

300617

3



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

Incorporada a la U. N. A. M.  
Escuela de Ingeniería

**SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION  
SUBTERRANEA**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA AREA ELECTRICO**

P r e s e n t a :

**ABEL FLORES ANGELES**

2002

México,

**D. F. TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

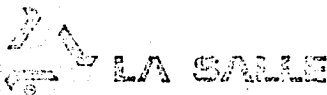


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Al pasante Señor Abel Flores Angeles

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud., a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Señor Ing. Mario Ibarra Pereyra, para que lo desarrolle como tesis en su exámen profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con Area Principal en Electrónica.

" SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION  
SUBTERRANEA "

Con el siguiente indice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA
CAPITULO II	ESTUDIO DE ELECTRIFICACION
CAPITULO III	TIPO DE REDES Y SUBESTACIONES
CAPITULO IV	EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO EN LAS REDES DE DISTRIBUCION
CAPITULO V	INTERRUPTORES Y FUSIBLES

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar exámen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

ATENTAMENTE

INDIVISA MANENT  
México D.F., a 22 de Septiembre de 1982.  
ESCUELA DE INGENIERIA

ING. CLAUDIO LOPEZ FERNANDEZ  
D I R E C T O R

INGENIERIA

UNIVERSIDAD LA SALLE  
BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-55-59 MEXICO 06119 D.F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*A DIOS NUESTRO SEÑOR*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A MI ESPOSA  
PORQUE MI TRIUNFO  
TAMBIEN ES SUYO

A MIS HIJOS  
JOSE ABEL Y  
EMILIO ANTONIO

A MI MADRE  
POR SU AMOR, SU SACRIFICIO,  
SU EJEMPLO Y SU VIDA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*A MIS HERMANOS*

*GERARDO, NORMA,*

*ALBERTO Y BLANCA*

*A MIS FAMILIARES Y AMIGOS*

*A MIS COMPAÑEROS Y MAESTROS*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA*

I N D I C E

INTRODUCCION..... 5

CAPITULO I

DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

I-A GENERALIDADES..... 7  
I-B CRITERIOS DE SELECCION DE SISTEMA: AEREO O SUBTERRANEO..... 11  
I-C PROBLEMAS BASICOS DE LA DISTRIBUCION SUBTERRANEA..... 15

CAPITULO II

ESTUDIO DE ELECTRIFICACION

II-A GENERALIDADES..... 17  
II-B CREACION DE MODELOS PARA REDES DE DISTRIBUCION..... 18  
II-C DETERMINACION DE LA CARGA..... 20

CAPITULO III

TIPOS DE REDES Y SUBESTACIONES

III-A GENERALIDADES..... 26  
III-B CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION..... 28  
III-C CLASIFICACION DE LAS REDES DE MEDIANA TENSION EN CUANTO A SU ESTRUCTURA..... 32  
III-D CLASIFICACION DE LAS REDES DE BAJA TENSION EN CUANTO A SU CONFORMACION..... 44  
III-E SELECCION DE REDES..... 52

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO IV

EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

IV-A GENERALIDADES.....	56
IV-B TIPOS DE CABLE PARA LA RED DE ALTA Y BAJA TENSION.....	57
IV-C TIPO DE TERMINALES Y UNIONES.....	73

CAPITULO V

INTERRUPTORES Y FUSIBLES

V-A GENERALIDADES.....	93
V-B INTERRUPTORES.....	96
V-C FUSIBLES.....	114
BIBLIOGRAFIA.....	123

5

I N T R O D U C C I O N

## I N T R O D U C C I O N

Con el advenimiento de grandes densidades de carga eléctrica, que necesitan los hospitales, edificios públicos, zonas residenciales, unidades habitacionales, etc., el servicio eléctrico debe ser más seguro y confiable, razón por la que, las empresas dedicadas a proporcionarlo se han visto obligadas a modificar sus sistemas, creando nuevos tipos de estructuras o redes de distribución.

Como los sistemas de distribución no pueden llegar a ser confiables en un cien por ciento, estas nuevas estructuras deberán ser diseñadas pensando en la seguridad, tanto de las personas ajenas al equipo como para las que operan éste; la localización de fallas debe ser rápida y su costo en construcción y mantenimiento no debe ser excesivo.

Así mismo deberá tomarse en cuenta que el equipo será más sofisticado y que la mano de obra tendrá que ser calificada.

Según pronósticos de estadísticas, para el año 2,000 se triplicará el consumo de energía eléctrica, en la zona del Valle de México, lo cual nos da una idea de la necesidad de diseñar sistemas de distribución capaces de satisfacer las necesidades de los consumidores.

Esta tesis, cuyo tema es el estudio de los diferentes tipos de Redes de Distribución de Energía Eléctrica, es una recopilación de datos y notas así como experiencias del personal técnico de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

C A P I T U L O I

DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

I-A GENERALIDADES

I-B CRITERIOS DE SELECCION DE SISTEMA:

AEREO O SUBTERRANEO

I-C PROBLEMAS BASICOS DE LA DISTRIBUCION SUBTERRANEA

# C A P I T U L O I

## DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

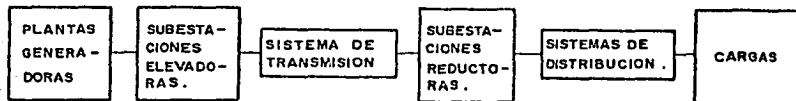
### I-A GENERALIDADES

Breve descripción de la distribución de energía eléctrica en una ciudad. Existen subestaciones encargadas de recibir la energía -- proveniente de las plantas generadoras a través de las líneas de transmisión, y transformar esa misma energía a los voltajes de distribución para usos industrial, comercial y doméstico.

El voltaje de recepción es de 380, 220 y 110 KV (alta tensión), ésta energía se recibe en varias subestaciones, las cuales están interconectadas por medio de cables de alta tensión, (Fig. I-2) -- formando un circuito en anillo con lo que se garantiza la continuidad del servicio.

Estas subestaciones tienen la función de disminuir el voltaje de recepción a voltajes de 23 y 6 KV (mediana tensión).

A la salida de estas subestaciones reductoras, se inicia propiamente la distribución de la energía eléctrica, formando las redes de mediana tensión y las redes de baja tensión.



REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA FIG. I-1

Las redes de mediana tensión en principio fueron de 3 KV; pero con el aumento de la demanda de energía por el crecimiento de las poblaciones, estas redes llegaron a su saturación, por lo que se empezaron a crear las redes de 6 KV, y posteriormente previendo una rápida saturación de éstas, se optó por cambiarlas a 23 KV teniéndose estimada su saturación para el año 2,000. Será entonces cuando se propondrán redes de mayor voltaje de distribución.

Las redes de baja tensión tienen voltajes de 220 y 127 V, -- son el último eslabón del sistema de distribución que permite proporcionar la energía a los consumidores.

La energía eléctrica que llega a los consumidores puede ser: monofásica, bifásica ó trifásica, y es de 60 ciclos.

Entre las redes de mediana tensión y las de baja tensión se encuentran subestaciones encargadas de disminuir los voltajes de mediana a baja tensión.

Las subestaciones de MT (mediana tensión) y BT (baja tensión) se deben instalar en locales construidos en los interiores de los edificios ó en bóvedas construidas en las aceras estando situadas lo más cerca posible del centro de carga.

Actualmente en las redes subterráneas, el porcentaje de fallas se considera alto, siendo la mayoría daños en el aislamiento.

Las fallas en las redes subterráneas se clasifican en los siguientes tipos:

a) Fallas provocadas por terceros.- Daños mecánicos por excavaciones, animales roedores, corrosión química y eléctrica, etc.

b) *Mala calidad del material.*- Ha sucedido que el cable -- nuevo tenga piquetes en el aislamiento, lo cual es suficiente para ocasionar un desperfecto, esto se soluciona mejorando el control de calidad del material que se recibe.

b) *Mano de obra defectuosa (uso ó abuso del material ó herramienta inapropiado).*- La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. tiene un programa permanente de capacitación al personal; pero debido al avance tecnológico, que en esta área ha sido muy intenso en poco -- tiempo y a la dinámica de los escalafones del personal, por la expansión del sistema se tienen aún serios problemas en el control de calidad de la mano de obra.

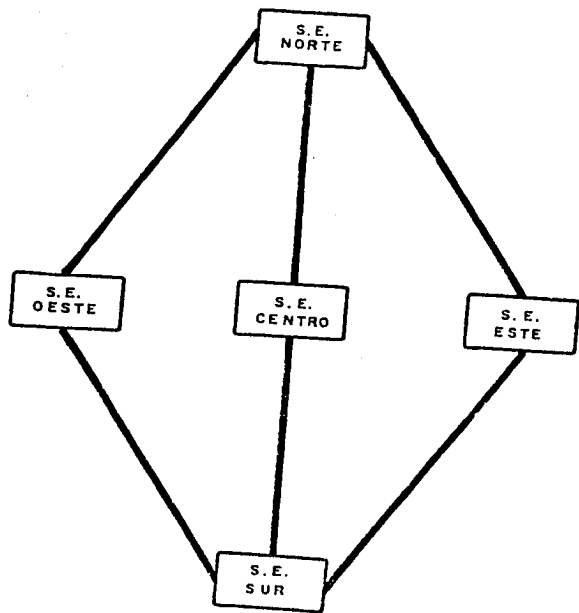


FIG. I-2. ANILLO DE MUY ALTA TENSION PARA LA ALIMENTACION PRIMARIA DE UNA CIUDAD.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



I-B CRITERIOS DE SELECCION DE SISTEMA:

AEREO O SUBTERRANEO

Los sistemas de distribución pueden ser aéreos ó subterráneos, por tal motivo se tendrá que elegir entre estos dos sistemas, para lo cual se tomaran en cuenta las siguientes consideraciones.

**COSTOS:** El costo inicial de la construcción del sistema subterráneo es de cuatro a cinco veces mayor que el aéreo, habiéndose logrado reducir en algunos fraccionamientos y en zonas residenciales de baja densidad eléctrica hasta tres veces más que el aéreo.

**DENSIDAD DE CARGA:** La densidad de carga es básica, para la elección de cualquiera de los dos sistemas que estamos analizando. En el sistema aéreo, tenemos una densidad de carga promedio de 10 MVA/Km.<sup>2</sup> que tiene un incremento anual del 15.6% y subterráneo más de 20 MVA/Km.<sup>2</sup> con un incremento anual del 8%.

En una red aérea un poste puede llevar como máximo un transformador de 300 KVA, en cambio en la red subterránea se pueden instalar en las bóvedas y subestaciones varios transformadores de 75, 112.5, 150, 225, 300, 500 y 750 KVA respectivamente.

El sistema de baja tensión aérea, su capacidad conductiva es tđ restringida, a un calibre máximo de 107.2 mm<sup>2</sup> CUF (4/0 AWG), por la resistencia mecánica de sus herrajes. Generalmente ocupa únicamente una de las aceras que comprende la calle cuando hay otro tipo de insta

laciones aéreas, en cambio, en cables subterráneos que son de sección hasta de  $250 \text{ mm}^2$  ó mayores si es necesario no tienen estas restricciones, pueden instalarse varios cables en paralelo por ambas aceras.

Ya que en la conducción de corriente nominal la caída de voltaje es un factor importante, el sistema subterráneo es favorecido por su menor caída y mayor regulación, porque logra radiar más fácilmente el calor, y esto permite que el cable tenga mayor capacidad de sobrecarga, también se facilita el manejo de carga y se obtiene un voltaje más uniforme porque sus pérdidas son menores.

**TIPO DE AREA DE DISTRIBUCION:** Por las características urbanas de ciertas zonas de gran densidad de carga, se presenta un congestionamiento de energía, de ahí la importancia de los servicios que se suministren en estas zonas ya sean aéreos ó subterráneos. Al optar -- por el sistema aéreo se tiene prácticamente en cada poste la presencia de numerosos conductores y un transformador, dificultad de montaje de los mismos postes, de operación y mantenimiento, si a esto añadimos -- que hay reglamentos municipales para remover postes y conductores de -- líneas aéreas de ciertas calles con objeto de mejorar la estética y tener mayor seguridad y limpieza. Y como se sabe que en las redes subterráneas no existen este tipo de dificultades se debe decidir que la -- distribución eléctrica sea por red subterránea.

**SEGURIDAD:** Cuando el área que se suministra es de grandes -- construcciones y presenta una densidad de población alta, el sistema --

de distribución aéreo presenta grandes riesgos, ya que ocasiona más -- accidentes a personas ajenas al sistema.

**FALLAS:** Un sistema aéreo es susceptible a fallas por vientos, choques de vehículos, lluvias, rayos, temblores, ramas de árboles, aves, etc. (en una estadística obtenida en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. acerca del número de coches chocados contra postes -- ascendía a 24 postes por día, lo que nos da una idea del número de fallas en líneas aéreas), en cambio en un sistema subterráneo no se presenta por éstas causas, sino por las mencionadas anteriormente.

El tiempo necesario para localización y reparación de fallas en el sistema subterráneo es mayor porque el trabajo es menos objetivo, varía con respecto al rango de voltaje del cable, además el acceso a las instalaciones subterráneas es más tardado que en una red aérea. Es más fácil la localización de fallas y reparación de las mismas en las líneas aéreas dado que el cable va en lugares visibles y su constitución es sencilla, sin embargo como hemos visto son mucho más frecuentes.

**MANTENIMIENTO:** El sistema subterráneo presenta un bajo costo de mantenimiento anual en comparación a un sistema aéreo, el alto costo inicial de construcción del sistema subterráneo, al final puede igualarse al aéreo, si se considera que la vida usual de un sistema -- subterráneo es de 50 años, mientras que el aéreo es de 25. Pero en la Ciudad de México debido a la polución ambiental y al uso actual de l-

neas de aluminio, en algunos lugares la vida promedio de la red aérea se ha reducido hasta 10 años.

ANALISIS DE SELECCION: Al realizar un balance de lo antes expuesto y por algunos otros factores, puede determinarse que en algunas áreas, por la importancia, el tipo de servicio ó la cuantía de la carga, es favorable la instalación de sistemas de distribución subterránea.

## I-C PROBLEMAS BASICOS DE LA DISTRIBUCION SUBTERRANEA

Un problema básico de la distribución subterránea radica en el largo tiempo de interrupción por la dificultad para encontrar las fallas en las instalaciones y en su reparación, ya que, para poder normalizar el sistema, a veces se tienen que romper tramos de banquetas o pavimento.

También existe el problema del subsuelo congestionado, es decir en la misma área existen otros sistemas subterráneos como son: teléfonos, drenaje, agua potable, metro, gas, cablevisión, semáforos, aguas negras, etc., en este aspecto se han tenido pláticas con las autoridades para reglamentar la distribución que se debe hacer para cada servicio.

Otro de los inconvenientes es el prever un aumento de la instalación sin tener que excavar una segunda trinchera. Para esto en todas las instalaciones nuevas se prevee un aumento de carga hasta del 8 al 10 % anual, éste varía según el tipo de zona y carga conectada, la cual veremos más adelante.

En general al sistema subterráneo por encontrarse en zonas de movimiento de vehículos y personas, se le provee en los cruces de ductos para pasar los cables, previendo que si ocurre una falla, no se tendrá que abrir el pavimento y sólo se cambiará la pieza dañada.

C A P I T U L O   I I

ESTUDIO DE ELECTRIFICACION

II-A GENERALIDADES

II-B CREACION DE MODELOS PARA REDES DE DISTRIBUCION

II-C DETERMINACION DE LA CARGA

## C A P I T U L O II

### ESTUDIO DE ELECTRIFICACION

#### II-A GENERALIDADES

*La planeación de un sistema de distribución tiene por objeto principal, el definir las políticas técnicas y económicas que permitan diseñar, construir y desarrollar las redes.*

*Es por lo tanto necesario, realizar toda clase de estudios, que permitan conocer el comportamiento de las redes, tomando en cuenta todas las restricciones, impuestas por el compromiso de mantener un -- servicio, técnicamente satisfactorio a un bajo costo, previendo que el consumidor común espera que; el sistema a implantar sea confiable, --- pues resulta muy molesto cualquier interrupción, dada la dependencia - que existe de la energía eléctrica.*

*Los estudios de planeación de redes, deben ser llevados a cabo dentro de un marco a largo plazo, para lograr conocer, con la mejor aproximación posible, las condiciones presentes y futuras de las redes en cuestión ya que se deberá asegurar el servicio dentro de los límites establecidos.*

*La realidad en la totalidad de los casos, es muy compleja y no se presta para el análisis y cálculos, por lo que es necesario crear modelos, que representen bajo ciertas circunstancias el estado real de las redes, las cargas actuales y sus cambios en el tiempo.*

## II-B CREACION DE MODELOS PARA REDES DE DISTRIBUCION

Generalmente los estudios que se emprenden, están encaminados a obtener soluciones de problemas existentes, tendiéndose a prever y facilitar la solución de problemas futuros, o sea planeación a corto y largo plazo.

Para crear un modelo de red de distribución, debe partirse de un esquema inicial que sintetice dicha red. La esquematización se debe hacer, tomando en cuenta todos los elementos, que puedan tener una influencia notable sobre el problema en estudio. Pero se tendrá que tomar en cuenta que no existe una regla sistemática para la creación de modelos.

Es necesario definir límites geográficos y para ello el problema de fronteras debe ser examinado minuciosamente. Estos límites se fijarán considerando el urbanismo ya existente, tomándose como límites las vías de circulación más anchas (tales como avenidas, boulevares, viaductos, etc.).

Los factores a tomar en cuenta en el estudio son:

- Costos relativos de los trabajos efectuados.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Pérdidas de energía.
- Calidad de servicio.

Se tienen otros factores que forman parte del estudio; pero que pueden ser cuantificados en la unidad económica seleccionada.

Los aspectos de seguridad, sociales, políticos, estéticos y



*otros extraeconómicos, se toman en cuenta observando las recomendaciones y disposiciones de tipo legal contenidas en los reglamentos en vigor.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II-C DETERMINACION DE LA CARGA

Es importante establecer y definir lo más real, la carga que se dará como servicio, pues es el factor determinante para que el proyecto de la red opere en forma eficiente y económica.

Los tipos de carga son:

- Carga de lotes ó casa habitación.
- Carga de los servicios propios de los edificios (alumbrado, bombeo, elevadores, etc.).
- Carga de fábricas, talleres, etc.
- Carga de centros comerciales.
- Carga de centros educativos, culturales, deportivos, religiosos, etc.
- Carga de alumbrado público, semáforos.
- Carga de bombeo de aguas negras y potable, así como tratamiento de aguas.
- Carga de instalaciones de quemadores de basura.
- Otras cargas.

Cada una de estas cargas, posee características diferentes -- que son necesarias analizar, para determinar la forma del diseño ó proyecto de una red. A continuación veremos las características de una carga y cargas en conjunto.

DEMANDA: La demanda de una instalación ó sistema, es la carga en las terminales de recepción, promediada sobre un intervalo espe-

*efico de tiempo y se expresa en KW ó KVA.*

*DEMANDA MAXIMA.- La demanda máxima es la mayor de todas las cargas que ocurre dentro de un período específico en un sistema.*

*CARGA INSTALADA.- Es, la suma de las potencias nominales de los equipos conectados en una zona determinada y se expresa en KVA ó - MVA, la podemos entender fácilmente si la comparamos con la carga consumida, que siempre va a ser menor que la carga instalada.*

*DENSIDAD DE CARGA.- Es, el cociente de la carga instalada en tre el área de la zona considerada, se expresa generalmente en KVA/Km<sup>2</sup> ó MVA/Km<sup>2</sup>.*

*FACTOR DE DEMANDA.- Se define como: la demanda máxima de un sistema con respecto a la carga total conectada al mismo. Cuando es - parcial ó sea, que sólo se refiera a una parte del sistema se define - en forma similar, pero siempre referida a esa porción del sistema.*

*FACTOR DE DIVERSIDAD.- Es el cociente de la suma de las de-- mandas máximas individuales de las partes de un sistema, entre la de-- manda máxima del sistema entero. Es mayor que uno.*

*FACTOR DE UTILIZACION.- Es la relación de la demanda máxima del sistema entre la capacidad nominal del mismo. Mientras el factor*

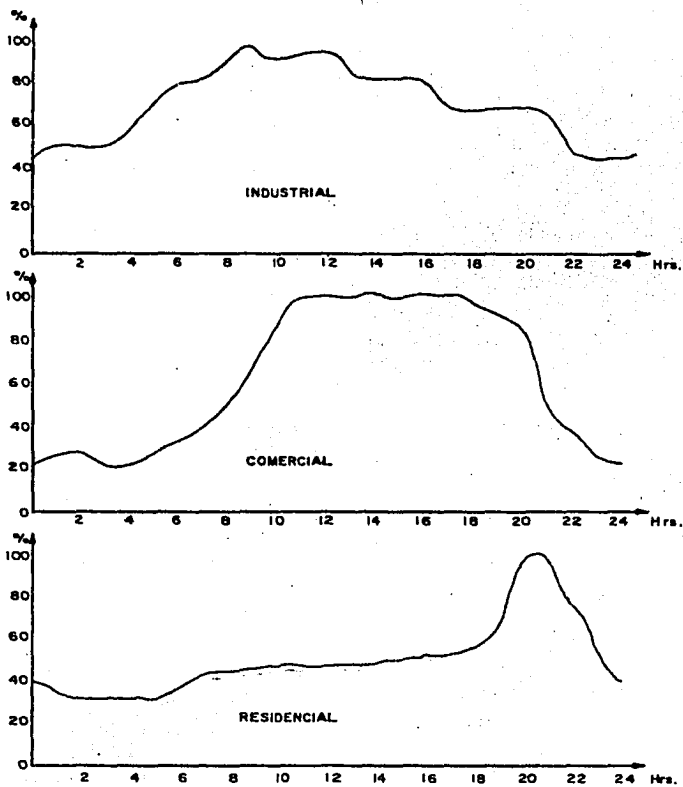


FIG. II-1 CURVAS DE DEMANDA INDUSTRIAL , COMERCIAL Y RESIDENCIAL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

de demanda, indica el grado al que la carga total conectada es abastecida, el factor de utilización muestra el grado al que el sistema, está siendo aprovechado durante el pico de carga, respecto a su capacidad nominal.

DEMANDA MAXIMA DIVERSIFICADA PROMEDIO. - Es igual a la demanda máxima de un sistema, dividida entre el número de elementos que la constituyen. La palabra diversificada se debe a que la curva de demanda del sistema, se obtiene al sumar las distintas demandas de los elementos que la forman.

Tomando como ejemplo, un alimentador secundario, la demanda máxima diversificada promedio, es igual al cociente de la demanda máxima entre el número de acometidas. Su aplicación más común, es para determinar el valor de la carga del diseño, en los proyectos de electrificación de fraccionamientos y unidades habitacionales.

FACTOR DE POTENCIA. - Es el cociente de su potencia real expresada en KW, entre su potencia aparente expresada en KVA. Se define también como: el coseno del ángulo formado por el vector voltaje y el vector corriente, en un sistema representativo de un sistema eléctrico cuyos parámetros varían en forma senoidal. Es por lo tanto, el cociente de la corriente resistiva o efectiva entre la corriente total de la carga, siendo ésta la suma vectorial de la corriente resistiva y la corriente inductiva, debido al efecto inductivo de aparatos y máquinas eléctricas, que necesitan de ella para su funcionamiento, siendo cociente

*lante, no produce ningún trabajo, ni es registrada por los wáttmetros, sin embargo, la corriente componente de esta energía, sí origina caídas de voltaje y pérdidas en las redes de distribución, razón por la cual, las compañías suministradoras, exigen un factor de potencia mínimo de 0.85, imponiendo multas a los clientes con factores menores.*

C A P I T U L O   I I I

TIPOS DE REDES Y SUBESTACIONES

III-A GENERALIDADES

III-B CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION

III-C CLASIFICACION DE LAS REDES DE MEDIANA TENSION EN CUAN  
TO A SU ESTRUCTURA

III-D CLASIFICACION DE LAS REDES DE BAJA TENSION EN CUANTO  
A SU CONFORMACION

III-E SELECCION DE REDES

### C A P Í T U L O III

#### TIPOS DE REDES Y SUBESTACIONES

##### III-A GENERALIDADES

La energía eléctrica, desde su fuente de origen, es decir, desde su generación sufre modificaciones de sus parámetros en su trayecto, hasta llegar al consumidor, éstas las podemos dividir en cuatro fundamentales y son:

- Elevación
- Transmisión
- Reducción
- Distribución

De las cuatro partes arriba mencionadas nada más se abordará la distribución, que es el objetivo de este trabajo.

Actualmente existen dos clases de tensión en alimentadores primarios dentro de la red de distribución en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., siendo: 6 y 23 KV, pero; el de uso más generalizado es el de 23 KV por el incremento de la carga y por lo respecta al de 6 KV, tiende a desaparecer por la alta densidad de carga existente en la zona metropolitana, que cada día aumenta.

Cada uno de los modelos de red, se ha diseñado para satisfacer determinado número de requisitos, exigidos por la zona de consumo, éstos son siempre los mismos; pero no siempre se les da la misma impor



*tancia. Así algunos dan mayor importancia a la continuidad del servicio eléctrico, que al costo, etc.*

### III-B CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION

En general el principio de operación de las redes de mediana tensión, será estrictamente radial, de acuerdo con el tipo de protección empleado, que es: el de sobrecorriente y tierra.

En función de lo anterior, las redes de distribución de mediana tensión, se clasifican como sigue:

- Derivación Simple
- Derivación Doble
- Seccionamiento

La selección de la conexión, dependerá de la estructura de red por implantar. En la figura III-1 se muestran estas formas de conexión.

Las redes de baja tensión, se clasifican por su operación de la siguiente manera:

**OPERACION RADIAL:** Por definición en este tipo de sistemas, el flujo de energía tiene una sola trayectoria, de la fuente a la carga. Este sistema de distribución eléctrico es el más antiguo y el más comúnmente usado.

Las redes subterráneas de operación radial, debido a su bajo costo y simplicidad, seguirán usándose, pero; mejorándose sus características de operación para hacerlas más confiables. Las redes de baja tensión en operación radial, se encuentran representadas en la figura III-2-A.

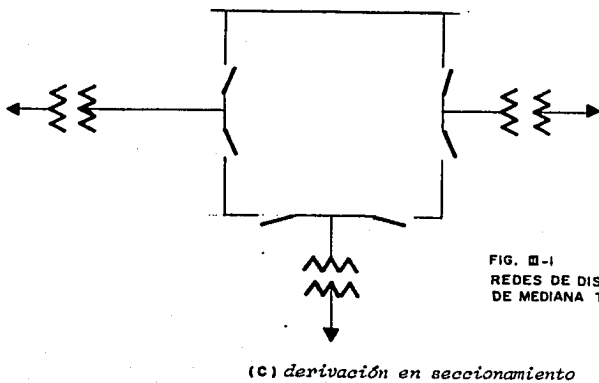
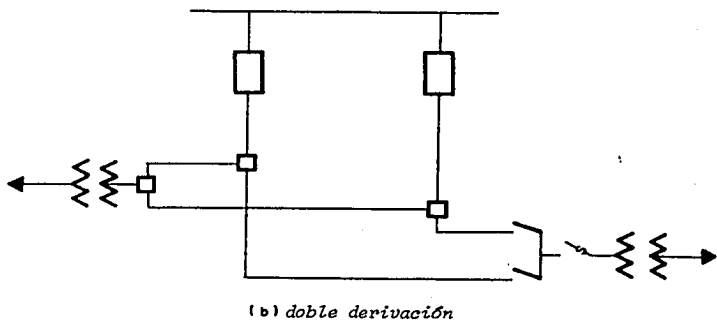
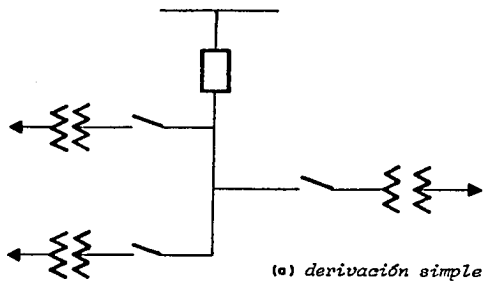


FIG. III-1  
REDES DE DISTRIBUCION  
DE MEDIANA TENSION.

**OPERACION EN PARALELO Y RED AUTOMATICA:** En un sistema de operación en paralelo, el flujo de energía se reparte entre varios elementos, teniendo más de una trayectoria.

La operación en paralelo es ocasionalmente utilizada en redes de baja tensión. Con este tipo de redes, se tiene una estructura sencilla en la red primaria, estando las subestaciones conectadas en simple derivación radial. La continuidad de la energía eléctrica está asegurada en la red de baja tensión, al llegar más de una alimentación a cada servicio ó bien por el intercambio de fuentes de alimentación, se instalan en la salida de los transformadores, generalmente fusibles de sobrecarga.

Cuando tanto en la mediana, como en la baja tensión los cables alimentadores, operan en paralelo y además la baja tensión, se estructura como una malla sólida, de tal manera, que el sistema previene la primera contingencia sin afectar al usuario, a menos que la falla se presente directamente en la acometida ó en la instalación del cliente a este sistema se le denomina "Red Automática", su diseño permite que las fallas en baja tensión, se autoextingan si se usa cable trifásico de papel y plomo, ó bien al usar cable de aislamiento sólido, hay la necesidad de protegerlo, con un fusible especial llamado "limitador" cuya característica fundamental es responder exclusivamente a la corriente de cortocircuito, constituyéndose lo que se conoce como "Red Automática Limitada".

Las redes de baja tensión de operación en paralelo ó red automática están representadas en la figura III-2-B.

REDES CLASIFICADAS POR SU OPERACION

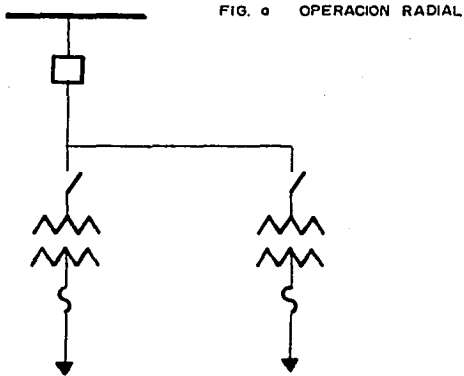


FIG. b OPERACION EN PARALELO

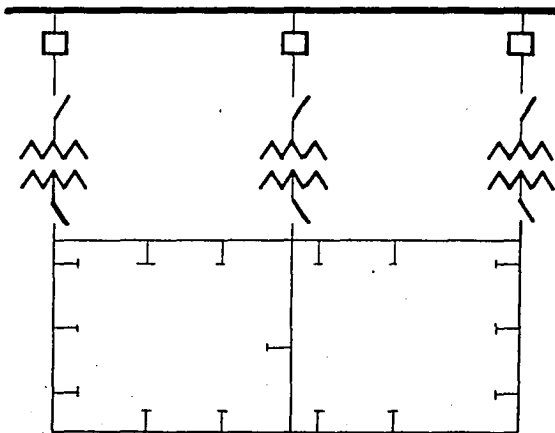


FIG. III - 2  
REDES DE DISTRIBUCION  
DE BAJA TENSION.

### III-C CLASIFICACION DE LAS REDES DE MEDIANA TENSION EN CUANTO A SU ESTRUCTURA

En base a sus aspectos constitutivos, las redes de distribución pueden ser clasificadas como sigue:

#### RED RADIAL

*Características Generales.*- Este tipo de redes están constituidas por cables troncales que salen en forma radial de la subestación fuente y con cables transversales que ligan a los troncales.

Deben contar con elementos de seccionamiento instalados en los troncales, para proporcionar flexibilidad en caso de alguna maniobra de libramiento por falla ó transferencia de carga.

La protección de cada alimentador la efectúa el interruptor automático, localizado en la subestación de potencia a la salida del alimentador, los transformadores MT/BT conectados a la red en estructura radial, se protegen por medio de fusibles oortacircuitos. En la figura III-3 se muestra el diagrama unifilar de esta red.

*Operación.*- Cada alimentador lleva su propia carga operando en distribución radial y están abiertos normalmente los elementos de seccionamiento, en los puntos de conexión entre un alimentador y otro.

En caso de falla en el cable ó equipo, se tendrá una interrupción temporal mientras se localiza y aísla el elemento afectado. - A continuación se procede a restablecer el servicio en el resto del alimentador.

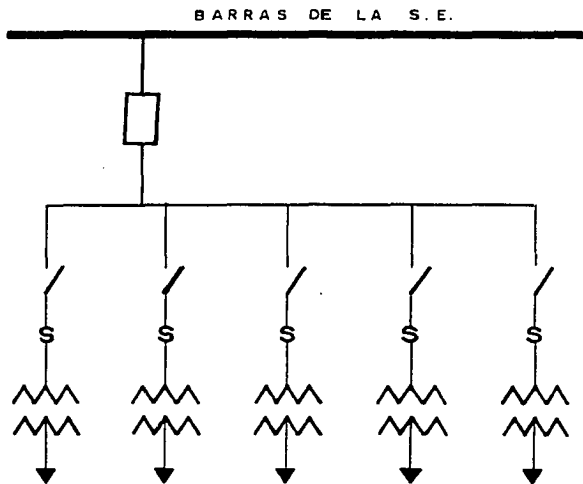


FIG. III-3 ALIMENTADOR RADIAL BASICO, SIRVIENDO CARGAS A TRAVES DE FUSIBLES QUE PROTEGEN AL TRANSFORMADOR.

Debe considerarse que cuando la falla es en el troncal de un alimentador, los alimentadores ligados a éste tienen que soportar la carga adicional.

*Aplicación.*- Este tipo de red es recomendable, para zonas con densidades de carga de 10 a 20 MVA/Km<sup>2</sup>, que manifiestan fuertes tendencias de crecimiento y cargas de diferente tipo como son fraccionamientos ó conjuntos habitacionales.

#### RED EN ANILLO ABIERTO Y RED EN MALLA:

*Características Generales.*- Este tipo de redes están construidas por cables subtrunciales dispuestos en forma de anillos, entrelazados para formar una estructura dentro de la zona por servir y de esta manera forman una red en malla. Los anillos se pueden alimentar desde una ó más fuentes, mediante cables troncales. Dentro de los anillos - las subestaciones MT-BT, preferentemente se deben conectar en seccionamiento.

La protección del troncal es por medio de interruptores localizados en las subestaciones de potencia y por medio de fusibles cortacircuitos.

En las figuras III-4 y III-5 se muestran los diagramas unifilares representativos de estas redes.

*Operación.*- Un anillo trabaja normalmente abierto en un punto, generalmente en el punto medio de carga. Al ocurrir una falla dentro de un anillo se operan los elementos de seccionamiento para aislar el tramo afectado y se restablece la alimentación con los propios re-



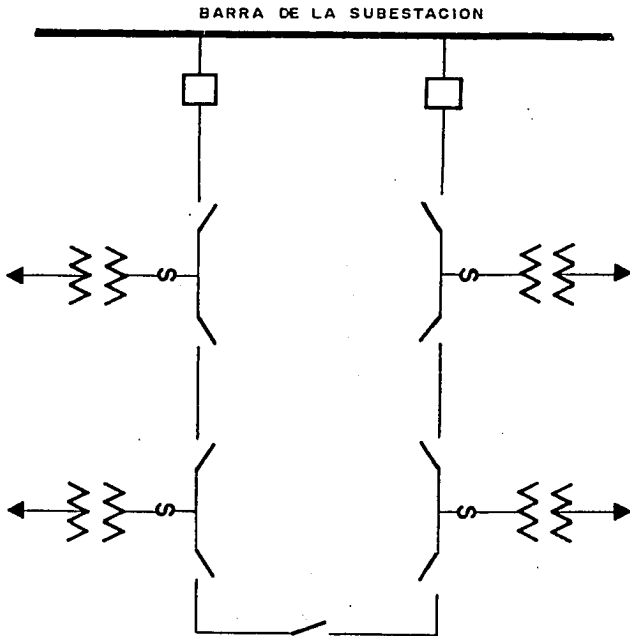
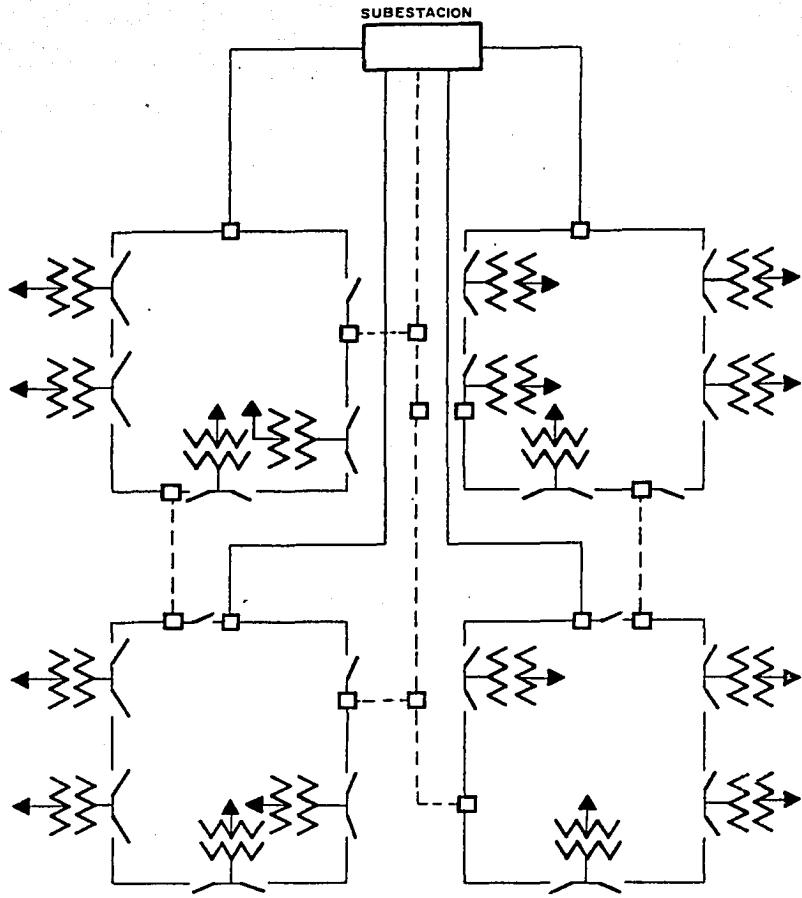


FIG. III-4 RED EN ANILLO ABIERTO .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



INTERRUPTORES DE 3 VIAS  
 ALIMENTADOR PRINCIPAL  
 ALIMENTADOR A AUXILIAR

FIG. III-5 RED EN MALLA

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

cursos y capacidad del anillo. Si la falla es en un cable troncal, la carga del anillo se transferirá a los anillos vecinos en forma provisional. (Ver figura III-4).

#### RED EN DERIVACION DOBLE:

Características Generales.- En esta red la disposición de los cables troncales es por pares, siendo de sección uniforme para los cables troncales y menores para las derivaciones.

Cada uno de los troncales debe llevar la energía desde una fuente de alimentación hasta los servicios, siendo uno de ellos alimentador preferente y el otro emergente.

La protección de los troncales se hace por medio del interruptor en la subestación de potencia localizado al principio de cada alimentador, y por medio de fusibles cortacircuitos en los ramales.

En la figura III-6 se muestra el diagrama unifilar de esta red.

Operación.- La operación se efectúa a base de un cable preferente, que lleva la carga normalmente y un cable emergente que toma la carga cuando el alimentador preferente falla, efectuándose el cambio de un alimentador al otro, por medio de un equipo de transferencia accionando en forma manual o automática.

Se recomienda que el equipo de transferencia tenga un mecanismo, para impedir la puesta en paralelo de los dos alimentadores, y la puesta a tierra de los mismos.

Aplicación.- Esta red se recomienda para zonas turísticas y

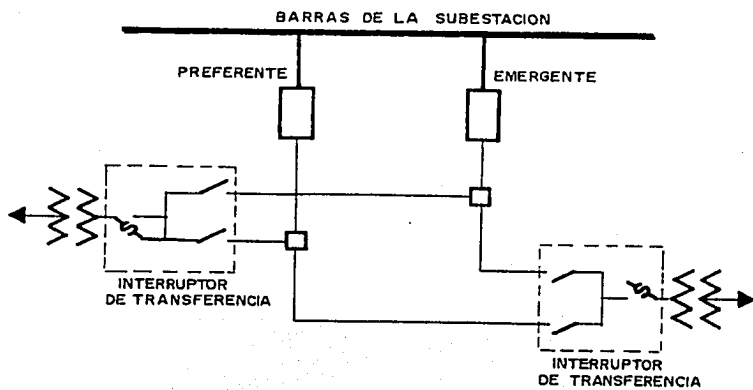


FIG. III-6 RED EN DERIVACION DOBLE

comerciales de configuración extendida, donde existan grandes concentraciones de carga y se tenga necesidad de asegurar una elevada continuidad.

#### RED EN DERIVACION MULTIPLE:

*Características Generales.*- Esta red se constituye por un número determinado de alimentadores, que contribuye simultáneamente a la alimentación de la carga.

Es un arreglo parecido a la red de derivación doble, con la diferencia de contar con varios alimentadores debidamente balanceados.

Cada alimentador está formado con cables de sección combinada, en forma decreciente y cables de menor calibre para las derivaciones, para alimentar las subestaciones MT-BT, conectadas en simple ó doble derivación.

La protección de esta red, se hace en el interruptor instalado en la subestación de potencia, al principio de cada alimentador y con fusibles cortacircuitos para protección de los ramales.

En la figura III-7 se muestra el diagrama unifilar de esta red.

*Operación.*- En régimen normal los transformadores MT-BT alimentan la carga de la zona, estando distribuidos entre los diferentes alimentadores, que constituyen la estructura, respetando un principio de repartición, para que al fallar uno de los alimentadores su carga se reparta en igual proporción en los restantes.

*Aplicación.*- Esta red se recomienda, en zonas de urbanismo -

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

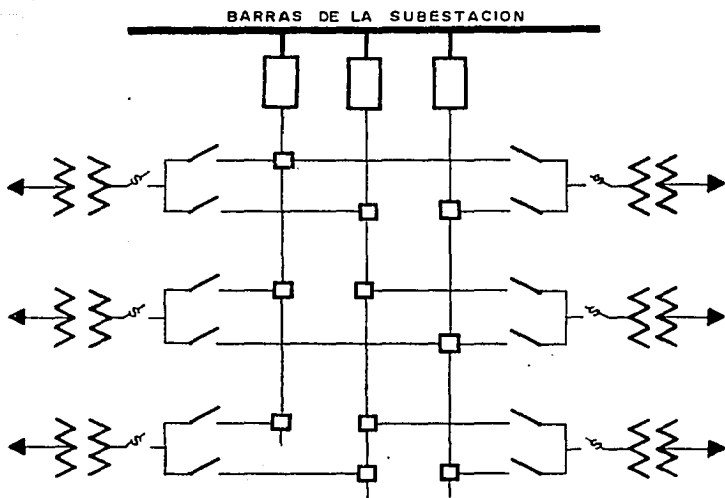


FIG. III-7 RED EN DERIVACION MULTIPLE

moderno con alta densidad de carga (más de 20 MVA/Km<sup>2</sup>) con necesidad de una elevada continuidad en el servicio donde existan grandes cargas concentradas y cargas pequeñas repartidas en forma uniforme.

#### RED DE ALIMENTADORES SELECTIVOS:

*Características Generales.*- Esta red se constituye por cables troncales llegando hasta la zona por alimentar y cables de menor sección, de un troncal a otro, enlazados siguiendo el principio de la doble alimentación. Las subestaciones MT-BT se reparten entre parejas de alimentadores y quedan conectadas en secciones.

La protección de esta red, consiste en colocar un interruptor en la subestación de potencia, al principio de cada alimentador y fusibles de cortacircuitos para protección de los transformadores.

En la figura III-8, se muestra el esquema de esta estructura y de sus elementos constitutivos.

*Operación.*- En régimen normal los transformadores MT-BT, están repartidos entre pares de alimentadores constituyendo la red, respetando un principio de repartición, para que al fallar uno de los troncales, su carga pase totalmente a otro, efectuándose el cambio por grupos de subestaciones MT-BT.

En caso de falla en un ramal, se abrirán los elementos de seccionamiento localizados a cada lado del tramo afectado.

*Aplicación.*- Esta red se recomienda, para zonas donde las construcciones existentes, están siendo sustituidas por edificaciones con fuertes concentraciones de carga y requiriendo de un alto grado de

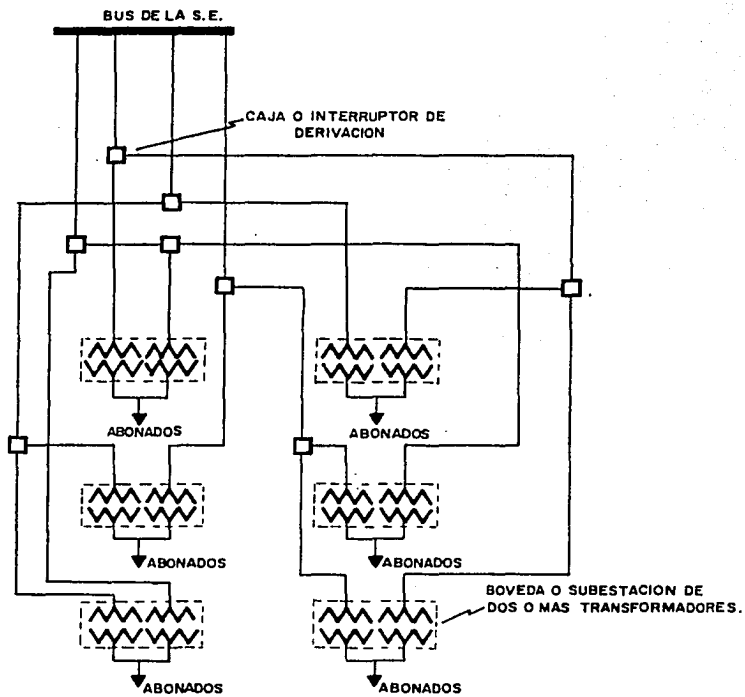


FIG. 8-8 ESTRUCTURA DE ALIMENTADORES SELECTIVOS.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*continuidad.*

*Al exponer las estructuras básicas es posible imaginar una -  
variedad muy grande de estructuras combinadas, las cuales dependerán -  
de las características de operación, confiabilidad y economía requeri-  
das para cada proyecto en particular.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III-D CLASIFICACION DE LAS REDES DE BAJA TENSION EN CUANTO A SU CONFORMACION

Las redes secundarias, son el último eslabón en la cadena entre la fuente generadora y los consumidores.

Al igual que los sistemas de distribución en mediana tensión, también los sistemas de baja tensión, tienen diferentes arreglos en sus conexiones y en general continúan manteniendo los mismos principios de operación de aquéllos. Sin embargo, hay una diferencia importante entre los circuitos primarios y los secundarios, que afecta su operación; esto es, en los circuitos de baja tensión, es posible trabajar con línea viva guardando las debidas precauciones, permitiendo una mayor flexibilidad al sistema.

Existen tres tipos de estructuras de redes secundarias en los sistemas de distribución subterránea, siendo las siguientes:

#### RED RADIAL SIN AMARRES

En este tipo de redes, los cables deben ser de la sección apropiada a las cargas que alimentan, parten en diferentes direcciones, desde el lugar donde se encuentra instalado el transformador, constituyendo los alimentadores secundarios. En esta red una falla en el transformador, ó en alguno de los cables, deja sin servicio a todos los consumidores alimentados por esta instalación.

Operación: Aún en esta estructura, es posible un grado de seccionalización, si el problema es de los cables, una vez que la fa--

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

lla se localiza, el cable puede ser cortado, aislando la falla y el la do en buen estado, si está conectado a la fuente se normaliza y así -- una parte de la carga volverá al servicio.

El cable de baja tensión, se protege a la salida de los ---- transformadores, por medio de fusible y se instala directamente ente-- rrado, para las acometidas se hacen empalmes "T" ó "Y" sobre él. Este tipo de red se muestra en la figura III-9.

#### RED RADIAL CON AMARRES

En la red radial sin amarres, cuando se tiene una falla en - el alimentador primario ó en el transformador, se provoca una interrup ción en toda la línea, hasta que la falla es reparada ó el transforma dor es reemplazado, para cubrir esta situación, así como facilitar la restauración en el servicio, cuando hay problemas en los cables secun darios, se provee a la red de baja tensión de medios de amarre, consis tiendo en cajas de seccionamiento, intercaladas en los cables que van de un transformador a otro, dichos equipos se instalan en las esquinas con objeto de tener mayor flexibilidad en su conexión, al interceptar hasta cuatro cables trifásicos ó nueve monofásicos, las cajas que se - usan para los cables trifásicos, son las cajas CS-4-500 y para los ca bles monofásicos, las de pedestal P-4-400 comunmente instaladas en --- fraccionamientos residenciales.

Operación.- Un buen estudio respecto a la forma como estarán repartidas las cargas de los servicios de los transformadores, permiti rá determinar la colocación de éstos medios de amarre ó seccionaliza--

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

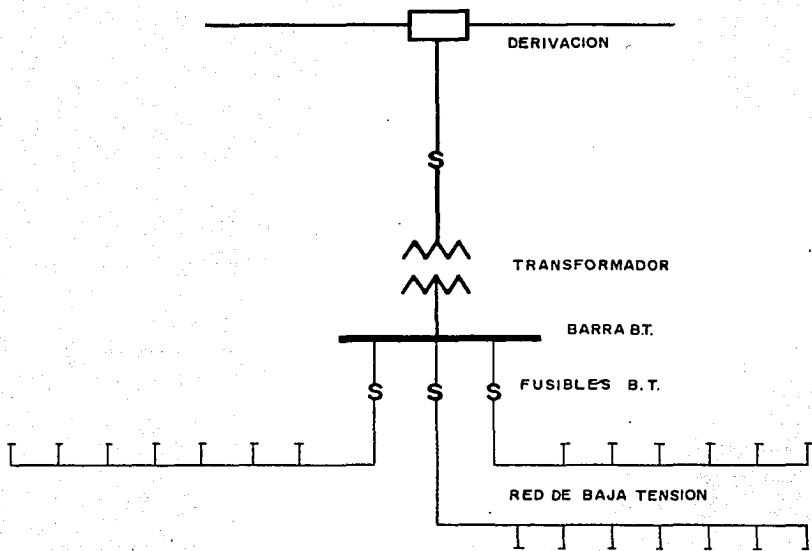


FIG. III-9 RED RADIAL EN BAJA TENSION SIN AMARRES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ción, permitiendo mayor libertad en la reparación de fallas en alta -- tensión, ya que las cargas de los transformadores, pueden ser transferidas por baja tensión a otros transformadores.

Al efectuar la construcción de la baja tensión, debe tenerse en cuenta la secuencia de las fases, en todos los transformadores. -- Condición que permite hacer la transferencia de carga de un transformador a otro. Este tipo de red se ve en la figura III-10.

#### RED AUTOMATICA

Este tipo de red de baja tensión, es la solución más eficaz adoptada en muchas ciudades para resolver el problema de un buen servicio y una buena regulación de voltaje cuando se tiene una gran concentración de cargas uniformemente repartidas a lo largo de los cables. - Este sistema garantiza un servicio de gran continuidad, pues las fallas de mediana y baja tensión no son detectadas por los servicios, a menos que la falla sea en la acometida y la misma sea de un circuito únicamente.

Operación.- Los componentes básicos, de este tipo de red se indican en el diagrama III-11. La fuente de potencia es normalmente una subestación de distribución de M.T., es el punto de origen de cuátro ó más alimentadores radiales sin enlace entre ellos. Estos alimentadores van hasta centros de carga en el área de la red, así son seccionados por medio de interruptores, llevando los ramales que alimentan directamente a los transformadores de la red, estos están alimentados de tal manera que los adyacentes quedan conectados por alimentado-

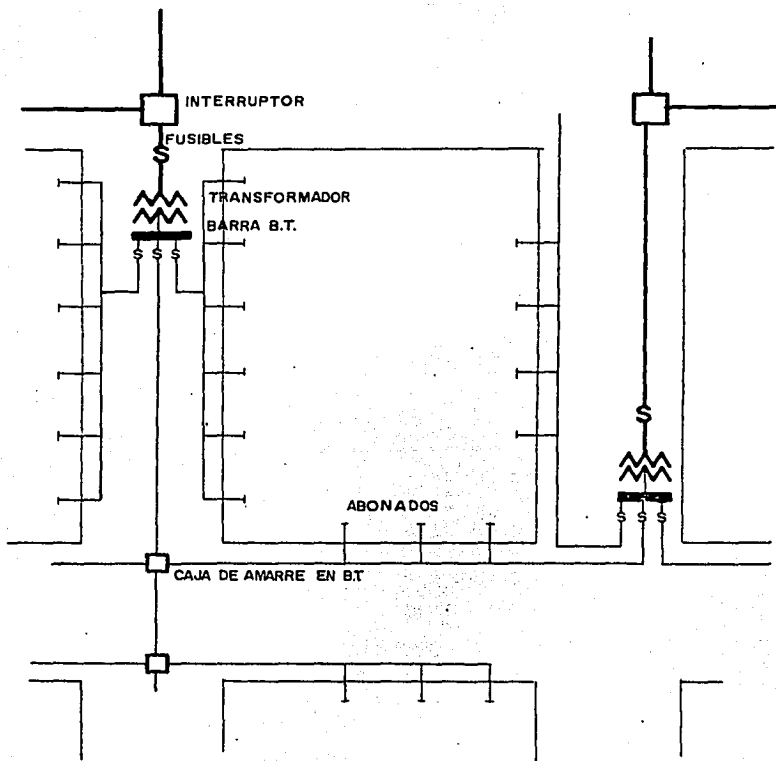


FIG. III-10 RED RADIAL CON AMARRE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

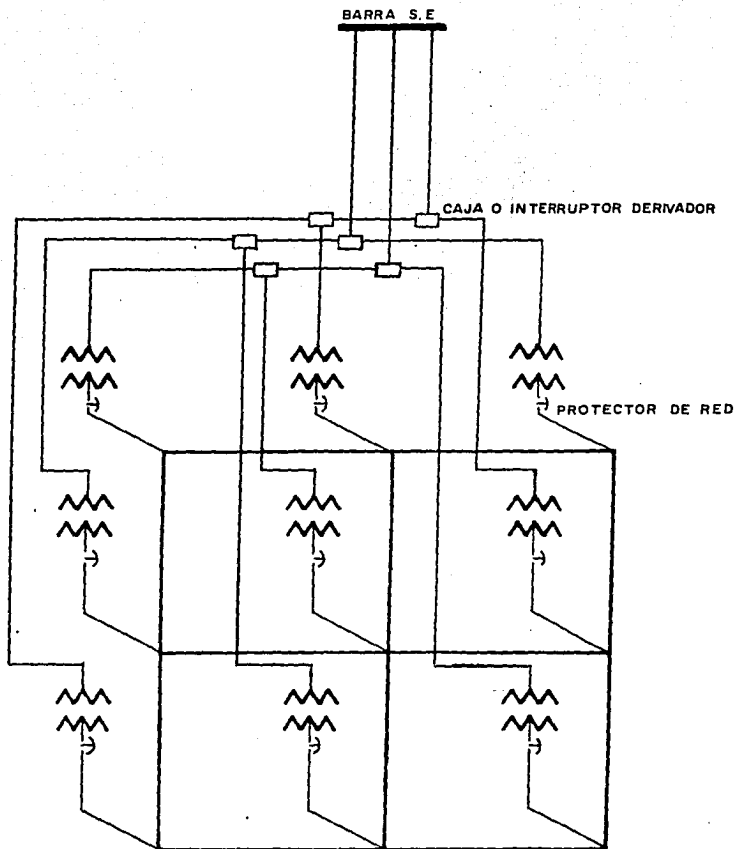


FIG. III - 11 RED AUTOMATICA EN BAJA TENSION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

res diferentes.

Este diseño se hace con el fin, de que si existe una falla, en uno de los alimentadores de mediana tensión (primera contingencia) no disminuya la regulación de voltaje en la red del secundario y sea absorbida a través de la red secundaria por los transformadores. Por esta razón, la capacidad de los alimentadores en mediana tensión debe ser tal, que permita absorber el aumento de carga cuando uno de ellos falle.

Un dispositivo desconectador llamado "protector de red" es instalado en el lado secundario de cada transformador. Este equipo tiene como finalidad evitar, el retorno de energía de la red de baja tensión a un punto de falla en mediana tensión. Pues cuando un alimentador primario falla, los protectores inmediatamente desconectan la baja tensión de sus transformadores.

Como la baja tensión de una "red automática", es una malla conectada sólidamente, cuando falla, el cortocircuito es alimentado -- por todos los transformadores, provocándose una corriente de intensidad suficiente para evaporar el material de cobre y aislamiento, en el lugar del daño, de esta manera se troza el cable en una reducida longitud, en un corto tiempo, quedando así autoextinguida ó aislada la falla sin provocar interrupciones, a menos que esté localizada en la acometida del servicio. En la figura III-12 se puede observar como opera una falla en los servicios.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



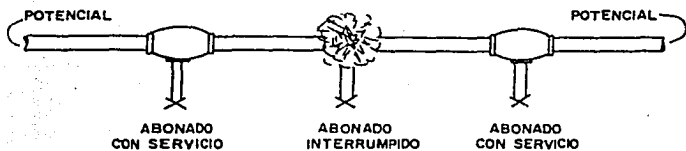
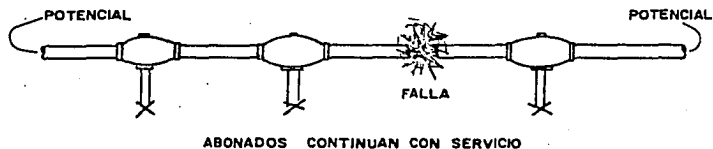
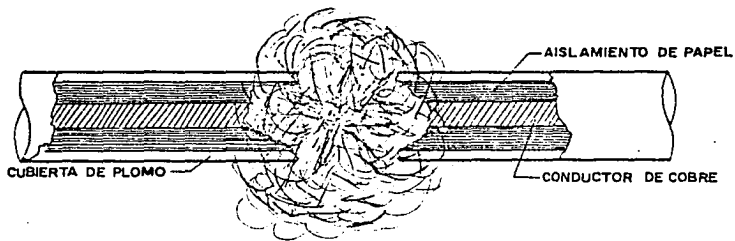


FIG. III-12 ELIMINACION DE FALLAS EN RED AUTOMATICA B. T.  
POR AUTOEXTINCION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III-E SELECCION DE REDES

El desarrollo de las ciudades, hace que día a día los usuarios de la energía eléctrica aumenten ó los existentes, tengan cada vez mayores necesidades, también la calidad del servicio suministrado, adquiere diferente importancia de acuerdo a su aplicación.

El caso más común es aquel donde el desarrollo del área, es de tal forma, que el sistema actual presenta graves problemas para continuar proporcionando el suministro de energía eléctrica, con la calidad necesaria para satisfacer las demandas de los usuarios. Esto hace indispensable adoptar un nuevo sistema para continuar esa labor, mejorando las condiciones, esto se facilita conociendo las características de la carga actual, tratándose de una zona nueva, donde no se conoce esa información se tienen que emplear suposiciones.

Lo anterior implica, a todo un equipo técnico dedicar incontables horas de labor, efectuando estudios necesarios y analizando profundamente todos los factores, que intervienen al dar una solución adecuada a las exigencias del área a servir.

Para poder seleccionar una red determinada se requieren los siguientes parámetros:

- Importancia de la carga por alimentar
- Flexibilidad en su desarrollo
- Tipo de carga
- Densidad de carga de la zona
- Costo de la red

*- Mantenimiento de la instalación*

*Como casi siempre las zonas de carga, se encuentran a gran distancia de las plantas generadoras, por lo mismo los alimentadores de las redes se hacen con líneas aéreas, pues no tiene sentido actualmente instalar cables subterráneos, porque su costo se elevaría demasiado. A esta combinación de redes se le llama sistema mixto.*

*Por lo tanto el sistema mixto es el ideal. En la figura III-13 se muestra una unión de estos dos sistemas.*

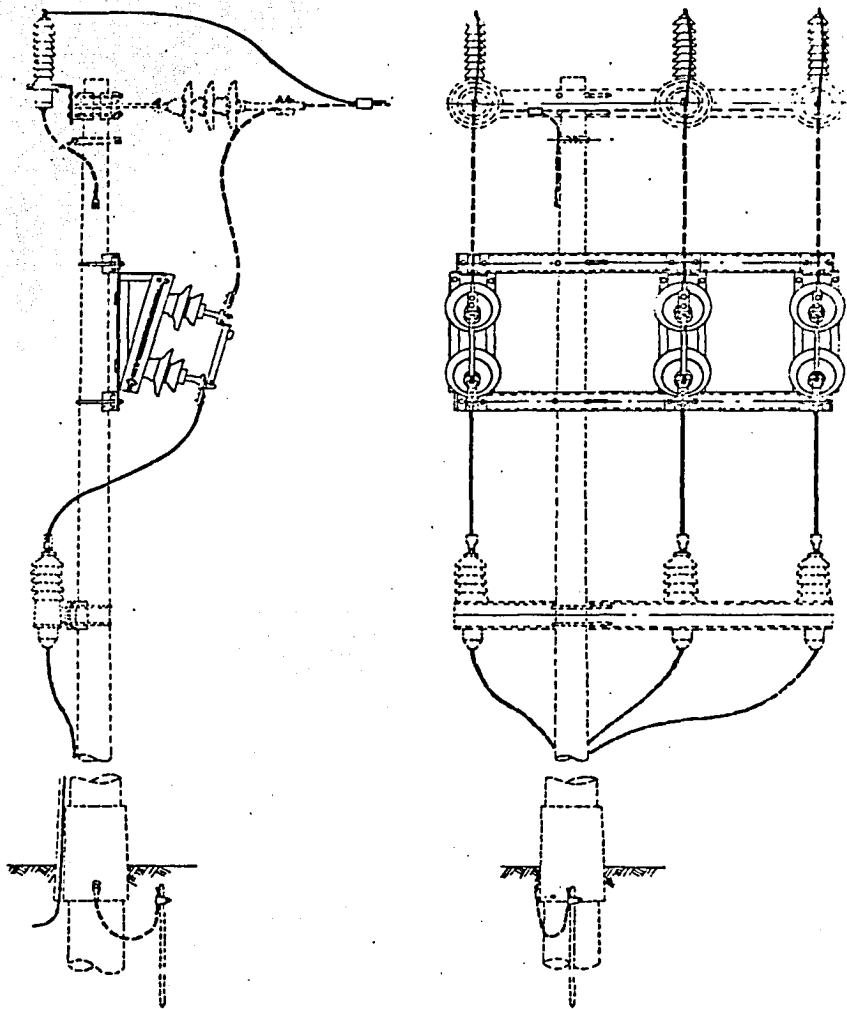


FIG. III-13 POSTE DE CONEXION LINEA AEREA Y CABLES SUBTERRANEOS.

C A P I T U L O   I V

EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

IV-A GENERALIDADES

IV-B TIPOS DE CABLE PARA LA RED DE ALTA Y BAJA TENSION

IV-C TIPO DE TERMINALES Y UNIONES

## C A P I T U L O IV

### EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

#### IV-A GENERALIDADES

La demanda cada vez mayor de las instalaciones eléctricas -- subterráneas, en nuevos centros habitacionales y comerciales de la zona metropolitana, ha traído como consecuencia a los departamentos de proyectos y construcción de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., la preocupación de diseñar e instalar sistemas acordes a las necesidades, usando materiales y equipos hechos en México, con objeto de reducir los costos.

Los tipos de materiales necesarios, para construir cada sistema de distribución, son difíciles de obtener por un particular en el mercado común, debido a su elevado costo, capacidad y funciones específicas, por esto y por lo dicho anteriormente, los equipos y materiales propuestos en el presente trabajo serán, los normalizados en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

#### IV-B TIPOS DE CABLE PARA LA RED DE ALTA Y BAJA TENSION

Se denomina cable al conjunto formado por varios conductores (de alambre metálico) unidos y adecuadamente aislados, casi siempre -- provistos de uno ó varios recubrimientos protectores.

Para la selección del tipo de conductor, se debe considerar la resistencia al flujo de la corriente, para lograr disminuir las pérdidas de energía al transportarla de la fuente generadora al lugar de la carga.

La plata, el cobre y el aluminio, tienen baja resistencia al flujo de corriente y lógicamente han sido adoptados satisfactoriamente para la transportación de energía. El uso de aluminio se ha incrementado debido a que posee un menor peso comparado con los otros dos materiales, pero tiene como desventaja una resistencia más alta que la del cobre ó la plata. El aluminio tiene poco peso molecular y por consiguiente es usado en líneas aéreas provisto de un alma de acero, porque su resistencia mecánica es muy pobre.

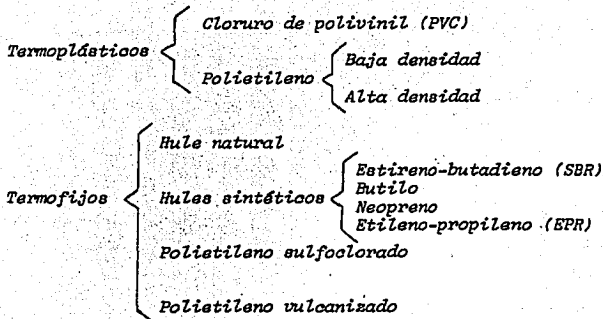
En cables subterráneos se usa cobre, debido a su menor resistencia a la corriente con respecto al aluminio y menor costo, por otra parte el aluminio utilizado en la fabricación, es importado.

#### TIPO DE AISLAMIENTO EN LOS CABLES

En la siguiente tabla se indican los aislamientos usados en cables eléctricos:

*Papel impregnado*

*Cambray barnizado*



En un principio se utilizó como aislamiento para cables de energía el hule natural y el caucho, éstos componentes se empleaban para trabajar a menos de 10 KV, debido a que el caucho se vuelve frágil en presencia de una descarga y ambos materiales son atacados por el aceite.

La investigación de la industria química ha desarrollado sustitutos de estos aislantes, como son: el policloruro de vinil, butil y poliésterileno de alto y bajo peso molecular. Actualmente los tipos de cables usados se denominan por su aislamiento: cable de papel impregnado en aceite y cable tipo seco.

Cable de papel impregnado en aceite.- El papel por sí solo, tiene excelentes propiedades dieléctricas; pero el inconveniente de ser muy hidrosóptico y consecuentemente la humedad le hace perder sus



propiedades aislantes, lo que impide utilizarse sólo, siendo necesario impregnarse de alguna otra sustancia aislante líquida, como pueden ser: resinas, aceites minerales, etc.

La impregnación se realiza con aceite líquido, similar al de los transformadores ó con aceite espeso, constituido por una mezcla de 70% de aceite mineral y el 25% de colofonia (resina natural que se obtiene de los residuos en la destilación de la esencia del aguarrás).

Para evitar la entrada de humedad y la salida del aceite, -- los cables han de ir provistos de una envoltura metálica de plomo, que rodea las capas aislantes, los extremos de la línea se hacen herméticos, mediante la instalación de terminales apropiadas.

Cable tipo seco.--Este tipo usa aislantes secos como son los materiales plásticos. Atendiendo a su comportamiento frente al calor, se dividen en dos grandes grupos: Termoplásticos y termoestables. Los termoplásticos se ablandan con el calor, permitiendo moldearlos repetidas veces sin que pierdan sus propiedades. Los termoestables solamente son plásticos al calentamiento por primera vez, este material tiene la ventaja de soportar más elevadas temperaturas, aunque cuando se alcanza una temperatura crítica, pierde definitivamente sus propiedades mecánicas.

Los materiales termoplásticos más utilizados en la fabricación de los cables subterráneos, son: policloruro de vinilo (PVC) y polietileno.

El policloruro de vinilo tiene elevada rigidez dieléctrica y gran resistencia al ozono y a los agentes químicos, además resiste per

fectamente la humedad e incluso pueda instalarse directamente en el -- agua ó enterrarse. Su principal inconveniente es su factor de pérdi-- das elevado.

El polietileno es un material inoloro traslúcido y termo--- plástico, no tóxico, menos denso que el agua (densidad 0.92), lo que - obliga al empleo de aditivos antioxidantes. Resulta un excelente die- léctrico por su bajo factor de pérdidas, (incluso a altas frecuencias), y por su elevada resistividad.

Los cables subterráneos más usados son: los monopolares y -- los tripolares.

Los monopolares ó monofásicos están constituidos por un solo conductor, casi siempre es de sección circular, con el correspondiente aislamiento y los recubrimientos protectores que sean necesarios con-- tra la corrosión, deterioros mecánicos, etc.

En la figura IV-1 se muestra la configuración general de un cable subterráneo monofásico.

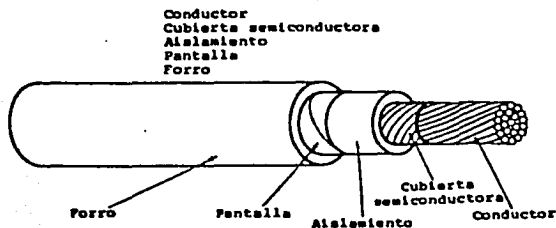


FIG. IV-1 CONFIGURACION DE UN CABLE SUBTERRANEO MONOPOLAR.

Los cables tripolares ó trifásicos llevan tres conductores, están destinados al transporte de energía eléctrica de corriente alterna trifásica sin neutro, los conductores son de sección sectorial, siendo la cubierta de sección circular, a igual sección de conductor, los cables sectoriales ocupan menor diámetro exterior que los cables de conductores de sección circular, con el consiguiente ahorro de aislamiento, siendo por esto más apropiado para su instalación en lugares reducidos, sin embargo su fabricación resulta más difícil y además tiene problemas de tipo eléctrico, debido a los esfuerzos dieléctricos a que es sometido el aislante, siendo estos mucho mayores que en un cable de sección circular.

En la figura IV-2 se muestra la configuración general de un cable subterráneo tripolar de conductores sectoriales.

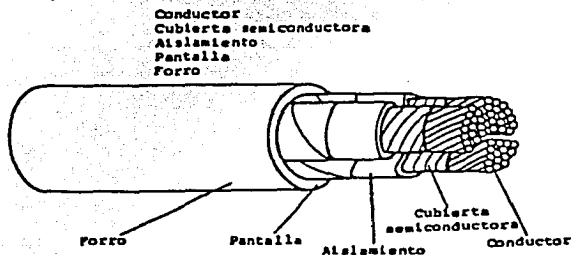


FIG. IV-2 CONFIGURACION DE UN CABLE SUBTERRANEO TRIPOLAR DE CONDUCTORES SECTORIALES.

El tipo de cable trifásico respecto al monofásico resulta un 40% más caro, también cabe aclarar que al usar cable monofásico, se requieren tres cables para tener sistema trifásico y esto aumenta el costo.

to de la instalación.

Las ventajas del cable monofásico son, su facilidad de manejo y menor peso; como esto permite separar los conductores en la instalación, si ocurre una falla en alguna fase, es posible no se contaminen las otras dos, abaratándose y simplificándose la reparación.

Otro aspecto que hay que tomar en cuenta es la mayor confiabilidad del aislamiento en el cable monofásico pues los esfuerzos eléctricos son  $1/3$  menores que en el trifásico.

#### CAMPO RADIAL DE UN CABLE

En un cable unipolar, las líneas de fuerza del campo electrostático, tienen el aspecto representado en la figura IV-3; es decir, se trata de un campo radial, establecido entre la masa metálica del conductor y la envoltura metálica exterior. Por lo tanto, los esfuerzos eléctricos de este campo electrostático son soportados por el aislamiento del conductor.

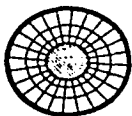


FIG. IV-3 CAMPO RADIAL DE UN CABLE MONOPOLAR.

En un cable tripolar destinado a conducir una corriente trifásica, con aislamiento conjunto de los tres conductores, el campo electrostático no es uniforme. No se trata de un campo radial dado que cada línea de fuerza tiene dos componentes, una perpendicular y otra tangencial al aislamiento común. Esta desigualdad en la línea de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

fuerza, se debe a que los potenciales existentes no son simultáneamente iguales. En la figura IV-4 se muestra el campo no radial de un cable tripolar sin pantalla.

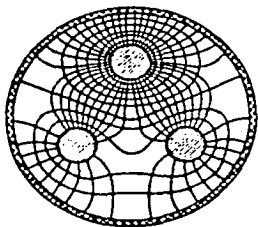


FIG. IV - 4 CAMPO NO RADIAL DE UN CABLE TRIPOLAR NO APANTALLADO.

En los dos ejemplos referidos, la componente perpendicular a la capa aislante común ejerce su esfuerzo eléctrico sobre ésta siendo soportado perfectamente, debido a su diseño calculado precisamente para resistir dicho esfuerzo. Los esfuerzos eléctricos debidos a la componente tangencial, son soportados por la masa de relleno existente entre los tres conductores, la cual carece de resistencia de perforación con riesgo de una perforación eléctrica longitudinal, hasta cables operando de 15 KV aproximadamente. A partir de este valor, debe procurarse que el campo sea radial.

Höchstädter fué el primero en reconocer, que un cable debe--rta tener campo perpendicular exclusivamente en la capa aislante, para lo cual, sobre la misma en cada conductor envolvió una banda de papel metalizado o bien una finísima hoja metálica; es decir, como si se tratara de tres conductores unipolares con cubierta común.

El relleno entre conductores queda casi exento de esfuerzos,

debido al campo eléctrico tangencial. Las hojas metálicas individuales denominadas "pantallas", deben ponerse a tierra y la envoltura metálica del conductor aterriza directamente. En la figura IV-5 se muestra un campo radial de un cable tripolar apantallado.

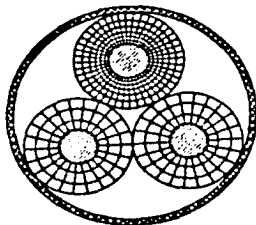


FIG. IV-5 CAMPO RADIAL DE UN CABLE TRIPOLAR APANTALLADO.

Este tipo de conductores se puede utilizar hasta tensiones de servicio de 60 KV.

Actualmente encima del conductor se pone una capa semiconductor, para regularizar el campo eléctrico en la superficie del mismo.

#### CABLES ALIMENTADORES DE ALTA TENSION

Los cables de alta tensión actualmente usados en todos los nuevos desarrollos son del tipo monofásico de cobre, aislamiento de polietileno y recubrimiento termoplástico, como protección a la corrosión. Se escogió este tipo de cable por facilidad, rapidez y eficiencia en el mantenimiento preventivo y correctivo. Los calibres empleados son de 35, 70, 150 y 240 mm<sup>2</sup> de sección transversal con capacidad máxima de 160, 250, 390 y 510 amperes respectivamente a 75°C.

*Siempre se instalan directamente enterrados excepto en los -  
cruceros y en el centro de la ciudad, donde van en ductos y son regis-  
trados en pozos de visita convenientemente localizados.*

*Cable 23 PT 1 X 35, 1 X 70 Norma L y F 2.0030*

*Cable 23 PT 1 X 150, 1 X 240 Norma L y F 2.0006*

*Cable 23 TC 1 X 50 a 1 X 240 Norma L y F 2.0002*

#### *CABLES DE BAJA TENSION*

*Los cables de baja tensión y los ramales de servicio, son de  
las siguientes características: cable monofásico, de conductor de co-  
bre cableado, de sección circular, semicompacto, aislamiento de hule -  
de calibres de 1 X 15, 1 X 35, 1 X 70, 1 X 150, 1 X 250 y 1 X 400 mm<sup>2</sup>  
de sección transversal con 110, 170, 270, 420, 450 y 600 amperes de ca-  
pacidad respectivamente a 90°C de temperatura.*

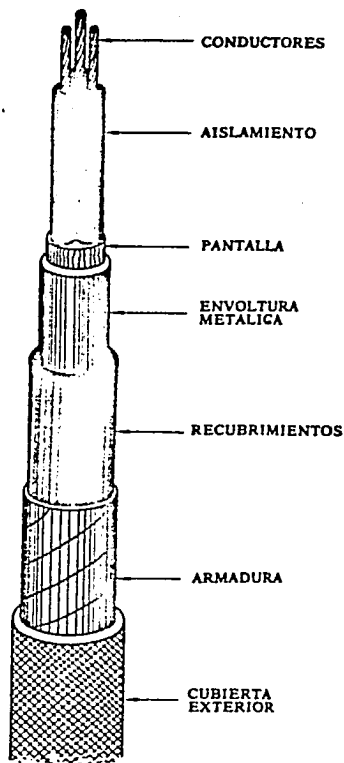
*Cable BTC 1 X 15 a 1 X 400 Norma L y F 2.0041*

*También existe cable trifásico, de conductor de cobre cablea-  
do, de sección sectorial, aislamiento de papel impregnado en aceite, --  
con forro de plomo y cubierta de polietileno de vinilo, de calibres de  
3 X 35, 3 X 70 y 3 X 150 mm<sup>2</sup> de sección transversal con 145, 185 y 270  
amperes de capacidad respectivamente a 85°C. de temperatura.*

*Cable BPT 3 X 35 Norma L y F 2.0004*

*Cable BPT 3 X 70, 3 X 150 Norma L y F 2.0005*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



— = Cobre  
 AL = Aluminio

F = Papel impregnado  
 V = Policloruro de vinilo  
 E = Polietileno  
 R = Polietileno reticulado  
 G = Caucho natural vulcanizado  
 B = Caucho butílico  
 K = Caucho de silicona  
 L = Etileno-propileno

H

F = Tubo continuo de plomo  
 AL = Tubo continuo liso de aluminio  
 A = Tubo corrugado de aluminio  
 C = Tubo corrugado de cobre

F = Papel impregnado  
 V = Policloruro de vinilo  
 E = Polietileno  
 R = Polietileno reticulado  
 G = Caucho natural vulcanizado  
 B = Caucho butílico  
 K = Caucho de silicona  
 L = Etileno-propileno

F = Flejes de hierro o acero  
 FA = Flejes de aluminio  
 M = Alambres de hierro  
 MA = Alambres de aluminio  
 O = Fletinas de hierro  
 OA = Fletinas de aluminio

J = Fibras textiles impregnadas  
 V = Policloruro de vinilo  
 G = Caucho natural vulcanizado  
 N = Neopreno o equivalente  
 K = Caucho de silicona

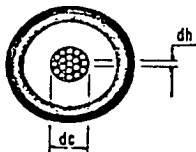
FIG. IV-6 RESUMEN DE LAS DESIGNACIONES DE CABLES SUBTERRANEOS

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



# CABLES 23 PT 1x35, 1x70

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2 0030



Símbolo	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLE	
			23PT 1X35	23PT 1X70
	Sección del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	35	70
N	Número de hilos	-	19	19
dc	Diámetro del conductor	mm	7.65	10.83
dh	Diámetro de cada hilo	mm	1.53	2.17
Rca	Resistencia a 50 Hz y 76°C	Ohm/Km	0.63	0.32
X	Reactancia a 50 Hz (Separación entre cables = 16 cm)	Ohm/Km	0.104	0.23
Z	Impedancia a 50 Hz y 76°C	Ohm/Km	0.63/23°	0.40/35°
AV	Caida de tensión por fase	Volt/Amp.Km	0.57	0.40
I	Corriente normal de trabajo	Amp.	140	225
	Corriente máxima de trabajo	Amp.	160	250

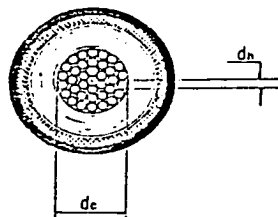
### CLAVE DEL NOMBRE:

- 23 = 23 KV
- P = plomo, cubierta
- T = Termoplastico, cubierta exterior
- 1X = Un conductor
- 35,70= Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# CABLES 23 PT 1x150, 1x240

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0006



SIM BOLD	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLE	
			23PT 1x150	23PT 1x240
	Sección del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	150	240
N	Número de hilos	-	37	37
$d_c$	Diámetro del conductor	mm	15.90	20.12
$d_h$	Diámetro de cada hilo	mm	2.27	2.874
R <sub>ca</sub>	Resistencia a 50 Hz y 76°C	Ohm/Km	0.153	0.1088
X	Reactancia a 50 Hz	Ohm/Km	0.21	0.19
Z	Impedancia a 50 Hz y 76°C	Ohm/Km	0.27/55°	0.21/53°
$\Delta V$	Caída de tensión por fase	Vol/Amp-Km	0.25	0.20
I	Corriente normal de trabajo	Amp	345	450
	Corriente máxima de trabajo	Amp	399	510

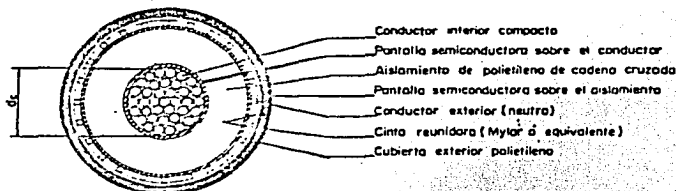
CLAVE DEL NOMBRE:

- 23 = 23 KV
- P = Plomo, cubierta
- T = Termoplástico, cubierta exterior
- 1x = Un conductor
- 150, 240 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CABLES 23 TC 1x50 a 1x240

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0002



Símbolo	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLES 23 TC			
			1 x 50	1 x 70	1 x 150	1 x 240
$S_r$	Sección real de cobre de cada conductor	mm <sup>2</sup>	53.48	67.43	152	253.2
	Número de hilos	-	19	19	37	37
$d_c$	Diámetro del conductor	mm	8.70	9.75	14.63	18.87
$R_{ca}$	Resistencia eléctrica a 60 Hz y 90°C	Dhms/Km	0.429	0.341	0.154	0.095
X	Reactancia a 60 Hz, circuito trifásico, cables horizontales uno junto a otro	Dhms/Km	0.214	0.209	0.188	0.179
$\Delta V$	Caída de tensión por fase	Volt Amp-Km	0.468	0.397	0.235	0.183
	Corriente normal de trabajo	A	180	220	350	475
	Corriente máxima de trabajo	A	250	300	450	595

### CLAVE DEL NOMBRE:

23 = 23 kv tensión de servicio

TC = Polietileno de Cadena Cruzada, material del aislamiento

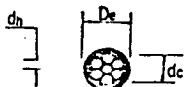
50 a 240 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CABLES BTC

1x15 a 1x400

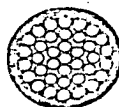
NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0041



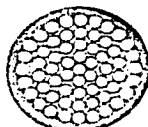
7 hilos



19 hilos



37 hilos



61 hilos

CARACTERISTICAS		UNIDAD	CABLES BTC					
			1x15	1x35	1x70	1x150	1x250	1x400
	Sección nominal del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	15	35	70	150	250	400
	Sección real del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	13.5	33.6	67.4	152.1	253.2	405.4
N	Número de hilos	-	7	7	19	37	61	61
d <sub>c</sub>	Diámetro del conductor	mm	4.67	7.42	10.62	16.00	20.65	26
d <sub>h</sub>	Diámetro de cada hilo	mm	1.55	2.47	2.13	2.29	2.95	2.9
R <sub>ca</sub>	Resistencia Ohmica a 50 Hz y 90°C	Ohm/Km	1.685	0.666	0.333	0.148	0.090	0.066
X	Reactancia a 50 Hz circuito trifásico cables horizontales	Ohm/km	0.078	0.078	0.075	0.075	0.075	0.044
ΔV	Cafde de tensión por fase	Volt	1.394	0.5795	0.312	0.163	0.117	0.071
I	Enterrados corriente normal de trabajo	Amp	110	170	270	420	450	600
	Enterrados corriente máxima de trabajo	Amp	150	240	350	520	700	950

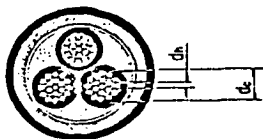
**CLAVE DEL NOMBRE:**

- B = Baja Tensión
- TC = Polietileno de cadena cruzada, material del aislamiento
- 1x = Un conductor
- 15 a 400 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# CABLE BPT 3x35

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0004



SIM-BOLO	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLE BPT 3x35
	Sección de cada conductor	mm <sup>2</sup>	35
N	Número de hilos	-	19
dc	Diámetro del conductor	mm	7.7
dn	Diámetro de cada hilo	mm	1.53
eo	Espesor aislamiento de papel de cada conductor	mm	1.4
eb	Espesor aislamiento banda	mm	0.9
ep	Espesor de cubierta plomo	mm	1.5
ei	Espesor de cubierta exterior termoplástica	mm	2.0
Do	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	24.31
Dp	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	29.11
Dc	Diámetro exterior del cable	mm	32.11
Rea	Resistencia a 50 Hz y 85°C	Dnm/km	0.54
X	Reactancia a 50 Hz	Dnm/km	0.081
Z	Impedancia a 50 Hz y 85°C	Dhm/km	0.65
ΔV	Caída de tensión por fase	Volt/Amp/Km	0.56
I	Corriente normal de trabajo	Amp	145
	Corriente máxima de trabajo	Amp	175

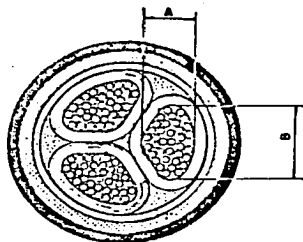
### CLAVE DEL NOMBRE:

- B = Baja tensión
- P = Plomo, cubierta
- T = Termoplástico, cubierta exterior
- 3x = tres conductores
- 35 = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

**RESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# CABLES BPT 3x70, 3x150

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0005



CARACTERISTICAS		UNIDAD	CABLE BPT 3x70	CABLE BPT 3x150
	Sección de cada conductor	mm <sup>2</sup>	70	150
N	Número de hilos de cada conductor	-	19	37
A	Altura del sector	mm	8.9	13.1
B	Ancho del sector	mm	13.9	21.4
Rca	Resistencia a 50 Hz y 85°C	Ohm/km	0.32	0.15
X	Reactancia a 50 Hz	Ohm/km	0.066	0.061
Z	Impedancia a 50 Hz y 85°C	Ohm/km	0.33	0.16
ΔV	Caída de tensión por fase	Volt/Amp.Km	0.30	0.16
I	Corriente normal de trabajo	Amp	185	270
	Corriente máxima de trabajo	Amp	225	300

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### IV-C TIPO DE TERMINALES Y UNIONES

##### TERMINALES

Se define por terminal, a la parte del sistema donde existe unión entre uno y otro componente. En las terminales, suelen existir esfuerzos dieléctricos debido a la variación del aislamiento ó a la -- eliminación de la pantalla de tierra.

Para evitar fugas concentradas de energía en las terminales, que, provocan envejecimiento prematuro del aislamiento, se tienen métodos para efectuar el alivio de esfuerzos dieléctricos. Estos los podemos dividir en dos siendo: resistivo y capacitivo.

Método Resistivo, Geométrico ó de Cono de Alivio: El método del cono de alivio, consiste en una continuación expandida en diámetro, del blindaje electrostático; esta ampliación puede ser de encintado ó premoldeado. Más datos complementarios sobre el cono de alivio se encuentran en la norma de L y F 2.0258. En la figura IV-7 se puede observar la configuración del cono de alivio.

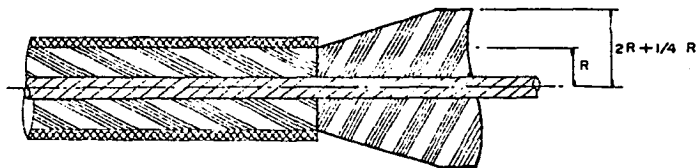


FIG. N\_7 CONFIGURACION DE UN CONO DE ALIVIO .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Método Capacitivo: Consiste en una combinación de materia--  
les aislantes, que al lograr una constante dieléctrica alta y conser--  
var sus características, refractan las líneas de campo en la zona de -  
corte de la pantalla.*

*Las terminales usadas en los cables de aislamiento seco son:*

*Para Alta Tensión*

*Terminal U 23 FT 1 X 35 a 240 Norma L y F 2.0481*

*Terminal U 23 TC 1 X 50 a 150 Norma L y F 2.0480*

*Terminal 23 I-TC 1 X 50 a 1 X 150 Norma L y F 2.0488*

*Para Baja Tensión*

*Terminal E-35 Norma L y F 2.0286*

*Las demás características se encuentran en dichas normas.*

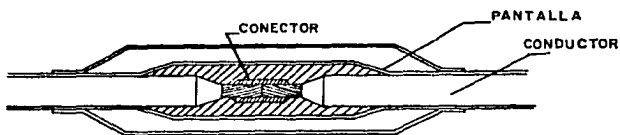
#### *EMPALMES Y UNIONES*

*Se define como empalme a la conexión y reconstrucción de los  
aislamientos de dos tramos de cable. Esto se hace uniendo las seccio-  
nes de cobre mediante conectores, reconstruyendo el aislamiento, con -  
el mismo cuidado que se tiene para los esfuerzos eléctricos en las ter-  
minales. Terminando de restituir el aislamiento, se continúa la panta-  
lla del cable y después se protege con un tubo de plomo llenado con --  
compuestos aislantes para evitar que penetre la humedad en cable papel  
plomo, en cable seco se pone barniz epoxico y cintas de fibras de vi--  
drio.*

*En la figura IV-8 se muestra la configuración de un empalme.*

**TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN**





EMPALME PARA CABLE SUBTERRANEO  
APAN TALLADO.

FIG. IV. 6 CONFIGURACION DE UN  
EMPALME .

Las uniones y empalmes que usa La Compañía de Luz y Fuerza -  
del Centro, S. A. para las uniones de cable seco son las siguientes:

Unión R BTC	15 a	150 mm <sup>2</sup>	Norma L y F 2.0202
Unión R 23 PT	1 X 35 a 1 X 240	mm <sup>2</sup>	Norma L y F 2.0294
Unión R 23 PT-TC	1 X 35 a 1 X 240	mm <sup>2</sup>	Norma L y F 2.0265
Unión R 23 TC	1 X 50 a 1 X 150	mm <sup>2</sup>	Norma L y F 2.0197

#### CAJAS DE DERIVACION O CAJAS DE CONEXION

En su oportunidad se determinó como única solución, para sus-  
tituir las uniones "Y" en alta tensión (23KV), el uso de cajas, con co-  
nectores aislados en gran volumen de aceite, debido a no existir una -  
técnica, que permitiera hacerlo directamente. Actualmente se está ex-  
perimentando con "derivadores", aunque ya se ven pocas posibilidades -  
por el número de fallas, demasiado grande, además al usar cajas se tie-  
ne la posibilidad de la conexión y desconexión de una parte del alimen-  
tador, sea para su reparación ó licencia de mantenimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Hay cajas de tres y cuatro vías, son de Lámina de fierro, de 6.3 mm de espesor. Los conectores y placas de desconexión son de cobre electrolítico de 97% de pureza. Todo esto sumergido en aceite, -- con diseño para trabajar sumergidas en agua hasta tres metros de profundidad.

Caja CS 23-3-500 Norma L y F 2.0263

Caja CS 23-4-500 Norma L y F 2.0264

#### TRANSFORMADORES

Los transformadores usados son trifásicos, ocupan menos volumen, tienen menor peso, dando facilidad para su instalación, en comparación a los transformadores monofásicos equivalentes; conectados en delta estrella con relación 23-21.5-20 KV/220-127 V, con neutro solidamente aterrizado.

Los transformadores se pueden clasificar en varios tipos:

El tipo DRS ó DCS pedestal, su estructura consiste básicamente de una unidad convencional, rodeada de un gabinete de frente muerto y montado sobre una base de concreto, del cual deriva su nombre.

Este equipo está autoprotegido con fusibles y contiene un bus de alta tensión, con dos interruptores. También se construyen de tipo sumergibles.

Las capacidades manejadas son: 75, 112.5, 150, 225, 300 y -- 500 KVA, según la siguiente norma:

Transformador Trifásico 23-BT-45-300 DRS Pedestal Norma L y F 2.0365

Los transformadores DRS y DCS pedestal y sumergible, han si-

do diseñados para la distribución residencial, con red primaria, de estructura en anillo abierto. Estos transformadores usan como dieléctrico aislante aceite, también vienen equipados con cambiador de derivaciones; así como de otros accesorios.

Como autoprotección el alta tensión tiene fusibles limitadores de corriente, en serie con fusibles de expulsión; en baja tensión la protección contra sobrecorrientes, está prevista mediante un interruptor termomagnético, en algunos casos, en otros los alimentadores secundarios se protegen individualmente usando fusibles.

Todo transformador se protege con una válvula de sobrepresión que regula la presión interna del tanque en caso de falla.

Los transformadores tipo sumergibles, son enfriados con aceite, contienen una cámara de alta tensión y una de baja tensión debidamente sellada. La cámara de alta tensión tiene acoplado un desconector de tres posiciones (abierto, cerrado y tierra), el tanque está construido con alta resistencia a la corrosión, estos transformadores tienen tubos radiadores para enfriamiento a los dos lados del tanque.

Las capacidades usadas son: 300, 500 y 750 KVA.

Estos transformadores no llevan protección interna, se les protege por alta tensión, desde la derivación de la acometida con fusibles, excepto en la red automática y por baja tensión con fusibles de sobrecorriente, en el caso de redes radiales. Para mayores datos consultar la norma siguiente:

Transformador 23 BT, 300-750 Sumergible Norma L y F 2.0217

Transformador tipo interior, es similar al sumergible, sólo

que usa como dieléctrico líquidos de características superiores al ---  
aceite.

# CONOS ALIVIO 23 DV 70, 240

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0258

Tela DV enrollada para entrega,  
con el extremo más angosto en  
el interior del rollo.

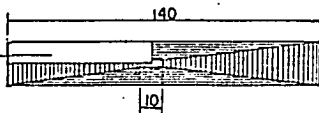
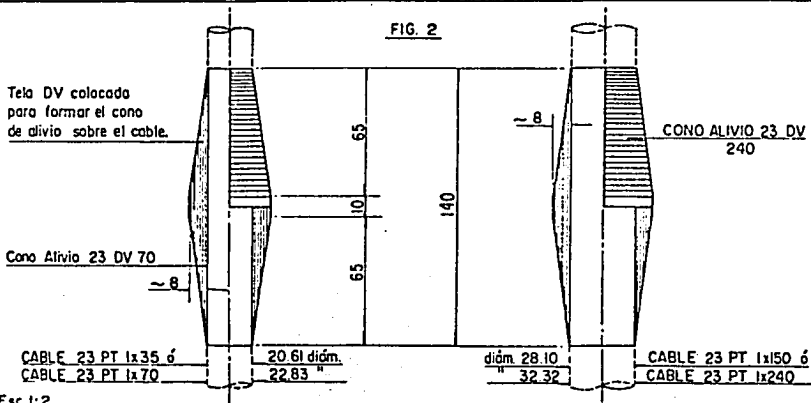
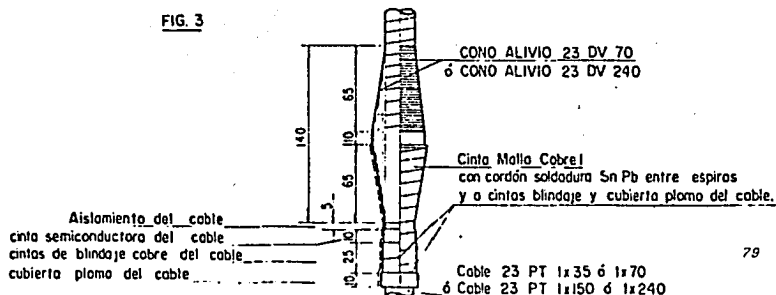


FIG. 1



Esc. 1:2

FIG. 3



Anotaciones en mm

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

# CONOS ALIVIO 23 DV 70, 240

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0258

## MATERIAL:

Formados por un tejido uniforme de urdimbre o pie de mazos de finos filamentos de poliéster dacrón y trama similar de finos filamentos de vidrio, con recubrimiento de barniz aislante oleaginoso, compacto, uniforme, terso, no adherente y de color negro. El espesor de la tela que constituye el cono es de 0.25 mm - (0.010").

## USO:

Enrollada la tela del cono apretada uniformemente y humedecida con aceite impregnante Cable 23 PT sobre el aislamiento de papel de cable 23 PT a una distancia aproximada de 5 mm del extremo de las Cintas de Cobre de blindaje del mismo y colocada Cinta Valla Cobre 1 entre las Cintas de blindaje y el extremo inferior del Cono según Figura 3, alivia el esfuerzo de potencial eléctrico en el aislamiento del cable en el extremo de su blindaje. El Cono Alivio 23DV70 - se aplica a Cables 23 PT 1 x 35 ó 1 x 70 y el Cono Alivio 23DV240 a cables 23-PT 1 x 150 ó 1 x 240, como parte integrante de la Norma LYF 2.0033, Aislantes y Auxiliares Terminales 23 E 1 x 70C, 1 x 240 C.

## CLAVE DEL NOMBRE:

Alivio = Alivia el esfuerzo de potencial en el aislamiento del cable en el extremo de su blindaje.

23 = 23 kV

D = Dacrón, material de la urdimbre de la tela del cono

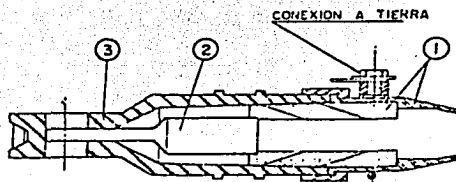
V = Vidrio, material de la trama de la tela del cono

70, 240 = 70 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> Sección máxima del conductor del cable donde se aplica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TERMINAL U23PT 1x35 a 240

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0481



## MATERIALES COMPONENTES:

Ref.	NOMBRE.	UNIDAD.	CANTIDAD.
1	Conjunto Cono de bronce - Cono de alivio (con abrazadera para tierra).	Pza.	1
2	Conector de cobre/aluminio o cobre para cables de 35, - 70, 150 o 240 mm <sup>2</sup> .	Pza.	1
3	Cuerno de la terminal.	Pza.	1
	<b>Aislantes y Auxiliares:</b>		
	Cinta de silicón roja.	rollo	1
	Cinta PVC negra.	rollo	1
	Tapón de vinilo.	Pza.	1
	Grasa silicón.	-	-
	Guantes de polietileno.	Pza.	2
	Adaptador semi - conductor.	Pza.	1

## USO:

Instalada una de estas terminales con un juego de Accesorios Terminal U23PT protege el extremo del cable 23PT de la humedad y lo aisla electricamente, quedando este preparado para hacer Uniones Universales R.T o X. Instaladas 2, 3 o 4 de estas terminales con un juego de Accesorios Uniones U,R,T,X respectivamente, permite unir electricamente, proteger y aislar los cables 23PT.

## CLAVE DEL NOMBRE:

U = Universal.

23 = 23 KV.

PT = Para cables de plomo termoplástico.

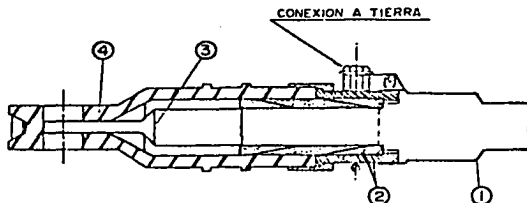
1 X = Un conductor.

35 a 240 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TERMINAL U23TC 1x50 a 150

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0480



## MATERIALES COMPONENTES:

Ref.	NOMBRE.	UNIDAD.	CANTIDAD.
1	Manguito sellador.	Pza.	1
2	Conjunto Cuerpo de entrada - Cono de alivio (con abrazadera para tierra).	Pza.	1
3	Conector de cobre/aluminio ó cobre para cables de 50, 70 ó 150 mm <sup>2</sup>	Pza.	1
4	Cuerpo de la terminal.	Pza.	1
Aislantes y Auxiliares:			
	Cinta PVC negra.	Rollo.	1
	Tapón de vinilo.	Pza.	1
	Grasa silicón.	-	-
	Gautes de polietileno.	Pza.	2
	Abrazadera tipo cremallera.	Pza.	1
	Anillo de tierra.	Pza.	1

USO: Instalada una de estos terminales con un juego de Accesorios Terminal U23TC, - protege el extremo del cable 23TC de la humedad y lo aísla electricamente, quedando - este preparado para hacer Uniones Universales R.T ó X. Instaladas 2, 3 ó 4 de estas - terminales con un juego de Accesorios Uniones U-R,T,X respectivamente, permite unir - electricamente, proteger y aislar los cables 23TC.

### CLAVE DEL NOMBRE:

U = Universal.

TC = Para cables de polietileno de cadena cruzada.

23 = 23 KV.

1 x = Un conductor.

50 a 150 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>.

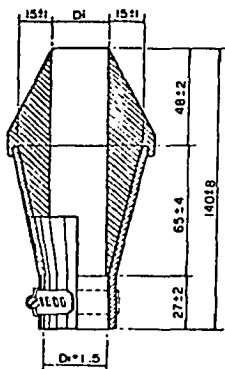
82

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# TERMINALES 23I-TC1x50 a 1x150

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0488



Acotaciones en mm

## USO:

Colocada la terminal correspondiente a su designación en el extremo de un Cable 23TC previamente preparado, alivia el esfuerzo del potencial eléctrico en el aislamiento del cable en el extremo de su cubierta de blindaje.

El diámetro interior ( $D_i$ ) de la Terminal, debe ser el adecuado para el diámetro sobre el aislamiento del cable al que se aplica.

## CLAVE DEL NOMBRE:

23 = 23 KV

I = Interior

TC = Termofijo, Polietileno de Cadena Cruzada

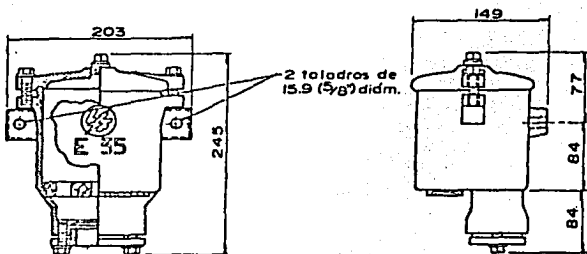
1x = 1 Conductor

50 a 150 = Sección nominal del conductor en mm<sup>2</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TERMINAL E35

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0286



Acotaciones en mm

## USD:

Fijada a muro con 2 Tornillos M4. 1/2" x 4" o a poste con Soporte Terminal 8E y 2 Tornillos M4. 1/2" x 1 1/2", protege la conexión del extremo de Cable BPT 3x35 con cables de salida de la Terminal BTC 1x35, contra intemperie y daños mecánicos.

## CLAVE DEL NOMBRE:

E = Exterior

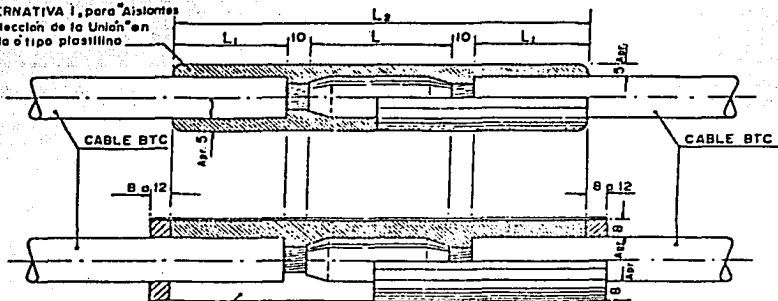
35 = 35 mm<sup>2</sup> Sección de los conductores del cable que protege.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# UNIONES R BTC 15 a 150

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0202

ALTERNATIVA 1, para Aislantes  
y Protección de la Unión en  
masilla o tipo plastilino



ALTERNATIVA 2, para Aislantes  
y Protección de la Unión que  
requieran molde

NOTA: La misma Unión R con el mismo material puede aplicarse para unir un cable BTC 1x35 ó 1x70 ó 1x150 con otro similar de sección inmediata inferior — (BTC 1x15 ó 1x35 ó 1x70 respectivamente) conforme se muestra en la Fig.

USO: Instalada en Cables BTC de un conductor de los calibres correspondientes a su designación (15 ó 35 ó 70 ó 150 mm<sup>2</sup>), conecta los extremos de sus conductores, protegiendo la conexión contra humedad y daño mecánico equivalente a la cubierta TC de los cables. Queda directamente enterrada o en registro.

**CLAVE DEL NOMBRE:**

- R = Recta, forma de la Unión.
- BTC = Designación de los cables que conecta:
- B = Baja tensión.
- TC = Termofijo, aislamiento Cadena Cruzada

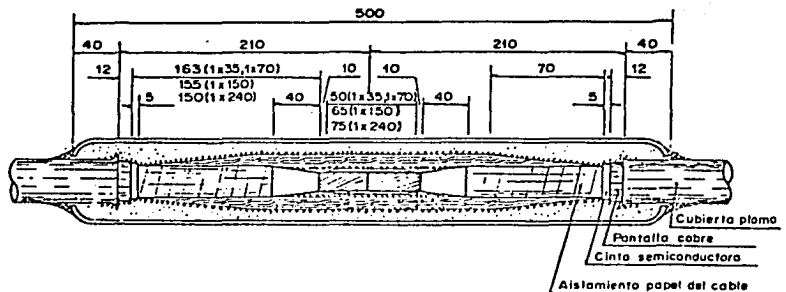
15  
35  
70  
150

- Calibre mm<sup>2</sup> del conductor de los cables

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# UNIONES R 23 PT 1x 35 a 1x240

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0294



Acotaciones en mm

## USO:

Instalada en Cables 23PT 1x , los empalme y deja protegido el empalme contra humedad y daño mecánico; queda en pozo, bóveda, registro o SE.

## CLAVE DEL NOMBRE:

R = Recta

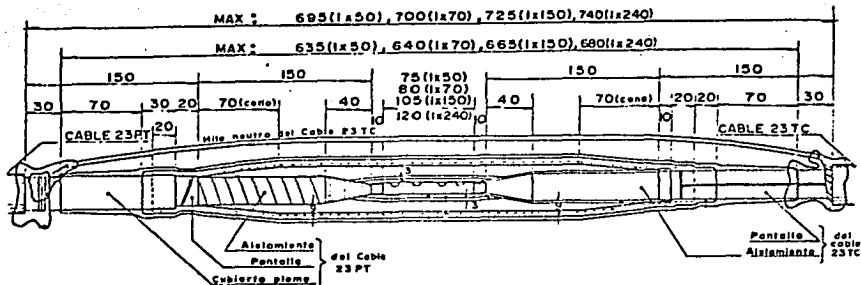
23PT 1x35 =  
23PT 1x70 =  
23PT 1x150 =  
23PT 1x240 =

Nombre del cable: 23 = 23 kV; PT = aislamiento papel, forro plomo y cubierta termoplástica; 1x = cable de un conductor; 35, 70, 150 ó 240 = 35, 70, 150 ó 240 mm<sup>2</sup> sección del conductor del cable.

TESTES CON  
FALLA DE ORIGEN

# UNIONES R 23PT-TC 1x35 a 1x240

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0265



Anotaciones en mm.

## USD :

Ejecutadas las Uniones conforme a esta Norma, empalman el extremo de un cable 23 PT 1x35 ó 1x70 ó 1x150 ó 1x240 con el de un cable 23 TC 1x50 ó 1x70 ó 1x150 ó 1x240, quedando protegido el empalme contra humedad y daño mecánico. Se coloca en pozo, registro o interior.

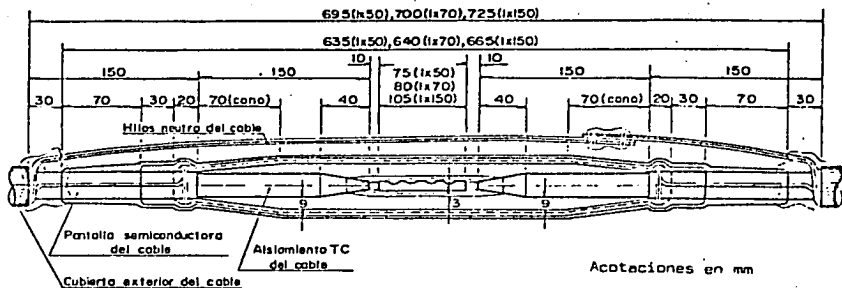
## CLAVE DEL NOMBRE :

- R = Recta
- 23 = 23 kV
- PT = Para cable aislamiento papel cubiertas de plomo y termofijo
- TC = Para cable aislamiento termofijo (polistileno) cadena cruzada.
- 1x = Cable de 1 conductor
- 35 ó 70 ó 150 ó 240 = Sección mm<sup>2</sup> del conductor de los cables que une.

**ESTO CON  
FALLA DE ORIGEN**

# UNIONES R 23 TC 1x50 a 1x150

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0197



USD:

Ejecutada conforme al dibujo de esta Norma e instrucción respectiva en cables - - 23TC 1x50, 23TC 1x70 ó 23TC 1x150, empalma sus extremos quedando protegido el empalme contra humedad y daño mecánico. Se coloca directamente enterrada o en registro.

CLAVE DEL NOMBRE:

R = Recta

23 = 23 kV

TC = Para cables aislamiento Termofijo polietileno de Cadena Cruzada

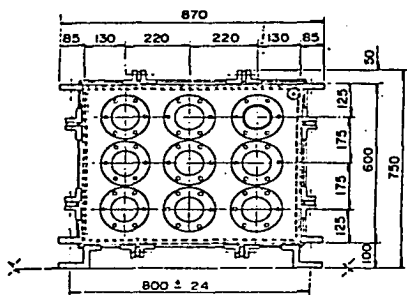
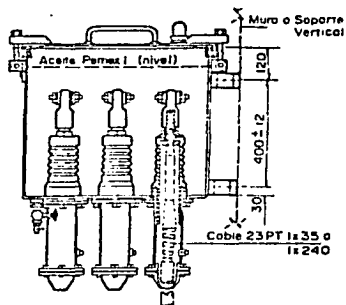
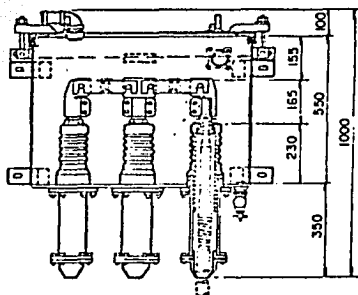
1x = Cable del conductor

50, 70, 150 = 50, 70 ó 150 mm<sup>2</sup>, sección del conductor de los cables que une.

ESTE CON  
FALLA DE ORIGEN

# CAJA CS 23.3. 500

NORMAS L y F  
MATERIAL  
2.0263



Capacidad de aceite aprox. \_\_\_\_\_ 185 lts.  
Peso de la caja (sin aceite) aprox. \_\_\_\_\_ 260 Kg

Aceite Pemex I y cable 23 PT 1x35 o 1x240  
no incluidos en este material.

Anotaciones en mm

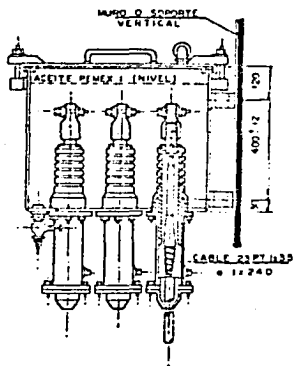
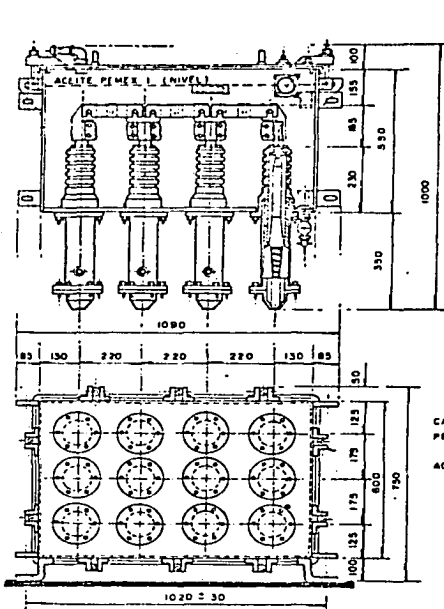
CLAVE DEL NOMBRE:

- CS = Para Cables Subterráneos
- 23 = 23 kV
- 3 = 3 vías
- 500 = 500 Amp. por vía

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CAJA CS 23.4.500

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0264



CAPACIDAD DE ACEITE APROX. 240 Lit.  
PESO DE LA CAJA (SIN ACEITE) APROX. 330 Kgs.

ACEITE PEMEX y CABLE 25 PT 1x35 e 1x 240 NO  
INCLUIDOS EN ESTE MATERIAL.

Anotaciones en mm

## CLAVE DEL NOMBRE:

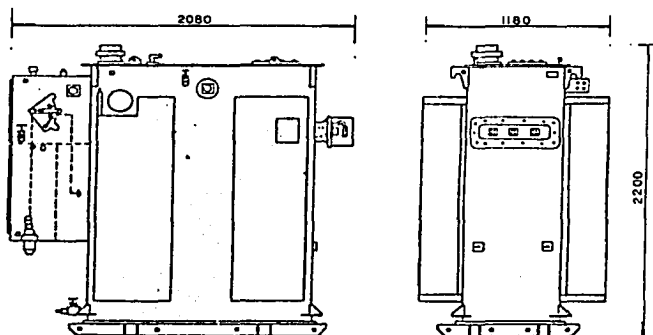
- CS = Para Cables Subterranos
- 23 = 23 kv
- 4 = 4 vías
- 500 = 500 Amp. por vía.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# TRANSFORMADORES 23-BT, 300 - 750 SUMERGIBLE

NORMAS L y F  
MATERIAL  
2.0217



Anotaciones en mm.

Tensión. KV	NOMBRE	KVA	Corriente nominal de línea A		Peso Total Aprox. Kg
			Prim.*	Sec.	
23/21.5/20 - 0.220V/0.127	TRANSFORMADOR 23-BT-300 SUMERGIBLE	300	8.1	750	3000
	TRANSFORMADOR 23-BT-500 SUMERGIBLE	500	13.4	1310	5000
	TRANSFORMADOR 23-BT-750 SUMERGIBLE	750	20.1	1970	6000
23/21.5/20-5- 0.220V/0.127	TRANSFORMADOR 23x5-BT-300 SUMERGIBLE	300	28.9	750	3000
	TRANSFORMADOR 23x5-BT-500 SUMERGIBLE	500	48.1	1310	5000
	TRANSFORMADOR 23x5-BT-750 SUMERGIBLE	750	72.2	1970	6000

\* Corriente primaria para la conexión de entrega.

91

HECHO CON  
FALLA DE ORIGEN

C A P I T U L O V

INTERRUPTORES Y FUSIBLES

V-A GENERALIDADES

V-B INTERRUPTORES

V-C FUSIBLES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

92

## C A P I T U L O V

### INTERRUPTORES Y FUSIBLES

#### V-A GENERALIDADES

Existen varias causas que pueden perturbar el servicio normal de los generadores, transformadores, barras y en general de las redes eléctricas, afectando el servicio, mismas que podemos clasificar en:

- Cortocircuito
- Circuito abierto (falla de voltaje)
- Sobrecarga
- Bajo voltaje
- Alto voltaje
- Variaciones de voltaje

Se produce cortocircuito, al existir conexión directa entre dos ó más conductores de distinta fase, en un circuito eléctrico. Su característica es el aumento extraordinario de la intensidad de la corriente.

Por lo anterior los cortocircuitos causan efectos desastrosos en equipos y cables, por esta razón deben remediarse rápidamente, de lo contrario se deterioran los cables, se funden los conductores y se llega a destruir el equipo.

Se dice que un circuito está sobrecargado cuando trabaja con

**RESISTE CON  
FALLA DE ORIGEN**

mayor intensidad de corriente que aquella para la que fué diseñado.

No deben confundirse los conceptos "cortocircuito" y "sobrecarga". El cortocircuito se caracteriza, por un aumento prácticamente instantáneo y mucho mayor a la intensidad nominal de corriente que pasa por un circuito, mientras que la sobrecarga está caracterizada por un aumento de cierta duración y sólo algo mayor a la intensidad nominal de corriente del circuito.

Aunque no tan espectaculares como el caso de los cortocircuitos, los efectos de la sobrecarga pueden resultar también nocivos, para máquinas y conductores pues provocan: calentamientos indeseables que a la larga, producen perforaciones en los aislamientos y en general -- disminuyen la vida útil del equipo.

La baja tensión aparece cuando, por una u otra causa, la tensión en la planta generadora es inferior a la nominal, esto puede ser perjudicial; porque la carga conectada a la red, no puede disminuir su potencia y al ser la tensión menor de la prevista, compensa este efecto con una mayor intensidad absorbida, es decir, con una sobreintensidad.

La sobretensión ó alto voltaje es lo contrario de la subten- sión, ó sea, una tensión en la planta generadora, mayor que la nominal, con el consiguiente riesgo de perforación de los aislamientos, peligro para el personal, etc.

En este capítulo se tratará el tema de los interruptores, como dispositivos utilizados, para abrir ó cerrar un circuito ya sea por avería ó mantenimiento del tramo supuesto. También se verán los fusi-

**FINIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*bles como dispositivos de protección contra sobrecorrientes y sobretensiones.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## V-B INTERRUPTORES

Los interruptores son aparatos diseñados para conectar ó desconectar los circuitos eléctricos bajo carga, construidos de tal modo que esta continuidad pueda ser mantenida, después de cada maniobra de cierre ó de apertura. Tiene pues por objeto insertar ó retirar circuitos, en condiciones normales de carga; así como en condiciones anormales como en el caso de un cortocircuito.

Pueden ser maniobrados a voluntad (a mano ó a distancia) ó automáticamente mediante relés.

Durante la ruptura de la corriente produce una chispa ó un arco entre las piezas de contacto del interruptor.

Cuando la potencia cortada es pequeña, se obtiene una chispa es decir un destello ó resplandor azulado extremadamente brillante, -- que no daña las piezas de contacto; pero si la potencia alcanza cierta importancia se produce un arco, es decir una llama de color, además, -- después de la ruptura, se observa que los contactos están desgastados en las zonas en que se originó el arco. Este arco, cuya extinción debe hacerse en un tiempo reducido dependiendo de la construcción y de la clase del interruptor, alcanza temperaturas hasta del orden de los 2,500°C.

La energía que produce el arco se disipa por: convección, radiación y conducción calorífica, así como también por descomposición -- del medio ambiente, tal es el caso de los interruptores de baño de aceites.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

De la cantidad de calor producida en el arco durante la ruptura, dependen los esfuerzos principales a que quedan sometidos muchos aparatos de corte. Si la energía desarrollada por el arco no es eliminada, la temperatura del medio ambiente aumentará y si se trata de un medio de capacidad fija, crecerá igualmente la presión en él, produciéndose fenómenos de descomposición del medio ambiente, con formación de gases, llegándose a provocar la explosión de la cámara del interruptor. Se comprende pues, la conveniencia de reducir la energía desarrollada, en el proceso de interrupción y que el arco tenga una duración lo más breve posible.

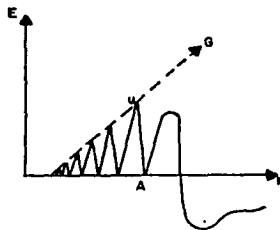


FIG. V-1 CURVA ESQUEMATICA QUE REPRESENTA LA VARIACION DE LA TENSION ENTRE CONTACTOS.

- G = REPRESENTA LA CURVA ENVOLVENTE DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA ENTRE CONTACTOS.
- E = LA ELEVACION DE LA TENSION ENTRE CONTACTOS.
- A = EL RESTABLECIMIENTO DEL ARCO.

En la figura anterior podemos observar, como el crecimiento rápido de la rigidez dieléctrica es conveniente, para que la interrupción se produzca correctamente.

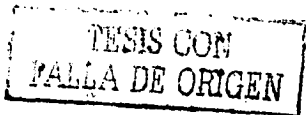
Se hacen notar, que actualmente la mayoría de los interruptores, tienen dispositivos de apertura rápida.

#### POTENCIA DEL ARCO

Cuando un circuito se interrumpe al originarse un cortocircuito, el circuito tiene el carácter de inductancia, ó si se practica una interrupción en una línea de alta tensión, esto representa prácticamente una capacitancia. En ambos casos se presenta un desfase de  $90^\circ$  entre voltaje y corriente, ésto es la causa por la cual la corriente y la tensión no se anulan al mismo tiempo. Naturalmente ésto es -- desfavorable para la extinción del arco, pues cuando pasa la corriente por cero, la tensión subsiste. El funcionamiento del interruptor debe estar previsto para realizar su cometido con un desfase mínimo, señalado en las normas a que debe someterse para su recepción.

La potencia desarrollada en un arco es igual, en cada instante, al producto de la corriente en el arco por la tensión en el mismo, por lo cual no debe ser confundido, con la potencia del circuito que se corta, ésta se expresa como el producto de la corriente por la tensión restablecida en los bornes del circuito después de la ruptura.

La energía que se desarrolla durante el proceso de interrupción es:





$$P = \int_0^{t_a} e \cdot i \cdot \Delta t$$

donde

$t_a$  = tiempo de duración del arco en segundos

$e$  = tensión del arco en volts

$i$  = corriente que circula por el interruptor en amperes

$t$  = incremento de la temperatura en °C

La tensión originada por el arco, según la fórmula de Kennelly tiene por valor: (en el caso de que toda la energía magnética se hubiera convertido en electrostática)

$$E = I \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

donde

$E$  = Valor de la tensión máxima alcanzada en volts

$I$  = Intensidad de corriente que circula en el momento de la interrupción, en amperes.

$L$  = Coeficiente de inducción del circuito en henrios

$C$  = Coeficiente de capacitancia del circuito en farads

El valor de  $E$  calculado en la fórmula anterior, supone que la interrupción es instantánea, lo cual no ocurre en la práctica.

El proceso ideal de la interrupción tiene lugar, cuando el corte del circuito se realiza, al paso de la intensidad por cero y se mantiene nula la tensión del arco, durante los periodos que preceden a la interrupción. Este objetivo se ha logrado en gran parte en los

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

modernos interruptores, con la reducción del tiempo de duración del arco y manteniendo la tensión en éste en un valor muy débil. El problema estriba en dar inmediatamente, después de la apertura de los contactos, una rigidez dieléctrica suficiente, al espacio que los separa, haciendo de éste modo imposible el restablecimiento del arco.

En los interruptores modernos el valor de rigidez dieléctrica necesaria, se obtiene por medio del vapor de aceite, (interruptores neumáticos) también existen los interruptores con cuernos de arco o parachispas y los de sople magnético; todos estos seccionadores son de apertura rápida.

#### CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECCION DE LOS INTERRUPTORES

Normalmente los aparatos de corte se designan para dos tensiones nominales, entre las cuales están definidas por convención las condiciones de funcionamiento. Se distinguen:

**Tensión Nominal ó Tensión de la Línea.** - Es el valor de la tensión eficaz de la línea para la cual ha sido construido el interruptor.

**Corriente de Ruptura.** - Es el valor eficaz de la componente alterna, durante la semionda con la cual se inicia el arco entre los contactos, y en el instante de la apertura. En lo que concierne al ca lentamiento, las corrientes nominales se refieren a una temperatura ambiente que no pase de los 40°C.

**Corriente de Cortocircuito Inicial.** - Es el valor instantáneo máximo de la primera semionda de la corriente de cortocircuito.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Capacidad de Ruptura.* - En un aparato se designa a la mayor intensidad de corriente que es capaz, de cortar en unas condiciones de empleo dadas. Entre éstas la que generalmente tiene influencia es, la tensión restablecida en el borne del aparato, después de la extinción del arco y que se denomina tensión de restablecimiento. Por lo general, el poder de ruptura de un aparato de corte se expresa en kilocampes efectivos. Muchas veces, las características de corte de los aparatos no se expresan por el valor de la corriente que pueden cortar, sino por la potencia correspondiente a esa misma corriente. A dicha potencia se le llama capacidad de ruptura y viene expresada en megavoltampères (MVA).

Para corriente trifásica, la capacidad de ruptura está expresada por la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I$$

donde

*P* = Capacidad de ruptura, en KVA

*U* = Tensión de restablecimiento, en KV

*I* = Corriente cortada, en KA

Esta forma de expresarse, tiene la ventaja de permitir una fácil relación, entre la expresión del poder de ruptura y la potencia instalada. Pero puede provocar confusiones, pues se supone que el poder de ruptura de los aparatos de corte es constante; cualquiera que sea la tensión del circuito cortado, lo que no es cierto.

*Tensión de Restablecimiento.* - Es el valor eficaz de la componente alternativa de la primera semionda de tensión aparecida entre --

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

contactos.

#### FENOMENOS ELECTRICOS DE ACOPLAMIENTO

La ruptura de cortocircuitos no constituye por sí sola, el único trabajo de un interruptor; pero es el requisito más importante solicitado, debiendo tomarse en consideración para dimensionarlos. -- Por otra parte, la corriente de cierre es la aparecida en el instante de conectarse el interruptor en presencia de un cortocircuito; ésta corriente (de cierre de choque) se establece un poco antes de llegar a tocarse los contactos, creando un arco de cierre que da origen a fuerzas electromagnéticas de repulsión; éste con efectos destructores.

En la tabla expuesta a continuación, se muestran los principales casos de acoplamiento. Estos casos se han agrupado según el desfase entre la corriente y la tensión.

	Corriente inductiva $\cos \varphi < +0,3$	Corriente inductiva y óhmica $+1,0 < \cos \varphi < +0,3$	Corriente capacitiva $\cos \varphi < -0,3$
Conexión y desconexión de corrientes de carga.	1. Cargas inductivas. Transformadores en vacío. Bobinas de reactancia.	2. Cargas óhmicas e inductivas.	3. Cargas capacitivas. Líneas y cables en vacío. Baterías de condensadores.
Conexión y desconexión de corrientes de cortocircuito	4. Cortocircuito en las proximidades del disyuntor. 5. Cortocircuito en la línea de transporte o en el secundario del transformador. 6. Oposición de fases. 7. Defectos a tierra. 8. Defecto evolutivo.	PRINCIPALES CASOS QUE SE PRESENTAN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES	

A continuación se indica la operación de un sistema eléctrico, cuando se produce un cortocircuito; si suponemos una instalación como la de la figura V-2, en la que se produce un cortocircuito al cerrar el interruptor.

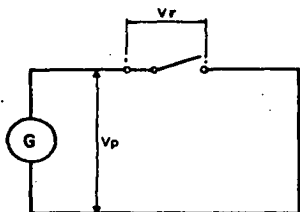


Fig. V-2 DIAGRAMA DE CIRCUITO

Al iniciarse la sobrecorriente, sólo existe la impedancia originada por la resistencia de las bobinas del generador y la reactancia de dispersión del mismo. El flujo creado se establece casi instantáneamente y como la resistencia del arrollamiento del alternador es pequeña en comparación de la reactancia, se considera sólo limitada y autodependiente. La corriente inicial de cortocircuito disminuye gradualmente, debido a la acción electromagnética de la misma, al reducir el flujo y consiguientemente la fuerza electromotriz a que éste da lugar. Se llega así a un valor permanente de la corriente de cortocircuito, dependiente de la reactancia sincrónica del generador y debido al campo giratorio sincrónico de la reacción del inducido.

Si en el instante de producirse el cortocircuito fuese máxima la fuerza electromotriz del generador, la marcha de la corriente se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ría simétrica con respecto a sus centros de onda situados en el eje de los tiempos, ésta se designa con el nombre de corriente de cortocircuito simétrica.

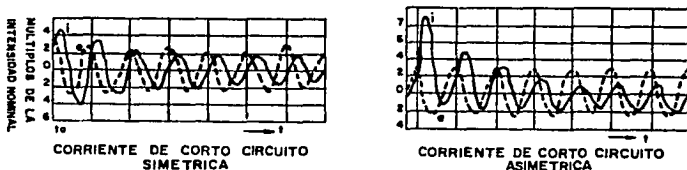


Fig. V-3 GRAFICAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE

En cualquier otro instante en que la fuerza electromotriz -- del generador, tiene un valor distinto de su amplitud máxima, la marcha de corriente de cortocircuito es asimétrica y este nombre se le da por su forma.

En los generadores trifásicos y aún para cortocircuitos de -- tres fases, la corriente de cortocircuito presenta una marcha asimétrica por lo menos en dos de sus fases.

Se ha comprobado que las amplitudes de las primeras oscilaciones, en el caso de marcha asimétrica de la corriente de cortocircuito, tienen como valor promedio, ocho veces la amplitud de onda de la -- corriente de cortocircuito simétrica. Ver figura V-4.

Los valores de las corrientes de cortocircuito, inicial y -- permanentes, dependen del punto de la instalación en donde tenga lugar el cortocircuito, porque las impedancias de los elementos que integran la instalación (generadores, transformadores y líneas) amortiguan las.

amplitudes de onda de las corrientes de cortocircuito.

En la figura V-5 se da un esquema de un proceso de desconexión.

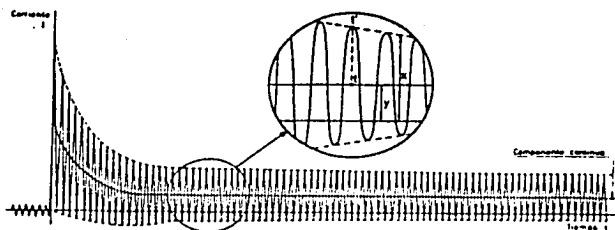


FIG. V-4 CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO CON COMPONENTE CONTINUA

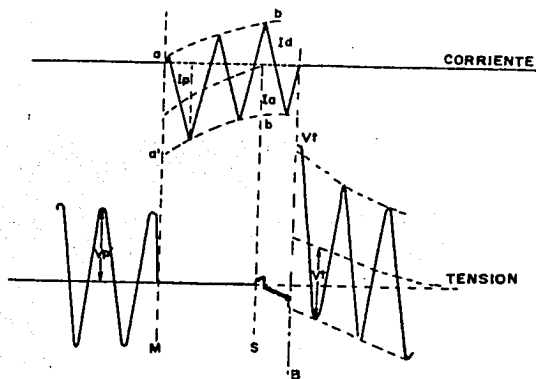


FIG. V-5 PROCESO DE DESCONEXION DE UN INTERRUPTOR EN CORTO CIRCUITO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Al analizar la figura V-5 se observa: antes de iniciarse el cortocircuito la corriente es nula y la tensión igual a  $V_p$  (amplitud). En el punto M se inicia el cortocircuito; la intensidad se eleva al valor de  $I_p$  y la tensión cae a cero; en S los contactos comienzan a separarse,  $I_d = \infty$  está muy amortiguada, alcanzando la componente alterna al valor de  $I_a$ . La curva de tensión entre los puntos S y B, corresponde a la tensión del arco. El arco se extingue en B; la curva de la corriente vuelve a cero y la tensión toma un valor de  $V_t$  que puede ser inferior ó superior a la tensión anterior al cortocircuito.

#### INTERRUPTORES EN BAÑO DE ACEITE

Este tipo de interruptores fueron de uso generalizado en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. para medianas tensiones, en instalaciones sumergibles, actualmente se usan más los de aire, por ser económicos y de construcción nacional.

La inmersión de los contactos de ruptura de un interruptor en aceite ó en otro líquido, no evita la formación del arco durante la separación de los contactos; pero en cambio se consigue que la energía absorbida por la evaporización y descomposición del aceite, sea utilizada enfriando energicamente, la columna del arco y los propios contactos.

Con una misma separación entre los contactos, la tensión necesaria para establecer el arco es mucho mayor en el aceite que en el aire. Por lo tanto, la tensión de extinción y sobre todo, la tensión de reencendido al formarse el arco en el seno del aceite, es varias ve



ces superior a las tensiones correspondientes en el aire y, como consecuencia, los interruptores en baño de aceite resultan particularmente adecuados para la interrupción de circuitos de corriente alterna de alta tensión.

La alta temperatura (6,000 a 8,000 °C) del arco producida al separarse los contactos, provoca en el aceite una disociación en hidrógeno (70%), metano (10%), etileno (20%) y carbón libre. Estos gases - están fuertemente ionizados, es decir, de sus átomos se han arrancado electrones.

Esta masa de gases ionizados forma una bolsa en el seno del aceite, en cuyo interior se produjo el arco, como se muestra en la figura V-6 donde se reproduce la teoría de M. Bruchlman (que ha sido admitida universalmente) y se muestra la sucesión de movimientos de una esfera gaseosa en aceite de un recipiente.

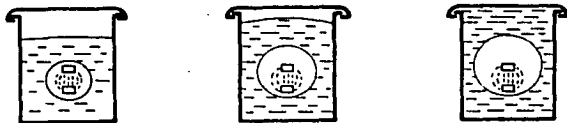


FIG. V-6 PROCESO DE FORMACION DE GASES POR VAPORIZACION DEL ACEITE AL INTERRUPIR EL CIRCUITO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El núcleo del arco, cuya temperatura puede llegar a 8,000 °C queda rodeado de una zona de hidrógeno, con una temperatura de 500 a - 800 °C, alrededor de la cual se encuentra una capa de vapor recalentado y sobre ésta una capa de vapor saturado, cuya periferia constituye la zona de vaporización

El proceso de desionización del arco se debe, sobre todo, a la presencia del hidrógeno, cuya acción desionizante es unas 7.5 veces superior a la del aire.

Durante todo el proceso de ruptura, ha ido aumentando la presión en el interior del recipiente cerrado que contiene el aceite. El incremento de la longitud del arco provoca un aumento de la energía desarrollada, creciendo el volumen de la bolsa de gases. Como la cantidad de aceite que sale es insignificante, los gases desarrollados no disponen de mayor espacio, que el volumen primitivo del aire situado sobre el aceite, siendo tanto mayor la presión desarrollada cuanto menor sea el volumen del colchón del aire.

En resumen, se dice que la ruptura bajo aceite presenta las siguientes ventajas, respecto a la ruptura en aire.

- Menor longitud del arco
- Mejor aislante entre los contactos y entre los contactos y la masa.

Sin embargo, los inconvenientes son numerosos e importantes:

- Inflamabilidad del aceite. En caso de una falla de ruptura, el aceite provoca grandes incendios.
- La mezcla de gases y aire puede resultar explosiva.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- El asentamiento del carbón producido por el arco, aunque no afecta a las cualidades del aceite, desde el punto de vista de la extinción del arco, si reduce sus propiedades dieléctricas, (lo onvajece) ensucia los contactos y los diferentes órganos y aislantes inmersos en el aceite, obligando a visitas periódicas de inspección y limpieza de los contactos.

- No son adecuados para la ruptura de corrientes continuas. Los interruptores usados en la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. son:

Interruptor 23 - 3 - 600 Norma L y F 2.0244

Interruptor 23 - 3 - 600 F 200 Norma L y F 2.0017

Interruptor 23 - 4 - 600 Norma L y F 2.0261

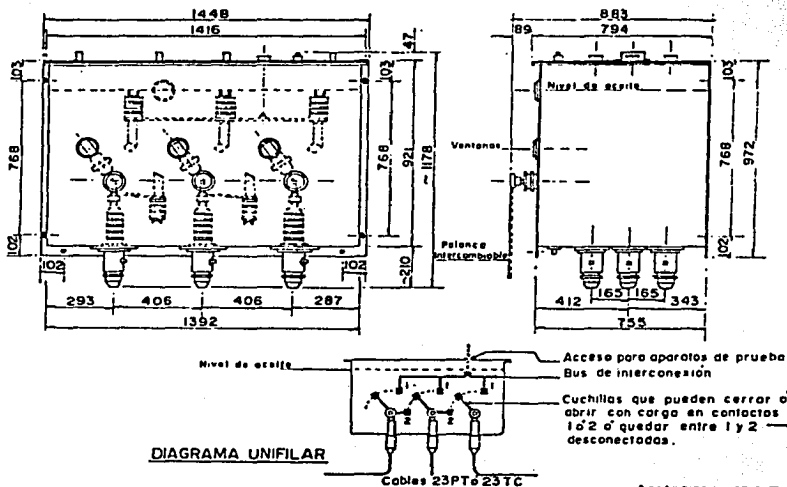
Interruptor 23 - 400 - Transferencia Norma L y F 2.0260

Diagrama unifilar y características de funcionamiento en las normas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# INTERRUPTOR CS 23.3.600

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0244



Anotaciones en mm.

## CARACTERISTICAS:

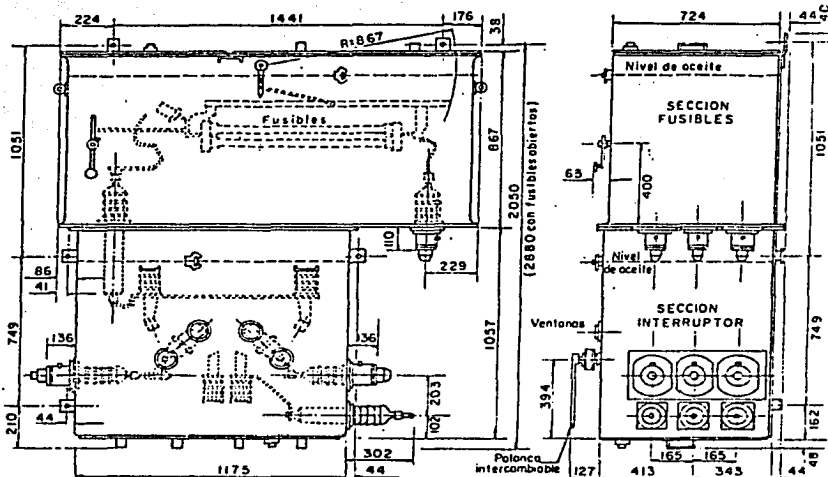
Servicio	Sumergible hasta 3 m de profundidad en agua
Tensión	23 Kv entre fases
Número de vías	3 y 3 polos ó fases por vía
Cables por vía	3 cables 23 PT 1x35 a 1x240 con terminales con cono bronce ó 3 cables 23 TC 1x50 a 1x150 con terminales para aislamiento seco y conectores del calibre correspondiente a la sección de los cables.
Capacidad	600 Amp continua; apertura y cierre con carga hasta 600 Amp.
Capacidad momentánea	40 KAm Asimétricos y 25 KAm 45 seg simétricos
Capacidad de cierre	40 KAm Asimétricos sin abrir después de cerrar.
Nivel Básico de Aislamiento	150 Kv y 110 Kv 15 min CD
Frecuencia	50 ó 60 Hz
Operación	Manual con palanca intercambiable
Aislamiento	Aceite Pemex N° 1, Volumen de aceite 770 lts aprox
Peso sin aceite	1500 Kg aprox
Peso total	2250 Kg aprox con aceite

110

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# INTERRUPTOR CS 23.3.600F 200

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0017



## CARACTERISTICAS:

Acotaciones en mm

### SECCION INTERRUPTOR:

Número de vías	3 y 3 polos o fases por vía
Capacidad	600 Amp continua; apertura y cierre con carga — hasta 600 Amp.
momentánea	40 KAm Asimétricos y 25 KAm 4 seg. simétricos
de cierre	40 KAm Asimétricos sin abrir después de cerrar
Operación	Manual con palanca intercambiable
Aislamiento	Aceite Pemex 1/1 1 volumen de aceite 930 lts apr.

### SECCION FUSIBLES:

Número de vías	Una salida
Capacidad de los fusibles	150 Amp máximo nominal
Capacidad continua	200 Amp nominal
Capacidad momentánea	110 KAm CD 15 min.
Capacidad interruptiva	1500 MVA Fusibles "EGW" tipo CFL
Operación	Cierre o apertura puede ser manual con manija — del interruptor a plena carga hasta 200 Amp

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

# INTERRUPTOR CS 23.4.600

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0261

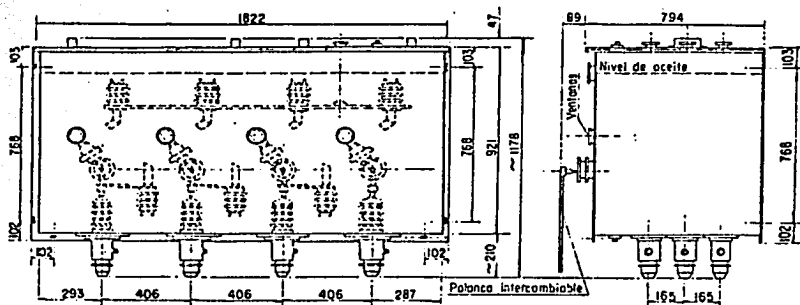
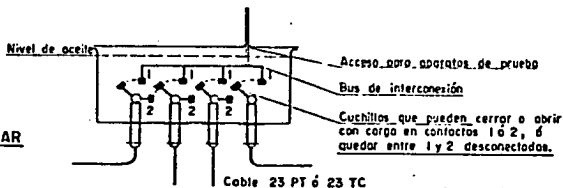


DIAGRAMA UNIFILAR



Acotaciones en mm

## CARACTERÍSTICAS:

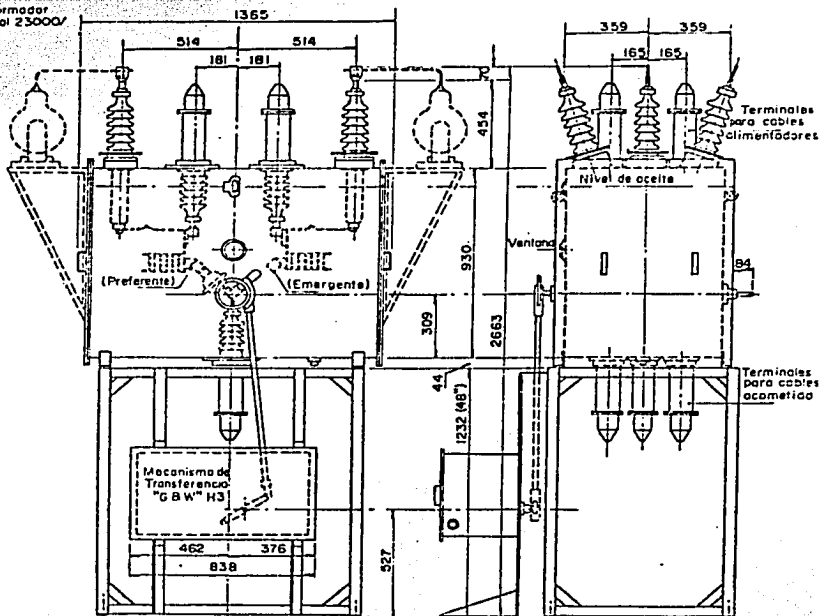
Servicio	Sumergible hasta 3 m de profundidad en agua
Tensión	23 Kv entre fases
Número de vías	4 y 3 polos o fases por vía
Cables por vía	3 Cables 23 PT 1x35 a 1x240 con terminales con cono de bronce ó 3 Cables 23 TC 1x50 a 1x150 con terminales para aislamiento seco y conectores del calibre correspondiente a la Sección de los cables.
Capacidad	500 Amp continua; apertura y cierre con carga hasta 600 Amp.
Capacidad momentánea	40 K Amp Asimétricos y 25 K Amp 45 Seg simétricos
Capacidad de cierre	40 K Amp Asimétricos sin abrir después de cerrar
Nivel Básico de Aislamiento	150 Kv y 110 Kv 15 min CD
Frecuencia	50 ó 60 Hz
Operación	Manual con palanca intercambiable
Aislamiento	Aceite Pemex N° 1, Volumen de aceite 1150 lts aprox
Peso sin aceite	1960 Kg aprox
Peso total	3,070 Kg aprox

LEER CON  
FALLA DE ORIGEN

# INTERRUPTOR 23.400 TRANSFE.

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0260

Transformador  
Principal 23000/  
220V.



## CARACTERÍSTICAS:

Servicio	_____	En interior
Tensión	_____	23 kv
Número de vías	_____	3 y 3 polos o fases por vía: 2 para alimentadores, uno preferente y otro emergente y una para acometida.
Capacidad	_____	400 A continua, idem en apertura o cierre
Capacidad momentánea y cierre	_____	20,000 A Asim. y 12,500 A Simétricos.
Nivel Básico de Aislamiento	_____	150 kv
Frecuencia	_____	50 ó 60 Hz
Operación	_____	Automática o manual
Aislamiento	_____	Aceite Pamax N° 1 Volumen de aceite 720 - lts aprox.

TEL. 100  
FALLA DE ORIGEN

## V-C FUSIBLES

Fusible es un dispositivo dotado de cierto poder de ruptura, destinado a cortar automáticamente el circuito eléctrico donde se halla intercalado, cuando la corriente que lo atraviesa excede de cierto valor; este corte se consigue, por la fusión de un alambre en serie con el circuito eléctrico. Los fusibles constituyen un medio de protección, simple y económico, de los sistemas eléctricos, naturalmente, con bastantes limitaciones.

Cuando un elemento fusible es atravesado por una corriente suficiente para provocar su fusión, hay que distinguir dos tiempos esenciales:

1.- El tiempo de fusión, que es el tiempo necesario para que el hilo fusible sometido al paso de una corriente determinada, alcance su temperatura de fusión.

2.- El tiempo de duración del arco, durante el cual, la corriente no circula ya por un conductor metálico, sino a través del arco producido por la ruptura del elemento fusible. Durante este tiempo se desprenden gases al paso de la corriente por cero y el arco se extingue.

En la curva de la figura V-7 existe un valor de la intensidad por debajo de la cual, el tiempo de fusión tiende a infinito. Este valor se denomina intensidad límite de fusión lenta. Más exactamente la intensidad límite de fusión lenta es aquella que provoca la fusión del elemento fusible en un tiempo inferior a un límite determina-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



do, que varía entre 1 y 6 horas, según el calibre del elemento fusible.

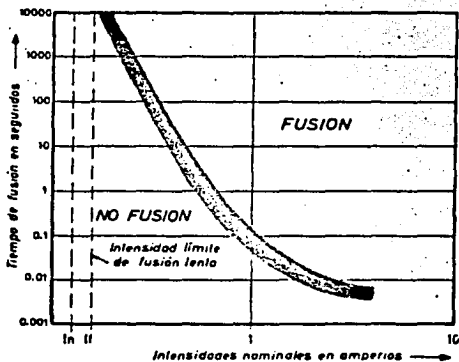


Fig. V-7 CURVA DEL TIEMPO DE FUSION EN FUNCION DE LA INTENSIDAD DE UN FUSIBLE

Se denomina corriente nominal de un fusible, al valor máximo de la corriente en régimen permanente, soportada por un fusible, sin que la temperatura de sus diversos elementos exceda de límites determinados. Generalmente se toma como valor nominal de esta corriente, la mitad del calor de la corriente de fusión lenta en algunos fusibles.

Existe gran diversidad de tipos de fusibles, clasificados, - ya sea por su fusión, por su principio de funcionamiento, o por la forma de reemplazar el elemento fusible, etc.; pero en el presente estudio se clasificarán en cuanto a su fusión:

- Fusible de fusión libre
- Fusible de expulsión
- Fusible de fusión cerrada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Fusible de fusión libre.- Este tipo funciona como un pararrayos de cuernos. Al fundirse el elemento, el arco formado tiende a elevarse; a medida que éste se incrementa, se curva y alarga, tanto más, cuanto más elevada es la corriente, hasta que el alargamiento provoca la ruptura del arco.*

*Sus características quedan limitadas, en voltajes a 25 KV, - en corriente nominal a 16 amperes y en poder de ruptura a unos cientos de VA.*

*Estos fusibles se usan solamente en instalaciones pequeñas y algunas redes rurales.*

*Fusibles de expulsión.- Están constituidos por un elemento ó una lámina de corta longitud, y un tubo de material expulsor de gases. Al provocarse la formación de una cantidad de gases suficientes para lanzar un percutor, éste mueve una palanca que provoca la apertura del interruptor.*

*Fusible de fusión cerrada.- Es el más usado en Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. Se construyen para baja y alta tensión, el elemento fusible está constituido por uno ó varios hilos ó cintas - de plata, dispuestas en el interior de un tubo aislante (generalmente porcelana), relleno de un material sólido pulverizado (arena, sílice, ácido bórico, etc.). El material pulverizado enfría energicamente los vapores metálicos procedentes de la fusión de los hilos ó cintas. Es decir la ruptura del arco es ocasionada por la instantánea sustitución del hilo conductor, en una resistencia cuyo valor se incrementa rápidamente, ya que en las proximidades de la temperatura de volatilización, -*

Los vapores metálicos son poco conductivos.

El funcionamiento de estos fusibles para toda la gama de sobrecargas, está expresada por las curvas de fusión de la figura V-8. Las normas adoptadas para la determinación de las condiciones y zonas de fusión son las siguientes:

- Corriente límite de no fusión = 1.5 In.
- Fusión en una hora asegurada por una intensidad = 2.1 In.

De acuerdo con estas normas, el calibre de los fusibles debe ajustarse a las siguientes condiciones:

1.- Permitir la conexión en vacío ó en carga de un transformador.

2.- No fundirse antes que los fusibles de baja tensión, para asegurar la selectividad del sistema.

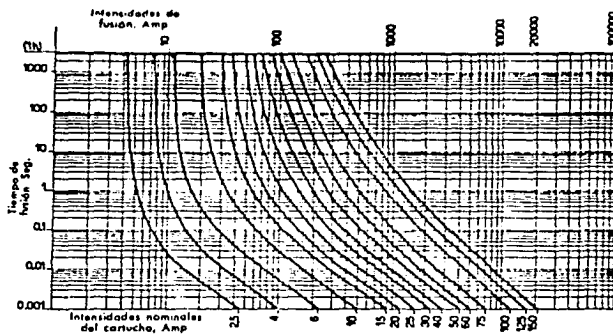


FIG. V-8 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DURACION DE FUSION DE LOS FUSIBLES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los fusibles más usados en la Compañía de Luz y Fuerza del -  
Centro, S. A. son:

Para baja tensión.-

Fusible de cartucho fusión libre de 200 y 300 amperes

Fusible CR 200 Norma L y F 2.0253

Fusible CR 350 Norma L y F 2.0254

Para alta tensión.-

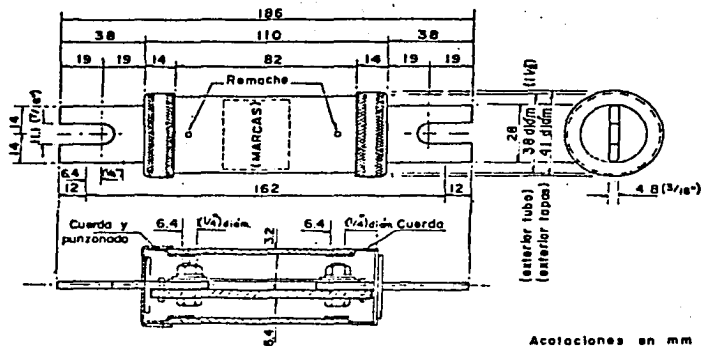
Fusible de fusión cerrada de expulsión desde 1 a 200 amperes

Fusible 23 IE - SC 4 SM a 200 E - SM Norma L y F 2.0081

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# FUSIBLE CR 200

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0253



## CARACTERÍSTICAS:

### Eléctricas:

Tensión nominal (máxima de operación)	250 V
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente nominal (permanente)	200 A
Apertura nominal (capacidad de corto circuito)	10000 A simétricas, f.d. = D.5
Corriente-Tiempo de fusión, conforme a la siguiente tabla:	

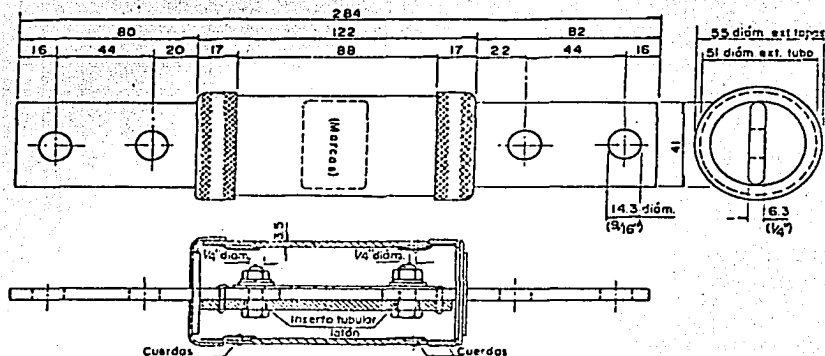
Tabla

Corriente: A	270	300	400	600	1000	2000
% de nominal	135	150	200	300	500	1000
Tiempo de fusión:	17 min	2 min	24 s	5 s	0.75 s	0.1 s
Tolerancia	Máx.	± 15%			± 7.5%	

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# FUSIBLE CR 350

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0254



## CARACTERISTICAS:

### Eléctricas:

Tensión nominal (máxima de operación)	250 volts
Frecuencia	50-60 Hz.
Corriente nominal (permanente)	350 Amp.
Apertura nominal (Capacidad corto circuito)	10,000 Amp Simétrico FP - D.5
Corriente tiempo de fusión, conforme a la siguiente tabla:	

Tabla

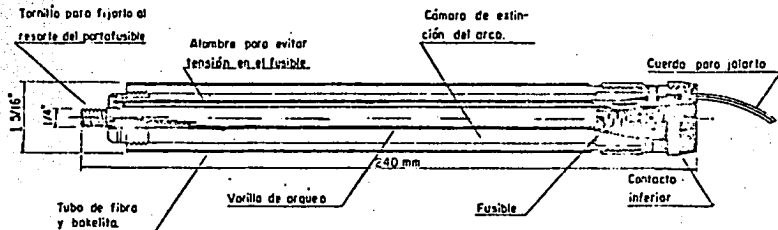
Corriente: Amp	475	525	700	1050	1750	3500
% de nominal	135	150	200	300	500	1000
Tiempo de fusión:	45 min	7 min	25 seg	8 seg	1 seg	0.1 seg
Tolerancia	Máx	± 15%			± 7.5%	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

120

# FUSIBLES 23-IE-SC 4 SM a 200 E-SC 4 SM

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.00BI



Corriente permanente Amp.	Corriente mínima de fusión en Amps.	
	.5 min.	0.1 seg.
1	1.2	3.2
3	6	47
5	10	77
10	20	150
15	30	240
20	40	310
25	50	400
30	60	480
40	80	600
50	100	700
65	130	1000
80	160	1250
100	200	1500
125	270	2000
150	330	2400
200	440	2900

**CLAVE DEL NOMBRE:**

- 23 = 23 KV
- 1, 3, ... 200 = Corriente nominal Amp
- E = Fusible que soporta su corriente nominal permanentemente a 30°C y funde en 5 minutos con una corriente de 200 a 240% de la nominal.
- SC = "SGC Electric Co."
- 4 SM = Tipo de fusible según "SGC"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

121

B I B L I O G R A F I A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



B I B L I O G R A F I A

- *Estaciones Transformadoras y de Distribución*  
Gaudencio Zoppetti Júdez
  
- *Instalaciones de Baja Tensión, Cálculo de Líneas Eléctricas*  
Enciclopedia CEAC de Electricidad
  
- *Instalaciones Eléctricas Generales*  
Enciclopedia CEAC de Electricidad
  
- *Sistema de Distribución de Energía Eléctrica*  
Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A.
  
- *Estructuras Fundamentales de Redes Subterráneas*  
Ing. Arturo Vendrell L.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN