



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIANA TENSION Y BAJA TENSION**

**TRABAJO PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**EDGAR DAVID ARCOS GARRIDO**

**ASESOR: ING. OSCAR CERVANTES TORRES**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## AGRADECIMIENTO.

MIS PADRES: Manuel Arcos y Yolanda Garrido por su apoyo, su cariño y respeto que me han brindado. Por la educación que me dieron y la gran enseñanza de estudiar y ser una persona de provecho. Muchas gracias madre por todos tus desvelos y consejos que me distes espero que disfrutes este trabajo como yo, y que te sientas orgullosa, de tan esperada meta. Solo espero que tus sueños mamá se te cumplan te quiero mucho.

MIS HERMANOS: Manuel, Lety por ser un ejemplo a seguir el cual ustedes ya han concluido con su carrera profesional, yo los sigo por el buen camino. Y a mi hermanito Beto que espero que sigas adelante con tus sueños "yo subo tu subes".

MI ESCUELA: A la Máxima casa de estudios, Universidad Nacional Autónoma de México la cual me dio el lujo de terminar mi sueño gracias.

Le dedico este trabajo a una persona que llegó en el mejor momento de mi vida que a estado en los días más felices de mi vida que a disfrutado, a sufrido junto conmigo todo este momento Y que sin recibir nada a cambio me brinda apoyo, amor, cariño, y sobre todo respeto. Esa persona es mi novia Sarait.

Edgar David Arcos Garrido

## CONTENIDO

INTRODUCCION.

OBJETIVOS.

1	CAPITULO I CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	1
1.1		1
1.2	Clasificación.....	2
1.3	Principales componentes de un sistema de Distribución.....	3
1.4	Alimentadores Primarios de Distribución.....	4
	Transformadores de Distribución.....	
	• Monofásico dos hilos.	
	• Monofásico tres hilos.	
	• Trifásico cuatro hilos.	
1.5	Medición.....	8
1.6	Restauradores.....	8
1.7	Seccionadores.....	8
2	CAPITULO II ESTRUCTURA DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS EN M.T. Y BT.....	9
2.1	Radial.....	9
2.2	Componentes de una Red Radial.....	9
2.3	Red Radial con Derivación Simple.....	11
2.4	Red Radial con Anillo Abierto.....	14
2.5	Red Radial con Derivación Múltiple.....	17
2.6	Red Radial con Doble Alimentación.....	19
2.7	Alimentadores Selectivos.....	20
2.8	Estructura de la Red de B.T.....	21
2.9	Red Radial sin Amarres.....	22
2.10	Red radial Interconectada.....	25
2.11	Red de Malla o Red Automática.....	27
2.12	Red de Malla limitada.....	29
2.13	Protección de la Red de Distribución Subterránea en M.T.....	30
3	CAPITULO III INSTALACIÓN DE UNA ACOMETIDA EN M.T. Y B.T.....	32
3.1	Acometida.....	32
3.2	Cables.....	32
3.3	Terminales.....	35
3.4	Materiales y Accesorios.....	36
4	CAPITULO IV DETECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE FALLAS EN LOS CABLES DE M.T Y B.T.....	41
4.1	CABLES DE M.T Y B.T.....	41
4.2	Causa que origina Fallas en los Cables de M.T.....	41
4.3	Uso de equipo para localizar fallas en Mediana Tensión.....	42
4.4	Reparación de fallas de los cables de M.T.....	46
4.5	Fallas de cables en Redes Radiales de Baja Tensión.....	48
4.6	Uso de lámparas de prueba.....	49
4.7	Funcionamiento de las lámparas.....	50
5	Uso de las lámparas de prueba.....	50
5.1	CAPITULO V MANTENIMIENTO EN LAS REDES DE M.T.....	52
5.2	Objetivo.....	52
5.3	Organización del mantenimiento.....	53
5.4	El método del camino critico.....	54
6	Las actividades de un mantenimiento.....	55
6.1	CAPITULO VI SISTEMA DE TIERRAS.....	58
6.2	Objetivo.....	58
6.3	La solución efectiva.....	59
6.4	Descripción, características y beneficios.....	60
6.5	Instalación del sistema de tierras.....	60
	El método del cálculo.....	61

TABLAS	
Tabla 1. Cable y su uso en M.T.....	34
Tabla 2. Cable y su uso en B.T.....	34
Tabla 3. Postes.....	37
Tabla 4. Materiales de Acometidas en M.T.....	38
Tabla 5. Materiales de Acometidas en B.T.....	39
Tabla 6. naturaleza de terrenos del sistema de tierras.....	63
IMÁGENES	
Imagen A diagrama del SEP.....	1
Imagen 1 Componentes de un sistema de Distribución.....	4
Imagen 2 Red radial con Derivación Simple.....	11
Imagen 3 Caja de Conexiones CS 23.4.500.....	12
Imagen 4 Transformador.....	13
Imagen 5 Red Anillo Abierto.....	14
Imagen 6 Transformador DRS Pedestal.....	15
Imagen 7 Transformador DRS Pozo.....	17
Imagen 8 Red Radial con Derivación Múltiple.....	18
Imagen 9 Interruptor de 4 Vías.....	19
Imagen 10 Red Radial con Doble Alimentación.....	20
Imagen 11 Red Radial con Alimentadores Selectivos.....	21
Imagen 12 Red sin Amarres.....	22
Imagen 13 Bus cubierto 8.800.....	23
Imagen 14 Caja P.4.400.....	24
Imagen 15 Unión "Y".....	25
Imagen 16 Red con Amarres.....	26
Imagen 17 Caja CS 4.500.....	27
Imagen 18 Red Automática.....	28
Imagen 19 Protector de Red.....	29
Imagen 20 Fusibles.....	31
Imagen 21 Cable 23 TC.....	33
Imagen 22 Cables BTC.....	35
Imagen 23 Terminal Exterior y tipo Codo .....	36
Imagen 24 Poste.....	37
Imagen 25 Acometida en M.T.....	39
Imagen 26 Acometida en B.T.....	40
Imagen 27 Perchas Bipolares.....	43
Imagen 28 Laboratorio.....	44
Imagen 29 Megger.....	45
Imagen 30 Detector Sonico.....	46
Imagen 31 Material de instalación en una falla.....	47
Imagen 32 Lámparas de Prueba.....	50
Imagen 33 Instalación de electrodos.....	62
Conclusiones.....	66
Bibliografía.....	67

## **Introducción**

El gobierno mexicano, adquirió en abril de 1960 la totalidad de los bienes de Impulsora de Empresas Eléctricas, filial de American and Foreign Power Company y subsidiaria, a su vez, de Bond and Share. Asimismo adquirió la mayoría de las acciones de Mexicana de Luz y Fuerza Motriz.

El sector eléctrico en México comprende dos empresas propiedad de la Nación: CFE y Luz y Fuerza del Centro, esta última opera en el área metropolitana de la Ciudad de México y la primera en el resto del país. Las dos verticalmente en generación, transmisión y distribución.

Los sistemas eléctricos se integran en cuatro funciones básicas:

- Generación de electricidad.
- Transmisión a los centros de consumo.
- Distribución a los diversos consumidores
- Comercialización (entrega, medición y cobro) de la electricidad al consumidor final.

## **Generación**

La Comisión Federal de Electricidad, CFE concentra el 97% de la generación (37 700 MW) en nueve regiones de producción que dependen de una dirección de generación. Cada región es semiautónoma; las funciones de planeación y presupuesto están centralizadas, la operación es de su propia responsabilidad. Son casi 70 centrales las más importantes que integran a 300 unidades generadoras.

La generación de electricidad parte de un principio básico de la física: la acción de un campo magnético giratorio al interior de una bobina de cables conductores provoca, en estos últimos, una corriente eléctrica que se distribuye para su consumo instantáneo. El movimiento giratorio es proporcionado por diversos tipos de maquinarias: motores de combustión, turbinas impulsadas por vapor, turbinas de combustión de gas natural y turbinas hidráulicas.

## Transmisión

La red nacional en tensiones de 230 y 400 kV. Tiene una longitud de 35 000 Km y en tensiones de 115 y 85 kV es de 42 000 Km. Las áreas de transmisión en el país se empatan con las de generación en diferente estructura.

Las funciones de las líneas de transmisión son dos:

- Transportar la electricidad de los centros de generación a las subestaciones de distribución al menor costo y con menores pérdidas, esto se realiza con líneas a muy alta tensión.
- Conectar los subsistemas de generación y distribución.

## Distribución

Existen nueve regiones tarifarias en el país que son atendidas por trece Gerencias divisionales de distribución que dependen de una subdirección nacional. Una vez transmitida la electricidad en grandes tensiones y distancias, se requiere acercarlo a los consumidores. La distribución en un sistema eléctrico cumple con dos funciones:

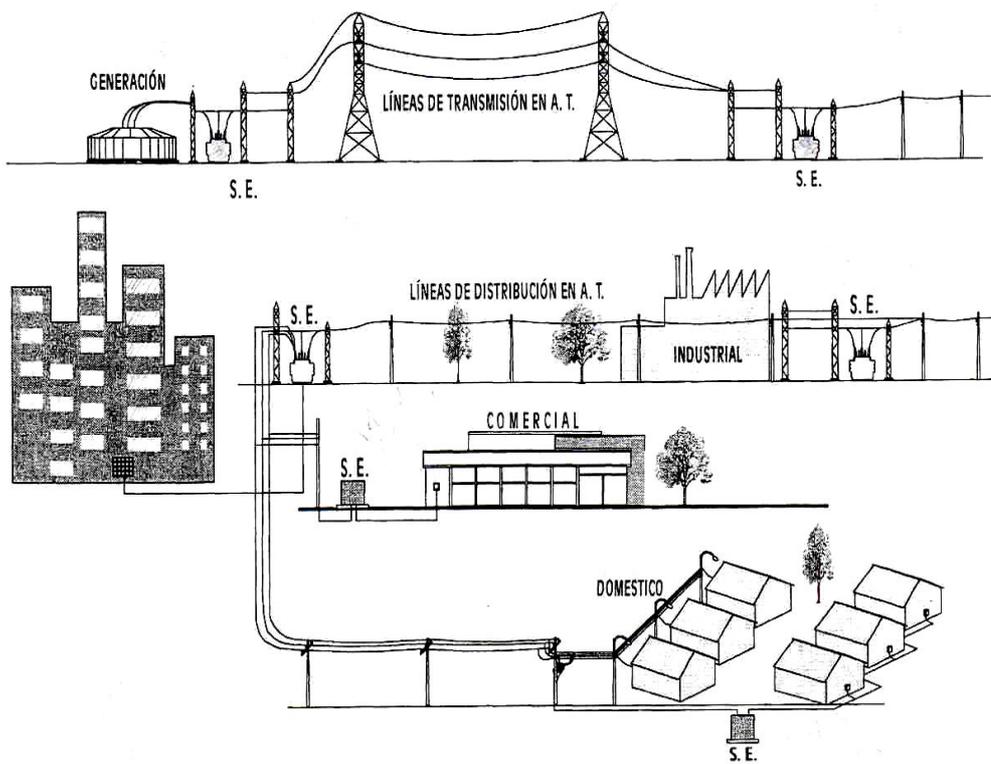
- Transportar la electricidad de las subestaciones o puntos de entrega de las líneas de transmisión a las subestaciones que a su vez la reparten a los centros de consumo.
- Entregar la electricidad a cada consumidor.

Los consumidores industriales reciben la electricidad a tensiones a 6, 13.8, 23 kV o mayores como 34.5 KV dependiendo de la carga o consumo. Los consumidores comerciales reciben a 6,13.6, 23 kV ò a 220 V si son comercios pequeños. Los usuarios residenciales recibimos en nuestras casas la electricidad a 127 V, para lo cual se instalan transformadores llamados de distribución que disminuyen la tensión de a 6, 13.8, 23 kV a 220/127 V. Estos se instalan en la parte superior de los postes que observamos en todas las poblaciones. *En ciertas zonas el sistema de distribución es subterráneo, los transformadores y los cables se instalan bajo tierra; este sistema es de mayor costo que el aéreo, pero da mayor confiabilidad y no contamina visualmente.*

## Comercialización

Esta función consiste en:

- Selección de la tarifa y la tensión de entrega a los consumidores.
- Medir la energía que consumen los usuarios.
- Facturar y cobrar el servicio de suministro eléctrico.
- Diseñar y realizar estrategias de comercialización.



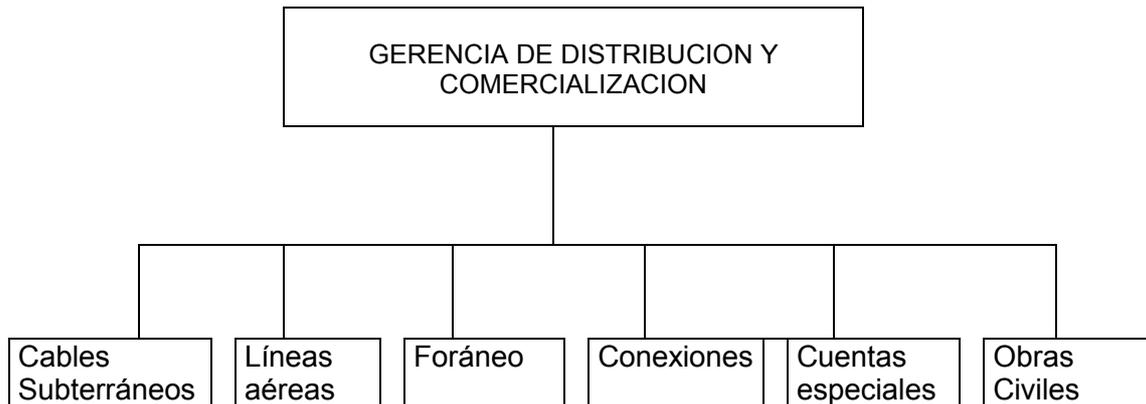
**Luz y Fuerza esta dividido de la siguiente manera:**

DIRECTOR GENERAL
------------------

GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS	GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN
GERENCIA DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN	GERENCIA DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA
GERENCIA DE PRODUCCIÓN	GERENCIA DE FÁBRICA
GERENCIA DE SERVICIO TÉCNICO	GERENCIA DE ABASTECIMIENTOS Y TRANSPORTE
GERENCIA DE FINANZAS	

Su servidor pertenece a la Gerencia de Distribución y Comercialización la cual esta dividida por varios Departamentos como:

Líneas Aéreas, Cables Subterráneos, Foráneo, Conexiones, Cuentas especiales, Obras Civiles, etc. Por mencionar algunos Departamentos.



En el cual me he desarrollado en el departamento de Cables Subterráneos que dentro de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro Empresa de servicio publico, que a su vez tiene por objeto proporcionar un servicio de energía eléctrico confiable y eficiente a zonas residenciales, proletarias, fraccionamientos y Unidades Habitacionales; así como Hospitales, escuelas, centros comerciales e industrias, garantizando al máximo posible la continuidad a los consumidores, tratando de evitar las interrupciones por falla, ya que además de las molestias que causa la suspensión en el servicio, la interrupción en la industria ocasiona cuantiosas perdidas.

El Departamento de Cables Subterráneos esta dividido en tres Secciones.

1. Instalación y Mantenimiento. Esta sección es la encargada de:

La instalación de las nuevas redes subterráneas, para proporcionar el servicio solicitado por los clientes a fraccionamientos, unidades habitacionales e industrias, efectúan las aplicaciones y modificaciones necesarias en las redes subterráneas existentes, de acuerdo con los proyectos elaborados por la gerencia, tales como: nuevos alimentadores equipos de subestaciones y bóvedas de transformador, etc., a fin de mejorar el suministro de energía eléctrica a los consumidores, ejecutando trabajos como: excavación, cableado, elaboración de empalmes terminales, arreglos de cables de distribución en mediana tensión y baja tensión, reparación de cables dañados, acometidas a clientes, así como la utilización de los accesorios con que cuenta el Departamento para ejecutar las trabajos antes mencionados.

2. Operación. Esta sección es la encargada de:

Como su nombre lo indica tiene asignada la labor de operar el equipo instalado, efectuando maniobras en interruptores, cajas de cuatro vías, buses, etc., con objeto de descargar cables, transformadores y transferir carga de uno a otro alimentador o transformador, atención de quejas reportadas por el coordinador de quejas y el operador de operación ciudad, control y modificación de los planos de M.T. y B.T., colocación de nuevas nomenclaturas. Recepción y puesta en servicio de fraccionamientos y unidades habitacionales, mantenimiento y operación de plantas de emergencia montadas en unidades móviles, etc.

3. Taller. Esta sección es la encargada de:

Manufacturar, instalar y adaptar equipos, herrajes y en general todos los accesorios necesarios para el sistema subterráneo. Sus actividades principales son:

- Manufactura de buses, blindados, abiertos, cubiertos, elaboración de clemas. Herrajes, zapatas conectores fabricación de carros (remolques), etc.
- Instalación de los siguientes equipos en los sitios de utilización: transformadores, protectores de red, interruptores buses, etc.
- 

Este departamento ha sido muy importante en la Electrificación de las Redes Subterráneas, y su incrementado en la actualidad en la Ciudad de México y Zona Metropolitana. Debido a la estética, la seguridad del público que tiene que transitar por sus calles y, además por la continuidad del servicio. Este departamento de Cables Subterráneos esta formado por medio de sus siete sectores que se dividen de la siguiente manera:

1. Sector Indios Verdes. Este sector atiende la zona norte de la ciudad.
2. sector Sur. Este sector atiende la zona sur de la ciudad.
3. Sector Bolívar. Este sector atiende la zona centro de la ciudad.(del eje central para el oriente)
4. Sector Pensador Mexicano. Este sector atiende la zona centro de la ciudad.(del eje central para el poniente)
5. Sector Reforma. Este sector atiende la zona poniente de la ciudad.
6. Sector Cuautitlan. Este sector atiende la zona Metropolitana (al norte de la Ciudad)
7. Sector Iztapalapa. Este sector atiende la zona Oriente de la ciudad.

CABLES  
SUBTERRANEOS  
DIVIDIDO EN SUS SIETE  
SECTORES

SECTOR  
Indios  
verdes

SECTOR  
SUR

SECTOR  
BOLIVAR

SECTOR  
PENSADOR  
MEXICANO

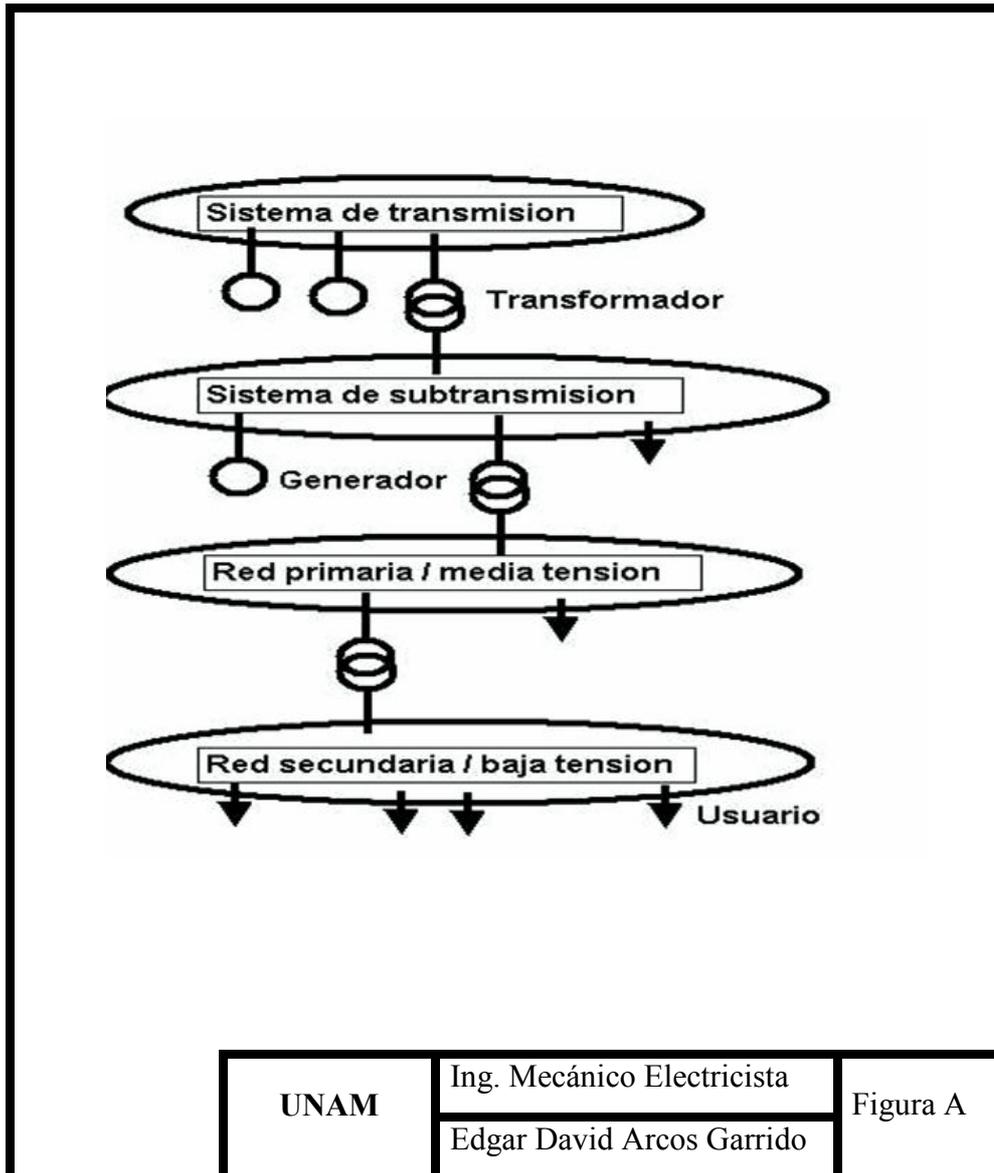
SECTOR  
REFORMA

SECTOR  
CUAUTITLAN

SECTOR  
IZTAPALAPA

## I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Un sistema de distribución eléctrico es el conjunto de elementos encargados de suministrar la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario. Siendo la función de la red de distribución el de la fuente la energía eléctrica en bloque y distribuirla a los usuarios, a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos. Figura A.



### 1.1 Clasificación

En función de su construcción los sistemas de distribución se puede clasificar en:

- Sistema Aéreo.
- Sistema Subterráneos.
- Sistema Mixto.

A) Sistemas aéreos, estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada. Se emplean principalmente para:

1.- Zonas urbanas con:

- a) carga residencial
- b) carga comercial
- c) carga industrial

2- Zonas rurales con:

- a) carga doméstica
- b) carga de pequeñas industrias (bombas de agua, molinos, etc.)

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, apartarrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc., los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales como madera, fierro o concreto.

La configuración mas sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbolar, la cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Cuando se requiere una mayor flexibilidad y continuidad del servicio es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

Servicios importantes tales como:

Hospitales, edificios públicos, fábricas que por la naturaleza de su proceso de producción no permiten la falta de energía eléctrica en ningún momento; se instalan dos circuitos aéreos, los cuales pueden pertenecer a la misma subestación de distribución, o de diferentes subestaciones, esto se realiza independientemente a que la mayoría de estos servicios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus áreas más importantes.

B) Sistemas subterráneos, estos sistemas se construyen en zonas urbanas con alta densidad De carga de más de 20 MVA/Km<sup>2</sup>, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, este sistema es el más adecuado.

Servicios importantes tales como:

La electrificación de ciudades, industrias, centros comerciales hospitalarios, aeropuertos, fraccionamientos residenciales, etc.

Los sistemas subterráneos están constituidos por transformadores tipo interior o sumergible, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento, y protección, cables aislados, etc.: los que se instalan en locales en interior de edificios o en bóvedas, registros y pozos construidos en banquetas.

Los principales factores que se deben analizar al diseñar un sistema subterráneo son:

- Densidad de carga
- Costo de la instalación
- Grado de confiabilidad
- Facilidad de operación
- Seguridad

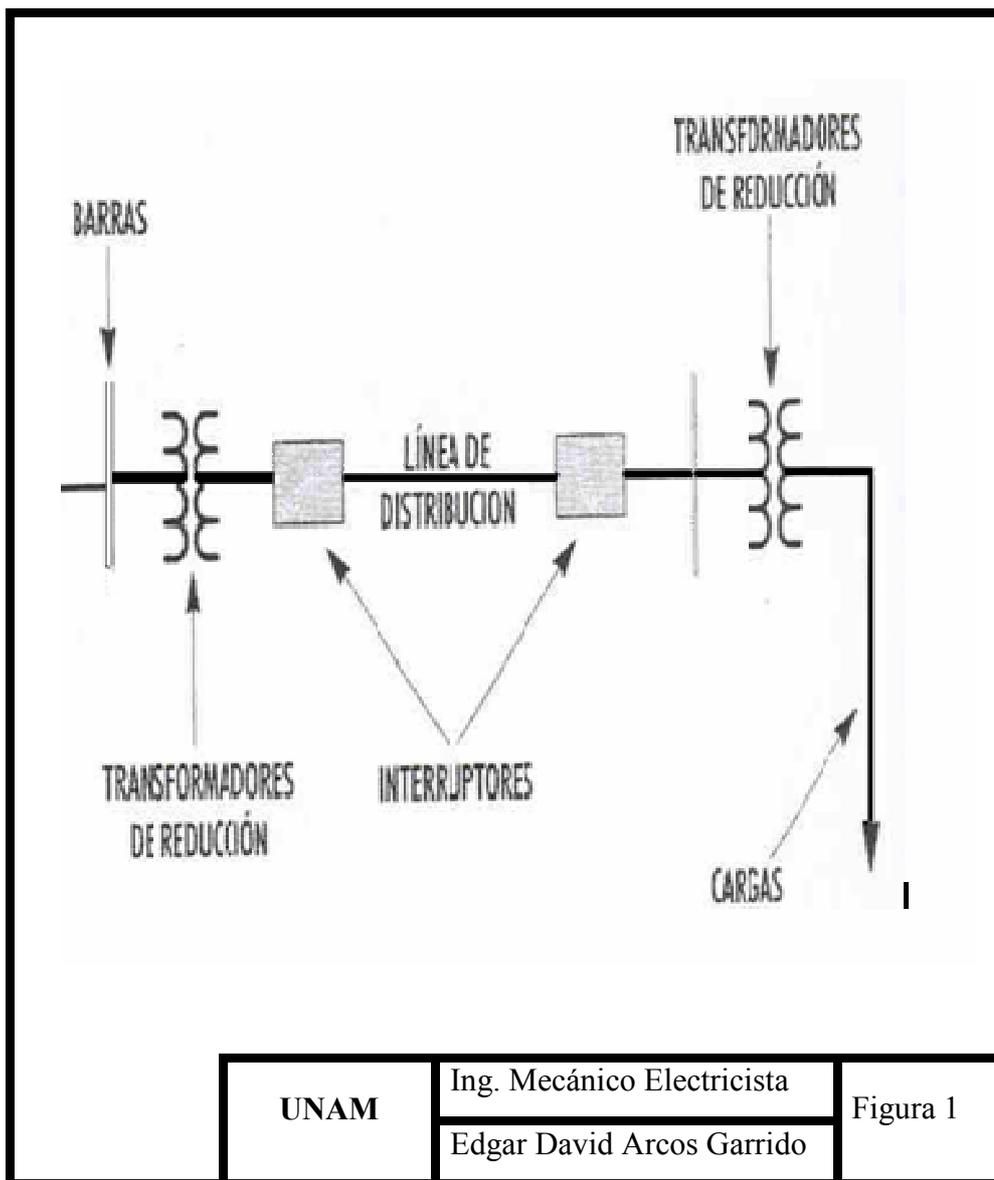
C) Sistemas mixtos, este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado es alojado en el interior de ductos para bajar del poste hacia un registro o pozo y conectarse con el servicio requerido.

Este tipo de sistema tiene la ventaja de eliminar una gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto, disminuyendo notablemente el número de fallas en el sistema de distribución o red secundaria y por ende aumentando la confiabilidad del mismo. El tipo de cable que por lo general se empela es de aislamiento extruido directamente enterrado. Se puede observar un montaje típico de un sistema mixto. Con un transformador en poste alimentado desde una línea aérea y la bajada del cable al bus pedestal, desde donde se distribuye la energía a los servicios a través de cables secundarios directamente enterrados.

## **1.2 Principales componentes de los sistemas de distribución**

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son:

- a) Alimentadores primarios de distribución.
- b) Transformadores de distribución.
- c) Alimentadores secundarios.
- d) Acometidas.
- e) Equipo de medición.
- f) Restauradores.
- g) Succionadores.



### **1.3 Alimentadores Primarios de Distribución:**

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas.

Los componentes de un alimentador primario son:

**Troncal.** Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía desde la subestación de potencia a los ramales. Estos conductores son de calibres gruesos 336, 556 y hasta 795 ACSR (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.

**Ramal.** Es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en la cual van conectados los transformadores de distribución y servicio particulares suministrados en mediana tensión. Normalmente son de calibre menor al troncal.

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial, en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador semeja la de un árbol, donde por el grueso del tronco, el mayor flujo de la energía eléctrica se transmite por toda una troncal, derivándose a la carga a lo largo de los ramales.

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos.
- Trifásicos cuatro hilos.
- Monofásicos dos hilos.
- Monofásicos un hilo.

Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento mayor que un trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario.

Por lo que se refiere a detección de fallas de fase a tierra en estos sistemas de distribución es más difícil detectar estas corrientes, en comparación con los sistemas trifásicos cuatro hilos ya que al ser mayor la impedancia de secuencia cero de los alimentadores, las corrientes de falla son menores. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan por que a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrizado a tierra en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase a neutro. En estos sistemas de distribución es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

Los alimentadores primarios monofásicos de dos hilos se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para

alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario. Este sistema de distribución es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad.

Los alimentadores primarios monofásicos de un hilo son derivaciones de sistemas trifásicos que permiten alimentar transformadores monofásicos usándose estos alimentadores en zonas rurales, debido a la economía que representa en costo.

#### **1.4 Transformadores de Distribución**

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios los cuales normalmente su conexión es delta estrella aterrizada y autocontenidos en aceite.

#### **Alimentadores Secundarios**

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios.

En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas mayadas (comúnmente conocidas como redes automáticas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección. Los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

- Monofásico dos hilos.
- Monofásico tres hilos.
- Trifásico cuatro hilos.

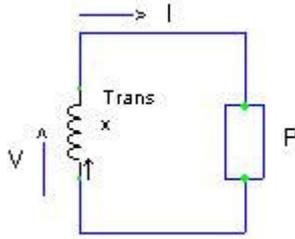
Para conocer las ventajas técnicas y económicas inherentes a los alimentadores secundarios de distribución se deben realizar estudios comparativos que esclarezcan estos méritos y permitan seleccionar el sistema de distribución más adecuado a las necesidades del caso.

A continuación se realiza una comparación muy simple para determinar cual es el sistema más eficiente desde el punto de vista de las pérdidas. En este estudio se supone que los conductores tienen la misma resistencia, la misma carga y la misma tensión (por consiguiente el aislamiento es el mismo) en los tres casos.

**Sistema monofásico dos hilos:**, este sistema se alimenta de un transformador monofásico, con un secundario de solo dos hilos. En este caso la potencia de la carga es "P", la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los conductores es "R".

La corriente de línea considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos \Phi$  es:

$$I = \frac{P}{V \cos \phi}$$



Las Pérdidas:

$$Perdidas = 2RI^2 = \frac{2RP^2}{V^2 \cos^2 \phi}$$

Haciendo el cociente  $\frac{RP^2}{V^2 \cos^2 \phi}$  igual a una constante, el valor de las pérdidas es:

$$Perdidas = 2K.$$

**Sistema monofásico tres hilos:**, este sistema se alimenta de un transformador monofásico con un devanado secundario del que salen tres hilos, con el hilo neutro derivándose del centro del devanado. En este caso la potencia de la carga se equilibra entre los dos hilos de fase y el neutro, la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los tres conductores es "R".

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a

$$\cos \phi \text{ es: } I = \frac{P}{2V \cos \phi}$$

El valor de las pérdidas:

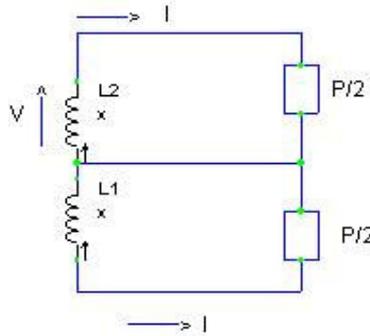
$$Perdidas = 2RI^2 = \frac{RP^2}{2V^2 \cos^2 \phi}$$

Haciendo el cociente

$$\frac{RP^2}{V^2 \cos^2 \phi}$$

El valor de las pérdidas es:

$$Perdidas = 2k$$



**Sistema trifásico cuatro hilos:** este sistema se alimenta de un transformador trifásico con un devanado secundario del que salen cuatro hilos, con el hilo neutro derivándose del punto de conexión de los devanados. En este caso, la potencia de la carga se equilibra entre los tres hilos de tensión en el extremo de la carga definido por "V" y la resistencia de los cuatro conductores definido por "R".

La corriente de línea considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos \phi$  es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \phi}$$

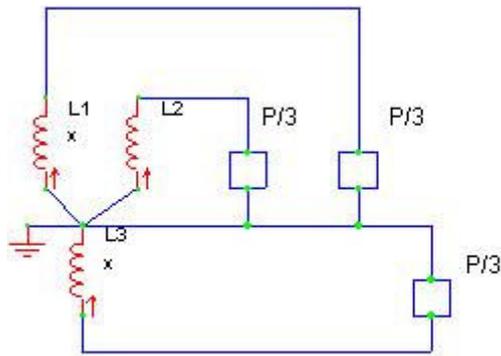
El valor de las pérdidas:

$$Perdidas = \sqrt{3}RI^2 = \frac{RP^2}{\sqrt{3}V^2 \cos^2 \phi}$$

Haciendo el cociente

$$\frac{RP^2}{V^2 \cos^2 \phi} = K$$

$$Es: Per = \frac{k}{3}$$



Es evidentemente que el sistema trifásico cuatro hilos permite distribuir la energía con mayor eficiencia que los demás, sin embargo como se mencionó en un principio este análisis es muy sencillo y para hacerlo más completo es necesario introducir otros factores tales como costo de los transformadores, costo de los conductores, regulación, etc.

### **1.5 Medición.**

La medición puede ser en media tensión o en baja tensión dependiendo del tipo de acometida de servicio que requiera el usuario.

Normalmente se mide el consumo como la potencia (o sea el voltaje aplicado y la corriente demandada) en un intervalo de tiempo a sea el kilowatt por hora y con eso se puede facturar dependiendo la tarifa.

La importancia de los instrumentos eléctricos de medición es incalculable, ya que mediante el uso de ellos se miden e indican magnitudes eléctricas, como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además que permiten localizar las causas de una operación defectuosa en aparatos eléctricos en los cuales, como es bien sabidos, no es posible apreciar su funcionamiento en una forma visual, como en el caso de un aparato mecánico.

La información que suministran los instrumentos de medición eléctrica se da normalmente en una unidad eléctrica estándar: ohmios, voltios, amperios, culombios, henrios, faradios, vatios o julios

### **1.6 Restauradores.**

La mayoría de las fallas en las redes de distribución, el 80% son de naturaleza temporal, por lo que es conveniente restablecer el servicio en la forma mas rápida posible para evitar interrupciones largas e innecesarias y en este caso se requiere de un dispositivo que tenga la posibilidad de desconectar un circuito y reconectarlo después de fracciones de segundos los

restauradores se diseñan para interrumpir una fase o tres fases simultáneamente pudiendo tener accionamiento hidráulico o eléctrico, pudiendo ser desde el punto de vista de extinción del arco: en aceite o en vacío y operación con disparo monofásico con bloqueo trifásico o disparo trifásico con bloqueo monofásico. De acuerdo con los principios de diseño para el restaurador son dispositivos auto controlados para interrumpir y cerrar automáticamente circuitos de corriente alterna con una secuencia determinada de aperturas y cierres seguidos de una operación final de cierre ó apertura definitiva.

### **1.7 Seccionadores.**

Los seccionadores son elementos que no están diseñados para interrumpir corrientes de corto circuito ya que sirven para abrir circuitos en forma automáticas después contar y responder aun número predeterminado de impulsos de corriente de igual a mayor valor que una magnitud previamente predeterminada, abren cuando el circuito principal queda desenergizado tratándose de la desconexión de carga se puede hacer en forma manual.

En cierto modo el seccionador permite aislar sectores de la red de distribución llevando un conteo de las operaciones de sobrecorriente del dispositivo de respaldo.

## II. ESTRUCTURAS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA EN M.T. Y B.T.

### **2.1 RADIAL.**

Esta estructura se constituye con cables troncales que salen en forma radiante de la S.E. y con cables transversales que ligan estos troncales. En grandes redes radiales de M.T. que alimentan zonas urbanas importantes, se debe buscar la posibilidad de interconexiones entre los troncales de esta red, con el objetivo de minimizar el tiempo de interrupción de los usuarios, facilitar la operación y por ende, dar flexibilidad a la red. Cuando se decida la posibilidad de esta alternativa de interconexión, deben seleccionarse calibres de la misma sección para evitar en lo posible la sobrecarga de los cables transversales o subtroncales.

La aplicación de este tipo de estructura es recomendable en zonas extendidas con altas densidades de carga (15 a 20 MVA/K<sup>2</sup>) y tasa de crecimiento importante.

### **2.2 Componentes de una red radial.**

El costo de una construcción de una red subterránea, como es lógico, siempre será más alto que el de una red de distribución aérea; implica un cuidadoso estudio económico de todos los factores que pueden intervenir en nuestra decisión. Uno de los más importantes es la densidad de carga de la zona a alimentar, sin embargo hay otros que algunas veces se deberían tomar en cuenta como por ejemplo:

- Necesidad de continuar en el servicio por la importancia de las cargas que se alimentan.
- Regulaciones y leyes de construcción de la ciudad o zona.
- Costo de mantenimiento.
- Presencia de obstrucciones físicas del terreno, proximidad de aeropuertos, etc.

Podemos, en resumen, agregar en tres categorías esto.

- A) Consideraciones Técnicas y Económicas.
- B) Consideraciones de Seguridad en el Servicio.
- C) Consideraciones Especiales de Interés Netamente de Orden Público.

En base únicamente en la densidad de carga, podemos decir que a partir de una densidad de 5 KVA/Km<sup>2</sup> resulta conveniente hacer construcciones en cable subterráneo.

A partir de este valor se ha pasado ya a redes subterráneas totales del tipo radial y que están entre densidades que van de 15MVA/Km<sup>2</sup> a 25 MVA/Km<sup>2</sup>

### **Capacidades de las subestaciones.**

La estandarización en el equipo y materiales utilizados en la instalación de la red, juega un papel muy importante en la posterior operación y conservación de dicha red.

Es siempre mas sencillo basarse en el mismo modelo, tanto en el planeamiento y operación como en la facilidad de reparaciones si se cuenta con una existencia bien definida de piezas de repuesto.

### **Pozos de visita.**

Los pozos de visita tienen por objeto ligar las líneas de ductos y van colocados aproximadamente a cada 100 metros, facilitando de esta manera la instalación del cable y proporcionando además un lugar apropiado donde los cables y demás equipos puedan ser fácilmente operados.

### **Bóvedas o pozos para transformadores.**

Las bóvedas para subestaciones de distribución subterránea tienen como fin alojar a los transformadores de distribución y al equipo necesario para operar en un sistema radial o automático.

Se construyen de concreto armado y están calculados para soportar cargas exteriores tales como, el empuje de la tierra aplicado en las paredes, el peso del tránsito de vehículos aplicados en el techo y la carga de los equipos aplicado en el piso techo y paredes.

Las dimensiones de las bóvedas que se construyen en la Empresa de Compañía de Luz y Fuerza son de 3.85 x 1.80 y 5.70 x 2.45 siendo la altura libre en ambos de 3mts.

### **Subestaciones en bóvedas.**

El equipo eléctrico instalado en la bóveda tiene que ser totalmente sellado a fin de poder trabajar bajo condiciones impuestas por instalaciones inundadas.

Dentro de este equipo podemos enunciar a los transformadores de Distribución Comercial Subterráneo (D.C.S.) o los transformadores de Distribución Residencial Subterránea (D.R.S.) con sus buses epoxicos de fases separadas (Bus cubierto 6.800), Terminales tipo codo, cables etc.

### **Subestaciones locales.**

Cuando un equipo de transformación en baja tensión se instala en un local donado para tal efecto en un edificio, fraccionamiento o unidad Habitacional solo tiene acceso el personal de la Compañía suministradora, instalándose equipo para interiores. Si el local esta dentro de un edificio el transformador instalado debe tener como liquido refrigerante y aislante un liquido no inflamable, no explosivo, no oxidable ni corrosivo, denominándose AsKarel. Actualmente se ha cambiado este último por un nuevo aislante y refrigerante llamado RTEM y SF6.

### **Cables de energía de M.T. \_**

Se da este nombre al juego de tres conductores eléctricos (3 fases), que transportan la energía eléctrica, desde la Subestación de Potencia hasta el punto de consumo a los elementos que componen las redes.

Los cables de energía actualmente son monofasicos para 23 kV, con aislamientos secos y cubierta de polietileno su instalan en ductos o enterrados y la longitud puede variar hasta 1000 metros y se identifican mediante colores:

ROJO = Cable "A" ; BLANCO = Cable "B" ; AZUL = Cable "C"

### **Transformador.**

Es el dispositivo que recibe la energía eléctrica que proviene de las redes de distribución aéreas o subterráneas, a un voltaje determinado y lo cambia a un valor que permita ser utilizado según la necesidad del consumidor algunas veces en el devanado del secundario del transformador se conecta los medidores de la energía eléctrica.

Los transformadores que son instalados para las redes; se tiene capacidades de 75, 112.5, 225, 300, 500 Y 750 KVA EN 23KV.

### **Obras civiles.**

Estos comprenden las líneas de ductos, los pozos de visita que los registran y las bóvedas para la instalación de los transformadores de distribución.

### **Placas.**

Esto comprende a toda la nomenclatura que esta sobre los cables, esto es para identificar que alimentador pertenece o que derivación se le da.

Las placas Redondas es para las redes de Mediana Tensión y las triangulares para las redes de Baja Tensión. Es importante dar nomenclatura a lo siguiente:

1. Número de la subestación.- Número progresivo de la subestación.
2. Numero de los Alimentadores.- Los números que identifican el alimentador de 23 KV. Llevaran el término 23C y el número correspondiente en placas de identificación redondas de aluminio, atadas 60 cm debajo de las terminales, una por fase.
3. capacidad del elemento fusible sobre la estructura del juego de portafusibles.
4. Número del transformador.- se colocarán las letras RT y los números de las coordenadas, así como la capacidad del transformador.
5. Nomenclatura de baja tensión.- El número correspondiente del cable de baja tensión al que se le asignan las letras BC, se pintará sobre la clema que sujeta al cable, se atara a cada cable una placa triangular con el numero de BC.

### **Ductos.**

Las principales funciones de una línea de ductos son:

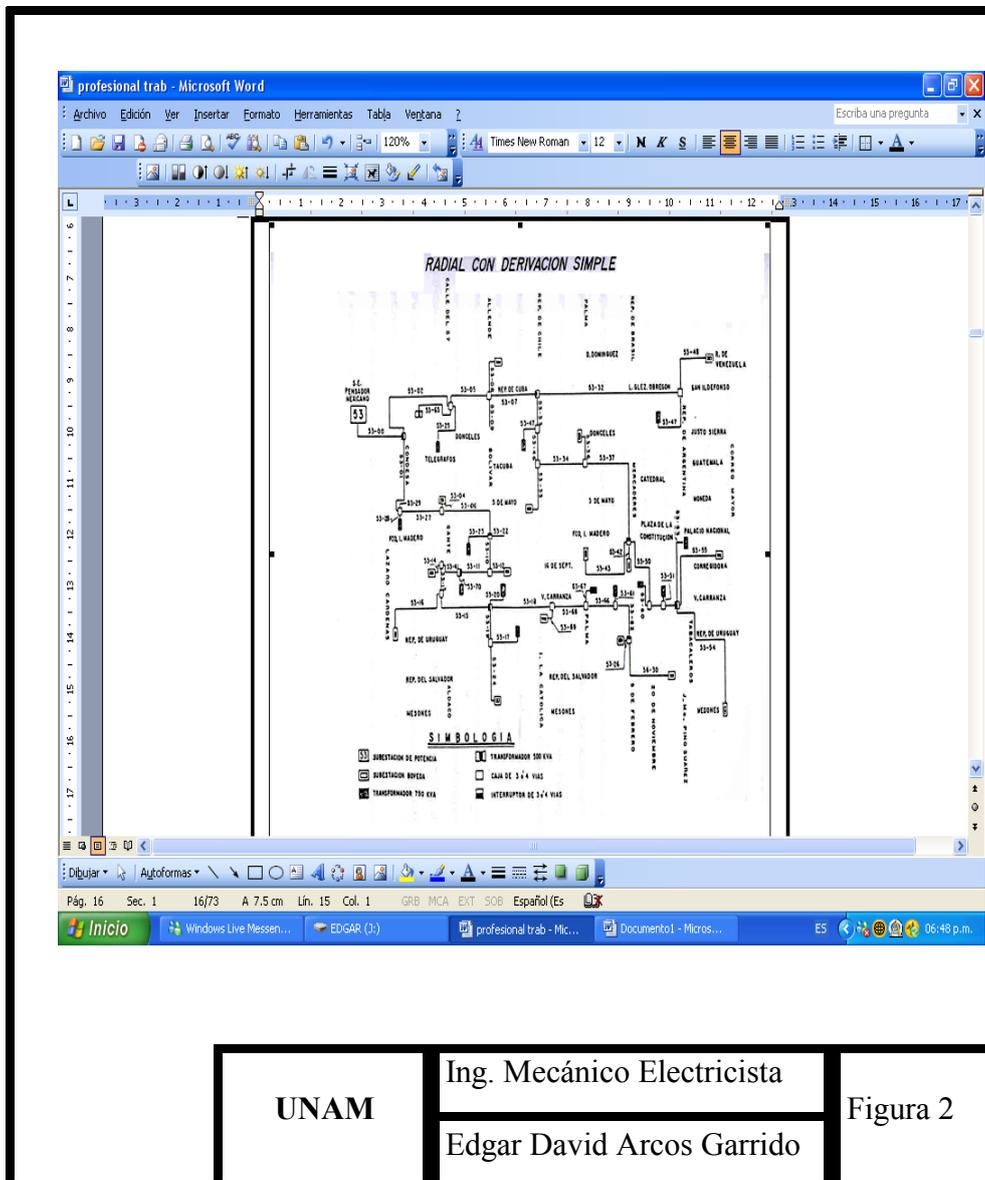
- 1.- alojar y proteger a los cables y facilitar el acceso a ellos.
- 2.- para casos de reparación a los cables ocasionar el mismo destrozo a pavimento y banquetta, evitando así molestias al transito y a los transeúntes.

Los materiales usados son: asbesto, cemento para los ductos que alojan a los cables de mediana tensión y concreto para los de baja tensión.

Los ductos van instalados de pozo a pozo o de bóveda a pozo formando un conjunto de varias vías y se construyen ahogadas en concreto de manera de formar un block de 4, 6, 8 o 12 vías. La profundidad a que se recomienda enterrarlos es de 0.80 mts. Aproximadamente pero esta profundidad es variable de acuerdo a las condiciones del terreno.

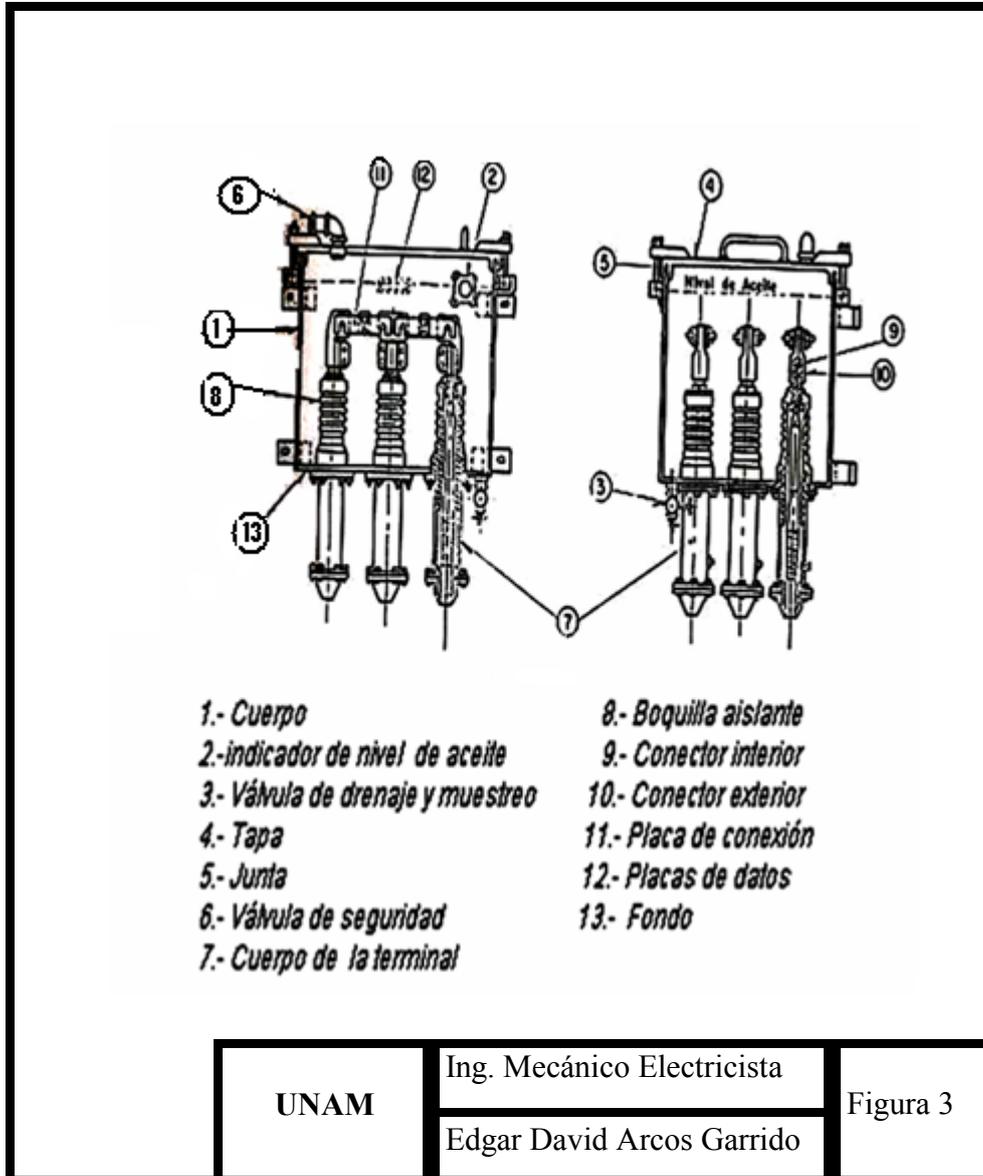
### **2.3 Red radial con derivación simple.**

En la figura 2 se muestra la disposición de los cables y el equipo proporcionan una sola trayectoria a la energía eléctrica, desde la Subestación de Potencia hasta la carga, es por esto que cada alimentador (llamado troncal) debe satisfacer las necesidades de un área determinada.



El troncal sale de la subestación de potencia y recorre la zona por alimentar, para que la distribución sea uniforme se utilizan cajas de conexión o interruptores, de tres o cuatro vías, a los cuales el alimentador Troncal en la vía central y en los extremos llegan las derivaciones llamadas Ramales.

Las Cajas de conexión (figura 3) tienen Nomenclatura:

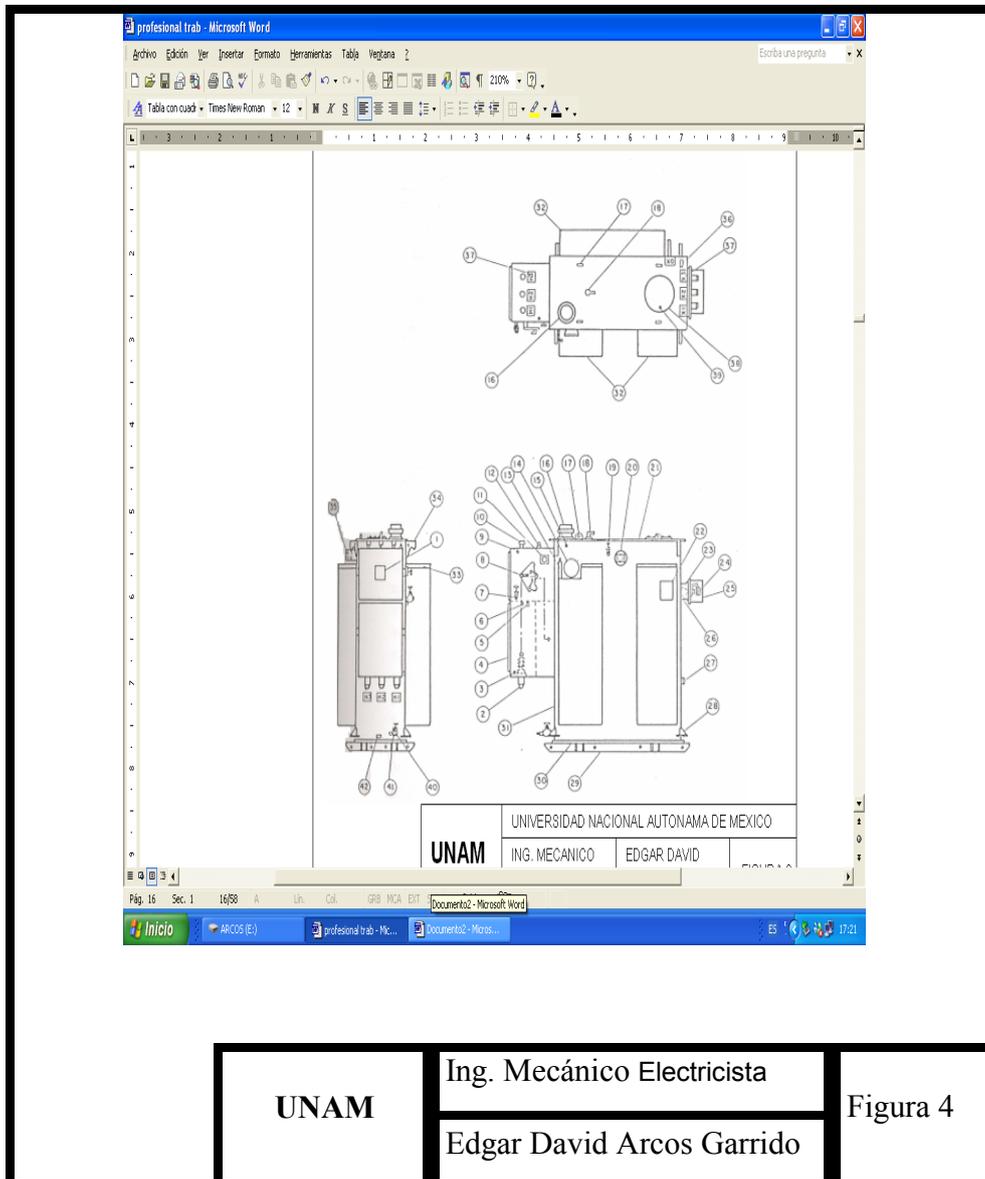


- CS 23.4.500 ó CS 23.3.500
- CS = Cable Subterráneos.
- = 23KV.
- 3 ó 4 = vías de la caja.
- 500 = 500 amperes por vía.

Son cajas que pueden estar sumergidas en agua hasta una profundidad de 3 metros, ya que todas sus partes y las terminales se encuentran totalmente selladas al paso de humedad. Este equipo se fija a los muros del pozo o se instala en soportes verticales, dentro de una bóveda,

subestación o pozo de visita. Permite interconectar tres o cuatro circuitos, formados por tres cables cada uno.

Los transformadores conectados a las redes de mediana Tensión deben contar entre sus accesorios con desconectador del devanado primario, y además debe ser a prueba de humedad. Si la red es instalada a zonas de poca carga se puede prescindir del equipo de seccionamiento que es un transformador sumergible como se observa en la Figura 4.



UNAM	Ing. Mecánico Electricista
	Edgar David Arcos Garrido

Figura 4

Ref	Descripción		
1	Placas de Datos del desconectador	25	Protección boquillas de baja tensión
2	Terminales de alta Tensión	26	Garganta para acoplar protector de red o cámara B

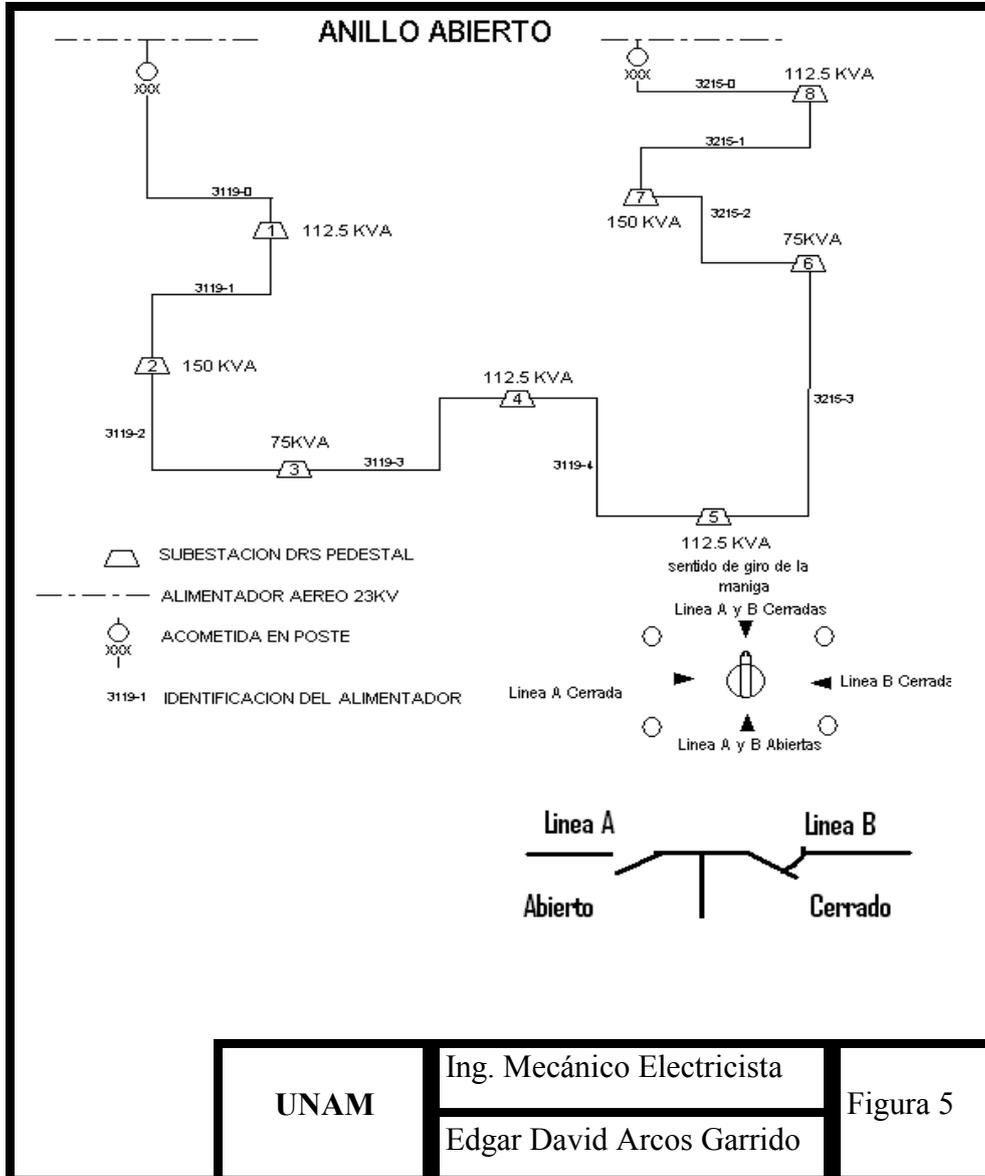
3	Tapón de drenaje	27	Soporte para protector de red
4	Tapa del desconectador	28	Refuerzo para palanca
5	Tapón de llenado cámara terminales	29	Base deslizable
6	Tapón salida de aire y niveles de aceite	30	Fondo
7	Válvula de drenaje Cámara interruptor	31	Tanque
8	Palanca de operación tres posiciones	32	Radiadores
9	Provisión para nivel de aceite y prueba de aire	33	Cabezales
10	Acceso para bastones de prueba	34	Gancho para levantar el transformador
11	Indicador magnético del nivel de aceite	35	Neutro de la baja tensión
12	Tapón de llenado cámara interruptor	36	Numero de serie estampado
13	Provisión para alarma	37	Identificación de terminales A.T. y B.T.
14	Termómetro sin contactos de alarma	38	Agujero de mano
15	Provisión para nivel del liquido y prueba de aire	39	Taladro sello de aprobación
16	Válvula de sobrepresión	40	Válvula de drenaje y filtro
17	Orejas para levantar la cubierta	41	Válvula de muestreo integral
18	Manija de operación del cambiador de derivaciones	42	Terminal de tierra
19	Válvula superior de llenado y filtro prensa		
20	Indicador magnético del nivel de aceite		
21	Tapa del tanque		
22	Placa de datos del transformador		
23	Boquilla de baja tensión		
24	Terminal de baja tensión		

Cuando se presenta algún daño en la red, entra en operación la protección ubicada en la Subestación de Potencia, dejando sin energía a todos los transformadores, y el tiempo de interrupción del servicio dependerá de la rapidez en la localización y reparación de falla.

## **2.4 Red radial en anillo abierto**

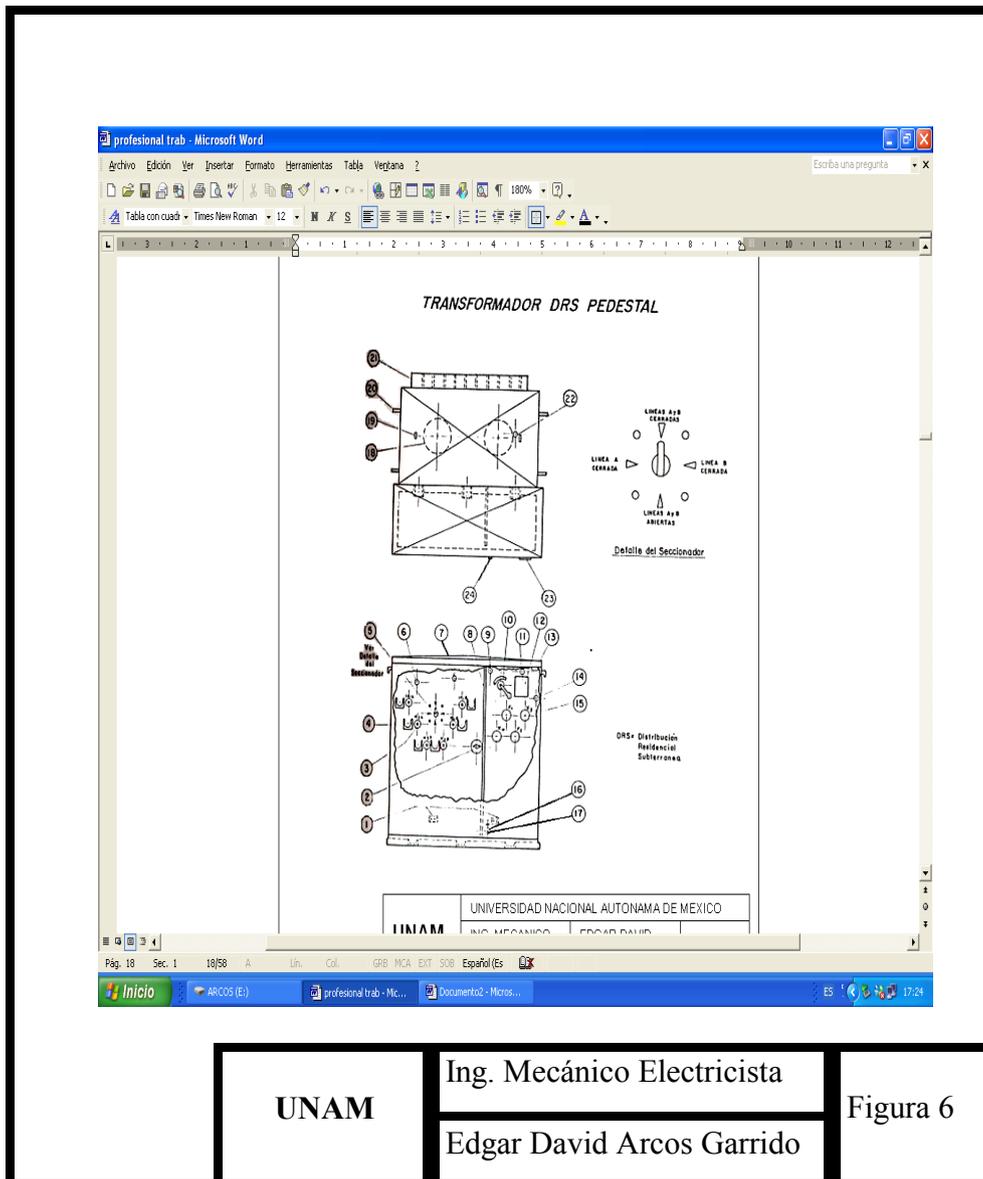
En el trazo de la red se presenta dos alimentadores radiales con derivación simple, cuya función es la de proporcionar un servicio continuo. La malla se extiende en la zona deseada, formando un gran anillo, entrelazado por dispositivos succionadores que el la mayoría de los casos están integrados a los transformadores. Las Redes Radiales en Anillo Abierto, Comúnmente son alimentadores por Redes Aéreas, que conducen la energía desde las subestaciones de potencia hasta el anillo abierto. Los alimentadores aéreos pueden salir de la misma o de diferente subestación. Las Redes Radiales de que consta el anillo abierto, deben diseñar con la regulación adecuada del voltaje de alimentación y con la capacidad suficiente para que cada una pueda soportar la carga de toda la aérea o forma parcial sin afectar el servicio. La disposición de los cables y equipos es tal, que permite que las dos alimentaciones trabajen por separado, quedando el anillo abierto en un punto cualquiera llamado frontera y se puede ubicar dependiendo de si se tiene daño en las instalaciones, dejando a la frontera precisamente en el área afectada, y se queda sin potencial, hasta que se localice y repare la falla. La condición para el buen funcionamiento de la

Red es que el anillo se mantenga abierto, para evitar sea alimentado el punto de falla, accionen las protecciones en la subestación de potencia y quede fuera de servicio esta y otras zonas que son cubiertas por los alimentadores principales.



Los transformadores de Medida Tensión a Baja Tensión que mejor servicio proporciona en la Red Radial en Anillo Abierto son:

23-BT-150 DRS Pedestal y 23BT-150 DRS Pozo.



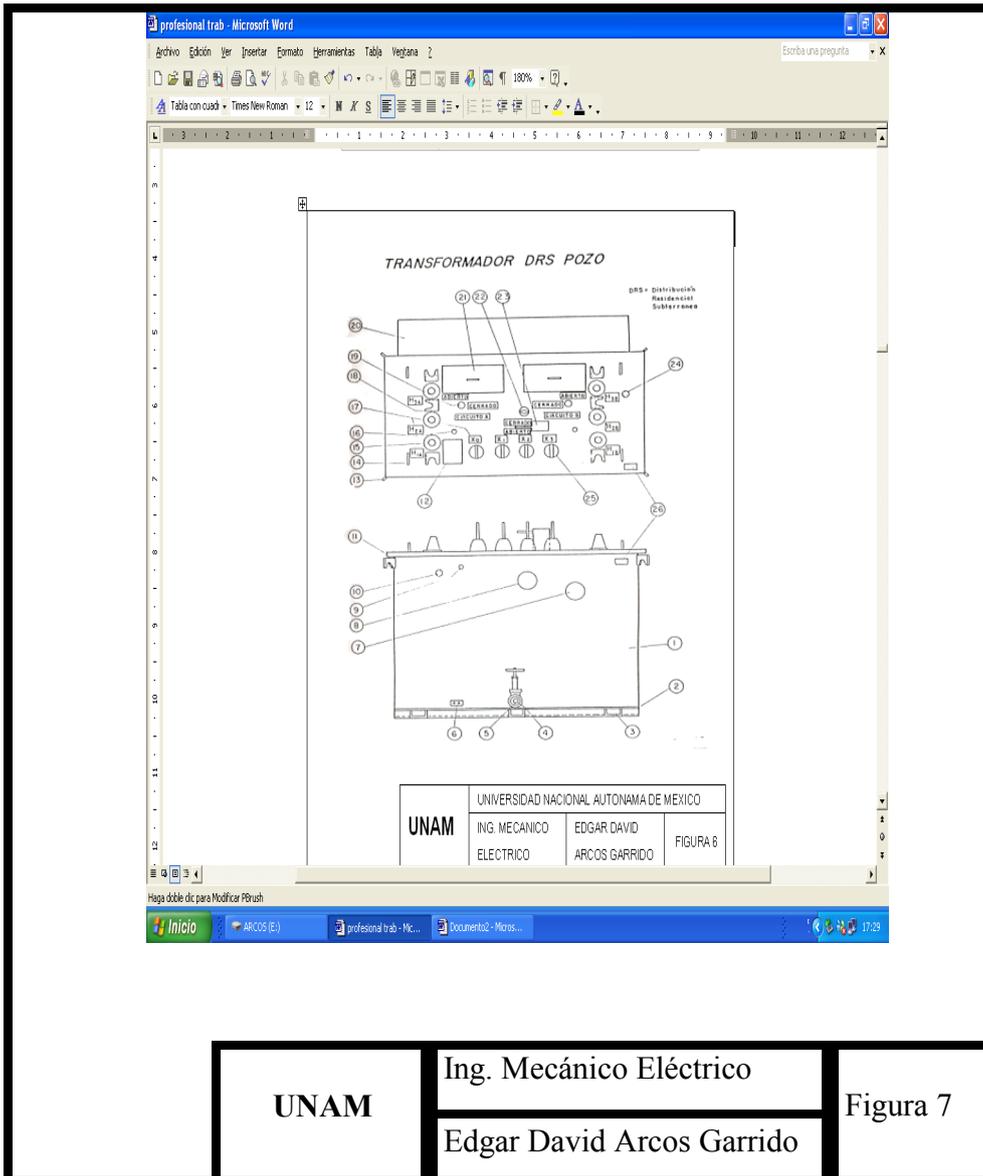
Sus características son:

- 23 – BT = Tensión nominal primaria 23,000 volts.

Tensión nominal secundaria BT 220/127 volts.

- 150 = Capacidad del transformador en KVA.
- DRS = Distribución Residencial Subterránea.
- Pedestal o Poste = lugar de instalación.

TRANSFORMADORES DRS PEDESTAL			
REFERENCIA	DESCRIPCION		
		13	Número de serie
1	Conector de Tierra	14	Termómetro (Sólo para 300 KVA)
2	Cambiador de derivaciones	15	Boquilla de B.T.
3	Boquillas de A.T.	16	Válvula de drenaje (tipo globo)
4	Soporte para codo conector	17	Dispositivo de muestreo
5	Seccionador	18	Registro de mano
6	Indicador magnético del nivel de aceite	19	Ganchos de izaje de la tapa
7	Nicle para prueba de presión	20	Gancho de izaje del transformador
8	Barrera aislante	21	Enfriadores
9	Luz de señalización	22	Tapón de llenado
10	Interruptor Termomagnético	23	Placas de identificación
11	Válvula de sobrepresión	24	Cerradura G
12	Placas de datos		



UNAM

Ing. Mecánico Eléctrico

Edgar David Arcos Garrido

Figura 7

TRANSFORMADOR DRS POZO	
Ref.	Descripción
1	Tanque
2	Fondo
3	Base
4	Dispositivo de muestreo
5	válvula de drenaje tipo globo
6	Conector del tanque a tierra
7	Termómetro (Sólo en 300KVA)

8	Indicador magnético del nivel de aceite (Sólo en 300 KVA)
9	Válvula de sobrepresión
10	Niple para prueba de presión
11	Tapa
12	Placa de datos
13	Ganchos de izaje del transformador completo
14	Gancho de izaje de la tapa y conjunto interno
15	Boquilla de A.T.
16	Conector de tierra A.T.
17	Identificación de terminales
18	Soporte para codo conector
19	Seccionador
20	Enfriadores
21	Registro de mano
22	Cambiador de derivaciones
23	Interruptor Termomagnético
24	Tapón de llenado
25	Boquilla de B.T.
26	Numero de serie

Los transformadores DRS son trifásicos, con conexión del devanado primario DELTA y del secundario en ESTRELLA con Neutro aislado, el enfriamiento es a base de aceite.

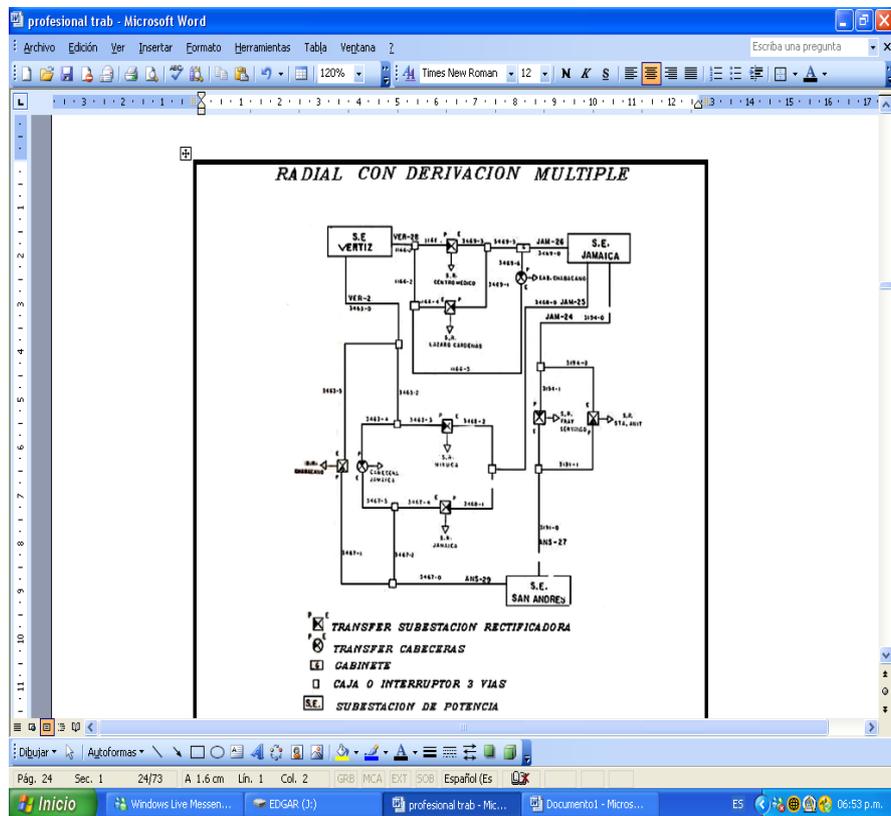
En la delta de cada transformador lado de mediana tensión, para su protección cuenta con fusibles y un seccionador que facilita la desconexión y a su vez la instalación del punto frontera, característico de esta red.

En la estrella de cada transformador lado de baja tensión, se dispone de un interruptor termo magnético, que le sirve de protección y como medio de seccionamiento, al mismo tiempo.

## **2.5 Red radial con Derivación múltiple.**

En este tipo de arreglos la energía parte de las Subestaciones de Potencia a través de varias alimentadores (troncales) que contribuyen con el suministro de energía hacia la carga, proporcionando generalmente el potencial de 23kV, de tal forma que a cada transformador se le alimenta con dos troncales para asegurar la continuidad del servicio, tomando en cuenta que cada uno de los alimentadores suministre, en lo posible, la misma corriente balanceado de cargas. Se le designa a cada servicio un alimentador llamado PREFERENTE que el que trabajará normalmente y, al otro se le nombra EMERGENTE, que suministra la energía en caso de presentarse algún problema que impida que el primer proporcione el servicio. El sistema de alimentación deberá diseñarse de tal forma, que en caso de contingencia un solo alimentador proporcione la energía suficiente para que se asegure la continuidad y calidad del servicio.

## RADIAL CON DERIVACION MULTIPLE



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

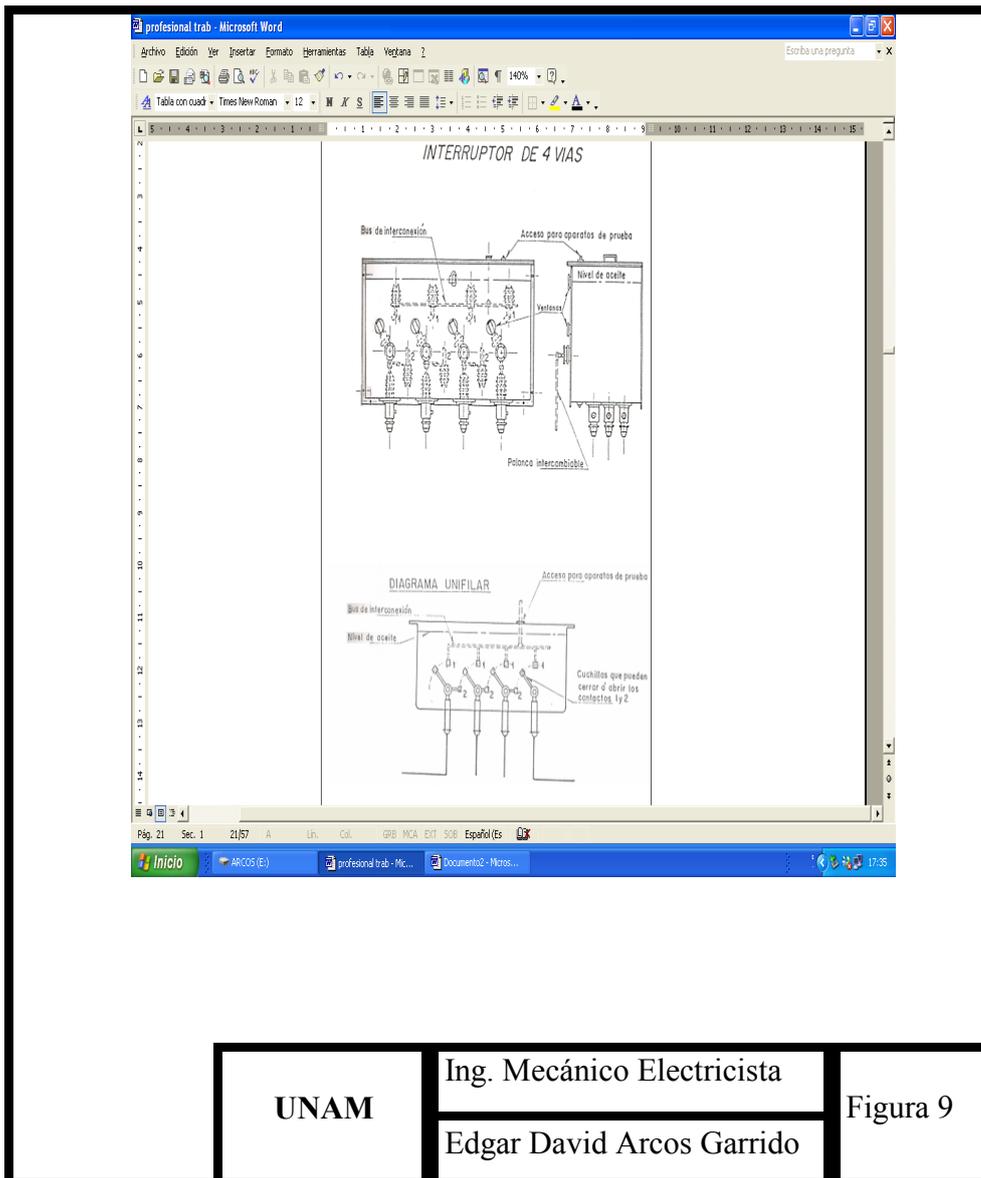
Figura 8

Los componentes de la red son los siguientes:

Interruptores de 2, 3 ó 4 vías,

El equipo es solo de operación manual, y es necesario para seccionar partes de la red, en los casos de proporcionar mantenimiento preventivo o que se presente algún daño, como por ejemplo en el cable o en cualquier o parte de la instalación.

Este dispositivo no cuenta con elementos extintores de arco eléctrico, por lo cual es necesario se encuentre completamente desenergizado al ejecutar alguna operación de apertura o cierre y evitar así, se presente algún accidente de graves consecuencias.



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

Figura 9

En los que se conectan dos alimentadores como ya se menciono un preferente y un emergente, al detectarse una caída o disminución en el voltaje de suministro del alimentador Preferente, se da una señal para que el mecanismo lo desconecte y quede bloqueado, al finalizar en el proceso y solo hasta que se presente el bloqueo, se inicia la operación automática para que se conecte el alimentador Emergente que será el que continúe el servicio.

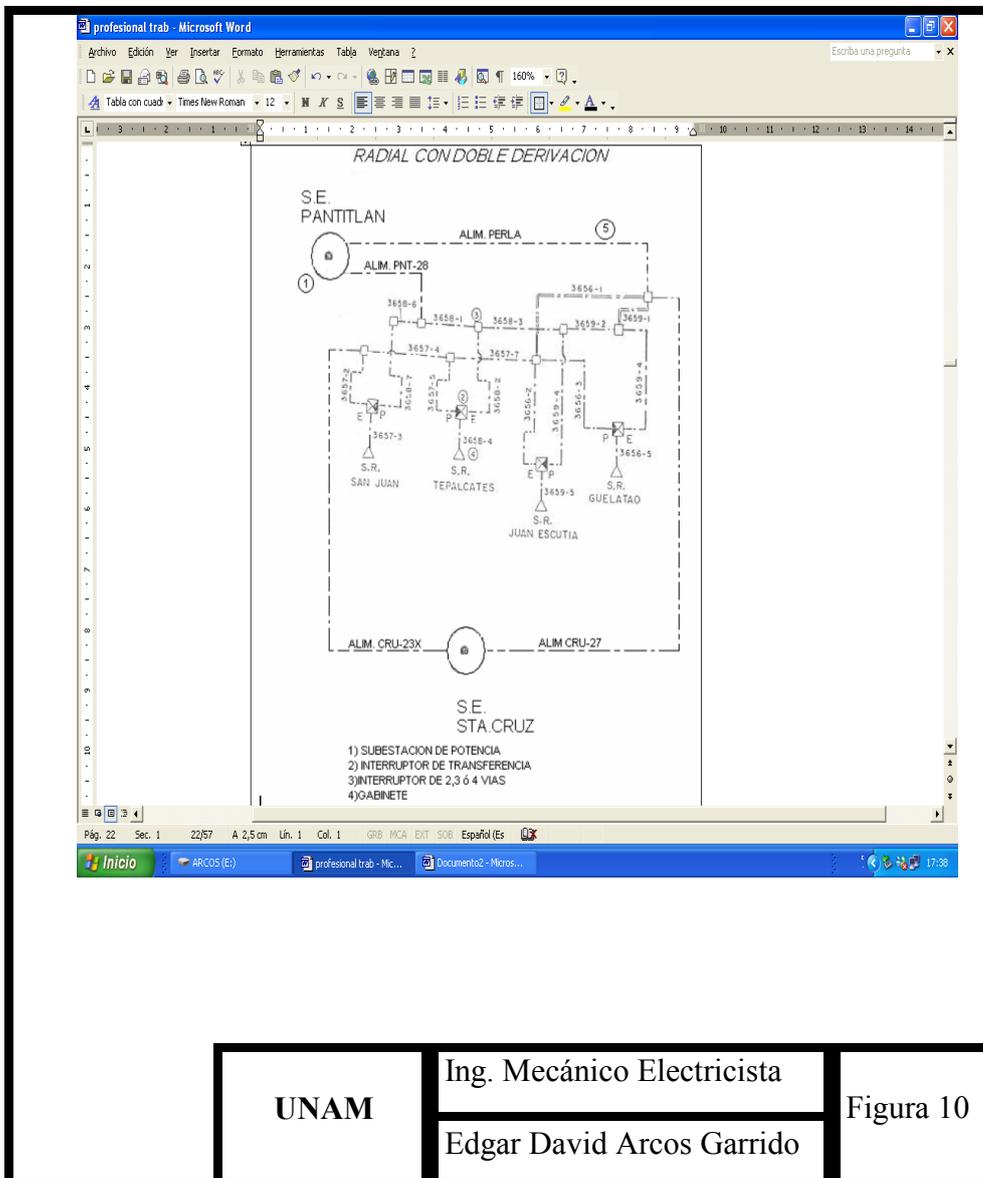
## 2.6 Red radial con Doble Alimentación.

La aplicación de este tipo de estructuras se lleva a cabo preferentemente en zonas con grandes cargas puntuales, tales como cargas industriales, turísticas o comerciales, las cuales generalmente presentan en un área de expansión alargada.

Su diseño de la red se tiene dos alimentadores por cada Subestación de Potencia, la disposición de los mismos es en forma radial, cubriendo alternadamente los puntos en donde se toma la carga como se observa en la figura 10. A un punto de contacto llegan como alimentador preferente y en el siguiente servicio se presenta como emergente.

La red está diseñada de tal forma que al tener algún problema, tanto en los cables como en el equipo, un solo alimentador puede tomar la carga del total de la red en tanto se localice el daño o dar mantenimiento.

Las densidades en donde se emplean estas estructuras fluctúan en un amplio rango que va desde los 5 a los 30 MVA/Km<sup>2</sup> ya que para este caso de ampliación más que la densidad de la zona se torna más significativa la continuidad o confiabilidad que la red debe ofrecer al usuario.



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

Figura 10

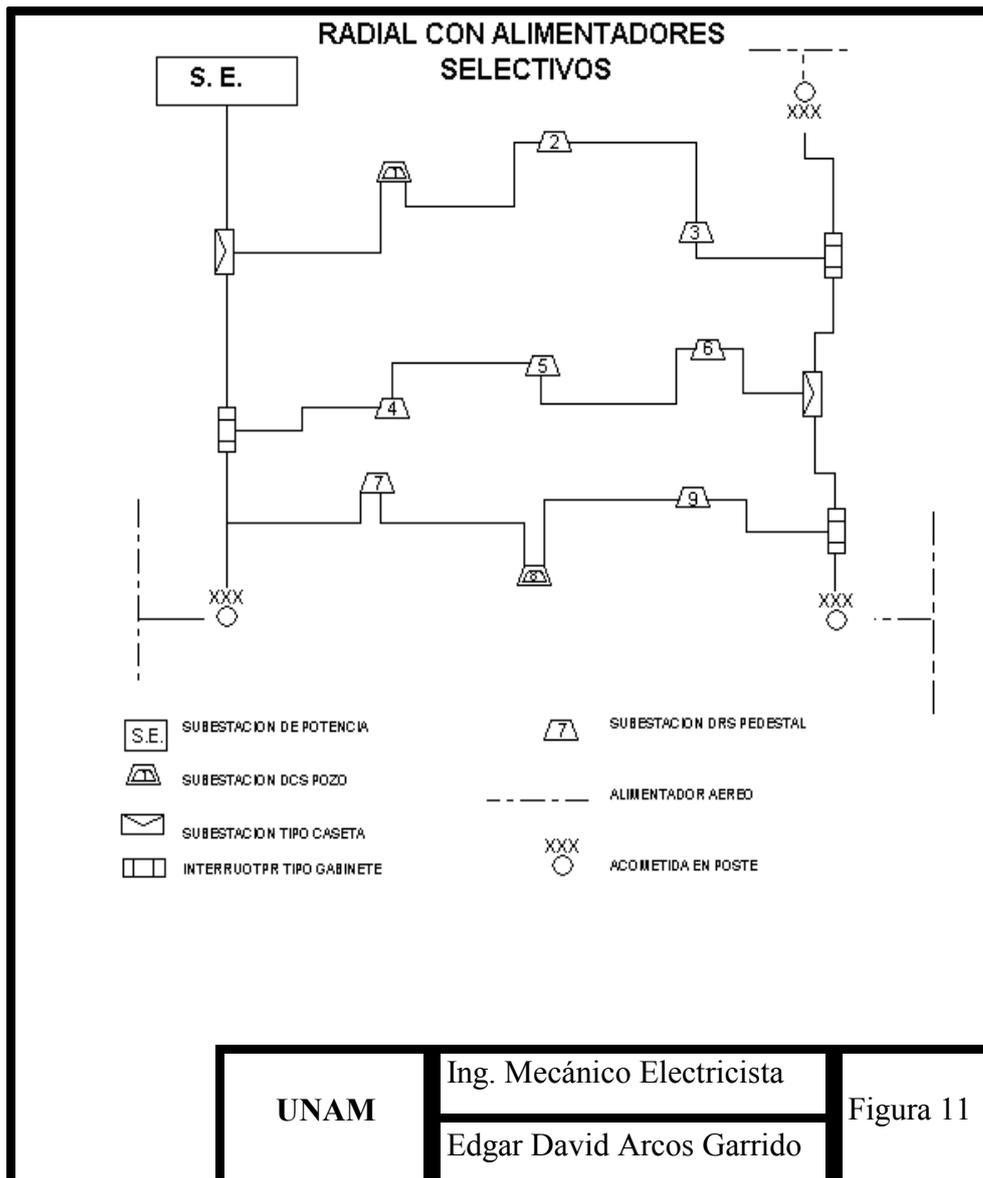
## **2.7 Alimentadores Selectivos.**

Esta estructura maneja el principio del Anillo Abierto, empleando transformadores con dispositivos de seccionamiento con carga alimentado por varios cables troncales, los cuales proviene de diferentes Subestaciones de Potencia, enlazado los servicios de la zona por alimentar, quedando repartidos por parejas de alimentadores para mantener balanceado la carga, dejando un alimentador de reserva para cada transformador, y en caso de tener alguna falla en cualquier punto de la red, transferir la carga a los demás alimentadores, sobrecargándolos lo menos posible.

Es recomendable tener disponible como mínimo 3 alimentadores, para reducir la posibilidad de interrupciones en el servicio.

La implantación de este tipo de estructuras es recomendable para zonas de rápido crecimiento y densidades mayores de 15 MVA/Km<sup>2</sup> y cuya expansión o área servida es considerable. A diferencia de la red radial urbana esta estructura es aplicada en zonas cuyo crecimiento de carga es marcadamente vertical, es decir, zonas de edificios altos y por lo tanto, grandes concentraciones de carga.

Esta red se constituye por cables troncales de la misma sección que salen preferentemente de SE's deferentes, de estas troncales se derivan ramales o subtroncales que las enlazan siguiendo el principio de doble alimentación energizado a lo largo de su recorrido, transformadores o bóvedas que se instalan generalmente en los mismos puntos de carga.



## 2.8 Estructura de la Red de Baja Tensión.

De manera general, podemos dividir las estructuras de las redes de baja tensión en cuatro grandes tipos:

1. Radial simple o sin amarres.
2. Radial interconectada o con amarres.
3. Red automática o Malla.
4. Red en malla limitada.

Estas redes son constituidas por cables y equipos diseñados para permanecer al nivel del piso, ya sea enterrados directamente o localizados en pozos de visita. Las instalaciones deben mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento, soportando en ocasiones la acción corrosiva del suelo y en otros permanecen sumergidas en agua.

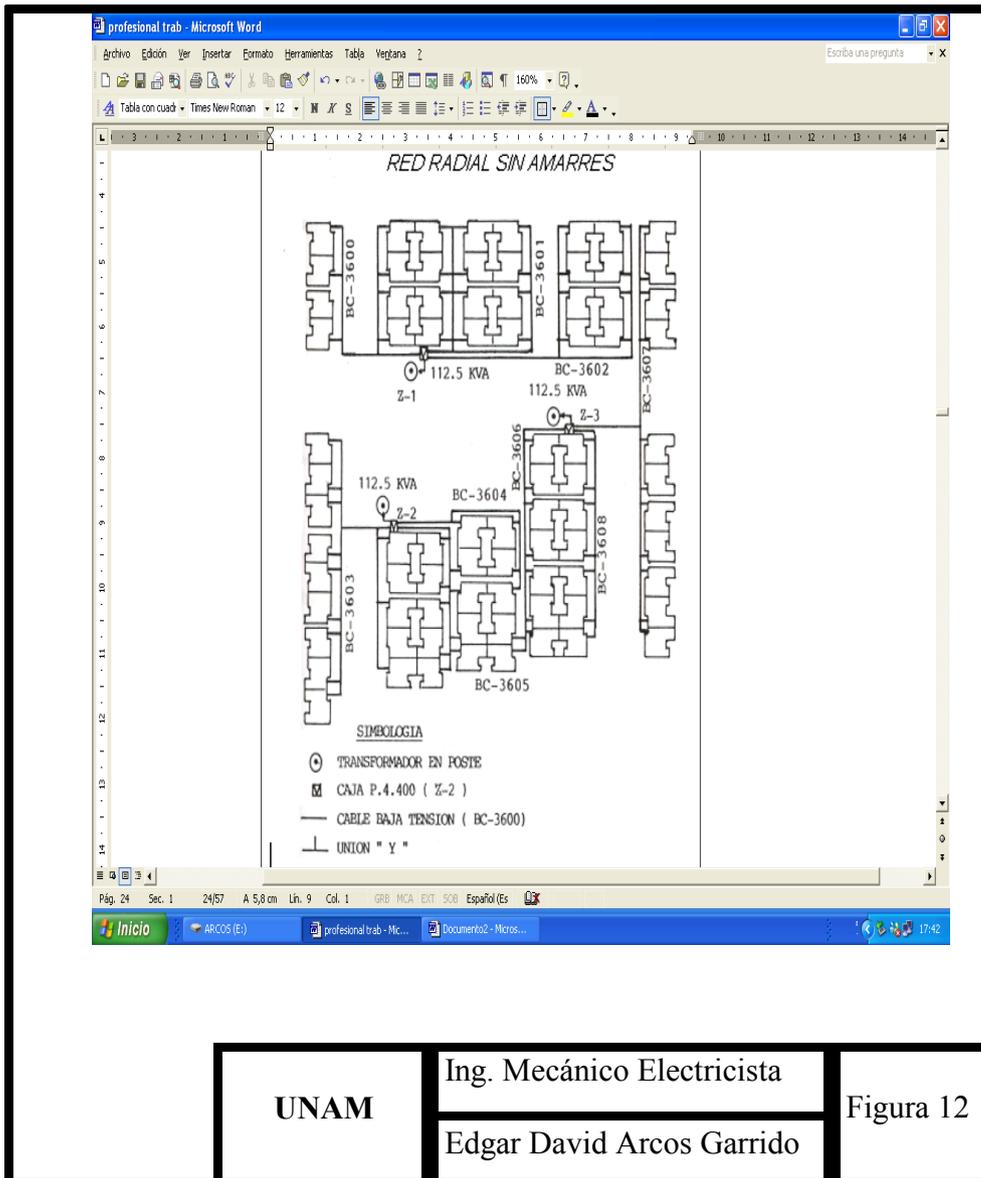
Al igual que los sistemas de M. T. tienen el mismo principio pero cambia considerablemente su diseño ya que estos circuitos es posible trabajar con potencial o energizado, lo cual, teniendo las debidas precauciones, dota al sistema de una mayor flexibilidad.

## **2.9 Red Radial sin Amarres.**

En esta Red cada subestación alimenta zonas por separado, los cables y el equipo proporciona una sola trayectoria a la energía, desde el transformador de distribución hasta el punto de consumo, cada alimentador tiene que cubrir un área determinada, de tal forma que la distribución sea uniforme.

Los alimentadores salen de diferente direcciones desde los transformadores, cajas de conexión o buses de baja tensión como se puede ver en la figura 12 cada alimentador lleva su propia carga en forma radial, esto puede ser un inconveniente, ya que cuando se manifiesta alguna falla en el cable o en el transformador el servicio se interrumpe en todas las acometidas conectadas al mismo, y de acuerdo con el tipo de daño, la interrupción puede ser en una, dos o tres fases.

La protección de los alimentadores en esta red de baja tensión se consigue con la instalación de fusibles, localizados en los buses o cajas de conexión. Los elementos utilizados en esta red son los siguientes.



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

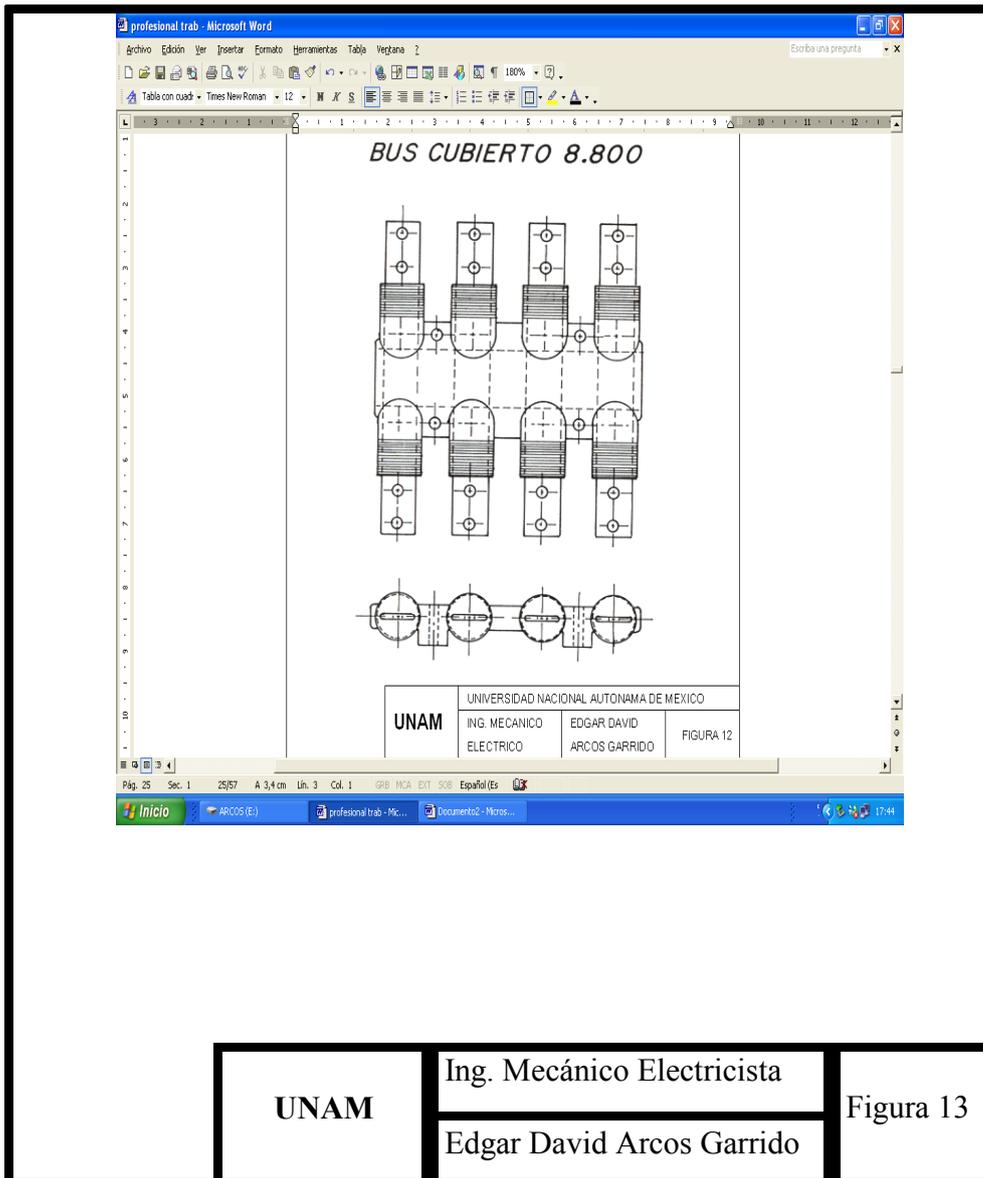
Edgar David Arcos Garrido

Figura 12

### Buses.

Que son las barras de cobre unidas entre si (figura) de tal forma que permite tener derivaciones, dando mayor flexibilidad a la distribución de energía eléctrica. En la red radial sin amarres se utiliza los buses C.6.800 ó C.8.800 que es:

- C = Cubierta con aislamiento epóxico, moldeado a base de una mezcla de resina y fibra de vidrio.
- 6 u 8 = Vías o derivaciones.
- 800 = 800 Amperes por vía (corriente nominal por fase).



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

Figura 13

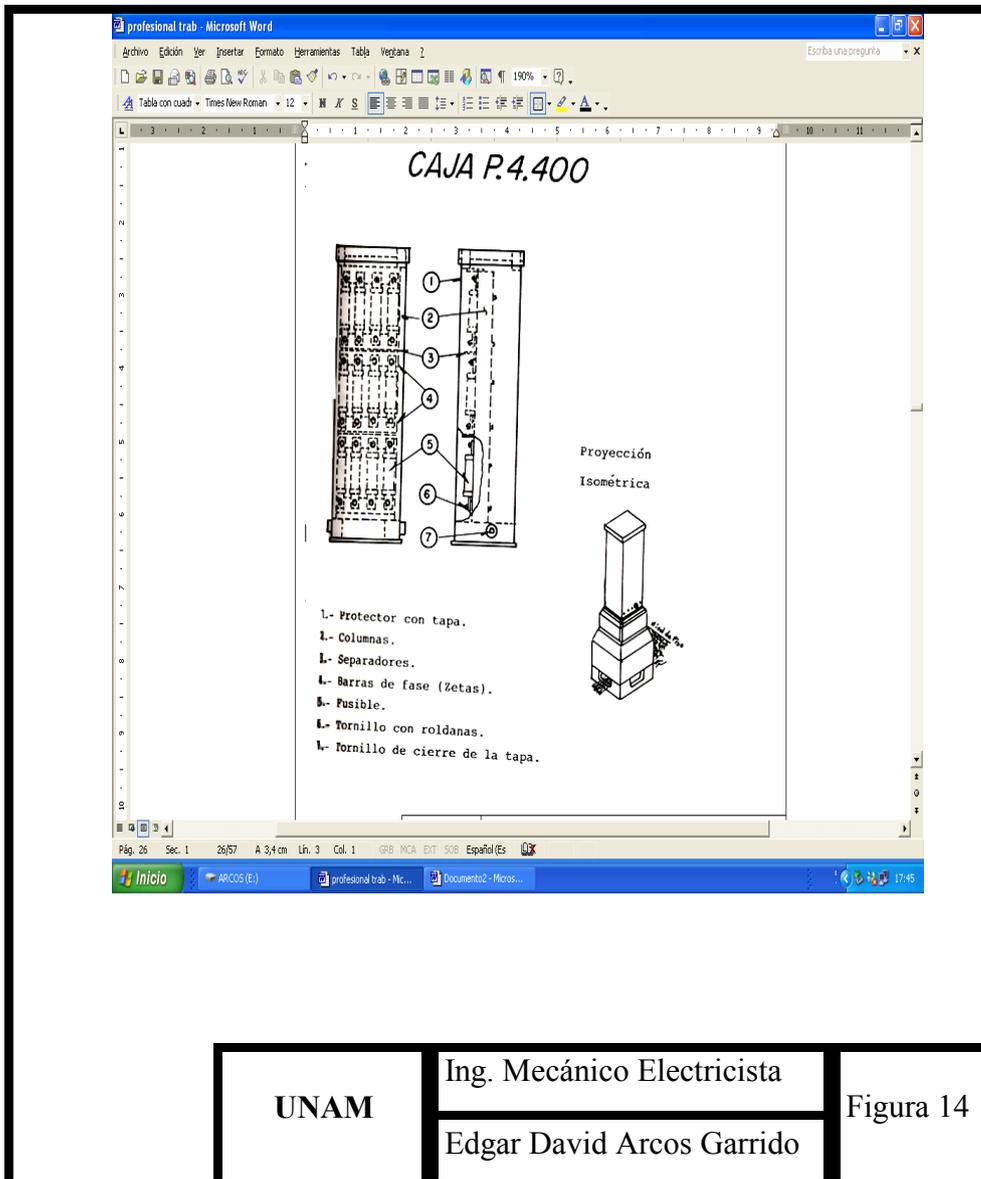
Se fijan en los muros de bóveda, pozos de visita o subestaciones, en juegos de tres, permitiendo interconectar hasta ocho circuitos de cable BTC 1x150 ( cables troncales), y hasta dos circuitos de cables BTC 1x400 ( acometidas) procedentes de un transformador Trifásico o de otro bus, pudiendo trabajar sumergidos en el agua hasta 3 metros de profundidad.

Los cables se conectan a los buses mediante zapatas de conexión.

Cada bus corresponde a una de las tres fases del transformador o sistema de baja tensión, los buses se identifican mediante colore, Rojo para la fase A, Blanco para la fase B y azul para la fase C.

Como la energía se suministra desde un transformador instalado en un poste se utiliza una caja P.4.400 (figura 14) y esta nomenclatura significa:

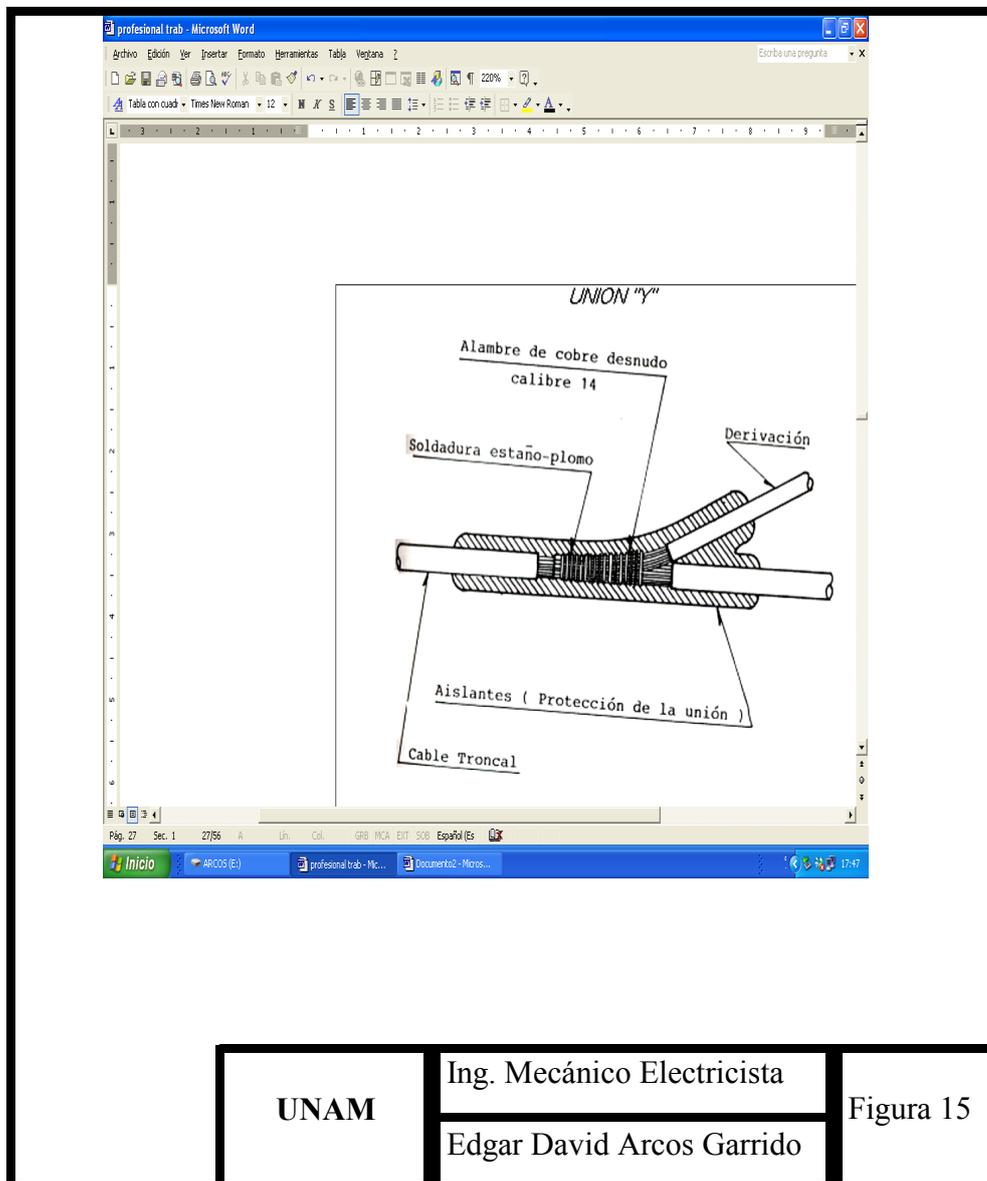
- P = Pedestal.
- 4 = Número de vías o derivaciones.
- 400 = Corriente nominal por fase (Amp).
- 



Las cajas P4.400 interconectadas hasta cuatro circuitos, generalmente este equipo se instala en el cruce de calles o avenidas sobre el nivel del piso y para mayor protección se trata de colocar cerca de un muro o algún poste.

## Uniones "Y"

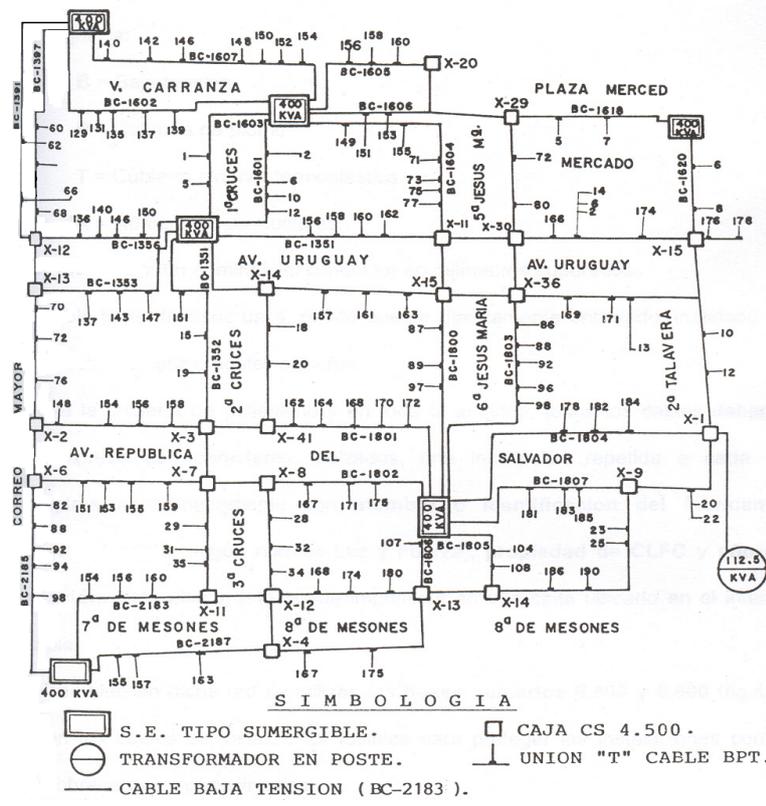
Se utilizan comúnmente para tener derivaciones con las que se llevan la energía eléctrica hasta el consumidor, instaladas en cable BTC, conectan a un alimentador principal o troncal con otro de menor calibre llamado ramal, protegiendo a la conexión contra humedad y daño mecánico, quedando directamente enterrada dentro de algún registro como se ve en la figura 15.



## 2.10 Red Radial Interconectada.

El desarrollo de este tipo de redes es similar al anterior; sin embargo, en este caso es posible transferir por medio de equipos de seccionamientos parte o toda la carga alimentada por una S.E. ya sea por falla, desbalance o simplemente por mantenimiento. En la Figura 16 se muestra el equipo utilizado para seccionamiento.

## RED RADIAL CON AMARRRES



**UNAM**

Ing. Mecánico Electricista  
Edgar David Arcos Garrido

Figura 16

Al efectuar las interconexiones, debe tenerse cuidado de que la secuencia de fases en todos los transformadores sea la misma, a fin de que al hacer las transferencias de carga la secuencia no sea invertida y los consumidores se ven afectados.

Uno de los elementos que se utiliza en esta red son los siguientes:

- los fusibles C6.800 Y 8.800 ya mencionados los cuales se instalan los fusibles para proteger las instalaciones contra sobrecargas u cortocircuitos.
- Las cajas CS 4.500 (figura) se colocan en un registro especial para su protección, con una tapa redonda para su acceso.

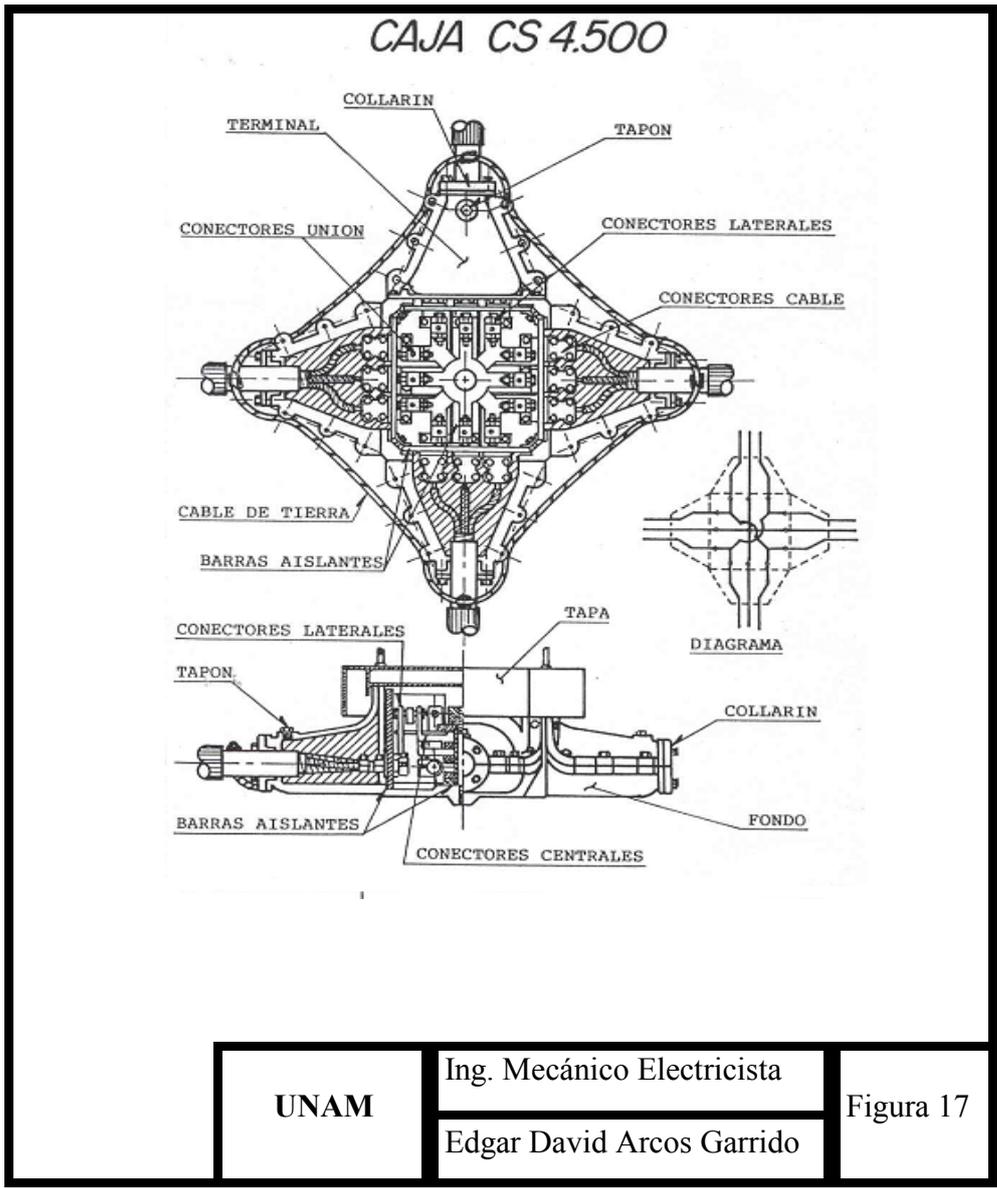
CS = Para Cables Subterráneos.

4 = Numero de Vías.

500 = Corriente Máxima (500 Amperes por vía).

Estas cajas pueden trabajar sumerias bajo agua hasta 1 metro de profundidad. Se instalan normalmente en el cruce de calles para dar mayor flexibilidad a la red, ya que permite

interconectar hasta cuatro circuitos de cables tipo BTC. Cuando se presenta interrupción en el servicio debido a una falla en el alimentador principal o trabajo de mantenimiento preventivo, las cajas CS 4.500 permiten restaurar parcialmente el suministro de energía eléctrica, mediante la conexión a redes cercanas al área afectada. Es importante probar que se tenga la misma secuencia de fases y el mismo ángulo de defasamiento, antes de hacer cualquier conexión, debido a que esto puede variar entre las redes alimentadas por 6000 volts y las que se alimentan por 23 000 volts. En la figura se muestra una estructura de este tipo.



La protección que se utiliza en esta red es también a base de fusibles que deberán tener la capacidad adecuada a la carga que esta alimentando cada circuito.

**2.11 Red de Malla o Red Automática.**

Este sistema de Red automática de baja tensión es la solución adoptada en las principales ciudades del mundo, ya que ofrece una confiabilidad muy alta comparada con todas las estructuras antes mencionadas, y que garantiza un servicio prácticamente continuo a los usuarios, no obstante se presenten fallas en M.T. o B.T. del sistema.

La estructura mallada debe ser implantada en zonas de densidades mayores a los 300 MVA/Km<sup>2</sup> y en donde la carga se encuentra uniformemente repartida a lo largo de las calles.

Los componentes básicos de la red se indican en el diagrama de la figura 18. Una sola fuente de potencia es el punto de alimentación de dos o mas alimentados radiales sin enlace entre ellos. Estos alimentadores troncales llegan Hasta la zona de carga de la red, abriéndose en forma anular por medio de seccionadores, en ramales que alimentan directamente a los transformadores. Los transformadores de red están conectados en M.T. de tal manera que quedan alimentados por ramales diferentes; este arreglo es con el fin de que, al existir un disturbio en uno de estos, no disminuya la regulación y la carga del alimentador en disturbio sea absorbida a través de la red secundaria alimentada por los transformadores conectados a los ramales restantes. Por esta razón, el diseño de los alimentadores en M.T. debe ser tal que permita absorber el aumento de carga cuando uno de estos falle. La operación de la red automática esta basada en el funcionamiento del protector de red.

En el caso de un corto circuito en cualquier alimentador de mediana tensión. Todos los protectores de los transformadores conectados al alimentador afectado, accionarán debido a la inversión de corriente eléctrica a través de los mecanismos, dando la señal de abrir.

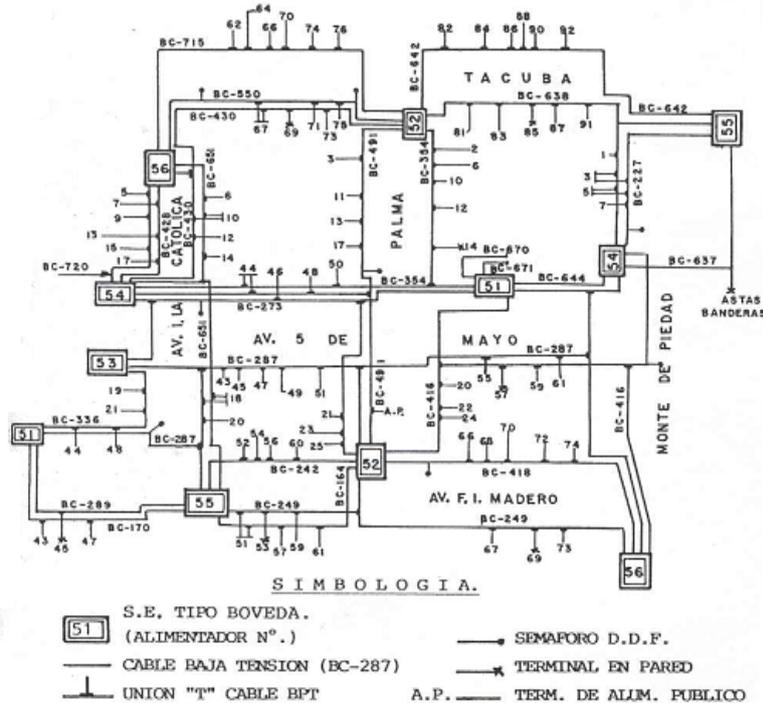
Una vez reparado el desperfecto, se energiza nuevamente el alimentador, generando en la baja tensión de los transformadores afectados, un voltaje más alto que el de la red automática, esta es la señal para que los protectores cierren su mecanismo.

El protector de red permanecerá cerrado cuando ocurran fallas por corto circuito en los cables de baja tensión, ya que se auto extinguen evaporando el cobre y el pomo de los conductores, debido a la gran potencia de corto circuito de una red automática.

El equipo más utilizado en las redes automáticas es:

- Protector de red.
- Subestaciones tipo Bóveda o tipo interior.
- Cable.
- Uniones.

## RED EN MALLA AUTOMATICA



UNAM

Ing. Mecánico Eléctrico

Edgar David Arcos Garrido

Figura 18

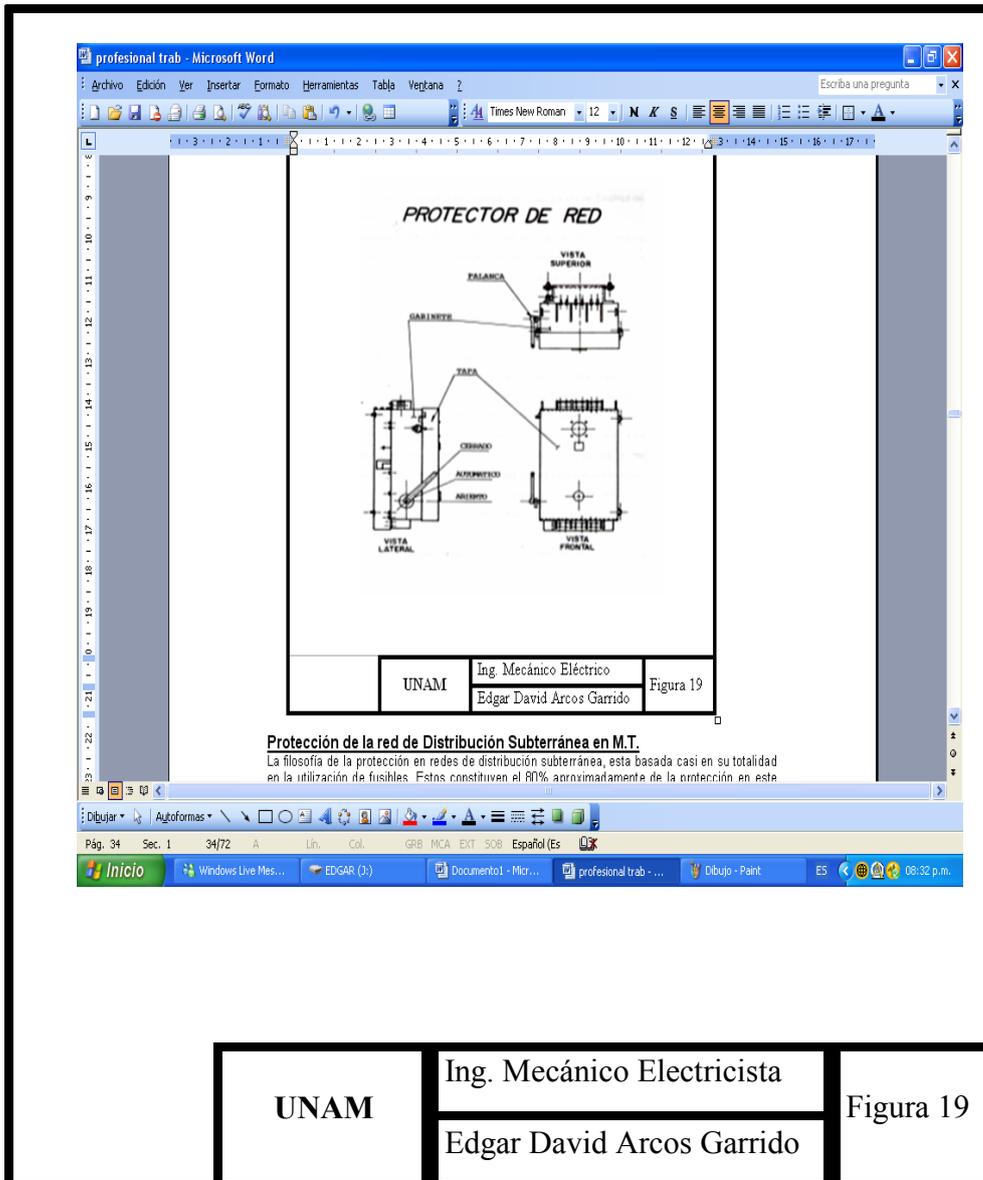
### 2.12 Red de Malla Limitada.

Al igual que en la red automática los transformadores que alimenta esta estructura conectados a los alimentadores de mediana tensión en simple derivación y la protección queda asegurada por los interruptores instalados a la salida de cada alimentador.

El planteamiento de la baja tensión en este caso es inverso al de las redes automáticas, ya que se busca bajas corrientes de falla para que los fusibles limitadores sean de baja capacidad interruptiva.

En operación normal cada cable y todos los transformadores llevan su propia carga. En la ocasión de presentarse falla en un transformador, su carga se podrá llevar con los transformadores adyacentes a través de la red de baja tensión. Cuando al presentarse algún daño en los cables de baja tensión, protegidos por fusibles limitadores, se manifestará una interrupción en los servicios alimentados por el, hasta que la falla sea localizada, aislada y en alguna veces reparada. La red en malla limitada también se recomienda para zonas con

densidad de carga mayor a 20 MVA/Km<sup>2</sup> tal caso se presenta en la Ciudad de México en el límite de la red automática.



### **2.13 Protección de la red de Distribución Subterránea en M.T.**

La filosofía de la protección en redes de distribución subterránea, esta basada casi en su totalidad en la utilización de fusibles. Estos constituyen el 80% aproximadamente de la protección en este tipo de sistema, el otro 20% esta constituido de sistema protección automáticos, como es el caso de los termomagnéticos en los secundarios de los transformadores de distribución del tipo pedestal.

## **Fusibles.**

Un fusible puede ser definido como un dispositivo de protección que opera cuando una sobrecorriente pasa por el y que pone en peligro los equipos o instalaciones del sistema, pudiendo deberse esta sobrecorriente a sobrecargas o cortocircuitos. Por tanto, las funciones de los fusibles serán fundamentalmente aislar la porción del circuito en disturbio del resto del alimentador sin falla e impedir el daño de los equipos instalados en el mismo.

La selección adecuada de un fusible debe considerar:

- Proteger a los equipos del circuito bajo cualquier condición de sobrecorriente que los pueda dañar.
- En condiciones normales de operación el fusible no debe operar.
- Si dos o más fusibles se encuentran instalados en serie y se presentan una falla, únicamente deberá operar el que se encuentre más cercano a este punto.

Un fusible está diseñado para fundirse en un tiempo especificado para una determinada corriente. Estas características de operación o curvas tiempo-corriente están representadas por dos curvas fundamentales:

- Curva mínima de fusión (mínimo tiempo de fusión).
- Curva máxima de fusión (máximo tiempo de despeje).

## **Los fusibles de mediana.**

Tensión son aquellos que se aplican en el lado de alta tensión de los transformadores; de hecho, son los que se han desarrollado más, debido no solo a un bajo costo, sino a su facilidad de coordinación con otro dispositivo. Refiriéndose específicamente al sistema de distribución desarrollado para la ciudad de México, uno de los más grandes del mundo, y descontando los interruptores de potencia, representan 15% de la inversión aplicada para la protección del sistema.

En la figura 20 se muestran algunos fusibles.

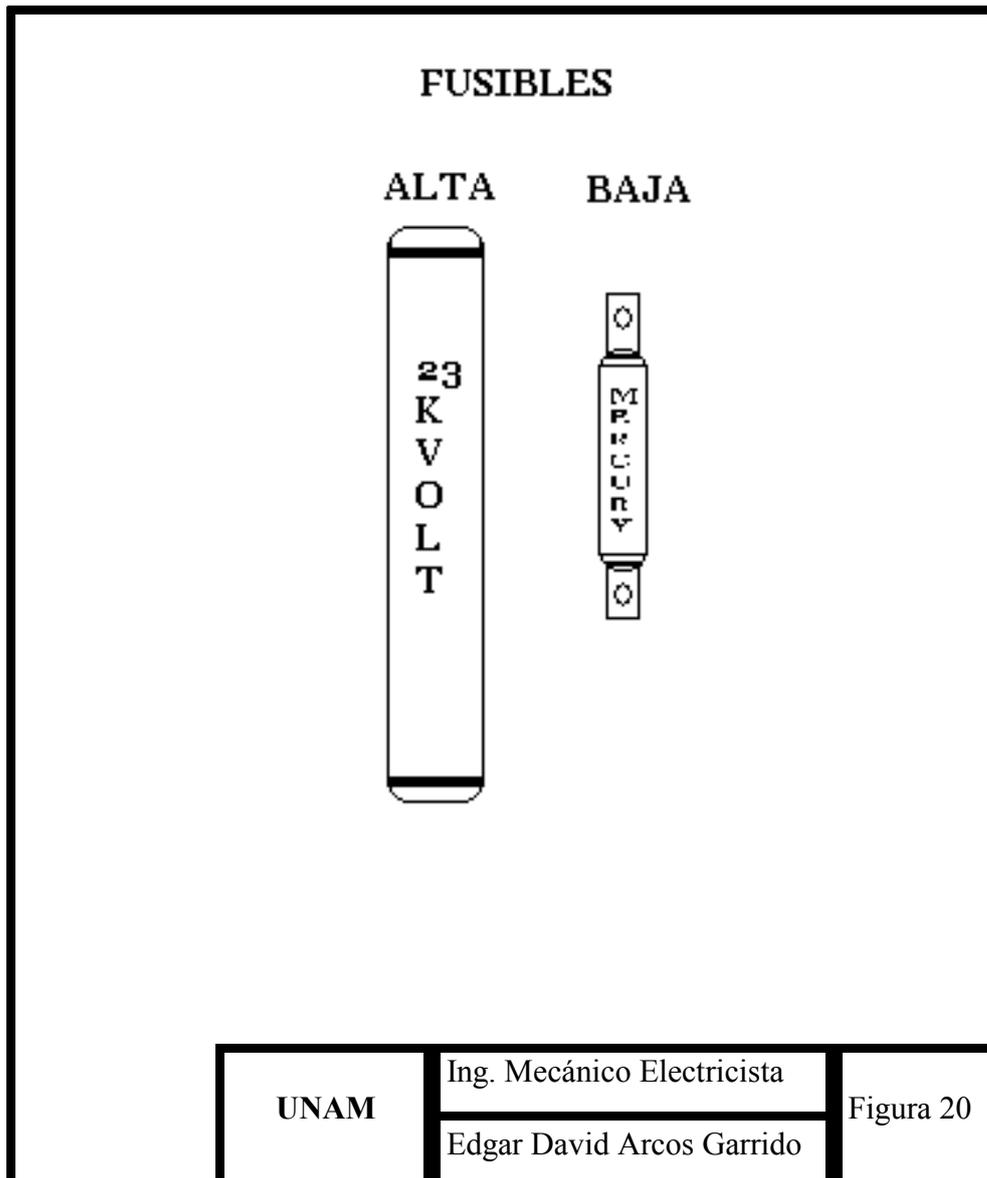
## **Fusibles de Baja tensión.**

Los fusibles de baja tensión han tenido aplicación universal en las instalaciones de los usuarios, protegiendo tanto éstas como las acometidas o cable que llevan el suministro de energía eléctrica desde los secundarios de los transformadores de distribución. Así mismo, han encontrado aplicación en la protección de circuitos secundarios en sistema subterráneo, permitiendo la discriminación de fallas, y en banco de transformadores aéreos, en donde se

hace necesario por las características de sobrecarga o cortocircuito a que se encuentran sometidos.

Para la aplicación en baja tensión en sistema de distribución se contempló la necesidad de desarrollar un fusible que fuese renovable y que cumpliera totalmente con los requisitos establecidos.

El tipo que ha dado resultados satisfactorios es el que se muestra en la figura 20.



### III. INSTALACION DE UNA ACOMETIDA EN M.T. Y B.T.

- Acometidas.
- Cables.
- Terminales.
- Materiales y Accesorios.
- Transformadores.

#### **3.1 Acometida.**

Las acometidas son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Las acometidas se pueden proporcionar a la tensión primaria (media tensión) o la tensión secundaria (baja tensión), esto depende de la magnitud de la carga que el usuario requiera ante la empresa suministradora como se observa en la figura 25.

#### **3.2 Cables. \_**

Como ya se menciona es la conexión entre la empresa que suministra la energía Eléctrica y todos los usuarios o bien es la interconexión entre todos los elementos que integran las redes de distribución subterránea.

Tal uniformidad debe ser considerada desde:

- A) El calibre de los alimentadores primarios y función de las partes del cable.
- B) El calibre de los troncales secundarios.
- C) La capacidad de los transformadores.

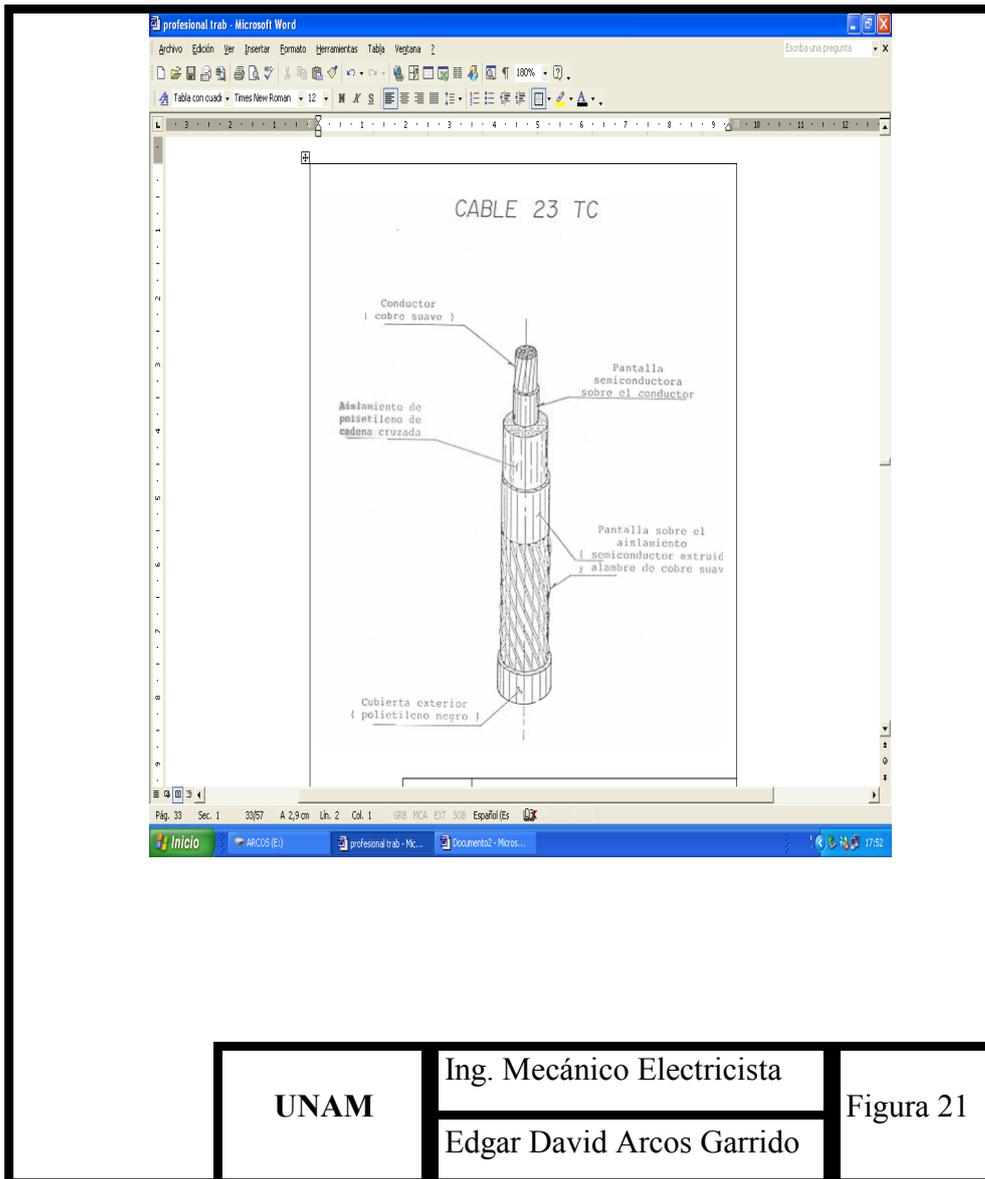
Con respecto al primer A).

Los alimentadores primarios podemos decir que en la actualidad se encuentran normalizados por los cables de secciones de 23 TC 1 x 240 y 23 TC 1x 150 es para distribución Subterránea en mediana tensión en circuitos trifásicos; del poste para interconexiones en los equipos de SE”S que es el calibre de los troncales como se ve en la (figura21). Los cables 23 TC 1 x 50 y 1x 70 preferentemente para ramales.

#### **Función de los componentes del cable. \_**

1. Conductor.- es el encargado de transportar la corriente a través del conductor.

2. Aislamiento Polietileno. Este aislamiento es el que aísla al conductor no permitiendo un brincamiento y soportar el voltaje aplicado.
3. Pantalla semiconductor. Es la encargada de a mitigar esfuerzos del campo magnético.
4. Pantalla de alambre de cobre. Esta pantalla actúa como tierra hablando eléctricamente por todo el cable.
5. Cubierta exterior.- el aislamiento es el encargado de proteger todos los componentes que integran el cable.



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

Figura 21

- 23.- significa que 23000 es voltaje nominal de trabajo.
- TC.- Es el aislamiento del cable, Polietileno de cadena cruzada.
- 1X 240.- Un solo cable de Sección en mm de un conductor.

Las descripciones del cable que se ve en la tabla y su uso:

Características	Unidad	1x50	1x70	1x150	1x240
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sección real de cobre del conductor.</li> <li>Numero de Hilos.</li> <li>Diámetro del conductor.</li> </ul>	mm <sup>2</sup> -- mm	53.48 19 8.53	67.43 19 9.55	152.0 37 14.48	253.4 37 18.69
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pantalla semiconductora sobre el conductor (promedio)</li> <li>Espesor aislamiento, polietileno de cadena cruzada.</li> <li>Diámetro sobre el aislamiento(Da).</li> </ul>	mm mm mm	0.4 8.1 26.26	0.4 8.1 27.28	0.5 8.1 32.71	0.5 8.1 36.92
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pantalla semiconductora sobre el aislamiento (prom. Min.).</li> <li>Conductor exterior (neutro), diámetro de cada Hilo.</li> <li>Espesor cubierta exterior de polietileno.</li> <li>Diámetro exterior del Cable (De).</li> </ul>	mm mm mm mm	1.0 1.29 2.03 34.9	1.0 1.63 2.03 36.6	1.0 2.05 2.79 44.39	1.0 2.05 2.79 48.6
<ul style="list-style-type: none"> <li>Masa aproximada del cobre.</li> <li>Masa aproximada total del cable.</li> </ul>	Kg/Km Kg/Km	485 1300.5	612 1514.9	1379 2831.2	2300 4373.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud del tramo de cable.</li> <li>Masa del tramo de cable</li> <li>Carretes C.S.</li> <li>Resistencia eléctrica a 60Hz y 90°C.</li> <li>Reactancia a 60 Hz, circuito trifasico, cables horizontales uno junto a otro.</li> <li>Caída de Tensión por fase.</li> <li>Corriente nominal de trabajo.</li> <li>Corriente máxima de trabajo.</li> </ul>	m Kg -- Ω/Km Ω/Km V/A*Km A A	500 653.2 6.12.8 0.420 0.214 0.471 220 265	500 757.4 6.12.8 0.333 0.209 0.393 250 295	500 1415.6 8.16.8 0.148 0.192 0.242 385 475	500 2186.6 8.16.8 0.089 0.179 0.200 525 635

Tabla 1

En cuanto al punto C)

Podemos decir que en general se estandariza el tipo de cable empleado como lo es el BTC 1x 400 que es un conductor de cobre que se identifican con la siguiente nomenclatura:

B = Baja tensión (127 volts).

TC = Aislamiento de polietileno de cadena cruzada.

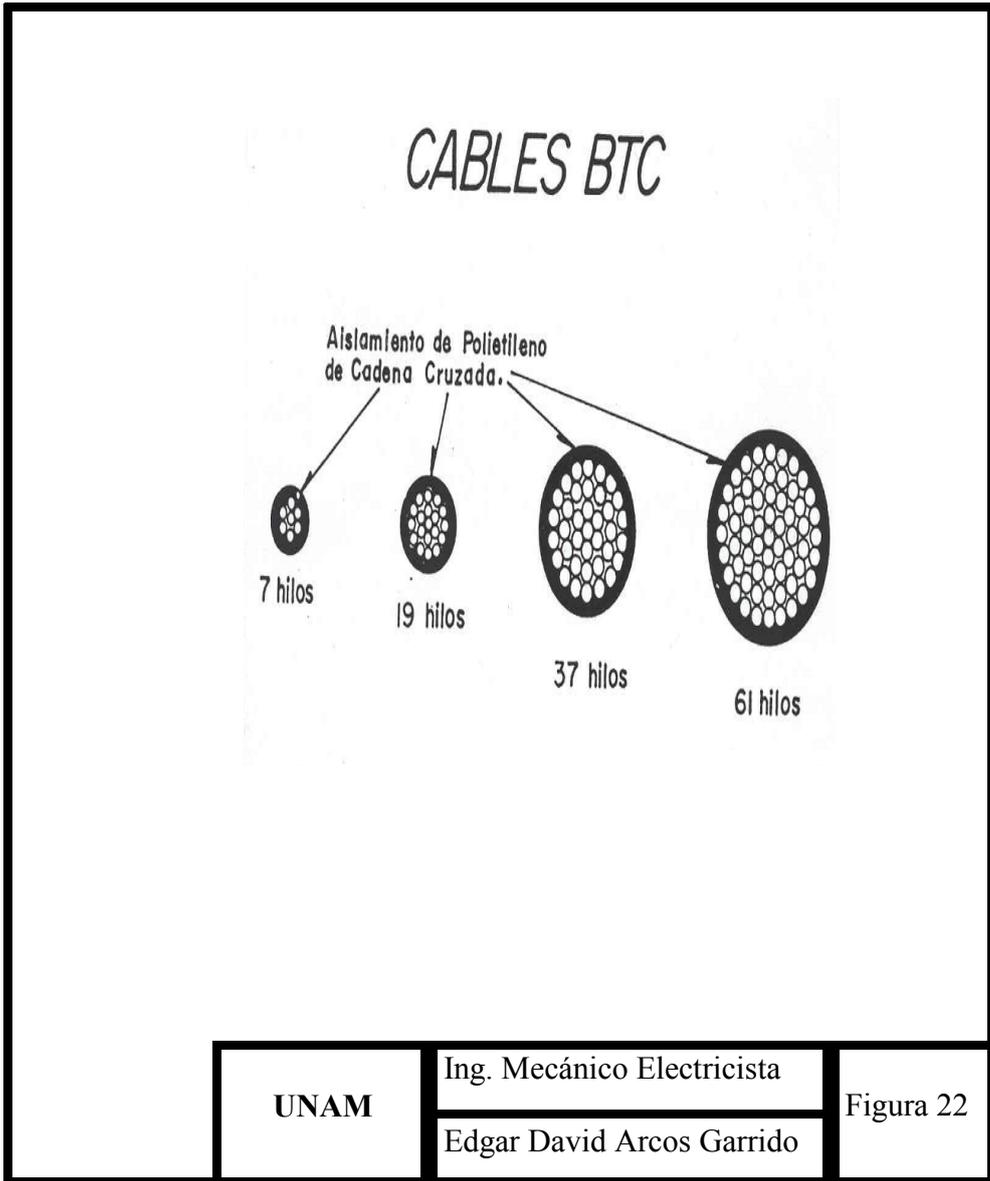
1x = Numero de conductores (uno)

15 a 400 = Sección nominal del conductor en milímetro cuadrados.

Se puede observar en la figura 22.

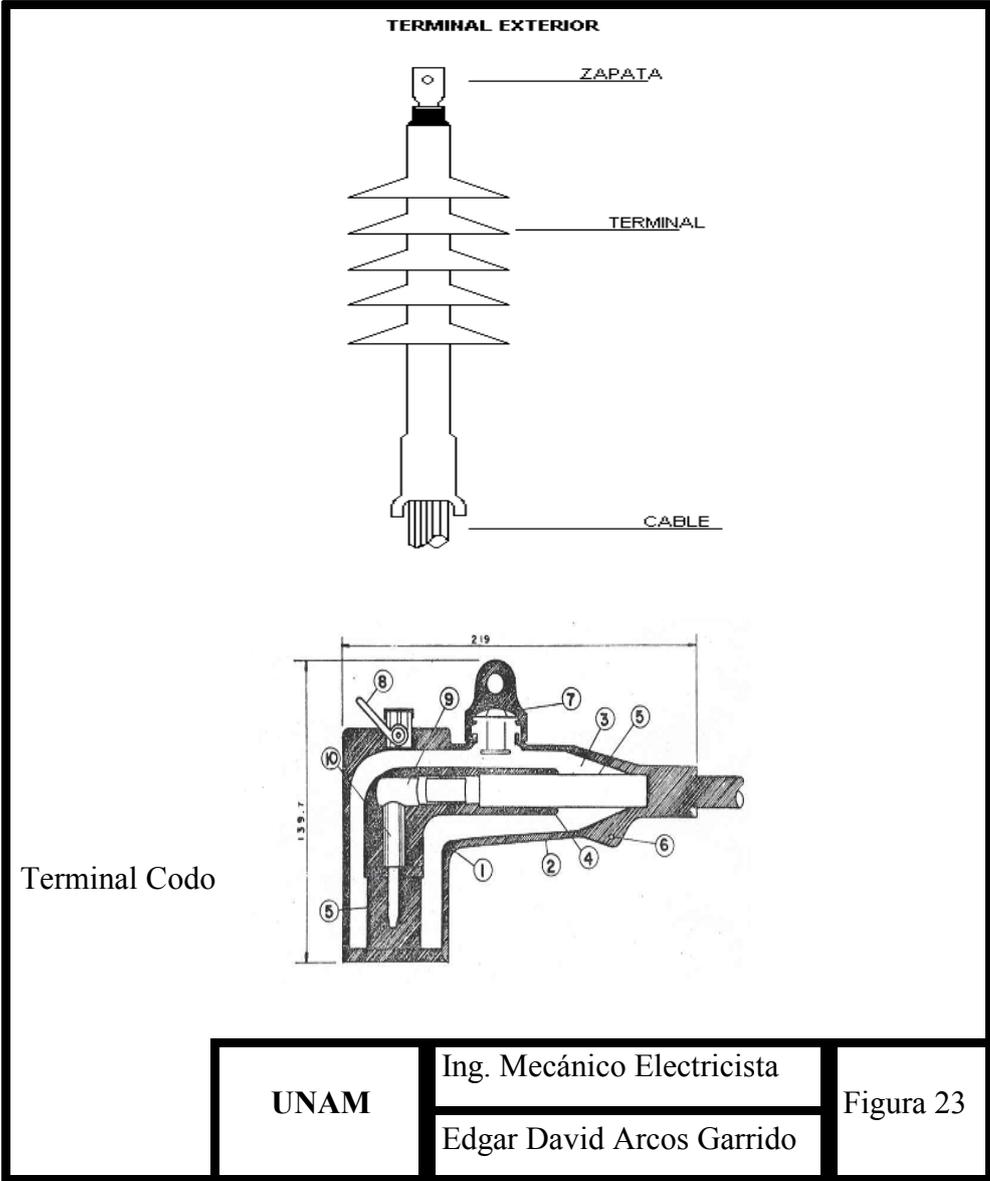
Características	UNIDAD	1x15	1x35	1x70	1x150	1x240	1x400
Sección real del conductor	mm <sup>2</sup>	13.30	33.62	67.42	152.0	253.4	405.4
Numero de Hilos		7	7	19	37	37	61
Diámetro exterior del cable	mm	7.76	10.51	14.69	20.72	25.49	31.58
Diámetro del conductor	mm	4.67	7.42	10.63	15.90	20.67	26.00
Longitud del tramo de cable	mm	500	500	500	500	500	300
Masa del tramo de cable	Kg	74.33	172.83	341.73	751.98	1234.75	1163.4
Resistencia a 60 Hz y 90°C	Ω/Km	1.678	0.662	0.331	0.149	0.092	0.062
Reactancia a 60 Hz circuitos trifásicos, cables horizontales	Ω/Km	0.025	0.022	0.021	0.019	0.018	0.018
Caída de tensión por fase	V/A.Km	1.678	0.662	0.331	0.150	0.094	0.065
Corriente nominal de trabajo							
• Enterrado	A	110	170	270	420	--	--
• En aire	A	--	--	--	--	450	600
Corriente Máxima							
• Enterrado	A	150	240	350	520	--	--
• En aire	A	--	--	--	--	700	950

Tabla 2



**3.3 Terminales.**

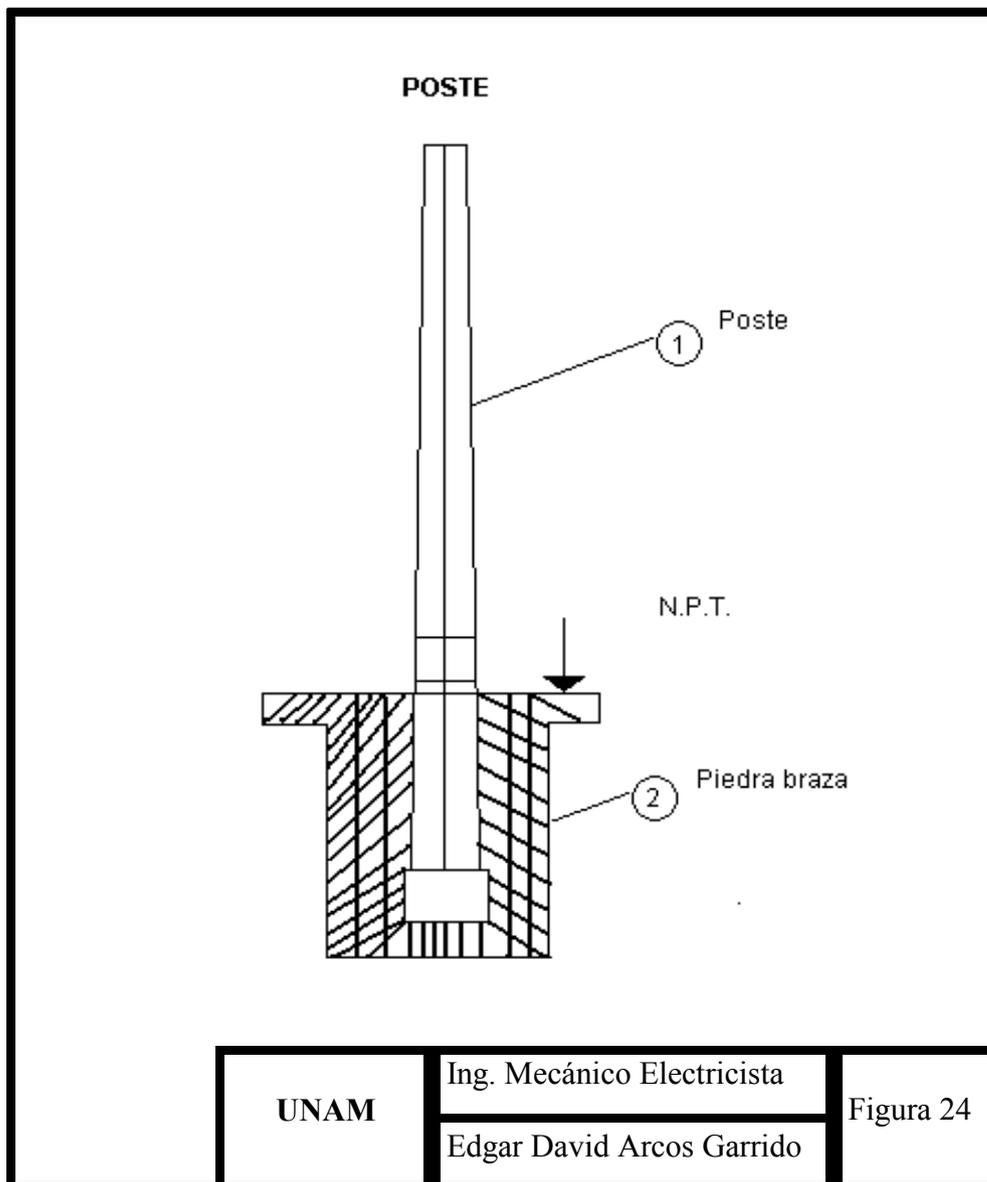
Es el elemento que se conecta al final de la punta del cable para instalarse en los equipos de mediación o para conectar un ramal de un troncal. Claro con su respectiva guía. Hay terminales interiores tipo codo y terminales exteriores como se puede observar en la figura 23.



### 3.4 Materiales y Accesorios.

#### Poste.

Es el elemento que funciona como el soporte de cables transformadores cuchillas interruptores etc. Como se puede observar en la figura 24.



A continuación en la tabla se describen algunos postes que se utilizan para la instalación de la acometida.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Poste CR 9	CR = concreto reforzado 9 = longitud aproximada en m.	Soporta Líneas de Distribución. Acometidas en MT y BT Transformadores
Poste CR 12	CR = concreto reforzado 12 = longitud aproximada en m.	Soporta Líneas de Distribución. Acometidas en MT y BT Transformadores
Poste CR 12 E	CR = concreto reforzado 12 = longitud aproximada en m. E = Especial	Soporta Líneas de Distribución. Acometidas en MT Y BT Transformadores
Poste CR 12 M	CR = concreto reforzado 12 = longitud aproximada en m. M = Macizo	Soporta Líneas de Distribución. Acometidas en MT YBT Cuchillas, interruptores, transformadores hasta 112.5 KVA
Poste CR 14 E	CR = concreto reforzado 14 = longitud aproximada en m. E = Especial	Soporta Líneas de Distribución. Acometidas en MT y BT Transformadores.

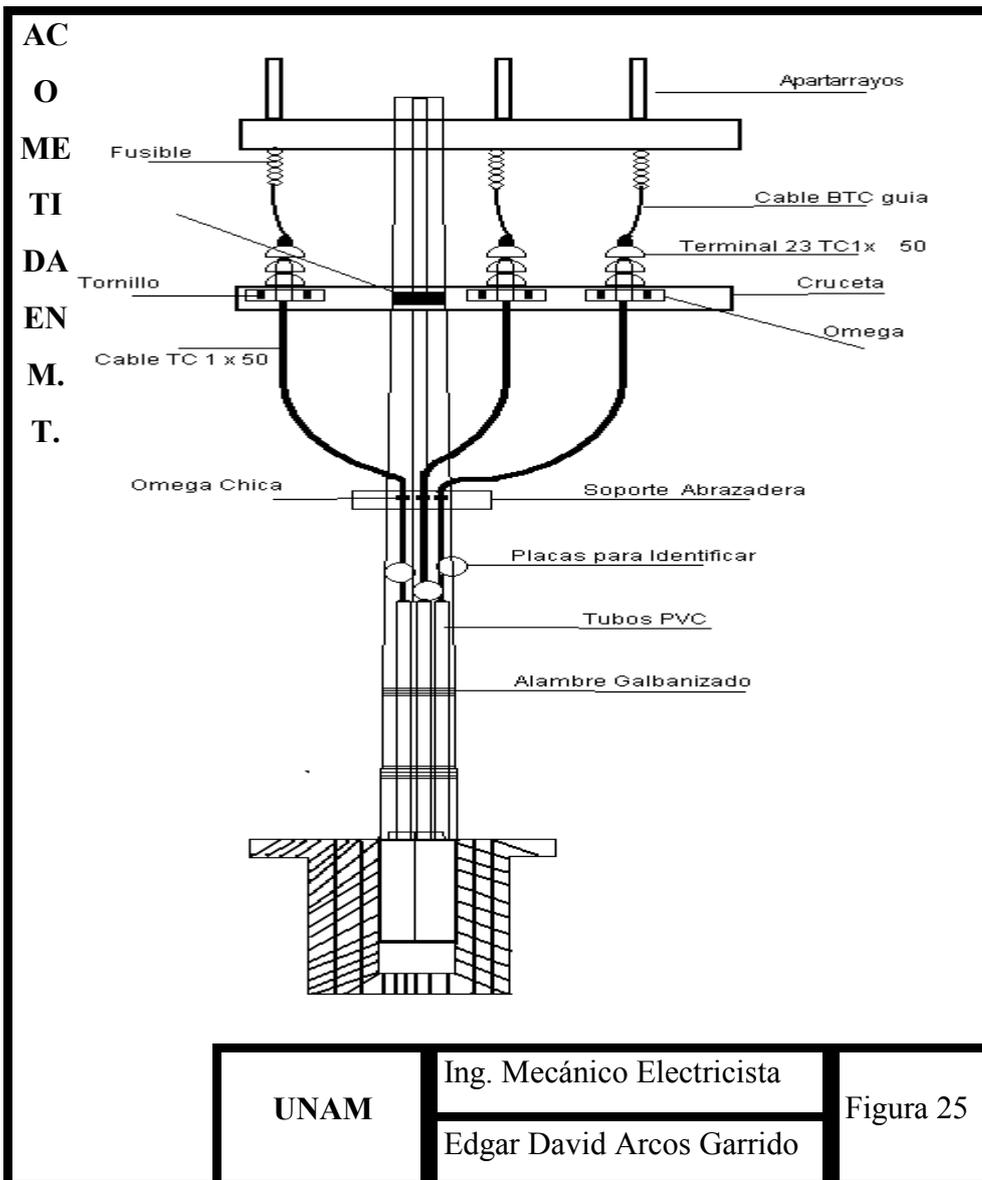
Tabla 3

Material de instalación de una acometida en Mediana Tensión.

Descripción	Unidad	Cantida
-------------	--------	---------

		d
Abrazadera Cable 32 E	Pz	12
Abrazadera 8 U	Pz	2
Alambre galvanizado 10	M	14.50
Arandela Plana 9,525 MM	M	2
Cable BTC 1 X 35	M	6
Cable 23 TC 1 x 50	M	51
Cable CUD 1/0	Pz	5
Conector Tierra E	Pz	1
Cruceta 43 T	Pz	1
Dado de 45	Pz	1
Letrero 23CS poste	Pz	1
Placas Identificación Cable 23	Pz	3
Soporte Abrazadera Cable P6	Pz	1
Soporte Abrazadera Cable P7	Pz	1
Terminal 23 E 1 x50 s	Pz	3
Terminal Codo 23 -200 TC 1 x 50	Pz	3
Tornillo Maquina ½ x 1 ½	Pz	6
Tornillo Maquina 3/8 x 1 “	Pz	2
Tubo Protector PVC 3060	Pz	3
Tornillo 3/8 x 2”	Pz	12
Tornillos 3/8 x 4”	Pz	2
Espárrago	Pz	1
Rondanas 3/8	Pz	24
Rondanas ½	Pz	24
Omegas	Pz	6
Rondanas 5/8	Pz	20
Grapa Grosby	Pz	2
Zapatas	Pz	3
Tuercas 3/8	Pz	12
Cinta plástica aislante (colores)	Pz	4

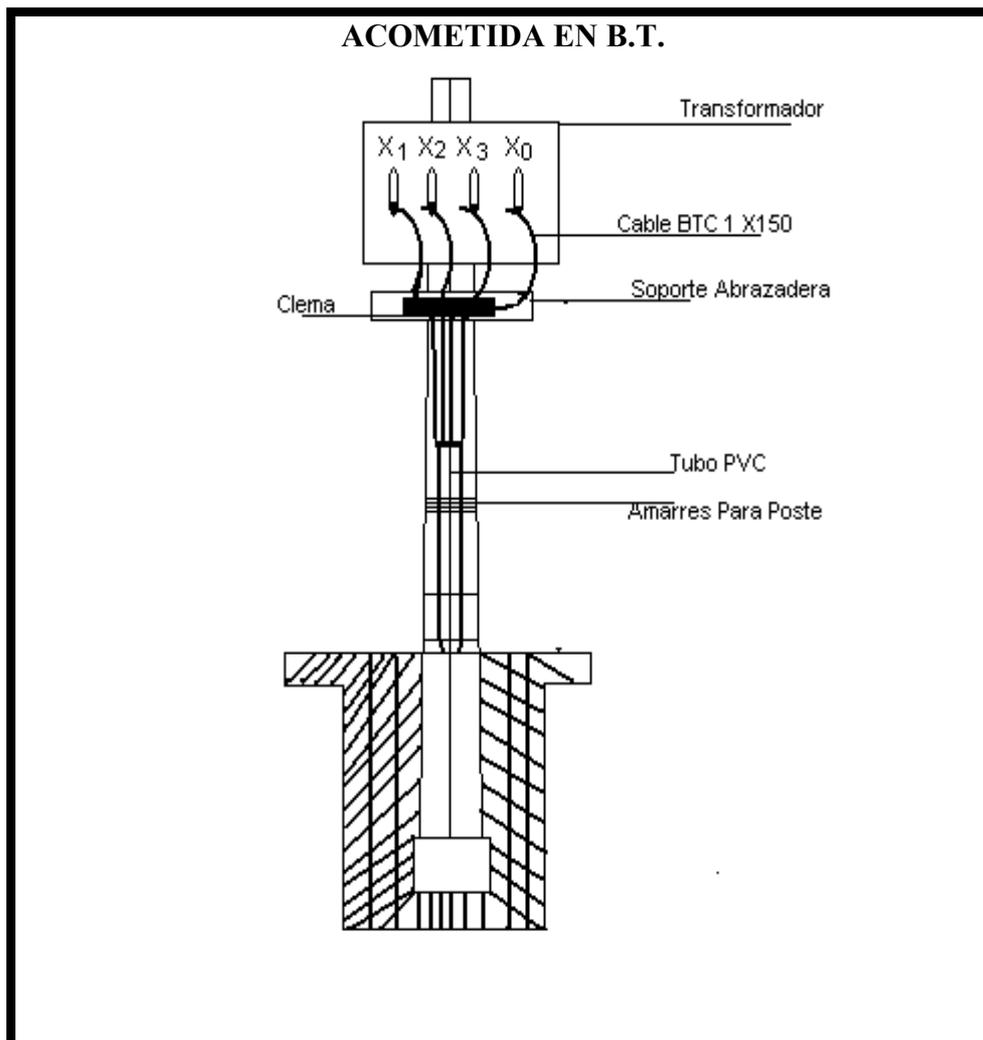
Tabla 4



Materiales de instalación para acometidas de Baja tensión

Descripción	Unidad	Cantidad
Alambre galvanizado	M	10
Cable BTC 1 x 150	M	45
Cable BTC 1 X 70 (neutro)	M	15
Soporte Abrazadera	Pz	1
Clema	Pz	1
Tornillos 3/8 x 2 1/2"	Pz	2
Tornillos de 3/8 x 4"	Pz	2
Rondanas 3/8	Pz	4
Rondanas 1/2	Pz	4
Tuercas 3/8	Pz	2
Tubo PVC	Pz	1
Cinta Plástica aislante (Colores)	Pz	4

Tabla 5



UNAM	Ing. Mecánico Electricista	Figura 26
	Edgar David Arcos Garrido	

#### IV. DETECCION, LOCALIZACIÓN Y REPARACION DE FALLAS EN LOS CABLES DE M.T. Y B.T.

- Causa que origina Fallas en los Cables de M.T.
- Uso de equipo para localizar fallas en Mediana Tensión.
- Reparación de fallas de los cables de M.T.
- Fallas de cables en Redes Radiales de Baja Tensión.
- Uso de lámparas de prueba.
- Funcionamiento de las lámparas.
- Uso de las lámparas de prueba.

Las redes subterráneas eléctricas de mediana y baja tensión se construyen con el propósito de garantizar la continuidad del servicio. En el diseño son considerados principalmente los siguientes puntos:

- Carga.- Corriente eléctrica que requiere o demanda el consumidor.
- Tipo de cable.- según las características del suelo, a las normas de ecología y de acuerdo a la carga, es el calibre del cable.
- Perdidas de energía.- Es la caída de voltaje debido a la carga y al calibre del cable principalmente.

Existen puntos de difícil consideración que son las fallas o daños a los cables, que ocasionan interrupción en el servicio eléctrico.

Existen una gran variedad de causas o motivos, circunstancias por los cuales se puede generar fallas en los cables.

El estudio de los cables nos ayuda a tener, una idea precisa en la ejecución de **programas de trabajo** tendientes a mejorar las condiciones del sistema de Red de distribución Subterránea.

Uno de estos programas es el de pruebas, por medio de las cuales podemos saber las condiciones en que se encuentra el sistema en un momento dado, así como tratar de evitar las fallas antes de que ocurra esta.

Si ocurre una de estas fallas se hace un estudio al cable para tratar de ver cual fue el motivo del daño.

## **4.1 Causas que originan fallas en los cables de M.T.**

- Fallas en los cables adyacentes o fuego externo. Generalmente estas fallas se presentan en lugares en donde se tienen varios cables, como pozos de visita o en sitios donde se aglomeran diferentes alimentadores. Las causas por fuego externo son.- calderas adyacentes, tuberías de agua o vapor, alta temperatura ambiente, baja conductividad térmica y falta de ventilación.
- Sobrecarga del cable. Se presentan cuando el aislamiento del cable ha sido sobrecargado (sobrecalentado por exceso de corriente), por un periodo considerado de tiempo, en algunos casos se carboniza y se presenta un fuerte olor a quemado.
- Sobrecalentamiento por falso contacto. La falla se presenta normalmente en las uniones del cable, en las conexiones a transformadores, protectores de red o buses. Si el cable se encuentra ponchado (unido) a una zapata, generalmente esta se desconecta por el fuerte calentamiento, producido por el falso contacto. El aislamiento del cable llega a quemarse en los lugares cercanos al falso contacto.
- Fallas mecánicas. La cubierta de un cable que ha estado sujeto a vibraciones por un tiempo suficiente para que falle, presenta características como superficies melladas cerca de los puntos de soporte por los cuales puede penetrar la humedad al cable. Los constantes cambios de temperatura provocan dilataciones y contracciones que hacen que se fatiguen las cubiertas de los cables provocando fracturas en el polietileno en los lugares donde se encuentran muy presionados como los soportes abrazaderas o las uniones de los ductos. También existen diferentes tipos de fallas mecánicas como daños causados por herramientas de trabajadores o equipos de construcción, palas, barretas, picos y grúas mecánicas. También se presentan fallas causas por morderas de ratas.
- Defectos de fabricación. Son tres:
  1. En la cubierta del cable o tierra. Al instalar el cable dan lugar a puntos por donde penetre la humedad y esta forma que la tierra se forme sarro o se sulfate.
  2. En el aislamiento. Que este ya muy deteriorado o que este muy reseco.
  3. En el conductor. Se puede encontrar los siguientes defectos: conductores mal trenzados, hilos quemados y sectores retorcidos. Cuando el cable tiene menos de tres años de haberse instalado y se presenta una falla de esta naturaleza se deberá atribuir a mala fabricación del cable.
- Fallas por curvatura excesiva en el cable. Tales fallas se presentan al poco tiempo de instalar el cable, teniéndose el polietileno muy doblado. En lo general el cable no debe doblarse a un radio menor de diez veces su diámetro.
- Defectos de instalación. Las principales fallas se presentan al jalar el cable. La cubierta se rasga o debilita por el contacto con los bordes de los ductos cuando el cable pasa por ellos.
- Humedad en el cable. Un gran número de cables fallan por humedad, aunque en la mayoría de las veces la admisión de esta puede ser a causa de fallas en la cubierta del

cable, debido a cualquier defecto de la clasificación general. La humedad puede penetrar en el cable por las puntas del mismo cuando están mucho tiempo a la intemperie sin protección alguna. Por lo general este es una de las causas que provocan mayor daño a la red.

- Envejecimiento normal del cable. Las fallas en los cables muy viejos se distinguen por presentar principalmente el polietileno completamente duro y reseco.
- Fallas en las uniones. Son las fallas mas comunes, de estas se pueden tomar en cuenta las siguientes causas:
  1. basura o humedad en las cintas con que se protegen las uniones.
  2. mal encintado.
  3. mala ponchada al conector.
  4. no aplicar el calor uniforme al tuvo
  5. admisión de humedad por no sellar las orillas del tuvo.

#### **4.2 Uso de equipo para localizar fallas en Mediana Tensión.**

Varios de los instrumentos y métodos empleados para llevar a cabo los ensayos de prelocalización, arrojar únicamente resultados aproximados, no siempre son exactos, razón por la cual no deberán tomarse como definitivos, como para decidirse a abrir alguna excavación o cortar el cable en lugar determinado como resultado del ensayo, cometiendo lamentable error difícil de corregir y que resulte demasiado costoso.

Para ubicar la situación precisa de la causa que genero la falla en el cable es necesario, para determinar mejor la situación y actuar con mayor rapidez para no interrumpir el servicio eléctrico, por eso se necesita usar el equipo para localizar dicha falla. Estas fallas en la red de distribución subterránea en Mediana Tensión se clasifican en dos:

1. Daño visible. Es la falla que se puede ver ya sea en la acometida en los pozos de visita o en los equipos de medición.
2. Daño no visible. En este caso son las fallas que no se pueden ver. Como, entre los ductos.

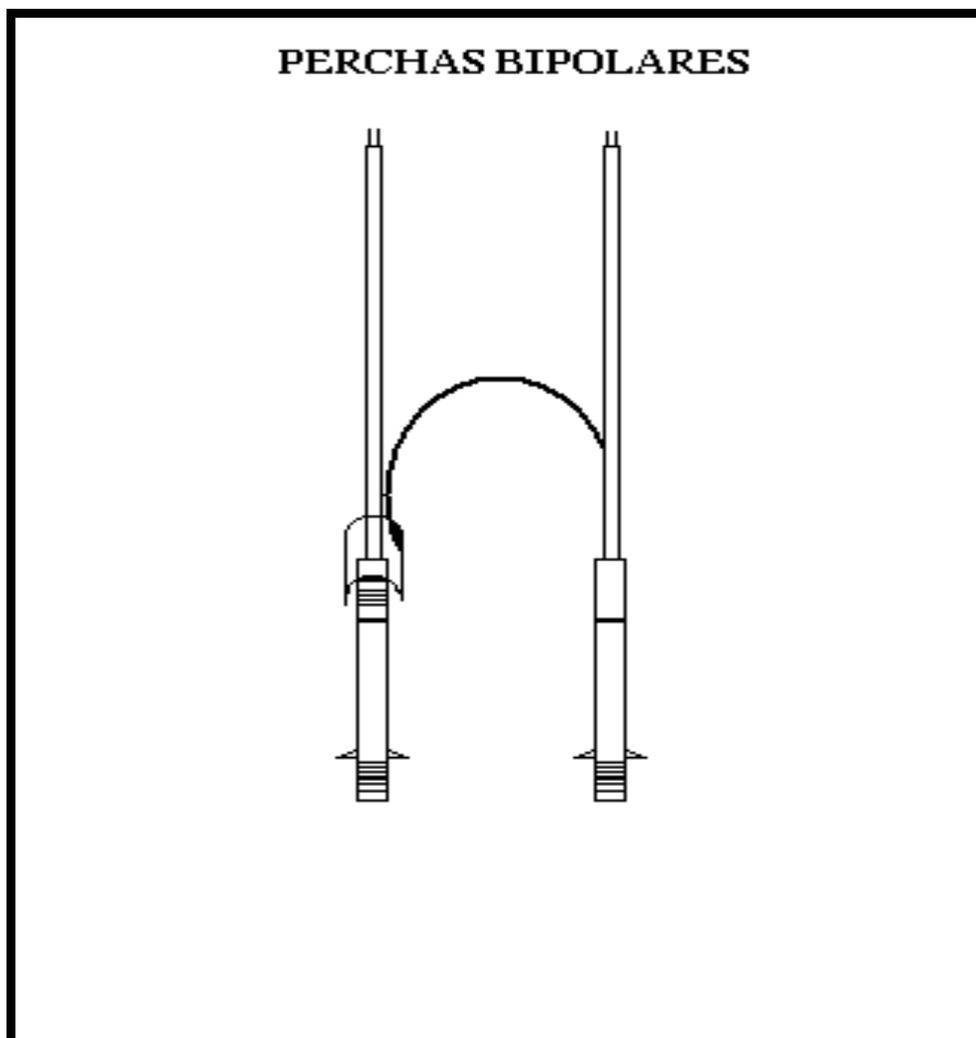
Una vez determinado los puntos anteriores, se procede a un análisis previo sobre los extremos del cable, para conocer en la forma más posible, el género de la falla de esta manera poder escoger por consiguiente, el método mas adecuado en las pruebas de localización.

Esto consiste en medir. Con los aparatos siguientes:

- La resistencia de falla.
- La continuidad de los conductores.
- La continuidad de la tierra.

Es el momento de hacer una pausa para entender y aprovechar en lo posible los resultados obtenidos de los aparatos o elementos que continuación se mencionan que ayudan y facilitar la localización del lugar en donde se encuentre la falla.

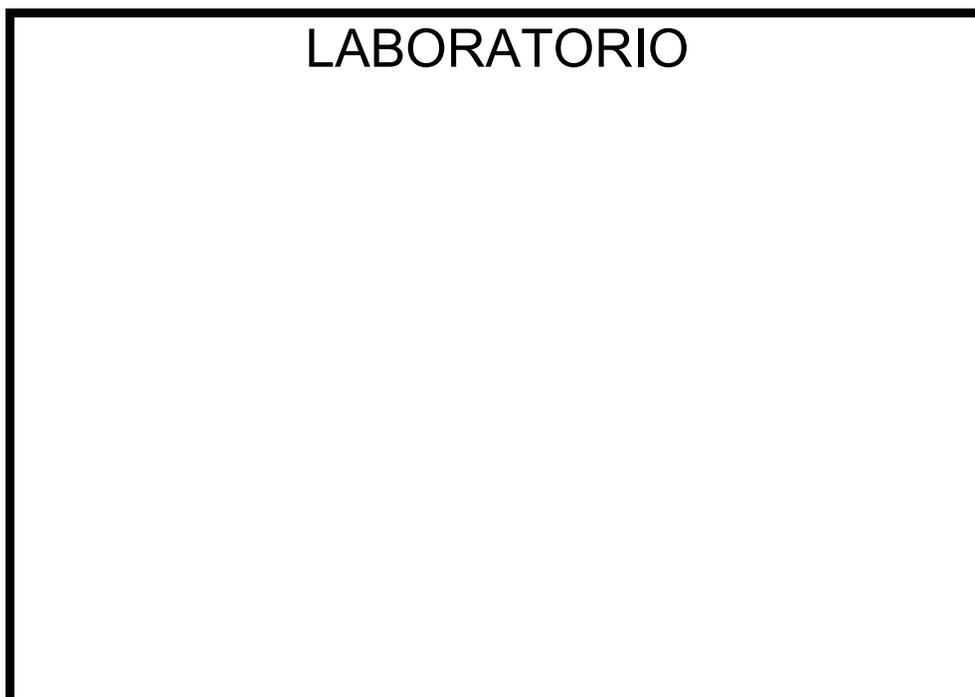
*Perchas bipolares.* Las perchas bipolares es un equipo que esta constituido por dos bastones conectados entre si, tiene una perilla la cual determina la capacidad de voltaje que tiene que medir el cable (23KV) y un foco el cual determina si hay presencia o ausencia de potencial como se puede observar en la figura 27. Estas funcionan acercando las perchas a las terminales y se hace la prueba entre fases y se determina si hay o no potencial. Posteriormente se puede tener la tranquilidad de reparar el cable o manipularlo.

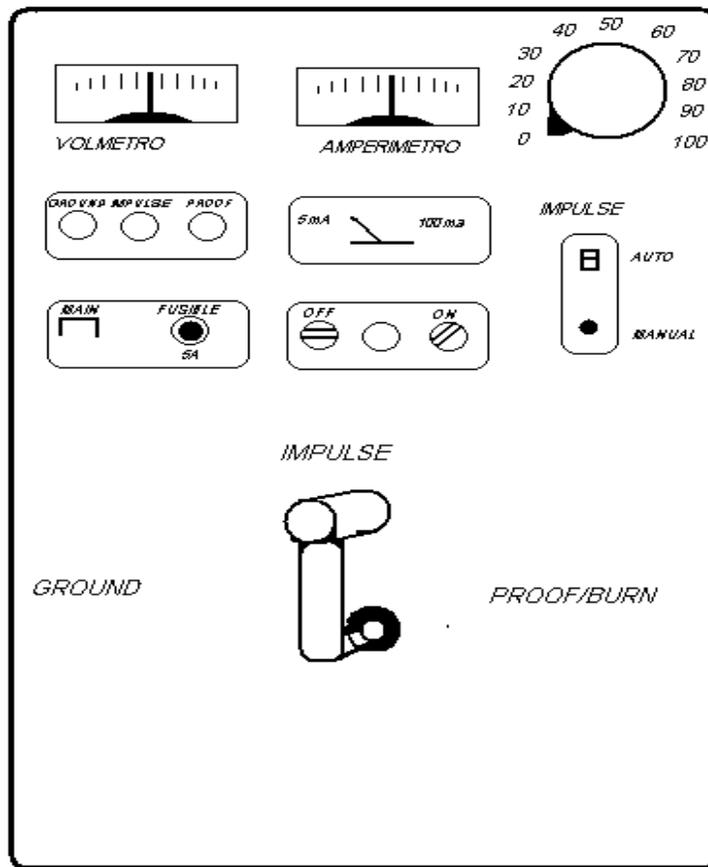


UNAM	Ing. Mecánico Electricista	Figura 27
	Edgar David Arcos Garrido	

*Laboratorio.* Este es un equipo muy necesario en la localización de las fallas no visibles. Suponiendo que no se tiene el plano actualizado, existe este aparato que nos podemos auxiliar en la búsqueda del trazo de un cable. Para tal fin estos instrumentos pueden generar en el conductor ondas de frecuencia musical o introducirle una corriente eléctrica que genere un campo magnético fácil de localizar, y así saber el lugar exacto en que se encuentra nuestro cable, y/o la falla. Sus múltiples funciones ayudan a detectar y determinar que tipo de falla es, en este caso la forma de instalarse es por fases (fase A, fase B, fase C) por lo regular es para tramos largos de cable el cual es difícil ver el daño. Otro uso que se le da al laboratorio es de franqueo de la falla; consiste en reducir la resistencia eléctrica del punto donde se tenga el daño, de un valor de varios Megohms, a unos cuantos Ohms, para poder efectuar sobre la falla mediciones galvanómetros, o enviar descargas eléctricas (impulsos), que permita localizar la parte afectada. La forma de realizar el franqueo es utilizando el laboratorio con la palanca accionar hacia el quemados que obligue a producir sobre el desperfecto una circulación de corriente suficiente para carbonizar los aislamientos y reducir a solo algunos Ohms su resistencia. Otra forma para eliminar la duda acerca del lugar donde se encuentra, es necesario comprobar físicamente que el daño se tenga efectivamente en ese lugar, antes de intervenir sobre el cable. Es el método consiste principalmente en enviar a través del cable defectuoso o del equipo dañado estando el resto de los conductores conectados a tierra, una onda de impulso suficiente para brincar en forma de arco eléctrico, en los lugares con falla, produciendo ruido.

Este equipo esta constituido por:





UNAM

Ing. Mecánico Electricista

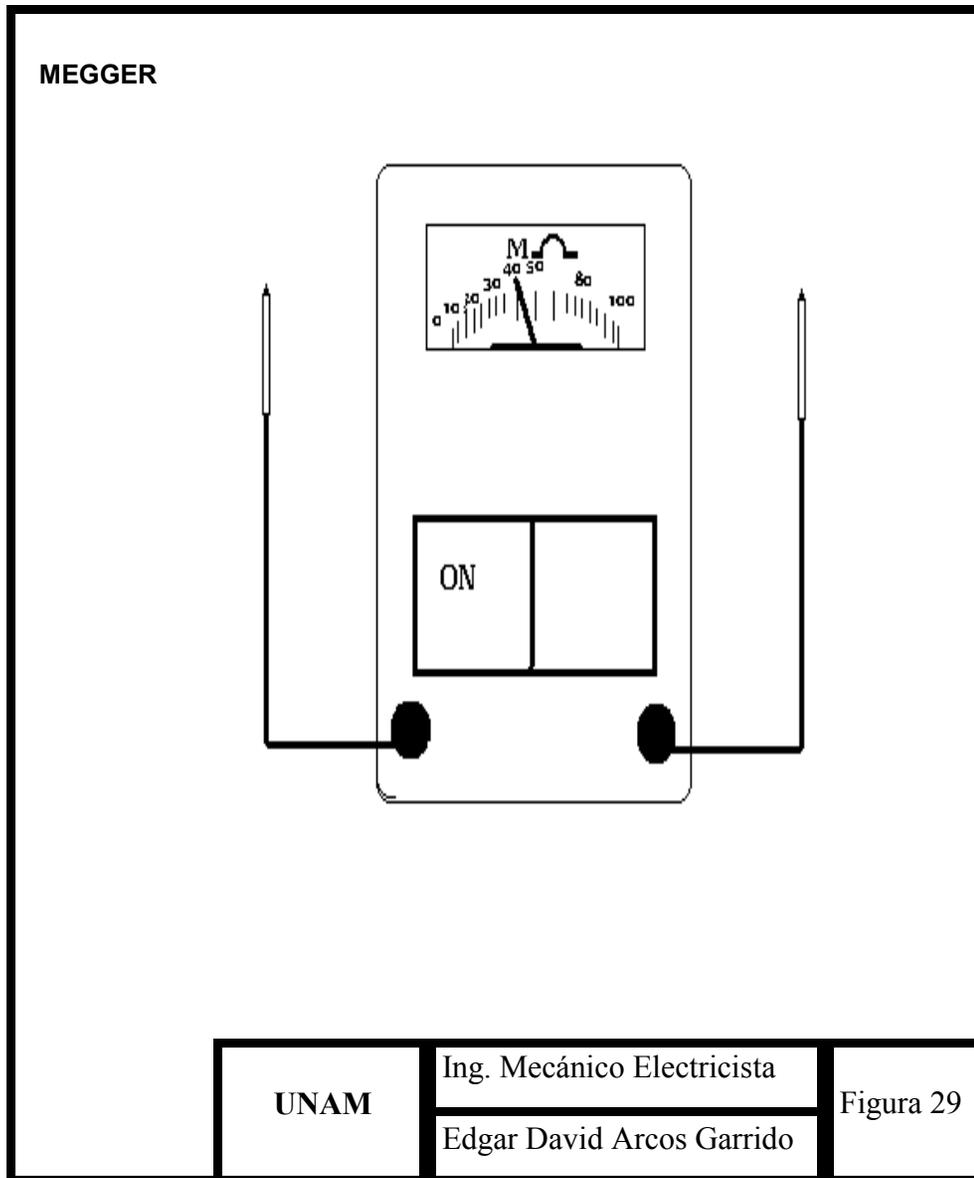
Edgar David Arcos Garrido

Figura 28

- cable bujía
- cable para la tierra física.
- Cables para una fuente de alimentación de 127 V ca
- Un transformador.
- Una palanca que tiene la función de actuar como quemador, para mandar impulsos (automático y manual) y para aterrizar el laboratorio.
- Una perilla que es el control para aumentar el voltaje su escala (0-100)
- 

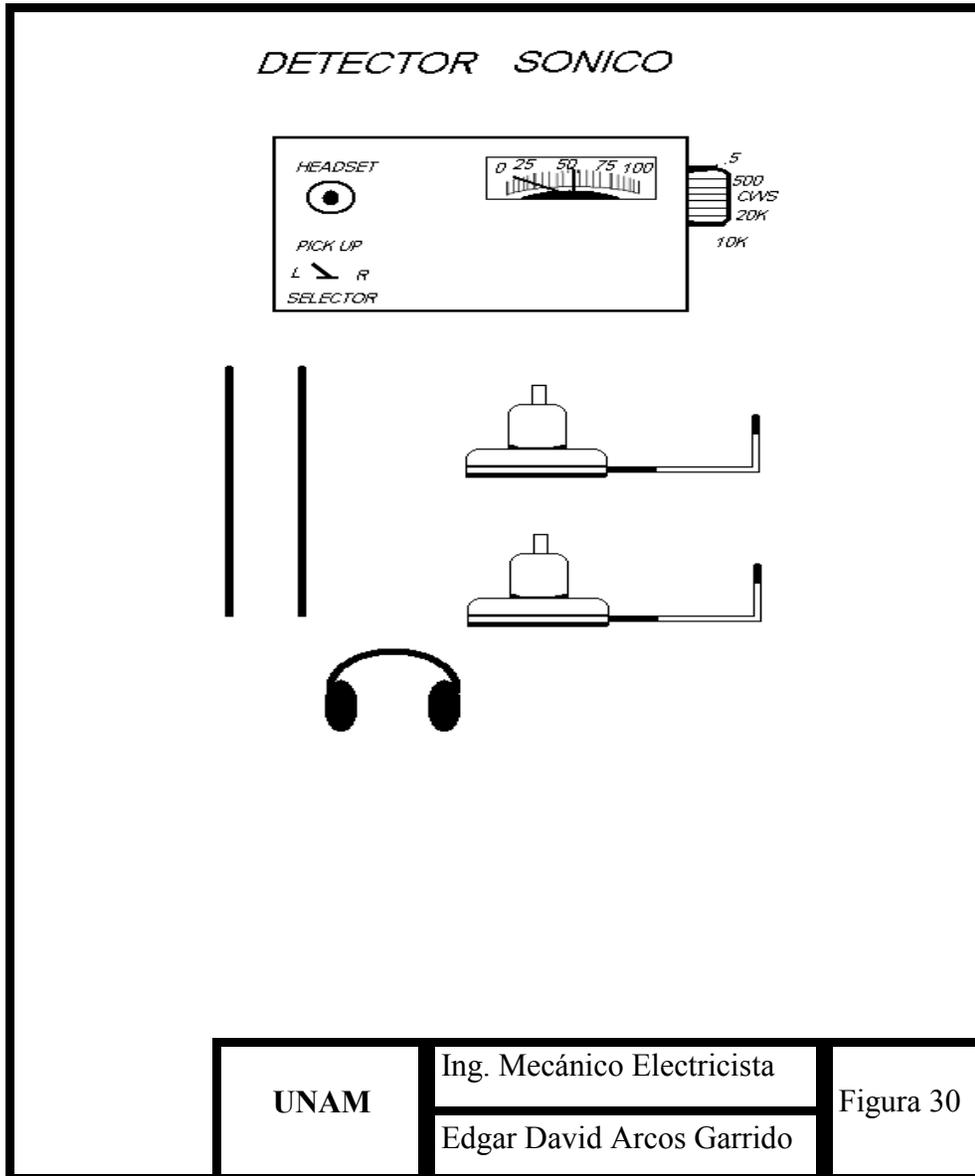
*Megger.* Este equipo tiene diversas formas de uso, en este caso el uso que se da es para determinar la resistencia del cable. Este aparato mide valores de resistencia hasta 50000 megohms aplicando una tensión eléctrica de hasta 5000 volts. Este instrumento tiene en un costado tres bornes de conexión, ellos son; tierra, línea, guarda y un ajuste a infinito.

Principio de funcionamiento. Si el cable está trozado, la aguja del equipo tiende a irse a cero. Si el cable no está trozado la aguja tiende a irse a infinito.



*Detector Sonico.* Este equipo es muy importante en las fallas no visibles, ya que con este equipo se puede localizar las fallas y se puede trabajar en conjunto con el laboratorio. En el método de impulso del laboratorio cuando se escucha el **ruido** es cuando se utiliza este equipo porque permite oírlo, ya sea en los boquillas de los ductos, ubicados en los pozos de visita, si se trata de un cable instalado en ductos, o en el caso de conductor enterrado directamente, nos podremos auxiliar. El cual esta constituido por:

- Un audífono.
- Dos bastones con sus detectores.
- Aparato controlador

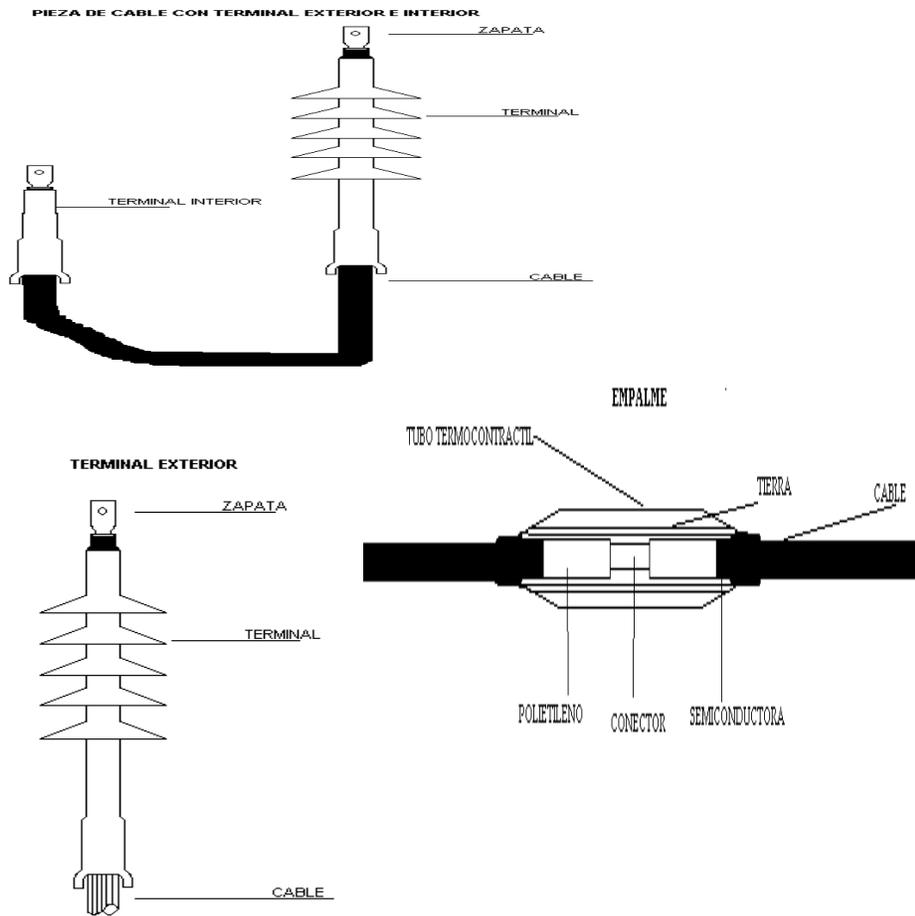


### **4.3 Reparación de fallas de los cables de M.T.**

Ya localizada la falla, se procede a hacer la reparación las cuales están constituidas por diversas formas. Una de las mas comunes es la de elaborar una unión recta (empalme) o elaborar una Terminal o lo mas viable cambiar la pieza completa y elaborar terminales ya sea exterior e interior.

Esto es con el fin de tener el sistema con mayor continuidad para el cliente. A través de la experiencia de los trabajadores se ha determinado que lo más usual para la reparación es común llevar estos tipos de materiales a donde se propicio la falla, para mayor rapidez en la elaboración y ahorrar tiempo.

## Material de instalación en una Falla



UNAM

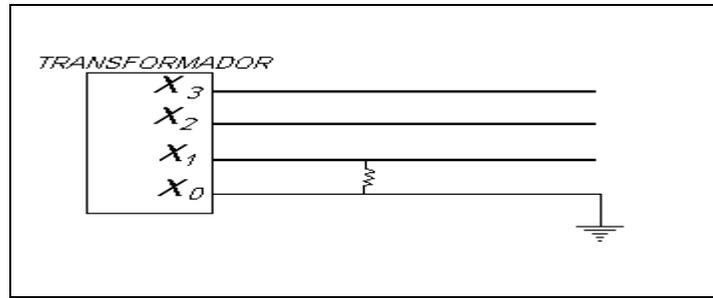
Ing. Mecánico Electricista  
Edgar David Arcos Garrido

Figura 31

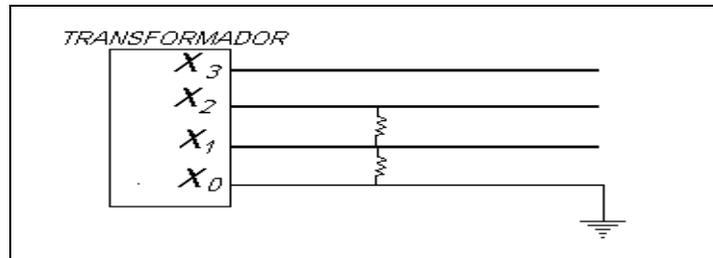
#### 4.4 Fallas de cables en redes radiales de baja tensión.

En las redes de baja tensión se utilizan los cables BTC, protegidos con fusibles instalados en los buses, y al presentarse un corto circuito, los fusibles se abren e interrumpen instantáneamente el paso de la energía hacia el punto de falla, quedando unidos los cables afectados directamente, por esto las fallas en red radial son:

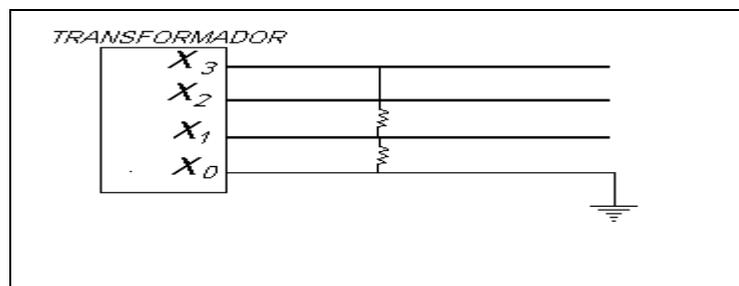
1. Falla de una fase a tierra. Es el cable unido al neutro puede ser directo o mediante una resistencia, en el ultimo caso se dice existe humedad.



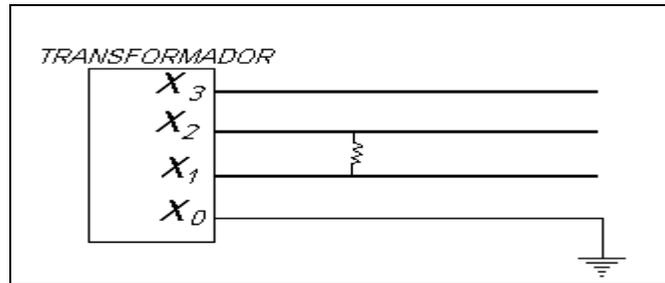
2. Falla de dos fases a tierra. Es la unión de dos cables y el neutro al igual que en el caso anterior puede presentarse mediante una resistencia, y el resultado será el mismo, porque el circuito no se podrá normalizar hasta que se repare la falla.



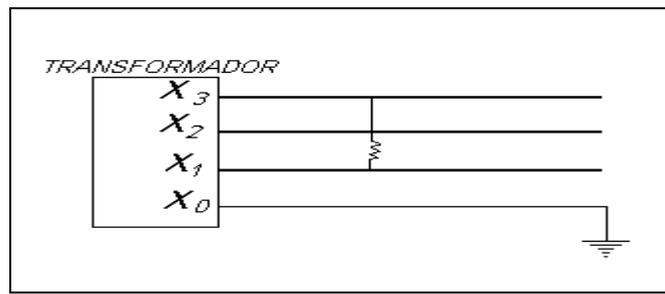
3. Falla de tres fases a tierra. Es la unión de tres cables y el neutro al igual que los casos anteriores la unión de los cables puede ser mediante una resistencia.



4. Falla de dos fases cruzadas y aisladas. Es la unión de dos cables, también puede ser por medio de una resistencia.



5. Falla de tres fases cruzadas y aisladas. Es la unión de los tres cables unidos entre si y separados al neutro, la falla puede ser mediante una resistencia.



#### **4.5 Uso de lámparas de prueba.**

Un instrumento de uso común en los trabajos que ejecuta en sus labores diarios el personal operativo de instalación y mantenimiento del departamento de cables subterráneos y sustituye eficientemente las funciones de un voltímetro y de un amperímetro, son las lámparas de prueba.

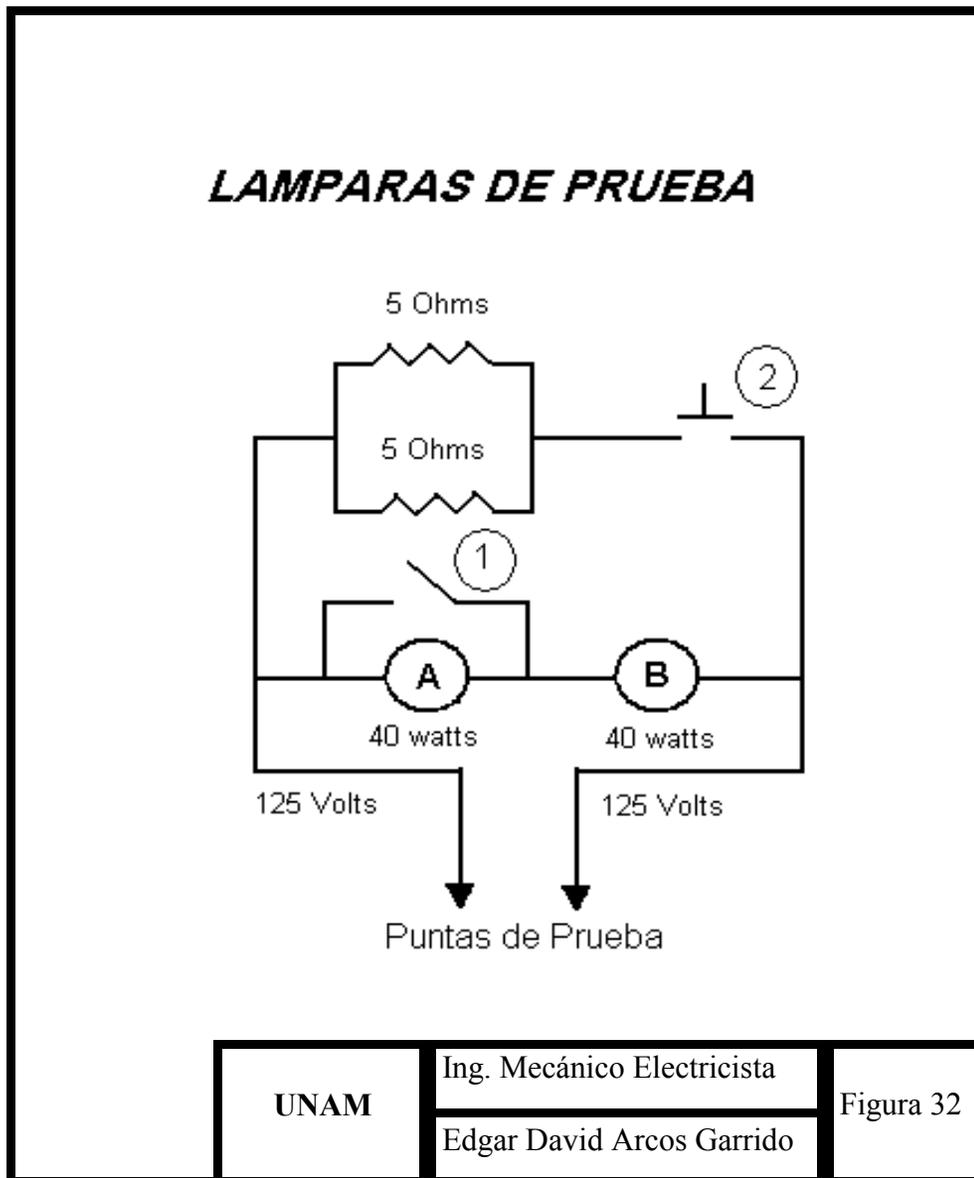
Cuando se conectan en paralelo si encienden o no las lámparas detectan la presencia o ausencia de potencial, y el valor de voltaje depende si se conectan entre fases (220 volts) o de fase a neutro (127vlt).

Conectándose en serie y dependiendo de la intensidad luminosa de las lámparas se puede determinar aproximadamente la intensidad de corriente eléctrica (carga), o la existencia de algún daño o falla en los cables de baja tensión.

Su versatilidad depende principalmente del bajo costo de su construcción y de su eficiencia, aunque los resultados que se obtienen de las lámparas de prueba, en gran medida son directamente proporcionales a la experiencia y habilidad de la persona que las utilice.

Sus elementos de construcción son:

- Dos lámparas incandescentes de 40 watts a 125 volts.
- Dos resistencias de 5 ohms cada una (alambre Nicromel de #22).
- Una caja de celorón (para colocar adecuadamente las partes).
- Una extensión de alambre duplex calibre # 10 con terminales de punta.
- Un interruptor (para desconectar una de las lámparas).
- Un interruptor o botón (para conectar a las resistencias).



#### **4.6 Funcionamiento de las lámparas.**

Quando el interruptor 1 se encuentra en posición Abierto las lámparas A y B quedan conectadas en serie, logrando con esto que el voltaje que se aplique en las terminales de punta, sea dividida entre

las lámparas, de tal forma que si se conecta en los extremos una tensión de 220 volts, a cada lámpara se le suministra 125 volts aproximadamente. Y si el interruptor 1 se encuentra en posición cerrado la primera lámpara "A" queda fuera de servicio de tal forma que solo se podrá conectar un voltaje de 125 volts al foco "B".

El interruptor 2 tiene la condición de mantenerse normalmente abierto, de tal forma que las resistencias de 5 ohms permanecen desconectadas hasta que se oprime el botón para que el interruptor 2 quede cerrado logrando con ello se conecte en paralelo las resistencias y las lámparas incandescentes.

#### **4.7 Uso de las lámparas de prueba.**

Las lámparas de prueba únicamente se deben utilizar en pruebas de baja tensión a 220 volts o 127 volts. Antes de iniciar cualquier prueba se debe comprobar que los focos, las resistencias, los interruptores, las puntas de prueba y sus extensiones así como sus puntos de contacto se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.

Con las lámparas de prueba se puede realizar lo siguiente:

Detectar potencial.

Con el interruptor 1 abierto primeramente (posición de las lámparas para probar a 220 volts) se comprueba la presencia de voltaje, las puntas o terminales de un cable. Si las lámparas se encienden nos indicará la existencia de voltaje, en caso contrario se mantendrán apagadas.

Una vez confirmada la presencia de potencial, se puede verificar en un cable trifásico la existencia de 220 volts en el mismo, la siguiente manera: las puntas de las lámparas de prueba se conectan a los cables de las fases 1 y 2 (confirmar que el interruptor 1 se encuentra abierto). Acto seguido se hace la misma operación entre los cables de las fases 2 y 3. Posteriormente se prueban entre las fases 3 y 1. En los tres casos las lámparas deben encender a su intensidad normal.

El tercer paso es probar voltaje a 127 volts y es como sigue:

Se cambia el interruptor 1 a la posición de cerrado quedando puentada la lámpara "A". a continuación una de las puntas de prueba se conecta primeramente a un punto neutro(plomo de los cables, neutro de un transformador cercano o una varilla cooperweld). La otra punta de prueba se conecta al cable de la fase 1. Después se prueba de la misma forma la fase 2 y finalmente la fase 3. En cada caso la lámpara "B" encenderá a su intensidad normal, demostrando la existencia de potencial de 127 volts.

## V. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- Objetivo.
- Generalidades.
- Organización del mantenimiento.
- El método del camino crítico.
- Las actividades de un mantenimiento

### **5.1 Objetivo.**

El crecimiento que el sistema subterráneo ha tenido principalmente durante los últimos años, ha requerido de una revisión a los programas de trabajo aunque cuenta con un alto índice de confiabilidad, esta sujeto a interrupciones en el servicio de los clientes cuando fallan los alimentadores primarios, por lo que existen amarres entre varios de ellos como ya se ha mencionado en los anteriores temas, es necesario de un mantenimiento preventivo, que se ha desarrollado a lo largo de todos estos años.

Es preocupación del Departamento de Cables Subterráneos, mantener cada vez mejor la continuidad del servicio a todos sus consumidores, por lo que las interrupciones de energía tiene importantes consecuencias que es necesario evitarlas hasta donde sea factible.

Por este motivo es necesario practicar el MANTENIMIENTO PREVENTIVO que comprende:

- la inspección.
- El mantenimiento propiamente dicho.
- Las reparaciones.

Las causas para dar mantenimiento al sistema se pueden resumir como sigue:

- Asegurar en todo momento el funcionamiento adecuado de las instalaciones y equipos.
- Garantizar la duración del equipo y, hasta donde sea práctico y económico, prolongar su vida útil.
- Mantener una apariencia estética.

El logro de estos Principios se obtienen básicamente por medio de:

- Medidas de control que se anticipan en tiempo a las fallas para tomar medidas pertinentes.
- Limpieza periódica, lubricación o reemplazo de las partes expuestas a un desgaste excesivo.
- Un mantenimiento general del sistema.
- Colección y retroalimentación de la información relativa al mantenimiento, con objeto de mejorar las instalaciones técnicas, que a su vez mejorarán el sistema.

La realización de los servicios necesarios requiera ciertas pautas que están determinadas por aspectos técnicos, económicos y de organización.

Es conveniente mencionar que dichas recomendaciones deben ser flexibles, ya que deben ajustarse al progreso de los avances técnicos y a la experiencia obtenida en las instalaciones existentes, lo cual puede conducir a conclusiones finales diferentes. Sobre esta base, las medidas expuestas a continuación son particularmente importantes.

- El registro de las fallas o perturbaciones.
- La clasificación precisa, hasta donde sea posible, de las causas del problema.
- El análisis de las estadísticas de fallas.

## **5.2 Organización del mantenimiento.**

La efectividad del mantenimiento y su costo, depende de la organización de dicho mantenimiento. La estructura de la organización se debe basar en la tradición, experiencia e importancia del departamento de Cables Subterráneos, así como en la extensión del área a la que se suministra el servicio.

El grupo de mantenimiento preventivo esta integrado por el siguiente personal:

Un ingeniero jefe del grupo.- coordina, supervisa, desarrolla y aplica métodos y programas de trabajo, administra y es el responsable del mismo.

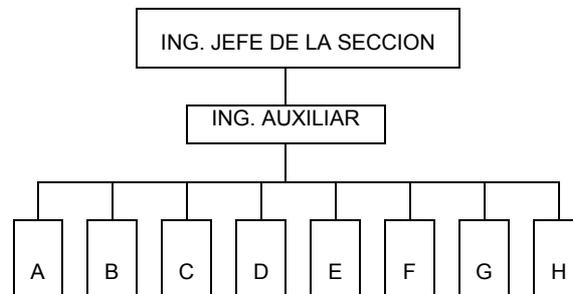
Un ingeniero auxiliar.- coopera en el desarrollo de las funciones con el ingeniero jefe del grupo, coordina, supervisa y lleva un control de las actividades y avances del programa.

Un sobrestante para cada sección (instalación, taller y operación). Es el enlace entre el ingeniero encargado y todos los trabajadores que integran las cuadrillas; controlan supervisan y dan las órdenes de trabajo al personal, colaborando técnica y administrativamente con el ingeniero.

Todo el personal necesario que deberá contar con los conocimientos y la habilidad suficiente para analizar y corregir inteligentemente todo aquel problema que pueda presentarse en el Sistema de Distribución Subterránea. Cualquier plan de operación si se lleva a cabo con personal adiestrado, rendirá mayores resultados benéficos. En contraste, aun el mejor de los planes será un fracaso si se carece de buenos elementos. No se dice esto con el objeto de restarle importancia a un buen plan de organización básica, pero sí para acentuar lo valioso que es emplear personal con experiencia, quienes, bajo la supervisión de hecho hacen las

pruebas, las inspecciones, las reparaciones, movimientos de carga y descarga, analizan y reportan sus hallazgos.

De sus conocimientos, aptitudes y responsabilidades depende la eficiencia y la seguridad de la totalidad del sistema de Distribución Subterránea.



A, B, C, D, F, G y H. son cuadrillas de tres personas que hacen levantamientos, revisión en general en la ruta de los cables de M.T. y B.T. en los pozos de visita. Así cambios de cajas de 4 vías, equipos, de muestre, aseo de bóvedas y subestaciones, etc. Se integran de las tres secciones.

### **5.3 El método de camino crítico.**

Es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas las actividades componentes de un proyecto que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y un costo óptimo, es aplicable y útil en cualquier situación en la que tenga que llevarse a cabo una serie de actividades relacionadas entre sí para alcanzar un objetivo establecido.

Sus principales ventajas son:

- Permite planear y programar efectivamente los recursos disponibles.
- Facilita la simulación de caminos o alternativas de acción visualizando las ventajas y desventajas de las alternativas disponibles para alcanzar el objetivo deseado.
- Es un auxiliar en el entrenamiento del personal al ilustrar la importancia individual de cada actividad y la interdependencia en la ejecución de las distintas tareas.
- En cuanto progresa la realización del proyecto es una guía para el refinamiento del proyecto, haciendo posible una evaluación objetiva de la conveniencia de dichos refinamientos.
- Permite reducir al mínimo los efectos de circunstancias desfavorables o adversas para la realización del proyecto que alterna la programación y el costo del proyecto, ayudando a seguir un procedimiento racional para la óptima solución de los problemas que se presenten.

Este método consta de dos ciclos:

1. planeación y programación.
2. ejecución y control.

El primero está constituido por las siguientes etapas.

1. Definición del proyecto. Este consiste en elaborar un programa que permita efectuar un mantenimiento a la totalidad del equipo y componentes del sistema de distribución subterránea en el área correspondiente.
2. Lista de actividades.
3. Matriz de secuencia.
4. Matriz de tiempo.
5. Red de actividades.

El segundo ciclo se compone de las siguientes etapas:

1. Aprobación del proyecto.
2. Ordenes de trabajo.
3. Graficas de control.
4. Reportes y análisis de avances.
5. Toma de decisiones y ajustes.

#### **5.4 Las actividades de un mantenimiento.**

Aseo de bóvedas y subestaciones. El aseo de los locales donde se encuentran las instalaciones y equipos subterráneos es el punto inicial para continuar con las demás actividades, ya que dependiendo de que se encuentren estos locales no inundados o

desaseados será posible el acceso a éstos para efectuar los trabajos o revisiones programadas, y las maniobras necesarias en caso de emergencia.

En el sistema subterráneo en las zonas donde hay un continuo paso de peatones sobre las rejillas, éstos arrojan papeles y basura en general que se va acumulando en el interior y que constituyen condiciones peligrosas, ya que cuando circunstancialmente llega a caer algún elemento (cigarro, cerillo), encendido, etc. O por alguna falla en el sistema al provocarse un chispazo, puede originarse un incendio en el equipo alojado en estos locales, razón que nos obliga a mantener las condiciones adecuadas de aseo.

*Revisión general de equipo.* Esta actividad consiste en efectuar una revisión minuciosa de los locales donde se encuentran las instalaciones subterráneas y de los elementos que la integran. Esto es con objeto de reportar las anomalías y condiciones inseguras, para que el personal de la sección correspondiente efectúe las correcciones necesarias previa programación antes que se conviertan en fallas declaradas que ocasionen un daño mayor y contaminen a otros equipos, creando una situación de emergencia que requiera de reparaciones mayores y por lo tanto de costo más elevado.

*Elaboración de diagramas.* La elaboración de los diagramas físicos de cada una de las bóvedas, subestaciones o pozos donde se encuentran alojado equipo eléctrico con el mayor número de datos, es un medio que nos permite auxiliarnos en cuanto requerimos consultar alguna de estas anotaciones sin necesidad de ir al terreno, programando nuestro trabajo con un menor índice de error.

*Chequeo de los cables de M.T. y B.T.* El objeto principal de este chequeo es la localización de los cables que tienen fuga de aceite o que estén trozados por falla debido a corto circuito y efectuar su reparación para evitar fallas mayores en las instalaciones de las redes así mismo localizar amarres por colocaciones equivocada de nomenclatura. Para este se recorre la ruta el cable desde la SE hasta el equipo del usuario; pozo por pozo, bóvedas, se checa los servicios si es de B.T. respectivamente y se apuntan todas las anomalías y posteriormente se programan licencias para atender todas estas fallas. Toda modificación al croquis inicial deberá ser vaciada a planos originales y se reportará al ingeniero. Se reporta, desde condiciones y dirección de cada problema que se presenta a lo largo del recorrido.

*Muestreo, rigidez dieléctrica.* El aceite del equipo subterráneo que manejamos, debe tener propiedades aislantes. Este aceite es un material giroscópico, o sea que absorbe fácilmente la humedad del medio ambiente, la cual lo contamina y hace bajar su resistencia dieléctrica, volviendo peligroso para la operación del equipo. Razón por la que el aceite debe ser constantemente vigilado y probado, para la cual se saca periódicamente una muestra del mismo. Si el resultado de las pruebas indica una rigidez de 20 KV, o menor, deberá programarse de inmediato el cambio del aceite por uno de rigidez dieléctrica de 30 KV. Tomando el personal la precaución de avisar al operador.

Hermeticidad. La hermeticidad en los equipos (interruptores, transformadores, juegos de portafusibles, protectores, desconectares, etc.). Subterráneos es un aspecto de gran importancia, pues estos equipos están expuestos a trabajar sumergidos en agua y por lo tanto habrá que vigilarla periódicamente, ya que cuando existe una fuga el aceite se contaminará con el agua disminuyendo su rigidez dieléctrica, creándose condiciones peligrosas al operarse estos equipos. El personal que efectúe estas pruebas deberá colocar una etiqueta en el equipo con los datos de la fecha, nombre y firma de quien efectúa la prueba.

Pintura y Nomenclatura. La pintura actúa como un medio de protección para disminuir los efectos de la corrosión.

Corrosión. Uno de los problemas menos definidos, relacionados con un sistema de distribución subterránea, es la corrosión. Entre las dificultades que más se encuentran son la degradación corrosiva del conductor neutro concéntrico del cable que se entierra directamente y la corrosión de tanques de transformadores sumergibles.

La corrosión de los alambres de cobre estañados en cables que se entierran directamente, se produce principalmente en forma de picaduras. Cuando se excavan, las áreas en donde hay corrosión activa son de color rojizo anaranjado brillante. Pueden verse depósitos verdosos en el suelo que se encuentran en los alrededores de los alambres de cobre. Son distintas las áreas en las que puede aparecer corrosión en el conductor neutro concéntrico. Se sabe que la corrosión se produce en áreas donde hay tuberías protegidas católicamente, aguas saladas y áreas donde la resistividad de la tierra es muy baja (menos de 1000 ohms por centímetro cúbico) o en áreas secas con muy alta resistividad.

Para poder minimizar el daño del neutro concéntrico en áreas corrosivas, puede instalarse en ánodo de magnesio o de zinc conectados a los alambres neutro. El conductor también puede protegerse colocando una cubierta semi-conductora o aislada, sobre los alambres neutros.

La corrosión de los transformadores sumergibles se acelera cuando hay acumulación de agua o desechos sólidos alrededor del tanque del transformador, que destruye los recubrimientos protectores. Si es posible, las bóvedas de los transformadores deben localizarse en zonas donde no haya posibilidades de inundaciones. Durante la instalación del transformador, se debe tener cuidado en minimizar todo daño a los recubrimientos protectores del tanque.

Si se produce un daño debe repararse inmediatamente la capa protectora. Los ánodos deben instalarse cerca de los transformadores si se supone que va haber corrosión. Después de instalar los ánodos, se recomienda efectuar una inspección de rutina en los ánodos y en el equipo, para asegurar una buena protección y para ayudar a establecer la vida del ánodo anticipado.

La nomenclatura en los cables, equipos e instalaciones del sistema de Distribución Subterránea tiene una relevante importancia, tanto para identificarlos al efectuar las órdenes

indicadas en la ejecución de maniobras, como para su localización, interrupción y diferenciación.

Levantamiento. Se le dice así a la revisión de los cables de mediana tensión en los pozos de visita de las redes de Distribución Subterráneas, subestaciones de enlace y alimentadores de fraccionamientos y unidades habitacionales.

Para elaborar un programa de Mantenimiento es necesario el reconocimiento de la ruta de los cables, efectuando en levantamiento general de los pozos de visita existentes en el sector. Una vez obtenido el levantamiento general, que consiste en elaborar un plano de detalles que incluya pozos de visita, bóvedas, subestaciones, nomenclatura de M.T. y B.T., distancias, ubicación.

El orden en que se hagan los levantamientos deberán considerar lo siguiente.

1. La representación del equipo e instalaciones de Cables Subterráneos deberán apegarse a símbolos convencionales fáciles de interpretar.
2. La información que deben presentar los planos de cables subterráneos requiere de la localización de obras Civiles; como son: bóvedas, pozos de visita, registros, cruceros, bancos de ductos y rutas de cables enterrados directamente (en caso de no ser visible la huella en el terreno, recabar información para localizar la ruta del cable). Estas obras civiles deben ser referidas a esquinas y a paramentos, también se localizarán las terminales de M.T. y B.T.
3. Una vez localizadas las Obras Civiles se procederá a la identificación de las instalaciones eléctricas como son: alimentadores de M.T. y servicios de B.T., tomando nota de tipo de cable, calibre y número de la placa de identificación.
4. se identifican los tipos de S.E. (S.E. en edificios o en casetas, bóveda en gabinete tipo Frac. DRS Pedestal o sumergible), capacidad y número de transformador, para que sean representados con el símbolo adecuado, también se identificarán los interruptores, portafusibles, cajas, buses de todo tipos, uniones en fin todo el equipo utilizado en el Sistema.
5. El número de identificación de cada hoja deberá hacerse con regla. Este número estará localizado en el margen sur de la hoja en los extremos derechos e izquierdos, acompañado únicamente por las iniciales de MT en la hoja para mediana tensión y BT para la hoja de baja tensión del lado derecho del número. Si la mediana tensión aparece en una sola hoja, el número de identificación irá acompañado por las iniciales MT.
6. la nomenclatura de calles se pondrá en el centro del arroyo de las mismas, con objeto de dejar espacios cerca de los parámetros para poner la información de vías, bóvedas pozos, servicios de BT, etc.
7. toda la información quedará asentada en las hojas originales; como son cotas de la localización de las Obras Civiles, características y calibres de cables (según normas de símbolos convencionales) con sus respectivos números de placa, número de vías, etc.

Respecto al equipo contenido en las bóvedas, SE'S, pozos de visita y registros; se indicarán en dichas hojas con el símbolo apropiado.

8. Si por falta de espacio; porque la aglomeración de datos impida hacer un detalle de las bóvedas, pozos de visita o registros y consignarlas dentro de la hoja se hará un detalle por separado en las formas existentes para este propósito.
9. Las formas de detalles de las bóvedas, pozos y registros, se harán lo más simple posible y se consignarán en ellas; el norte, plano de localización, fecha y nombre de quienes lo elaboró. Así como su número progresivo y hoja a que corresponda.

Del resultado de las revisiones se procederá a programar la corrección de los defectos reportados.

**NOTA:** antes de cualquier mantenimiento que se haga en las instalaciones de Cables siempre se tiene que dar aviso al operador de operación Ciudad o de Sistema, antes y después de hacer dicho mantenimiento.

## VI. SISTEMA DE TIERRAS.

- Objetivo
- La solución efectiva.
- Descripción, características y beneficios.
- Instalación del sistema de tierras.
- El método del cálculo.

Hablar de sistemas de tierras suena muy abstracto para quien no está relacionado con el tema. El sistema de tierras es una conexión de seguridad humana y patrimonial que se diseña en las Redes para protegerlas de disturbios o transitorios imponderables, por lo cual pudieran resultar dañados. Dichas descargas surgen de eventos imprevistos tales como los fenómenos artificiales o naturales como descargas electrostáticas, interferencia electromagnética, descargas atmosféricas y errores humanos.

Cuando se propone hacer la instalación del sistema de tierras, de inmediato pensamos en una varilla o una malla de metal conductora (red de tierra), ahogada en el terreno inmediato de nuestras instalaciones con el fin de que las descargas fortuitas ya mencionadas, sean confinadas en forma de ondas para que se dispersen en el terreno subyacente y de esa forma sean disipadas, en donde se supone que tenemos una carga de cero volts y que además nos olvidamos de que estos elementos son de degradación rápida y que requieren mantenimiento.

La observación de los cero volts entre cargas atmosféricas (Neutro-Ground-Masas) no necesariamente es cierta, pues según mediciones llevadas a cabo con equipo de mediana y alta tecnología, existen zonas de disipación de descargas que tienen voltajes muy superiores a cero, donde lo que se supone que debe de ser de protección humana o a equipo eléctrico, se convierte en un punto alto de riesgo con consecuencias impredecibles.

Hay lugares en los que dicha diferencia de potencial llega a ser tan alto que se han logrado mediciones entre neutro y tierra física (desde 5 o más voltios C.A.), lo cual significa que entre el cable que se supone que TIENE VOLTAJE CERO y la tierra que también lo debe tener, existe un potencial de tal magnitud que bien se podría comparar con la necesaria para que trabajen los aparatos domésticos como refrigeradores, televisores, licuadoras, hornos de microondas, computadoras, etc.

Este fenómeno detectado se presenta por la cantidad de descargas eléctricas, magnéticas y de ondas hertzianas que se obtienen por una incorrecta disipación a tierra y que saturan a los conductores de puesta a tierra.

Es por ello que se sugiere un esquema de protección de alta eficiencia electromecánica que verdaderamente realice la disipación de la carga que fluye hacia la tierra física de nuestros equipos que requieren de ella, que a la vez reduzca a un MÍNIMO REAL el riesgo por aquellas corrientes indeseables no confinadas por los sistemas tradicionales. Con la finalidad de que sean realmente eliminadas, de forma tal que la posibilidad de falla de las redes sea reducida a su mínima expresión. Además, se busca el máximo aprovechamiento de nuestra potencia. Una vez determinado el origen del problema, se buscó una solución óptima para erradicar el riesgo

que presenta la carga que satura el suelo y que provoca gran cantidad de fallas en el funcionamiento de los aparatos como cortocircuitos, alti-bajas en el voltaje de circuitos regulados, desconexión intermitente de corto circuito, etc.

## **6.1 Objetivo**

Implementar un sistema diseñado para mejorar el funcionamiento de las redes de distribución de Mediana tensión y baja tensión en general, con todo equipo como son: transformadores, líneas, estructuras, equipo de diversa índole etc. Y en sí todas las redes utilizadas para la transferencia de corriente eléctrica y todo aquello que se considere como conductor que esté en contacto con dichas instalaciones que pudiera ser susceptible de establecer un "arco voltaico". Se protegen zonas de alto riesgo por el manejo de materiales explosivos, comburentes o combustibles cómo en los despachos y depósitos de gasolina y derivados del petróleo, o químicos de esas características; zonas de manejo de altos voltajes como en las subestaciones eléctricas; edificaciones y lugares en donde hay aglomeraciones de personas por diferentes causas, como edificios públicos y privados, hospitales, hoteles, cines, teatros y lugares de servicio turístico, comercios y centros comerciales y todos los lugares requieren de una protección en sus instalaciones eléctricas incluyendo contra descargas atmosféricas fortuitas. Ya que es sabido que existen zonas consideradas como CORREDORES DE RAYOS; es decir, la probabilidad de descargas eléctricas atmosféricas es muy alta y de consecuencias graves para los habitantes de dichos lugares. En las zonas de corredores de rayos, las instalaciones eléctricas de la edificación deben de ser protegidas de forma adecuada y segura, los edificios elevados presentan el mayor riesgo de atracción de los rayos en las tormentas eléctricas con pararrayos convencionales, aunque estos edificios no son el caso exclusivo.

El sistema responderá al principio básico de funcionamiento de un verdadero acoplamiento electromagnético entre dos masas, a través de una eficiente y baja impedancia al planeta tierra, esto se perfeccionará incorporando un esquema eficiente de protección, en el cual estarán involucrados, el sistema de tierras.

## **6.2 La solución efectiva.**

En la actualidad se requiere de la colocación de barras o varillas de conducción para el sistema de tierras de las redes de distribución eléctricas de cualquier tipo; sin embargo, si son depositadas en una superficie pequeña (cercanas entre sí), los flujos de corriente utilizarán las mismas trayectorias de salida para la disipación y con ello se reducirá la capacidad de conducción del suelo.

Se busca que el sistema de protección tenga las características de un electrodo magnetoactivo integral de mayor transmisión de corriente cuyas características nos permitan asegurar los siguientes beneficios.

- Mejora de la eficiencia del transformador (Baja reluctancia magnética).
- Ahorro de energía al atenuar la radiación electromagnética y disminución del efecto

Joule.

- Incremento del transporte de energía eléctrica.
- Incremento de la eficiencia del neutral.
- Cancelación de los "bucles " o diferencias de potencial entre los gabinetes de distribución y el transformador; y en general en toda la red de distribución eléctrica.
- Baja temperatura en transformadores.
- Real acoplamiento eléctrico entre potencial y carga.
- Impedancia baja y efectiva a tierra.
- Disminución del efecto galvánico (Corrosión).
- Depresión de la distorsión armónica (THD)

Además al implementar este sistema en todas las redes, en los pozos, bóvedas, registros, se busca proteger a todo equipo como son transformadores y principalmente al cable con lo cual se obtiene:

- Incremento en la seguridad del centro de trabajo
- Disminución del calentamiento en los cables (efecto anti-Joule) .
- Disminución de distorsión armónica.
- Mejorar el factor de potencia.
- Mayor tiempo de vida, en los sistemas, equipos y aparatos.
- Mayor calidad de operación.
- Menor costo de mantenimiento.
- Ahorro de energía.
- Menor índice de errores.
- Incremento de estabilidad y eficiencia.

### **6.3 Descripción.**

La tecnología electromagnética en sistema de tierras para instalaciones eléctricas, en conjunto con sistemas de protección (primaria y secundaria), cuyo principio básico de funcionamiento es el verdadero acoplamiento electromagnético entre dos masas, a través de una eficiente y baja impedancia al planeta tierra apoyado por un equipo (protectores) que facilita el drenado de las corrientes nocivas.

### **Características:**

- El sistema de tierra que concibe el acoplamiento entre dos masas electromagnéticas (artificial del hombre) y (natural el planeta tierra) por la vía de la impedancia total referida a frecuencia.

$$Z_C + Z_I + Z_L = Z_T/F = 0$$

- El sistema de tierra concibe su operación en forma unidireccional (trayectoria a tierra) e impide la conducción de potenciales o señales procedentes del suelo o subsuelo terrestre. (Transferred Earth Potential) TEP. IEEE.
- Concepción en tiempo y frecuencia, suficiente para hacer equipotencial una masa electromagnética y deprimir (EMI) interferencia electromagnética y (RFI) interferencia de radiofrecuencia aumentando la compatibilidad y disminuyendo la susceptibilidad.

### **Beneficios.**

- Definición del factor de potencia.
- Eficiencia al transporte de energía.
- Sistema efectivo de disipación de energía indeseable a tierra.

Con este sistema no es necesario contemplar dentro de su implementación variables de tipos naturales y artificiales como son:

- Resistividad del terreno.
- Cambio de polaridad magnética
- Energización del suelo artificial.
- Corrientes telúricas naturales del planeta.
- Temporadas climatológicas humedad del suelo y subsuelo.
- Mantenimiento.

### **Áreas de aplicación.**

- Residencial.
- Comercial.
- Industrial.

## **6.4 Instalación del sistema de tierra.**

La instalación del sistema de tierra que, es el conjunto formado por electrodos (varillas coperwell) que van enterradas en el suelo de una o otra forma.

**Función y objetivos elementales de una instalación de puesta a tierra.**

La función de puesta a tierra en una red subterránea es de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, o debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional.

Con ello se logra:

- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre la varilla y tierra.
- Posibilitar la detección de defectos de tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones eliminando o disminuyendo, así, el riesgo que supone una avería para el material utilizado y las personas.

La circulación de las intensidades mencionadas por la instalación de puesta a tierra puede originar la aparición de diferencias de potencial y se cubran los siguientes objetivos:

- Seguridad de las personas.
- Protección de las redes.
- Mejora de la calidad de servicio (alta calidad y eficiencia eléctrica).
- Establecimiento y permanencia de un potencial de referencia (equipotencialidad efectiva).

Debe hacerse especial énfasis en que la seguridad de las personas es lo que verdaderamente preocupa y se constituye en el fin primordial de la instalación de puesta a tierra, lo que significa que no se deje de reconocer la importancia de los otros tres objetivos.

Así mismo, "toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en ningún punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma las personas en tránsito corran el riesgo de que puedan estar sometidas a una tensión peligrosa, durante cualquier defecto de la red.

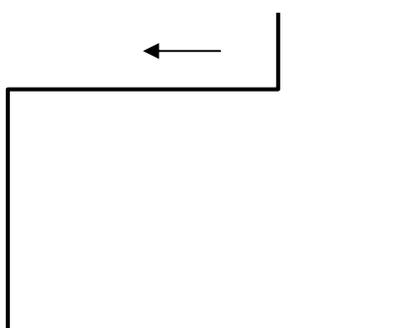
## **6.5 El método de cálculo.**

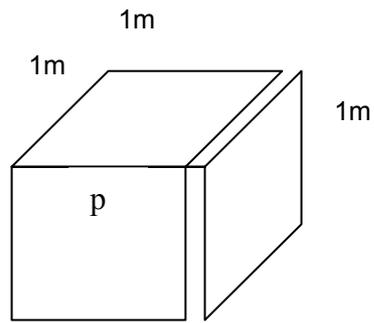
El método de cálculo indicado, especifica las prescripciones que deben cumplir los electrodos de puesto a tierra para garantizar la seguridad de las personas y las cosas. Son Investigación de las características del terreno.

### *Resistividad del terreno.*

Para conocer el comportamiento del terreno tendremos que estudiarlo desde el punto de vista eléctrico, como elemento encargado de disipar las corrientes de defecto que lleguen a través de los electrodos, es decir, debemos conocer la Resistividad.

La Resistividad del terreno es la resistencia que presenta al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro de arista. Se mide en  $\Omega\text{m}$  y se representa con la letra  $\rho$ .





Donde:

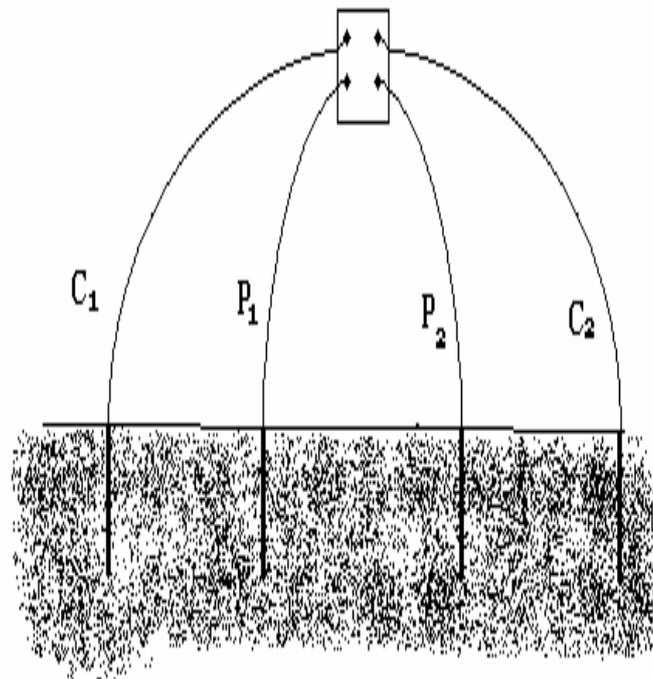
Dimensiones de  $\rho$ :  $R = \rho \ell / S$  ;  $\rho = R \cdot S / \ell = \Omega m$

Para un cubo de 1m de lado  $R(\Omega) = \rho \ell (m) / S(m) = \rho / 1m$

La resistividad del terreno depende de su naturaleza, estratigrafía (capas de distinta composición), contenido de humedad, salinidad y temperatura. La resistividad de un terreno se ve afectada por las variaciones estacionales.

Uno de los métodos más usados es el de Frank- Wenner denominado de los cuatro electrodos el equipo de medición requerido es el megger de tierra.

## INSTALACIÓN DE ELECTRODOS



UNAM

Ing. Mecánico Electricista

Edgar David Arcos Garrido

Figura 33

La resistividad es:

$$R = \frac{\rho}{2\pi a b}$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad en Ohms-metro

a = Separación entre los electrodos en metro.

b = Profundidad en metros.

R = Lectura del Megger en Ohms.

Se deben efectuar varias mediciones dependiendo el tamaño del terreno.

Por otro lado, a medida que aumenta el tamaño de las partículas aumenta el valor de la resistividad, por ello la grava tiene mayor resistividad que la arena, y ésta mayor resistividad que la arcilla. La resistividad se ve asimismo afectada por el grado de compactación, disminuyendo al aumentar ésta. Debido a la no uniformidad de sus diferentes capas, cuando queremos determinar la resistividad en un punto del terreno, por medio de un método de medida, lo que determinamos es la resistividad media de las capas comprendidas entre la superficie y una cierta profundidad, que a veces se denomina resistividad aparente  $\rho_a$ . Elementos que influyen en la resistividad del terreno. En la resistividad del terreno influyen los siguientes factores.

- Naturaleza del terreno
- Humedad
- Temperatura
- Salinidad
- Estratigrafía
- Variaciones estacionales
- Factores de naturaleza eléctrica
- Compactación

***Naturaleza del terreno.***

Los terrenos son buenos, regulares o malos conductores en función de su naturaleza. El conocimiento de su naturaleza es el primer paso para la implantación de una adecuada toma de tierra.

Tabla 6 de terrenos

NATURALEZA DEL TERRENO	resistividad en omhs.m
terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humos	5 a 150
Turba húmeda	50
Arcilla plástica	100 a 200
Margas y arcillas compactas	30 a 40
Margas del jurasico	50 a 500
Arena arcillosa	200 a 3.000
Arena silicio	300 a 500
Suelo pedroso cubierto de césped	1.500 a 3.000
Suelo pedroso desnudo	100 a 300
Calizas blandas	1.000 a 5.000
Calizas compactas	500 a 1.000
Calizas agrietadas	50 a 300
Pizarras Rocas de mica y cuarzo	800
Granito y gres precedentes de alteración	1.500 a 10.000
granito y gres muy alterado	100 a 600

### **Humedad**

El agua que contiene el terreno, su estado higrométrico, influye de forma apreciable sobre la resistividad: al aumentar la humedad disminuye la resistividad y al disminuir la humedad aumenta la resistividad. En cualquier caso, siempre que se añada agua a un terreno disminuye su resistividad respecto a la que tendría en seco el agua disocia las sales en iones y cationes se encargan de transportar los electrones por el terreno. Para comprender este fenómeno solo tenemos que recordar el comportamiento eléctrico del agua. El agua destilada es aislante y aunque introduzcamos unos electrodos en el intervalo de un recipiente conectados a una pila no circula energía eléctrica a través de ella. Si al agua le añadimos una sal por ejemplo cloruro de sodio o sal común, empezará a circular electricidad y a medida que añadamos más sal circula más electricidad: los electrones se desplazan por el agua gracias a los iones disociados. Hay que tener cuidado en los lugares donde se presentan estos fenómenos, pues en la época de lluvias el terreno presenta una resistividad muy baja mientras en época seca la resistividad es muy alta.

### **Temperatura del terreno**

La resistividad del terreno aumenta al disminuir la temperatura, pero cuando el terreno se enfría por debajo de 0 ° centígrado, la resistividad aumenta muy rápidamente.

Cuando un terreno está a una temperatura inferior a 0° el agua que contiene se congela. El hielo es aislante desde el punto de vista eléctrico pues la movilidad de los iones del terreno a través del agua se ve detenida al congelarse ésta.

### ***Salinidad del terreno***

Al aumentar la salinidad del terreno disminuye la resistividad.

Al hablar de la influencia del agua en la resistividad del terreno se ha mencionado indirectamente la importancia que tiene la salinidad o el contenido de sales en el terreno.

El método más utilizado para mejora de la resistividad del terreno es añadir sal en las arquetas de los puntos de puesta a tierra o cerca de los electrodos si son accesibles, y después regar.

### ***Estratigrafía del terreno***

Los terrenos están formados en profundidad por capas de diferentes agregados y por lo tanto de diferentes resistividades. Su resistividad será una combinación de la resistividad de las diferentes capas y del espesor de cada una de ellas. La resistividad media o resistividad aparente será una combinación de las resistividades de todas las capas que componen el terreno.

El desconocimiento a priori de la resistividad de las capas inferiores obliga al estudio y medio de las mismas si se necesita conocer el valor de la toma de la tierra a una profundidad determinada. Lo que no ha bajado la resistividad en 5m baja solo en solo 1.5m por encontrar una capa arcillosa muy buena conductora.

Si las instalaciones y el terreno lo permiten, debemos aconsejar la instalación de electrodos en profundidad. Si el terreno lo permite, debemos aconsejar la instalación de electrodos en profundidad. Si el terreno es malo o el número de picas por instalar es grande o lo accidentado del terreno no lo permite, se colocaran en paralelo pero sabiendo la incertidumbre y el riesgo que esta decisión supone.

### ***Variaciones estacionarias.***

En acopas de lluvia el nivel freático se aproxima a la superficie del terreno, presentando éste una resistividad menor que en el periodo de sequía, en el que el nivel freático se aleja en profundidad de la superficie. A lo largo del año se presenta variaciones estacionales que son más acusadas cuanto más próximo a la superficie del terreno se encuentra el electrodo.

Para conseguir mantener el valor de la resistividad lo más uniformemente posible a lo largo del año, es conveniente instalar profundamente los electrodos en el terreno y proteger lo más posible el terreno de las inclemencias del tiempo.

***Factores de naturaleza eléctrica.***

Los más significativos son el gradiente de potencial que es el que afecta al terreno cuando el gradiente de tensión alcanza un valor crítico, de algunos KV/cm. Lo que puede originar la formación de pequeñas áreas eléctricas en el suelo que hacen que el electrodo se comporte como si fuera de mayor tamaño. La magnitud de la corriente de defecto a tierra puede modificar el comportamiento del electrodo de tierra si su valor es muy elevado, bien por provocar gradientes excesivos.

***Compactación***

Siempre que coloque electrodos de pica, la vibración de la máquina de penetración dejará una separación entre la pica y el terreno por lo que habrá que compactar para que se produzca un buen contacto pica –terreno.

## CONCLUSIONES

Debido a la demanda del consumo de energía eléctrica en todo el país principalmente en la zona centro y zona metropolitana, se ha incrementado las Redes de Distribución Subterránea de Distribución.

Para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento a la enorme malla eléctrica construida a base de cables de cobre, es necesario conocer la mejor posible; es la razón que en el presente trabajo se mencionaron los temas de acuerdo a su importancia, desde su Generación, Transmisión, Subtransmisión y Distribución pasando por las redes de mediana tensión, baja tensión y todos sus componentes que las constituyen, las pruebas que se deben realizar para conocer las especificaciones de los cables, terminales y equipos en general, también se ilustraron los equipos que ayudan a detectar fallas y algunas técnicas en la localización de fallas así como la reparación de estas mismas.

También se menciona el mantenimiento en las redes de distribución subterránea el cual es importante para mantener en condiciones las redes y no causen daños al sistema, perduren por más tiempo.

Es importante mencionar que estos trabajos no se realizarían sin la colaboración de los trabajadores de Cables subterráneos Instalación y mantenimiento de Luz y Fuerza. Que han logrado mantenerse a la vanguardia a pesar de los problemas económicos por los que atraviesa el país, por medio de capacitaciones constantes a todos los niveles.

Experiencia.

Todas las redes de Distribución se pueden conectar entre si, este es con el fin de dar servicio a todos los usuarios. Por eso es que las redes Subterráneas su capacidad es hasta 30MVA/Km<sup>2</sup>. Aparte los equipos de Luz Y Fuerza son rentables y se pueden adaptar a cualquier terreno y su estructura interna se puede interconectar a otros equipos que cumplan con la misma función.

Las Redes de Distribución Subterránea son buenas para las personas por son

Es importante entender todo el Sistema Eléctrico de Potencia para entender el sistema de Distribución Principalmente en las Redes de Distribución Subterránea de M.T: y B.T. ya que el cual, la mayoría de los usuarios son de carácter domestico. Gente que trabaja todos los día, y que al llegar a su hogar lo que mas quieren es relajarse, tranquilizar, desestresarse, olvidarse del trafico de los problemas de trabajo, etc. Por lo que es importante tener la continuidad del suministro de energía eléctrica, todos los aparatos domésticos como: televisión, radio, horno de microondas,

computadoras, por mencionar algunos, si no hay energía Eléctrica provoca en las personas trastornos.

Sugerencias.

Es importante dar la seguridad a todo el personal que esta a mi cargo para que no haya accidentes como: enseñar al personal como esta constituidas todas las redes de M.T. y B.T., materiales, equipos que los componen a estas. Para sepan la importancia del sistema y sus riesgos que corren al empezar a manipularlo.

Recomendación.

Todas las personas que están involucradas en estos trabajos: ingenieros, trabajadores, estudiantes (prácticas profesionales) que de una manera u otra manipulan estas redes de distribución es importante que sepan lo que están haciendo, y si no lo saben pregunten, es necesario que tengan todo el conocimiento necesario ya que el cual es la forma de que nunca tengan accidentes ni ustedes ni su personal, por que a todos nos esperan en casa.

## BIBLIOGRAFIA

1. Enríquez, G. 1983 "Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica" 2da Edición. Ed. Limusa México D.F.
2. Checa, María. 1988. "Líneas de Transporte y Energía" 3ra Edición. ED. Marcombo Barcelona, España.
3. Stevenson, William 1979 "Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia" 2da Edición. Ed. McGrawhill.
4. Enríquez, Harper 1992 "El ABC de las Maquinas Eléctricas" Ed. Alfaomega. México D.F.
5. Luca, Carlos. 1991 "Líneas e Instalaciones Eléctricas". 2da. Alfaomega. México D.F.
6. Olivar, Enrique. 1973 "Teoría de Líneas Eléctricas" Ed. Universidad Politécnica de Barcelona.
7. Enríquez, Harper 2000 "Fundamentos de Protección de sistemas Eléctricos". 3ra Edición Ed. Limusa.
8. Grainger, Stevenson w 1996 "Análisis de Sistemas de Potencia" Ed. Mc Grawhill- México D.F.
9. Enríquez Harper 1983 "Estudio de Sobretensiones transitorias en Sistemas Eléctricas y Coordinación de Aislamiento". 2da. Edición Ed. Limusa. México D.F.
10. Enríquez, Harper. 1980 "Tecnicas de las Altas Tensiones", 2da Edición. Ed. Limusa México D.F.