m. Esto se puede observar en la siguiente figura:



Para el voltaje de paso se tiene que : $V_P = (116 + 0.0696rs) / t^{1/2}$

Esta formula define el máximo permitido de voltaje de paso en una malla de tierras.

Tensión de contacto (V_t) : es el valor a la cual se puede haber sometido el cuerpo humano por contacto con una carcasa o estructura metálica que normalmente no esta en tensión de una máquina o aparato.

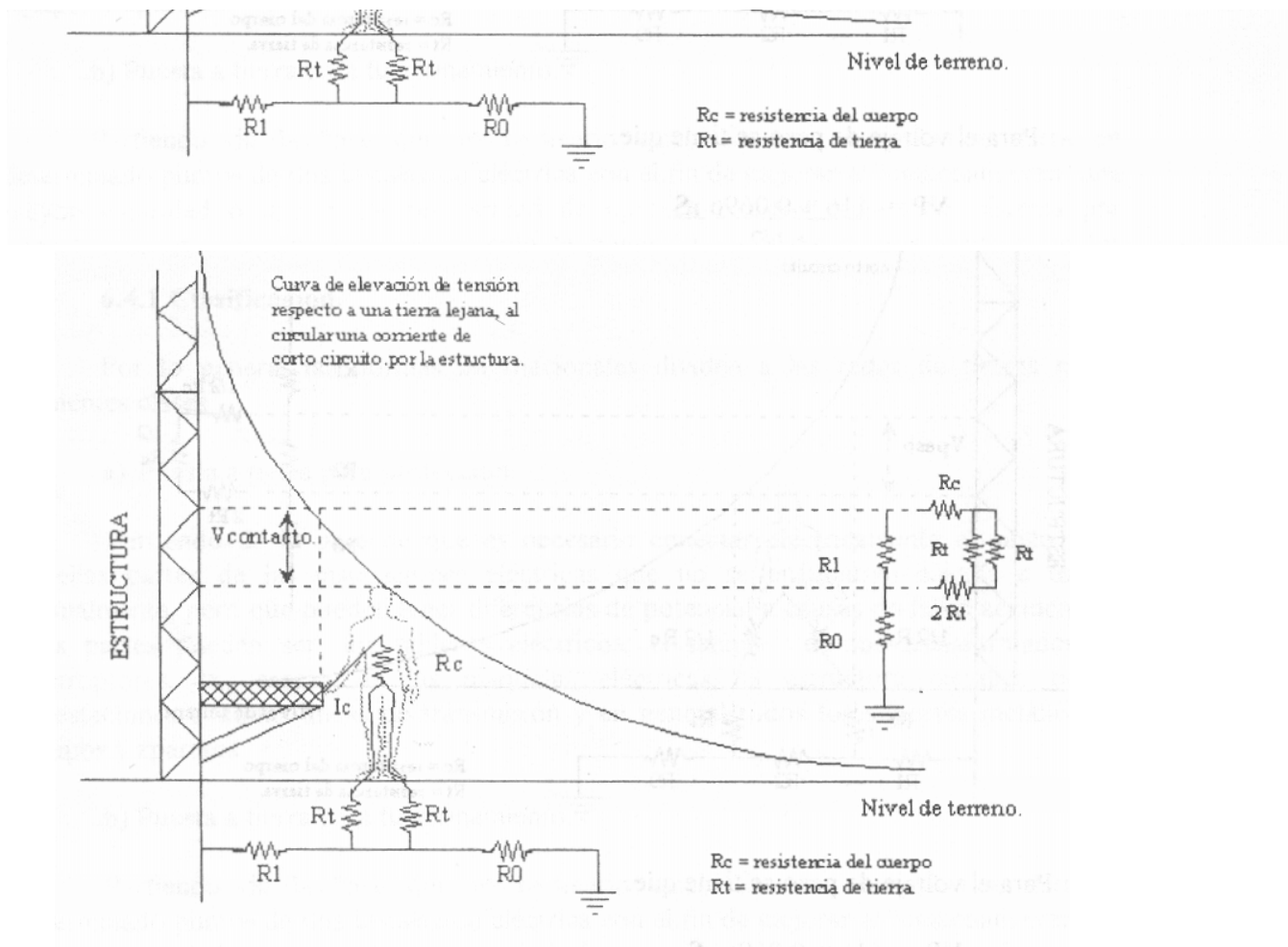
Como se sabe que una corriente que circula por el cuerpo humano puede producir un efecto grave e inclusive la muerte según sea su intensidad y duración, su naturaleza y las condiciones en la que se encuentre la persona afectada.

La fórmula para esta tensión es la siguiente.

$$V_t = (116 + 0.174 rs) / t^{1/2}$$

Esta fórmula establece el límite máximo de voltaje de toque o de contacto que se puede permitir en una malla de tierras.

Las características de la tensión de contacto se ilustra en la siguiente figura:



Tensión transferida : es aquella "llevada" por objetos metálicos hasta eventualmente fuera del área cubierta por la red de tierra. La obra eléctrica está construida sobre el suelo y en casos de fallas la corriente es drenada al suelo conductor. Se forma un campo de corrientes y de superficies equipotenciales.

III.4.- Explicar el procedimiento de calculo del método simple de IIE

1.- Definición de la resistencia del sistema de tierras deseado R_g .

Para lo cual se emplea la siguiente expresión: $R_g = EPR / I_f$

Donde : R_g = Resistencia del sistema de tierras deseado, Ω

EPR = Elevación tolerable de potencial de la red, V.

I_f = Corriente de falla, A.

El valor de EPR se puede definir por las sobretensiones toleradas por el equipo instalado por la subestación generalmente equipo más sensible requiere un nivel de aislamiento de 5 KV y un nivel menos exigente de 10 KV. Esto se puede checar de acuerdo la equipo de control y comunicación que se instalará en la subestación; condiciones mas o menos severas pueden considerarse como se requieran.

Cuando se tenga mejor definida el área de sistema de tierras también puede emplearse la fórmula dada por la norma IEEE-80.

$$R_g = \sigma / 4r$$

Donde : σ = Resistividad del terreno donde se ubicará el sistema de tierras, Ω / m .
 r = Radio del área equivalente circular que ocupa el sistema de tierras, m.

o directamente en función del área ocupada por la subestación.

$$R_g = r/4 (p / A)^{1/2}$$

Donde: p = perímetro de la malla en m
 A = Área ocupada por el sistema de tierras, m^2

2.- Cálculo de la longitud del conductor para el sistema de tierras, L .

En el área, para el sistema de tierras, el control de los potenciales para que no presenten peligro, estará determinado por la distribución de los conductores. Una distribución más densa disminuye la diferencia de potenciales entre los diversos puntos, pero se requiere de mayor longitud de conductor. Generalmente el potencial de toque impone mayores restricciones de diseño. Para la longitud total del conductor se tiene la siguiente expresión.

$$L = K_m T \cdot r \cdot I_f / V_t$$

Donde la expresión para el factor de malla es:

$$K_m T = 0.9 + 0.1 \{ (A^{1/2} / D) - 2.5 \} + 0.0248 (A^{1/2} - 10) - 72$$

Donde: D = Separación entre conductores de la red, m.
 L = Longitud total de los conductores del sistema de tierra, m.
 A = Área del sistema de tierras, m^2 .

3.- Cálculo del perímetro total P , para la malla y los tramos de conductores P_1 y P_2 .

La resistencia total del sistema de tierras consta de dos componentes. Un componente se debe al área que se abarca; el otro se debe a la longitud del conductor.

$$R_g = R_1 + R_2 = 1.6 r / P + 0.6 r / L$$

Donde: R_1 = componente debido al área.
 R_2 = Componente debido a la longitud del conductor.
 P = Perímetro de la malla, m.

En caso de que la malla se defina hacer rectangular de lados P_1 y P_2 , y de distancias, equidistante a la que se colocaran los conductores obtenemos las siguientes condiciones.

$$T = 2 (P_1 + P_2)$$

$$S = (2 P_1 P_2) / \{ L - (P_1 + P_2) \}$$

Habrán $(P_2/8 - 1)$ tramos de longitud P_1

Habrán $(P_1/8 - 1)$ tramos de longitud P_2

En caso de que la malla se defina hacer cuadrada de lado $P_1 = P_2 = p$;

$$P = 4p$$

$$s = 2 \cdot P_2 / (L - 2 \cdot P)$$

Habrán $2(p/s - 1)$ tramos de longitud p

4.- Selección del Conductor

Tomando en cuenta la corriente de falla que va a circular por los conductores y considerando el tiempo que dura dicha corriente, el área de conductor se puede seleccionar por medio de las siguientes formulas en mm^2 y circular mil respectivamente:

$$A = I_f \left[\{ t_c * a_r * r_r * 10^4 / T_{\text{cap}} \} * \{ \ln \{ 1 + (T_m - T_a) / (K_o + T_a) \} \} \right]^{1/2} \text{ en } \text{mm}^2$$

$$A = 1973.52 * I_f \left[\{ t_c * a_r * r_r * 1.04 / T_{\text{cap}} \} * \{ \ln \{ 1 + (T_m - T_a) / (K_o + T_a) \} \} \right]^{1/2} \text{ Cmils}$$

Donde : I_f = corriente RMS en KA

A = sección transversal del conductor en mm^2 o Cmils

T_m = Temperatura máxima permisible en $^{\circ}\text{C}$

T_a = Temperatura ambiente en $^{\circ}\text{C}$

T_r = Temperatura de referencia para las constantes de materiales en $^{\circ}\text{C}$

a_o = Coeficiente térmico de resistividad a 0°C

a_r = Coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia

r_r = Resistividad del conductor de tierra a temperatura de referencia en $\text{m}\Omega / \text{cm}^3$

$K_o = 1/a_o = (1/a_r) - T_r$

t_c = Tiempo de flujo de corriente

T_{cap} = factor de capacidad en $\text{J} / \text{cm}^3 / ^{\circ}\text{C}$

Se hace la aclaración que las normas mexicanas establecen que como mínimo se deberá usar el calibre 4/0 AWG. Las razones, son fundamentalmente mecánicas, ya que se requiere que el conductor soporte ciertas manipulaciones en el campo .

Bajo esta premisa, frecuentemente nos encontramos que no requeriremos seleccionar el conductor en función de la capacidad térmica. Aparte que debido a los sistemas modernos de apertura en los sistemas de protecciones también nos dan un buen margen de soporte de corrientes elevadas.

El calibre 4/0 brinda una capacidad de 40 000 amperes por un tiempo de 0.5 segundos (30 ciclos) . En caso de requerir mayores capacidades debemos utilizar las formulaciones antes descritas.

5.- Calculo de varillas verticales

Podemos utilizar la formula empírica :

$$N_v = 1.125 * R_v$$

Donde : N_v = Numero de varillas requeridas

R_v = Resistencia de cada varilla , Ω

Estas varillas de preferencia se pondrán en las esquinas y en la periferia de la malla de tierras

Saber Hacer en la practica (12 hrs.)

III.5.- Analizar las características y funciones de una red de tierra.

Los sistemas de puesta a tierra de equipos, por su importancia como medio de protección están muy normalizados a nivel mundial.

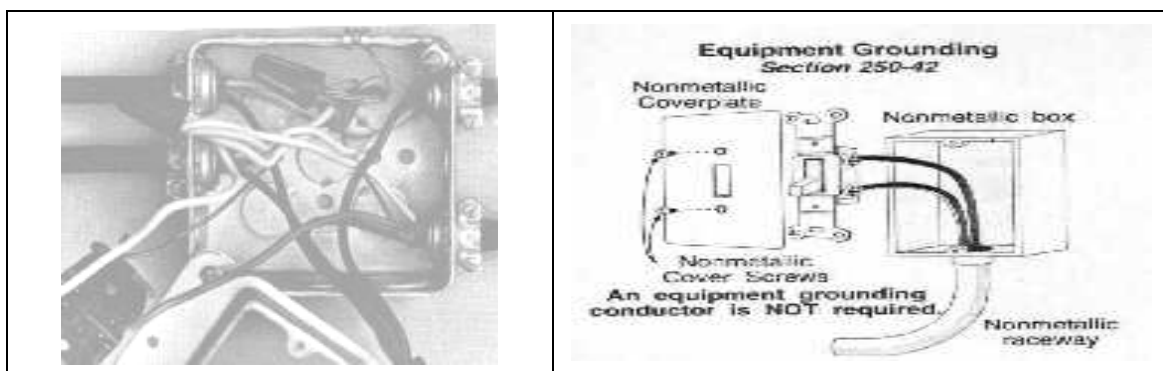
En nuestro país, la norma vigente de Instalaciones Eléctricas, NOM-001-SEDE-1999 [1.3] contiene los requisitos mínimos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla.

En los siguientes puntos se establecerá lo más importante de dicha norma al respecto.

EQUIPOS Y CANALIZACIONES QUE DEBEN ESTAR PUESTOS A TIERRA.

- Canalizaciones Metálicas.

Deben estar aterrizadas, en general, todas las canalizaciones metálicas.



- Equipo Fijo en General {250-42}.

Bajo cualquiera de las siguientes condiciones, las partes metálicas que no conduzcan electricidad y que estén expuestas y puedan quedar energizadas, serán puestas a tierra:

- Donde el equipo está localizado a una altura menor a 2.4 m, y a 1.5 m horizontalmente de objetos aterrizados y al alcance de una persona que puede hacer contacto con alguna superficie u objeto aterrizado.
- Si el equipo está en un lugar húmedo y no está aislado, o está en contacto con partes metálicas.
- Si el equipo está en un lugar peligroso o, donde el equipo eléctrico es alimentado por cables con cubierta metálica.
- Si el equipo opera con alguna terminal a más de 150 V a tierra, excepto en:

1.-Cubiertas de Interruptores automáticos que no sean el interruptor principal y, que sean accesibles a personas calificadas únicamente {250-42 Exc. 1 }.

2.-Estructuras metálicas de aparatos calentadores, exentos mediante permiso especial y si están permanentemente y efectivamente aisladas de tierra {250-42 Exc. 2}.

3.-Carcasas de transformadores y capacitores de distribución montados en postes de madera a una altura mayor de 2.4 m sobre nivel del piso {250-42 Exc. 3}.

4.-Equipo protegido por doble aislamiento y marcado de esa manera {250-42 Exc. 4}.

- Equipo Fijo Específico {250-43}.

Todas las partes metálicas no conductoras de corriente de las siguientes clases de equipos, no importando voltajes, deben ser puestas a tierra, mediante los conductores calculados según la Tabla 250-95 de la NOM [1.3]

- Armazones de Motores como se especifica en la NOM [1.3]{430-142}.
- Gabinetes de controles de motores, excepto los que van unidos a equipos portátiles no aterrizados.
- Equipos eléctricos de elevadores y grúas.
- Equipos eléctricos en talleres mecánicos automotrices, teatros, y estudios de cine, excepto luminarias colgantes en circuitos de no más de 150 Volts a tierra.
- Equipos de Proyección de cine.
- Anuncios luminosos y equipos asociados.
- Generador y motores en órganos eléctricos.
- Armazones de tableros de distribución y estructuras de soporte, exceptuando las estructuras de tableros de corriente directa aislados efectivamente.
- Equipo alimentado por circuitos de control remoto de clase 1, 2 y 3 y circuitos de sistemas contra incendios cuando la NOM [1.3] en la parte B del Artículo 250 requiera su aterrizado.
- Luminarias conforme a la NOM [1.3] en sus secciones 410-17 a 410-21 .
- Bombas de agua, incluyendo las de motor sumergible.
- Capacitores [1.3]{460-10}.
- Ademes metálicos de pozos con bomba sumergible.

- Equipos No Eléctricos {250-44}.

Las siguientes partes metálicas de equipos no eléctricos serán puestas a tierra:

- Estructuras y vías de grúas operadas eléctricamente.
- La estructura metálica de elevadores movidos no eléctricamente, a las que están sujetos conductores eléctricos.
- Los cables de acero de los elevadores eléctricos.
- Partes metálicas de subestaciones de voltajes de mas de 1 kV entre conductores.

e. Casas móviles y vehículos de recreo. {550 y 551}.

- Equipos Conectados por cordón y clavija {250-45}.

Exceptuando los aparatos doble aislados o, conectados mediante un transformador de aislamiento con secundario a no más de 50 Volts todas las partes metálicas que puedan llegar a estar energizadas de equipos conectados mediante cordón, deben ser puestas a tierra en:

a. En lugares clasificados peligrosos {500-517}.

b. Cuando operan esos equipos a más de 150 V a tierra.

c. En casas habitación:

1. refrigeradores, congeladores y, aires acondicionados
 2. lavadoras de ropa, secadoras, lavaplatos, y equipos eléctricos de acuarios
 3. herramientas manuales eléctricas y,
 4. lámparas portátiles de mano.
- d. En otros lugares, no residenciales,
1. refrigeradores, congeladores, y aire acondicionados;
 2. lavadoras, secadoras y maquinas lavaplatos, computadoras, y equipos eléctricos de acuarios;
 3. herramientas manuales portátiles
 4. Los aparatos motorizados como: podadoras y limpiadoras de pisos.
 5. Herramientas que se usen en ambientes húmedos o mojados o por personas que trabajan dentro de tanques metálicos; y,
 6. lámparas portátiles de mano.

- Instalaciones Provisionales

Los requisitos mencionados arriba también deben cumplirse para todas las instalaciones provisionales {305-5}.

- Líneas

Se debe poner a tierra toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca no mayor a 45 m {921-29}. Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado, las canalizaciones metálicas, los marcos, tanques y soportes del equipo de líneas,...{922-9b}

PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS CONECTADOS MEDIANTE CORDÓN.

Las partes metálicas de equipos conectados mediante cordón y que deben estar aterrizadas, se conectan de una de las siguientes maneras:

1. Por medio de un contacto "polarizado".
2. Por medio de una conexión fija del cordón a un conductor de puesta a tierra.

3. Por medio de un cable o trenza conductora, aislada o desnuda, protegida contra daño mecánico.

PARTES METÁLICAS DE EQUIPOS FIJOS CONSIDERADAS ATERRIZADAS.

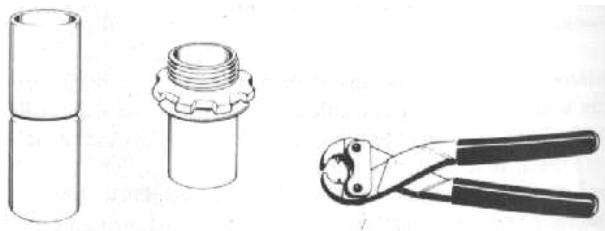
Se consideran aterrizados satisfactoriamente los equipos fijos, como cajas, gabinetes y conectores, cuando:

1. Están metálicamente conectados a una pantalla aterrizada de un cable o, a un gabinete aterrizado.
2. Están aterrizados mediante un cable desnudo o de color verde que está bien conectado a tierra.
3. El equipo en corriente directa está en contacto directo con la estructura aterrizada metálica de un edificio.

CONTINUIDAD ELÉCTRICA DEL CIRCUITO DE TIERRA.

La continuidad eléctrica de los equipos debe asegurarse por alguno de los siguientes métodos:

1. Puente de unión al conductor de tierra de acuerdo con la NOM [1.3]{250-74}.
2. Mediante conexiones roscadas en tubería rígida y eléctrica (EMT)- .
3. Mediante conectores no roscados que se usan como accesorios de la tubería rígida y la eléctrica (EMT).



4. Mediante puentes de unión a gabinetes.



CIRCUITOS QUE NO SE DEBEN ATERRIZAR.

1. Los circuitos de grúas eléctricas operando en lugares con presencia de fibras combustibles {383}.
2. Circuitos aislados propios de quirófanos de hospitales {517}

CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS.

De acuerdo con la NOM-001-SEDE-1999 en su sección {250-95} Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95 siguiente.

Cuando haya conductores en paralelo en varias canalizaciones o cables, como se permite en {310-4}, el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipo instalado en paralelo debe tener un tamaño nominal seleccionado sobre la base de la corriente eléctrica nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable, según la Tabla 250-95.

NOM-001-SEDE-1999 Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos

Tamaño nominal mm² (AWG o kcmil)

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
15		----
20	2,082 (14)	----
30	3,307 (12)	----
40	5,26 (10)	----
60	5,26 (10)	----
100	5,26 (10)	13,3 (6)
200	8,367 (8)	21,15 (4)
300	13,3 (6)	33,62 (2)
400	21,15 (4)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	33,62 (2)	67,43 (2/0)
800	42,41 (1)	85,01 (3/0)
1000		107,2 (4/0)

Nota: Para poder conducir la corriente de falla a tierra los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla {250-51}.

CONSIDERACIONES PARA UN BUEN DISEÑO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.

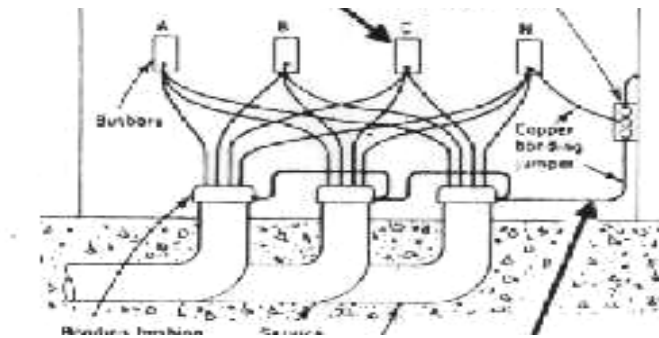
Un sistema de puesta a tierra bien diseñado, considera:

Emplear las tuberías metálicas roscadas como conductores de puesta a tierra.

Usar los interruptores automáticos con detector de falla a tierra en las cocheras, cocinas, y obras en construcción {210-8}, {215-9} y {305-6}.

Colocar el conductor de puesta a tierra de equipos junto con los cables de líneas y del neutro del mismo circuito, por dentro de la misma canalización metálica.

Que no obstante se corran cables en paralelo por diferentes canalizaciones, el calibre de todos los cables de puesta a tierra se calcule únicamente con el valor de la protección.



III.6.- Clasificar las redes de tierra.

Para su objetivo apropiado los sistemas de tierra se clasifican en:

Puesta a tierra de los sistemas eléctricos

El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos.

Se logra uniando mediante UN CONDUCTOR APROPIADO A LA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA TOTAL DEL SISTEMA, una parte del sistema eléctrico al planeta tierra.

Puesta a tierra de los equipos eléctricos

Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y, para que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos.

Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante CONDUCTOR APROPIADO A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DEL PROPIO SISTEMA EN EL PUNTO EN CUESTION.

Puesta a tierra en señales electrónicas

Para evitar la contaminación con señales en FRECUENCIAS diferentes a la deseada.

Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

Puesta a tierra de protección electrónica

Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por VOLTAJE, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

Puesta a tierra de protección atmosférica

Sirve para canalizar la ENERGIA de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades.

Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada al planeta tierra que cubre los equipos o edificios a proteger.

Puesta a tierra de protección electrostática

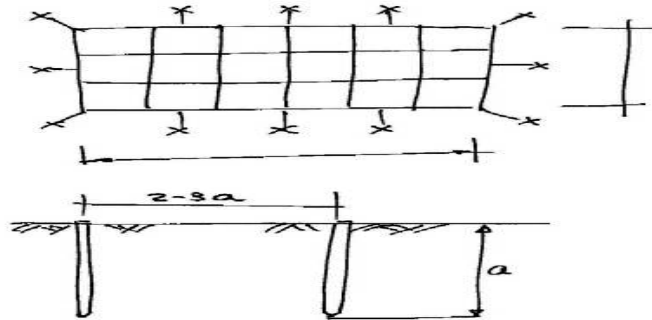
Sirve para neutralizar las CARGAS ELECTROSTATICAS producidas en los materiales dieléctricos.

Se logra uniando todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando el planeta tierra como referencia de voltaje cero.

III.7.- Calcular las tensiones de paso y tensiones de contacto.

El cálculo de la red de puesta a tierra de la estación inicia por la corriente que debe ser drenada al suelo partiendo de la corriente de falla (a tierra) se debe descontar lo que drenan los cables de guardia (y las armaduras de los cables).

Frecuentemente estos datos no son fáciles de lograr con suficiente precisión, es conveniente entonces iniciar el cálculo de la red de tierra para un valor de corriente que se adopta, fijemos 1 kA



DATOS

Se estima también la resistividad del terreno a la espera de mejores datos, sea 100 ohm/m que corresponde a arcilla seca o humus seco.

área de la estación = 65 m * 25 m

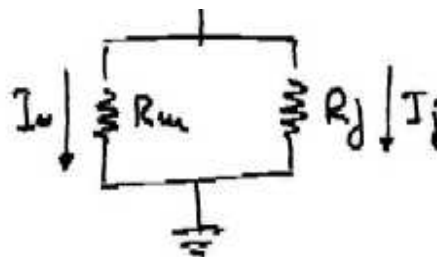
perímetro = 180 m; diagonal = 70 m

resistencia de la malla = 1.10 ohm

Hasta aquí se ha supuesto la ausencia de varillas, si se trata de varillas de 3 m de longitud, su resistencia es de 30 ohm, y si hay en total 12 a suficiente distancia una de otra (2 o 3 veces el largo, 9 m al menos entre cada dos).

resistencia de las varillas = $30 / 12 = 2.6$ ohm

Si se considera el paralelo de ambas tierras se alcanzaría un valor de resistencia la resistencia de la red con varillas será mayor que el paralelo pero menor que la resistencia de la sola malla superficial.



Se puede evaluar la corriente en las varillas, y se verifica que este drenaje no seque la tierra que rodea la varilla, si esto ocurre la varilla rodeada de tierra aislante perderá efectividad.

Tensiones de paso y de contacto se determinan fijando cierto mallado, en nuestro caso adoptamos 12 m * 9 m, lo que da 390 m de cable enterrado, y si las varillas drenan 300 A, la corriente drenada por unidad de longitud de dispersor horizontal será 1.8 A/m.

RESULTADOS

tensión de paso = 29 V

tensión de contacto = 126 V

tensión de paso en la diagonal = 92 V

Si la red debe drenar menos de 1000 A, los resultados logrados muestran que no hay que preocuparse demasiado por mejorar los cálculos, si en cambio la corriente a drenar es mayor, y o las mediciones de resistividad del terreno son mayores que lo supuesto, el diseño deberá ser estudiado en detalle a fin de mantener bajo control los peligros asociados a la instalación.

III.8.- Calcular sistemas de tierra por el método simplificado de IIE.

Se tiene dos generadores con capacidad de 60 MVA y 10 Kv cada uno, en conexión en bloque. Los transformadores son de 63 MVA, 10/220 Kv cada uno, conexión delta-estrella, con la estrella conectada a tierra. La corriente máxima a tierra es de 4000 amperes y la elevación máxima de potencial de 6000 volts.

La resistividad del suelo es de 350 Ω / m. se requiere que la tensión de paso y la tensión de contacto no superen los 125 volts.

El perímetro de la instalación es un rectángulo de 90 x 210 m.

Calcular el sistemas de tierra por el método simplificado de IIE.

1.- Definición de la resistencia del sistema de tierras deseado R_g .

$$R_g = EPR / I_f = 6000 / 4000 = 1.5 \Omega$$

2.- Cálculo de la longitud del conductor para el sistema de tierras, L .

$$\begin{aligned} K_m T &= 0.9 + 0.1 \{ (A^{1/2} / D) - 2.5 \} + 0.0248 (A^{1/2} - 10)^{0.72} \\ &= 0.9 + 0.1 \{ (19800^{1/2} / 40) - 2.5 \} + 0.0248 ((19800^{1/2} - 10)^{0.72}) \\ K_m T &= 1.83 \end{aligned}$$

$$L = K_m T * r * I_f / V_t = 1.83 * 77.5 * 4000 / 120 = 4728 \text{ m}$$

3.- Cálculo del perímetro total P ., para la malla y los tramos de conductores $P1$ y $P2$.

$$R_g = R1 + R2 = 1.6 r / P + 0.6 r / L;$$

$$P = (1.6 * r) / \{ R_g - 0.6 r / L \} = (1.6 * 77.5) / \{ 1.5 - 0.6 * 77.5 / 4728 \} = 84 \text{ m}$$

4.- Selección del Conductor

$$K_o = 1 / a_r - T_r = 1 / 0.0039 - 20 = 236$$

$$\begin{aligned} A &= I_f [\{ t_c * a_r * r_r * 1.04 / T_{cap} \} * \{ \ln \{ 1 + (T_m - T_a) / (K_o + T_a) \} \}]^{1/2} \text{ en mm}^2 \\ &= 4000 \{ (30 * 0.0039 * 0.0178 * 1.04 / 0.0197) * \ln (1 + (50 - 35) / (236 - 35)) \}^{1/2} \\ &= 307.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

5.- Calculo de varillas verticales

$$N_v = 1.125 * R_v = 1.125 * 14 = 15.75 = 16$$

IV

ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

Objetivo particular de la unidad

Seleccionar y diferenciar los componentes básicos de una subestación a través de sus parámetros eléctricos esenciales

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender y aplicar adecuadamente los componentes básicos de una subestación eléctrica.

Saber en la Teoría (4 hrs.)

IV.1.- Describir las especificaciones de los elementos de una subestación

I.- Conductores de alta tensión.- dejan pasar con facilidad de corriente eléctrica ejemplos, plata, cobre, aluminio, bronce, combinaciones de aluminio con acero y aleaciones de aluminio.

Su función en circuitos primarios alta tensión es transportar la energía eléctrica desde la subestación generadora hasta las subestaciones receptoras de alta tensión y baja tensión.

Clasificación

• Por su construcción

Tipo	Forma	Aplicación
Sólido		Conductores
Cableado o trenzado		Conductores sobrepuestos de 7, 19 y 37 hilos
Conductores comprimidos ó compactos.		Reduce el diámetro del cable concéntrico para disminuir sus dimensiones y obtener una superficie cilíndrica uniforme.

* Por su material

a) Conductor de cobre (Cu): Ofrece mayor conductividad eléctrica.

Por sus características mecánicas: Se pueden usar en circuitos primarios y secundarios, en tramos cortos o largos y en cualquier condición de clima.

Por su construcción pueden ser sólidos hasta el calibre 4 o cableados del calibre 2 en adelante.

b) Conductor de aluminio puro (AAC): se usan en circuitos primarios y secundarios pero con tramos cortos. Se recomienda en lugares de baja contaminación salitrosa

AS2: conductor de aluminio suave calibre 2

AS4: conductor de aluminio suave calibre 4

ACC1/0: Conductor de aluminio puro calibre 1/0, 7 hilos

ACC397: conductor de aluminio puro calibre 397.5 MCM, 19 hilos

c) Conductor de aluminio con alma de acero (ACSR): Se usan en circuitos primarios y secundarios; en tramos largos son preferidos por su alta resistencia mecánica pero no deben usarse en lugares corrosivos por los efectos galvánicos entre el acero y el aluminio, lo cual debilita el conductor provocando su falla.

ACSR 2 , 2 AWG , 6 aluminio, 1 acero

ACSR 1/0 , 1/0 AWG , 6 aluminio, 1acero

ACSR 3/0 , 3/0 AWG , 6 aluminio, 1acero

ACSR 266 , 266.8 MCM, 30 de aluminio, 7 acero

ACSR 336 , 336.4 MCM, 30 aluminio, 7 de acero

ACSR 477 , 477 MCM, 30 aluminio, 7 acero

d) Conductor ACSR con núcleo engrasado: Su construcción es idéntica al ACSR con la diferencia que el núcleo lleva una capa de 1/2 milímetro de grasa a su alrededor antes de aplicar los hilos de aluminio.

Se usa en circuitos primarios y secundarios para tramos largos en lugares cercanos a la costa.

e) Conductor de aleación 5005 y 6201: Estos conductores se fabrican con aleaciones de aluminio que contienen entre otros elementos silicio, manganeso, magnesio, etc.

Esta aleación es más fuerte mecánicamente que el aluminio puro pero su conductividad baja del 61 % del aluminio a 59%, son de 7 a 19 hilos y se usan en circuitos primarios y secundarios en tramos largos y cortos y es resistente ala contaminación salitrosa.

f) Conductor ACAR (Aluminium Cable Alloy 6201 Reinforced): cable parecido al ACSR pero supliendo el núcleo de acero por la aleación 6201.

g) conductor AWAC (Alumonweld Aluminium Conductors): Es un conductor de aluminio reforzado con núcleo de acero y alumonweld.

Cuadro Comparativo de cables

Conductor Características	Cobre (semiduro)	Aluminio puro (temple duro)	ACSR 26/7	Acero	Aleación 5005	Aleación 6201
Conductividad	97.6%	61%	52.5%	15%	53.5%	52.5%
Resistencia mecánica de ruptura (kg/cm ²)	2875	1687	3025		2531	3093
Peso kg/km	3676	1110	1630		1110	1110
Temperatura de fusión °C	1083	660		1400		
Costo por unidad de conductividad	100%	62%	88%			

Cobre: Ofrece mayores ventajas a un costo elevado.

Aluminio: Ofrece un comportamiento eléctrico y satisfactorio y mayor ventaja por su bajo costo.

II.-*Interruptores de potencia.*

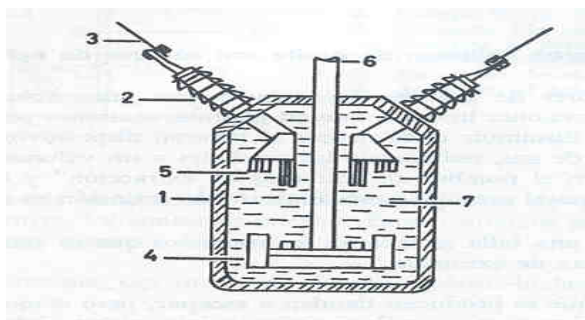
Los interruptores de potencia interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito bajo condiciones de corriente nominal, de vacío o de cortocircuito. Se construyen:

a).- *Interruptores en aceite*

▪ **Gran volumen de aceite**

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

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



Tanque o recipientes -----	1
Boquillas y contactos fijos-----	2-5
Conectores (elementos de conexión al circuito)-----	3
Vástago y contactos móviles-----	4-6
Aceite de refrigeración-----	7

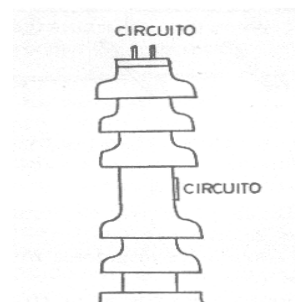
En general el tanque se construye cilíndrico, debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción. También el fondo del tanque lleva "costillas" de refuerzo, para soportar estas presiones.

• **Interruptores en gran volumen de aceite con cámara de extinción**

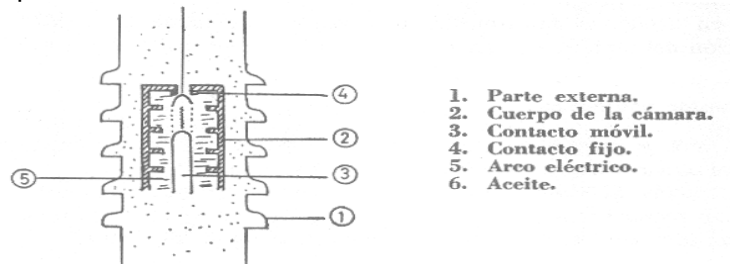
Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas que en algunas ocasiones pueden ocasionar explosiones. Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos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

• **Interruptores de pequeño volumen de aceite**

Los interruptores de reducido volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen. (Su contenido de aceite varía entre 1.5 y 2,5% del que contienen los de gran volumen.) Se construye para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada que permite mayor flexibilidad de operación. Estos interruptores se fabrican por lo general del tipo columna.



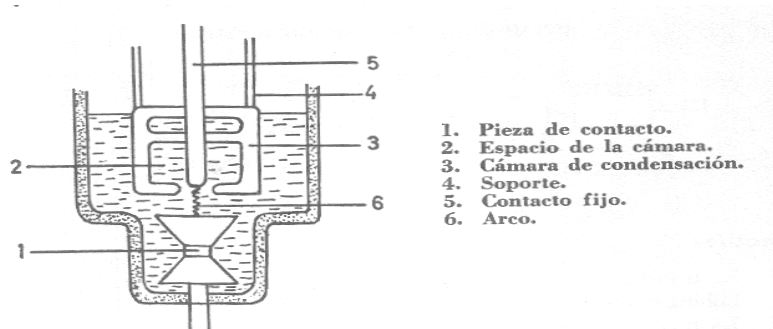
En este tipo de interruptores la cámara de extinción del arco consiste fundamentalmente de las siguientes partes



b).- Interruptores Neumáticos

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

c).- Interruptores de expansión



Los interruptores de expansión, al igual que los neumáticos, evitan las explosiones e incendios. En este tipo de interruptores los contactos se encuentran dentro de una cámara de expansión semejante a la mostrada en la figura anterior.

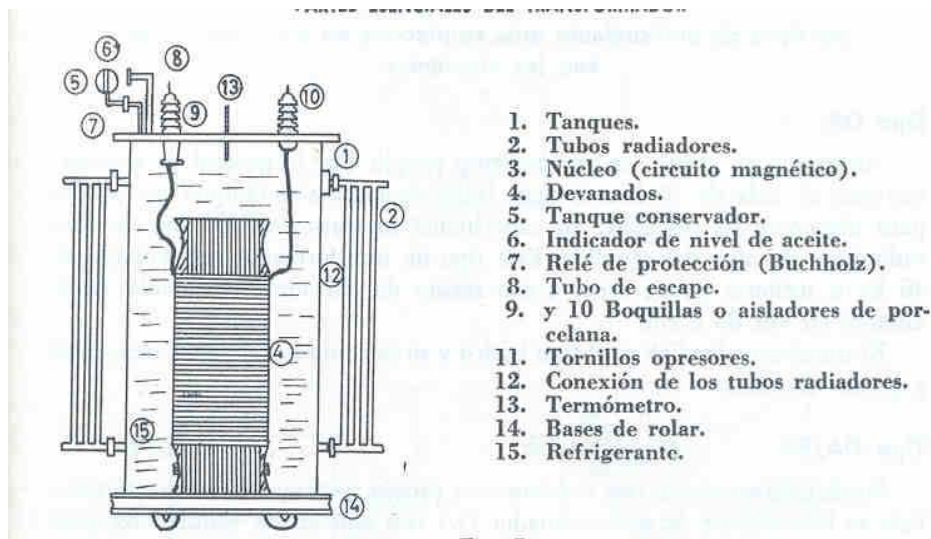
III.- Transformadores de potencia

Es la parte mas importante de una subestación eléctrica. Su componente principal es el circuito electromagnético el cual se encuentra constituido por un núcleo de laminas al silicio y dos bobinas o grupos de bobinas.

Un transformador es un dispositivo que:

- a) Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- b) Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética
- c) Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislamiento eléctricamente
- d) Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

Elementos que constituyen un Transformador



IV.-Accesorios (banco de capacitores, fusibles, cuchillas, apartarrayos, etc.)

IV.1.- Cuchillas Seccionadoras.- son dispositivos de maniobra capaces de interrumpir de manera visible la continuidad de un circuito opera sin carga, pero con algunos aditamentos puede operar con carga hasta ciertos límites.

Se instala en los circuitos primarios por las siguientes razones:

- a) Para seccionar una parte del circuito primario y así poder realizar trabajos de reparación, conexión de ampliaciones, etc. con el circuito desenergizado.
- b) Para facilitar las maniobras de localización de fallas por el método de seccionalización.

IV.2.- Apartarrayos

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

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

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

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

IV.3.- Fusibles.- dispositivos que interrumpen circuitos al producirse sobreintensidades. Son hilos o tiras metálicas de reducida sección que sirven para que la densidad de corriente sea elevada en el hilo fusible y a causa del calentamiento se produzca la fusión del metal.

Esta fusión depende: Intensidad, longitud del hilo, y masas metálicas que se hallan en contacto con sus extremos, del ambiente que los rodea y del tiempo de duración.

En bajas tensiones y corrientes comunes se usan el plomo en hilo y placas. Cargas mayores se usan hilos de cobre niquelado o de plata y de aluminio.

Parámetros:

Tensión nominal: valor de operación del fusible

Corriente nominal: Es el valor al cual el fusible no debe presentar calentamiento excesivo y a la que opera tiempo indefinido.

Capacidad interruptiva: es el valor máximo de corriente que el fusible esta en posibilidad de interrumpir siempre que opere a tensión nominal.

IV.4.- Banco de Capacitores

Consisten en bloques de condensadores manejados por contactores y protegidos por interruptores termo magnéticos, dirigidos por un control automático que se inserta en los circuitos para la mejora del factor de potencia en las instalaciones eléctricas con el objeto de reducir el costo de la factura energética.

Para la instalación de los capacitores deberán tomarse en cuenta diversos factores que influyen en su ubicación como lo son: La variación y distribución de cargas, el factor de carga, tipo de motores, uniformidad en la distribución de la carga, la disposición y longitud de los circuitos y la naturaleza del voltaje.

Se puede hacer una corrección del grupo de cargas conectando en los transformadores primarios y secundarios de la planta, por ejemplo, en un dispositivo principal de distribución o en una barra conductora de control de motores.

Saber Hacer en la practica (13 hrs.)**IV.5.- Selección de Conductores****a)Material:**

♦ Cobre:

Suave o recocido	Mayor conductividad (100%).
Semiduro	96.6% de conductividad
Duro	Mayor resistencia a la tensión mecánica con un 96.1% de conductividad.

♦ Aluminio:

Tiene ventaja sobre el cobre por su menor peso específico.

$$\text{Al} = 2.70 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Cu} = 8.89 \text{ g/cm}^3$$

Su conductividad eléctrica es de 61.3%.

b) Flexibilidad:

Se logra:

- Recociendo el material para suavizarlo.
- Aumentando el número de alambres que lo forman.

El grado de flexibilidad se designan mediante letras que representan la clase de cableado las primeras letras del alfabeto se usan para cuerdas rígidas y las últimas para cuerdas flexibles.

AA se usan para cables desnudos, ejemplos líneas aéreas
 A cable aislado, ejemplo conductores tipo intemperie
 B cable aislado con materiales diversos, ejemplos papel, hule, etc.
 CD cables aislados que requieren mayor flexibilidad que B
 G cables portátiles con aislamientos de hule para alimentación de aparatos
 H cables y cordones que requieren mucha flexibilidad

c) dimensiones: Calibres

AWG: Sus dimensiones representan aproximadamente los pasos sucesivos de los procesos de estirado del alambre y sus números son retrogresivos.

No. mayor representa un alambre de diámetro menor

No. menor nos representa un alambre de diámetro mayor

A diferencia de otras escalas la AWG fija una escala entre dos diámetros y establece una ley de progresión geométrica para diámetros intermedios 0.46" (calibre 4/0) y 0.005" (36 AWG) existiendo 38 dimensiones en este intervalo.

8, ϕ exterior (mm)	3.17 > 1.12	Relación entre diámetros adyacentes PROMEDIO 1.1229
6, ϕ exterior (mm)	4.29 > 1.12	
4, ϕ exterior (mm)	5.41 > 1.40	
2, ϕ exterior (mm)	6.81 > 1.40	
1, ϕ exterior (mm)	7.59 > .78	

Ejemplos

Para secciones superiores 4/0, el cable se define directamente por sus áreas. Las unidades son:

Mil: para diámetros, una longitud igual a 0.001".

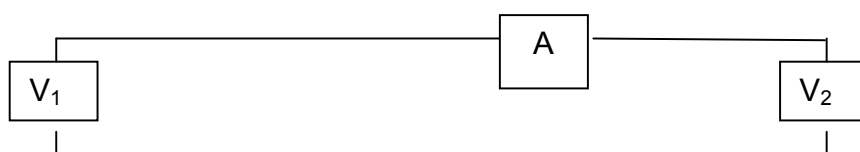
Circular mil : para áreas, que representa el área del círculo de un mil de ϕ .

$A = .7854$ mil.

Características Eléctricas de los Conductores

Conductor Calibre	ACSR	AAC	Co bre		266.8 ACSR	266.8 AAC	Cobre
			alambre	Cable			
N° de hilos	6/1	7	1	7	26/7	19	12
ϕ mm	12.75	11.7	10.40	11.78	16.30	15.1	15.24
Corr. Amp	188	224	559	277	283	287	342
Resist. 50°C en Ω/Km	.449	.381	.207	.213	.239	.240	.143

Caída de voltaje (V_c). Es la pérdida de voltaje entre dos puntos del circuito. $V_c = V_1 - V_2$



$$V_1 = 100$$

$$A = 1 \text{ Amp}$$

$$V_2 = 95$$

$$V_c = V_1 - V_2 = 100 - 95 = 5$$

Al aumentar la corriente, la caída aumenta.

Al aumentar la resistencia eléctrica, la caída aumenta.

Está determinada por los valores R , I .

A mayor resistencia R , mayor caída de voltaje V_c .

A mayor corriente I , mayor caída de voltaje

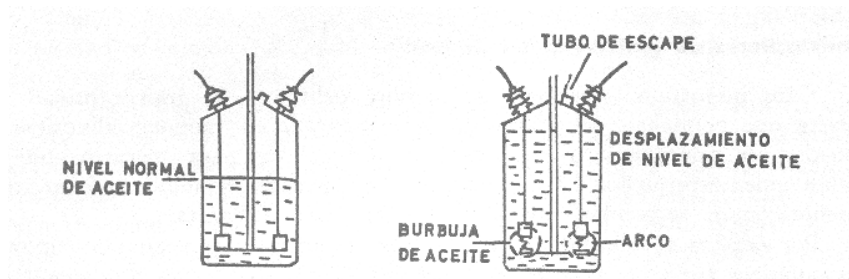
Hay que reducir R , I ó ambas.

IV.6.- Proceso de interrupción

a).- Interruptor Gran volumen de aceite

Cuando opera el interruptor debido a una falla, los contactos móviles se desplazan hacia abajo, separándose de los contactos fijos.

Al alejarse los contactos móviles de los fijos se va creando una cierta distancia entre ellos, y en función de esta distancia está la longitud del arco. El arco da lugar a la formación de gases, de tal manera que se crea una burbuja de gas alrededor de los contactos que desplaza una determinada cantidad de aceite. En la figura se ilustra el proceso inicial de interrupción.



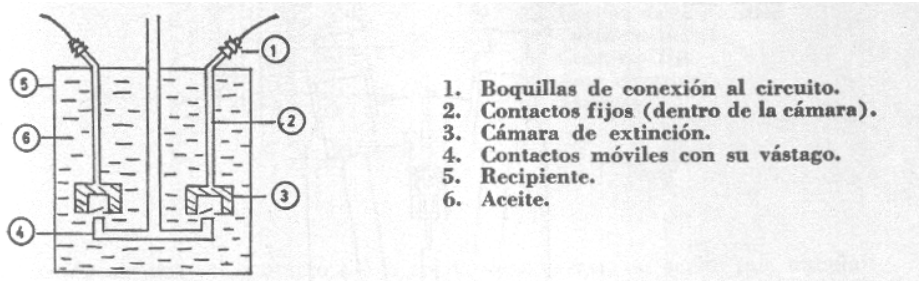
Conforme aumenta la separación entre los contactos, el arco crece y la burbuja se hace mayor, de tal manera que al quedar los contactos en su separación total la presión ejercida por el aceite es considerable, por lo que en la parte superior del recipiente se instala un tubo de fuga de gases.

b).- Gran volumen de aceite con cámara de extinción

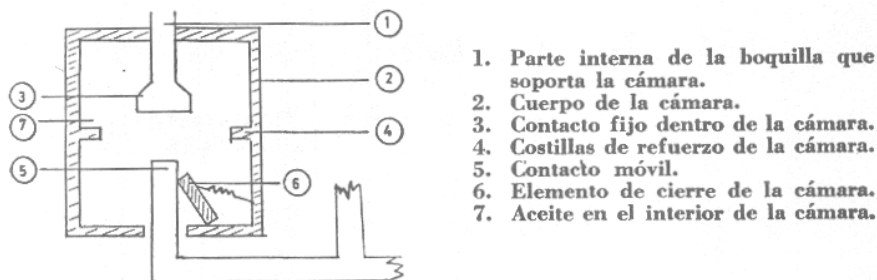
El procedimiento de extinción es el siguiente :

1. Al ocurrir una falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.
2. Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene aceite, originan una violenta circulación de aceite que extingue el arco.
3. Cuando el contacto móvil sale de la cámara, el arco residual se acaba le extinguir, entrando nuevamente aceite frío a la cámara.
4. Cuando los arcos se han extinguido, se cierran los elementos de admisión de la cámara.

En la figura se ilustra el diagrama de un interruptor de gran volumen con cámara de extinción



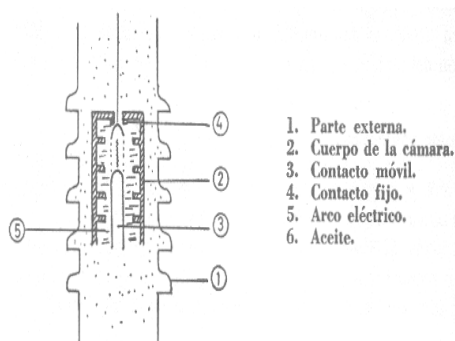
Los elementos principales de la cámara de extinción son los siguientes:



El elemento de desconexión en los interruptores de gran volumen de aceite lo constituyen los contactos móviles. Estos contactos se pueden accionar en general de tres maneras distintas :

1. Mecánicamente, por medio de sistemas volante-bielas o engrane-bielas.
2. Magnéticamente, por medio de un electroimán conocido como bobina de disparo que acciona el trinquete de retención de los contactos móviles al ser energizado; se puede energizar manualmente (por medio de botón) , o automáticamente (por medio de relevador) .
3. La acción de conexión o desconexión se puede efectuar substituyendo el volante o los engranes con un motor eléctrico que puede operarse a control remoto.

c).- Interruptor Pequeño Volumen de Aceite

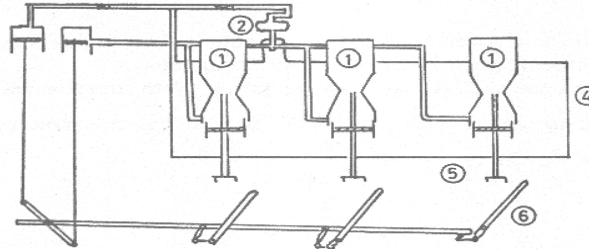


1. Al ocurrir una falla se desconecta el contacto móvil 3 originándose un arco eléctrico (5).
2. A medida que sale el contacto móvil se va creando una circulación de aceite entre las diferentes cámaras que constituyen el cuerpo.
3. Al alcanzar el contacto móvil su máxima carrera al aceite que circula violentamente extingue el arco por completo.
4. Los gases que se producen escapan por la parte superior del interruptor

Debido al peligro de explosión e incendio que representan los interruptores en aceite, se fabrican los interruptores neumáticos, en los cuales la extinción del arco se efectúa por medio de un chorro del aire a presión.

d).- Interruptor Neumático

El proceso general se puede comprender con ayuda de la figura siguiente.



Cuando ocurre una falla la detecta el dispositivo de control, de tal manera que una válvula de solenoide acciona a la válvula principal (2) y sigue una secuencia que puede describirse en general como sigue :

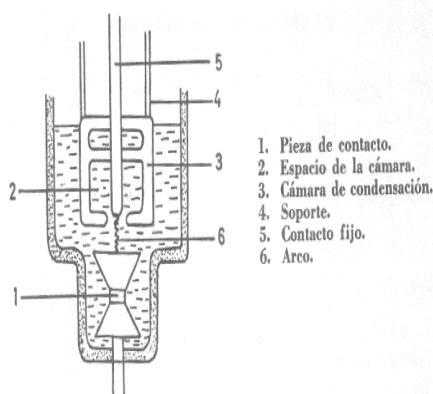
1. Al ser accionada la válvula principal (2) , ésta se abre, permitiendo el acceso de aire a los aisladores huecos (1) .
2. El aire a presión que entra a los aisladores huecos presiona por medio de un émbolo a los contactos (5).
3. Los contactos (5) accionan a los contactos (6) que operan simultáneamente abriendo el circuito.
4. Como los aisladores huecos (1) se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción (3) , al bajar los contactos (5) para accionar a los contactos (6) el aire a presión que se encuentra en los aisladores (1) entra violentamente a la cámara de extinción (3) extinguiéndose el arco.

Ventajas del interruptor neumático sobre los interruptores de aceite

1. Ofrece mejores condiciones de seguridad, ya que evita explosiones e incendios.
2. Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos (3 a 5) .
3. Disminuye la posibilidad de reencebados de arco.
4. Es más barato.

e).- Interruptor de Expansión

El proceso de interrupción se puede describir brevemente como sigue :



1. Pieza de contacto.
2. Espacio de la cámara.
3. Cámara de condensación.
4. Soporte.
5. Contacto fijo.
6. Arco.

1. Cuando ocurre una falla, se acciona la pieza de contacto móvil que se encuentra dentro de la cámara de expansión.
2. Al caer el contacto se establece el arco (6) en presencia del agua contenida en la cámara.
3. La temperatura a que da lugar el arco produce vapor de agua dentro de la cámara de condensación.
4. El vapor producido en la cámara de condensación provoca una fuerte " circulación de agua que extingue parcialmente el arco.
5. El vapor condensado en la cámara acaba de extinguir el arco al circular el H₂O fría.

f).- Pruebas a Interruptores

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

1. Prueba de prestación.

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 que 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 con su capacidad de diseño en (M VA).

6. Prueba de presión.

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.

g).- ESPECIFICACIONES PARA INTERRUPTORES DE POTENCIA

Veamos las especificaciones que se deben dar para la compra o fabricación de un interruptor de potencia. De todos los tipos estudiados hay gran diversidad y al igual que en los transformadores se deben especificar generalidades, función del interruptor en la subestación, si la subestación es de tipo interior o intemperie, si es de accionamiento manual o automático.

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

- a) Tensión normal de operación.
- b) Corriente nominal.
- c) Corriente de ruptura en KA.
- d) Capacidad de ruptura en M V A.
- e) Capacidad de ruptura para S SRG, de duración de falla.

Algunas capacidades comerciales de interruptores

Tipo "GC" Un solo tanque.

Características.	14.4 KV	100, 250, 500 M VA.
	23.0 KV	250 M V A.

Tipo "G" Tres tanques.

Características.	14.4 hasta 69 KV,	-500 hasta 2500 M VA.
Usados en transmisión de potencia.		

Tipo "GM" Montado sobre el piso

Características. 69 hasta 161 KV, -1500 hasta 1500 M VA.
Empleado en sistemas de transmisión.

Tipo "GW" 230 KV a 34.5 KV 1200 a 1600 Amp.

IV.7.- Tipos de Transformadores de Potencia

Transformadores de potencia.- se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.



Características Generales:

Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA, en tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 kV. y frecuencias de 50 y 60 Hz.

Transformador de Distribución.- se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

Tipos de transformadores de distribución.

a).- Transformador para montaje sobre postes



Descripción:

Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión. Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

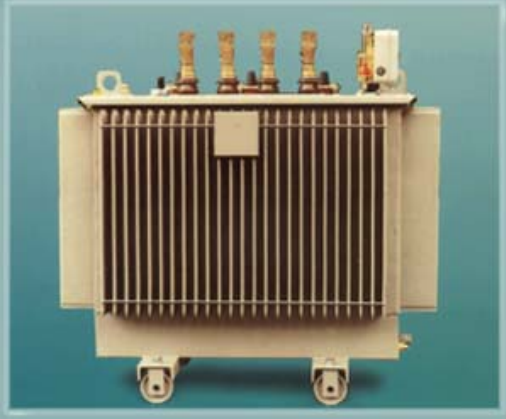
Características Generales:

Se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 kVA y tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz.

b).- Transformadores Secos Encapsulados en Resina Epoxi

	Descripción: Se utilizan en interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, en lugares donde los espacios reducidos y los requerimientos de seguridad en caso de incendio imposibilitan la utilización de transformadores refrigerados en aceite. Son de aplicación en grandes edificios, hospitales, industrias, minería, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica. Características Generales: Su principal característica es que son refrigerados en aire con aislamiento clase F, utilizándose resina epoxi como medio de protección de los arrollamientos, siendo innecesario cualquier mantenimiento posterior a la instalación. Se fabrican en potencias normalizadas desde 100 hasta 2500 kVA, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.
---	---

c).- Transformadores Herméticos de Llenado Integral

	Descripción: Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, siendo muy útiles en lugares donde los espacios son reducidos. Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica. Características Generales: Su principal característica es que al no llevar tanque de expansión de aceite no necesita mantenimiento, siendo esta construcción más compacta que la tradicional. Se fabrican en potencias normalizadas desde 100 hasta 1000 kVA, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.
---	--

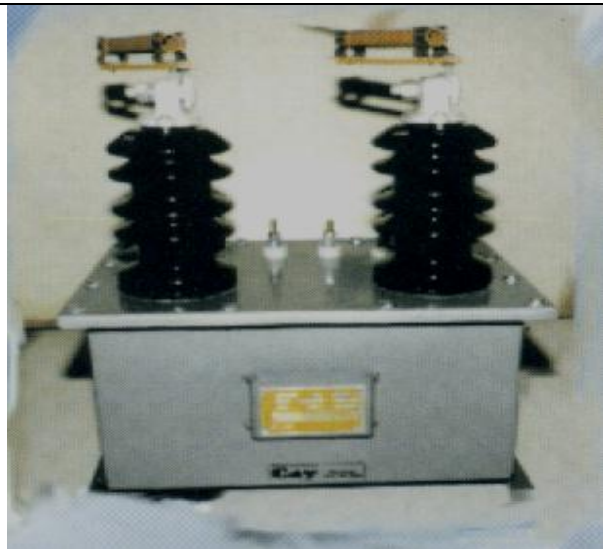
d).-Transformadores Subterráneos

	Transformador de construcción adecuada para ser instalado en cámaras, en cualquier nivel, pudiendo ser utilizado donde haya posibilidad de inmersión de cualquier naturaleza. Características Potencia: 150 a 2000KVA Alta Tensión: 15 o 24,2KV Baja Tensión: 216,5/125;220/127;380/220;400/231V
---	---

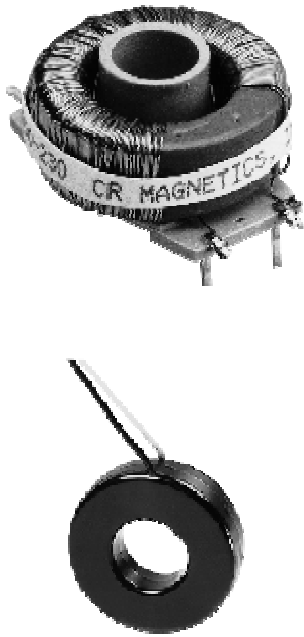
e).- Transformadores Rurales

	Descripción: Están diseñados para instalación monoposte en redes de electrificación suburbanas monofilares, bifilares y trifilares, de 7.6, 13.2 y 15 kV. En redes trifilares se pueden utilizar transformadores trifásicos o como alternativa 3 monofásicos.
--	---

Transformador de potencial

	Es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Tiene una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados. Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de que tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial.
---	---

Transformador de corriente

	Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control. Ciertos tipos de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos. Los valores de los transformadores de corriente son: Carga nominal: 2.5 a 200 VA, dependiendo su función. Corriente nominal: 5 y 1A en su lado secundario. se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser: 600/5, 800/5, 1000/5. Usualmente estos dispositivos vienen con un amperímetro adecuado con la razón de transformación de los transformadores de corriente, por ejemplo: un transformador de 600/5 está disponible con un amperímetro graduado de 0 - 600A.
---	--

IV.8.- Clasificación de Cuchillas Seccionadoras

- **Por su operación**

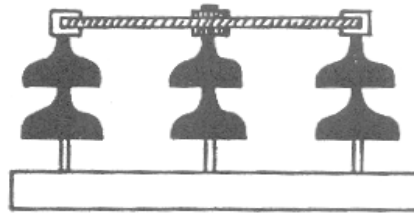
- a) Con carga (Tensión nominal)
- b) Sin carga (Tensión nominal)

- **Por su accionamiento**

- a) Manual directo o con pértiga
- b) Automático con motor eléctrico neumático

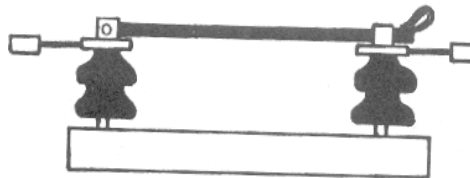
- **Por su forma de desconexión**

Con tres aisladores: dos fijos y uno giratorio al centro (Horizontal) llamado de doble arco: estas cuchillas se emplean sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones del orden de 34.5 KV; son generalmente operadas en grupo, por mando eléctrico. No representan peligro para el operario, ya que es grande la separación entre polos.



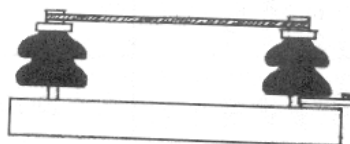
Con dos aisladores (accionados por pértiga), operación vertical .-este tipo de cuchillas es de los más usuales por su operación simple, puede emplearse en instalaciones interiores o a la intemperie. Para usos interiores se recomienda usarla en tensiones no mayores de 23 KV, para operación con pértiga, el lugar donde se pare el operario para efectuar la desconexión debe ser, de acuerdo con las normas de seguridad, una madera con capa de hule.

Para montaje a la intemperie puede usarse en cualquiera de las tensiones " normales de operación, con mando por barra o motor eléctrico.

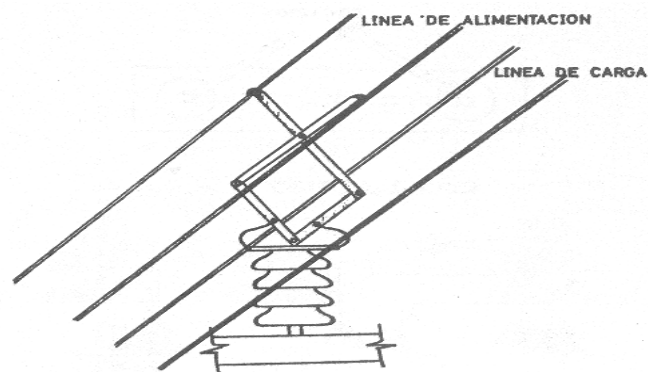


Con dos aisladores: uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.- este tipo de cuchillas es de uso a la intemperie generalmente. Presentan muchas ventajas cuando son accionadas neumáticamente; por tal razón, es conveniente emplearlas cuando se disponga de aire comprimido. Se usan para cualquiera de las tensiones normales de operación. Pueden accionarse también por barra o motor eléctrico.

Tienen el inconveniente de que la hoja de desconexión se desajusta después de varias operaciones.

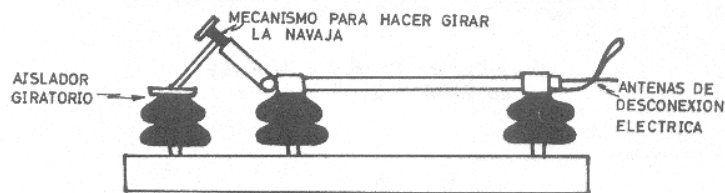


Pantógrafo: Separador de tijeras.- en la actualidad este tipo de cuchillas no se emplea con frecuencia, sobre todo en América. La razón es que su mecanismo de operación es complicado y falla en ocasiones; además su costo es elevado y ocupa mucho espacio, lo cual va en contra de la tendencia actual de reducir el espacio en las instalaciones.

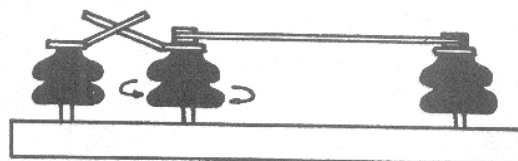


Cuchillas Tipo "AV" .- estas cuchillas se emplean en instalaciones de corrientes elevadas y tensiones medias; se operan generalmente por barra o motor eléctrico, pero también pueden accionarse con aire comprimido. En sistemas de distribución a 33 y 23 KV se usan para interconexión de líneas.

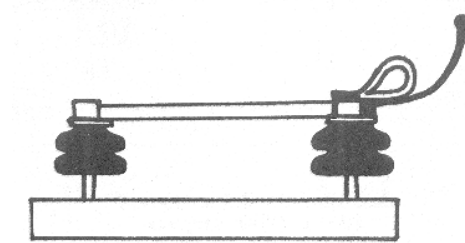
Para tensiones elevadas se emplean cuchillas con cuernos de arqueo y puesta a tierra. Estas cuchillas son semejantes a los tipos anteriores hasta 161 KV, con aditamentos que reciben el nombre de *cuernos de arqueo y conexión de puesta a tierra*.



Cuchilla de tres aisladores (centro movable por cremallera).- el rango de aplicación de estas cuchillas es semejante al de las cuchillas de operación vertical; debido a su tamaño, generalmente son accionadas por motor eléctrico, aunque se pueden accionar por barra o aire comprimido.



Cuchilla desconectadora con cuernos de arqueo.- estas cuchillas pueden ser de operación horizontal o vertical. Se usan por lo general en sistemas que operan en tensiones muy elevadas, por ejemplo 66, 88, 115 KV, etc. Su empleo es indispensable en líneas largas. Los cuernos de arqueo sirven para que entre ellos se forme el arco al desconectar las cuchillas, ya la conexión a tierra para disipar la energía del arco. El arco se forma debido a la energía residual que conservan las líneas largas al quedar en vacío después de la apertura del interruptor.



Cuchillas de operación con carga .- estas cuchillas reciben generalmente el nombre de *seccionadores* y son casi siempre cuchillas de operación vertical con accesorios especiales para desconexión rápida. Se fabrican para interrumpir corrientes hasta de 1000 Amp. a tensiones no mayores de 34.5 KV.

Especificaciones

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

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

Conexión: La alimentación de la cuchilla debe llegar por el lado de la mordaza.

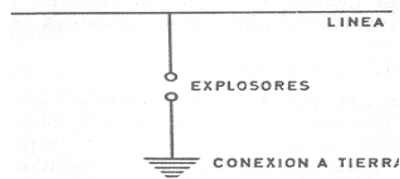
Equipo para operar las cuchillas seccionadoras

- Casco aislante y zapatos dieléctricos
- Pértiga en buen estado y de las dimensiones requeridas
- Taburete de madera, aislado debidamente de la tierra
- Guantes aislantes
- Guantes de cuero para proteger los guantes aislantes
- Lentes de seguridad, opacos y endurecidos para evitar posibles daños por el arco (rayos ultravioleta y caída de partes metálicas incandescentes).
- Interruptor portátil (Loadbuster): Permite abrir con cargas los seccionadores con aire, las camillas fusibles que no tienen capacidad interruptiva y por lo tanto no se podrían abrir con carga.
- La rapidez del corte de la corriente dentro del interruptor, es independiente de la velocidad con que se haga la maniobra puesto que un resorte abre bruscamente los contactos interiores del interruptor aún cuando se jala de la pértiga.

IV.9.- Operación del apartarrayos

El apartarrayos, dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

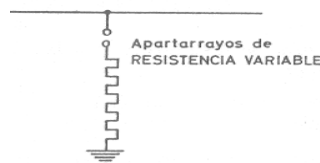
Su principio general de operación se basa en la formación de un arc eléctrico entre dos *explosores* cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.



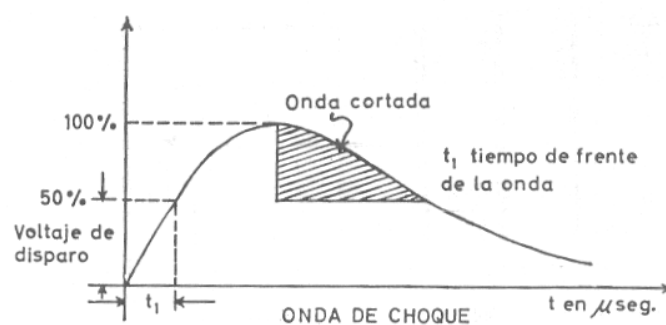
Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación; por ejemplo, los más empleados son los conocidos como apartarrayos tipo autovalvular" y "apartarrayos de resistencia variable".

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

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

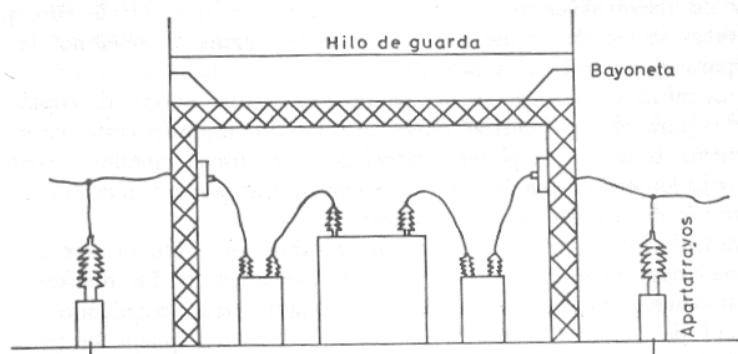


La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema. Las ondas que normalmente se presentan son de 1.5×40 microsegundos (onda americana) y 1×40 microsegundos (onda europea) .Esto quiere decir que alcanza su valor de frente en 1.5 a 1 microsegundos (tiempo de frente de onda).



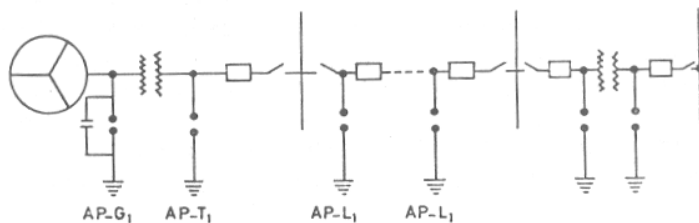
La función del apartarrayos es cortar su valor máximo de onda (aplanar la onda). Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz. Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones

contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.



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

Localización del apartarrays



IV.10.- Tipos de Fusibles de alta Tensión

Se autoriza su empleo solo para instalaciones de reducida capacidad y puede ser:

De expulsión. Un tubo de metal orgánico capaz de producir una cantidad notable de gas y soportar una alta temperatura, une a las dos terminales de fusible, cuenta con un dispositivo de contacto de manera que cuando el fusible se funde los contactos se separan cayendo el tubo de manera visible.

El funcionamiento del fusible produce mucho gas y ruido se usan en tensión 34.5 kV. y corriente de cortocircuito 20KA . Brindan una protección económica y confiables de amplio espectro de falla para transformadores y bancos de condensadores en subestaciones de empresas eléctricas e industriales

De ácido bórico. El metal orgánico se sustituye por esta sustancia. En caso de cortocircuito el arco se aleja hacia el ácido bórico, el cual bajo la acción del calor es más eficaz que el del gas.

Fusibles en aceite: son peligrosos porque pueden estallar a causa de las grandes presiones producidas a la ruptura de la potencia máxima y provocar incendios.

Fusible en tetracloruro de carbono: se elimina el peligro de incendio pero no el de la explosión.

Fusible en material sólido (arena especial) que absorbe los gases y es refractaria a toda combinación química con el hilo fusible. En caso de cortocircuito se funden los hilos y los gases que se desprenden no dan lugar a sobrepresión porque son absorbidos y condensados por el polvo extintor.

Los fusibles de alta tensión se utilizan solamente para capacidades hasta 200 KvA ó tensión máxima 15 kv. Pasados estos valores, la desconexión del circuito se efectuará con interruptores automáticos de alta tensión.

Cuchilla fusible: es un elemento de conexión y desconexión con dos funciones más: como cuchilla desconectadora: abre y cierra circuitos y como elemento de protección: lo constituye el fusible.



IV.11.- Banco de Capacitores de alta Tensión

La corrección de grupo es necesaria cuando las cargas cambian radicalmente entre alimentadores y cuando los voltajes del motor son bajos, como por ejemplo, 230 V. Cuando los flujos de potencia cambian frecuentemente entre diversos sitios de la planta y cargas individuales, se hace necesario efectuar la corrección primero en una parte de la planta, verificar las condiciones obtenidas y después compensar en la otra. Sin embargo, es más ventajoso usar un capacitor de grupo ubicado lo mas equidistante que se pueda de las cargas. Esto permite la desconexión de una parte de los capacitores de acuerdo a condiciones específicas de cargas variables.

Cuando la longitud de los alimentadores es considerable, se recomienda la instalación de capacitores individuales a los motores, por supuesto se necesitarán varios condensadores de diferentes capacidades, resultando esto en un costo mayor. Sin embargo deberá evaluarse el beneficio económico obtenido con la compensación individual. Considerando que el costo de los capacitores para bajos voltajes es más del doble que los de altos voltajes. Por esto, cuando el voltaje de los circuitos de motores es de 230 V, es más económico usar una instalación de grupo si es que ésta se puede efectuar en el primario a 2.400 ó 4.160 V.

Debemos también considerar que, cuando los capacitores se instalan antes del banco principal de transformadores, éstos no se benefician y no se alivia su carga en KVA. Esta es una buena razón para usar capacitores de 230 V a pesar de su alto costo.

Correcciones aisladas

La corrección aislada del factor de potencia se debe hacer conectando los capacitores tan cerca como sea posible de la carga o de las terminales de los alimentadores.

Debe recordar que la corrección se lleva a cabo sólo del punto considerado a la fuente de energía y no en dirección opuesta.

Los capacitores instalados cerca de las cargas pueden dejar de operar automáticamente cuando las cargas cesan, incrementan el voltaje y por ende el rendimiento del motor

V

DISEÑO DE LOCALES

Objetivo particular de la unidad

Diseñar un local para una subestación eléctrica básica

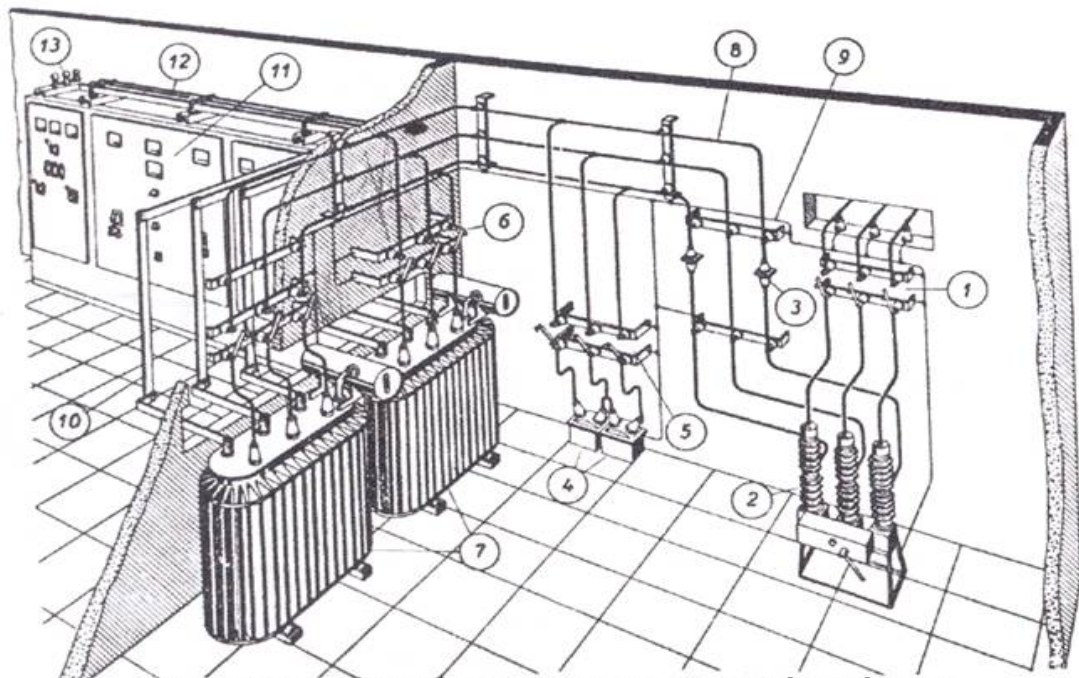
Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender y aplicar los elementos que se deben tomar en consideración para el proyecto de una subestación eléctrica

Saber en la Teoría (4 hrs.)

V.1.- Localizar los aparatos en los edificios (instalación interior).

Principales partes de una subestación eléctrica:



**Elementos Principales De Una Subestación Eléctrica
De Media Potencia Y Media Tensión**

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

V.2.- Reglamentación sobre iluminación, ventilación , contra incendio, instalación general, depósitos y conducción de agua, carteles o placas de advertencia., objetos para protección. botiquín.

Se exponen a continuación los artículos relacionados con las centrales eléctricas aplicables también a las estaciones transformadoras y de distribución :

Art. 31. Iluminación. Alumbrado de emergencia. -La iluminación en las centrales y en las estaciones de transformación deberá. ser uniforme, evitando en especial el deslumbramiento a los efectos de lectura de las escalas de los aparatos de los cuadros. El valor de la iluminación media en las centrales y subcentrales será de 30 a 60 lux - según los locales de que se trate e importancia de la central -, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Iluminación en los Centros de Trabajo.

En las centrales y estaciones de transformación que exijan personal permanente para su servicio y maniobra, deberá establecerse un alumbrado de emergencia que permita ver con claridad suficiente las partes más importantes de la instalación y efectuar las primeras manipulaciones al faltar la energía propia o procedente del exterior. La instalación de este alumbrado de emergencia será totalmente independiente de la de alumbrado normal, recomendándose alimentar la instalación de emergencia con batería situada en local adecuado y pudiendo servir la destinada a servicios auxiliares, señalización, mandos a distancia, etc.

Art. 32. Ventilación. -Para conseguir una buena ventilación en las celdas de los transformadores, a fin de evitar calentamientos excesivos, se dispondrán entradas de aire adecuadas por la parte inferior, con salidas situadas, siempre que sea posible, en el lado opuesto y en la parte superior .

Podrá prescindirse de esta precaución si, debido al clima, la amplitud del local o el reducido régimen de carga, no fuesen de temer elevaciones anormales de temperatura. La ventilación podrá ser forzada si así lo exigiesen las condiciones de funcionamiento de los transformadores.

Art. 33. Contra incendios.

a) Extintores individuales. -En las estaciones transformadoras (salvo en las rurales) y en las centrales generadoras hasta 10 000 kilovoltamperios de potencia, se dispondrán extintores de incendios en sitios fácilmente accesibles y convenientemente distribuidos, que deberán revisarse periódicamente con el fin de mantenerlos en perfecto estado de servicio. Dichos extintores se descargarán totalmente por lo menos una vez al año, a fin de comprobar la eficacia de su cometido.

b) Instalación general. -En las subestaciones de interconexión y centrales generadoras de más de 10 000 kilovoltamperios, se dispondrá independientemente de los extintores individuales a que alude el artículo anterior, una instalación general de accionamiento automático cuyo proyecto habrá de acompañarse a la petición de la pertinente autorización administrativa para el establecimiento de aquéllas.

El funcionamiento de esta instalación deberá comprobarse periódicamente y por lo menos una vez al año.

Art. 35. Depósitos y conducciones de agua. Alcantarillado. -Se evitará situar depósitos de agua en el interior de las centrales, en zonas próximas a las partes de la instalación normalmente en tensión.

Las conducciones de agua se proyectarán suficientemente alejadas de las partes en tensión y de tal forma que su rotura no provoque avería en las instalaciones eléctricas, no sólo por proyección directa del chorro de agua en caso de rotura, sino por humedades siempre perjudiciales. A estos efectos, se recomienda disponer las conducciones principales de agua en un plano inferior a las canalizaciones de energía eléctrica, especialmente cuando éstas se establezcan en el subsuelo y se construyan a base de pletina sobre aisladores. Estas canalizaciones y, en general, todas las atarjeas destinadas a contener instalaciones eléctricas, deberán tener cierta inclinación para verter rápidamente las aguas a los colectores generales de alcantarillado en casos de averías en las conducciones de agua.

La red general de alcantarillado deberá ir siempre situada en un plano inferior al de las canalizaciones subterráneas y al de las conducciones normales de agua, pero si por causas especiales fuese necesario disponer en un plano inferior alguna parte de la instalación eléctrica, se adoptarán precauciones adecuadas que eviten cualquier filtración perjudicial para la misma.

Art. 36. Conducciones de gas. -Las conducciones de gas irán siempre alejadas de las canalizaciones eléctricas, prohibiéndose terminantemente la colocación de ambas en una misma atarjea o galería de servicio.

Art. 37. Carteles o placas con advertencias e instrucciones. -En los locales principales, y especialmente en los puestos de mando y oficinas de jefes o encargados de centrales o estaciones de transformación, se dispondrán esquemas representativos de las instalaciones e instrucciones generales de servicio, aconsejándose el empleo de la notación y símbolos de la Comisión Electrotécnica Internacional.

En diversos lugares de las instalaciones de alta tensión se dispondrán rótulos indicadores de peligro, escritos con claridad y de dimensiones suficientes para que su lectura sea fácil. Asimismo, se dispondrán instrucciones relativas a los primeros cuidados a que deben ser sometidos los accidentados por contactos con partes en tensión.

Art. 38. Objetos para protección del personal. Revisión. -Las pértigas de maniobra, los guantes de caucho, los taburetes aislantes, las pinzas para retirar fusibles de alta tensión,

los mangos protectores de las pinzas de aparatos de medida y, en general, cuantos objetos se utilicen para proteger al personal, deberán estar siempre en perfecto estado, lo que se comprobará por lo menos una vez al año.

Art. 39. Botiquín de urgencia. -En toda central o estación de transformación que requiera servicio permanente de personal se dispondrán botiquines de urgencia, con los elementos indispensables para practicar las primeras curas en los casos de accidente.

V.3.- Reconocer los elementos de instalaciones intemperie: estructuras, barras y conexiones, edificios, torres de montaje, canalizaciones, alumbrado, cierres

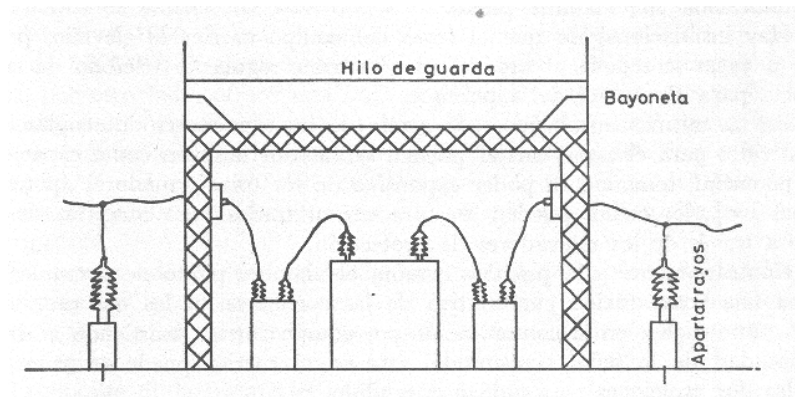
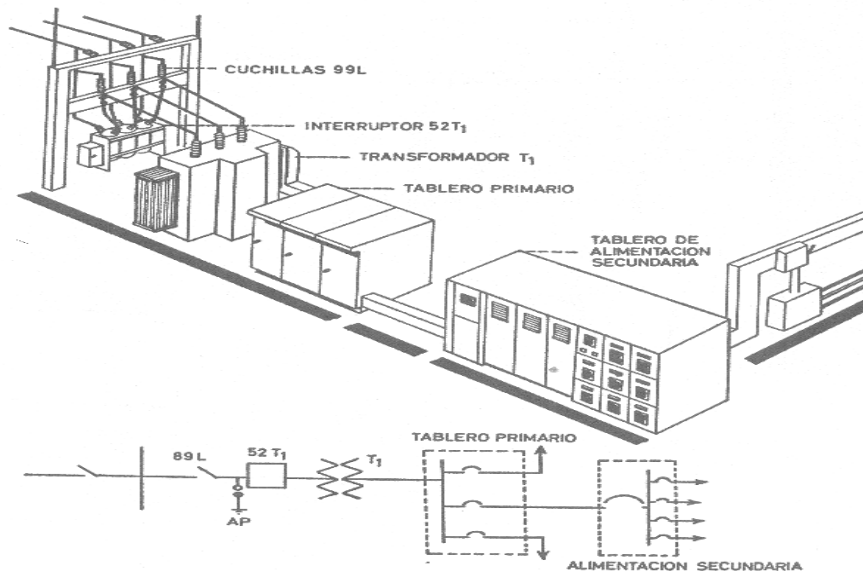
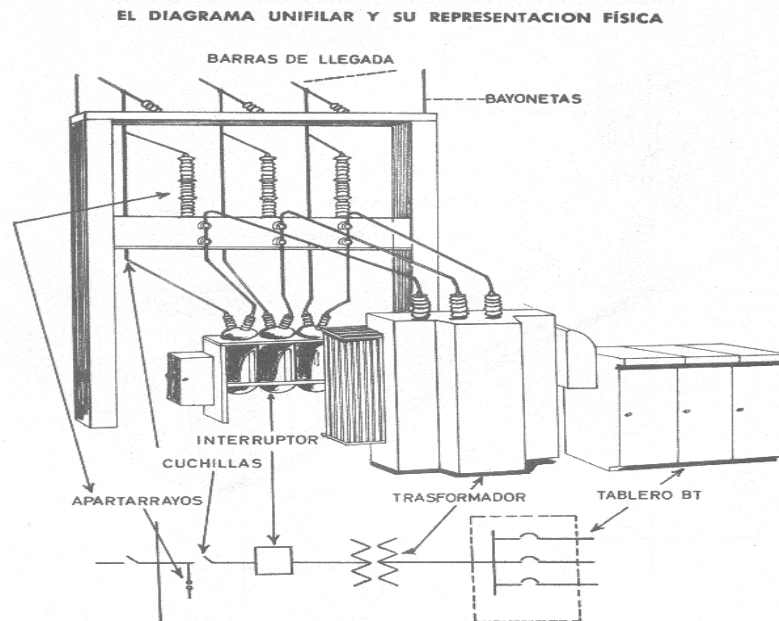


DIAGRAMA ELEMENTAL DE UNA SUBESTACIÓN INDUSTRIAL





V.4.- Tramitación de los proyectos

V.4.1. Anteproyecto

a).-Finalidad

El anteproyecto de una instalación de alta tensión podrá utilizarse para la tramitación de la correspondiente autorización por parte de la Administración, caso de que el solicitante estime la necesidad de su presentación con anterioridad a la preparación del Proyecto de Ejecución.

b).-Documentos que comprende

El anteproyecto de una instalación eléctrica de alta tensión constará, en general, al menos de los documentos siguientes:

b.1.- Memoria

El documento Memoria deberá incluir:

- * Justificación de la necesidad de la instalación.
- * Indicación del emplazamiento de la instalación, señalando la calificación de uso de la zona de dicho emplazamiento.
- * Descripción del conjunto de la instalación con indicación de las características principales de la misma, señalando que se cumplirá lo preceptuado en la reglamentación del Ministerio de Industria y Energía que la afecte.
- * Indicación de las diversas etapas en que se prevé la puesta en servicio del conjunto de la instalación eléctrica.

b.2.- Presupuesto

El documento presupuesto deberá contener una valoración estimada de los elementos de la instalación eléctrica.

b.3.- Planos

El documento Planos deberá incluir:

- * Plano de situación prevista.
- * Esquema de interconexión con las instalaciones adyacentes de la red de alta tensión.
- * Esquema unifilar simplificado del conjunto de la instalación, indicando, en su caso, las ampliaciones previstas, así como las instalaciones existentes.
- * Plano de planta general y secciones mas significativas.

V.4.2. Proyecto de Ejecución**a).- Finalidad**

Proyecto de Ejecución es el documento básico para la realización de la obra. Contendrá los datos necesarios para que la instalación quede definida técnica y económicamente, de forma tal que pueda ser ejecutada bajo la dirección de un técnico competente distinto al autor del proyecto.

b).- Documentos que comprende

El Proyecto de Ejecución de una instalación eléctrica de alta tensión constará de los documentos siguientes:

b.1 Memoria

En la memoria se darán todas las explicaciones e informaciones precisas para la correcta dirección de la obra, incluirá los cálculos justificativos y comprenderá:

- * Justificación de la necesidad de la instalación, en caso de solicitar su autorización.
- * Indicación del emplazamiento de la instalación.
- * Descripción de la misma, señalando sus características, así como las de los principales elementos que se prevé utilizar.
- * Justificación de que en el conjunto de la instalación se cumple la normativa que se establece en la Reglamentación de Industria y Energía.

Cuando de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10 del Reglamento, se propongan soluciones que no cumplan exactamente las prescripciones del mismo deberá efectuarse justificación detallada de la solución propuesta.

b.2 Pliego de condiciones técnicas.

El pliego de condiciones técnicas contendrá la información necesaria para definir los materiales, aparatos y equipos y su correcto montaje.

b.3 Presupuesto.

El documento Presupuesto deberá constar de:

- * Mediciones.
- * Presupuestos parciales de los elementos y equipos de la instalación que va a realizarse.
- * Presupuesto general, resumen del conjunto de los presupuestos parciales.

b.4 El documento Planos deberá incluir:

- * Planos de situación incluyendo los accesos al lugar de la instalación.
- * Esquema unifilar de la instalación con indicación de las características principales de los elementos fundamentales que la integran.
- * Plano o planos generales en planta y alzado suficientemente amplios, a escalas, convenientes y con indicación de las cotas esenciales, poniendo de manifiesto el emplazamiento y la disposición de las maquinas, aparatos y conexiones principales.

V.4.3. PROYECTOS DE AMPLIACIONES Y MODIFICACIONES

A los efectos de lo especificado en la disposición transitoria del Reglamento a que se refiere esta Instrucción, se consideran como ampliaciones no importantes, entre otras, aquellas que cumplan alguna de las siguientes circunstancias:

- a) La ampliación no provoca obras o instalaciones nuevas, ni tendidos o sustitución de cables o conductores, bastando sustituir fusibles, o relés.
- b) La ampliación exige colocar fusibles, o relés en espacios, celdas o cabinas vacías previstas y preparadas en su día para realizar la ampliación.
- c) La ampliación consiste en sustituir un transformador en un centro de transformación por otro de un tamaño inmediato superior según las escalas normales en el mercado y no sea preciso modificar barra, conductores ni otros elementos y en el proyecto original estuviera prevista la ampliación.
- d) La modificación afecta solamente a los circuitos de medida, mando, señalización o protección, o a los aparatos correspondientes.
- e) La modificación afecta solamente a los servicios auxiliares de la instalación de alta. No se considera modificación la sustitución de aparatos o elementos por otros de características técnicas similares.

Para la realización de ampliaciones y modificaciones no importantes de instalaciones construidas de acuerdo con este Reglamento, no se precisará autorización administrativa ni presentación de proyecto.

Sin embargo, cuando dichas ampliaciones o modificaciones impliquen algún cambio en las características técnicas de la instalación o afecten al Registro Industrial, deberán comunicarse las mismas al Órgano competente de la Administración.

Cuando se trate de la ampliación o modificación importante de una instalación ya debidamente legalizada y en servicio, se deberá presentar a la Administración un proyecto de ampliación o modificación que recoja los conceptos que se indican en el punto 2, y en el que se justifiquen la necesidad de la ampliación o modificación en cuestión.

Saber Hacer en la practica (12 hrs.)

V.5.- Diseñar instalaciones de subestaciones tipo interior e intemperie

Normas para el proyecto

Los proyectos de subestaciones deberán comprender memorias, planos y presupuestos, de acuerdo con el siguiente arreglo :

1. Objetivo de la instalación.
2. Descripción detallada de la instalación.
3. Cálculos adoptados y detalles.
4. Presupuestos parciales y global de la obra.
5. Planos elaborados.

PLANOS PRINCIPALES A ELABORAR EN EL PROYECTO DE UNA SUBESTACIÓN

a) Diagrama unifilar.

Tiene por objeto indicar la forma de conexión de la subestación y señalar las características de los elementos que la constituyen, tales como capacidades de transformadores de potencia, generadores, interruptores, etc. Por otra parte, el

reglamento expresa que la presentación de una instalación debe hacerse en diagrama unifilar para su aprobación.

b) Disposición del equipo.

La disposición más conveniente de los elementos de la subestación en un proyecto constituye una de las tareas más difíciles, por lo que es preciso trazar una "vista en planta" donde "aparezcan en forma trifásica (si es trifásica la instalación) las conexiones de los aparatos. También debe hacerse una "vista de elevación", con varios cortes, con objeto de indicar entre otras cosas la altura de seguridad entre el conductor y el suelo o entre el conductor y la estructura, a fin de que éstas no tengan valores peligrosos para el personal; sirve además para indicar la altura de la cimentación donde se alojan los aparatos.

c) Herrajes y conectores.

Este plano sirve para indicar las conexiones físicas y la nomenclatura de los conectores empleados en dichas conexiones.

d) Localización general de la subestación.

El objeto de este plano es indicar la ubicación de la subestación.

e) Estructura metálica.

Tiene por objeto indicar la forma que se adopta para el diseño de la estructura metálica.

f) Sistema de tierras.

Este plano es con el fin de mostrar la forma en que está distribuida la red de tierras y las características de los elementos que la componen.

g) Sistema de alumbrado.

Tiene por objeto indicar las características del alumbrado normal y de emergencia, así como la distribución del mismo.

h) Trayectoria de cables de control.

Aquí se señalan la trayectoria que siguen los cables de control y las características de los mismos.

i) Caseta o sala de tableros de control.

Sirve para indicar su localización y la forma en que está distribuida.

Es conveniente también elaborar planos de gráficas, de flechas y de tensiones en los buses.

Realización del proyecto. A continuación se exponen algunos puntos fundamentales para la realización de un proyecto:

a) Para la realización del proyecto se deberá partir de la información necesaria para su elaboración. Esta información deberá incluir el tipo de corriente (CA o CC) , capacidad total (si este dato no se da, se puede determinar a partir de las cargas) , localización, instalación interior o exterior, dimensiones del terreno, tipo de operación (manual o automática) , líneas, consumidores o cargas a las que va a alimentar, etc.

b) Cuando ya se disponga de tal información, se procederá a hacer una discusión de la conexión más adecuada de la instalación, considerando operación técnica y operación económica.

c) Para la elaboración de los planos que indiquen las vistas de planta y elevación, se deben conocer las dimensiones de los elementos que han de constituir la instalación, para determinar el espacio necesario para el montaje de los aparatos.

Las dimensiones y características de los aparatos pueden consultarse en catálogos de casas constructoras; de otros elementos de importancia, como transformadores de potencia, interruptores y en general, aquellos que se fabrican por encargo, los constructores envían dibujos con características y dimensiones aproximadas.

Cálculo mecánico de las barras colectoras (Buses)

Cálculo de flechas y tensiones. El cálculo de flechas y tensiones de un cable suspendido entre dos torres y que toma la forma de una catenaria se puede hacer por dos métodos normales: el de la parábola o el de la catenaria ; como la forma de una catenaria extendida no difiere apreciablemente de una parábola y por ser más simples los cálculos, en el caso de las subestaciones eléctricas se usan las fórmulas de la parábola.

Con el objeto de no perder exactitud en los cálculos, las literales que a continuación se dan y que nos permiten obtener los valores mínimos de un problema determinado, aparecen en el sistema inglés. En México existe una disposición que obliga al proyectista a emplear cantidades en el sistema métrico decimal; se recomienda por tanto que para utilizar debidamente estas fórmulas se haga uso de las equivalencias entre el sistema inglés y el sistema métrico.

Hecha esta aclaración, se mencionan a continuación las literales que se emplean en el cálculo de flechas y tensiones.

Deflexión, flecha y oscilación lateral

Si se proporciona la longitud del claro **L** en pies, la carga **W** por pie del conductor, la tensión **F** en libras y estando los soportes al mismo nivel, la deflexión viene dada por:

$$D = WL^2 / (8F)$$

Cuando hay viento, se puede considerar la deflexión **D** igual a la flecha **S**. **D = S**

También **W** es mayor que la carga vertical **V** en libras y entonces, cuando los soportes están al mismo nivel, la flecha es :

$$S = VD / W = VL^2 / (8F)$$

Si los soportes se encuentran a una diferencia del nivel en pies, entonces la flecha máxima del conductor viene dada por: **S' = S (1 - e / 45) pies**

La distancia horizontal del punto mas bajo del conductor al soporte inferior es :

$$L' = L/2 (1 - e / 45) \text{ pies}$$

El desplazamiento lateral máximo del punto medio del conductor es:

$$Z = hD / W = hL^2 / (8F)$$

VI

DISPOSICIONES NORMATIVAS

Objetivo particular de la unidad

Comprender los distintos tipos de reglamento eléctricos utilizados en subestaciones eléctricas

Habilidades por desarrollar en la unidad

Identificar e interpretar los distintos tipos de reglamento eléctricos utilizados en subestaciones eléctricas

Saber en la Teoría (2 hrs.)

VI.1.- Enunciar el reglamento interno para la operación del sistema eléctrico nacional (SEN)

El Reglamento Interno para la Operación del Sistema Eléctrico Nacional consta de once capítulos que contienen las disposiciones generales; el concepto y objeto del sistema; la organización del área responsable de la operación y supervisión del sistema; la definición de los términos de uso obligatorio; los procedimientos generales de operación. así como las normas en materia de licencias y permisos , maniobras , recepción de equipo para operación y la nomenclatura utilizada , incluyendo además. los capítulos referentes a la administración de recursos energéticos y a las herramientas de operación.

Su contenido proporciona una idea integral de la organización institucional que interviene en el proceso de la Operación del Sistema Eléctrico Nacional, así como del área responsable directa de la operación y supervisión del sistema. pero sobre todo en la base normativa para que quienes prestan sus servicios en CFE puedan desempeñar eficientemente y de manera segura las actividades que les han sido encomendadas en el logro de los objetivos básicos de la operación tendientes a proporcionar un servicio público de energía eléctrica a los usuarios continuo, con calidad en el voltaje y la frecuencia , económica y con máxima seguridad.

CAPITULO I: Disposiciones Generales

Artículo I.1 En virtud de que conforme a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica todos los actos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica son de orden público y considerando que la operación del sistema eléctrico nacional es una de las fases preponderantes de dicho servicio, este reglamento es de observancia obligatoria para todos los trabajadores y funcionarios del Organismo. que intervengan o deban intervenir en la operación del sistema nacional, independientemente de su condición y jerarquía.

Artículo I.2 Para los efectos del presente Reglamento y por razones de brevedad, en lo sucesivo deberá entenderse: **C.F.E.** o Comisión Federal de Electricidad; **CENACE**: Centro Nacional de control de Energía; **Reglamento**: El presente Reglamento interno para la Operación del Sistema Eléctrico Nacional; y **S.E.N** : Sistema Eléctrico Nacional.

Artículo I.3 Corresponde a la Dirección General de la CFE la interpretación de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento y a la **Subdirección de Operación por conducto de del Centro Nacional de Control de Energía la del mismo**, así como su revisión y actualización para mantenerlo acorde con las reformas a las disposiciones legales que regulan el servicio público de energía eléctrica y con las innovaciones tecnológicas .

En caso de duda sobre el alcance o interpretación que debe darse a las normas que constituyen este Reglamento, el CENACE tomará las medidas conducentes con carácter provisional en tanto la Superioridad dicta las directrices y el alcance o interpretación correspondientes.

Artículo I.4 Es de la competencia del órgano encargado de la operación del S.E.N., en sus diferentes niveles aplicar el presente Reglamento y vigilar su observancia y fiel cumplimiento .

Artículo I.5 El presente reglamento es de carácter técnico- Operativo. teniendo por objeto exclusivamente fijar las normas a las que se sujetarán: Todas las áreas de C.F.E. que desarrollan actividades de carácter operativo en las instalaciones y equipos destinados a la prestación del servicio público de energía eléctrica, por lo que dichas normas no afectarán ni los derechos de los trabajadores de C.F.E. ni de terceros.

Artículo I.6 El incumplimiento de este Reglamento dará lugar a las sanciones que procedan.

CAPITULO II Del Concepto y Objeto del Sistema Eléctrica Nacional.

Artículo II.1 El sistema eléctrico nacional, está integrado por un conjunto de instalaciones, centrales generadoras, subestaciones, líneas de transmisión, redes de distribución, y en general por la infraestructura eléctrica propiedad u operada por la C.F.E. instalada en la República Mexicana y destinados a la prestación del servicio público de energía eléctrica en la forma y términos establecidos en los ordenamientos legales sobre la materia. La componente fundamental del S.E.N. es la **Red Troncal**, constituida por el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y transformadores que debido a su función principal de generar e interconectar las principales instalaciones ya su ubicación estratégica, se consideran de importancia vital para el sistema eléctrico nacional.

Las líneas de subtransmisión y de distribución en conjunto con el resto de transformadores, coadyuvan al transporte del fluido eléctrico, con características regionales y sin influencia entre una área de control y otra.

Artículo II.2 El S.E.N. tiene como finalidad primordial proporcionar a los usuarios actuales y potenciales, un servicio público de energía eléctrica que cumpla los **objetivos básicos de seguridad continuidad , calidad y economía**; entendiéndose estos objetivos para fines de este reglamento como sigue:

-Continuidad.- la acción de suministrar ininterrumpidamente el servicio de energía eléctrica a los usuarios. de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

-Calidad.- La condición de tensión y frecuencia del servicio eléctrico de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

-Economía.- El uso óptimo de los recursos, considerando las unidades generadoras más convenientes en cada momento y la asignación de la potencia más adecuada, según la disponibilidad, el costo y el consumo del energético usado y las pérdidas de energía en la transmisión; y

-Seguridad del Sistema Eléctrico Nacional para evitar contingencias y que en caso que de ocurrir alguna permanezca operando sin exceder la capacidad de los equipos dentro de los rangos permitidos de voltaje y frecuencia, sin provocar afectación de carga a los usuarios.

CAPITULO III : Del Órgano Encargado de la Operación y Supervisión del Sistema Eléctrico Nacional

Artículo III.1 Corresponde al **CENACE** creado por la C.F.E. y dependiente de la Subdirección de operación **la planeación, dirección y supervisión de la operación del S.E.N.**, hasta las fronteras establecidas con los sistemas de distribución de energía eléctrica, los cuales están a cargo de las Divisiones de Distribución de C.F.E.

En el delega las funciones relativas a la operación de las instalaciones y equipos que conforman el S.E.N. que son administradas conjuntamente con otros recursos como son los energéticos, los escurrimientos hidráulicos y el personal de operación, además coordina y supervisa la operación de los sistemas y equipos propiedad u operados por la C.F.E. destinados a la prestación del servicio público sistemas de energía eléctrica en las interconexiones eléctricas con compañías nacionales o extranjeras. El resultado de este proceso es la energía entregada a los usuarios.

Artículo III.2 El CENACE ejercerá la autoridad técnica en las fronteras de entrega de energía en bloques y tendrá la responsabilidad de efectuar las entregas con la mejor calidad posible. Dichas fronteras serán normalmente las barras de distribución de las subestaciones reductoras y el servicio de operación será acordado de forma tal que se racionalice la utilización de los recursos de la Institución.

Artículo III.3 Para una mejor atención y eficiente despacho de los asuntos de su competencia, el CENACE contará con los **cuatro** siguientes **niveles**, que le estarán jerárquicamente subordinados y tendrán funciones específicas sobre la materia, dentro del ámbito territorial que se determine en cada caso.

-Primer nivel, constituido por el Centro Nacional (CENAL), le corresponde dirigir, operar y supervisar la generación y seguridad de la red troncal, al cual se le confiere autoridad técnica y administrativa sobre los siguientes niveles.

En lo concerniente al Área de Control Central queda expresamente establecido que prevalecerán los acuerdos y convenios entre Comisión Federal de Electricidad, Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. y Asociadas (en liquidación), el Sindicato Mexicano de

Electricistas y el Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana y en lo que no se oponga a dichos acuerdos y convenios será aplicable el presente Reglamento.

Sus objetivos básicos son la seguridad y la economía global del sistema eléctrico.

-Segundo nivel, constituido por las áreas de control, le corresponde dirigir, operar y supervisar la generación y seguridad de la red troncal en una área geográfica determinada. coordinándose con el primer nivel para el cumplimiento de los objetivos básicos de operación y al cual se ha conferido autoridad técnica y administrativa sobre los siguientes niveles.

-Tercer nivel, constituido por las **subáreas de control**, le corresponde dirigir, operar y supervisar la generación y seguridad de su red en una área geográfica determinada, coordinándose con el segundo nivel para el cumplimiento de los objetivos básicos de operación y se le ha conferido autoridad técnica sobre el siguiente nivel.

-Al cuarto nivel, le corresponde dirigir, operar y supervisar la seguridad de su red en una área geográfica determinada, coordinándose con los niveles superiores según sea el caso para el cumplimiento de los objetivos básicos de operación. Están comprendidos en este nivel los centros de distribución, módulos de control y centros de control de generación, los que se regirán por sus reglamentos internos de operación y por este reglamento.

Artículo III.4 Para el cumplimiento de los objetivos básicos de la operación del sistema eléctrico nacional se establecen las siguientes funciones que se asignan en los cuatro niveles de operación que fueron definidos en el artículo anterior.

VI.2.- Explicar la terminología e identificación de dispositivos

CAPITULO IV : Terminología e Identificación de Dispositivos

Artículo IV.1 Para los efectos de este Reglamento se consignan las siguientes definiciones convencionales.

-ABRIR es separar una parte del equipo para impedir el paso de la corriente eléctrica.

-ALIMENTADOR es el circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los usuarios.

-AREA DE CONTROL es la entidad que tiene a su cargo el conjunto de centrales generadoras, subestaciones y líneas dentro de una zona geográfica, determinada por el grupo director del Centro Nacional de Control de Energía.

-ARRANCAR es el conjunto de operaciones, manuales o automáticas, para poner en servicio un equipo.

-ARRANQUE NEGRO es el arranque que efectúa una unidad generadora con recursos propios sin depender de energía del sistema para sus usos propios.

-**BLOQUEO** es el medio que impide el cambio parcial o total de la condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación de cualquier tipo.

-**CALIDAD** es la condición de tensión y frecuencia del servicio eléctrico de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

-**CAPACIDAD EFECTIVA** es la potencia máxima que se puede obtener de cada una de las unidades generadoras.

- **CAPACIDAD RODANTE** es la potencia máxima que se puede obtener de las unidades generadoras sincronizadas al sistema.

- **CENTRAL** es la estación cuya función consiste en generar energía eléctrica.

-**CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGIA (CENACE)** es la entidad creada por la Comisión Federal de Electricidad para planear, dirigir, operar y supervisar la operación del sistema eléctrico nacional.

-**CENTRO DE OPERACION** es la entidad constituida para la operación de la parte del sistema eléctrico que se le asigna para ese fin.

-**CERRAR** es unir una parte del equipo para permitir el paso de la corriente eléctrica.

-**CONTINUIDAD** es la acción de suministrar ininterrumpidamente el servicio de energía eléctrica a los usuarios. de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

-**COORDINADOR DE QUEJAS** es la persona encargada de coordinar la atención de quejas del público por defectos del servicio eléctrico, en los linderos que controlan los centros de distribución .

-**CUCHILLAS** .- dispositivos cuya función es conectar y desconectar un equipo sin carga.

-**CUCHILLAS DE APERTURA CON CARGA** son las que están diseñadas para interrumpir corrientes de carga hasta valores nominales .

- **CUCHILLAS DE NEUTRO** .- permiten conectar y desconectar el neutro de un equipo

- **CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA** .- permiten conectar a tierra un equipo.

- **DEMANDA MAXIMA** potencia máxima registrada en un período de tiempo determinado.

- **DISPARO** es la apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar una parte del sistema.

- **DISTURBIO** es la alteración, generalmente breve y peligrosa de las condiciones normales del sistema o de una de sus partes.

- **DIVISIONES DE DISTRIBUCION** son las dependencias subalternadas de la Gerencia de Distribución, encargadas de la distribución y comercialización de la energía eléctrica dentro de una área geográfica determinada.

- **ECONOMIA** es un objetivo básico de la operación que consiste en el uso óptimo de los recursos considerando las unidades generadoras más convenientes en cada momento, asignándoles la potencia más adecuada, según la disponibilidad, el costo y el consumo del energético usado y las pérdidas de energía en la transmisión.
- **EMERGENCIA** es el estado del sistema eléctrico nacional o elementos de éste. que pueden poner en peligro el servicio, las instalaciones o vidas humanas y que requiere de una acción inmediata.
- **ENERGETICOS** recursos destinados a la producción de energía eléctrica
- **ENERGIZAR** significa permitir que el equipo adquiera potencial eléctrico.
- **EQUIPO** es el conjunto de máquinas. aparatos. circuitos eléctricos, tuberías, medios de comunicación. etc. , de cualquier instalación para la operación.
- **EQUIPO DISPONIBLE** es el que no está afectado por alguna licencia y que puede ponerse en operación en cualquier momento
- **EQUIPO VIVO** es el que está energizado.
- **EQUIPO MUERTO** es el que no está energizado.
- **EQUIPO LIBRADO** es aquel en el que se ejerció la acción de liberar.
- **ESPECIALISTA** es para los efectos de este Reglamento el trabajador que se dedica a una especialidad de las ramas de la ingeniería que intervienen en el proceso de generación, transformación, transmisión y distribución para la operación del SEN ; como son los ingenieros: mecánicos, electricistas, químicos , civiles, de subestaciones y líneas, comunicaciones, control y de protecciones
- **ESTACION** es la instalación que se encuentra dentro de un espacio delimitado, que tiene una o varias de las siguientes funciones : generar, transformar, recibir, enviar y distribuir energía eléctrica
- **EXCITAR UN GENERADOR** significa hacer pasar corriente por el campo de excitación. EXCITAR referida a otro elemento, significa ENERGIZARLO.
- **FALLA** es una alteración o un daño permanente o temporal en parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio.
- **HERRAMIENTAS DE OPERACION** son los equipos, sistemas y programas que proporcionan a los centros de operación información visual audible o escrita de las condiciones del sistema eléctrico para planear, supervisar .controlar y analizar la operación.
- INTERRUPTOR** es el equipo que sirve para cerrar y abrir circuitos eléctricos con o sin carga o con corriente de falla.

-CERRAR O ABRIR un interruptor CON SU CONTROL ELECTRICO significa conectar o separar sus contactos principales operando un dispositivo de control eléctrico en la estación o desde un centro de telecontrol.

-CERRAR O ABRIR un interruptor MECANICA O MANUALMENTE significa conectar o separar sus contactos principales actuando directamente sobre el mecanismo mediante palanca, gatos, manivelas, etc.

-LIBRAR es dejar sin potencial eléctrico, vapor, agua a presión y otros fluidos peligrosos para el personal, aislando completamente el resto del equipo mediante interruptores, cuchillas, fusibles, válvulas y otros dispositivos, asegurándose además contra la posibilidad de que accidental o equivocadamente pueda quedar vivo o a presión , valiéndose para ello de bloqueos y colocación de tarjetas.

-LICENCIA es la autorización especial que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes se protejan, observen o ejecuten un trabajo en relación con un equipo o parte de el o en el equipo o equipos cercanos , “ en estos casos se dice que estará en licencia el equipo” .

-LICENCIA EN VIVO es la autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes. ejecute un trabajo en equipo energizado.

-LICENCIA EN MUERTO es la autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes ejecute algún trabajo en equipo desenergizado.

-LICENCIA GLOBAL es la autorización que se concede a un trabajador sobre un conjunto de equipos de una estación o grupo de estaciones. para que éstos puedan ordenar directamente en el lugar de trabajo a los operadores de estación, una serie de maniobras o eventos a ejecutarse en dicha estación. bajo un programa previo y aprobado por la autoridad correspondiente del centro de operación.

-LIMITADOR DE CARGA ACTIVA es el dispositivo que no permite a una unidad generadora Incrementar su potencia activa por arriba de la fijada en éste.

- LINEA es el circuito eléctrico cuya misión es conducir energía eléctrica.

-MANIOBRA de operación se entenderá como lo hecho por un operador (O) directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda cambiar el estado o funcionamiento de un sistema, sea eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole

-MODULO DE CONTROL es un centro de control constituido en una estación con la responsabilidad de controlar las estaciones y líneas que se le asigne .

-NIVEL DE OPERACION es la Jerarquía obligatoria para todos, en la forma y términos de este reglamento.

-OPERACION es la aplicación del conjunto organizado de las técnicas y procedimientos destinados al uso y funcionamiento adecuados del equipo.

-**OPERACION NORMAL** es la condición en la que se cumple la continuidad y calidad establecidas del servicio eléctrico sin existir sobrecarga en ningún equipo.

-**OPERACION DE EMERGENCIA** es la condición de operación fuera de la normal.

-**OPERADOR** es el trabajador cuya misión principal es operar el equipo a su cargo y vigilar eficaz y constantemente su funcionamiento.

Las abreviaturas que se usarán, refiriéndose a los operadores (o), serán las siguientes :

DNT	Despachador nacional de turno
IS	Ingeniero de sistema
IAS	Ingeniero Auxiliar de sistema
IST	Ingeniero de subtransmision
IAST	Ingeniero Auxiliar de subtransmision
IOA	Ingeniero Operador de Área
IAT	Ingeniero Auxiliar de Turno
IOSA	Ingeniero Operador de Subarea
OD	Operador de distribución
OE	Operador de estación
SNT	Supervisor nacional de turno

- **PARAR** es el conjunto de operaciones, manuales o automáticas, mediante la cual un equipo es llevado al reposo.

-**PERMISO** es la autorización que da el operador a un trabajador facultado, para que éste y/o el personal bajo su control, efectué trabajos en lugares próximos a circuitos eléctricos (dentro o fuera de las estaciones), en equipo que no esté en operación.

-**PETROLIFEROS** se entiende por petrolíferos los distintos tipos de lubricantes, aceites, aislantes, gasolinas y demás hidrocarburos que no se usan para generación.

-**PLANTA** (ver Central).

-**POTENCIA DE PLACA** es la potencia especificada por los fabricantes de equipos.

-**PROTECCION** es el conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos (válvulas, extintores y alarmas), para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague.

-**RED TRONCAL** es el conjunto de una o más centrales generadoras, líneas de transmisión y estaciones eléctricas que debido a su función y / o ubicación se consideran "de importancia vital para el sistema eléctrico nacional.

-**REGIONES** son las entidades dependientes de la Gerencia de Generación y Transmisión responsables del cumplimiento de las funciones encomendadas a ésta en un área geográfica determinada.

-**RELATORIO** es el documento oficial en el cual se debe anotar los sucesos de la operación.

-**RESERVA RODANTE** es la cantidad expresada en MW de la diferencia entre la capacidad rodante y la demanda del sistema eléctrico en cada instante.

-**SEGURIDAD** es el estado de operación que presenta u sistema eléctrico para que de ocurrir alguna(s) contingencia(s) permanezca operando sin exceder la capacidad de los equipo ni violar los rangos permisibles de voltaje y frecuencia, ni provocar afectación de carga a los usuarios.

- **SINCRONIZAR** es el conjunto de acciones que debe realizarse para conectar al sistema eléctrico una unidad generadora o conectar dos porciones separadas del sistema.

-**SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA** es el conjunto de centrales generadoras, subestaciones y líneas de transmisión conectados eléctricamente entre si y operados bajo una administración común.

-**SISTEMA ELECTRICO NACIONAL (SEN)** para los efectos (este Reglamento es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctrica redes de distribución, equipo eléctrico y en general la infraestructura eléctrica propiedad u operada por la CFE instalada en la República Mexicana y destinados a la prestación del servicio público de energía eléctrica en la forma y términos establecidos en los ordenamientos legales sobre la materia.

-**SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (SIN)** es la porción del sistema eléctrico nacional que permanece unido eléctricamente.

-**SUBAREA** es un grupo de estaciones y líneas que por su disposición geográfica y eléctrica conviene controlar como una sola unidad.

-**SUBESTACION** es la estación que transforma y/o distribuye energía eléctrica.

-**TARJETA AUXILIAR** es la que se coloca en los mandos de los dispositivos que deben permanecer bloqueados durante el desarrollo de una licencia. El hecho de que una tarjeta auxiliar esté colocada en un dispositivo. es indicación estricta de que ese equipo NO DEBE OPERARSE. independientemente de que se encuentra abierto, cerrado, vivo o muerto.

Se emplean para ese fin. las siguientes TARJETAS AUXILIARES identificadas por un color :

ROJA se usa para licencias en equipo MUERTO
AMARILLA se usan para licencias en equipo VIVO .

BLANCA se usa para licencias ESPECIALES, las cuales el operador (o) autoriza al poseedor de ella, a efectuar maniobras en ese equipo para desarrollar el trabajo para el cual se solicitó la licencia.

-**UNIDAD GENERADORA** es la máquina rotatoria compuesta de un motor primario (turbina hidráulica. de vapor, de gas y de motor diesel) acoplado a un generador eléctrico. En algunos casos se incluyen la caldera y el transformador de potencia.

-**UNIDAD EN CONTROL AUTOMATICO DE GENERACION** es cuando la generación de la unidad está controlada y supervisada desde un centro de control a través de equipos y j

o programas de control automático de generación dentro de límites y condiciones establecidas entre el operador de área y estación.

- **UNIDAD AMARRADA** es la condición de una unidad generadora que opera a un valor fijo de generación, se le puede variar la generación en forma manual, pero no participa en la regulación primaria.

- **UNIDAD EN RESERVA FRIA** es toda unidad desconectada del sistema y que está en disponibilidad.

- **UNIDAD EN RESERVA CALIENTE** es toda unidad desconectada del sistema, en disponibilidad y que mantiene equipo en servicio, con el objeto de abreviar el tiempo empleado en sincronizar o que por su característica es rápida en su sincronización.

- **UNIDAD LIMITDA** es la condición de una unidad generadora que tiene un valor limite de generación para operar, siempre que este valor sea menor a su capacidad nominal y participa en la regulación primaria del sistema disminuyendo su generación al incrementarse la frecuencia.

-**UNIDAD MAESTRA** es el conjunto de equipos y programas que procesan información procedente de las unidades terminales remotas, unidades maestras y otros medios, que utiliza el operador para el desempeño de sus funciones y que se encuentran ubicados en los centros de operación de los niveles jerárquicos.

-**UNIDAD TERMINAL REMOTA (UTR)** es el conjunto de dispositivos electrónicos que reciben, transmiten y ejecutan los comandos solicitados por .las unidades maestras y que se encuentran ubicadas en las instalaciones del sistema eléctrico.

-**UNIDAD SUELTA** es la unidad que no está amarrada.

-**ZONA DE DISTRIBUCION** son las dependencias subalternadas de una división de distribución, responsables del cumplimiento de las funciones encomendadas a ésta, en un área geográfica determinada.

Saber Hacer en la practica (2 hrs.)

VI.3.- Aplicar el reglamento interno para la operación (SEN)

FUNCIONES y ACTIVIDADES DEL CENACE

PLANEACION

- * Estudio de la planeación de la operación para el desarrollo del sistema eléctrico.
- * Pronostico de demanda y predespacho a corto y mediano plazo
- * Pronostico de demanda y predespacho horarios
- * Estudios de la red.
- * Elaboración de proyectos de convenios de interconexión con compañías nacionales y / o extranjeras.
- * Concepción y actualización de los centros de operación.
- * Coordinación de mantenimiento.

- * Coordinación de hidrotérmica.
- * Selección de las herramientas de operación.

CONTROL

- * Administración y coordinación de licencias.
- * Supervisión de la operación de los equipos.
- * Control de generación.
- * Control de voltaje.
- * Supervisión de la seguridad, continuidad, calidad y economía del servicio.
- * Coordinación entre centros de operación.

OPERACION

- * Despacho y operación.
- * Estadística de operación.
- * Análisis de la operación.
- * Desconexión de carga automática o manual.
- * Adquisición de datos.
- * Supervisión de maniobras y licencias.
- * Control de niveles en las presas.

MANTENIMIENTO DE LOS CENTROS DE OPERACION ADMINISTRACION DE ENERGETICOS ADMINISTRACION DE LOS CENTROS DE OPERACION

Las funciones y actividades que se describen en los artículos III.5 al III.29 son las funciones específicas sobre la materia consignadas en el artículo III.3 y quedan asignadas a los cuatro niveles de operación, dentro del ámbito territorial que cada uno tiene determinado, y que jerárquicamente dependen de la Gerencia del CENACE, con el fin de cumplir con los objetivos básicos de la operación del Sistema Eléctrico Nacional.

PLANEACION

Artículo III.5 Estudio de la planeación de la operación para el desarrollo del sistema eléctrico nacional, a corto y mediano plazo.

Artículo III.6 Los pronósticos de demanda y los programas de predespacho del sistema eléctrico nacional se deberán elaborar a corto y mediano plazo, a fin de utilizar adecuadamente las unidades generadoras, tomando en cuenta los conceptos de energía y potencia a satisfacer y sus reservas, así como el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos primarios disponibles en cada caso.

Artículo III.7 Los pronósticos de demanda y los predespachos horarios del sistema eléctrico nacional con base en los formulados por las áreas, establecerán la asignación de la generación planeada para el día en períodos horarios, haciendo el mejor uso de los recursos asignados y disponibles para ese día, tomando en cuenta también la disponibilidad actualizada de las instalaciones de generación y de la red troncal.

Artículo III.8 Los estudios de la red serán los medios por los cuales se detectaran las restricciones de seguridad del sistema eléctrico, así como las condiciones operativas

críticas que exigen una mayor supervisión de la operación con el fin de prever los ajustes necesarios en la administración de recursos e instalaciones para cumplir con los objetivos básicos. Estos preverán las condiciones críticas que exijan una previsión de la operación.

Artículo III.9 Promoción y elaboración de **proyectos de convenios de interconexión con compañías nacionales y/o extranjeras**. En el desempeño de esta actividad el CENACE se coordinará con las demás áreas de CFE que en cada caso participen, acatando las disposiciones legales; por recaer en él la operación del sistema eléctrico y la administración de energía.

Artículo III.10 La concepción y actualización de los centros de operación consistirá en la planeación, revisión de las necesidades de personal, instalaciones y equipos exigidos por los grupos de operación.

Artículo III.11 La coordinación de los programas de mantenimiento, será la actividad que busque la mejor distribución de salidas de equipo de acuerdo con las necesidades de mantenimiento y las restricciones del sistema.

Artículo III.12 La coordinación hldrotermíca será la que tienda a optimizar a corto y mediano plazo el uso de los recursos térmicos e hidráulicos a fin de lograr una operación económica.

Artículo III.13 Es facultad del CENACE supervisar y/o supervisar los medios que utilice para realizar su trabajo, tales como: tableros mímicos, controles supervisorios y , comunicaciones.

CONTROL

Artículo III.14 La administración y coordinación de las licencias quedaran a cargo de los diferentes niveles de acuerdo a su jerarquía

Artículo III.15 La supervisión de la operación de los equipos deberá ser constante y mediante ella se deberá vigilar la operación del sistema, dicha supervisión se hará por los medios tecnológicos que lo permitan en forma directa o con el auxilio de los trabajadores que se asignen para ello .

Artículo III.16 El control de la generación manual o automática. deberá ser constante y mediante el ,se deberá mantener el equilibrio entre la generación y la demanda conforme a las políticas establecidas.

Artículo III.17 El control de voltaje deberá ser constante y se vigilará que sus valores no excedan de los límites establecidos en las disposiciones legales que regulan la materia

Artículo III.18 La supervisión de la seguridad, continuidad, calidad y economía del servicio deberá ser constante y mediante ella se vigilará el cumplimiento de dichos objetivos

Artículo III.19 Los centros de operación deberán de coordinarse con el nivel superior y entre si, a fin de lograr los objetivos básicos de la operación

OPERACION

Artículo III.20 Mediante el despacho de energía deberá realizarse con eficiencia, seguridad y economía, el envío, la recepción y el intercambio de energía entre áreas de operación nacionales y/o entidades ajenas a CFE. Mediante la operación deberán ejecutarse las maniobras correspondientes, necesarias y en tiempo oportuno, para lograr los objetivos básicos.

Artículo III.21 La estadística de operación será el registro sistemático y ordenado de parámetros, mediciones y eventos significativos ocurridos en el sistema eléctrico.

Artículo III.22 El análisis de la operación es el estudio sistemático de las decisiones y resultados para detectar las desviaciones con respecto a lo esperado, corrigiéndose aquellas que lo requieran.

Artículo III.23 El primer nivel de operación en coordinación con el segundo nivel, definirá la política de desconexión de carga para compensar el déficit de potencia o mantener en los límites de operación a los elementos del sistema.

Artículo III.24 Los centros de operación, mediante los medios tecnológicos y humanos a su alcance deberán adquirir los datos necesarios para la adecuada operación del sistema.

Artículo III.25 Los centros de operación son los responsables de la dirección y supervisión de maniobras y licencias, vigilando se ejecuten de acuerdo a las normas de este Reglamento.

Artículo III.26 El control de niveles en las presas consiste lograr y mantener los niveles de almacenamiento determinados en los predespachos, considerando las disposiciones normativas de las dependencias competentes del ejecutivo Federal.

MANTENIMIENTO DE LOS CENTROS DE OPERACION

Artículo III.27 La administración del mantenimiento de los equipos y las instalaciones de los centros de operación quedará a cargo del personal del propio centro.

ADMINISTRACION DE ENERGETICOS

Artículo III.28 El CENACE como organismo rector de la operación es el responsable de la programación, suministro, control de los energéticos y petrolíferos, así como de la autorización de su pago.

ADMINISTRACION DE LOS CENTROS DE OPERACION

Artículo III.29 La función de administración del CENACE consiste en auxiliar al personal técnico para el cumplimiento de los procedimientos administrativos vigentes y realizar la coordinación de los servicios de apoyo por lo que el CENACE deberá de contar con el personal necesario para este fin.

VI.4.- Emplear la terminología de dispositivos en las subestaciones eléctricas

Artículo IV .2 En la operación será obligatorio identificar los dispositivos con los siguientes números de la clasificación internacional de normas vigentes, o los números que corresponden en la clasificación que rija en el momento de aplicarse

1. Elemento maestro.
2. Relevador de arranque o de cierre. con retardo.
3. Relevador de comprobación o del bloqueo condicionado.
4. Contacto maestro.
5. Dispositivo de parada.
6. Interruptor de arranque.
7. Interruptor de ánodo.
8. Interruptor del circuito de control.
9. Dispositivo inversor .
10. Interruptor de secuencia de unidad.
11. Reservado para aplicación futura.
12. Dispositivo de sobrevelocidad.
13. Dispositivo de velocidad sincrónica
14. Dispositivo de baja velocidad.
15. Dispositivo para comparar y conservar velocidad.
16. Reservado para aplicación futura.
17. Interruptor de descarga o derivador .
18. Dispositivo acelerador o desacelerador .
19. Contactor o relevador de transición de arranque a marcha.
20. Válvula operada eléctricamente.
21. Relevador de distancia.
22. Interruptor igualador .
23. Dispositivo regulador de temperatura.
24. Reservado para aplicación futura.
25. Dispositivo de sincronización o de comprobación de sincronismo.
26. Dispositivo térmico de aparatos.
27. Relevador de bajo voltaje.
28. Detector de flama.
29. Contactor de desconexión.
30. Anunciador de alarma.
31. Dispositivo para excitación separada.
32. Relevador direccional de potencia.
33. Contacto de posición (de límite) .
34. Dispositivo de secuencia maestro.
35. Dispositivo para operar escobillas o para poner en cortocircuito anillos colectores.
36. Dispositivo de voltaje o polarización.
37. Relevador de baja potencia o baja corriente.
38. Dispositivo de protección de chumacera.
39. Monitor de condición mecánica.
40. Relevador del campo.
41. Interruptor del campo.
42. Interruptor de marcha.
43. Dispositivo manual de transferencia o selección.
44. Relevador de secuencia de arranque de unidades.
45. Monitor de condición atmosférica.
46. Relevador de corriente de secuencia negativa o desequilibrio de fases.
47. Relevador de voltaje de secuencia de fases (voltaje)

48. Relevador de secuencia incompleta.
49. Relevador térmico de máquinas o transformadores.
50. Relevador instantáneo de sobre corriente o de velocidad de aumento de corriente.
51. Relevador temporizado de sobrecorriente alterna.
52. Interruptor de C.A.
53. Relevador de excitador o de generador de C.D.
54. Interruptor de alta velocidad para C.D.
55. Relevador de factor de potencia.
56. Relevador de aplicación de campo.
57. Dispositivo para poner en cortocircuito o a tierra.
58. Relevador de falla de rectificador .
59. Relevador de sobrevoltaje.
60. Relevador de desequilibrio de voltajes.
61. Relevador de desequilibrio de corrientes.
62. Relevador de paso o apertura. con retardo.
63. Relevador de presión, de nivel de flujo (de liquido o de gas).
64. Relevador para protección a tierra.
65. Regulador de velocidad.
66. Dispositivo contador o espaciador de operaciones o para ajustes de posición.
67. Relevador direccional de sobrecorriente alterna.
68. Relevador de bloque .
69. Dispositivo permisivo de control.
70. Reóstato operado eléctricamente.
71. Interruptor de nivel.
72. Interruptor de C.D.
73. Contactor de resistencia de carga.
74. Relevador de alarma.
75. Mecanismo cambiador de posición.
76. Relevador de sobrecorriente directa.
77. Transmisor de pulsos.
78. Relevador de protección o medidor de ángulo de fase entre voltajes o entre corrientes o entre voltaje y corriente.
79. Relevador de recierre de A.C.
80. Interruptor de flujo.
81. Relevador de frecuencia.
82. Relevador de recierre de C.D.
83. Relevador automático de transferencia, o de selección.
84. Mecanismo de operación.
85. Relevador receptor para onda portadora o para hilo piloto.
86. Relevador de bloqueo definitivo.
87. Relevador de protección diferencial.
88. Motor generador o motor auxiliar .
89. Cuchillas operadas eléctricamente.
90. Dispositivo de regulación.
91. Relevador direccional de voltaje.
92. Relevador direccional de voltaje y de potencia.
93. Contactor cambiador de campo.
94. Relevador de disparo o de disparo libre.
- 95 a 99 Se usaran únicamente para aplicaciones específicas en instalaciones donde ninguno de los números asignados del 1 al 94 resulten adecuados

Guía de Prácticas

Prácticas de la unidad 1

PRÁCTICA No. 1 IDENTIFICAR TIPOS DE SUBESTACIONES

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

Identificar el tipo de subestación de que se trate resaltando sus características principales

2. Materiales y/o equipos.

Subestación Eléctrica

3. Desarrollo general.

Dada la siguiente subestación eléctrica , describa todo lo concerniente a su operación y parámetros de eléctricos principales



Por su operación:

Por su servicio:

Por su construcción:

Por su Funcionamiento

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 2

PRÁCTICA No. 1 INSTALACIÓN DE UNA RED UNIFILAR

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

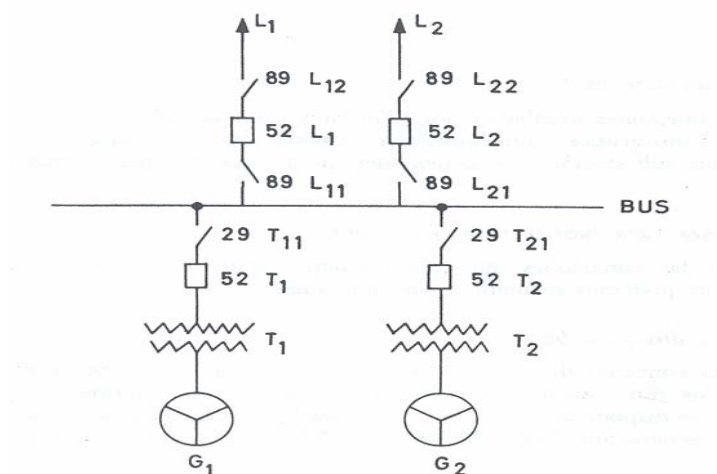
Efectuar una instalación eléctrica a partir de un diagrama enfilar de potencia

2. Materiales y/o equipos.

Cables banana – hembra
Grupo moto-generador
Sin cronoscopio
Frecuencímetro
Voltímetro Ca
Interruptor de cierre
Bus de Conexión

3. Desarrollo general.

Arme el siguiente diagrama unifilar



- Ponga en marcha cada grupo moto generador
- Mida frecuencia, rpm y voltaje generado
- Cuando estos parámetros sean iguales, aplique el método de dos lámparas brillantes y una oscura para hacer el cierre y sincronizar los alternadores
- Continúe con los buses de carga

REGISTRO DE DATOS, PARAMETROS, CUESTIONARIOS Y OBSERVACIONES:

No de Grupo moto generador	Frecuencia	<u>Voltaje</u>	<u>Rpm</u>

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 3

PRÁCTICA No. 1 MEDICION DE UNA TOMA DE TIERRA

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

Determinar la resistencia de una toma de tierra

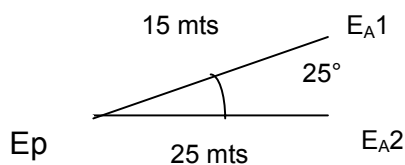
2. Materiales y/o equipos.

3 Varillas Copperweld
3 Conectores
1 Megger de tierras

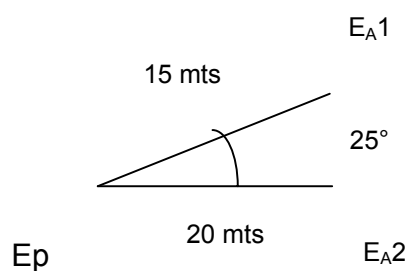
3. Desarrollo general.

Arme el circuito mostrado y efectúe las pruebas indicadas

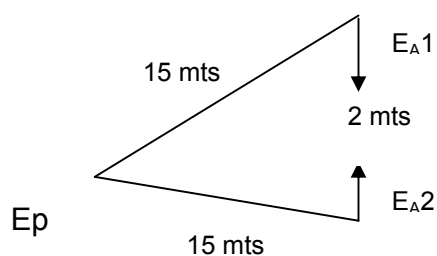
Prueba 1: Electrodo auxiliares a 15 metros y 25 metros de distancia del electrodo a probar.



Prueba 2: Electrodo auxiliares a 15 metros y 50 metros del electrodo de prueba



Prueba 3: Los 2 electrodos auxiliares a 15 metros del electrodo a probar pero separados 2 metros como mínimo.



$$RT = (R1+R2+R3) / 3$$

REGISTRO DE DATOS, PARAMETROS, CUESTIONARIOS Y OBSERVACIONES:

<u>Prueba</u>	<u>Electrodo de Prueba</u>	<u>Electrodo Auxiliar</u>	<u>Resistencia</u>
<u>1</u>			
<u>2</u>			
<u>3</u>			

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 3

PRÁCTICA No. 2 Método de Volt-Amperímetro

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

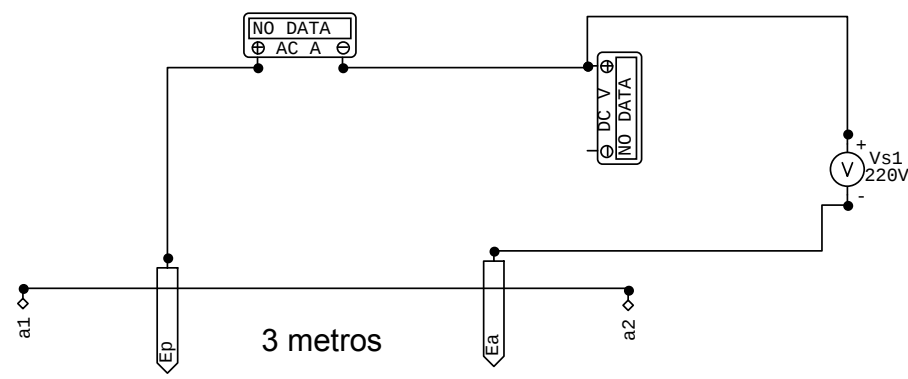
Determinar la resistencia de una toma de tierra usando el método volt-amperímetro

2. Materiales y/o equipos.

3 Varillas Copperweld
3 Conectores
1 Voltímetro
1 Amperímetro

3. Desarrollo general.

Arme el circuito mostrado



REGISTRO DE DATOS, PARAMETROS, CUESTIONARIOS Y OBSERVACIONES:

<u>Voltaje</u>	<u>Corriente</u>	<u>Resistencia</u>

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 4

PRÁCTICA No. 1 Selección de Elementos de una Subestación

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

El alumnos determinara la capacidad de cada elemento eléctrico dados los requerimientos de carga

2. Materiales y/o equipos.

Catálogos del fabricante : Condumex, CFE, General Electric, Square D, etc

3. Desarrollo general.

Una subestación recibe dos líneas de 115kv, cada una con 10 MVA; se entrega energía por medio de 4 líneas a 20kv, cada una con 5 MVA.

Dibuje el diagrama unifilar de la subestación y seleccione la capacidad de cada uno de sus elementos eléctricos

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 4

PRÁCTICA No. 2 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

El alumnos determinara la capacidad la capacidad de un banco de capacitores para corregir el factor de potencia de un sistema trifásico

2. Materiales y/o equipos.

Cables banana – hembra

Voltímetro Ca

Medidor de factor de potencia de 220 volts

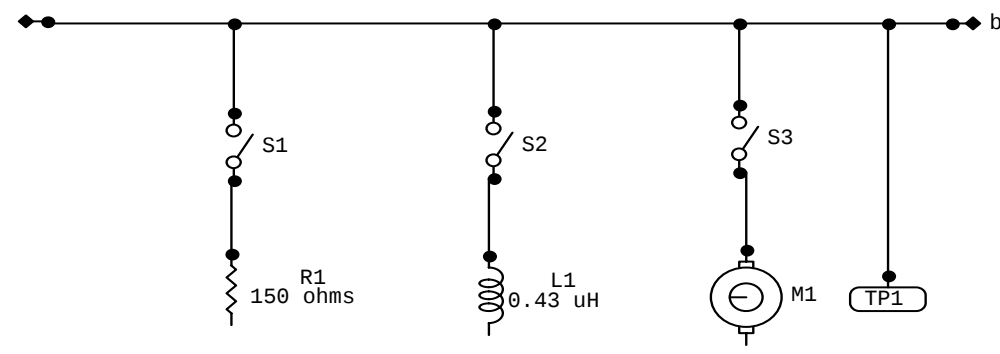
Banco de inductancias conectadas en estrella de 0.43 henrys

Banco de resistencias conectadas en delta de 150 ohms

Motor de inducción de 220 volts trifásico conectado en estrella

3. Desarrollo general.

a).- Arme el siguiente circuito



- Mida voltaje de alimentación y Energiza las cargas trifásicas

REGISTRO DE DATOS, PARAMETROS, CUESTIONARIOS Y OBSERVACIONES:

a).- Mediciones sin corregir el FP

<u>Carga</u>	<u>Corriente</u>	<u>FP</u>	<u>KW</u>	<u>KVAR</u>	<u>KVA</u>
Motor de Inducción					
Inductancias					
Resistiva					
Total					

b).- Calcule la carga capacitiva y agréguela a la red de alimentación volviendo a efectuar las mediciones

<u>Carga</u>	<u>Corriente</u>	<u>FP</u>	<u>KW</u>	<u>KVAR</u>	<u>KVA</u>
Motor de Inducción					
Inductancias					
Resistiva					
Total					

c).- Exprese el ahorro de energía respecto al circuito inicial

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 4

PRÁCTICA No. 3 PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

El alumno conocerá y comprobará el método para medir la rigidez dieléctrica del aceite del transformador.

2. Materiales y/o equipos.

Probador de rigidez dieléctrica
Aceite de transformador

3. Desarrollo general.

Lavar muy bien la copa con el mismo aceite
Calibrar los electrodos
Tomar muestra en la copa
Colocarla dentro de probador
Se conectan los electrodos a una fuente de potencia y se aplica tensión a razón de 3Kv por segundo
Se agita el aceite y se deja reposar durante un minuto.
Se le vuelve aplicar potencial

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Prácticas de la unidad 4

PRÁCTICA No. 4 RELACION DE TRANSFORMACION

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

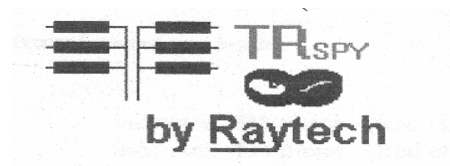
El alumno conocerá y usara el medidor de relación de transformación para determinar este parámetro en un transformador eléctrico

2. Materiales y/o equipos.

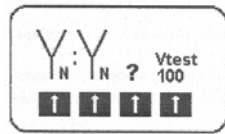
Medidor de Relación de Transformación
Transformador Eléctrico

3. Desarrollo general.

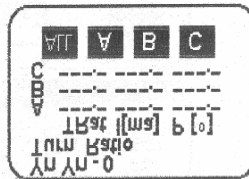
- Abra el estuche del Medidor de Relación de Transformación
- Conecte los cable multicolores de Alto voltaje al panel de conectores de Alto voltaje
(Ver esquema de conexión mostrado al final del documento)
- Conecte los cable multicolores de Bajo voltaje al panel de conectores da Bajo voltaje
(Ver esquema de conexión mostrado al final del documento)
- Conecte el cable de alimentación a un receptáculo eléctrico con neutro aterrizado.
- Presione el botón de encendido para energizar el equipo. Espere un momento para que inicie



- Presione el botón "SET". La siguiente pantalla se mostrara

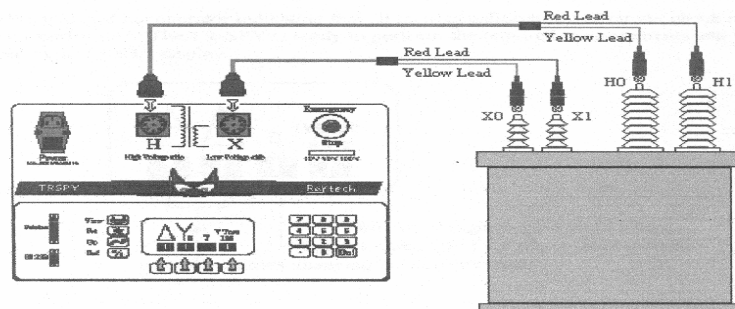


- g).-De la pantalla “ Set ” use el panel de llaves “UP ARROW” para cambiar la configuración deseada
- h).- Una vez hecha la selección , presione “ GO ” . La pantalla de mediciones será mostrara los resultados obtenidos



- i).- Terminada la prueba, presione el interruptor para desenergizar el equipo. Remueva los cables multicolores de Alto y Bajo voltaje al panel de conectores del tablero. Guárdelos en su lugar y cierre la tapa del equipo.

ESQUEMA DE CONEXIÓN



4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Bibliografía

- 1 "Teoría y Diseño de Sistemas de Puesta a Tierra"**
Ing. Roberto Ruelas
Ruel SA (Ingeniería)
versión 2005
- 2 Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión**
Gaudencio Zoppetti
Ediciones G. Gili, S.A.
- 3 Estaciones Transformadoras y de Distribución**
Gilberto Enríquez Harper
Limusa
- 4 Reglamento Interno para la Operación del Sistema Eléctrico Nacional**
Comisión Federal de Electricidad
Centro Nacional de Control de Energía