

7
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"



INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
PARA CABLES SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

LEOPOLDO ESTEVEZ FLORES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1992



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I.- GENERALIDADES DEL SISTEMA

I.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

I.2 DESARROLLO DE LAS REDES SUBTERRANEAS EN LA CIUDAD DE MEXICO

CAPITULO II.- ESTRUCTURAS DE LA RED RADIAL Y RED AUTOMATICA

II.1 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION

II.2 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU VOLTAJE DE OPERACION

**CAPITULO III.- RECOMENDACIONES PARA INSTALACION, OPERACION,
Y MANTENIMIENTO**

III .1 ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE CABLES SUBTERRANEOS

III .2 AREA DE SERVICIO Y SUS CARACTERISTICAS

**III .3 CRITERIO FUNDAMENTAL PARA EL REPORTE DE TRABAJO DEL INGENIERO
DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

III .4 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE B.T.

III .5 CONDICIONES PARA LA LOCALIZACION DE FALLAS

III .6 METODOS DE LOCALIZACION A DISTANCIA

III .7 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE RED AUTOMATICA B.T.

III .8 TRAMITE DE LICENCIAS A OPERACION REDES DE DISTRIBUCION

III .9 ORGANIZACION DEL TRABAJO Y PRUEBAS DE CAMPO

**CAPITULO IV.- ESTADISTICA DE FALLAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION
SUBTERRANEAS**

IV.1 INTRODUCCION

IV.2 METODO PARA EL DIAGNOSTICO DE FALLAS

IV.3 CLASIFICACION DE LAS CAUSAS DE LA FALLA

CAPITULO V.- ANALISIS ECONOMICO DE LOS DISTURBIOS

V.1 CALCULO ECONOMICO DE UN DISTURBIO

V.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCION

La energía eléctrica es parte fundamental del progreso, ya que juega un papel muy importante en el desarrollo económico y social de los países. De hecho el incremento de su utilización se debe a sus ya comprobadas ventajas y que se pueden resumir de la siguiente manera: Es fácil de producir, de transportar y de distribuir. La ciudad de México tiene zonas con diferentes características de carga que son de tipo doméstico, residencial, comercial e industrial, demandando a la Compañía suministradora de energía eléctrica proporcione un servicio con la calidad requerida.

La generación de la energía eléctrica en la República Mexicana es conferida a una empresa paraestatal llamada Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual tiene bajo su régimen a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.(CLFC), que atiende la parte central del país.

La generación se inicia en las centrales generadoras, siendo éstas de varios tipos, como son las hidroeléctricas, termoeléctricas, nucleares, etc., debido a que no es posible generar a elevadas tensiones, para efectuar la transmisión se utiliza un dispositivo llamado transformador , el cual nos permite elevar el voltaje de generación a voltajes de transmisión, tales como: 115, 230 y 440 KV, con el fin de llevar la energía por medio de conductores de menor calibre y poder así economizar en los costos de instalación y aislamiento, además de reducir las pérdidas.

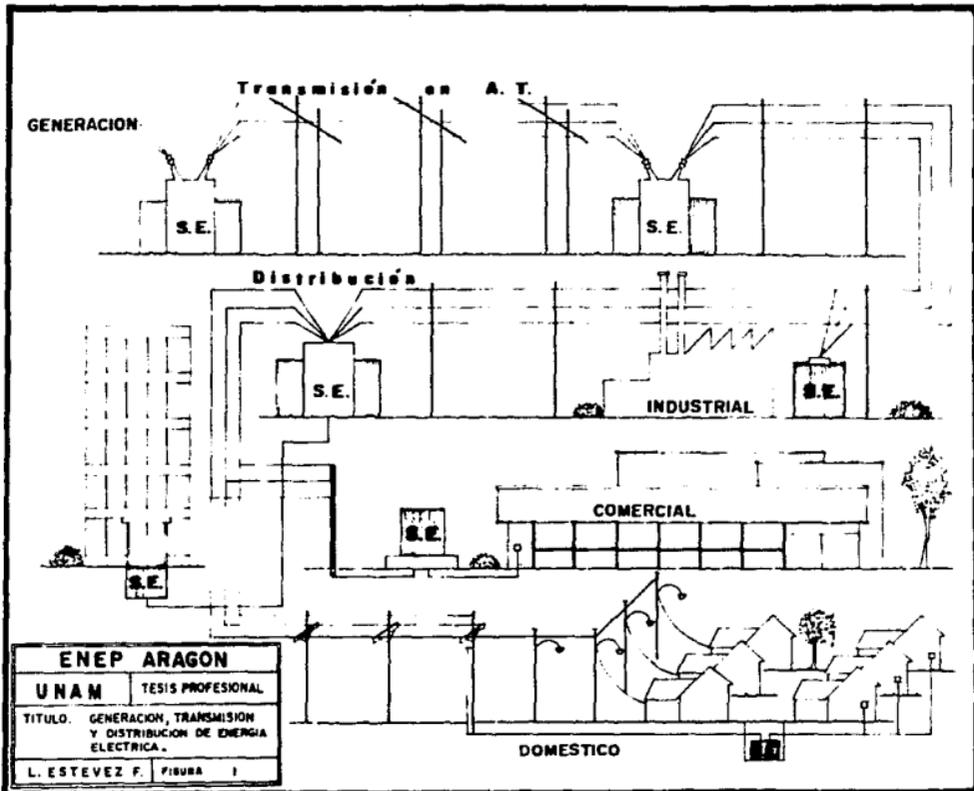
Las líneas de transmisión llevan la energía eléctrica a grandes distancias, a donde se concentra la carga a subestaciones reductoras o de maniobra que reducen el voltaje a niveles de 85 y 44 KV ó llegando directamente a subestaciones de potencia en donde se reduce el voltaje a niveles de 34.5, 23, 13.2 ó 6 KV para su distribución. Actualmente existen grandes consumidores industriales que se alimentan a éstos niveles de voltaje.

De las subestaciones de potencia parten líneas que alimentan a la gran mayoría de consumidores industriales y redes de distribución aéreas y subterráneas, las cuales llegan a transformadores y subestaciones de distribución respectivamente, que reducen el voltaje a niveles de 0.220 y 0.127 kV, con el cual se alimenta a consumidores domésticos, residenciales y comerciales, ya sea con acomodadas aéreas o subterráneas (Fig. 1). Con el advenimiento de grandes densidades de carga, junto a las demandas gubernamentales y públicas por un servicio eléctrico más confiable y seguro, la CLFC ha ampliado sus sistemas de cables subterráneos, con el objeto de reducir las interrupciones debidas a rayos, tormentas o choques de vehículos a las cuales están expuestas las redes aéreas, y que son prácticamente eliminadas con las redes subterráneas. Esta reducción en la exposición de las instalaciones a contingencias físicas que las afecten, aumenta generalmente su seguridad pero también reduce su accesibilidad, lo que ocasiona que en caso de falla se pueda llegar a tener una larga interrupción.

El consumidor común espera que el sistema de distribución subterránea, que da el servicio a su casa, oficina o industria, sea al menos, tan confiable como el sistema aéreo empleado, puesto que en su dependencia de la energía eléctrica, resulta mucho más molesto una interrupción ocasional larga que la falla más frecuente pero más corta.

Es por ello, que los sistemas de distribución deben basar su diseño en los propósitos siguientes:

- Seguridad
- Rápida localización de la falla.
- Rápida reparación de la falla.
- Aislamiento manual ó automático de las fallas.
- Restauración manual ó automática para los consumidores no afectados.



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO. GENERACION, TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 1

- Accesibilidad al equipo y facilidad de reparación.

Como los sistemas de distribución no pueden llegar a ser confiables en un 100%, las fallas provocan irregularidades en la operación normal de los equipos que para ser evitados ó disminuidos deberán tomarse las medidas adecuadas que faciliten su localización y reparación inmediata.

En el caso de las redes subterráneas la localización de una falla resulta más laboriosa debido a que los cables están alojados en ductos o directamente enterrados, e igualmente sus equipos de operación están alojados en bóvedas y pozos subterráneos; no siendo así en las redes aéreas cuyas instalaciones están sobre el nivel del piso y en caso de alguna falla, existe la posibilidad de que ésta se pueda observar a simple vista.

La atención rápida y acertada de una falla, tiene como objetivo evitar interrupciones prolongadas en los servicios afectados. Es por ello que para realizar estos trabajos de manera eficiente, es necesario contar con personal, equipo y material con características tales que permitan efectuar las maniobras necesarias con rapidez y seguridad, además de que el ingeniero encargado del mantenimiento correctivo, conozca las diferentes estructuras de las redes de distribución subterráneas, el material y equipo instalado, así como también utilizar los diferentes laboratorios de prueba que se requieren para localizar fallas.

En conclusión este manual tiene como finalidad presentar todas las actividades que se desarrollan para efectuar el mantenimiento correctivo en el sistema de distribución subterráneo dentro de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., en su Gerencia de Distribución y Transmisión, Subgerencia de Distribución Subterránea, Departamento de Cables Subterráneos.

Capítulo I

GENERALIDADES DEL SISTEMA

I.1.- Descripción de los Sistemas de Distribución

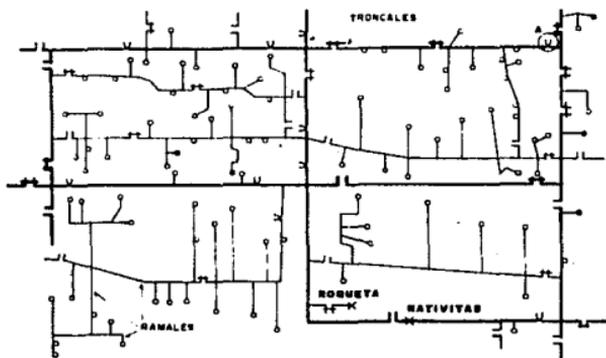
Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de dispositivos eléctricos cuya finalidad principal es conducir la energía desde el lugar de suministro en la subestación primaria hasta la zona de consumo.

La forma de los sistemas de distribución puede ser aérea o subterránea ó una combinación de las mismas, (ver figuras 2 y 3), dependiendo esto de las características de la carga en la zona por alimentar, el capital por invertir, la importancia del proyecto y la calidad de servicio requerida, tomando en cuenta que a mayor inversión mejor calidad de servicio podrá esperarse de la operación del mismo.

La distribución primaria deberá prolongarse hasta los centros de carga, que deberán ser localizados en lugares cercanos a los de consumo, a tensiones elevadas para abajar el monto de pérdidas, mejorar la regulación, etc., siendo en dichos centros los lugares adecuados para localizar las subestaciones de distribución, en las cuales se transformará el voltaje al de utilización para suministro de los usuarios.

La distribución primaria consta de un equipo compuesto por un juego de buses principal y uno auxiliar, un juego de cuchillas de conexión al bus principal, y otro auxiliar y uno de salida del alimentador, un interruptor de aceite, un regulador de voltaje opcional, un reactor que sirve para amortiguar el valor de la corriente, de corto circuito y el cable propiamente dicho, según se muestra en la figura 4.

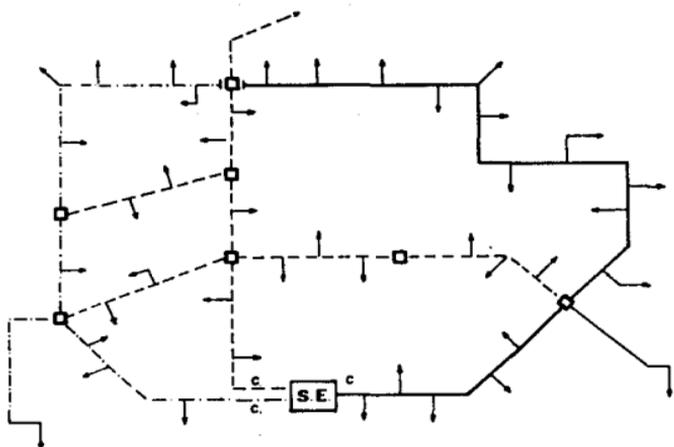
Los sistemas de distribución por cable subterráneo pueden ser desarrollados en estructuras diversas. La estructura de la red de distribución que se adopta tanto en mediana como baja tensión, dependerá de los parámetros siguientes:



SIMBOLOGIA

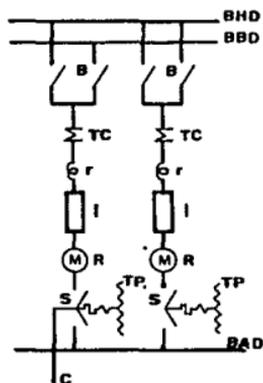
- SERVICIO SUMINISTRADO EN ALTA TENSION
- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- TRONCAL
- RAMAL
- $\begin{matrix} V \\ | \\ \text{---} \\ | \\ A \end{matrix}$ INTERRUPTOR EN AIRE, CERRADO
- $\begin{matrix} \text{---} \\ | \\ \text{---} \\ | \\ \text{---} \end{matrix}$ IDEM, ABIERTO
- $\begin{matrix} \text{---} \\ | \\ \text{---} \\ | \\ \text{---} \end{matrix}$ CUCHILLAS DE NAVAJA, CERRADAS
- $\begin{matrix} \text{---} \\ | \\ \text{---} \\ | \\ \text{---} \end{matrix}$ IDEM, ABIERTAS
- X— JUEGO DE TERMINALES DE SALIDA DEL ALIMENTADOR

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO. SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREA	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 2



SECCIONAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA RADIAL SUBTERRANEA

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO. SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 3



- B** CUCHILLAS DE DISTRIBUCION
TC TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
r REACTOR
I INTERRUPTOR
R REGULADOR DE VOLTAJE
TP TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
S CUCHILLAS DE SALIDA
C CABLE

ENEP ARAGON

UNAM TESIS PROFESIONAL

TITULO **DIAGRAMA UNIFILAR DEL EQUIPO DE UN ALIMENTADOR**

L. ESTEVEZ F. FIGURA 4

- Densidad de la carga
- Tipo de carga : Residencial
Comercial
Industrial
Mixta
- Localización geográfica de la carga.
- Área de expansión de la carga.
- Continuidad del servicio.

Los sistemas de distribución de energía por cables subterráneos permiten satisfacer con mayor facilidad las anteriores condiciones, por las razones que a continuación se indican:

1.- Debido a la posibilidad de llevar sobre una misma trayectoria varios cables de grandes calibres, así como la de instalar transformadores de altas capacidades, además es posible proporcionar grandes cargas concentradas.

2.- Ya que éstas cargas poco ó nada se ven expuestas a las condiciones del medio ambiente, existen menos posibilidades de falla provocadas por efectos, tales como las originadas por la acción atmosférica (vientos fuertes, alres, lluvias, etc.,) o las provocadas por accidentes en los cuales llegan a caerse las líneas aéreas, es posible tener una mayor continuidad en el servicio, así como una mayor seguridad, amén de lo que pueda decirse en cuanto al aspecto estético de los lugares en los que se lleva a cabo una instalación de esta naturaleza.

3.- Generalmente una falla en éstos sistemas, no pasa de la suspensión momentánea de los servicios de uno o un reducido número de usuarios, por lo tanto podemos observar que la continuidad de servicio es mayor.

4.- En consideración a que los calibres empleados son de grandes secciones, además de tener la posibilidad de llevar varios cables sobre una misma trayectoria, la regulación no presenta problemas de consideración.

5.- Ya sea la estructura de red automática o cualquiera de las otras estructuras de distribución subterránea, tienen elementos de protección de tal manera que, al presentarse una falla en algunos de los cables que la constituyen, siempre es posible encontrar por donde alimentar el ó los servicios suspendidos con la falla mientras se corrige la misma.

1.2.- Desarrollo de las Redes en la Ciudad de México.

Las primeras noticias que se tienen de la utilización de cables subterráneos en la Ciudad de México para servicios públicos datan del año de 1904, en que se alimentaron por cable subterráneo algunos servicios en la Colonia Santa María y colonia San Rafael por la Compañía de Gas y Luz, empleando cables forrados con yute y alojados en canaletas de barro, ahogados en chapopote (instalación tipo gas y luz), algunos de los cuales se encuentran aún en funcionamiento.

La tensión inicial con que operaban es de 3,000 volts, los cuales eran suministrados por cuatro subestaciones.

Por motivos de aumento de demanda, hubo necesidad de cambiar de voltaje por el de 6,000 volts, cambió que se inició en el año de 1926.

En ese mismo año toma forma el proyecto de construir el primer sistema automático en la ciudad, planeado por el Ingeniero Emillo Leonards, el cual entró en servicio en 1928, contando con tres alimentadores, con nuevas bóvedas de transformadores y con otras existentes reconstruidas, que se desconectaron del sistema de 3,000 volts, iniciándose los trabajos para la red automática, empleando gran parte de los cables de baja tensión existentes, pero después de haber hecho modificaciones importantes y nuevas instalaciones para acondicionar el conjunto a una operación satisfactoria de la red automática. Esa red abarcó una área de 0.8 Km², situada dentro de la

zona del primer cuadro de la Ciudad de México, siendo su capacidad total instalada en transformadores de 5,150 KVA. El equipo normal que se adaptó, consistió de cables primarios trifásicos de 6,000 volts, de 120 mm², suficientes para llevar una capacidad de 2,500 KVA cada uno, subestaciones provistas con dos transformadores de 150 KVA, conectados a diferentes alimentadores y entre sí, a través de reactivancias de valores entre 3 y 7% a la base de 150 KVA, protectores automáticos de red de 500 amperes y cables de distribución de baja tensión trifásicos de 150 mm² conectados a los cables de los protectores de las bóvedas a través de cajas de conexiones.

A medida que el crecimiento de la Ciudad requirió mayores servicios, se amplió la capacidad de la red, instalando nuevos pozos subterráneos y aumentando el número de alimentadores de tres a cuatro, alcanzando en el año de 1937 una capacidad conectada de transformadores de 10,400 KVA con una demanda en el pico de carga de 10,000 KVA, en una área aproximadamente igual a la original.

Al continuar el crecimiento de la zona comercial de la Ciudad, fué necesario construir nuevos sistemas de distribución, como fueron el Sistema automático Reforma, el Sistema automático Nonoalco, el Sistema radial también denominado Nonoalco, todos ellos trabajando a una tensión de 6,000 volts.

Asimismo, fué necesario modificar la capacidad de los transformadores de distribución de 150 y 200 KVA, por 300 y 400 KVA, sufriendo también modificaciones el calibre de los alimentadores primarios en 6,000 volts, de 120 mm² de sección a 200 y 250 mm² de sección al mismo voltaje.

El incremento de carga no se ha detenido y ha sido necesario crear en la actualidad nuevas redes subterráneas de distribución con saturación a largo plazo y planear nuevas redes a futuro.

También el voltaje de alimentación ha tenido que variar de tal forma que casi todas las redes actuales (residenciales y comerciales), funcionan a 23,000 volts con transformadores normalizados de 45, 75, 112.5, 225, 300, 500 y 750 KVA.

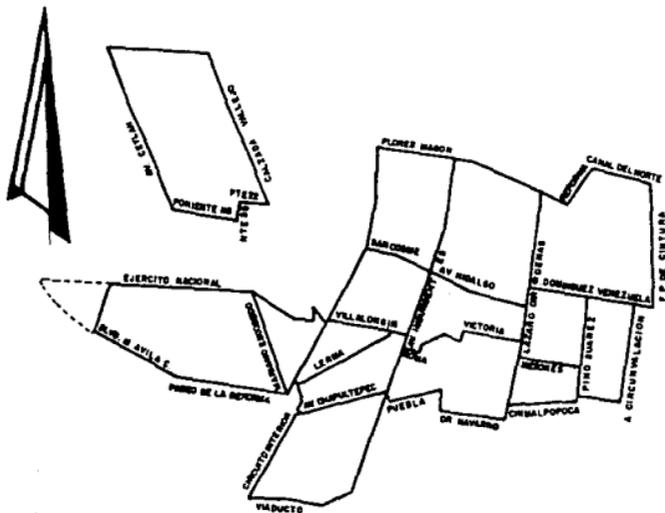
Se ha mencionado continuamente el incremento de carga, lo que ha ocasionado grandes avances en cuanto a cantidad y calidad de las redes de distribución subterránea y es interesante mencionar las causas más importantes que ilustran la dinámica seguida por el país y que se anotan a continuación:

1.- La clase de población con poder adquisitivo representa un mercado potencial para un mayor número de aparatos eléctricos y electrónicos, por lo tanto, un aumento en la demanda de energía eléctrica.

2.- El incremento de la población basado en un crecimiento natural, muestra una cantidad de aproximadamente 70 millones de personas en la actualidad. Lógicamente, el crecimiento de la población es un factor que contribuye en forma básica al crecimiento de la demanda de energía eléctrica.

3.- En los últimos años, el turismo se ha incrementado notablemente, lo que involucra un aumento de hoteles, centros turísticos, etc., por lo tanto una mayor demanda de energía eléctrica.

En la figura 5 y en la tabla 1 podemos observar el Sistema Central de Cables Subterráneos, mostrando el área de redes en operación y futuras, empleando para la Ciudad de México, el cual abarcará una área total de 28.542 Km² de los cuales 5.316 Km², corresponden a redes automáticas en operación y futuras.



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	SISTEMA CENTRAL DE CABLES SUBSTANCIAS AEREA DE RE- DES EN OPERACION Y FUTURAS
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 5

Nº	NOMBRE	TENSION KV	AREA KM2	CAP. INST. MVA	DENSIDAD
1	RED POLANCO	23	3.439	78.0137	22.688
2	FUT. RED STA. MARIA	23	1.782	9.6691	5.426
3	FUT. RED SAN RAFAEL	23	1.148	22.776	19.84
4	FUT. RED CUAUHEMOC	23	0.587	23.20	39.524
5	AUTOMATICA VERONICA	23	1.01	78.3082	77.62
6	RED BUENAVISTA	23	2.443	44.6604	18.261
7	AUTOMATICA REFORMA	23,6	1.16	78.7988	67.93
8	RED INDIANILLA	23	2.06	57.3364	27.969
9	FUT. RED MORELOS	23	2.712	14.95	5.313
10	AUTOMATICA CENTRAL	23	1.07	111.6496	104.252
11	AUTOMATICA JAMAICA	6	0.781	33.3905	42.76
12	AUTOMATICA MERCED	23	1.296	40.999	31.66
13	FUT. RED ANZURES	23	0.776	30.318	39.12
14	FUT. RED CONDESA	23	3.714	34.0722	9.174
15	FUT. RED IND. VALLEJO	23	4.274	121.7092	28.49

TABLA N.º 1

AREA DE REDES EN OPERACION = 13.248 Km²

AREA DE REDES FUTURAS = 15.294 Km²

AREA TOTAL = 28.542 Km²

Capítulo II

ESTRUCTURAS DE LA RED RADIAL Y RED AUTOMÁTICA

II.1.- Clasificación de las Redes en cuanto a su operación

En cuanto a su operación se clasifican de la siguiente manera:

- Operación Radial
- Operación Paralelo

Operación Radial

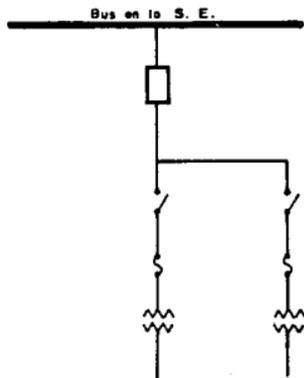
Por definición un sistema radial es aquel en el que el flujo de energía tiene una sola trayectoria de la fuente a la carga, de tal manera que una falla en ésta última, produce una interrupción en el servicio.

Este sistema de servicio de energía eléctrica es probablemente el más antiguo y comúnmente usado en la distribución de energía. Las redes de operación radial debido a su bajo costo y simplicidad seguirán usándose; pero tratando también de mejorar sus características de operación para hacerlas más confiables. En el esquema de la figura 6 se muestra una alimentación de este tipo.

Operación en Paralelo

En un sistema de operación en paralelo, el flujo de energía se reparte entre varios elementos, teniendo más de una trayectoria.

La operación en paralelo es utilizada sobre todo en redes de baja tensión. Con este tipo de redes se tiene una estructura sencilla en la red primaria, donde las subestaciones están conectadas en simple derivación radial, la continuidad está asegurada en la red de baja tensión. Las protecciones sólo existen en la salida de los alimentadores de red y a la salida de los transformadores. La eliminación de las fallas en los cables de la red de baja tensión se hace por auto-extinción ó bien, con fusibles colocados en los



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	ALIMENTADOR RADIAL BASICO.
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 8

extremos de los cables. Aquí el nivel de continuidad desciende hasta las derivaciones a los servicios. En la figura 7 se muestra un esquema de este tipo.

Cada uno de éstos esquemas tiene algunas variaciones y modificaciones, por lo tanto, es conveniente establecer una clasificación funcional de las diferentes estructuras, así como las combinaciones posibles.

II.2.- Clasificación de las redes en cuanto a su voltaje de operación

En forma general podemos enumerar las diferentes estructuras de Mediana Tensión y Baja Tensión como sigue:

Redes de Mediana Tensión

Estructura de Red Primaria Radial

- Con Derivación Simple
- Con Derivación Doble
- Con Derivación Múltiple
- Imbricado con Derivación Simple
- En anillo abierto
- Con alimentadores Selectivos

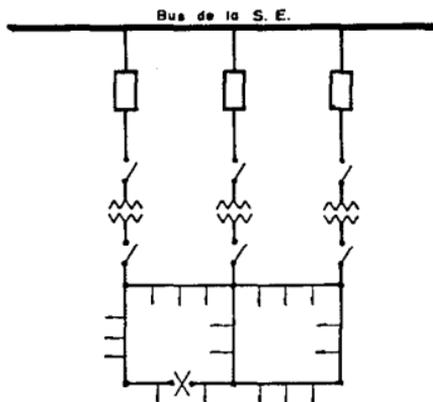
Redes de Baja Tensión

Estructura de Red Secundaria Radial

- Con y sin amarres

Estructura de Red Secundaria Automática

- Red automática



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	RED MALLADA (AUTOMATICA) OPERACION EN PARALELO EN BAJA TENSION.
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 7

Estructura de la Red Radial Subterránea. Red Primaria

La función de la Red Primaria es transportar la energía eléctrica, del bus de la subestación principal o de repartición de carga, a los devanados primarios de los transformadores de las subestaciones de distribución, por medio de los cables alimentadores troncales.

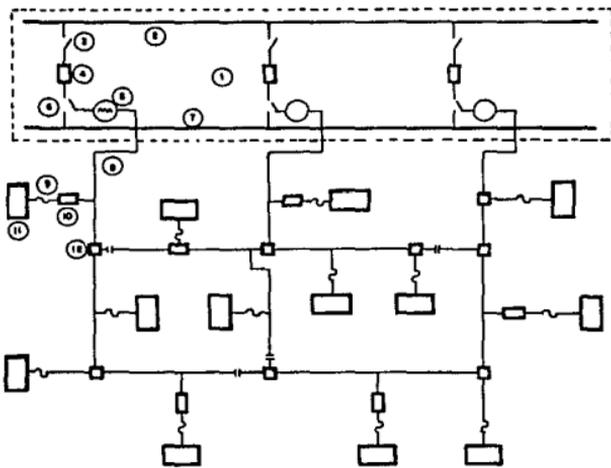
Existen también arreglos en los que la red primaria tiene enlace con varias subestaciones de repartición, seccionando los cables alimentadores primarios en un punto conveniente; para que en caso de falla en alguno de éstos ó para efectuar trabajos de mantenimiento, se transfiera la alimentación.

La red primaria cuenta con interruptores y seccionadores tipo sumergible colocados en pozos de visita, que permiten mayor flexibilidad en la continuidad del servicio, ya que al surgir una falla en alta tensión el alimentador queda fuera únicamente hasta el punto de seccionamiento, continuando alimentando las demás subestaciones; para tal fin es necesario mantener suficiente y constante la sección de los conductores para poder realimentar en caso necesario.

La figura 8 muestra un arreglo de la red primaria en el sistema de distribución radial subterránea.

SIMBOLOGIA DE LA FIGURA No. 8

- 1.- SUBESTACION PRINCIPAL**
- 2.- BARRAS PRINCIPALES**
- 3.- CUCHILLAS**
- 4.- INTERRUPTOR DE MEDIA TENSION**
- 5.- REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE**
- 6.- CUCHILLAS**



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ARREGLO DE RED PRIMARIA DISTRIBUCION RADIAL SUBTERRANEA	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 8

7.- BARRAS AUXILIARES

8.- ALIMENTADORES PRIMARIOS

9.- FUSIBLES CON PORTAFUSIBLES TIPO SUMERGIBLE

10.- INTERRUPTORES DE 2 VIAS MEDIA TENSION

11.- BOVEDAS O SUBESTACIONES CON TRANSFORMADOR

12.- INTERRUPTORES DE TRES VIAS MEDIA TENSION

RED SECUNDARIA

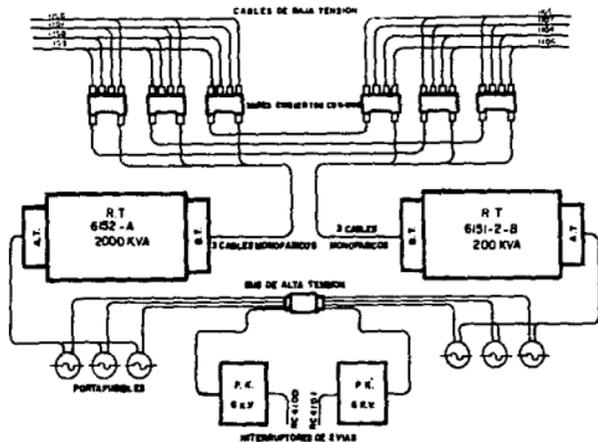
El arreglo que actualmente ofrece mayor ventaja en cuanto a su funcionamiento y seguridad en su operación, es la distribución de baja tensión por medio de buses cubiertos monofásicos.

Este sistema, en cada una de las subestaciones, consta fundamentalmente de lo siguiente

De las salidas de la baja tensión en cada fase del transformador se conectan uno o más cables monofásicos según la carga (Consultar Tabla No. 2) y el otro extremo del cable se conecta respectivamente a cada uno de los buses monofásicos, de las salidas de los buses se conectan los conductores monofásicos protegidos con fusibles, estos cables monofásicos se empalman con cables trifásicos en pozos de visita adyacentes a la bóveda y de ahí se distribuyen a los servicios por alimentar. Figura No. 9 .

Existen también arreglos de distribución de baja tensión por medio de cajas de 6 vías, buses abiertos, buses blindados, etc.

El servicio a los abonados se efectúa por derivación simple sobre los cables alimentadores. Estos cables están conectados exclusivamente en una sola subestación, dejándolos en los demás puntos de alimentación, en caso de



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ARREGLO DE RED RADIAL 6 KV	
L. ESTEVEZ F	FIGURA 9

CALIBRE DE LOS CABLES QUE SE DERIVAN DE LOS TRANSFORMADORES DE 300, 400, 500 Y 750 KVA	
KVA	CABLES POR FASE
300	4 BTC 1 X 150
400	4 BTC 1 X 150
500	4 BTC 1 X 150
750	4 BTC 1 X 250

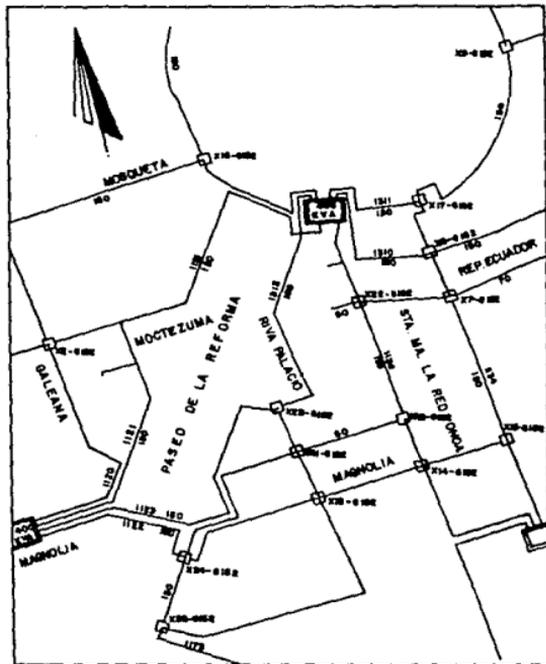
TABLA No. 2

tenerlos desconectados, quedando como su nombre lo indica como alimentadores radiales.

La red de baja tensión se dota de medios de seccionamiento y realimentación, como: cajas de seccionamiento tipo banquetá, juegos de barras o buses, etc., para que en caso de reparaciones prolongadas o para la ejecución de trabajos de mantenimiento, se proporcione el suministro regular de energía eléctrica a los usuarios.

La Figura No. 10 muestra el arreglo de la red secundaria de baja tensión en la distribución subterránea del tipo radial en una pequeña área del D.F.

En sistemas de cable subterráneo se utilizan varios tipos de estructuras en un sistema radial con derivaciones, su descripción es la siguiente:



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ARREGLO DE RED RADIAL SECUNDARIA DE B.T.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 10

Radial con Derivación Simple

Está constituida por un cable troncal que sale de la fuente de alimentación (Subestación de Potencia), recorre toda el área por alimentar y tiene cables que se derivan de ella a lo largo de toda su extensión (Figura 11).

En operación radial, el flujo de energía tiene una sola trayectoria desde la fuente de alimentación a la carga, por lo que cada troncal lleva su propia carga.

Al ocurrir una falla, operará el interruptor correspondiente en la subestación de potencia, lo cual ocasionará una interrupción de energía en toda la radial, teniéndose que el tiempo de interrupción dependerá de la localización y reparación de la falla.

Las troncales tienen una sola sección de conductor a lo largo de la misma y las derivaciones tienen una sección menor.

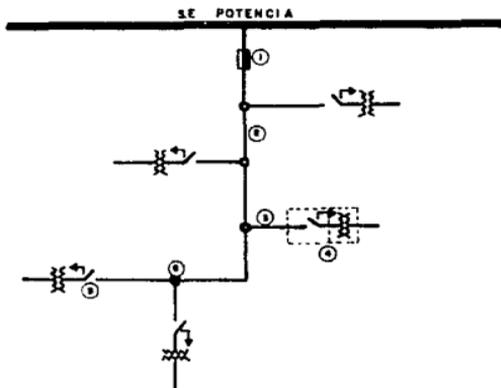
Esta estructura es la más sencilla y la más comunmente utilizada debido a sus características. Es empleada para alimentar cargas pequeñas de tipo residencial de poca importancia.

El equipo utilizado en las redes radiales simples, es el siguiente.

1.- Interruptor.- Es de servicio sumergible hasta 3 metros de profundidad bajo agua, por lo que se utiliza en pozos. Tiene 3 ó 4 vías con tres fases por vía, empleando cable 23PT 1x35 a 1x240, 23TC 1x50 a 1x150.

Utiliza como aislamiento aceite Pemex No. 1 con un volumen aproximado de 770 litros para el interruptor de 3 vías y 1,150 litros para el interruptor de cuatro vías. Este interruptor tiene una capacidad de 600 amperes con un nivel básico de aislamiento de 150,000 volts. C.A. y una frecuencia de 50/60 Hz.

La operación es manual con palanca intercambiable en las cuchillas que pueden abrir ó cerrar con carga cualquier vía independientemente en forma trifásica.



- 1) INTERRUPTOR
- 2) OMBLE TRONCAL
- 3) OMBLE RAMAL
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) DESCONNECTADOR
- 6) CAJA

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	
RED RADIAL SIMPLE	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA II

2.- Cable Troncal.- Se utiliza cable con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (TC) con secciones de 150 y 240 mm² con corrientes normales de trabajo de 350 y 475 amperes y corrientes máximas de trabajo de 450 y 595 amperes respectivamente para cables de 150 y 240 mm², temperaturas de 65 y 90 °C.

Estas corrientes de trabajo son para cables directamente enterrados, un circuito, temperatura ambiente 20 °C, resistividad del suelo 120 °C cm/watt, factor de carga 75%. También se puede utilizar cable con cubierta de plomo y cubierta exterior de termoplástico (PT) con secciones de 150 y 240 mm², con corrientes nominales de trabajo de 345 y 450 amperes respectivamente, temperaturas de 65 y 75 °C.

Estas corrientes de trabajo para cables en ductos, un circuito, temperatura ambiente 20 °C, resistividad del suelo de 120 °C cm/watt, factor de carga 75%.

3.- Cable Ramal.- Se utiliza cable TC con secciones de 50 y 70 mm², con corrientes nominales de 180 y 220 amperes respectivamente. Estas corrientes son para cables directamente enterrados, un circuito, temperatura ambiente 20 °C, 120 °C cm/watt, factor de carga 75%, temperatura del conductor a 65 y 90 °C respectivamente.

Para el cable PT se tiene 35 y 70 mm² de sección, con corrientes nominales de trabajo de 140 y 225 amperes y corrientes máximas de trabajo de 160 y 250 amperes respectivamente. Temperatura del conductor a 65 y 75 °C.

Son para cables en ductos, un circuito, temperatura ambiente 20 °C, resistividad del suelo 120 °C cm/watt, factor de carga 75%.

4.- Transformador.- Este arreglo utiliza transformadores trifásicos con capacidades de 300, 500 y 750 KVA, con una tensión nominal primaria de 23,000 volts y una tensión en el secundario de 220/127 volts, con impedancia de 5.1%.

Conexión delta en mediana tensión y estrella con neutro aterrizado al tanque en baja tensión.

Se instala en subestaciones interiores ó bóvedas que ocasionalmente están llenas de agua diseñados para trabajar a una altura de 2,300 msnm.

Este transformador cuenta con un desconectador acoplado en lado de alta tensión.

5.- Desconectador.- Es un dispositivo que abre y cierra un circuito, se encuentra acoplado al transformador en el lado de alta tensión, formando parte integral de él.

Cuenta en su interior con tres cámaras. La primera para alojar las terminales de alimentación de alta tensión, la segunda contiene el mecanismo del desconectador y la tercera se utiliza para conexión a las bobinas del transformador, debiendo tener como líquido aislante, aceite. Sus datos nominales son 23,000 volts, 200 amperes, operación sin carga, 60 Hz, acoplados a transformadores de 300, 500 y 750 KVA, tipo subestación, sumergible.

La palanca de operación cuenta con tres posiciones, que son; abierto, cerrado y tierra.

6.- Caja.- Se utilizan para derivar los ramales y permiten interconectar tres ó cuatro circuitos de cables formando cada circuito por tres cables PT de 1x35 a 1x240 mm². La conexión y desconexión se hace por medio de placas removibles sin potencial. Son para 500 amperes y pueden trabajar sumergidas en agua hasta tres metros de profundidad.

Radial con Doble Derivación

En este tipo de estructura, de la subestación de potencia salen cables por pares, los cuales son capaces de llevar energía hasta la subestación de distribución ó a los servicios en alta tensión (Figura 12).

De estos cables salen derivaciones para cada subestación de distribución o para cada servicio, los cuales llegan a un interruptor de transferencia en el cual se define que troncal se va a utilizar como alimentador preferente y cual como alimentador emergente.

El funcionamiento normal consiste en que cada transformador opera en base a un alimentador preferente (P), que lleva la carga y un alimentador emergente (E), que toma la carga en condiciones de emergente, haciéndose el cambio de uno a otro por medio de equipo automático de transferencia de carga.

Por ejemplo, al ocurrir una falla en el alimentador A-2, (ver figura 12) los transformadores T-1, T-3, T-4 que utilizan este alimentador como preferente, quedan momentáneamente sin energía.

Como el equipo de transferencia actúa automáticamente, el cambio de alimentador preferente a emergente, se lleva solo unos ciclos y en este lapso de tiempo, los transformadores mencionados se energizan nuevamente.

Cuando ocurre una falla en cualquiera de los alimentadores opera la protección de la subestación de potencia, quedando fuera de servicio dicho alimentador y realizándose la transferencia en la forma antes indicada.

Por medio de un mecanismo, se evita el cierre del interruptor de transferencia de tal forma que no queden los alimentadores en paralelo.

Los alimentadores troncales tienen la misma sección en toda su extensión y las derivaciones tienen una sección menor.

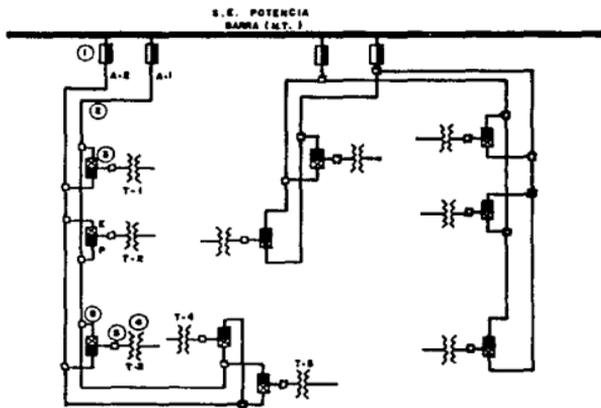
El equipo utilizado en las redes radiales con doble derivación es el siguiente:

1.- Interruptor

2.- Cable troncal

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

3.- Interruptor de Transferencia



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) GABINETE
- ⊙ CAJA

- P: PREFERENTE
- E: EMERGENTE

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	RADIAL CON DBLE DERIVACION
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 12

Este interruptor conecta la acometida al alimentador preferente. Si falla ó baja el potencial en este alimentador, el interruptor pasa automáticamente la conexión al alimentador emergente.

Al restablecerse el potencial en el alimentador preferente, el interruptor regresa automáticamente a la posición original.

Se instala en interiores con una tensión de 23,000 volts y cuenta con tres vías y tres fases por vía. Dos vías para alimentadores (preferente y emergente) y otra vía para la acometida.

Tiene una capacidad de 400 amperes continuos, capacidad interruptiva de 20,000 amperes asimétricos y 12,500 amperes simétricos con un nivel básico de aislamiento de 15,000 volts y una frecuencia de 50/60 Hz.

Utiliza como aislamiento aceite Pemex No. 1 con una capacidad de 720 litros aproximadamente.

4.- Transformador

Ver equipo utilizado en las redes radiales derivación simple.

5.- Gabinete

Es un equipo blindado para instalarse en interiores, formado por uno ó más módulos que alojan en su interior equipo de alta tensión como interruptores de aire, portafusibles, ruptofusibles (interruptores de aire, de operación en grupo, asociados con fusibles limitadores de corriente), bus de 23,000 volts, terminales de A.T., etc.

Dependiendo del número y tipo de módulos que se acoplen, permite alimentar en derivación simple ó múltiple, uno, dos ó tres transformadores ó servicios de 23,000 volts.

Las características del sistema de distribución subterránea en el cual deberá operar satisfactoriamente el equipo, son las siguientes: Trifásico, 23,000 volts, 400 amperes, 60 Hz, 125,000 volts de nivel básico de impulso, 2,300 msnm.

6.- Caja

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

Radial con Derivaciones Múltiples

Esta estructura esta formada por varias troncales que parten de la barra de la subestación de potencia y que recorren toda el área alimentada de manera que contribuyen simultáneamente al suministro de energía de la carga. Ver figura 13.

Los transformadores se encuentran conectados en doble derivación y estan repartidos entre los tres diferentes alimentadores que constituyen la estructura, respetando un principio de repartición de carga, ya que todos los transformadores tienen alimentadores preferentes distintos.

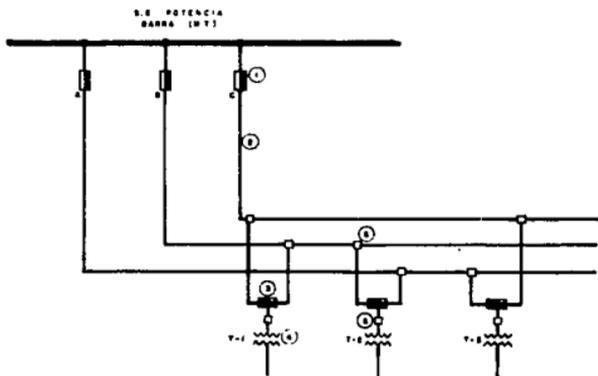
En el caso de la figura 13, el Transformador T-1 tiene como alimentador preferente el C, el transformador T-2 tiene el B y el transformador T-3 tiene el A.

Los alimentadores emergentes utilizados son para el transformador T-1, el B; para el transformador T-2, el A y para el transformador T-3 , el C; con o que observamos que tienen también alimentadores emergentes distintos.

Al ocurrir una falla en un alimentador, el Interruptor de transferencia que lo utiliza como preferente, lo registra y para automáticamente cambiando al alimentador emergente correspondiente, en cuestión de pocos ciclos, así que la continuidad de alimentación a la carga es buena, por lo que esta estructura se aplica en zonas de urbanismo moderno con alta densidad de carga, en la que se requiere una alta continuidad en el servicio y en la que existen grandes concentraciones de carga.

El equipo utilizado es el siguiente:

- 1.- Interruptor
- 2.- Cable troncal
- 4.- Transformador



- 1) INTERRUPTOR
 2) CASI TRONCAL
 3) INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA
 4) TRANSFORMADOR
 5) GABINETE
 6) CABA

ENEP ARAGON

UNAM TESIS PROFESIONAL

TITULO RADIAL CON DERIVACION
MULTIPLE

L. ESTEVEZ F. FIGURA 13

6.- Caja

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

3.- Interruptor de Transferencia

5.- Gabinete

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación doble.

IMBRICADO CON DERIVACION SIMPLE

Esta estructura es una variante de la red en derivación simple.

Se constituye por cables troncales que pueden salir de distintas fuentes de alimentación (distintos buses de la subestación de potencia), atravesando la zona de alimentar y cuentan con derivaciones que van en forma transversal de una troncal a otra, sin que exista conexión.

Existen dos tipos de estructura imbricada derivación simple que son con amarres y sin amarres.

La estructura sin amarres se muestra en la figura 14, en la cual, la sección de los conductores puede ir disminuyendo.

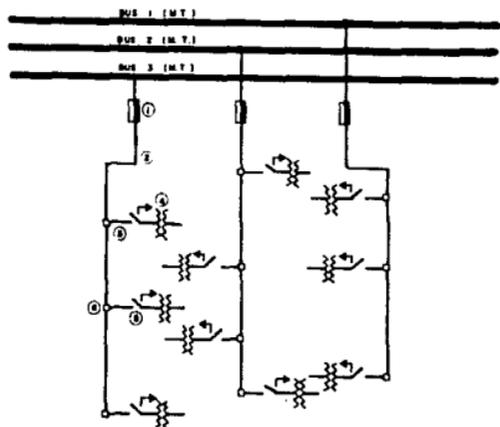
La estructura con amarres se ilustra en la figura 15, donde la sección de los cables utilizados es la misma, tanto para cables troncales, como para cables de amarre.

Lo anterior se debe a que en operación normal cada troncal lleva una carga determinada y los amarres funcionan normalmente abiertos. En caso de emergencia, los cables de amarre deben ser capaces de soportar la misma carga que las troncales.

Al ocurrir una falla en la estructura sin amarres, ocasiona una salida temporal de la radial en la que ocurrió la falla. El tiempo que tarda en recobrar la energía, depende de la localización y reparación de la falla.

Si es estructura con amarres, la radial en la que ocurrió la falla sufre una interrupción de menor duración, ya que será necesario únicamente localizar la

S E P O T E N C I A



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) CABLE RAMAL
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) DECONNECTADOR
- 6) CAJA

ENEP ARAGON

UNAM

TESIS PROFESIONAL

TITULO
RACIAL IMBICALU
DERIVACION SIMPLE
(SIN AMARRES)

L. ESTEVEZ F.

FIGURA 14

falla, aislarla y reponer por medio de los cables de amarre el servicio a los usuarios que no resulten afectados.

La estructura con amarres se recomienda en zonas con fuertes tendencias de crecimiento, pudiendo ser cargas concentradas o cargas repartidas.

El equipo utilizado en las redes radiales Imbricado derivación simple es el siguiente:

- 1) Interruptor
- 2) Cable troncal y cable de amarre
- 3) Cable ramal
- 4) Transformador
- 5) Desconectador
- 6) Caja

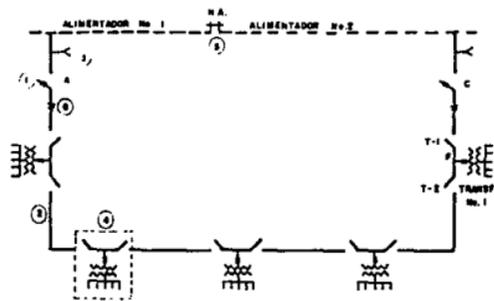
Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

Radial en anillo abierto.

Este tipo de estructura tiene alimentación por medio de dos o más puntos desde la línea aérea o subterránea, dependiendo de la magnitud e importancia de la carga.

Estos tipos de alimentación pueden ser dos alimentadores de subestaciones distintas, dos alimentadores de la misma subestación o dos ramales de un mismo alimentador.

En la figura 16, observamos que se utilizan dos alimentadores para suministrar energía al anillo y éstos se encuentran unidos por medio de un juego de cuchillas de navaja normalmente abiertas (N.A.) que en caso de ser necesario pueden cerrarse para alimentar al anillo por medio del otro alimentador.



- 1) CONTACTO FUSIBLE
 - 2) CABLE TRONCAL
 - 3) APARTAMAYOR
 - 4) TRANSFORMADOR
 - 5) CUONILLA DE BARRAS
 - 6) BUSB
- LINEA AEREA
 ————— CABLE SUBTERRANEO

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO RADIAL EN ANILLO ABIERTO	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 16

La alimentación al anillo se hace a través de una bajada de poste o transición de línea aérea a cable subterráneo o directamente derivándose de cable subterráneo.

El principio de operación está basado en que se mantiene un interruptor cortacircuito fusible normalmente abierto para que el circuito trabaje en forma radial.

En el caso de la figura 16, se mantiene normalmente abierto el cortacircuito fusible que está marcado con la letra C, por lo que todas las cargas van a estar conectadas al alimentador número uno.

En caso de que falle el alimentador número uno y no pueda suministrar energía al circuito, se puede actuar de la siguiente manera. Abrir el cortacircuito fusible A y cerrar el cortacircuito fusible C para que así el circuito quede conectado al alimentador número dos.

Al ocurrir una falla en el punto F del transformador número uno y se esté energizando por el alimentador número dos, opera el cortacircuito fusible C, quedando el circuito desenergizado, ya que está normalmente abierto el cortacircuito fusible A.

Lo primero que se debe hacer es aislar la falla abriendo los interruptores T-1 y T-2, cerrar el cortacircuito fusible A, para que las cargas restantes sigan teniendo alimentación.

De la misma manera, en cualquier parte del circuito que ocurra una falla, deberá aislarse ésta y con las maniobras correspondientes se puede energizar la parte restante del circuito.

En cuestión de mantenimiento tiene gran flexibilidad ya que cualquier parte del circuito se puede desenergizar sin problemas.

El equipo utilizado en las redes radiales en anillo abierto es el siguiente:

1.- Cortacircuito fusible

Este cortacircuito fusible se encuentra fijado a dos crucetas y utiliza un fusible tipo 23SC-55M, instalado uno en cada fase de 23,000 volts contra sobrecorrientes y contra corrientes de corto circuito de acuerdo a la capacidad del fusible, la cual se determina según la corriente nominal del sistema.

Este cortacircuito fusible es tipo Intemperie con 23,000 volts nominales, 300 amperes máximos y una capacidad interruptiva de corto circuito trifásico simétrico de 750,000 KVA.

2.- Cable Troncal

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

3.- Apartarrayos

Se utiliza para evitar que los sobrevoltajes se introduzcan en el sistema subterráneo.

Se utilizan apartarrayos de tipo Intemperie con tensión máxima de 24,000 volts, con frecuencia nominal de 60 Hz, 2,300 msnm.

Son del tipo valvular y cuentan con nivel básico de impulso de 150,000 volts cresta, tensión de flameo en húmedo 60,000 volts a 60 Hz (10 segundos), tensión de flameo en seco 70,000 volts a 60 Hz.

4.- Transformador

Los transformadores utilizados pueden ser del tipo pozo ó pedestal y ambos tienen las siguientes características: Trifásico con primario en delta y secundario en estrella con neutro aterrizado, enfriamiento natural con aceite, elevación de temperatura 55°C, 60 Hz. La tensión en el primario es de 23,000 volts y en el secundario 220/127 volts. Existen capacidades de 4, 75, 112.5, 150, 225 y 300 KVA.

5.- Cuchillas de Navaja.

Cuchilla Intemperie, un polo, tiro sencillo, con seguro 25,00 volts, 600 amperes. Se puede colocar en posición vertical, inclinada ó en posición horizontal invertida. Permite en líneas aéreas de 23,000 volts, conectar y desconectar sin carga.

6.- Mufa (Terminal enchufe)

Se coloca la terminal correspondiente en el extremo del cable, ya sea 23 PT ó 23 TC hasta una sección de 240 mm.

Lo fija y lo conecta al exterior protegiéndolo contra humedad y golpes. Se instala en posición vertical en perfiles estructurales como cruceñas, soportes, etc.

Radial con alimentadores selectivos.

Esta estructura, en el caso de la figura 17, cuenta con dos troncales o alimentadores primarios que atraviesan el área a alimentar en forma paralela.

Consta también de ramales que están conectados a ambos alimentadores enlazándolos, siguiendo el tipo de doble alimentación y de los cuales salen derivaciones a las cargas que se van a alimentar.

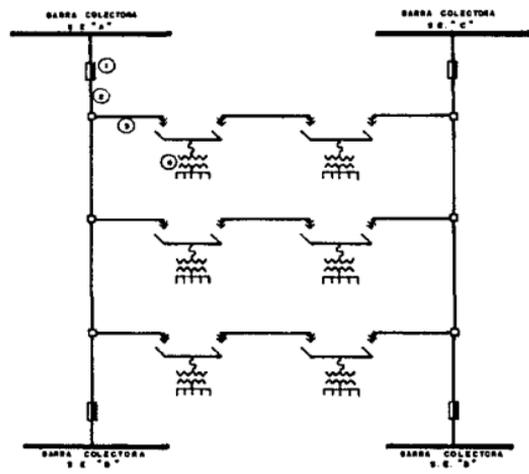
Los ramales tienen una sección menor que las troncales y mayor que las derivaciones.

Los transformadores de distribución se reparten entre ambos alimentadores, por lo que cada alimentador debe ser capaz de tomar toda la carga en casos de emergencia o falla.

Esta estructura puede tener más de dos alimentadores o troncales, pero siempre y cuando conserven las características antes mencionadas.

El principio de operación de esta estructura consiste en que la carga total alimentada, está repartida entre el total de los alimentadores, ya que cuando llegue a fallar algún alimentador su carga pasa totalmente a otro u otros.

Si ocurriera una falla en un ramal o en un enlace, operarán los elementos de seccionamiento correspondientes, localizados en las subestaciones de potencia.



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TERMINAL
- 3) CABLE RAMAL
- 4) TRANSFORMADOR

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	RADIAL CON ALIMENTADORES SELECTIVOS
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 17

Este tipo de estructura se utiliza en zonas de urbanismo tradicional donde hay tendencia a edificaciones que representan fuertes concentraciones de carga y que no requieren un alto grado de continuidad.

Las fuentes de alimentación pueden ser subestaciones de potencia distintas como se ven en la figura 17, ó bien, dos subestaciones distintas o en el último de los casos, de una sola subestación.

Como se puede observar, la interconexión de subestaciones aumenta la continuidad del servicio de la carga. Esto depende de la importancia de la carga.

El equipo utilizado en las redes radiales con alimentadores selectivos es el siguiente:

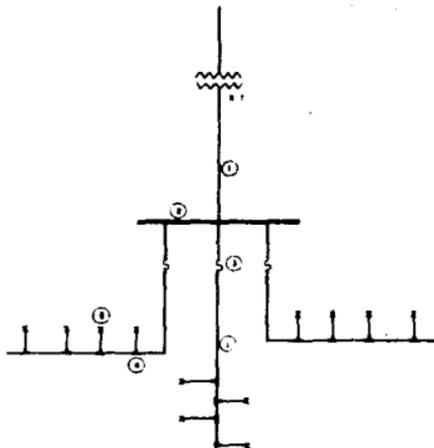
- 1) Interruptor
 - 2) Cable troncal
 - 3) Cable ramal
- Ver equipo utilizado en las redes radiales simples
- 4) Transformador
- Ver equipo utilizado en las redes radiales en anillo abierto

Redes en B.T. radiales con y sin puntos de conexión.

En este tipo de estructuras existen radiales con y sin amarres (puntos de conexión). La estructura es semejante a las estructuras radiales en mediana tensión.

Los alimentadores secundarios parten del lado de B.T. de los transformadores de distribución, como se puede observar en las figuras 18 y 19.

Esta estructura se constituye por cables de sección adecuada que siguen diferentes direcciones, pudiendo tener elementos de seccionamiento que



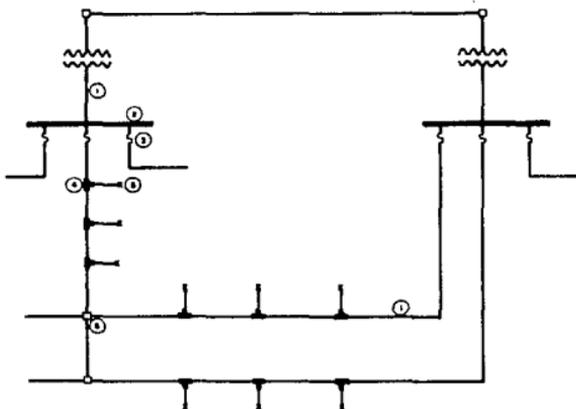
1 CABLE
 21 BUS
 31 PUNTO
 41 WUPA
 53 ACCRETIVA

ENEP ARAGON

UNAM TESIS PROFESIONAL

TITULO RED EN BT DE CIRCUITO
 RADIAL SIN PUNTOS DE
 CONEXION

L. ESTEVEZ F. FIGURA 18



- 1) CABLE
- 2) SWR
- 3) FUSIBLE
- 4) SWFA
- 5) ACOMETIDA
- 6) CAJA

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	RED EN B.T. DE CIRCUITO RADIAL EN PUNTOS DE CONEXION
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 19

permiten darle flexibilidad a la red para efectuar transferencia de carga. Los elementos de seccionamiento funcionan normalmente abiertos.

En operación normal, cada alimentador lleva su propia carga operando de tal forma que cada transformador tenga la carga que le ha sido asignada.

En el caso de la red radial sin amarres, al ocurrir una falla en cualquiera de los alimentadores, ocasionaría que todos los servicios en este alimentador quedaran fuera hasta la localización y reparación de la falla.

En el caso de la red radial con amarres, cuando ocurra una falla en cualquiera de los alimentadores, existirá una interrupción en todos sus servicios hasta que se localice la falla y se aísle. Entonces la carga servida por dicho alimentador no queda fuera en su totalidad de la carga del alimentador fallado, haciéndolo uso de los medios de conexión.

El equipo utilizado en las redes radiales en B.T. con y sin puntos de conexión, es el siguiente:

1) Cable

El cable empleado en el lado de baja tensión del transformador, es el que utiliza como aislamiento el polietileno de cadena cruzada.

Existen distintos calibres los cuales se recomiendan utilizar de la siguiente manera:

150,250,400 mm² para conexión de equipo en S.E.

150 mm² para troncales

70 mm² para ramales

15, 35 mm² para acometidas

Los cables pueden ir enterrados o en aire y las corrientes de trabajo que soportan se determinan para un circuito con un factor de carga de 75%. La corriente normal a 65°C y la corriente máxima a 90°C.

TESIS DE LICENCIATURA

Para cables enterrados, temperatura ambiente 20°C y resistividad del suelo de 120°C cm/watt°.

Para cables en aire, temperatura ambiente de 40°C.

2) Bus abierto

En subestaciones los buses pueden tener ocho o dieciséis vías y son de fase separadas.

El bus principal es de solera de cobre con las siguientes medidas. Para ocho vías 6.3 x 152 x 350 mm, Para dieciséis vías, 6.3 x 152 x 750 mm.

Tienen separadores de fibra de vidrio de 12.7 x 38 x 266 mm. y un soporte de solera de fierro de 6.3 x 38 x 640 mm.

Se fijan a muro y permiten conectar cables en forma directa con fusible CR.

Se recomienda conectar los cables provenientes del o de los transformadores en las vías superiores y los que se deriven deben conectarse en las vías inferiores.

2) Bus cubierto

Se fijan tres de estos buses a muro de bóveda, pozo ó subestación. Pueden tener seis u ocho vías que permiten interconectar hasta seis circuitos de tres cable BTC 1 x 150 de troncales o acomelidas con dos circuitos de tres cables BTC 1 x 400 procedentes de un transformador trifásico o de otro bus.

Pueden trabajar sumergidos en agua hasta tres metros de profundidad. Son para 800 amperes por vía.

Se distinguen los buses por sus colores blanco, rojo y azul respectivamente para cada una de las fases.

3) Fusible

Los fusibles utilizados en redes radiales de B.T. tienen capacidades de 200 y 300 amperes.

Los fusibles de 200 amperes utilizan Zinc bidistilado con 99.98% de pureza como eslabón fusible y los fusibles de 350 amperes utilizan Zinc con 98% de pureza.

Ambos tienen una capacidad interruptiva de 10,000 amperes simétricos. Son de cartucho renovable.

4) Mufa

Una mufa es utilizada en puntos de transición de cable aéreo a subterráneo y sirve para proteger el empalme recto de dos cables contra humedad y daños mecánicos. Las mufas quedan normalmente enterradas. Están constituidas de fierro fundido y no deben tener poros ni fallas.

La sección y el tipo de cables que se empalman son el BPT 3 x 35, BPT 3 x 70, BPT 3 x 150.

5) Acometida

6) Caja

Estas cajas se utilizan para desconectar o interconectar hasta cuatro circuitos. Cada circuito formado por tres cables BTC ó BPT hasta 150 mm².

Son para 500 amperes y pueden trabajar sumergidas en agua hasta un metro de profundidad.

Estructura de red automática subterránea.-

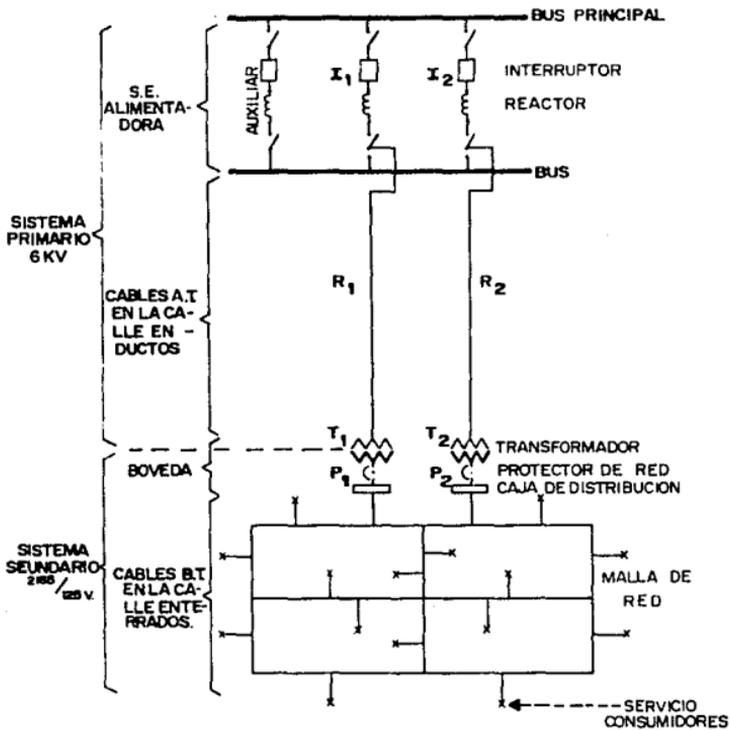
Se puede considerar que una red automática está constituida por dos partes principales la "Primaria en A.,T. y la red Secundaria en B.T."

Red Primaria

La primera está formada por dos o más alimentadores que salen del mismo bus de una subestación principal a través de su Interruptor en aceite y su reactor y que se conectan directamente a transformadores de distribución tipo sumergible instalados en bóvedas subterráneas en la calle, o bien a transformadores tipo Interior instalados en locales proporcionados por los clientes. En la Fig. 20 están indicados dos alimentadores con la denominación R-1 y R-2. En la Cía. se utiliza para los alimentadores cables trifásico forro de plomo, aislamiento de papel con sección de 200 mm² e instalados en ductos.

En nuestra instalación de red automática se ha procurado que los alimentadores primarios estén en anillo con objeto de que no quede todo el alimentador fuera de servicio en caso de falla o de licencia en una de las ramas. Vease Fig 20-A

La troncal del alimentador llega a un interruptor de tres vías dos palancas, bus conectado a tierra en el punto D, de allí se abre en dos ramas que van a los interruptores E y F, también de dos palancas tres vías con bus a tierra. En el supuesto que hubiera una falla en el punto B se operaría manualmente el interruptor D conectando la rama B a tierra, igual se haría con el interruptor en E, se abriría la palanca y se conectaría el ramal B a tierra, dejando en servicio el resto del alimentador de red automática. Es absolutamente indispensable conectar los cables de Alta Tensión a tierra cuando se va a trabajar en ellos, o bien desconectar los protectores en B.T. porque a través de los relevadores de éstos, como veremos después, se da potencial de regreso a la A.T., que aunque de un valor muy pequeño (40 volts) puede impresionar a quién está trabajando en un cable que opera a 6,000 volts. Además al conectar el cable a tierra cubrimos al personal de algún error involuntario de operación.



ENEP ARAGON

UNAM TESIS PROFESIONAL

TITULO ESTRUCTURA DE RED AUTOMATICA SUBTERRANEA

L ESTEVEZ F. FIGURA 20

ENEP ARAGON

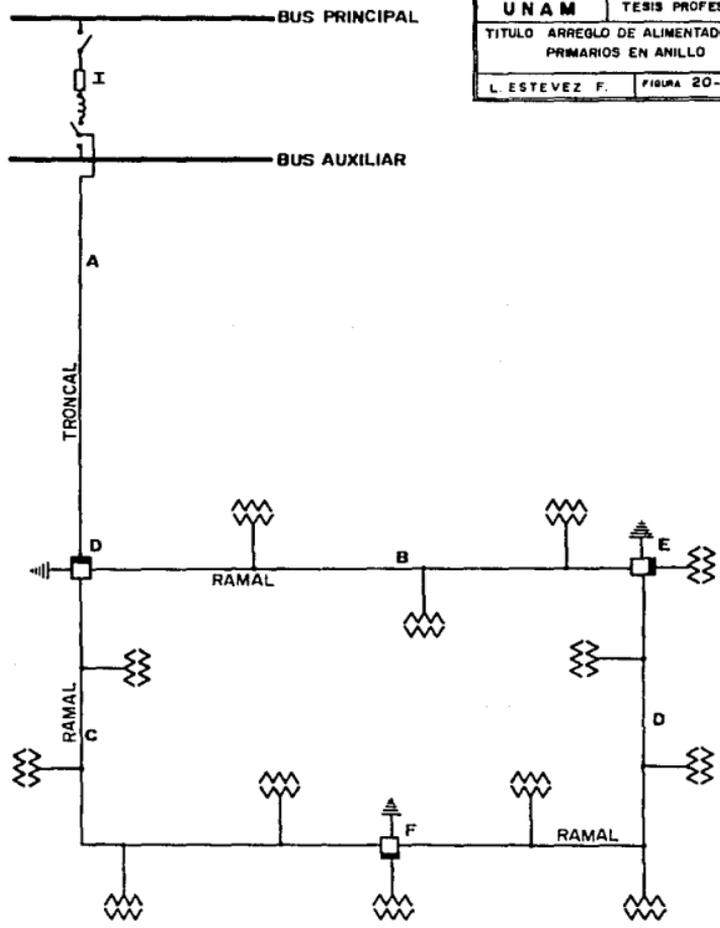
UNAM

TESIS PROFESIONAL

**TITULO ARREGLO DE ALIMENTADORES
PRIMARIOS EN ANILLO**

L. ESTEVEZ F.

FIGURA 20-A



RED SECUNDARIA.-

Los transformadores de las subestaciones de distribución en la red automática, cuentan en la baja tensión con un protector de red acoplado y en ocasiones separado del mismo, de las salidas o moles del protector se conectan cuatro cables monofásicos (calibre según indica la Tabla No. 2 por cada fase y estos se conectan a los buses cubiertos monofásicos, a las cajas de 6 vías o a los buses abiertos; en el caso de los 2 últimos, de sus salidas se conectan los cables trifásicos por medio de gruesas placas de cobre. En el caso de buses monofásicos, de sus salidas se conectan directamente por medio de zapatas cables monofásicos y en los pozos de visita adyacentes se elaboran las trifurcaciones (empalme de 3 cables monofásicos con un cable trifásico). Este cable trifásico continúa directamente enterrado hasta llegar a los buses o cajas de 6 vías de las demás subestaciones formando una sólida red interconectada en baja tensión. Los servicios se conectan en derivación simple en los cables trifásicos.

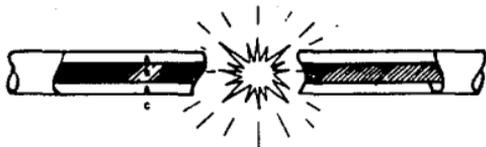
OPERACION DE LOS CABLES DE BAJA TENSION EN LA RED AUTOMATICA

En condiciones de falla de un cable de baja tensión, la capacidad total de las subestaciones por medio de la sólida red interconectada que la forman, proporciona una corriente de falla tan elevada, que quema y troza el cable en el lugar de la falla hasta aislarse, a lo que se le denomina eliminación de falla por auto extinción. Figura No. 21.

Los casos que se pueden presentar son:

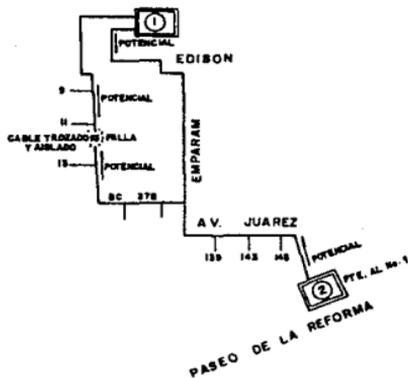
1o. Cuando la falla es entre 2 servicios el servicio del cliente no se enterará, ya que el cable se alimenta por las demás subestaciones a las que está conectado. Fig. No. 22.

2o. Es el caso más crítico, en el cual la falla ocurre en la derivación del servicio, ya que se interrumpirá el suministro de energía eléctrica al cliente y éste reportará a la compañía suministradora la queja correspondiente para su inmediata reparación. Figura No. 23.



- A - AISLAMIENTO DE PAPEL
- B - CONDUCTOR DE COBRE
- C - CUBIERTA DE PLOMO

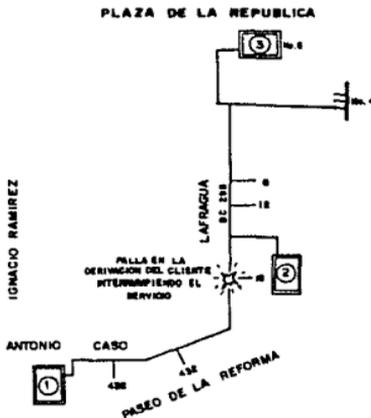
ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ELIMINACION DE FALLA POR AUTO-EXTINCION	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 21



SIMBOLOBIA

- 1 - SUBESTACIONES
- 2 - TIPO BOVEDA

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO FALLA ENTRE DOS SERVICIOS EN B.T.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 22



SIMBOLOGIA
 1 y 2 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA
 3 - SUBESTACION TIPO INTERIOR

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO FALLA EN LA DERIVACION DEL SERVICIO EN B.T.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 23

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE UNA RED AUTOMATICA

La Figura No. 24 muestra el arreglo de una red automática, en el que podemos observar el protector de red, cuya característica y funcionamiento se describe a continuación:

El protector de red se emplea en redes automáticas, éstas consisten en varios alimentadores de alta tensión, cada uno de los cuales alimenta un determinado número de transformadores de distribución.

Estos sistemas es necesario dotarlos de una protección con a fallas en los transformadores o en los alimentadores primarios, además de la protección por sobrecarga que proporciona el Interruptor principal de alta tensión, ya que cuando ocurre un corto circuito en un alimentador primario, el interruptor de la subestación principal se desconectará, pero la falla seguirá alimentándose por medio de la red de baja tensión.

Esta protección es proporcionada por el protector de red, el cual se coloca entre el transformador de distribución y la red de baja tensión.

Otra característica del protector de red es que puede operarse abriendo o cerrando desde el interruptor de la subestación principal, para que automáticamente mediante los relevadores del protector, al abrirse, evite retroalimentar por medio de la red de baja tensión a través de los transformadores el alimentador de alta tensión al que se requiere dar mantenimiento.

Componentes principales de un protector de red.

- 1.- Interruptor
- 2.- Mecanismo operado por motor
- 3.- Relevador maestro de red
- 4.- Relevador de fases de red
- 5.- Tablero que soporta el interruptor y el mecanismo, de composición de asbesto sólido.

Los protectores de red están disponibles en capacidades de 800, 1200, 1600 y 2000 amperes para instalarse en subestaciones tipo interior y en 500, 800, 1200,, 1600 y 2000 amperes en tipo sumergible.

La caja para el modelo sumergible está construida con lámina de acero soldada, tiene bisagras en cualquiera de los dos lados y se fija al cuerpo de la caja por medio de abrazaderas en forma de "C".

Tiene al frente de la cubierta dos mirillas de 4" de diámetro para fines de inspección.

Cuenta con una palanca externa para operación manual, que se puede asegurar con candado en las posiciones de abierto o neutro.

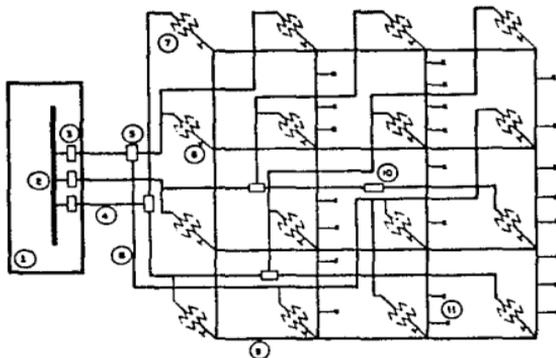
El interruptor es de construcción simple, contactos de placas de plata y rompecaros de metal irrompible, tiene una protección adicional por medio de fusibles, para que en caso de fallar cualquiera de los aparatos simultáneamente con una falla del alimentador, estos operen.

PRINCIPIO DE OPERACION DEL PROTECTOR DE RED

1.- Al ocurrir un corto circuito en un alimentador primario, provocará que todos los protectores de ese alimentador se abran por energía inversa, considerando que la potencia total en las tres fases del alimentador es en dirección inversa.

2.- Al reparar un alimentador primario correctamente, los protectores de ese alimentador automáticamente cerrarán, al cerrar el interruptor de la Subestación principal; en caso de invertir alguna de las fases al efectuar el empalme los protectores no cerrarán.

3.- Si un alimentador primario de una fuente separada se va a conectar a la red con potencial, el voltaje de entrada deber ser ligeramente mayor y debe estar en relación de fases con el de la red, en caso contrario los protectores no cerrarán.



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ARREGLO DE RED AUTOMATICA EN B. T.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 24

El sistema de distribución de red automática además está constituido por: ductos, pozos de visita, cables de alta y baja tensión, subestaciones tipo bóveda y tipo interior, interruptores de alta tensión, transformadores de distribución, buses abiertos, buses cubiertos, cajas de seis vías, etc., que han sido descritos al hablar del sistema de distribución radial.

SIMBOLOGIA DE LA FIGURA No. 24

- 1.- SUBESTACION DE REPARTICION DE CARGA**
- 2.- BUS DE LA SUBESTACION**
- 3.- INTERRUPTORES AUTOMATICOS DE MEDIA TENSION**
- 4.- CABLES ALIMENTADORES TRONCALES**
- 5.- INTERRUPTORES DE MEDIA TENSION DE 3 VIAS**
- 6.- CABLES ALIMENTADORES RAMALES**
- 7.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MEDIA/BAJA TENSION**
- 8.- INTERRUPTORES DE BAJA TENSION DE ENERGIA INVERSA
(PROTECTOR DE RED)**
- 9.- CABLES DE BAJA TENSION**
- 10.- INTERRUPTORES DE MEDIA TENSION DE 2 VIAS**
- 11.- ACOMETIDAS A LOS CLIENTES (SERVICIOS)**

Capítulo III

**RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACION OPERACION Y
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

III.1 Organización del Departamento de Cables Subterráneos

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. empresa de servicio público, tiene por objeto proporcionar un servicio de energía eléctrica 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 y mantener un control de calidad alto, debido a que las molestias que causa la suspensión en el servicio y la interrupción en la Industria ocasiona cuantiosas pérdidas.

El Departamento de Cables Subterráneos pertenece a la Subgerencia de Distribución Subterránea de la Gerencia de Distribución y Transmisión. Esta formado actualmente por siete sectores: Sector Indios Verdes (antes Norte), Sector Bolívar, Sector Vertiz (antes Sur), Sector Iztapalapa, Sector Pensador Mexicano, Sector Cuauhtlilán y Sector Reforma.

El Departamento consta de las siguientes Secciones:

1.- Instalación y Mantenimiento

Su función es la instalación de las nuevas redes subterráneas, proporcionando de esta manera el servicio solicitado por los clientes a fraccionamientos, unidades habitacionales ó Industrias; efectuando también ampliaciones y modificaciones necesarias en las redes subterráneas existentes, de acuerdo con los proyectos elaborados por la Gerencia, tales como : nuevos alimentadores, equipado de subestaciones y bóvedas de transformador y ejecutando trabajos como: excavaciones, cableado, elaboración de empalmes, terminales, arreglos de cables de distribución en alta y baja tensión, reparación de cables dañados, acometidas a clientes, así como la utilización

de los accesorios con que cuenta el Departamento para ejecutar los trabajos antes mencionados. Es importante señalar que la mayoría de los trabajos en baja tensión se efectúan con potencial en los cables.

2. TALLER

Es el encargado 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 y la fabricación de carros remolque, así como adaptación de herrajes y equipo antiguo.

Instalación de los siguientes equipos en los sitios de utilización: transformadores, protectores de red, interruptores, buses, etc.

3. OPERACION

Como su nombre lo indica, tiene asignada la labor de operar el equipo instalado efectuando maniobras en interruptores, cajas de cuatro y de 6 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 cables ciudad, localización de fallas en cables de baja tensión, control y modificación de los planos de alta y baja tensión, 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.

4. GRUPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El crecimiento que el sistema subterráneo ha tenido principalmente durante los últimos años, ha requerido de una revisión a los programas de

trabajo y sobre todo al de mantenimiento, que se ha desarrollado sin control y organización adecuado, por lo cual, con el fin de dar la atención debida a algunos aspectos que por distintas razones se venían difiriendo parcialmente, se ha creado el grupo de trabajo de Mantenimiento Preventivo, formado por el personal de las tres secciones anteriormente descritas.

5. GRUPO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

También con el fin de dar una mejor atención al usuario, se ha formado el grupo de Mantenimiento Correctivo; el cual se encarga de atender las emergencias que se presentan al ocurrir un disturbio en alguno de los alimentadores, ya sea de alta tensión ó baja tensión. Este grupo esta formado por personal de la sección de Instalación y Mantenimiento, y la Sección de Operación, teniendo apoyo algunas veces de la Sección Taller.

III.2 Area de Servicio y sus características

Las zonas en que podemos dividir el sistema tendido por el Departamento de Cables Subterráneos, son las siguientes:

1a.- Formada por el primer cuadro del Distrito Federal con los límites siguientes:

- Al Norte - Calles Mina y Belisario Domínguez
- Al Sur - República del Salvador y Calle Roma
- Al Oriente- Correo Mayor
- Al Poniente Avenida Insurgentes

Esta área es la de mayor concentración de carga, entre 60 y 80 MVA/Km². En esta zona están ubicados dependencias gubernamentales y servicios tan importantes como: Palacio Nacional, Procuraduría General de la República, Secretaría del Patrimonio Nacional, Bonos del Ahorro Nacional, ISSSTE, Centrales Bancarias, Central de Teléfonos de México, grandes Centros Comerciales, Transporte Colectivo del Metro, etc.

Para satisfacer esta demanda se proporciona el suministro de energía eléctrica por medio de la red automática, en el que únicamente pueden

presentarse interrupciones del servicio en caso de fallas del sistema de la Compañía de Luz, siniestro en una b6veda o subestaci6n o en falla directamente en la acometida del cliente.

2a. En la zona que rodea el primer cuadro del Distrito Federal, cuyos l6mites son:

Al norte - Calles de Carpio, Degollado, Ecuador y Costa Rica
Al sur - Fray Servando y Teresa de Mier, Dr. R6o de la Loza y Av. Chapultepec
Al oriente - Av. Circunvalaci6n
Al poniente- Lleja, Paseo de la Reforma, Rosas Moreno, Naranja.

Tiene una densidad de carga de 20 a 40 MVA/KM2, el tipo de servicio es en gran parte dom6stico y en menor cantidad comercial, el suministro de energ6a el6ctrica se proporciona por la red de distribuci6n radial.

Este sistema aunque cuenta con un alto 6ndice de confiabilidad, est6 sujeto a interrupciones en el servicio de los clientes cuando fallan los alimentadores primarios, por lo que existen amarres entre varios de ellos, as6 como en algunos cables de baja tensi6n por medio de seccionadores, utiliz6ndose para evitar per6odos largos de interrupci6n.

3a Consta del resto del Distrito Federal donde se localizan cargas concentradas en conjuntos habitacionales, unidades m6dicas como el Centro M6dico y la Raza, cuentan con interruptores de transferencia autom6tica con doble alimentaci6n.

Esta zona comprende tambi6n los fraccionamientos y unidades habitacionales del Estado de M6xico, Hidalgo, Morelos; donde la densidad de carga oscila entre 6 y 10 MVA/KM2, donde se proporciona un servicio del tipo radial cuya instalaci6n es relativamente econ6mica y bastante confiable. La prestaci6n de este servicio es unicamente a solicitud y con cargos al cliente.

4a Es la zona mixta formada por líneas aéreas y cables subterráneos; comprende parte del Distrito Federal, del Estado de México, Hidalgo, Morelos y demás servicios donde atiende ésta Empresa.

Este es un servicio de tipo industrial, consistente en acometidas directas a los clientes por cable subterráneo y en casos especiales se instalan con doble alimentación, una preferente y la otra emergente, para evitar al máximo la interrupción del servicio, ya sea por falla de un cable ó para dar el mantenimiento preventivo.

IV.3 CRITERIO FUNDAMENTAL PARA EL REPORTE DIARIO DE TRABAJO DE UN INGENIERO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- 1.- Fecha y horario del turno.
- 2.- Nombre del Ingeniero, Sobrestante y O.C. en turno
- 3.- La atención y ennumeración en el reporte se hará por el orden de importancia siguiente:
 - 3.1) RED AUTOMATICA 23 KV.
 - 3.2) RED AUTOMATICA 6 KV
 - 3.3) SISTEMA RADIAL 23 KV (Acometida, cable, equipo, etc.)
 - 3.4) SISTEMA RADIAL 6 KV (Acometida, cable, equipo, etc.)
 - 3.5) ALIM. LINEA DEL METRO
 - 3.6) BAJA TENSION RED AUTOMATICA 23 KV
 - 3.7) BAJA TENSION RED AUTOMATICA 6 KV
 - 3.8) BAJA TENSION SISTEMA RADIAL 23 KV
 - 3.9) BAJA TENSION SISTEMA RADIAL 6 KV
 - 3.10) ALTO, BAJO O VARIACION DEL VOLTAJE Y ATENCION A MEMORANDOS
- 4.- No. de Queja, Disturbio, etc. (procurar pedir a O.C. información de las Quejas con un número determinado, para seguir mejor su control)
- 5.- Nomenclatura del cable o equipo dañado y número de plano que lo contiene.
- 6.- S.E. de donde proviene el alimentador, etc.
- 7.- Razón Social, Teléfono, Nombre del encargado en dicha dependencia afectada y cargo.
- 8.-Dirección (Calle, números, entre que calles, Colonia, si es Edo. ó D.F.

- 9.- Nombre y hora del O.C., O.S., etc., que reporta avería.
- 10.- Procurar especificar parte o partes averiadas (cable, equipo, terminal, según normas de materiales, etc.)
- 11.- Que protección operó, indicar de que punto a que punto queda libre y que parte se interrumpe.
- 12.- Quién atiende o atendió la avería.
- 13.- Que se hace, se hizo o debe hacerse (revisión, pruebas, reparación, etc.)
- 14.- Si avería localizada, indicar lugar. Haciendo croquis explicativo.
- 15.- Siempre investigar causa que motivó la avería.
Calidad de mano de obra, cristalización, envejecimiento del aislamiento, electrolisis, penetración de humedad, P.C. corrosión, piquete mecánico, etc.
- 16.- Indicar como localizó avería (equipo y método utilizado para enriquecer criterio de los Ingenieros).
- 17.- Se repara avería: Indicar que necesita-ó (cable, tipo, calibre, longitud, equipo, accesorios, etc.)
- 18.A que hora terminaron reparación.
- 19.- A que hora se devolvió "licencia" y quien recibió por parte de O.C.
- 20.- Fué o se requiere dejar en tiempo extra. Y relevar o no al personal, etc.
- 21.- El no laborar T.E. cuando por necesidades del servicio así se requiere y se niega personal a laborar, anotar:

nombre, No. de trabajador, categoría y Sección a la que corresponde.

22.-Si se requiere hacer P. de N., sacar datos contables, concretos y elaborarlo en su turno al quedar finiquitada la avería.

23.-En caso de existir varios pendientes de trabajo, el Ingeniero de 1er. turno los anotará en forma completa por única vez, archivando las formas de recepción de las Q's. en File por orden de importancia ya antes denotado, mientras no se atiende en turnos futuros solo denotar No. de Q. y dirección, indicando atender de acuerdo con file de pendientes.

Nota.- Supervisar licencias programadas de preferencia, cuando tengamos conocimiento y copia de la misma.

MANTENIMIENTO

Denotar Q's y pendientes: Tomando en cuenta mismo criterio.

a)-----23 KV

b)----- 6 KV

c)----- BT

d) Cables quemados, reportados en pruebas de regreso.

e) Reportar daños al sistema que al laborar ocularmente detecten.

f) Reportar anomalías que afecten al sistema y que informen terceras personas, etc.

SP's Y D's

1.- Especificar Número de SP's ó D's con todos sus dígitos.

Ejemplo: SP 25551-A; etc.

2 Razón Social (si la hay)

3 Dirección

4 Que se mandó hacer, si se atendió y quién la atendió

OPERACION PLANTAS DE EMERGENCIA

Planta # X, está en condiciones, dónde está, hay que relevar ó mandar audillo, etc.

CUADRILLAS CORTAS

- 1.- Quién y que atiende, Q, BC, hoja de cambio, Lic. etc.
- 2.- Terminó, que queda pendiente y descargar en planero para mantenerlo actualizado.

PRUEBAS

- 1.- Qué y quién prueba y reportar posibles problemas.

TALLER

- 1.- # de SP ó D, Razón Social y dirección.
- 2.- Quién atiende y que hará.

BOMBAS

- 1.- No. de bomba en buen estado de stok en taller.
- 2.- Como cada unidad de instalación Clase "A" tendrá bomba, indicar a conductor de estos vehículos, cheque también bomba y reporte estado de la misma en cada turno.

LABORATORIO BALTEU

- 1.- Checar motor, Instalación eléctrica, frenos, gasolina, aceite, agua, llantas, asear dentro y fuera, sacudir y acomodar instructivos, etc., en interior de Caseta de el Laboratorio, cada tercer día de cada semana, por parte de chofer de Ingeniero de turno.

VEHICULO DE TURNO

- 1.- Verificar instalación eléctrica, aceite, gasolina, agua, llantas, torreta, golpes, etc., en su turno chofer de Ingeniero de turno.
- 2.- Verificar estar completo y en buen estado:
Guantes A.T., lámparas prueba, generador de A.T., amperímetro, megger, multímetro, percha bipolar, tramos de A.T. y B.T., secuenciómetro, vólmeter, instructivos, etc.

ADMINISTRATIVOS

- 1.- Reportar fallistas, indicando el Nombre, No. de Trabajador, Categoría, Sección y si falta C/A y S/P, S/A Y S/P, enfermo.
- 2.- Si se autoriza T.E., aplicar, nombre de la cuadrilla, Sección, porque se autoriza, cuanto tiempo y lugar donde se laborará.
- 3.- Al firmar T.E.'s, verificar los cargos como OCR, Area, Sección, etc.
- 4.- No firmar tarjetas de tiempo, solo aclarar en Relatorio si laboró, horario y el porque no checó.
- 5.- En cada turno llenar instructivo de fallas correspondiente; para que Ingeniero de 1er turno cada día 30 de mes haga reporte mensual oportunamente.

VARIOS

En cada turno al iniciar recorrer todo el Departamento y anotar anomalías de material, bodegas, Taller, Operación, vehículos, gasolina, agua, teléfonos, puertas A.P., choques a vehículos, caldera, accidentes (si se reportó debidamente), recomendaciones, etc., Ejemplo:

EJEMPLO

FECHA Jueves 16-V-91 Hora 7 a 15 Hrs. ING. DE TURNO

Marlo A. Rico T.
SOBTE. V. Marure
O.C. G.Espejel

CABLES QUEMADOS
23 KV

DISTURBIO

SW RAC M-40 DE RED 72-11 de S.E. Pensador Mexicano, Independencia esquina Balderas (centro)

Reportó 15 Hrs. O.C. Sr. G. Espejel dicho SW averiado, haber operado REL. 51-N., estar libre toda la RED 72 para su atención.

PENDIENTE; Atender

Q.- 2020

Del 23C-140-2 de la S.E. Patera.

Laminadora Alzacapotzalco en Pte. 128 # 100 entre Ntes. 45 y 55 en la U. Valle Patera, Méx. D.F.; encargado Manto. E. Sr. Ruelas Tel. 000-0000

Reportó 9:00 Hrs. O.C. Sr. G. Espejel dicho cable picado por personal ajeno a la Cia., libre cuchillas Driecher en Interior de S.E. y guías de mufa, desconectada en Interior del servicio (Interrumpe).

Previa solicitud de Lic. se mandó personal al lugar confirmando falla (Cable 1 x 240-23 PT picado), se excavó, se jaló cable, el cual alcanzó, se meggeo cable en ambos extremos marcando OK.

Se hizo empalme y se tapó excavación y entregó OK al O.C. para que mande normalizar.

NOTA.- Datos para el P. de N.

Infractor Sr. LUIS MOLINA HDEZ.

Vehículo Ford 1979

Placas # 435 DBG

Descuido de Infractor para manejar. ATENDIO:

Sr. B. Balderas

==== 6 KV ====

Q.- 4050

ALIM BRASIL (RC 7400-200) de S.E. Nonoalco.

Reportó 21 Hrs. OC Sr. G. Espejel, estar con falla dicho alimentador y completamente libre para su atención.

PENDIENTE: Atender

==== BT ====

Q.- 105523

BC-1053-PLANP 6148, de Sabino entre Son Juana I. de la Cruz y Ramón López Velarde, Col. Nueva Sta. María.

Reportó 21 Hrs., O.C Sr. G. Espejel dicho BC cruzado en sus 3 fases, Interrumpiendo varios servicios.

PENDIENTE: Atender.

==== MANTO. ====

23KV

Mandar pintar nomenclatura siguiendo su ruta, en toda la RED 23 KV. Buenavista.

==== 6 KV ====

RC 42112 Portafusible del Alim. Hidalgo de S.E. Nonoalco en Reforma y Puente de Alvarado, centro.

Reportó 17:00 Hrs. O.C. Sr. G. Espejel estar válvulas de portafusibles dañados.

PENDIENTE: Manto. programará licencia para su atención.

==== BT ====

Q.- 987190

BC 165-Plano 735) en Edif. Atras de Balderas Esq. Independencia, Col. Centro.

PENDIENTE: Reporta 17 Hrs. Sr. G. Espejel tornillo dañado y falso contacto en pizarra de caja 6 vías, se pasó a Manto preventivo.

==== SP's y D's ====

SP-34677=-C

Promotora O.H., S.A. en Carbajal 6 (A y B) 7 (A, B y C).
Se mandó excavar 1.30 mts. de terreno, quedó OK.
ATENDIO: Sr. A. Real.

==== OPERACION ====

Planta # 3 OK en Depto.
Planta #5 En reparación
Planta # 11 OK en Depto.
Planta #14 En el PRI In. Nte. Esq. Violeta; mandar relevar.
Personal Planta CLA Sr. G. Morales OK
Personal Planta CLB Sr. E. Franco OK

==== CUADRILLAS CORTAS ====

BC 117

Balderas #33
Se mandó probar BC, confirmar falla, acorralarla en lo posible.
ATENDIO: C.C. Sr. E.Cordova

==== TALLER ====

SP 39017-A

Leonor Váldez Hernández en las Torres # 59-L, Col. Fco. Cuautlatpan,
Méx.

Se mandó retirar e instalar nuevo RT, quedó OK.

ATENDIO: Sr. de Taller

==== BOMBAS ====

- Se tiene en sala de bombas 3 en buen estado
- Bomba # 3 de 59 DO 444, se descompuso al estar desaguando, repararla.

==== LABORATORIO BALTEU ====

Se checó motor, sistema eléctrico, frenos, gasolina, aceite, agua, llantas, asear dentro y fuera el equipo, sacudir y acomodar instructivos, etc.

En interior de caseta y arrancar + 5 minutos estando OK.

==== VEHICULO DEL ING. DE TURNO ====

Se checó sistema eléctrico, agua, aceite, gasolina, llantas, frenos, radio transmisor, golpes, torreta, estando OK.

Se checó estar completo y en buen estado equipo en interior de unidad de Ingeniero de turno:

Ampérmetro, guantes de A.T., Generador de A.T., lámparas de prueba, megger, multímetro, percha bipolar, planos de A.T., y B.T., secuencímetro, vólmetro, instructivos, etc., estando todo OK.

===== ADMINISTRATIVOS =====

Faltó C/A y S/P SR. LUIS FDEZ. No. 76110 - 2o CLA B
INSTALACION N/S CUBRE

Faltó S/A y S/P SR. JOSE RIOS No. 76104 - 2o CABO
TALLER N/S CUBRE

Faltó CA/ y C/P SR. LEON GLEZ. No. 80186 -CABO OPERACION
N/S CUBRE

Se reportó enfermo Sr. HUGO DIAZ No. 80926 2o CL. "A"
CUBRIR PUESTO

Se quedó a trabajar T.E. Cuadrilla de Sr. Juan Pérez # 00001, Sección de
Instalación, por urgir trabajo, relevar en el lugar.

===== VARIOS =====

- Están fundidas lámparas del Alumbrado Taller Automotriz
- No tenemos gasolina en Depto. desde hace 6 días
- No hay escaleras de 28 y 36'
- 59 DO 444 de la CL "A" en Taller Automotriz (Taller no tiene reservas)
- Baños se encuentran muy sucios
- Cuando se hará estacionamiento para Ings. de Turno
- Personal no descarga los residuos de material en longas adecuadas.
- Recordar a personal por medio Sobtes., y a través de cada Ingeniero de mesa, saigan por la mañana todos a la brevedad posible.

A t e n t a m e n t e

INGENIERO DE TURNO

III. 4 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE B.T.

En este trabajo se tratará de definir las condiciones y los métodos de localización de Fallas en Cables Subterráneos de Baja Tensión, utilizando relativamente poco equipo.

El método se divide en 4 partes principales como sigue:

- a) Generalidades
- b) Pruebas preliminares
Aquí se incluye el análisis de la falla y su corrección y además se menciona cual método debe de elegirse dependiendo de la naturaleza de la falla.
- c) Localización a distancia aproximada
- d) Localización exacta sobre la ruta del cable

En cada método se hace mención de su principio básico y se detallan las dificultades sobresalientes de cada uno.

Es más difícil localizar una falla en B.T. que en tensiones medianas o altas y si no se dominan los principios que rigen para la localización de fallas se fracasa, en consecuencia es tan indispensable contar con personal calificado como lo es disponer del equipo apropiado para tal fin.

1) DIFICULTADES PROPIAS EN LA LOCALIZACION DE FALLAS

Las fallas en Cables de B.T., en promedio 6 fallas en los cables y 1.5 en los accesorios, son más raras que las fallas en Mediana Tensión, y son también por desgracia más difíciles de localizar por las razones siguientes:

a) Las redes de baja tensión, tienen su estructura ramificada en numerosas derivaciones, la ruta de los cables está más o menos bien localizada en los planos de la distribución.

b) Los cables son de secciones, de aislamientos y de metales heterogéneos y sus longitudes son mal conocidas.

c) La desconexión de todos los ramales de los servicios no siempre es fácil, particularmente en la noche y los días de fiesta, cuando el acceso de los inmuebles están cerrados.

d) Los métodos empleados de la A.T. no es posible utilizarlos para las redes de B.T.

Todo lo cual, no facilita de ningún modo las medidas y operaciones para investigar rápidamente las fallas.

2) CONDICIONES NECESARIAS PARA LOCALIZAR UNA FALLA

Para localizar con éxito y en el menor tiempo una falla en cable de B.T., existen varias condiciones concernientes al personal, al material y a los planos y esquemas requeridos.

a) El Personal

Un buen conocimiento de los diversos métodos y sus condiciones de empleo, solo podrá ser adquirido por el personal que haya recibido formación básica que lo perfeccione.

La capacidad del personal puede adquirirse con la práctica, pero es recomendable que reciba cierta especialización en el empleo de estos métodos.

b) El Equipo

Es importante disponer de un equipo apropiado para localizar fallas en cables de B.T.

c) Planos y Esquemas de Identificación

La localización será mucho más rápida si los planos y esquemas están al día y si están accesibles las puntas de los cables en sus extremos.

En un cable con falla es indispensable conocer:

a) La configuración general del cable con todos sus extremos (Alimentación, Servicios Conectados), sus puntos de derivación y empalmes y sus puntos de corte.

b) La longitud y la especificación de los diferentes ramales que lo constituyen, así como la naturaleza del aislamiento del conductor y su sección.

c) La identificación de los conductores por numeración o colores.

De igual manera es indispensable disponer de planos que contengan la localización topográfica correctamente establecida y al día, de tal suerte que se pueda establecer una cartografía de detalle a gran escala. Es por lo tanto conveniente mantener los planos al día, inmediatamente después de cualquier modificación que se haga.

IV.5 CONDICIONES PARA LA LOCALIZACION DE FALLAS

El proceso para localizar una falla comprende 5 pasos sucesivos que son:

- 1) Conocimiento de las Características y Trazado del Cable
- 2) Análisis de la falla
- 3) Proceso para eliminar Resistencia de Fallas (Franqueo)
- 4) Prelocalización aproximada de la Falla o Localización a Distancia.
- 5) Localización sobre el terreno.

1) Características y Tratado del Cable

Para facilitar los cálculos durante los ensayos, es necesario conocer:

- a) Longitud del Cable
- b) Situación Topográfica
- c) Conexión de las instalaciones

Los puntos (a) y (b) dependen de si se dispone o no del plano de detalle para determinarlos. En dado caso que no se cuente con un plano de detalle, o éste no hay sido puesto al corriente, se determinan utilizando 2 aparatos que responden de hecho al mismo principio, pero difieren en su equipo;

El Detector Metro-Tech y el Rastreador a frecuencia musical (Estos 2 aparatos se mencionarán más adelante).

En el punto (c) es necesario tener aisladas las extremidades del cable, de tal modo de no dejar mas que el cable solo.

Esta operación es bastante larga y puede ser de hecho imposible en la noche o en los días festivos, si la reparación es urgente, se puede proceder a la abertura de la o las derivaciones para quitar lo dañado del cable.

2) Análisis de la Falla

Una vez determinados los puntos anteriores, se procede a un análisis previo sobre los extremos del cable, para saber en la forma más precisa posible, el tipo de falla, y así poder escoger por lo consiguiente el método adecuado en las pruebas de localización.

Este análisis consiste en medir:

- a) La Resistencia de la Falla
 - b) La Prueba de Continuidad de los Conductores
 - c) La Prueba de Continuidad en los Plomos
- a) ANALISIS DE LA RESISTENCIA DE LA FALLA
-

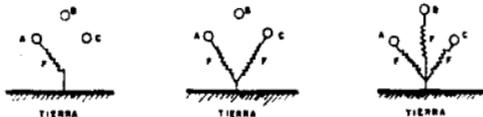
Esta prueba se hace con un ohmetro o un Puente de Wheatstone, aparatos que nos darán las lecturas de resistencia en Ohms.

Las mediciones se hacen por los 2 extremos del cable, de preferencia, tomando lecturas, cada una de las fases contra el Plomo (Pb) y entre las fases mismas.

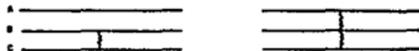
De esta prueba se deduce que podemos tener. (Fig. 25)

Estas lecturas son muy importantes, porque nos determinan si hay o no precisión de efectuar un proceso de eliminación de la resistencia de falla (Franqueo).

- a) 1, 2 o 3 FASES CON FALLA A TIERRA DE ACUERDO CON LA MEDICION FASES/Pb



- b) 2 o 3 CONDUCTORES EN CORTO CIRCUITO. DE ACUERDO CON LA MEDICION ENTRE FASES.



- c) FALLA FRANCA O FALLA RESISTENTE A TIERRA



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO ANALISIS DE RESISTENCIA DE FALLA	
L ESTEVEZ F	FIGURA 25

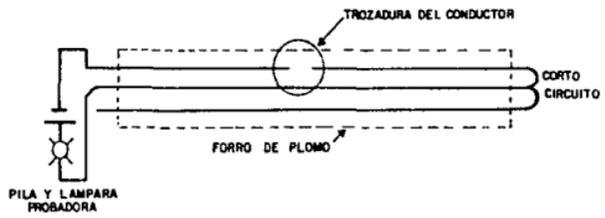
b,c) PRUEBA DE CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES Y EN LOS PLOMOS

Esta prueba tiene por objeto el poder saber si existe trozadura de los conductores en la falla, puede determinarse, poniendo en Corto Circuito los 3 conductores en un extremo del cable y desde el otro extremo probar entre 2 conductores con una pila de 1 1/2 Volts y un foquito, si dichos conductores responden al corto circuito. (Figura 26)

Esta prueba puede hacerse también fase por fase y utilizando el plomo del cable como conductor de regreso, quedando así a un mismo tiempo, probada la continuidad del plomo.

De los análisis anteriores, podemos agrupar las fallas en 3 grupos fundamentales:

- a) Falla de Fase a Tierra
- b) Cortocircuito entre Fases
- c) Conductor Trozado



ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO PRUEBA DE CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES Y DE LOS PLOMOS	
L. ESTEVEZ F	FIGURA 25

3.- PROCESO PARA ELIMINAR RESISTENCIA DE FALLA (FRANQUEO)

Esta prueba consiste en reducir la resistencia de falla, para lo cual se utiliza un quemador de B.T., el cual produce en la falla una circulación de corriente capaz de carbonizar los aislamientos del conductor y con ello quemar totalmente la falla. (Figura 27)

4.-PRELOCALIZACION APROXIMADA DE LA FALLA O LOCALIZACION A DISTANCIA.-

En las reflexiones del análisis previo, agrupamos las fallas en 3 grupos fundamentales: Falla a Tierra, Corto Circuito y Trozadura.

Sin embargo existen más tipos de fallas que resultan de la combinación de estos 3 tipos fundamentales.

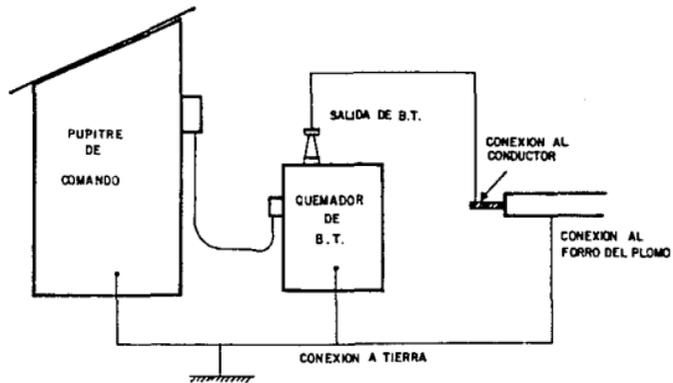
La prelocalización de la falla, consiste en determinar en forma aproximativa la distancia a la cual se encuentra la falla, desde los 2 extremos del cable.

Existen varios métodos a seguir para efectuar una localización a distancia, de los cuales se enunciarán algunos de ellos más adelante.

5.-METODOS DE LOCALIZACION SOBRE EL TERRENO

Este método consiste en precisar directamente sobre la ruta del cable el lugar exacto de la falla en donde nos permite eliminar las causas de errores de los métodos de localización a distancia y reducir al mínimo las excavaciones.

III.6 METODOS DE LOCALIZACION A DISTANCIA



ENEP ARAGON

UNAM | TESIS PROFESIONAL

TITULO PROCESO PARA ELIMINAR
RESISTENCIA DE FALLA

L. ESTEVEZ F. | FIGURA 27

La localización a distancia, tiene por objeto determinar la longitud de cable comprendido entre el punto en donde se lleva a cabo la medición y el punto de falla.

La selección del método de localización a distancia de la falla, se lleva a cabo en función de la naturaleza de la falla determinada en el curso del análisis.

La precisión obtenida de la distancia de la falla al extremo de medida, depende del cuidado que tenga el operador en el curso de la prueba, como también del conocimiento de las longitudes y características eléctricas de los cables.

Los métodos se mencionan a continuación:

1.-Puente de Wheatstone

El método del Puente de Wheatstone, es empleado para localizar fallas de aislamiento entre uno o varios conductores o entre uno de estos conductores y la tierra, donde el conductor que sirva de retorno, presente una resistencia de aislamiento, cuando menos 10 veces superior a la del conductor con falla. (Figura 28)

Para efectuar el ensayo, se cierra previamente el interruptor (I) de la batería, haciendo variar gradualmente el valor de la resistencia del reóstato (a), hasta que la aguja del galvanómetro (g) marque cero. En estas condiciones y designando por (r) la resistencia de cada conductor entre A y B, la resistencia entre A y C será dada por la fórmula:

$$X = 2 \times r \times a$$

$$a + b$$

El valor en % de x a r , será el valor en % de la distancia del aparato a la falla con respecto a la longitud del cable.

Este ensayo debe de efectuarse desde ambos extremos del cable a manera de cerrar medidas opuestas.

2.-Ensayo Murray

Es aplicable en los casos de falla a tierra o de corto circuito entre conductores sobre cables con o sin derivaciones.

Para que esta prueba se pueda realizar se necesita:

- a) Si existen aparatos conectados a las derivaciones se puedan facilmente seccionar.
- b) Los 2 extremos del cable sean accesible
- c) Contar cuando menos con un conductor sano.

El instrumento clásico para efectuar este tipo de ensayos, es el Puente de Hilo calibrado y Corredera, pero puede usarse también el Puente de Wheatstone, calibrando en forma adecuada a la resistencia del cable, las resistencias contrastadas del instrumento.

El principio de este ensayo consiste en comparar la resistencia de un conductor sano con la del conductor defectuoso, mediante el equilibrio eléctrico del puente. De ahí se deduce la condición (b).

A continuación se muestra en diagrama, el montaje de instrumentos para la realización de este ensayo. (Fig. 29)

MONTAJE DE UN PUENTE DE HILO CALBRADO Y CORREDERA PARA EL ENSAYO MURRAY.-

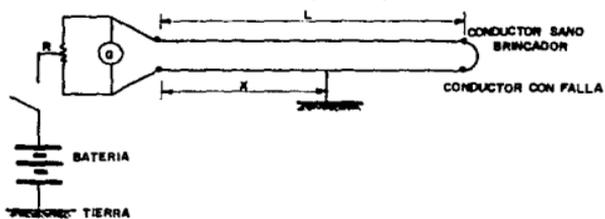


FIGURA 29

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	ENSAYO MURRAY
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 29

El equilibrio del puente se logra al ajustar el reóstato (R) en una lectura tal, que ya no se registre ninguna desviación en el Galvanómetro (G), es decir que ya no circule corriente por ese circuito.

$$X = 2 \times L \times \text{lect. (mts.)}$$

1000

Debe estar dada en metros y la carátula del reóstato deberá estar graduada de 0 a 1000.

En el diagrama anterior, se observa la necesidad de conectar el conductor sano, y el defectuoso, en el extremo opuesto del aparato, de ahí la condición (C).

De hecho el valor de la Resistencia de la falla no altera la lectura del Reóstato, su influencia es únicamente sobre la sensibilidad del Galvanómetro, a manera de acusar una mínima o nula derivación, cuando se trata de fallas muy resistentes. En estos casos es preciso aumentar el potencial de la batería o fuente de alimentación.

3.-Puede Sauty

Es aplicable en las prelocalizaciones de fallas por trozadura de un conductor, comparado como ya se dijo antes, valores de capacidad entre los conductores sanos y el conductor defectuoso.

Para poder realizar esta prueba se necesita que:

- a) Las derivaciones estén seccionadas
- b) Exista un conductor sano
- c) El conductor defectuoso esté bien trozado y aislado

El Instrumento en cuestión es el Puente de capacitancias,

llamado Puento Santy, en donde se ajusta el equilibrio del puente a un mínimo de ruido en los audífonos. Fig. 30

Considerando que las capacidades de los Conductores son proporcionales a sus longitudes, tenemos:

$$X = \frac{CX}{CL} L = \frac{a}{1000} L$$

X estará dado en mts., si L está en metros.

4.-METODO DE CAIDA DE TENSION DE LOS SERVICIOS

Este método es utilizado en los casos en que no es posible desconectar el cable en los servicios y nos determina únicamente el tramo entre derivación y derivación donde se encuentra la falla.

Equipo Necesario

Un quemador de fallas a corriente directa a 400 volts y un milvómetro a escala 0-25 volts, de gran resistencia.

Condiciones

Es necesario una circulación de corriente constante, a través de la falla, equivalente a 6 Amps. como mínimo.

De ser posible, desconectar el equipo de medición de los servicios y tener perfectamente identificadas las fases del cable en los servicios. Fig. 31.

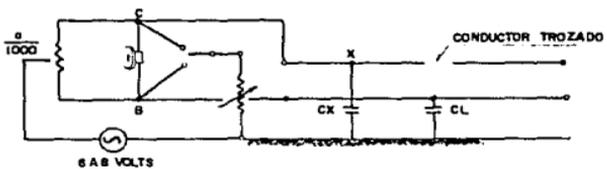


FIGURA 30

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	PUENTE DE SAUTY O DE CAPACITANCIAS.
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 30

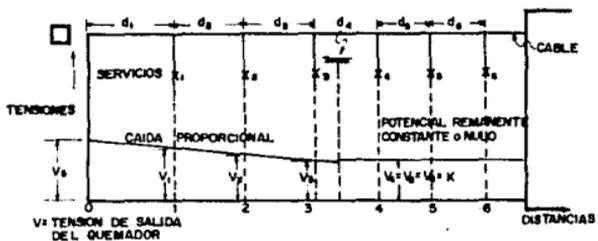


FIGURA 31

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	METODO DE CAIDA DE TENSION DE LOS SERVICIOS.
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 31

Tomando en cuenta que la corriente de aislamiento y franqueo la tensión de salida del quemador van a permanecer constantes, las caídas de potencial a lo largo del cable van a ser proporcionales a las distancias; de allí que midiendo con un milvómetro en las terminales de los servicios, se encontrarán valores de tensión a tierra que decrecen a medida que se alejan del quemador, hasta lugar donde ya no varían más, permanecen constantes o se anulan por completo. Esto significa, que en esos momentos ya hemos pasado encima de la falla, de acuerdo a la figura arriba mostrada, puede observarse que la falla se encuentra entre los servicios de los puntos 3 y 4 ó sea:

Entre el servicio que tenga la última variación proporcional de tensión y el que ya no varíe con los siguientes, allí entre esos 2 servicios se encuentra la falla.

Inconvenientes

Este método es únicamente aproximado, no da el lugar exacto y en ocasiones entre un servicio y otro, llega a haber 40 mts. de separación.

Aunque la tensión de salida del quemador bajo régimen de carga, es de unos cuantos volts ó décimos de volts, al iniciarse el franqueo, la tensión es de 400 V. (no se fabrican de menor tensión) y por consiguiente se corre el riesgo de dañar los medidores, aunque esa tensión no sea aplicada solamente unos instantes.

5.-Ensayo Fisher

Este ensayo es útil para la determinación de la distancia de la falla en un cable relativamente corto, tiene la ventaja de indicarnos con bastante precisión el sitio de una falla del tipo de las 3 fases a tierra.

Instrumentos Necesarios

Se requiere primeramente, un puente de hilo calibrado y corredera a baterías, un puente de Wheatstone y 2 líneas adicionales de la misma longitud del cable aproximadamente.

Condiciones

Como principal condición, se requiere acceso en ambos extremos del cable, luego que la longitud del cable defectuoso no pase de decenas de metros, ya que mas largo es difícil disponer de 2 líneas adicionales.

Otra condición para no restarle precisión al ensayo, es la de escoger los 2 cables adicionales, de una sección que no difiera mucho de la del cable defectuoso.

Procedimiento

Es necesario identificar perfectamente las 3 fases en ambos extremos, con el puente de Wheatstone, no con lámparas de continuidad, pues éstas pueden acusarnos regresos falsos a través de la falla.

Para evitar problemas de discontinuidad de plomos (Tierra abierta a plomo abierto), conviene utilizar uno de los conductores averiados como regreso de tierra.

El ensayo se ejecuta en 2 pasos como se muestra en las siguientes figuras, Fig 32 y Fig. 33.

1er. Paso

Se monta el hilo calibrado y corredera en ensayo Murray normal, utilizando uno de los conductores auxiliares como; cable sano, uno de los conductores a tierra como conductor defectuoso y otro de ellos también, como regreso de tierra.

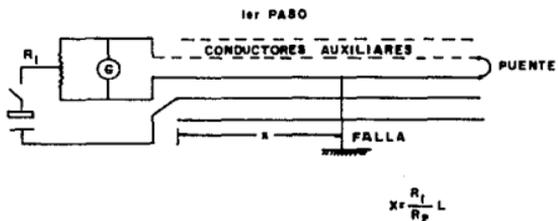
Se ejecuta el ensayo y se anota el valor de la lectura en el Reóstato correspondiente al equilibrio del puente.

2o. Paso

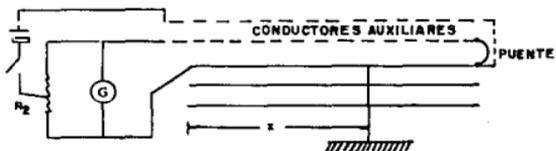
Se desconecta el conductor que sirvió de regreso de tierra en la terminal de la batería y se le conecta a dicha terminal, el 2o. conductor auxiliar en el extremo opuesto del cable, se conecta dicho conductor auxiliar a la punta del conductor que se ha tomado como defectuoso, teniendo el cuidado que la resistencia del brincador no intervenga en esta conexión.

Se toma la 2a. lectura en el Reóstato, al establecer el equilibrio del puente.

De estos 2 pasos se deduce que el cociente de la primera lectura entre la segunda multiplicado por la longitud del cable, nos da la distancia desde el aparato hasta la falla.



2do PASO



FIGURAS 32 y 33

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	
ENSAYO FISHER	
L ESTEVEZ F.	FIGURA 32 Y 33

6.-METODO DE LA CAIDA DE TENSION EN LOS PLOMOS

En este método, se supone que la falla ha sido ya cercada en una zona limitado, pero al abrir la excavación no se encontró nada, por lo tanto, es necesario abrir una 2a. excavación, donde probablemente tampoco se encuentra nada, en estas 2 excavaciones hechas, no debe de cortarse el cable.

Posteriormente, se procede a hacer mediciones con el Galvamómetro, de acuerdo con las siguientes instrucciones. (Ver Fig. 34)

La longitud total es: $L = x$ y (Mts.)

La desviación total es: $K = Ax - By$

$$x = K + BL \quad \text{en Mts.}$$

$$A + B$$

1er. Caso

Entre las 2 excavaciones, la corriente tiene el mismo sentido que el de dentro de la excavación del lado de la fuente. (Ver Figura 35)

2o. Caso

Entre las 2 excavaciones la corriente tiene el mismo sentido que el de dentro de la excavación del lado opuesto a la fuente de alimentación.

A - Es la desviación lineal del Milvólmetro dentro de la excavación abierta antes de la falla.

B - Es la desviación lineal del Milvólmetro dentro de la excavación abierta después de la falla.

K - Es la desviación total del Milvólmetro entre las dos excavaciones.

LA LONGITUD TOTAL ES: $L = x + y$ (mts.)
 LA DESVIACION TOTAL ES: $K = Ax - By$

$$x = \frac{K + BL}{A + B} \text{ EN MTS.}$$

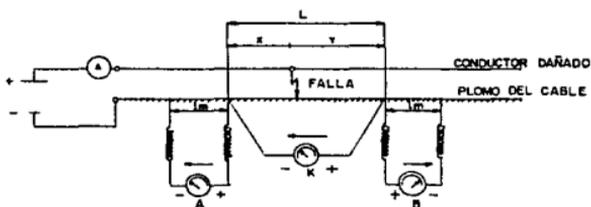


FIGURA 34

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	METODO DE LA CAIDA DE TENSION EN LOS PLOMOS.
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 34

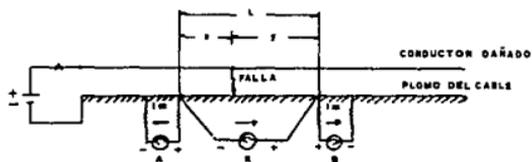


FIGURA 35

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	METODO DE LA CAIDA DE TENSION DE LOS PLOMOS
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 35

De preferencia, deben desconectarse los plomos de tierra en los 2 extremos del cable, para evitar corrientes vagabundas que varíen 1 las medidas.

Consideraciones que deben tomarse en cuenta:

1) Las 2 excavaciones que se hacen, deben ser aproximadamente de 1 mts. de longitud y no es indispensable más que levantar un pedazo de 1 cms. de fleje del cable, picar con un punzón redondeado para hacer el contacto con el conductor del cable.

2) La batería deberá limitarse a valores de 1 a 5 Amps., intercalando en serie una resistencia.

3) En los 2 casos, X nos dará la distancia exacta en metros, a partir del punto final de la 1a. a 2a. prueba (A y B), hasta el lugar donde se encuentra la falla.

4) Deberá examinarse siempre la polaridad en el Milvóltmetro desde la 1a. excavación que se abra, con respecto a la posición de la fuente, para deducir desde ese momento, si se está adelante o atrás de la falla.

5) El Borne Negativo (-) de la fuente, deberá conectarse siempre sobre el plomo del cable.

Este método solo es válido si se cumple lo siguiente:

1) Que el plomo del cable no esté cortado o degollado en algún lugar.

2) Que la falla a tierra sea lo suficientemente franca que permita un valor de corriente para dar lecturas.

3) No deberán existir en este tramo, empalmes intermedios que alteren la resistencia del plomo.

III.7 LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CABLES DE RED AUTOMÁTICA B.T.

Debido a las características tan especiales en este tipo de Sistema de Distribución, las fallas en sus cables; se eliminan por autoextinción, lo que da lugar a que el cable se troce, aislándose nuevamente por su propio papel y quedando con potencial en las 2 puntas.

Esto es, que por un lado le da la red la gran cualidad de continuidad de servicio, aún fallando el cable, por otro lado, existen problemas para la localización de la falla.

En 1er. lugar, como el cable queda en servicio con potencial por ambos lados de la trozadura, no se sabe de momento, si falló, ni donde falló, a menos que la falla se encuentre sobre el ramal que alimenta un servicio y por medio de la queja del cliente se realice la localización.

PRUEBA ANUAL DE REGRESOS

Como es necesario saber alguna vez cuales son los cables en la red que han fallado, se ejecuta cada fin de año una prueba sobre todos los cables de baja tensión, la cual consiste en lo siguiente:

Se desconecta un cable en las cajas de distribución de 6 vías o buses Monofásicos en todos los lugares o puntos a donde llega ese cable, excepto en uno. Alimentándolo desde allí, se prueba la presencia de potencial en los extremos desconectados, de tal manera que si el cable está abierto, en el extremo opuesto o extremos libres, el cable no acusará regreso o potencial en alguna o en todas sus fases.

Pistas

Otros de los detalles que caracterizan la localización de fallas en cables de B.T., es el olfatear un rastro o una pista que haga suponer la presencia de la falla.

Entre estas pistas pueden nombrarse las siguientes:

a) Olor a Cable quemado (olor muy especial) en la boca de los ductos o en la tierra de la excavación.

b) El filze en las paredes del pozo o bóveda, en la boca de los ductos o en la misma excavación, puede ser otro buen indicio. Se debe de tomar el cuidado de limpiar el filze una vez terminado el trabajo, para que no se convierta en un engaño en una próxima localización.

c) La presencia de humo en pozos o bóvedas

d) Cuando un pozo o bóveda está inundada de agua, la presencia de una nata cobriza sobre el agua, pone también de manifiesto la existencia de una falla.

Causas

A continuación se da una lista de las causas que pueden motivar la falla en un Cable subterráneo.

1) Piquete Mecánico.-

Generalmente al efectuarse obras de urbanización se hacen excavaciones y es muy común que algún operario por confusión o descuido dañe el cable, produciéndose inmediatamente o algún tiempo después la falla en el cable.

2) Corrosión Química.-

La presencia de determinados ácidos o álcalis, o de sustancias que combinadas dan lugar a éstos, pueden atacar violentamente las cubiertas de plomo y perforarlas.

3) **Cristalización.-**

El continuo movimiento del cable dentro del ducto a las dilataciones y contracciones de éste a consecuencia de su régimen de carga, terminan por dañar el forro de plomo, agrietándose el cable.

4) **Rozamiento.-**

La falta de cuidado al instalar el cable, la suciedad en los ductos o la falta de precauciones en lugares filosos, producen cortaduras en las cubiertas de plomo.

5) **Asentamientos del Subsuelo.-**

Esto es muy frecuente en la ciudad de México, por tanta construcción actual, ya que es muy poco compacto el terreno, produce resquebrajamiento en las cubiertas de plomo del cable, que llegan a reventarse, produciéndose una degolladura.

6) **Tierrazos.-**

Los fenómenos transitorios debido a corto-circuito, falla a tierra, etc., producen corrientes residuales que fluyen por las cubiertas de plomo, elevándose el potencial de una cubierta con respecto a otras, de allí que en lugares donde una cubierta con potencial toca o pasa cerca de otra, o de una estructura que propicie una diferencia de potencial adecuada a la descarga, ésta se produce formando lo que se llama un tierazo, el cual perfora las cubiertas de plomo, dejando allí un hueco considerable.

7) **Introducción de Agua o de Humedad.-**

Todos los fenómenos anteriores dan lugar a la introducción de agua o humedad dentro del cable que tiene por resultado, siempre la falla inmediata o posterior del cable. Otra manera de permitir la introducción de agua o humedad dentro del cable, es el hacer descuidadamente un empalme (unión 2 ó 3 cables).

8) **Sobrecargas.-**

Un cable que trabaja todo el tiempo sobrecargado, llegan a quemarse sus aislamientos, perdiendo sus cualidades dieléctricas, provocándose la falla.

- 1) Derivaciones
- 2) Empalmes
- 3) Terminales
- 4) Pozos de visita y bóvedas
- 5) Instalaciones y cruces de vías de ferrocarril
- 6) Lugares salitrosos
- 7) Obras públicas en construcción.

Localización Exacta de la Falla en Cables a B.T.

La localización sobre el terreno consiste en precisar directamente sobre la ruta del cable el lugar de la falla, predeterminada por los métodos anteriormente enunciados. Esto permite eliminar las causas de errores de los métodos de localización a distancia y de reducir al mínimo excavaciones.

Sin embargo para efectuar una localización exacta de la falla, es indispensable efectuar previamente las medidas de localización a distancia con la más grande precisión posible y de conocer la trayectoria o ruta del cable.

A continuación se describe el aparato que se utiliza en el Departamento de Cables Subterráneos para la localización exacta de la falla de un cable sobre el terreno.

1) Metro - Tech.

Consta este aparato de un transmisor de onda corta y de un receptor de antena direccional con una posición ya definida (en este caso el receptor debe de estar en posición vertical)

El transmisor puede conectarse en forma directa o indirecta, es decir:

Conexión Directa, cuando se tiene acceso a un extremo del cable, se conecta a los conductores o al fondo del plomo y al fleje del cable, la terminal de salida del transmisor.

Conexión Indirecta, cuando no se tiene acceso a ningún extremo del cable y solamente por inducción se envía la señal al cable, colocando el transmisor sobre el eje del cable.

En una forma u otra se envía una señal a través del cable y radialmente a él: a medida que el receptor va acercándose al cable, la señal registrada por el Galvanómetro y el zumbido continuo de los audífonos, se irán haciendo más intensos hasta ser máximos en el momento de estar el receptor encima del eje del cable y comenzarán a disminuir a medida que, una vez cruzado éste, se aleje el receptor de él.

Para saber la dirección del eje del cable, se gira el receptor sobre el plano horizontal, hasta obtener el ruido máximo de recepción, la señal será nula cuando el plano del receptor sea normal al eje del cable.

Para saber la profundidad a que se encuentra el cable, colocando el receptor encima de él, se le inclina 45° , inmediatamente desaparece la señal en los instrumentos registradores. A medida que se desplaza el receptor del plano vertical del cable, la señal comenzará a registrarse hasta hacerse máxima a cierta distancia, para luego comenzar a disminuir. La distancia del plano vertical del cable al punto donde la señal fué máxima, será la profundidad del cable.

VI.8 TRAMITE DE LICENCIAS, A OPERACION REDES DE DISTRIBUCION

1) GENERALIDADES

Ningún trabajo en el equipo que afecte la capacidad, protección o seguridad del Sistema, o que cause Interrupción a los consumidores, debe efectuarse sin previa licencia, aún cuando tal equipo esté desconectado, pues se considera que está disponible y listo para entrar en servicio en cualquier momento.

9) Falsas Maniobras.-

Una falsa maniobra en la operación, puede dar lugar a producir un corto-circuito, que queme por completo los aislamientos del cable y produzca la falla.

10) Emigración de Aceite en la Posición Vertical del Cable.-

Un cable que se encuentre en posición vertical, es factible que el aceite por gravedad emigre a la parte superior, un vacío que favorece notablemente a la ionización del cable, por lo consiguiente se produce la falla.

11) Vejez.-

Con el tiempo, el resecamiento de los aislamientos en un cable, da lugar a la formación del fenómeno de ionización, la cual aumenta sus pérdidas y por lo cual se produce la falla.

12) Defecto de Fabricación.-

Un defecto en el encintado, impregnación o en la aplicación de la cubierta del plomo, puede dar lugar a ionizaciones o penetración de humedad que posteriormente hacen fallar el cable.

13) Defectos de Manipulación.-

Manos sucias o sudorosas, torcedura del cable en curvaturas, o pocas precauciones al hacer un empalme o una terminal (Mufa), traen irremisiblemente la falla.

14) Roldas de rata.-

La mordida de rata produce incisiones bastante considerables a consecuencia de éste.

15) Incendio.-

Normalmente esto ocurre cuando existe basura en pozos y bóvedas, ya que con una colilla de cigarro, puro o un cerillo, o por la misma explosión de un cable o equipo, se extiende el fuego. Para evitar esto, normalmente se le da un mantenimiento de limpieza y aseo general en pozos y bóvedas.

De las explicaciones anteriores se deduce que los puntos vulnerables en los cables subterráneos son:

Es muy importante tener en cuenta que las licencias en general implican tener fuera del Sistema la parte del equipo que amparan, produciendo condiciones anormales que afectan en mayor o menor grado la continuidad del servicio, la regularidad del voltaje, la estabilidad, la flexibilidad o seguridad del Sistema. Más aún, se disminuye el equipo de reserva y suele alterarse en grado importante el funcionamiento correcto de la protección.

Por lo anterior, debe reducirse el número y duración de tales licencias al mínimo compatible con los programas de revisión y seguridad para el buen funcionamiento del equipo.

Solo por causas de fuerza mayor, podrán prorrogarse las licencias. El solicitante debe tener en cuenta que las prórrogas se evitan mediante la planeación y la preparación cuidadosa de los trabajos a ejecutar.

Usualmente se formulan programas de licencias, concediéndose éstas en sucesión, por lo que la incorrecta duración de una de ellas puede causar serios perjuicios.

También se conceden licencias en alguna parte del equipo, aprovechando un período de baja carga. La duración de las licencias debe caber dentro de ese período, pues un retraso en la devolución siempre ocasiona trastornos de importancia que deben evitarse.

Las licencias y prórrogas, son concedidas por los OS (OC), excepto en casos anormales en los cuales serán autorizadas por los jefes de los OS (OC). Se exceptúa el caso de falta de comunicación (Regla 553).

Causas que motivan una licencia

1. Conexión de equipo nuevo

2. Mantenimiento preventivo de equipo en operación
3. Atención a disturbios
4. Solicitud por particulares

SOLICITUD DE LICENCIAS A OPERACION CIUDAD

1.- El Ingeniero solicita por escrito o por teléfono, dependiendo lo urgente del trabajo, libramiento en donde se vaya a efectuar, indicando la fecha, hora, duración y explicando en que va a consistir.

2.- El personal que debe autorizar esta licencia, prevé anomalías y checa si se puede llevar a cabo dentro del horario y fecha que se solicita y si existe algún problema se estudiará lo más viable para solucionar favorablemente la discrepancia.

MANIOBRAS

Se entiende por maniobras, las secuencias de operación efectuadas en el equipo de seccionamiento, para librar o normalizar parte del mismo, ya sea por licencias programadas, por disturbio o para mejorar las condiciones de operación del sistema.

Las maniobras son efectuadas por personal capacitado, los cuales en combinación con el operador, deben tener una perfecta coordinación y conocimiento de las características del equipo, para evitar que por desconocimiento se produzca un error que ponga en peligro la vida, tanto del ejecutor, como de otras personas, así como del equipo.

Existen varios tipos de maniobras como son:

- Maniobras de rutina
- Maniobras periódicas
- Maniobras especiales
- Maniobras por disturbio
- Maniobras de Normalización

En cada una de las maniobras mencionadas, se requiere prestar la debida atención.

DISTURBIOS

Entiéndase en operación por disturbio, como el estado breve y de peligro durante el cual se alteran las condiciones normales en el sistema de Red.

3.- Al confirmarse la licencia, el Ingeniero del Departamento ejecutante, designa el personal que deberá efectuar el trabajo.

LIBRAMIENTOS

Se entiende por libramiento el conjunto de maniobras que en coordinación entre el operador de turno y personal de campo, se efectúa para dejar sin potencial parte del sistema de Distribución, equipo interior o equipo del cliente, para efectuar trabajos en el mismo, previa solicitud de licencia.

OBSERVACIONES O PERMISOS

Cuando se efectúa un trabajo donde se tiene contacto directo con equipo o cables alimentadores a los cuales se le va a hacer una revisión ocular o alguna prueba que no varíe las condiciones de operación del sistema como muestreo de aceite, o pruebas de hermeticidad, se le deberá solicitar al operador correspondiente la autorización para llevarla a cabo, y este será puesto en observación por si existiera una falla que al coincidir en el mismo lugar donde se está realizando el trabajo, no se hagan pruebas con potencial que resultarían fatales estando todavía el personal en el lugar donde se inició el disturbio.

Esta observación, la solicitará el jefe de la cuadrilla que va a hacer el trabajo y proporcionará los siguientes datos:

- Nombre del trabajador y sector correspondiente
- Trabajo que va a ejecutarse, dando la localización exacta y nomenclatura del equipo.
- Duración del permiso
- Datos adicionales en caso necesario

PUNTOS Y MEDIOS DE SECCIONALIZACION

Puntos de seccionalización.-

Se entiende por punto de seccionalización aquel en donde de acuerdo a las necesidades de operación se pueden efectuar la interrupción de la corriente eléctrica.

Los puntos de seccionalización en una Red de Distribución de cualquier tipo, deberán estar perfectamente localizados como resultado de una planeación adecuada a las necesidades de operación.

Medios de Seccionalización.-

Se entiende por medio de seccionalización, el equipo usado en cada punto de seccionamiento, el cual, de acuerdo a la función que desempeñará, tendrá su característica especial.

III.9 ORGANIZACION DEL TRABAJO Y PRUEBAS DE CAMPO

1) ORGANIZACION

Como se sabe, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (en liquidación) tiene como objetivo primordial; producir, transmitir, elevar, reducir, distribuir y suministrar energía eléctrica por línea aérea y cable subterráneo a los diferentes usuarios lo más confiable y eficientemente posible.

El Departamento de Cables Subterráneos, dentro de dicha compañía, tiene entre otras cosas como ya se mencionó en capítulos anteriores, vigilar el buen funcionamiento de las instalaciones, procurando un buen mantenimiento preventivo o detectando con la mayor exactitud y el menor tiempo posible, el lugar preciso donde se encuentra la falla, que haya originado la interrupción de la energía al usuario.

El grupo de mantenimiento correctivo y emergencias, está integrado por el personal siguiente:

Un Ingeniero de Turno (Jefe del Grupo)
Programa, organiza, coordina, supervisa, administra
y es el responsable del trabajo.

Un Sobrestante en cada sección (instalación, taller
y operación).

Se considera el enlace entre el Ingeniero y los Trabajadores que forman las diferentes cuadrillas, ya que auxilian al Ingeniero, dando las órdenes de trabajo al personal, supervisando, etc.

Con el afán de mantener siempre estable y en óptimas condiciones, la continuidad del servicio de Energía Eléctrica, se cuenta con personal (16 cuadrillas) las 24 horas en las diferentes secciones, tales son:

a) INSTALACION

- 1 CUADRILLA (bodega) de 2 personas por cuadrilla
- 4 CUADRILLAS (mantenimiento preventivo) de 3 personas cada cuadrilla.
- 3 CUADRILLAS (emergencia) de 3 personas cada cuadrilla

b) OPERACION

- 2 CUADRILLAS (Plantas de emergencia) de 2 personas por cuadrillas
- 1 CUADRILLA (aseos bóvedas, etc.) de 2 personas por cuadrilla
- 2 CUADRILLAS (operación de equipo eléctrico)

c) TALLER

- 3 CUADRILLAS (emergencia) de 3 personas por cuadrilla

El Ingeniero (Ing. de Turno) como responsable del trabajo es el encargado de recibir y atender, auxiliado por 16 cuadrillas, las quejas o reportes de fallas a las instalaciones de la Compañía de Luz correspondientes a la zona de trabajo según corresponda.

Una vez recibidas, éstas se organizan, ordenándolas, dando preferencia a hospitales, servicios en 6 y 23,000 volts, fábricas con interrupción y baja tensión respectivamente.

De acuerdo con la práctica y el tipo de información proporcionada respecto a la falla o avería (tensión de alimentación), se checa el planero (juego de planos en alta y baja tensión que comprende la ruta, calibre y tipo de interconexión existente del alimentador), se hace un diagrama denotando al servicio afectado, enlistando el equipo eléctrico recomendado para tal capacidad, se prevé la cantidad de cuadrillas de trabajo (grupo de tres personas por cuadrilla) siendo uno de ellos responsable de la misma (empalmador), y el tipo de unidad requerido para transportar, tanto al equipo eléctrico, como al personal; posteriormente se llama al sobrestante de instalación (enlace entre el Ingeniero y los Trabajadores de las cuadrillas), se le informa verbalmente y por escrito del trabajo por ejecutar; finalmente éste da las órdenes de trabajo al personal hasta comprobar que todo esté entendido; de no ser así el Ingeniero lo explicará al personal en general.

Cabe hacer notar que debido a lo laborioso y delicado que es el trabajo con corrientes vivas y en diferentes lugares, se recomienda buen estado anímico (no estado de ebriedad), y tener conocimiento del trabajo. Para eso, en la Compañía de Luz por medio de la sección de Relaciones Industriales, imparte periódicamente cursos sobre conocimiento a la Ley del Trabajo, Contrato Colectivo de Trabajo, Definición de Labores, Relaciones Humanas, Prevención de Accidentes, forma de Organizar y Ejecutar los diferentes equipos eléctricos y unidades de transporte, organiza eventos culturales, deportivos, etc. Correspondiendo al Ingeniero de Turno, supervisar y fomentarlos a diarios para el buen desenvolvimiento del personal en sus labores, evitando accidentes, pérdidas al usuario, al equipo y a la Compañía en general. Al presentarse una persona a laborar en estado inconveniente, no se le permite la entrada y será

substituido por el que releva en ese moment (según convenga) o se suspenderá el trabajo a ejecutar por el resto de la cuadrilla.

Es de vital importancia lo anterior, ya que esto origina pérdidas de tiempo, para sacar todo lo necesario en el trabajo encomendado, trasladarse del departamento al lugar del servicio interrumpido, ya que es ahí donde previas pruebas se comprobará el equipo llevado, dependiendo del tipo de falla que se vislumbre (declarada o no declarada).

Si en el lugar se confirma que la falla es del tipo declarada o visible, deberá verificarse si se tiene lo necesario para repararla o se envía por el y se da la orden para que procedan con la pronta reparación, recomendándole al Sobrestante soliciten licencia (dejar al cable sin potencial) para el alimentador averiado al operador ciudad u operador sistema, según sea el caso; posteriormente que éste ha indicado estar libre completamente nuestro cable, se confirma lo anterior con Percha Bipolar (bulbo indicado de potencial) en 6 y 23,000 volts), hasta quedar completamente seguro y confirmar que en puntos de enlace (interruptor, protector, portafusibles, etc.) quede una tarjeta que indique estar éste en licencia. Ya confirmado lo anterior, se aterriza el cable por trabajar, ya que debido a las distancias y propiedades de éste, generalmente queda con potencial y en ocasiones ha originado amputación de algún miembro o muerte instantánea del trabajador.

Se procura como una medida de seguridad, colocar juego de tierra (3 cables Monofásicos de aproximadamente 5 mts. de cobre 1 x 200 BTC), se deja aterrizado el cable por trabajar, ya sea Monofásico o Trifásico, evitando así que por descuido de alguna otra persona desconocida, conectase éste enviándonos potencial al lugar de la falla.

Cuando la interrupción, de acuerdo a la falla por reparar se prevé, será prolongada o el servicio es de suma importancia, se envía provisionalmente planta de emergencia, hasta no ser normalizado éste debidamente.

GOLPEADOR O LABORATORIO BALTEU

TEORIA DE OPERACION

El golpeador localiza las fallas por medio del uso de un capacitor cargado para producir un alto pulso de energía entre el conductor fallado y tierra. Este pulso es intentado para crear un arco a la localización de la falla. El arco calienta el aire circundante y la energía es liberada como un golpe (estruendo) audible. La localización del arco puede ser rastreada por la percepción del estruendo acústico, la onda sísmica, o el magnético generado en el arco. La caída de potencial puede ser rastreada, usando el equipo del gradiente de tierra. Si un sonido fuerte es generado, la falla puede ser localizada por simple oído o sentimiento del golpeador. El esquema de la localización de falla usando el golpeador se muestra en la Fig. 36.

La fuente del golpeador es simplemente un circuito de descarga capacitiva. Todo lo que es requerido en principio es un suministro de potencia, un banco de capacitores y un alto switch de voltaje. El switch más común es un simple descargador a distancia explosiva. El sensor usado para localizar la falla puede incluir una antena de circuito cerrado magnético, un micrófono o un detector de gradiente de tierra. La operación de las pruebas del circuito de antena y del gradiente de tierra, ya han sido discutidas, por lo tanto, el recordatorio de esta discusión tratará el estruendo audible como el mecanismo de localización de fallas primario. El estruendo puede ser "oído" (micrófono o por el oído o "sentido" (sensor sísmico o los pies).

El estruendo es creado cuando la corriente en el arco golpea el aire, causando una onda de presión que se expande hacia afuera del canal del arco. El surgimiento de la corriente inicial causa que el aire se expanda mucho más rápido que la energía pueda propagarse lejos del canal del arco, resultando un enorme incremento en presión y ésta crea una onda de choque.

La percepción del ruido de un estruendo depende de la amplitud y duración de la corriente de pulso. Para una forma de pulso dado (duración), la intensidad del sonido producido es maximizando por maximizar la corriente que fluye a través del arco. La amplitud de corriente varía directamente con el voltaje del cable a la iniciación del arco e inversamente con la impedancia de la fuente. Sin embargo, el arco de voltaje de iniciación, tiende a incrementar

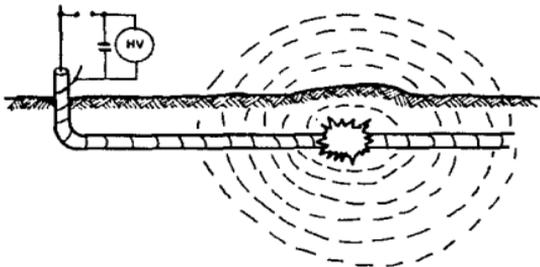


FIGURA 36

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	LOCALIZACION DE FALLA POR MEDIO DEL GOLPEADOR
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 36

como el pulso del tiempo del arco es reducido. Por lo tanto, la amplitud de la corriente es maximizado por maximización del voltaje de carga y maximización del arco de tiempo y la resistencia e inductancia de la fuente.

La relación entre el ruido del estruendo y la duración del pulso eléctrico es más complicado por el número de acciones filtrantes envueltas en la interacción. La generación de una onda de choque, su propagación, reflexión de interface aire tierra y las características del oído humano (u otro sensor) combinado a ambos efectos, la intensidad y la frecuencia contenida es el estruendo. Por lo tanto, la relación entre el ruido y la duración, depende de la situación física. La tendencia es por el ruido a incrementar con la duración; sin embargo, el incremento es sintético a el valor máximo el cual es determinado por la amplitud de la corriente más allá de un cierto punto tiene un impacto negligible sobre el ruido, pero incrementa la baja frecuencia contenida del golpe.

La duración de la corriente es proporcional a la constante de tiempo eléctrico del circuito y así al producto de la resistencia-capacitancia.

TECNICA DE LA CORRIENTE DE RASTREO

TEORIA DE OPERACION

La técnica de Corriente de Rastreo es usada para localizar fallas sobre sistemas ramificados donde el acceso periódico a los cables es por conducto de pozos de visita. La corriente de falla es introducida dentro del circuito formado por el conductor fallado y la tierra. El transformador de corriente es usado para medir la corriente neta del cable al pozo de visita seleccionado. En la Figura 37 se describe el uso de la técnica de corriente rastreo.

Para la falla a tierra se muestra, (1 2) mide la corriente de falla y (1 2) no la mide. Esto indica que la falla es localizada entre estos dos pozos. Esta es la máxima precisión que puede ser obtenida usando la técnica de corriente de rastreo por sí sola. Sin embargo, si el cable es instalado en un ducto, entonces esta precisión es suficiente desde el cable entero entre los pozos será reemplazado. Para un cable enterrado directamente, el suplemento para localizar la falla será requerido usando el gradiente de tierra, rastreador de tono, o técnica del golpeador.

La consideración mayor para el uso de la Técnica de corriente de rastreo, es asegurar que un porcentaje substancial de la corriente de retorno está fluyendo en la tierra, mas bien que en el neutro, entonces el campo magnético visto por el transformador de corriente es cancelado y la salida es esencialmente cero. Por lo tanto, puede parecer que la medición del punto es más lejos de la falla cuando en la realidad no es así. Este requerimiento es más importante para cables de neutro aislado (particularmente el TC) donde es necesario asegurar el neutro a tierra y el contacto entre el punto de la medición y la falla. Regresando a la figura (), este contacto es más asegurado por la colocación de un transformador de corriente entre la fuente y un punto de tierra local, como se muestra.



FIGURA 37

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO TECNICA DE CORRIENTE DE RASTREO.	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 37

APLICACION

La técnica de corriente de rastreo se aplica a cortos o fallas no lineares. Sin embargo, este requiere una fuente de voltaje alto. La fuente puede ser de C.D., C.A., o de pulso y las consideraciones mencionadas en la discusión de la técnica del rastreador de tono se aplican aquí.

Como se ha mencionado previamente, la técnica de rastreador de corriente no es aplicable a cables de neutro aislado a menos que una provisión para una conexión a tierra pueda ser efectuada.

2 TECNICAS DE TERMINAL

A) PUENTE

TEORIA DE OPERACION

El puente de wheatstone puede ser usado para localizar fallas por medición de resistencia de un cable de uno de los extremos de la falla. Si la resistencia del conductor es uniforme y la longitud es proporcional a la resistencia. La teoría básica del puente es ilustrada en la Figura 38.

Tres resistencias son conocidas y una no, como se muestra en la figura y un voltaje es aplicado entre los puntos A y B. Si una o más de las resistencias conocidas, es variada, la corriente no fluye a través del galvanómetro y se tiene

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_2$$

Numerosas configuraciones de puente existentes y la del puente de wheatstone no es la más usual como un localizador de falla. El circuito de Murray es la configuración de puente más comúnmente usados para localizar las fallas, se usa una medición proporcional, por lo tanto, no es necesario conocer las resistencias actuales del cable. Si el conductor es corto circuitado a tierra a la falla y una idéntica fase no fallada conectada a la fase fallada al final, por lo tanto, el puente puede ser dibujado como se muestra en la Figura 39.

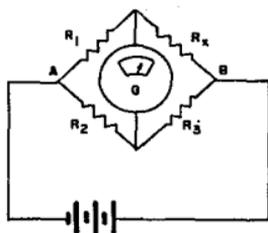


FIGURA 38 PUENTE DE WHEAT-STONE

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO	METODO DEL PUENTE DE WHEATSTONE
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 38

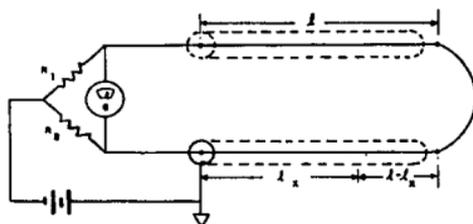


FIGURA 39

ENEP ARAGON	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
TITULO LOCALIZACION DE FALLAS POR MEDIO DEL PUENTE	
L. ESTEVEZ F.	FIGURA 39

Dado que 1 es proporcional a R, entonces

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1x}{21-1x}$$

Esto puede ser simplificado si R1 y R2 son parte de una variable del resistor, por lo tanto:

$$\frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1x}{21}$$

El circuito Varley es una variación de puente, la cual usa 2 fases buenas en orden para eliminar la resistencia de seguridad. Otra variación es localizar averías por medición de capacitancias, mas bien que de resistencias. Finalmente, un puente especial de voltaje alto es usado para generar suficiente corriente para manejar las fallas no lineales.

APLICACION

Los puentes pueden ser usados para localizar fallas sobre todos los tipos de cables. Sin embargo, más instrumentos son aplicados limitados con respecto al tipo de falla. Las aberturas pueden ser localizadas con puentes de capacitancia. Los cortos son localizados con puentes de resistencia y las fallas no lineales pueden ser localizadas con puentes de resistencia de voltaje alto.

Mas aplicaciones del puente requiere acaso a ambos extremos del cable y el uso de una fase no fallada. En resumen, todas las conexiones deber ser de baja resistencia y la longitud del conductor deber ser explicados. Simplemente en teoría, los puentes son frecuentemente difíciles de usar y requiere de considerable conocimiento y experiencia.

La mayor limitación del puente es el requerimiento de cables uniformes. Esto es, el cable entero debe ser de un tamaño. Fallas sobre cables con más de un tamaño de conductor puede ser localizado desde que el puente hace de hecho la medición de la resistencia, pero esto requiere que el tamaño del conductor varíe en la misma forma, sobre ambas, la fase fallada y la fase

buena. Todo requiere buenos conocimientos de la longitud del cable y tamaño y la considerable destreza del operador, por lo tanto, la resistencia total del cable puede ser calculada.

El uso de un puente sobre un sistema ramificado requiere que la rama en falla sea identificada antes de que cualquier lectura pueda ser obtenida.

Capítulo IV

ESTADÍSTICA DE FALLAS EN ACCESORIOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA

En este trabajo se pretende motivar la optimización de operación de los sistemas de distribución subterránea de energía eléctrica, mediante la capacitación y difusión de las experiencias que se tienen sobre el tema de esta plática.

Se presenta en este trabajo el desarrollo de un método que permite la colección estadística de fallas de cables y accesorios, ocurridas en los sistemas de distribución subterránea. La adopción de este método permite la comparación y facilita el intercambio de la información recabada por varias fuentes, gozando del beneficio que brinda el acceso a un gran volumen de información. Con esto se puede determinar las tendencias de comportamiento de los cables y accesorios.

Siendo ésta una parte del trabajo total del Subcomité de Accesorios, se adquiere el compromiso de presentar en la VI Reunión de Trabajo sobre Sistemas de Distribución Subterránea en México, la parte complementaria bajo los títulos de Guía de Reporte de Fallas en Accesorios y de Indicadores de Falla.

Como paso previo se ha elaborado un listado y análisis de las principales fallas encontradas en las instalaciones de distribución subterránea en México y específicamente aquellas registradas en los accesorios integrados al cable o en puntos de conexión, teniendo como resultado un esquema de prevención de fallas en éstos, derivados del análisis tratado.

IV.1 INTRODUCCION

La reunión de fabricantes y usuarios de accesorios eléctricos en comités de trabajo para el análisis de fallas de las redes de distribución subterránea, reporta grandes beneficios. El esfuerzo conjunto permite diagnosticar los problemas y arribar a conclusiones que redundan en una operación de los sistemas más confiables y económicos. La recopilación estadística de los procesos de construcción, operación y mantenimiento de las redes de distribución subterránea y su análisis, son el principio de una serie de actividades necesarias para el mejoramiento de los cables, accesorios y sistemas de distribución subterránea. Estas actividades son: elaborar y mejorar los programas de capacitación del personal que los fabrica, instala o mantiene en operación, exigir la calidad que requiere los componentes de una red; mejorar los métodos de instalación, buscar nuevas aplicaciones tecnológicas; determinar la periodicidad de los servicios de mantenimiento, intercambiar experiencias, justificar o confirmar inversiones, promover la participación de institutos, universidades y laboratorios en la solución de los problemas y otras.

Para que la colección estadística de fallas ocurridas en los cables y accesorios sea indicativa y digna de confianza, se requiere que todas las entidades que controlan y operan las redes de distribución subterránea tengan una base común referente a definiciones y clasificación de las causas de falla.

Este trabajo que esta primera parte de un método para el diagnóstico y reporte de fallas en accesorios, hace un análisis sistemático de las posibles fallas y sus causas, explica los factores involucrados en éstas e incluye las medidas preventivas adecuadas para cada caso. En algunos casos las medidas preventivas van implícitas en el análisis de la falla.

Especial cuidado se debe tener al diagnosticar y reportar la falla, porque en ocasiones la causa real queda oculta al flamearse o fundirse la pieza. Es necesario distinguir entre la causa real y la causa aparente.

Si bien en este trabajo se trató de incluir todas las causas de fallas, un análisis más profundo de los lectores permitirá complementarlo. Por esto invitamos a que los comentarios o discrepancias que se generen al estudiar

éste, sean dirigidos al Subcomité de Accesorios. De esta manera el trabajo final podrá enriquecerse con la experiencia de todos los que de alguna manera se interesen por los sistemas de distribución subterránea.

IV.2 METODO PARA EL DIAGNOSTICO DE FALLAS

Las siguientes notas comprenden lo concerniente a un método práctico, cuya finalidad es determinar la causa o causas probables de falla en cable, empalmes, terminales u otros tipos de accesorios fuera de servicio.

INFORMACION PREELIMINAR

La siguiente información debe ser anotada en los registros que cubren cada fallo o falla potencial del cable o accesorio y, deben estar disponibles a los Ingenieros que examinan las muestras.

La nomenclatura del cable u otro tipo de identificación, la fecha y hora de la falla, localización de la falla incluyendo las distancias desde el centro del empalme más cercano y desde el borde de la boca del ducto más cercano y pozo de visita, longitud del tramo entre centros de pozos de visita o entre subestaciones, clase del ducto y cualquier otra información digna de tomarse en cuenta. El calibre y tipo de cable (incluyendo el calibre, número y forma de los conductores, espesor del aislamiento y si hay alguna envoltura sobre la cubierta), voltaje nominal y de operación, fabricante, año de fabricación y fecha de puesta en servicio.

Para empalmes terminales y otros accesorios, también es de utilidad el año de fabricación y la clase de materiales utilizados como aislantes.

Se debe reportar si la falla ocurrió en servicio o bajo prueba; si el cable o accesorio estaba o no normalmente sumergido en agua u otro líquido en el punto de falla, incluyendo empalmes, o bien si el cable en el punto de falla se encontraba embebido en concreto u otro sólido.

Si la falla fué en el ducto o en cable directamente enterrado. La condición del suelo o de la calle en que sucedió la falla.

Si hay alguna indicación de interferencia de un agente exterior. Cualquier condición anormal mientras el cable se retiró que pueda tener alguna relación con la falla tal como grava, pedazos de concreto en el ducto, fallas adyacentes, pantallas o soportes faltantes o flojos. Si la falla fue cerca de la boca del ducto, o soporte, con un dobléz muy agudo o deficiencias de instalación. Si la falla ocurrió en un pozo de visita, registro o bóveda. Si la falla ocurrió en un cable directamente enterrado; el tipo de suelo circundante, humedad del terreno, vías de tranvía, ferrocarril o metro, cenizas y carbones minerales o vegetales. En suma cualquier anomalía relacionada con la falla.

RECOLECCION DE MUESTRAS PARA EXAMEN

CABLES

Siempre que sea posible debe obtenerse para examen una muestra de cable de 2 metros de longitud, incluyendo la falla, u otra evidencia de malas condiciones de cada sección de cable que ha fallado o se ha retirado al comprobar una falla potencial. Por lo menos son necesarios esos 2 metros, que de todos modos generalmente se cortan como desperdicio para quitar el cable contaminado o dañado. En algunos casos, sin embargo, es necesario utilizar una muestra más corta para reducir el costo del material empleado en las reparaciones.

Las siguientes muestras adicionales pueden ser útiles.

30 cms. de cable tomado a una distancia de 5 metros por lo menos de la falla y del empalme más cercano. Esta muestra puede omitirse si implica la destrucción del cable útil, o si el examen de la muestra de falla indica que no hay necesidad de examinar un tramo normal de cable. En algunos casos en que está dudosa la causa de la falla, el examen de muestras adicionales puede ser útil pero no es necesario para casi todas las fallas.

Dos muestras de no menos de 15 cms. cortadas en los extremos del tramo. Si la falla ocurre en un pozo de visita, solamente es necesario tomar una muestra del extremo del tramo. Si las muestras se van a tomar de tramos de cable que van a desecharse, se sugiere que sean de 30 cms. de longitud, reduciéndose cualquier fuga de humedad o líquido aislante de la muestra. Es de notarse que el cable con aislamiento laminar (papel impregnado de aceite), en los pozos de visita, a menudo se ve afectado en su extremo por condiciones tales como golpes en la cubierta, migración del aceite, degolladura del extremo en el empalme; y por lo tanto, puede no indicar la condición del cable distante de los extremos.

Si las muestras no van a ser examinadas inmediatamente después de ser cortadas, su extremo debe ser sellado con cinta para evitar la pérdida de aceite y la entrada de aire, humedad u otros contaminantes.

EMPALME

Debe examinarse todo el empalme y por lo menos 30 cms. de cable a cada lado del empalme, si es que puede obtenerse sin aumentar mucho el costo de la reparación. Si el empalme se reconstruye sin retirarlo, la cubierta y parte del aislamiento que se rellena deben ser examinados.

TERMINALES Y CONECTORES AISLADOS SEPARABLE (CAS)

Debe examinarse toda la terminal y CAS, y por lo menos 30 cms. del cable adyacente, si es posible obtenerlo sin aumentar mucho el costo de la reparación.

EXAMEN DE LA MUESTRA

Al iniciar la disección de una muestra, hacerlo del lado opuesto a la falla y anotar lo encontrado, observando detenidamente cada capa o etapa de construcción, y si requiere hacerse un análisis más detallado, tendremos que

observar con ayuda de un lente de aumento o al microscopio partes pequeñas de aislamiento, para lo cual tendremos que efectuar cortes laminares radiales o longitudinales de tal modo que la muestra observada, tenga un espesor máximo de 1 mm. determinando la presencia de arborescencias de agua o eléctricas, huecos y contaminantes. En caso de aislamiento laminares, la operación se efectúa en las cintas. En ocasiones se vuelve complicado el analizar una falla, establecer su causa, recurriendo en tales casos a examinar las muestras en un laboratorio.

Todas las observaciones hechas en el examen de las muestras disponibles, deben ser registradas. Es conveniente tener formas dispuestas para este propósito. Debe incluirse la siguiente información.

PARA CABLES

La longitud y superficie de la parte quemada incluyendo el número de conductores y la parte de la sección del cable abarcada por la falla. Pueden ser útiles un croquis de la parte quemada o una fotografía incluyendo una regla de 30 cms. para registrar la magnitud del daño.

Deben examinarse cuidadosamente las cubiertas para localizar fracturas, picaduras, corrosión, cuarteaduras, desgastes, etc. Si se sospecha que estaba inicialmente defectuosa, debe cortarse un anillo de ella y probarlo de acuerdo a las normas y especificaciones adecuadas al tipo de cubierta del cable. Debe anotarse el grado y magnitud del abultamiento o aflojamiento de las cubiertas en el punto de falla y fuera de él. Para determinar la causa de la falla deben retirarse una a una las partes componentes del cable hasta el conductor y examinarlas detenidamente.

Cuando se analiza la falla de un cable con aislamiento laminar (papel impregnado en aceite), retirar varias cintas a la vez. Deben anotarse, cualquier irregularidad en las cintas aislantes o en las de pantalla y en los rellenos; defectos que probablemente tenía el cable al fabricarse tales como: saturación imperfecta, pliegues, goteras, arrugas, bordos e inscripciones en el aislamiento presencia de materias extrañas, irregularidades en la superficie del conductor, y cualquier condición anormal. También se buscarán indicaciones de daños, tales como quemaduras, cintas perforadas, untos de carbón, cera,

etc. Con este objeto se utilizan generalmente los siguientes términos para describir tales condiciones.

Saturación: Buena, moderada, o ligera en cantidad, dura o suave, en escamas o en hilos.

Quemaduras o carbonización: Quemaduras con agujeros diminutos, en forma de ramificaciones, manchas de carbón.

Cuando se analiza la falla de un cable con aislamiento extruido (de tipo seco) elastomérico, deben anotarse todas las irregularidades en la pantalla sobre aislamiento y en el aislamiento mismo, tales como: manchas negras entre pantalla y aislamiento, corrosión en la cubierta, neutro y pantalla, manchas negras en el aislamiento (cuando el color de éste lo permita), localización, tamaño e intensidad de éstas, residuos de quemaduras por efecto corona, quemaduras por arborescencias, quemaduras en anillo sobre el aislamiento o longitudinales en forma de ramificaciones y estado del aislamiento, tal como, elasticidad, resistencia al desgarro, doblez, etc. Anotar defectos que incidentalmente desde la fabricación trae el aislamiento tales como excentricidad, espesor, coloración, espesor de las pantallas semiconductoras longitudinales en las diferentes capas, etc. Si hay sospecha de irregularidades en el material, someter a prueba trozos del aislamiento de acuerdo a las normas y especificaciones que correspondan.

La presencia de humedad en el aislamiento es detectable en aislamiento de papel impregnado en aceite, con relación al número de capas afectadas, localización y cantidad, por ejemplo, ninguna, ligera, moderada o saturada, por inspección visual. En aislamientos extruidos (de tipo seco) elastoméricos, la humedad es detectable además por las manchas rojas y opacas en las cintas de cobre de la pantalla o hilos concéntricos de cobre del neutro, síntoma de oxidación del cobre por la formación de depósitos verdes de sulfatos, o bien por la pérdida de brillo del cobre aún en el conductor. En casos severos llegan a observarse gotas diminutas de rocío.

PARA EMPALMES

La extensión de la parte quemada incluyendo el número de conductores y la parte del empalme y cable adyacente afectados por la falla. Pueden ser útiles un croquis del área quemada o una fotografía incluyendo una regla de 30 cms. para registrar la magnitud del daño.

La cubierta del empalme debe examinarse cuidadosamente para buscar fracturas, picaduras, corrosión, ataque químico, cuarteaduras, desgaste y señales de fatiga, debidas al pandeo y aplastamiento causado por cambios de presión interior, o exterior, y daño mecánico.

Debe anotarse la uniformidad con que el empalme esté lleno de compuestos. También debe notarse la naturaleza del compuesto.

Las soldaduras y sellos deben ser examinados para buscar posibles fugas y si se sospecha que hay fuga, o porosidad, debe cortarse la soldadura con una segueta y examinar el corte. Otro método es determinar si la gasolina se filtra o no a través de las soldaduras o de los sellos. En algunos casos pueden probarse con una presión de aire de 0.7 Kg. por cm² (10 psi).

En ocasiones por olvido, se dejan las cintas utilizadas como ayuda en la preparación del cable, ocasionando ésto una falta de sello y la penetración de humedad. El empalme debe examinarse para determinar la calidad de la mano de obra y su similitud con el diseño, o bien con el dimensionado de la preparación del cable recomendado.

Cuando se requiere determinar la causa de la falla, debe quitarse el aislamiento del empalme y cable adyacente desenrollando una cuantas cintas a la vez y examinándolas, observando el traslape, la existencia de huecos, huellas de quemaduras por descargas parciales, arrastre en las capas externas, manchas de carbón, envejecimiento de las cintas y degradación por ionización, grado de adherencia entre cable y aislamiento. Debe examinarse la cubierta semiconductora, retirándola del aislamiento, observando la adherencia existente, manchas en el aislamiento y coloración del mismo, anotando cualquier irregularidad encontrada. Deben examinarse las conexiones a tierra, sellos del empalme y anotar cualquier irregularidad presente.

PARA TERMINALES Y CAS

Semejante a empalmes pero además deben examinarse cuidadosamente los empaques, las boquillas y el cuerpo metálico para buscar fugas o porosidad. Se deben revisar los cortes de la pantalla, bordes del aislamiento, prensado del conector, pendiente y longitud del cono de alivio, adherencia entre semiconductor y aislamiento, adherencia entre cable y CAS, examinar los soportes, sistemas y conexiones a tierra o cualquier otro punto cercano que indique la posibilidad de haber propiciado la falla.

IV.3 CLASIFICACION DE LAS CAUSAS DE LA FALLA

La mayoría de las fallas ocurren por algunas causas bien conocidas que denominamos causas generales. Estas son las causas a las que puede uno arribar en el diagnóstico de los distintos accesorios fallados. Sin embargo, es necesario hacer una subclasificación de causas de fallas que contribuyen o influyen a que causas generales como humedad, corrosión, calor, etc., deterioren el accesorio. Estas causas se pueden dividir en inherentes y no inherentes, son generadas fuera del accesorio e influyen en él para hacerlo fallar. Ver Tablas 3 y 4.

Por último las fallas potenciales, también analizadas en este trabajo, son aquellas que si bien no han alcanzado un deterioro tal que interrumpen la operación del sistema, pueden hacerli si no se corrigen, por ejemplo, la porcelana rota en una terminal.

	DEFECTOS	CAUSAS	ALGUNAS MEDIDAS PREVENTIVAS.
C A U S A S	DEFECTOS DE FABRICACION	1.- Cubierta Exterior Defectuosa 2.- Neutro o Cubierta Metálica Defectuosa 3.- Aislamiento Defectuoso 4.- Conductor o Conector Defectuoso 5.- Diseño o Selección Impropios 6.- Procesamiento Inadecuado de Fabricación 7.- Materiales de Fabricación Inadecuados 8.- Defectos en la Pantalla Semi-conductora.	Garantías y certificados de calidad Inscripciones de ingreso a almacenes de usuarios.
I N H E R E N T E S	DEFECTOS DE INSTALACION	1.- Aplicación Inadecuada 2.- Montaje o Manejo Inadecuado 3.- Mala Conexión a Tierra	Capacitación de personal instalador, confirmación de Adaptabilidad. Recabar información de proveedor.
	DETERIORO POR ENVEJECIMIENTO	1.- Por humedad 2.- Por descargas Parciales 3.- Por arrastre o Tracking 4.- Por Ruptura Térmica 5.- Por Inestabilidad Química 6.- Por Degradación Electroquímica	Chequeo periódico de aislamiento de toda la instalación cambio del comprobante con duda de buen funcionamiento.
N O I N H E R E N T E S	CORROSION	1.- Por Acción Electrolítica 2.- Por Acción Galvánica 3.- Por Acción Química	Protección por: Corriente impresa, ánodos de sacrificio, cubierta protectora, analizar subsuelo previo a instalación, así como alrededor.

TA B L A 3

	DEFECTOS	CAUSAS	ALGUNAS MEDIDAS PREVENTIVAS
C A U S A S	DISTURBIOS DEL SISTEMA	1.- Daño por Falla del Accesorio o Cable Adyacente 2.- Daño por Corriente en el Neutro 3.- Daño por Rayo o Alto Voltaje 4.- Sobrecalentamiento debido a Sobrecargas 5.- Sobrecalentamiento debido a Fuentes Externas. 6.- Daño por mala Operación.	Protección entre Accesorios, checar buena conexión a tierra, apartarrayos, programación de períodos de sobrecarga, protección contra medio caliente, supervisión de operaciones de recierres.
N O I N H E R E N T E S	DAÑOS MECANICOS	1.- Debido a Vibración 2.- Debido a Expansiones y Contracciones 3.- Por daño posterior a la Instalación 4.- Debido a Vandalismo 5.- Por Asentamientos del Subsuelo	Señalización en superficie de paso de cable, protección por ductos, cimentación, confirmación de Construcciones Adyacentes.
	OTRAS CAUSAS CONOCIDAS	1.- Sobrepresión 2.- Migración del líquido o Compuesto Aisl. 3.- Roedores u otra clase de Animales 4.- Contaminación Ambiental 5.- Mantenimiento Inadecuado 6.- Ataque Bacteriológico 7.- Otras Causas Externas	Verificación del nivel de colocación en cables con aceite, revisión de sellos, fumigación, protección contra medio ambiente, programación de mantenimiento preventivo.
	CAUSAS DESCONOCIDAS	1.- Falla examinada sin encontrar Causa 2.- Falla No Examinada	

TABLA 4

CAUSAS GENERALES DE FALLA

Cuando hemos determinado el motivo general de pérdida de resistencia dieléctrica del aislamiento, es relativamente fácil asignar la causa de la falla. Así clasificamos las causas de falla en los siguientes tipos generales.

Por Causas Mecánicas.- Esto comprende: la perforación o rasgadura con herramientas, por flexión, vibración y en general por perforación y daño mecánico. La falla en estos casos se debe a la pérdida de continuidad en la pantalla semiconductora, o a la penetración de humedad o a la pérdida del compuesto aislante, o a la destrucción parcial o total del aislamiento. En cualquiera de estos casos, los datos son conocidos. La cubierta no se abulta mucho en el lugar de la falla ya que el gas que se genera por el arco, escapa a través del orificio en la cubierta.

POR CORROSION O ABRASION.- Se refiere a las fallas consecuencia de cubiertas metálicas perforadas por corrosión o ataque electroquímico.

POR HUMEDAD EN EL AISLAMIENTO.- Esta es evidente al examinar las muestras falladas. Si se trata de aislamientos de papel impregnado en aceite, podemos observarla por inspección visual; como papel decolorado, aumento notable en la resistencia de las cintas para romperse, manchas en la superficie de las cintas. En caso de duda podemos probar pedazos de cinta, sumergiéndolos en aceite a una temperatura de 135° a 150° C, si hay humedad habrá espuma y salpicaduras. Si sumergimos las cintas de papel en aceite de silicón a una temperatura de 97° a 100° c, la detectamos por decoloración del papel. Si el aislamiento es del tipo polietileno cadena cruzada (XLPE), la humedad la detectamos sumergiendo un pedazo del aislamiento en aceite de silicón a una temperatura de 120° a 130° C, el XLPE se vuelve transparente, observando la humedad en forma de burbujas. Si al suceder la falla el punto de perforación del cable estaba bajo agua o estaba expuesto a la lluvia posteriormente la presencia de humedad en el aislamiento tiene poco significado. Si se encuentran perforaciones diminutas en el aislamiento, entonces el aislamiento estaba mojado mientras el cable todavía estaba sujeto a voltaje.

Un abuitamiento excesivo de la cubierta externa o un reventamiento del aislamiento en la falla pueden indicar que la falla se debe a una causa interna y no debida a la entrada de humedad por alguna perforación de la cubierta.

LA PERFORACION ELECTRICA DEL AISLAMIENTO SIN HUMEDAD PUEDE SER CAUSADA POR:

- a) Conductor defectuoso
- b) Pantallas defectuosas
- c) Rasgaduras del aislamiento debido a presión interna
- d) Compuesto o aceite polimerizado
- e) Arborecencias
- f) Ionización en huecos en el aislamiento o entre aislamiento y pantalla semiconductor.

Aunque el examen de las muestras se puedan observar huellas tales como: sequedad, cera, mancha carbonizadas, marca ramificadas en general pueden aparecer éstas bajo voltaje, sin embargo no encontrarse en estado avanzado para ser causa de la falla.

El calor como causa de una falla sin humedad, es un caso especial de perforación eléctrica, principalmente por deterioro físico del aislamiento y por esfuerzo eléctrico. El sobrecalentamiento genera aumento de las pérdidas dieléctricas a tal punto que desembocan finalmente en la falla. El calor puede deberse a sobrecarga, poca disipación de calor por la tierra adyacente, por el corto circuito en otra sección de la red, o por fuentes externas. Son evidencias de lo anterior, la resequedad y debilitamiento del aislamiento. En aislamiento del tipo seco se pueden observar agrietamiento, goteo y reblandecimiento, y en aislamientos de papel impregnado de aceite, las cintas pueden romperse con los dedos o en etapas más avanzadas, doblando la cinta y notando su fragilidad, o bien su carbonización.

CAUSAS INHERENTES

DEFECTOS DE FABRICACION

CUBIERTA EXTERIOR DEFECTUOSA INICIALMENTE

Clasificamos una falla bajo este título, cuando la cubierta exterior puesta en fábrica con objeto de proteger al cable de la humedad y de la corrosión no cumple su cometido. Los defectos de la cubierta exterior inicialmente pueden ser: poco espesor, cubierta excéntrica, cuarteaduras, laminaciones, bolsas de sedimentos, huecos, cubierta floja (falta de apriete), anillos radiales, venas helicoidales.

Esto trae como consecuencia baja resistencia mecánica a la abrasión y al desgarre al momento de instalar el cable, o bien presente oposición excesiva al deslizamiento dañándose la cubierta en los puntos más débiles.

NEUTRO O CUBIERTA METALICA DEFECTUOSA INICIALMENTE

Los defectos del neutro o de la cubierta metálica, se observan como cubierta de poco espesor, entando de cobre insuficiente o mal traslapado, alambres concéntricos de diámetro menor al especificado, cubierta de espesor excéntrica, defectos estructurales del material del neutro o de la cubierta metálica, nudos o alambres retorcidos, cintas flojas o maltratadas, etc.

Una cubierta de poco espesor se considera cuando el espesor de la misma es menor al especificado. Esto acarrea como consecuencia que la cubierta no pueda resistir los esfuerzos radiales de trabajo y por consiguiente sufra cuarteaduras, permitiendo con ello el paso de humedad al aislamiento. Además se corre el riesgo de no tener la sección suficiente para soportar la corriente de retorno de corto circuito.

La cubierta excéntrica se considera aquella con un espesor mínimo original de fábrica menor al 85% del espesor promedio original. Normalmente

cuando ocurre una falla por esta causa es evidente por sí misma. Bastará con llevar a cabo mediciones del espesor de la cubierta.

Los defectos estructurales tales como cuarteaduras radiales y longitudinales, laminaciones, bolsas de sedimentos, huecos, anillos, bordes helicoidales, originan fallas en la cubierta y en consecuencia una falla del cable o accesorio. Estos defectos tienen mayor probabilidad de presentarse en las zonas que comprenden la unión de las cargas sucesivas del material que conforma la cubierta, facilitando en dichos puntos la presencia de impurezas. Un procedimiento recomendable para determinar la influencia de tales defectos en una falla, es tomar muestras de tiras circunferenciales en ambos lados de la falla y sujetarlos a las pruebas recomendadas por las normas y especificaciones correspondientes. La existencia de defectos graves se relacionan de inmediato al no cumplir satisfactoriamente con lo especificado.

Deben descubrirse y registrarse la posición de los defectos de la cubierta a lo largo de la circunferencia con respecto a la falla, y si es posible, referidos a la parte superior de la cubierta tal como fue expulsada por la "prensa" en la fábrica. La cinta de identificación, marca y año de fabricación, generalmente está en la parte superior del cable al dejar éste la prensa.

Un método que determina con mayor exactitud los defectos de estructura de la cubierta, es el análisis mecánico, químico y eléctrico en un laboratorio.

AISLAMIENTO DEFECTUOSO INICIALMENTE

La perforación eléctrica del aislamiento en un tiempo relativamente corto, después de haber sido excitada o puesta en servicio una instalación, es una indicación de un aislamiento en mal estado inicialmente.

Defectos de Proceso.- En aislamientos de tipo laminar en un cable pueden ocurrir irregularidades como cintas con grandes arrugas o bordos, cintas rotas, señales de registro en exceso, rellenos hechos nudo o fuera de su lugar, montaje flojo o paredes blandas. En cable e alta tensión, el traslape menor a un medio del ancho de la cinta, puede dar espacios entre orillas de las misma. Si estos espacios quedan alineados radialmente el aislamiento se

debilita eléctricamente. En aislamientos de cables los defectos pueden ser: huecos o grietas atrapados en el aislamiento, bordes e irregularidades longitudinales, manchas, excentricidad, espesor escaso o excesivo, mala calidad de la materia prima, aislamiento cuarteado, rugoso, baja resistencia al doblaje, bajo nivel de voltaje de corona, poca resistencia al ozono.

Cuando el aislamiento se ha aplicado en el campo o empalmes y terminales, solamente deben considerarse en esta clasificación los defectos de fábrica del material.

Pérdida Dieléctrica Elevada.- Es originada por impurezas e irregularidades en el aislamiento o aislamiento de mala calidad, reflejándose como un calor excesivo generado por pérdidas dieléctricas elevadas superiores a las permisibles en el cable o accesorio. En los accesorios y cables de media y alta tensión puede quemarse o carbonizarse el aislamiento, produciendo finalmente un paso conductor a través de él. El sobrecalentado puede darse en uno o más puntos a lo largo de la zona afectada o puede extenderse a toda la longitud del tramo del cable.

La apariencia de un cable o accesorio que ha fallado debido a pérdidas dieléctricas elevadas puede ser semejante a la de uno que ha fallado por sobrecalentamiento debido a sobrecarga o a una fuente externa. La presencia de pérdidas dieléctricas elevadas puede verificarse por medición del factor del potencial del dieléctrico en un tramo adyacente del cable que no haya fallado; preferentemente a la temperatura máxima de trabajo.

Por lo tanto, en fallas de esta naturaleza deben buscarse en el lugar de la falla fuentes de calor, tales como tuberías de vapor, cables con mucha carga, etc.

Saturación Incompleta.- Este defecto es notable por la falta de aceite o compuesto aislante en los espacios entre orillas adyacentes de cintas, en la superficie de las cintas, y en los intersticios entre hilos del conductor. En casos graves el papel puede encontrarse seco. Esto además puede desencadenar el proceso de ionización.

Líquido Aislante Inestable.- Este tipo de defecto es consecuencia de mala calidad o caducidad de los componentes del líquido aislante, mostrándose por un cambio visible en las condiciones físicas del mismo, en presencia o no de un campo eléctrico. Las indicaciones más notables son la presencia de cera en el caso de compuestos de aceite mineral y la separación de resina de los compuestos resinosos. La formación de cera es un proceso de polimeración en el cual se libera hidrógeno y el residuo tiene una apariencia espesa. La cera generalmente se encuentra en aquellos espacios del aislamiento en que normalmente hay pequeñas cantidades de aceite, por ejemplo, los espacios entre orillas adyacentes de las cintas, en espacios alrededor de los rellenos, en las superficies irregulares de las cintas.

Aislamiento Inestable.- Se manifiesta por un cambio físico y estructural del material aislante, evidencia de lo anterior puede ser el agrietamiento, descascaramiento, separación del material en forma de gránulos, desgarramiento al doblar, separación total o parcial del semiconductor sobre el aislamiento. Esto puede ocurrir en presencia o no de campo eléctrico u otros agentes químicos. La falla en tales circunstancias es precedida por un aumento considerable del factor de potencia y pérdidas dieléctricas.

Ionización.- Descarga parcial en huecos o burbujas atrapadas en el aislamiento o entre semiconductor y aislamiento. Esto es evidente por la formación de trayectorias carbonizas o arborescencias, en forma de hilos o escamas de cera oscurecida conteniendo carbón, en el caso de contener aceite el aislamiento. Las evidencias de este tipo de descargas eléctricas son más numerosas en las zonas de mayor esfuerzo eléctrico, por burbujas o cavidades, o bien en zonas de mas pobre saturación. En cables formados por tres conductores y cintas metálicas reunidoras, estas evidencias se localizan en la región del relleno central en donde hay esfuerzos a través de las superficies de las cintas. Al presentarse la ionización y persistir ésta, producirá descargas y carbonizaciones. En aislamientos laminares estas descargas se manifiestan por perforaciones diminutas, quemaduras de los bordes de las cintas secas o camino longitudinales carbonizados. En cualquier tipo de aislamiento, estos defectos propician una falla. Una anomalía de ionización podría detectarse mediante la prueba periódica de pérdidas eléctricas y factor de potencia en el aislamiento, previniendo con esto la falla.

Podemos citar sólo algunos casos a modo de ejemplo. Pueden presentarse fallas en cable o cintas cuando parámetros como la temperatura o velocidad de extrusión no son bien controladas o cuando se extruye en un ambiente contaminado. En el primer caso el curado deficiente propicia la formación de cavidades y moléculas ionizadas. En el segundo caso las impurezas pueden crear concentraciones de esfuerzos eléctricos o aumento de las pérdidas que derivan en falla al estar en servicio.

La extrusión del aislamiento polietileno reticulado (XLPE) o hule de elleno propileno (EPR), vulcanizados en vapor de agua puede ocasionar que gotas microscópicas de agua queden atrapadas en el aislamiento. Inicialmente, en presencia del campo eléctrico, la formación de arborescencias y eventualmente la falla del aislamiento.

MATERIALES DE FABRICACION INADECUADOS

Los materiales utilizados en la fabricación de cables y accesorios pueden ocasionar problemas si no cumplen con las características de diseño o si son incompatibles, entre sí. Por ejemplo un acelerador o promotor que funciona para EPR puede no ser adecuado para XLPE. También se tienen problemas con el exceso o defecto de peróxidos, carga de alúmina hidratada, pigmento, etc. Pueden modificar las características del aislamiento terminado y también afectar sus condiciones de envejecimiento.

Ejemplos de esto son: la migración de cobre en el XLPE y EPR en presencia de humedad y temperatura o la recombinación de azufre y plomo en aislamiento de EPDM.

En el primer caso el cobre ionizado del conductor emigra a través de la pantalla semiconductor y se aloja en las arborescencias por humedad.

En el segundo caso el estabilizador de óxidos de plomo del EPDM, si queda en contacto con semiconductores que contienen azufre y aceleradores, comúnmente empleados en las formulaciones de accesorios premezclados, se combinan formando manchas negras en el aislamiento las cuales se asocian

con fallas en C.D., que ocurren en un tiempo menor que el requerido para parámetros similares en C.A.

DEFECTOS EN LA PANTALLA SEMICONDUCTORA INICIALMENTE

En esta clasificación incluiremos las fallas ocasionadas directa o indirectamente por irregularidades físicas o eléctricas de la pantalla semiconductor, tales como: alta resistividad, excentricidad, deficiencia o exceso de espesor, fisuras, grietas, falta de elasticidad, adherencia excesiva al aislamiento, bordes y chipotes, huellas profundas dejadas por los alambres o cintas del neutro concéntrico. Todo ello conlleva a un fallo o falla potencial.

OTRAS CAUSAS

En este punto mencionaremos las fallas ocurridas por deficiencias de ajustes y acoplamiento de los accesorios entre ellos y con los cables. Estas permiten el paso de aire y humedad y también la fuga de fluidos aislantes. Lo mismo ocurre en los desajustes de las líneas de alimentación de aceite y gas para cables, empalmes y terminales de alta tensión. Por otro lado si el diámetro del cable es mayor que el indicado para el accesorio, éste puede fallar por esfuerzos mecánicos excesivos.

DEFECTOS DE INSTALACION

APLICACION INADECUADA (SELECCION INADECUADA)

Este defecto se presenta por la falta de la información necesaria para efectuar una selección específica. Debe tenerse un control sobre el material almacenado de modo que al elegir un accesorio sea éste el adecuado, al cable, voltaje de operación y nivel básico de aislamiento. Es importante considerar, tanto las holguras, como las insuficiencias en las medidas, diámetros y calibres de uso común.

Dentro de este mismo defecto cabe hacer mención de la selección sugerida por el proveedor, que debe tener una suficiente colección de datos técnicos del sistema donde serán usados los accesorios, así como

conocimientos de la zona u suelo, los cuales deberán definir los accesorios a suministrar.

MONTAJE Y MANEJO INADECUADO

Este defecto se presenta cuando el personal designado para efectuar la instalación del accesorio no tiene la suficiente información, capacitación o responsabilidad para llevar a cabo tal labor. Se puede citar como ejemplo la mala punta de lápiz en un empalme, el uso inadecuado de las cintas, soldaduras no adheridas a las superficies sobre las que se aplicó, sellos mal efectuados en sistemas de aislamiento de papel impregnado en aceite, etc.

MALA CONEXION A TIERRA

Este defecto puede ser incluido como montaje inadecuado, pero lleva algunas características que pueden tener su origen en aspectos técnicos, como son cálculos erróneos sobre resistividad del terreno, insuficiente registro de mediciones posteriores al aterrizamiento del sistema, etc.

Debe recordarse que en accesorios con cubiertas semiconductoras o pantallas metálicas, en ningún caso deben hacerse las conexiones a tierra, tales que las corrientes circulen por dichas pantallas.

DETERIORO POR ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento de los materiales aislantes obedece a varias causas.

Según el tipo puede darse en mas o menos tiempo. El envejecimiento tiene por consecuencia la falla dieléctrica del aislante. Esta falla puede ser motivada por falla mecánica, por perforaciones, por erosión o por arraste superficial.

conocimientos de la zona u suelo, los cuales deberán definir los accesorios a suministrar.

MONTAJE Y MANEJO INADECUADO

Este defecto se presenta cuando el personal designado para efectuar la instalación del accesorio no tiene la suficiente información, capacitación o responsabilidad para llevar a cabo tal labor. Se puede citar como ejemplo la mala punta de lápiz en un empalme, el uso inadecuado de las cintas, soldaduras no adheridas a las superficies sobre las que se aplicó, sellos mal efectuados en sistemas de aislamiento de papel impregnado en aceite, etc.

MALA CONEXION A TIERRA

Este defecto puede ser incluido como montaje inadecuado, pero lleva algunas características que pueden tener su origen en aspectos técnicos, como son cálculos erróneos sobre resistividad del terreno, insuficiente registro de mediciones posteriores al aterrizamiento del sistema, etc.

Debe recordarse que en accesorios con cubiertas semiconductoras o pantallas metálicas, en ningún caso deben hacerse las conexiones a tierra, tales que las corrientes circulen por dichas pantallas.

DETERIORO POR ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento de los materiales aislantes obedece a varias causas.

Según el tipo puede darse en mas o menos tiempo. El envejecimiento tiene por consecuencia la falla dieléctrica del aislante. Esta falla puede ser motivada por falla mecánica, por perforaciones, por erosión o por arraste superficial.

Para explicar las formas de envejecimiento partimos de la ruptura intrínseca de un material. Esta se refiere al valor de resistencia dieléctrica de un material homogéneo y sin impurezas o contaminantes. Difícilmente un material alcanza los valores de ruptura intrínseca. Para ésto se requeriría un proceso de fabricación al vacío, con temperatura controlada, sin gradientes térmicos, etc. Sin embargo, este valor es el límite que puede alcanzar un material. La influencia de factores externos como impurezas, humedad, radiación, u.v., temperatura, oxidación y ionización bajo campo eléctrico, etc., reduce la resistencia del material a la ruptura.

Vamos a analizar aquí el envejecimiento causado por: humedad, descargas parciales, arrastre superficial en sólidos, ruptura térmica, inestabilidad química y degradación electroquímica.

POR HUMEDAD

La humedad y la temperatura son los factores más importantes en el envejecimiento de aislantes. La humedad aumenta la permitividad de un sólido dieléctrico en forma significativa, propicia la descomposición química de los materiales orgánicos, incrementa la conductividad del sistema y provoca hidrólisis.

Ningún aislante orgánico escapa al efecto de la humedad. El vapor penetra cualquier plástico o papel. Sin embargo, el efecto de la humedad puede ser minimizado con materiales de la mejor calidad y cubiertas especiales metálicas o de PVC.

Cuando una cavidad (burbuja) dentro de un aislante sujeto a potencial eléctrico absorbe humedad, se disipa alrededor de la cavidad una potencia $W=(E^2/X)$ tanto, donde E es el campo eléctrico, X es la reactancia y tan se relaciona con las pérdidas del dieléctrico humedecido. Si la energía que puede disipar el sólido es inferior a W, el aislante se calentará en forma creciente hasta el punto en que la energía térmica sobrepasa la energía de ionización. Se producen cargas libres que crean una avalancha que perfora el material propiciando canales o arborescencias y finalmente un camino de falla. Puede suceder que con el aumento de temperatura, la humedad o las

Impurezas ionizantes se disipan por difusión al exterior. En este caso se alcanzará el equilibrio térmico antes del rompimiento, repletiéndose el ciclo cuando el sistema absorbe humedad nuevamente.

La hidrólisis del agua produce oxígeno que se combina con la molécula dieléctrica disociándola. Pueden quedar por consecuencia moléculas de carbón que incrementan la conductividad del aislante, con la posibilidad de iniciarse un proceso irreversible de rompimiento molecular y falla. La hidrólisis es especialmente peligrosa en polietileno, tereftalatos y esteres de celulosa.

Lo anterior se traduce en un aumento del factor de potencia del aislamiento. Su medición periódica permite estimar el estado del aislamiento.

POR DESCARGAS PARCIALES

Las descargas parciales aparecen cuando un material aislante tiene pequeñas cavidades que contienen gases ionizables. Estos pueden darse dentro del aislante sólido por mala fabricación o en la interface mal lograda entre dos materiales aislantes. Cuando la tensión aplicada en la cavidad excede el valor de ionización del gas, se producen partículas cargadas positiva y negativamente. Estas partículas son aceleradas por el campo eléctrico alterno, golpeando las superficies del aislante. El movimiento de estas partículas produce vibración mecánica que puede detectarse con técnicas de radio-interferencia y disturbios eléctricos de microsegundos que pueden observarse con detectores de descargas parciales.

Si la aceleración de las partículas cargadas es tal que adquieren energía suficiente para disociar las moléculas del aislante, se produce un efecto multiplicativo de ionización. Se incrementa la intensidad de las descargas parciales. Se produce carbonización. Se incrementa la conductividad y se inicia un proceso de falla. Según el tipo de material aislante será la tensión local necesaria para que una cavidad se convierta en falla potencia. La intensidad de descargas parciales se mide en pico-coulombs y se especifican los pico-coulombs aceptables para cada tipo de equipo o accesorio.

Un equipo que presenta incremento de descargas parciales con el tiempo fallará a menos que sea reemplazado. Para ésto es necesario fijar límites aceptables de descargas parciales en muestras envejecidas.

Una prueba de descargas parciales previa a la instalación nos permitirá comparar la calidad del aislamiento en pruebas posteriores. Se recomienda, si es posible, hacer estas pruebas periódicamente.

POR ARRASTRE O TRACKING

El arrastre superficial o tracking se refiere a un camino conductor creado en la superficie de un material aislante por efectos de carbonización. Se produce cuando la superficie aislante contaminada y húmeda aumenta su conductividad. Este aumento produce calor, disipando la humedad en pequeñas zonas llamadas bandas secas. A través de estas zonas se establece una diferencia de potencial que propicia un arco eléctrico. La energía de este arco rompe las moléculas del aislante sólido. En unos casos las moléculas libres se volatilizan ocurriendo la denominada erosión. En otros quedan trazas de carbón que contribuyen a incrementar la conductividad. Esto ocasiona nuevas bandas secas y así sucesivamente hasta que el camino carbonizado queda bien definido. A medida que se extiende, la conductividad y temperatura de la superficie se incrementan hasta que un arco a los electrodos crea un plasma de suficiente energía para provocar la falla del sistema.

POR RUPTURA TERMICA

La ruptura térmica ocurre cuando el calor generado en el aislante, sea por los fenómenos anteriores o por altas pérdidas dieléctricas, es mayor el calor que el sistema puede disipar. El incremento de temperatura obedece entonces a un comportamiento exponencial, creándose lo que se llama avalancha térmica. Sus consecuencias son alta conductividad, disociación de las cadenas moleculares, formación de gases y finalmente flameo o explosión.

POR INESTABILIDAD QUIMICA

La inestabilidad química puede provocar fallas en varias formas. La oxidación en presencia de campos eléctricos produce ozono, que es altamente reactivo. Ataca principalmente a los hules. En materiales con fibra de vidrio se presenta la percolación que consiste en la migración de elementos como el sodio a la superficie de la fibra de vidrio. El sodio libre incrementa la conductividad y en consecuencia las pérdidas del sistema. El hule y el polietileno envejecen rápidamente a temperaturas elevadas en presencia del cobre. No es raro encontrar propileno. Hay autores que asocian estas fallas con la presencia del cobre y humedad (Werthelmer, D'Orlane).

POR DEGRADACION ELETROQUIMICA

El efecto combinado de campo eléctrico y la posibilidad de difusión de iones e impurezas en el medio aislante produce efectos de envejecimiento que no se explican con los otros mecanismos de degradación. Como ejemplo podemos citar la formación de ácidos en presencia de humedad.

Estos se dan cuando la humedad, la formación de ozono o la temperatura producen ionización del H_2O de las moléculas del aislante. La recombinación química con contaminantes como cloro, azufre o nitrógeno produce ácido clorhídrico, sulfúrico o nítrico que ataca al aislamiento, al conductor o a las pantallas. Con ésto se acelera la descomposición de los cables y accesorios.

CAUSAS NO INHERENTES

CORROSION

La corrosión se define como la destrucción de los metales por la acción química o electroquímica del medio que los rodea.

Cuando una estructura metálica se enterra en el suelo comienza el proceso de corrosión dependiendo de las características del medio circundante.

Existen muchos mecanismos que pueden contribuir a la corrosión, uno de los cuales puede predominar dependiendo de las circunstancias, sin embargo, al estudiar un problema deben considerarse todos los factores involucrados en el mismo. En las redes de Distribución subterránea, la corrosión ataca las cubiertas metálicas de accesorios, cables y corazas metálicas del equipo en general. Se presenta la falla cuando la cubierta metálica o pantalla del accesorio o cable, es corroida hasta perforarla, o bien, reduce su espesor fracturándose con el trabajo normal. En presencia de humedad ésta penetra por el orificio formado, o bien hay fuga del fluido aislante cuando el sistema lo lleva. De esta forma se desencadena un proceso que degenera al aislamiento hasta la falla. Cuando se tiene la sospecha de corrosión el análisis de agua, composición del terreno, estructuras e instalaciones cercanas, depósitos de carbón y cenizas en el medio circundante, concretos no curados, etc., son un auxilio en la prevención y eventualmente, en la determinación de la causa de la falla.

POR ACCION ELECTROLITICA

Se origina por la corriente directa de una fuente externa que entra a la cubierta o pantalla metálica y en seguida o posteriormente la abandona por medio del electrolito formado por el agua e ingredientes presentes en el terreno. La corriente entra a la cubierta metálica, donde encuentra un potencial negativo o menor (catódico) respecto al medio que la rodea. Dependiendo de la composición, acidez o alcalinidad del electrolito formado, el metal puede disolverse por reacciones secundarias y no por efecto de la corriente. Por ejemplo, en cubiertas de plomo se llegan a encontrar óxidos de color rojo, amarillo o anaranjado e inclusive escamas de plomo. La corriente sale de la cubierta metálica donde encuentra un potencial positivo o mayor (anódico) respecto al medio que la rodea, ocurriendo así la corrosión. En este caso, referido a cubiertas de plomo, la corriente al salir retira parte del metal en forma de cloruros, óxidos o sulfatos de plomo, dejando una superficie picada y rugosa, la que en ocasiones presenta pequeños depósitos de cristales blancos. En condiciones severas puede formarse un depósito de chocolate. La corrosión electrolítica se llama comúnmente corrosión por corrientes circulantes o parásitas y representa un problema importante en las zonas urbanas. Entre las causas más comunes que originan estas corrientes se pueden mencionar:

generadores de C.D., vías de ferrocarril, protección catódica cercana, máquinas de soldadura eléctrica, plantas de recubrimientos electrolíticos, etc. Por lo general las corrientes naturales del terreno no son importantes desde el punto de vista de la corrosión, ya que en la mayoría de las veces su magnitud y/o duración es pequeña y corta. Además los daños que causa la corriente alterna son menores que las que produce la corriente directa. Existe un valor estimativo que considera que la corriente alterna origina alrededor de 1% del daño que produce la corriente directa equivalente .

POR ACCION GALVANICA

Se auto-genera por la diferencia de potencias que se desarrolla en la estructura metálica al colocarse en un electrolito. Esta diferencia de potencial puede resultar: del acoplamiento de dos metales heterogéneos, por la variación de las condiciones de la superficie de un metal, por la existencia de impurezas en el metal, superficies dañadas y heterogeneidad en el electrolito (terreno), entre el carbón presente en la pantalla semiconductora de un cable y accesorios y la cubierta o neutro metálico del mismo. Cada caso conduce a la formación de celdas electrolíticas galvánicas, las que determinan un tipo de corrosión. En un cable de energía tipo tubo es inevitable la existencia de corrosión galvánica, debido a que se encuentra la tubería conectada a la red de tierras de la Subestación (acoplamiento de metales diferentes) y a la heterogeneidad del terreno. Los factores que influyen en la corrosividad del terreno son: El suelo poroso puede tener la humedad durante mayor tiempo, lo que puede incrementar la velocidad de corrosión inicial, este tipo de terreno el cual tiene resistividad eléctrica baja es bastante corrosivo, sin embargo, algunos investigadores han encontrado problemas de corrosión en terrenos de alta resistividad eléctrica. Por ejemplo, en cubiertas de plomo la apariencia de la corrosión puede ser idéntica a la indicada en el punto anterior, dependiendo si el plomo es el ánodo o el cátodo del par galvánico formado.

POR ACCION QUIMICA

La acción química de los ácidos o álcalis representa un pequeño porcentaje de la corrosión de la cubierta metálica de accesorios y cables. El mayor porcentaje de corrosión es el resultado de la acción electroquímica en el cual la pérdida de metal es proporcional a la corriente que fluye de la superficie metálica al medio que lo rodea. Por ejemplo en cubiertas de plomo el ataque por tipo químico en forma común se encuentra por los álcalis provenientes de concreto mal curado, de los ácidos de la putrefacción de madera y materia orgánica, de productos de deshecho de fábricas y de altas concentraciones de CO_2 en la superficie del agua en contacto con la cubierta.

Generalmente son conocidas las sustancias que provocan el ataque químico en accesorios, cables y equipo.

PREVENCION DE LA CORROSION

POR PROTECCION CATODICA

La protección catódica es una de las herramientas más importantes para el control de la corrosión. Aplicando una corriente eléctrica externa se hace reducir la corrosión virtualmente a cero y se logra mantener una superficie metálica en un medio corrosivo sin sufrir deterioro durante un tiempo indefinido.

Existen dos tipos de protección catódica los cuales son:

- Por corriente impresa
- Por ánodos de sacrificio

- La corriente impresa se aplica a la tubería de acero o cubierta que debe ser protegida contra la corrosión para darle un voltaje ligeramente más positivo y evitar así la corrosión. Esta protección requiere de una fuente de alimentación que mantiene la tubería un voltaje C.D., permanentemente.

- Los ánodos de sacrificio son barra metálicas a los que se aplica un potencial con una batería con el fin de captar los iones negativos, a costa de su lenta desintegración. Los ánodos de sacrificio se colocan periódicamente en la red, aproximadamente a un metro de la tubería o cable que debe ser

protegido. Estos deben ser reemplazados cada determinado tiempo, según sean las condiciones del suelo, humedad y corrientes de tierra.

Las fallas pueden ocurrir en estos dos casos cuando la alimentación de voltaje C.D. falla o cuando el ánodo de sacrificio se acaba y no es reemplazado.

POR CUBIERTA PROTECTORA

Otro medio más económico, es alistar la cubierta metálica del medio que la rodea con una cubierta de material termoplástico o termofijo (no metálica). De esta forma se protege de la corrosión a la cubierta de plomo o de acero de los cables de energía, con una cubierta de polietileno de alto peso molecular, de PVC o encintada la que además proporciona otras ventajas.

DISTURBIOS DEL SISTEMA

DAÑO POR FALLA DE ACCESORIO O CABLE ADYACENTE

Este daño es típico de lugares reducidos y lugares muy congestionados, siendo evidente la falla o falla potencial presente por influencia de la falla de un cable o accesorio cercanos. Las evidencias de este daño son las quemaduras que se presentan de afuera hacia adentro en una zona relativamente extensa. Con objeto de evitar este tipo de daño es menester proteger al accesorio con materiales resistentes al fuego, sin limitar sensiblemente su capacidad de disipación térmica.

DAÑO DEBIDO A CORRIENTE EN EL NEUTRO CONCENTRICO Y CUBIERTAS METALICAS

Este tipo de daño se da por corriente de desbalance, por inducción o por corriente de falla. En elementos con conexiones a tierra deficientes o inexistentes, o bien cuando la continuidad del neutro o pantalla se interrumpe se llegan a producir incrementos de potencial en la cubierta metálica de cables, empalmes o terminales, produciéndose perforaciones pequeñas o grandes en la cubierta, dependiendo de la magnitud del arco entre ésta y partes conductoras conectadas a tierra. El daño ocasionado en la cubierta metálica ocurre solo en los puntos donde ésta no va protegida por una cubierta de polietileno u otro elemento aislante. Este fenómeno es conocido comúnmente como "tierrazo".

En instalaciones con accesorios premoldeados y cubiertas semiconductoras, los daños son ocasionados en las partes semiconductoras por malas conexiones a tierra, descontinuadas del neutro metálico y el paso obligado de las corrientes del neutro por las partes semiconductoras, produciéndose la destrucción parcial o total de la cubierta semiconductor exterior. Cuando el daño es progresivo al drenarse pequeñas corrientes inducidas o de desbalance a través de la cubierta semiconductor, se presenta la degradación de ésta y evidencias de arrastre.

DAÑO POR RAYOS O SOBRE VOLTAJE

Las circunstancias de la falla ocasionada por una onda de alto voltaje son conocidas y generalmente no hay duda acerca de las causas de la falla. Generalmente la falla se presenta en la terminal, el CAS o cerca de ellos, siendo característica la perforación eléctrica del aislamiento. En la actualidad hay la tendencia de instalar apartarrayos del tipo sumergible en instalaciones subterráneas

SOBRECALIENTAMIENTO DEBIDO A SOBRECARGA

Las evidencias del sobrecalentamiento en un aislamiento de un cable sujeto a sobrecarga por largos períodos y de acuerdo a las condiciones del montaje, son la excentricidad, coloración, resequedad, fragilidad y carbonización parcial o total del aislamiento de dentro hacia afuera.

Generalmente se puede apreciar el olor característico del aislamiento sobrecargado o quemado. La falla en estos casos puede originarse por la pérdida de rigidez dieléctrica del aislamiento, o bien al romperse o abrirse el aislamiento al flexionar el cable. El aumento de temperatura en el conductor y en el aislamiento, puede reflejarse como una sobrecarga, cuando se dificulta y limita la radiación térmica de la instalación, por lo que en el punto en que sucedió la falla debe examinarse, cuando haya dudas, buscando cualquier fuente externa de calor. Deben además observarse los alrededores para determinar si algún relleno de ceniza o un suelo demasiado seco o de otra naturaleza dió origen a una alta resistencia térmica. Un examen del registro de carga del cable nos indica si el sobrecalentamiento debió a sobrecarga u otra causa de elevación de temperatura.

SOBRECALIENTAMIENTO DEBIDO A FUENTES EXTERNAS

Las fuentes más comunes de calor son: por incendio de una área adyacente, tubos de vapor, flros de aire caliente, cables con mucha carga, homos, corrientes inducidas en tubos o anillos de acero, o suelo de baja conductividad térmica. La apariencia de un cable o accesorio que ha fallado en esta forma es semejante a la de un cable que ha fallado por sobrecarga, siendo la investigación de las condiciones de operación y la posibilidad de calentamiento externo quien señale la verdadera causa de falla, cuando no sea evidente el uso de esta clasificación.

DAÑO POR MALA OPERACION

Las fallas ocasionadas por errores en las maniobras necesarias en la operación de una red de distribución, se clasifican bajo este punto y sus causas son conocidas; tales como cerrar a corto circuito CAS de operación con carga, realizar maniobras con potencial en CAS de operación sin carga, efectuar maniobras de apertura o cierre en CAS con herramientas no adecuadas o en la forma no adecuada, efectuar repetidas maniobras para aislar un tramo bajo falla.

Las fallas ocasionadas en cables o accesorios por influencia de la prueba repetida para confirmar y aislar un tramo vecino con falla previa, deben también incluirse en esta misma clasificación.

DAÑO MECANICO

La falla de un cable o accesorio por daño mecánico es ocasionada por la penetración de humedad a través del orificio o fractura de las cubiertas externas, por la perforación mecánica del aislamiento, o bien por la fuga del fluido aislante en el punto de fractura o perforación de las cubiertas.

DEBIDO A VIBRACION

En este punto incluimos el daño ocurrido por vibraciones producidas por diversos factores entre los cuales pueden citarse: movimientos telúricos, explosiones, circulación de vehículos pesados en la superficie de la zona donde va enterrado el cable, tranvías, ferrocarriles, y labores de construcción adyacentes a la instalación del cable. Se puede incluir en este tipo de daño principalmente a los empalmes, los cuales pueden ser degollados, perforados o cortados a lo largo por las vibraciones. Tanto en pozos como en zanjas se pueden tener daños similares. También pueden incluirse los daños que produce un viento extremadamente fuerte sobre una terminal o empalme colocado en los alto. Generalmente la zona afectada por la vibración es grande

apareciendo en la superficie fisuras longitudinales o transversales, las que al abrirse presentan un corte recto y cristalino.

DEBIDO A EXPANSIONES Y CONTRACCIONES

Este tipo de daño puede explicarse principalmente por los ciclos térmicos a los que se encuentra sujeto el cable, contribuyendo a ellos una fuerte carga. Esto provoca movimientos de expansión y contracción los que provocan desplazamiento del cable que pueden no ser uniformes con respecto a un punto en el que puede encontrarse un empalme. La parte más dañada suele ser la cubierta, sufriendo desgaste con los soportes y arrugamiento en algunas zonas y llegando a rasgarse o abrirse longitudinalmente. Puede clasificarse el daño por su localización sobre la cubierta dentro del pozo como sigue en el tramo comprendido entre los 76 mm inmediatos desde la boca del ducto, en el tramo entre los 76 mm inmediatos desde el extremo del empalme, en los soportes y en cualquier punto del pozo de visita.

POR DAÑO POSTERIOR A LA INSTALACION

Bajo este punto clasificamos toda falla debida a obras realizadas por personal propio o ajeno al usuario, tal como excavaciones por instalar postes, tuberías de agua, excavaciones para localizar cables u otras instalaciones y obras de cualquier naturaleza. Del estudio de las causas de falla en esta clasificación, deberán tomarse las medidas preventivas en cada caso.

DEBIDO A VANDALISMO

Ocurre principalmente en accesorios en exteriores por acción humana. Este tipo de daño es impredecible. Por ejemplo, del daño por impacto de algún tipo de proyectil que perfora al accesorio o cable, por pedazos de metal o varillas arrojadas que provocan corto circuito de las partes vivas entre sí o a tierra, etc.

DEBIDO A ASENTAMIENTOS DEL SUBSUELO

El daño de este tipo, se presenta por el desplazamiento del terreno. Puede prevenirse en lugares en construcción, adyacentes a la zona donde se ha instalado el cable. Al ocurrir un asentamiento los cables son tensionados y los empalmes impiden el deslizamiento del cable lo que ocasiona daño en la cubierta. Sobreviene la penetración de humedad y en consecuencia la falla. Si el asentamiento es grande, la tensión puede ser excesiva llegando a trozar empalmes y cables.

OTRAS CAUSAS CONOCIDAS

SOBREPRESION

La evidencia que nos revela la presencia de una presión excesiva en el caso de cables y empalmes es el abultamiento de la cubierta externa. En terminales de porcelana ésta se fractura. Esto puede ocurrir en la parte inferior de una pendiente o en un cable vertical, de aislamiento impregnado o alimentado con aceite u otro líquido aislante. En el caso de terminales la sobre presión puede presentarse, cuando éstas se han llenado con compuestos cuyo volumen varía sensiblemente con el aumento de temperatura. También ocurren fallas de terminales que han sido llenadas con compuestos que migran fácilmente a través de los cables dejando espacios vacíos, reduciendo la distancia de fuga, que al ocurrir un sobre voltaje produce un arco interno en la terminal sin perforación del aislamiento. Esto ocasiona la generación súbita de gases, estallando la terminal por un aumento excesivo de la presión.

MIGRACION DEL LIQUIDO O COMPUESTO AISLANTE

En este apartado se clasifican las causas de falla en las que el líquido o compuesto aislante viaja dentro del sistema de energía, hasta abandonar el mismo, o bien deja un aislamiento insaturado o insuficiente, lo que puede provocar la falla. En cables del tipo de papel impregnado en aceite y cubierta de plomo, la migración del líquido ocurre por la presencia dentro del sistema de un espacio vacío previo o por diferencia de nivel entre dos puntos. En accesorios del tipo de compuesto aislante interno, la migración del líquido ocurre por la presencia dentro del sistema de un espacio vacío previo o por diferencia de nivel entre dos puntos. En accesorios del tipo de compuesto

aislante interno, la migración ocurre por la vía de las cubiertas o partes separadas entre sí del cable, inclusive los alambres del conductor. La evidencia se presenta al examinar las muestras bajo falla en las que se observa ausencia del líquido o compuesto aislante o un bajo volumen del mismo. Este defecto es común en accesorios que llevan compuesto o líquido aislante instalados en posición vertical. Los mecanismos descritos están asociados en algunos casos con la sobrepresión en los accesorios. Cabe mencionar el caso de los empalmes de transición o mixtos, en los que se pasa de un cable con aislamiento de papel impregnado en aceite a uno con aislamiento elastomérico. En este tipo de empalmes el sello entre un sistema aislante y otro debe ser eficaz para evitar la migración, por lo cual los componentes y procedimiento del empalme deben tener las características específicas para esta aplicación, componentes y procedimiento del empalme deben tener las características específicas para esta aplicación.

DAÑO CAUSADO POR ROEDORES U OTRA CLASE DE ANIMALES

Las fallas de este tipo generalmente son identificadas por las evidencias presentes en el lugar de la misma, siendo causadas por animales que gustan del sabor de la cubierta del cable, emplean la cubierta metálica del cable para afilar sus dientes, o debido al calor generado ocupan el aislamiento como morada, etc. De acuerdo con el tipo de problema presente se adopta la medida preventiva, la cual varía desde un ligero cambio en las instalaciones hasta cambios profundos en la fabricación de cables o accesorios.

CONTAMINACION AMBIENTAL

La contaminación ambiental es un factor importante en la falla de los accesorios. Ocurre principalmente en áreas urbanas, industriales, desérticas y costeras. Las partículas contaminantes se depositan sobre la superficie aislante de los accesorios. Estas son generalmente en las áreas urbanas e industriales, sulfatos y partículas que contienen carbono. En algunas áreas de plantas químicas se depositan también ácidos. En las áreas desérticas los vientos levantan arenas constituidas principalmente por silicatos. En las áreas costeras la salinidad del ambiente se concentra en las superficies aislantes formando pequeños cristales.

En condiciones secas estas partículas contaminantes no aumentan la conductividad superficial, sin embargo, en presencia de humedad se forma una película conductora. La corriente superficial genera calor especialmente en las áreas en que la densidad de corriente es mayor. Ahí se evapora el agua, formándose bandas secas que adquieren una diferencia de potencial entre sus fronteras. La diferencia de potencial crea un arco a través de la banda seca que se extingue cada vez que el voltaje alterno pasa por cero y se genera en la dirección opuesta al invertirse el voltaje.

El arco incrementa la sección de la banda seca si la humedad del ambiente no alcanza a condensarse o mojar la banda seca. Puede ocurrir que las distancias entre los extremos de la banda seca se incrementen y el arco se extinga o que éste llegue a los electrodos produciéndose una corriente de corto circuito que interrumpe la operación del circuito y flamea el accesorio. Puede ocurrir también que ante lluvia o niebla densa el arco compita con la humedificación de la banda seca formándose y desapareciendo. El efecto repetitivo de este proceso deteriora el material aislante en los puntos en que el arco toca la superficie. El deterioro puede darse en forma de carbonización o erosión. Cuando se forman carbones por ejemplo, por descomposición de moléculas orgánicas en el aislante, se inicia un camino carbonizado, (ver "arraste superficial"), que al irse incrementando propicia una falla franca del accesorio. Cuando el material aislante se erosiona, la superficie del accesorio sigue conservando sus propiedades aislantes hasta el momento en que el

material se perfora presentándose la falla por perforación o por pérdida del fluido aislante interior.

Capítulo V ANALISIS ECONOMICO DE LOS DISTURBIOS

V.1 CALCULO ECONOMICO DE UN DISTURBIO DE UN ALIMENTADOR MIXTO (RED AEREA Y RED SUBTERRANEA)

El costo de un Sistema Subterráneo es más alto en comparación con un sistema aéreo equivalente.

El alto costo del Sistema Subterráneo, es debido a las limitantes térmicas impuestas por el aislamiento y a las condiciones del terreno, además de tener que construir pozos de visita, líneas de ductos y bóvedas para los transformadores, así como equipo adecuado para trabajar en interiores de edificios, a la intemperie o completamente sumergidos en agua.

Pero el aspecto económico no solo se enfoca al costo total de construcción de la Red, sino que en muchos casos la salida de la carga alimentada puede ocasionar pérdidas de consideración.

Es aquí donde los Sistemas Subterráneos aventajan a los Aéreos ya que éstos últimos no representan una alta confiabilidad de servicio, debido a que son muy vulnerables a contingencias físicas (choques de vehículos y cuerpos extraños), y a los agentes atmosféricos (rayos, lluvia, granizo, polvo, sales y otros contaminantes), lo que hace necesario dotarlos de elementos de protección automática que en caso de falla aislen la parte fallada, restaurando el servicio en las partes no dañadas.

Los sistemas subterráneos por la forma en que están contruidos, presentan una exposición muy reducida a las fallas antes mencionadas, ofreciendo en forma normal, un servicio de alta confiabilidad y un alto grado de continuidad, presentando de éste modo un índice de fallas bajo, en comparación con el que se tiene en instalaciones aéreas.

Los factores económicos a considerar en un disturbio de un alimentador de las características aéreas y subterráneas, implica tomar en cuenta el tiempo de inicio de la salida del alimentador, discriminando la falla en la Red Aérea

hasta ubicar la misma en la parte Subterránea, para ello es indispensable llevar los seccionamientos necesarios con personal de los Departamentos de Líneas Aéreas y Foráneo encargado de la atención en ésta porción para dar paso al personal de Cables Subterráneos, los cuales a su vez llevarán a cabo otras maniobras dentro del equipo de la Red Subterránea hasta ubicar el punto de falla el cual deberá quedar completamente sin potencial con tarjetas Indicadoras (de Licencia), en ambos extremos.

A continuación se muestra un ejemplo representativo de un alimentador en disturbio con las características antes mencionadas.

CARACTERISTICAS DEL ALIMENTADOR: MIXTO

NOMBRE: ALCAZAR

SUBESTACION: REFORMA

LONGITUD AEREA: 31.9 Km.

LONGITUD SUBTERRANEA: 15.2 Km.

ARREGLO DE SUBESTACION: INTERRUPTOR Y MEDIO

A continuación se muestra como están constituidas las cuadrillas que intervinieron en la recepción de la queja, maniobras, localización y reparación de ésta.

PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO

UN RECEPTOR DE QUEJA	\$ 37,446.00
UN OPERADOR DE REDES	\$ 49,320.00

PERSONAL DE MANIOBRAS (SECCIONAMIENTOS)
CUADRILLA TURNO DE OPERACION CABLES SUBTERRANEOS

UN ENCARGADO DE MANIOBRAS	\$ 45,061.00
UN MECANICO A CLA	\$ 36,282.00
UN MECANICO B CLA	\$ 29,781.00
UN MECANICO C CLA	\$ 26,832.00

CUADRILLA DE LINEAS AEREAS

UN LINIERO A CLA	\$ 39,387.00
UN LINIERO C CLA	\$ 37,002.00
UN AYUDANTE CLA	\$ 35,811.00

PERSONAL PARA LOCALIZAR LA FALLA:

UN INGENIERO CL 20B DE TURNO \$ 53,413.00

CUADRILLA DE INSTALACION CABLES SUBTERRANEOS

UN SOBRESTANTE B CL A \$ 48,497.00
 UN EMPALMADOR A CL A \$ 44,633.00
 UN EMPALMADOR C CL A \$ 38,856.00
 UN PRACTICANTE DE EMPALMADOR CL A \$ 29,781.00

**PERSONAL PARA LA REPARACION DE LA FALLA
 CUADRILLA DE INSTALACION CABLES SUBTERRANEOS**

UN SOBRESTANTE B CL A \$ 48,497.00
 UN EMPALMADOR A CL A \$ 44,633.00
 UN EMPALMADOR C CL A \$ 38,856.00
 UN PRACTICANTE DE EMPALMADOR CL A \$ 25,026.00

**PERSONAL PARA NORMALIZAR MANIOBRAS
 CUADRILLA TURNO DE OPERACION CABLES SUBTERRANEOS**

UN ENCARGADO DE MANIOBRAS \$ 45,061.00
 UN MECANICO A CL A \$ 36,282.00
 UN MECANICO B CL A \$ 29,781.00
 UN MECANICO C CL A \$ 26,832.00

MATERIAL UTILIZADO EN LA REPARACION

UN FUSIBLE 23C-25K-SC-SMD20(TIPO POSTE) \$ 131,685.00
 DOS UNIONES RECTAS 23TC 1x50 (2x256,370) \$ 512,740.00
 SEIS METROS CABLE 23TC 1x50 (6x46,709) \$ 280,254.00

TOTAL SALARIOS Y MATERIAL \$1,166,645.00

NOTA: LOS SALARIOS SON DE NOMINA SIN BENEFICIOS

V. 2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1)- Se utilizan sistemas de distribución subterránea en lugar de sistemas aéreos cuando se requiere principalmente alta confiabilidad y continuidad de servicio pasando por alto el costo.

2)- Se han desarrollado diferentes tipos de redes para que el proyectista pueda disponer de aquella que se apegue más a las características de la zona como son: tasas de crecimiento, densidad de carga, confiabilidad, continuidad, etc.

3)- Los criterios utilizados para definir la estructura a utilizar en una red son: Redes radiales con densidades bajas, zonas habitacionales, tasas de crecimiento iniciales altas y Redes automáticas con densidades altas, zonas comerciales y de oficinas, tasas de crecimiento iniciales bajas.

4)- El diseño preliminar definitivo para una zona específica puede ser variable porque depende directamente del criterio del proyectista, el cual debe encontrarse apoyado en Normas, pruebas de invierno, factor de utilización, caída de tensión, cálculo del año de saturación, densidad de carga, condiciones de emergencia, confiabilidad, etc.

5)- Cuando se protege un sistema subterráneo contra sobre tensiones producidas por descargas atmosféricas, es muy importante escoger adecuadamente la localización de los pararrayos para evitar daños al equipo por reflexiones del voltaje residual. Los puntos que más se descuidan son los transformadores que representan una alta impedancia y los puntos abiertos muy comunes en redes subterráneas.

6)- La importancia de una adecuada coordinación de protecciones radica en que conlleva a una buena confiabilidad y continuidad de servicio porque la protección es selectiva o sea que opera el elemento más cercano a la falla y por otra parte ofrece una adecuada protección al equipo en general.

7)- La caída de tensión es un problema fuerte que se puede presentar y que debe cuidarse adecuadamente, ya que afecta directamente al funcionamiento correcto del equipo. Debe hacerse un cálculo para que la caída no exceda el límite del 3% del voltaje total.

La forma más común de evitar la caída de tensión es aumentando el calibre del conductor.

8) Todos los datos que se manejen en este trabajo están basados en información y normas proporcionadas por Cía. de Luz y Fuerza, S.A.

Ver apéndice "A"

9)- La finalidad de éste trabajo es proporcionar conocimientos generales acerca de los sistemas de distribución subterránea y los temas que se involucran directamente con los mismos. Se subraya que se proporcionan únicamente conocimientos generales debido a que cada tema es tan amplio y tan complejo que para abarcarlo correctamente sería necesario realizar un trabajo aparte, por lo tanto, con lo expuesto anteriormente podemos decir que éste trabajo cumple con su objetivo.

BIBLIOGRAFIA:

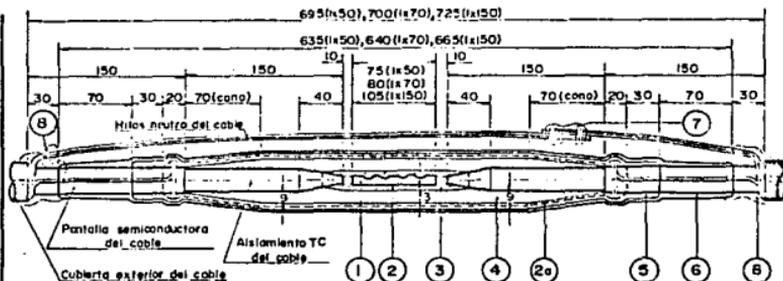
- 1.- Generalidades sobre Sistemas Subterráneos de Distribución
Ing. Carlos A. García Gamma.
- 2.- Actualización sobre temas selectos de Distribución
Tomo II Ing. Roberto Espinoza y Lara
- 3.- Apuntes sobre Redes Automáticas
Ing. R. Espinozas Tamez
- 4.- Normas de trabajo del Departamento de Cables Subterráneos
- 5.- Normas Técnicas de Materiales
Compañía de Luz y Fuerza, S.A.
- 6.- Apuntes sobre Redes de Distribución
Operación Ciudad

APENDICE "A"

"NORMAS"

UNIONES R23 TC 1x50 a 1x150

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0197



Esc. 1:4

Dimensiones en mm

MATERIALES COMPONENTES:

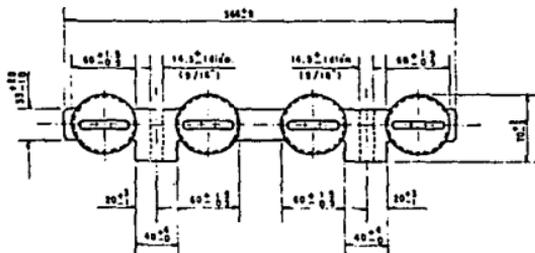
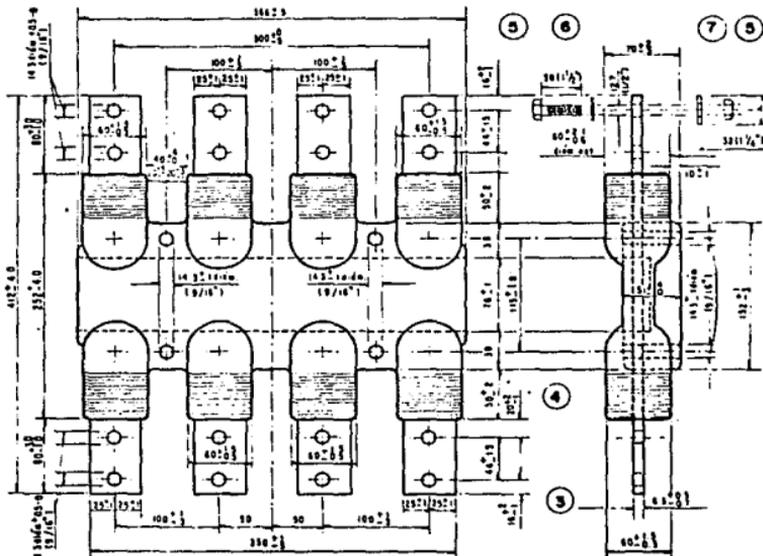
En orden aproximado de empleo

Ref	DESCRIPCIÓN	Norma LyF	Unidad	UNION R		
				23TC 1x50	23TC 1x70	23TC 1x150
1	Conector Tubular CS-Cu	2.0205	Pza	1 (50)	1 (70)	1 (150)
2	Cinta Conductora T (1 capa)	2.0300	m	0.6	1	1.7
3	Pastillina Epóxica (norm. 3 mm espesor)	2.0330	g	100	125	250
4	Cinta Aislante MV 1225, - (9 mm espesor sobre aislamiento cable)	2.0032	m	77 (7 rollos)	89 (8 rollos)	110 (10 rollos)
2	Cinta Conductora T (1 capa)	2.0300	m	9 (2 rollos)	9 (2 rollos)	13 (3 rollos)
5	Cinta Selladora (3 capas)	2.0095	m	10 (2 rollos)	10 (2 rollos)	27 (3 rollos)
5	Epoxi Sellador Soldadura (con: Endurecedor y Acelerador, - en Juecos con: Guantes Latex Espátula Madera Brocha Cerda 25 mm Cinta Fibra Vidrio 30 con adherente a Resina Epoxi 2 capas).	2.0314	g	400 (2 juegos)	400 (2 juegos)	600 (3 juegos)
			Pza	2	2	3
			Pza	2	2	3
			Pza	2	2	3
			m	22	22	33
7	Soldadura Sn-Pb 40-60	2.0534	g	80	100	200
	Fundente Soldadura Sn-Pb	2.0310	g	12 (1 barra)	12 (1 barra)	20 (1 barra)
8	Malla Soldadura y Cinta Selladora (1 capa)	1.0333	g	100	100	100

Apr 73 Rev: Oct 75 Jun 87

BUS CUBIERTO 8.800

NORMAS LYF
MATERIAL
2.0440



Format 1:3

Acotaciones en mm

Oct 77 Rev: May 76 May 80

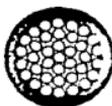
CABLES BTC

1x15 a 1x400

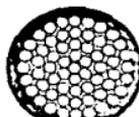
NORMAS LyF
MATERIAL
2.0041



7 hilos



19 hilos



37 hilos

61 hilos

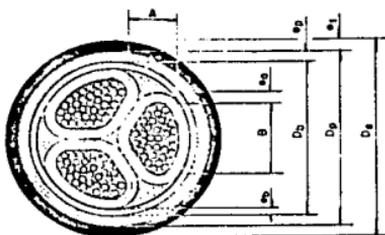
CS

SIM BCLC	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLES BTC					
			1x15	1x35	1x70	1x150	1x250	1x400
	Sección nominal del conductor de cobre	mm ²	15	35	70	150	250	400
	Sección real del conductor de cobre	mm ²	13,5	33,6	67,4	152,1	253,2	405,4
N	Número de hilos	-	7	7	19	37	37	61
Dc	Diámetro del conductor	mm	4,57	7,42	10,62	15,00	20,55	25,30
Dg	Diámetro de cada hilo	mm	1,55	2,47	2,13	2,29	2,98	3,18
Eg	Espesor del aislamiento de polietileno de cadena cruzada	mm	1,57	1,57	1,98	2,39	2,35	2,77
Dc	Diámetro del cable	mm	7,81	10,53	14,59	20,78	23,45	28,53
	Peso aproximado del cobre	Kg/Km	123	303	511	1397	2195	3700
	Peso aproximado del aislamiento	Kg/Km	29,05	40,75	72,05	123,95	174,57	267
	Peso total del cable	Kg/Km	149,06	345,76	583,05	1503,95	2469,57	3967
	Longitud del tramo de cable	m	500	500	500	500	500	300
	Tolerancia en longitud	%	±5	±5	±5	±5	±5	±5
	Peso del tramo de cable	Kg	74,03	172,88	291,53	751,98	1234,79	1983,5
Rca	Resistencia Ohmica a 50 Hz y 90°C	Ohm/Km	1,555	0,555	0,333	0,149	0,090	0,05
X	Reactancia a 50 Hz circuito trifásico cables horizontales	Ohm/km	0,078	0,078	0,075	0,075	0,075	0,066
ΔV	Caída de tensión por fase	volt Amp-Km	1,354	0,5795	0,312	0,143	0,117	0,071
I	Interrados corriente normal de trabajo	Aro	110	170	270	420	-	-
	Interrados corriente máxima de trabajo	Ama	150	240	350	520	-	-
	En aire corriente normal de trabajo	Aap	-	-	-	-	470	570
	En aire corriente máxima de trabajo	Ama	-	-	-	-	700	870

Jul 70 Rev: Oct 70 May 72 Nov 72 May 74 Dic 74 Ago 78

CABLES BPT 3x70, 3x150

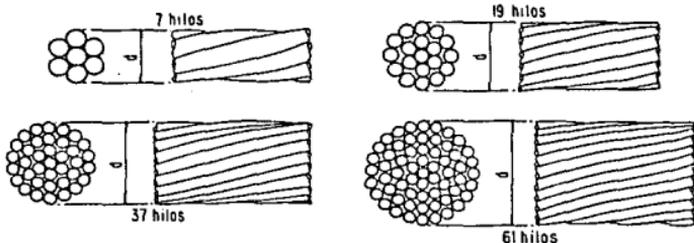
NORMAS LYF
MATERIAL
2 0005



IV CABLE	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLE BPT 3x70	CABLE BPT 3x150
V	Sección de cada conductor	mm ²	70	150
A	Número de hilos de cada conductor	-	19	37
A	Altura del sector	mm	8,9	17,1
B	Ancho del sector	mm	13,9	21,4
e ₁	Esesor aislamiento de papel de cada conductor	mm	1,4	1,4
e ₂	Esesor aislamiento banda	mm	0,9	0,9
e ₃	Esesor de cubierta plomo	mm	2,0	2,0
e ₄	Esesor de cubierta exterior termoplástica	mm	1,55	2,00
D ₁	Diámetro máximo bajo cubierta plomo	mm	27,2	35,0
D ₂	Diámetro máximo sobre cubierta plomo	mm	31,8	41,4
D ₃	Diámetro exterior máximo del cable	mm	35,5	45,0
	Peso del cobre	kg/km	1934	4171
	Peso del plomo	kg/km	2123	3777
	Peso total del cable	kg/km	4057	7948
	Longitud del trazo cable	m	300	300
	Tolerancia en longitud	%	-0,5	-0,5
	Carrete CS	pza	11,70,8	17,11,1
	Peso del carrete CS con trazo cable	kg	7775	11775
Rca	Resistencia a 50 Hz y 95°C	Ohm/km	0,31	0,4
X	Capacitancia a 50 Hz	Ohm/km	0,003	0,003
V	Impedancia a 50 Hz y 95°C	Ohm/km	0,31	0,4
V	Factor de potencia por fase	Volt/amp.Km	0,32	0,4
I	Temperatura normal de trabajo	°C	70	70
I	Temperatura máxima de trabajo	°C	90	90

CABLES Cud 4 a 400

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0102



NOMBRE	Hilos	d mm	Sección mm ²	Resistencia CA a 52°C Ohm/Km	Carga de ruptura media Kg	Corriente máxima permanente a 52°C Amp.
CABLE Cud 4 *	7	5.88	21.15	0.9735	910	180
CABLE Cud 1/0 *	7	9.36	53.48	0.3791	1800	310
CABLE Cud 2/0 *	7	10.51	67.43	0.3005	2255	350
CABLE Cud 3/0 *	7	11.80	85.03	0.2388	2825	420
CABLE Cud 4/0 *	7	13.25	107.2	0.1894	3543	480
CABLE Cud 175 *	19	17.24	177.2	0.1213	5534	670
CABLE Cud 250 *	37	20.66	253.00	0.0750	5600	840
CABLE Cud 400 *	61	23.17	405.00	0.0500	10500	1135

NOMBRE	Peso Kg/Km	Cantidad por cerrute		Folio
		m	Kg	
CABLE Cud 4 *	192.0	520	100	LA-23- 4
CABLE Cud 1/0 *	485.0	1500	730	LA-23- 0
CABLE Cud 2/0 *	611.0	1500	920	LA-23-20
CABLE Cud 3/0 *	771.7	1500	1160	LA-23-30
CABLE Cud 4/0 *	973.1	1300	1257	LA-23-40
CABLE Cud 175 *	1609.0	1300	2092	LA-23-175
CABLE Cud 250 *	2298.0	500	1149	LA-23-250
CABLE Cud 400 *	3375.0	350	1287	LA-23-400

* Solo para mantenimiento

CARACTERÍSTICAS

Cobre electrolítico (Semiduro, torcido clase A:250
Suave, torcido clase B:250)

Coefficiente de dilatación $\alpha = 15.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Módulo de elasticidad del cobre semiduro $E = 1000000 \text{ Kg/cm}^2$

Torcido capa exterior es izquierda

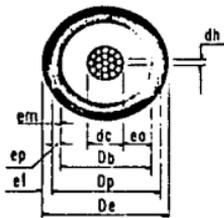
Peso: mayor que 10g y menor que 10g

Tolerancia en peso $\pm 10\%$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Resistencia } R_1 \text{ a temperatura } t_1 \\ \text{Resistencia } R_2 \text{ a temperatura } t_2 \end{array} \right\} \frac{R_1}{R_2} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}$$

CABLES 23 PT 1x35, 1x70

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0030

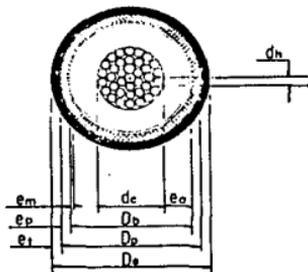


CS

Símbolo	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLE 23PT 1x35	CABLE 23PT 1x70
N	Sección del conductor de cobre Número de hilos	mm ² -	35 19	70 19
dc	Diámetro del conductor	mm	7.65	13.63
dh	Diámetro de cada hilo	mm	1.53	2.17
eo	Esesor aislamiento de papel y cintas semiconductoras	mm	6.48	6.17
em	Esesor cinta de cobre	mm	0.06	0.07
ep	Esesor de cubierta plomo	mm	1.9	2.0
et	Esesor de cubierta exterior termoplástica	mm	1.65	1.7
Db	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	22.0	24.4
Dp	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	26.0	28.4
De	Diámetro exterior del cable	mm	29.40	31.0
	Peso del cobre	Kg/Km	317	635
	Peso del plomo	Kg/Km	1500	1671
	Peso total del cable	Kg/Km	2670	3496
	Longitud del tramo cable	m	500	500
	Tolerancia en longitud	%	-0.5	-0.5
	Carrete CS	Pza	4,10.5	1,10.5
	Peso del carrete CS, con el tramo cable	Kg	1500	1671
Rca	Resistencia a 60 Hz y 25°C	Ohm/Km	0.63	0.77
X	Reactancia a 60 Hz (Diferencia entre cables = 16 cm)	Ohm/Km	0.24	0.31
Z	Impedancia a 60 Hz y 25°C	Ohm/Km	0.63/235	0.77/235
AV	Voltaje de tensión por fase	Volt/Ampl.Km	0.65	0.77
I	Corriente nominal de trabajo	Ampl.	100	100
	Corriente máxima de trabajo	Ampl.	100	100

CABLES 23PT 1x150, 1x240

NORMAS LyF
MATERIAL
2 0006

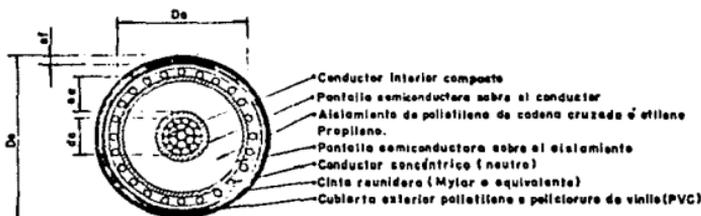


CS

SIV BCLC	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLE 23PT 1x150	CABLE 23PT 1x240
	Sección del conductor de cobre	mm ²	150	240
N	Número de hilos	-	37	37
d_c	Diámetro del conductor	mm	15.90	22.12
d_h	Diámetro de cada hilo	mm	2.27	2.574
e_a	Esesor aislamiento de papel y cintas semiconductoras	mm	5.10	6.10
e_m	Esesor cinta de cobre	mm	0.08	0.08
e_p	Esesor de cubierta plomo	mm	2.0	2.2
e_t	Esesor de cubierta exterior termoplástica	mm	1.55	2.0
d_b	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	28.10	34.0
d_p	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	32.74	38.6
d_e	Diámetro exterior del cable	mm	35.45	42.0
	Peso del cobre	Kg/Km	1360	2177
	Peso del plomo	Kg/Km	2200	3213
	Peso total del cable	Kg/Km	4400	5100
	Longitud del tramo de cable	m	500	500
	Tolerancia en longitud	%	-0+5	-0+5
	Carrete 50	Pza	8.11.9	8.11.9
	Peso del carrete 50, con el tramo de cable	kg	2430	3150
R_{ca}	Resistencia a 50 Hz y 75°C	Ohm/Km	0.153	0.170
R_c	Resistencia a 50 Hz	Ohm/Km	0.21	0.23
Z	Resistencia a 50 Hz y 75°C	Ohm/Km	0.27/0.30	0.31/0.35
ΔV	Caída de tensión por fase corriente nominal de trabajo	V/1000-Km	0.35	0.40
		Apa	264	312

CABLES 23 TC 1x50 a 1x240

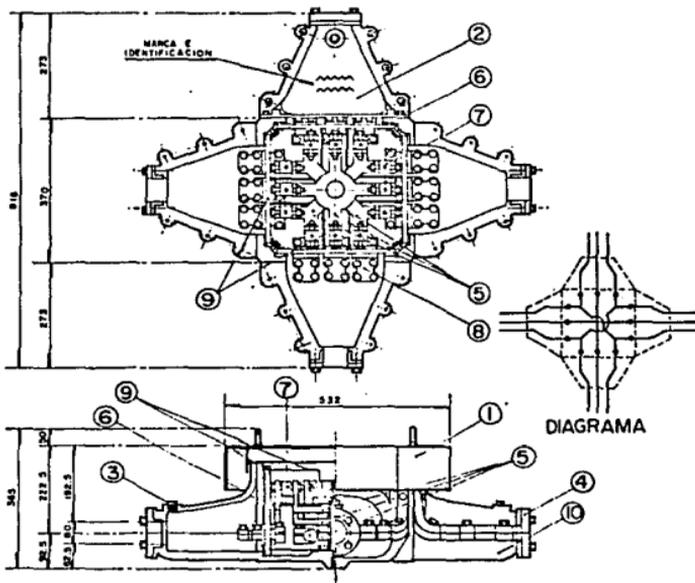
NORMAS LyF
MATERIAL
2.0524



SIM-BOLO	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLES 23 TC			
			1 x 50	1 x 70	1 x 150	1 x 240
S_r	Sección real de cobre de cada conductor.	mm ²	53.48	67.43	152	253.4
d_c	Número de hilos	-	19	19	37	37
	Diámetro del conductor	mm	8.70	9.75	14.63	18.87
c_a	Pantalla semiconductora sobre el conductor (prom. mín.)	mm	0.4	0.4	0.5	0.5
	Espesor aislamiento, polietileno de cadena cruzada o etileno propileno. (nominal) Categoría II	mm	8.1	8.1	8.1	8.1
D_a	Diámetro sobre el aislamiento	mm	26.43	27.48	32.86	37.10
e_f	Pantalla semiconductora sobre el aislamiento (prom. mín.)	mm	1.0	1.0	1.0	1.0
	Diámetro hilo, conductor exterior (neutro)	mm	1.29	1.63	2.05	2.05
D_e	Número de hilos, conductor exterior (neutro).	--	14	11	15	26
	Espesor cubierta exterior de polietileno o policloruro de vinilo (PVC) . (promedio)	mm	2.03	2.03	2.79	2.79
D_c	Diámetro exterior del cable	mm	35.01	36.74	44.56	48.60
	Peso aproximado del cobre	Kg/Km	484.0	610.2	1375.6	2291.5
	Peso aproximado del aislamiento	Kg/Km	454.0	492.1	636.6	751.1
	Peso aproximado total del cable	Kg/Km	1305.5	1514.1	2022.6	4264.7
	Longitud del tramo de cable	m	500	500	500	500
	Tolerancia en longitud	%	±5	±5	±5	±5
	Peso del tramo de cable	Kg	652.8	757.1	1413.4	2132.4
	Corriente C ₁ , C ₂	-	6.11, 11	12.28	16.16, 18	24.16, 28

CAJA CS 4.500

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0262



CS

Esc 1:10

Peso aprox: 197 Kg

Acotaciones en mm

MATERIAL:

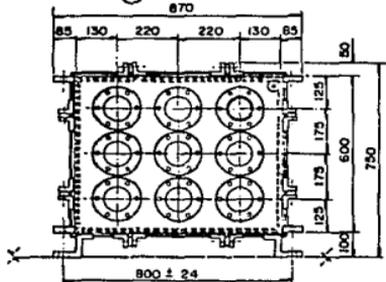
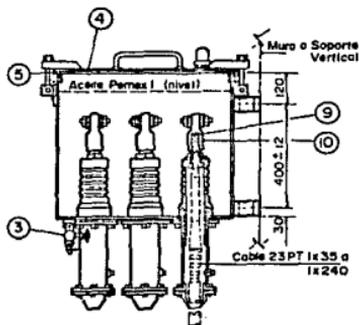
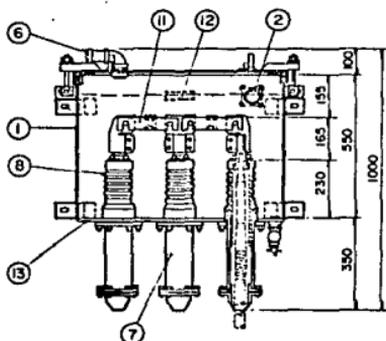
Ref.	Nombre	Materiales y Acabado
1	Tapa	Lámina fierro N° 12. Galvanizada en caliente después de maquinada. Galvanizado según Norma CENYME 9.5-1, 1970.
2	Terminal	Fierro fundido. Acabado pintura anticorrosiva negra
3	Tapón	Latón laminado
4	Collarín	Fierro fundido, Acabado pintura anticorrosiva negra
5	Conectores Centrales	Bronce alta conductividad Cu 99%, Pb 1%
6	Conectores Laterales	
7	Conectores Unión	
8	Conectores Cable	
9	Barreras Aislantes	Etuni-Asbesto
10	Fondo	Fierro fundido, Acabado pintura anticorrosiva negra

Feb 60

Rev: Feb 67 Oct 69 Jun 75

CAJA CS 23.3. 500

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0263



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

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

Esc. 1:15

Acotaciones en mm

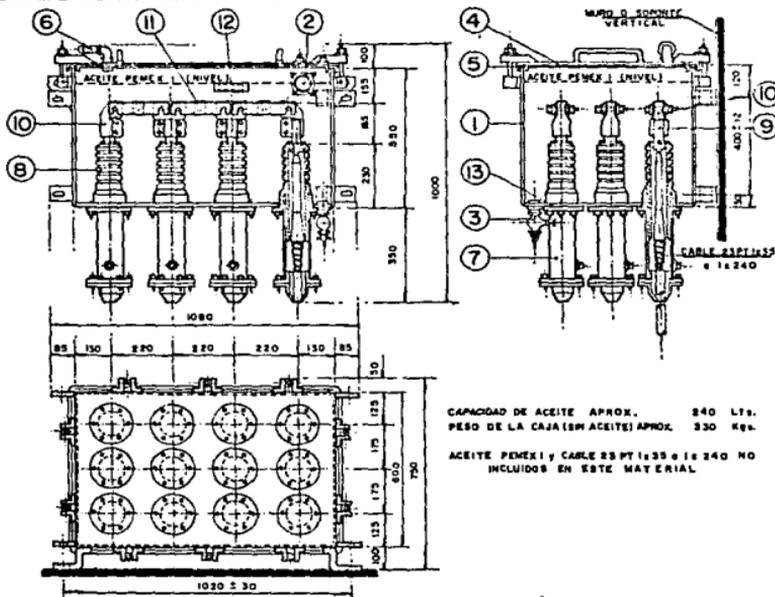
MATERIAL:

Ref.	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
1	Cuerpo	Placa fierro 6.3(1/2"), Cadminizado o Galv. después de maquinado
2	Indicador de nivel de aceite	Magnético
3	Válvula de drenaje y muestreo	Bronce
4	Tapa	Placa fierro 6.3(1/2"), Cadminizada o Galv. después de maquinada
5	Junta	Neopreno

Feb. 69 Rev: Jun 75 Oct 77

CAJA CS 23:4.500

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0264



CAPACIDAD DE ACEITE APROX. 240 Lts.
PESO DE LA CAJA (SEN ACEITE) APROX. 330 Kgs.
ACEITE PEMEXI y CABLE 23 PT 125 6 1240 NO
INCLUIDOS EN ESTE MATERIAL

Esc. 1:15

Anotaciones en mm

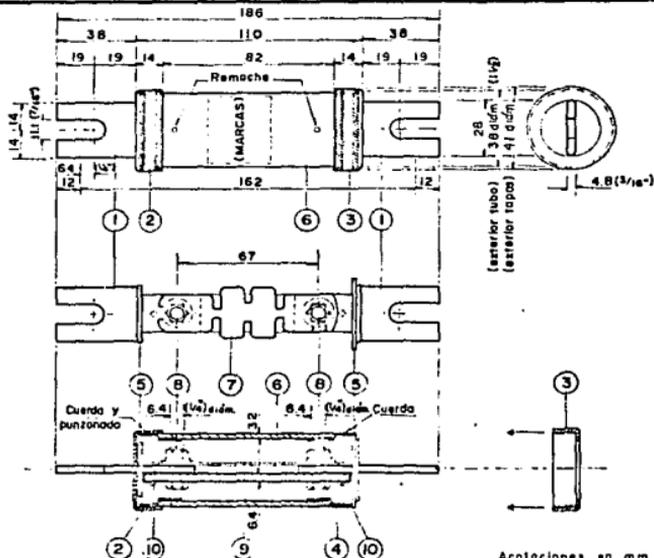
MATERIAL:

Ref.	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
1	Cuerpo	Placa hierro 5.3($\frac{1}{2}$ " cadmizado ó Galv. después de maquinado
2	Indicador de nivel de Aceite	Magnético
3	Válvula de drenaje y-muestreo	Bronce
4	Tapa	Placa hierro 5.3($\frac{1}{2}$ " Cadmizado ó Galv. después de maquinado.
5	Junta	Neoprono
6	Válvula de seguridad	Bronce
7	Cuerpo de la terminal	Latón, bronce ó aluminio

Dic. 66 | Rev1 | Jun 70 | Jun 75 | Oct 77

FUSIBLE CR 200

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0253



Esc. 1:2

Anotaciones en mm

COMPONENTES PRINCIPALES:

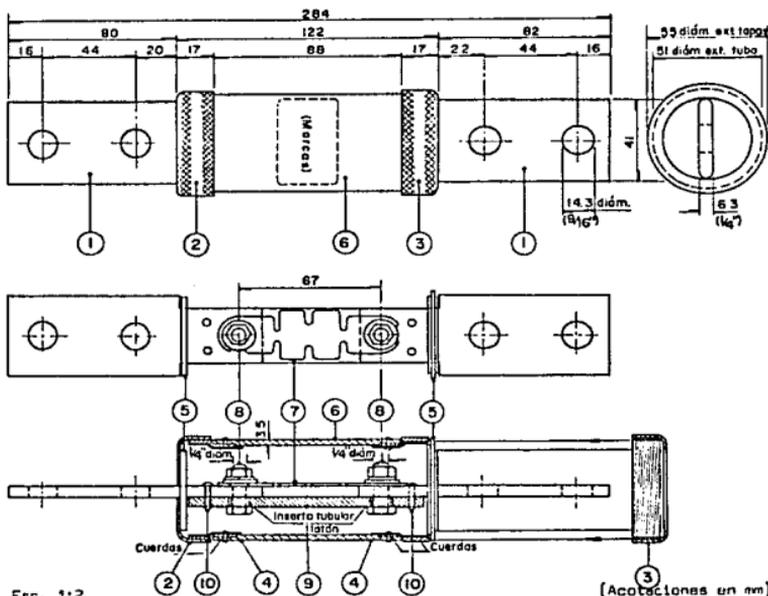
Ref.	Nombre	MATERIAL	Acabado
1	Navaja	Solera cobre electrolítico	Bordes redondeados sencillos limpios y planos.
2	Tapa ranurada (fija)	Latón 70-30 troquelado	Cadmizado electrolítico, fajas moldeada exterior, cuerdas 18 hilos/pulg.
3	Tapa perforada (removible)		
4	Inserto para fijación tapa		
5	Cuñas de tapan y cierre		
6	Tubo del cartucho	Fibra vulcanizada	Color natural marfil
7	Estación fusible CCA	Zinc hidroxido 99.98% pura	Trociano, planchado, con marcas de capacidad y fabricante.
8	Tornillos de fijación estación fusible	Acero	Con soldadura plana y de presión, cadmizado electrolítico.
9	Fusible de línea	Alta calidad	Color natural gris
10	Inserto para fijación tapa	Acero	Cadmizado electrolítico

May 23 Rev. 1 del 27 May 65

CS

FUSIBLE CR 350

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0254



Esc. 1:2

(Anotaciones en mm)

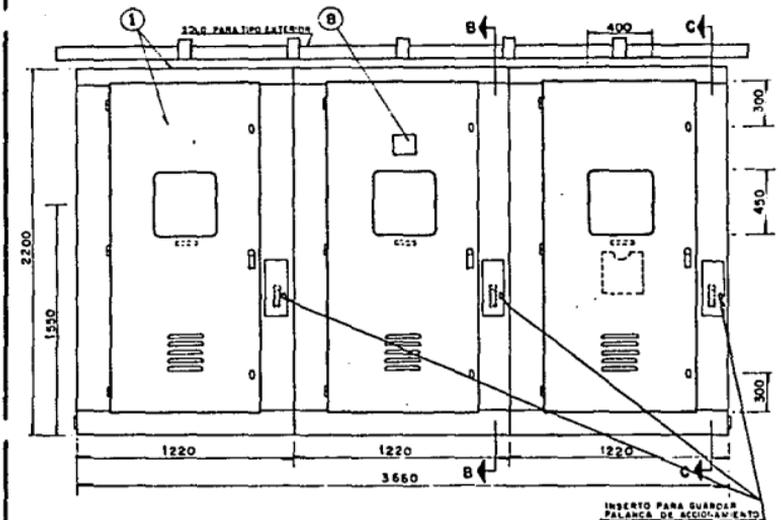
MATERIAL:

Ref.	Nombre	MATERIAL	Acabado
1	Navaja	Solera cobre electro-lítico.	Bordes redondeados, superficies limpias y planas
2	Tapa ranurada (fija)		
3	Tapa perforada (removible)		
4	Insertos para fijación tapas.	Letón 70-30 troqueado	Cadmizado electrolítico, tapas mateado exterior, cuerdas 14 n/pulg.
5	Gufes de tapas y cierre		
6	Tubo del cartucho.	Fibra vulcanizada.	Color natural marfil.
7	Enlábón fusible 350 Amp.	Zinc 99.9% pureza.	Troquelado, planchado, con marcas de capacidad y fabricante.

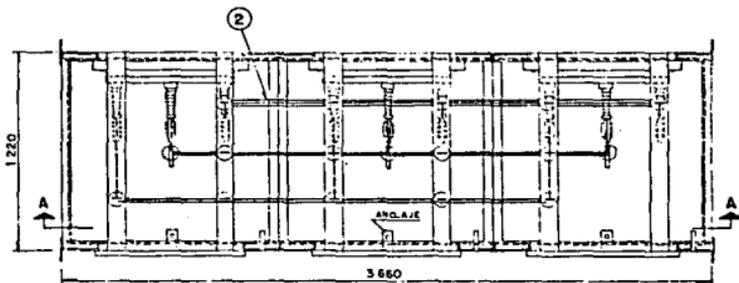
May 75 Rrv:

GABINETE M-23 16E

NORMAS L Y F
MATERIAL
2.0530



ELEVACION



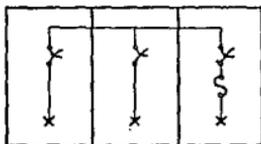
PLANTA

GABINETE M 23 I6E

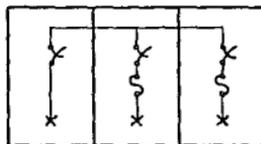
NORMAS LyF
MATERIAL
2.0530

ARREGLOS MAS USUALES DE GABINETE M 23 I-E

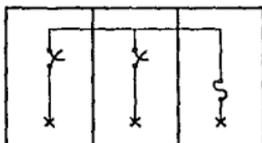
CS



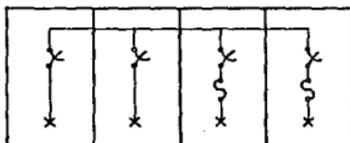
MONTAJE 1



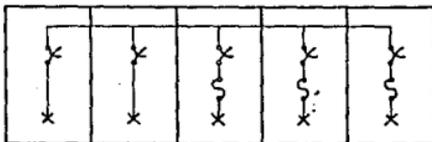
MONTAJE 2



MONTAJE 3



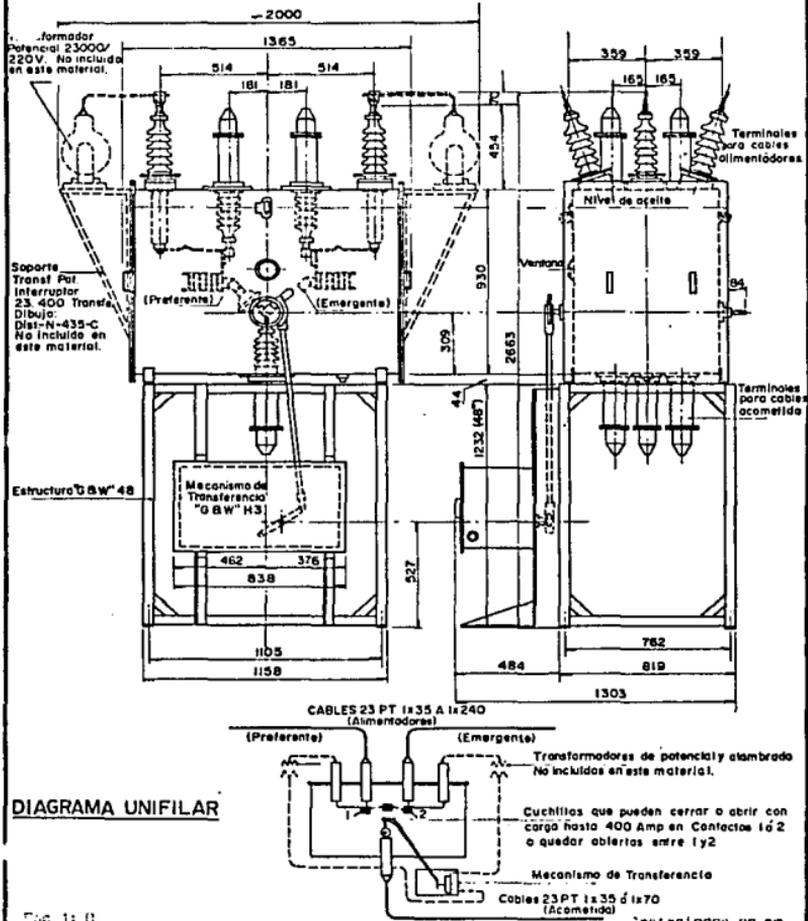
MONTAJE 4



MONTAJE 5

INTERRUPTOR 23.400 TRANSFE.

NORMAS LYF
MATERIAL
2 0260

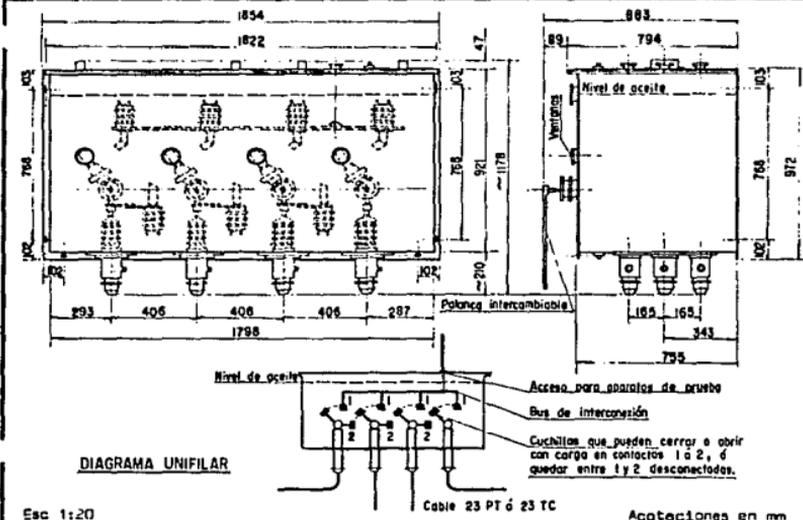


Eca 1:0

Jun 75

INTERRUPTOR CS 23.4.600

NORMAS Ly F
MATERIAL
2.0261



CS

Esc 1:20

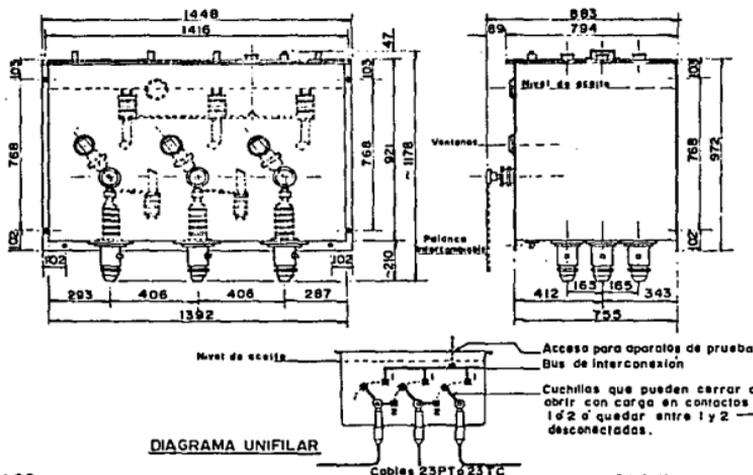
Anotaciones en mm

CARACTERÍSTICAS:

- Servicio _____ Sumergible hasta 3 m de profundidad en agua
- Tensión _____ 23 Kv entre fases
- Número de vías _____ 4 y 3 polos o Fases por vía
- Cables por vía _____ 3 Cables 23 PT 1x35 a 1x240 con terminales con cono de bronce ó 3 Cables 23 TC 1x50 a 1x150 con terminales para aislamiento seco y conectores del calibre correspondiente a la Sección de los cables.
- Capacidad _____ 500 Amp continua; apertura y cierre con carga h-stn 500 Amp.
- Capacidad momentánea _____ 40 K Amp Asimétricos y 25 K Amp 45 Seg simétricos
- Capacidad de cierre _____ 40 K Amp Asimétricos sin abrir después de correr.
- Nivel Básico de Aislamiento _____ 150 Kv y 110 Kv 15 min CD
- Frecuencia _____ 50 ó 60 Hz
- Operación _____ Manual con palanca intercambiable
- Aislamiento _____ Aceite Perex Nº 1, Volumen de aceite 1150 lts aprox
- Peso sin aceite _____ 1950 Kg aprox
- Peso total _____ 3,070 Kg aprox
- Similar a _____ "D.W." 940 40 Cat RAC 43-205A1-40N

INTERRUPTOR CS 23.3.600

NORMAS LyF
MATERIA
2.0244



ESC. 1:20

Acotaciones en mm.

CARACTERÍSTICAS:

Servicio	Sumergible hasta 3 m de profundidad en agua
Tensión	23 Kv entre fases
Número de vías	3 y 3 polos ó fases por vía
Cables por vía	3 cables 23 PT 1x35 a 1x240 con terminales con cono bronco ó 3 cables 23 TC 1x50 a 1x150 con terminales para aislamiento seco y conectores del calibre correspondiente a la sección de los cables.
Capacidad	600 Amp continuos; apertura y cierre con carga hasta 600 Amp.
Capacidad momentánea	40 kAmp Asimétricos y 25 kAmp 45 seg simétricos
Capacidad de cierre	40 kAmp Asimétrico sin abrir después de cerrar.
Nivel Básico de Aislamiento	150 Kv y 110 Kv 15 min CO
Frecuencia	50 ó 60 Hz
Operación	Manual con palanca intercambiable
Aislamiento	Acuila Pemk N° 1, Volumen de aceite 770 lts aprox
Peso sin aceite	1570 Kg aprox
Peso total	2350 Kg aprox con aceite
Similar a	"654" BAC60, Cat BAC 33-33CA-40M.

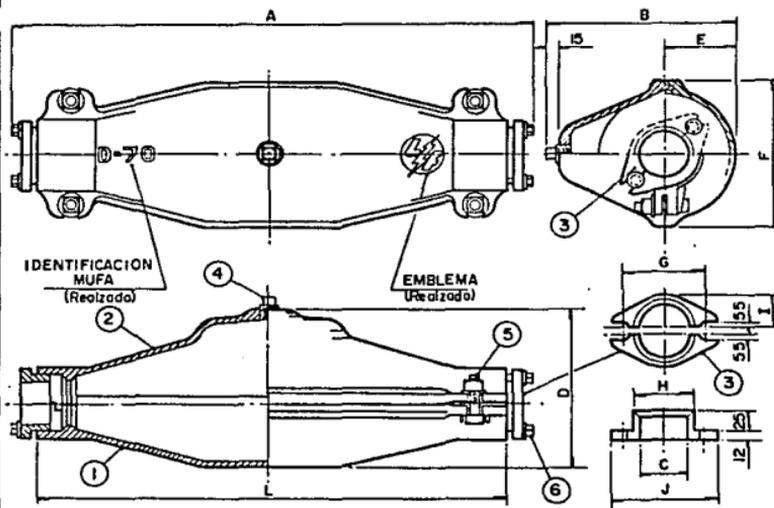
Jun. 75. I Rev.

MUFA D35 a D150

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0200

AP

CS



IDENTIFICACION
MUFA
(Realzado)

EMBLEMA
(Realzado)

Acotaciones en mm

T A B L A

NOMBRE	Cables empalmados	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	L mm	Peso Kg
MUFA D 35	BPT 3 x 35	392	153	35	141	55	136	70	45	20	58	350	9,300
MUFA D 70	BPT 3 x 70	492	191	43	175	71	155	80	55	33	109	450	11,500
MUFA D 150	BPT 3 x 150	592	215	55	201	81	165	94	69	40	123	550	18,500

MATERIALES COMPONENTES:

- 1.- Fondo
- 2.- Tapa
- 3.- Collarín
- 4.- Tapón tubo 3/4" (normal)
- 5.- Tornillo M17. 1/2 x 2 con tuercas y roldano
- 6.- Tornillo M17. 3/8 x 1 1/2 (con roldana)

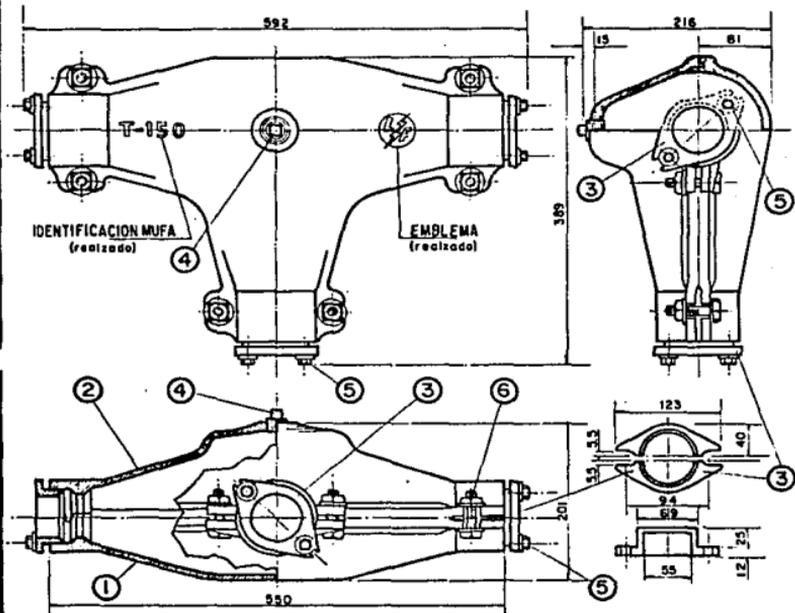
Fierro fundido
Fierro fundido
Fierro fundido
Fierro fundido
Fierro laminado
Fierro laminado

sin poros
ni fallas

MUFA T'150

NORMAS LYF
MATERIAL
2.0050

CS



Peso = 24 Kg

Esc. 1:5

Acotaciones en mm

MATERIALES COMPONENTES:

- 1.- Fondo
- 2.- Tapa
- 3.- Collarín
- 4.- Tapan tubo 3/4" (normal)
- 5.- Tornillo M10. 3 1/8" x 1 1/2" (con soldana)
- 6.- Tornillo M10. 1 1/2" x 1 (con tuerca y arandela)

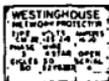
Fierro fundido	} sin aceros ni fallas
Fierro fundido	
Fierro fundido	
Fierro fundido	
Fierro laminado	
Fierro laminado	

Moy 64

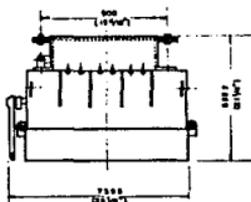
Rev: Oct 72/Jul 75

PROTECTOR INTERIOR RED 1600

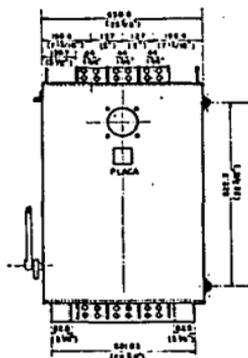
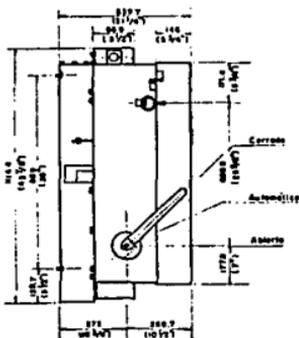
NORMAS LyF
MATERIAL
2.0276



PLACA



CS



Acotaciones en mm

CARACTERISTICAS:

Semejante al Westinghouse, Tipo CM-22, 125-216 volta, 1600 Amp. 3 fases, 50 Hz, interior

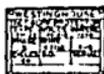
Peso Aprox. = 280 Kg.

LEGO:

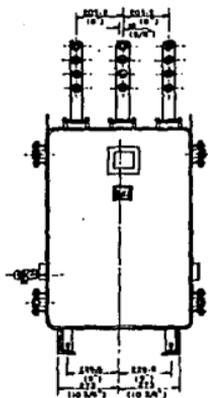
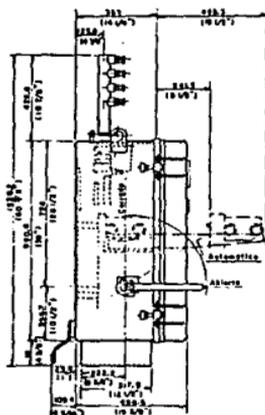
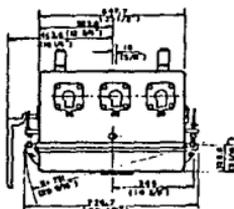
Conectado a transformador SE 500, permite conectar y desconectar automática o manualmente el transformador a una red automática de baja tensión, trabaja en interior.

PROTECTOR SUMERGIBLE RED 1600

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0277



PLACA



Acotaciones en mm

CARACTERÍSTICAS:

Semejante a Westinghouse, Tipo CM-22, 125-216 volts, 3 fases, 1500 Amps.
50 Hz sumergible.

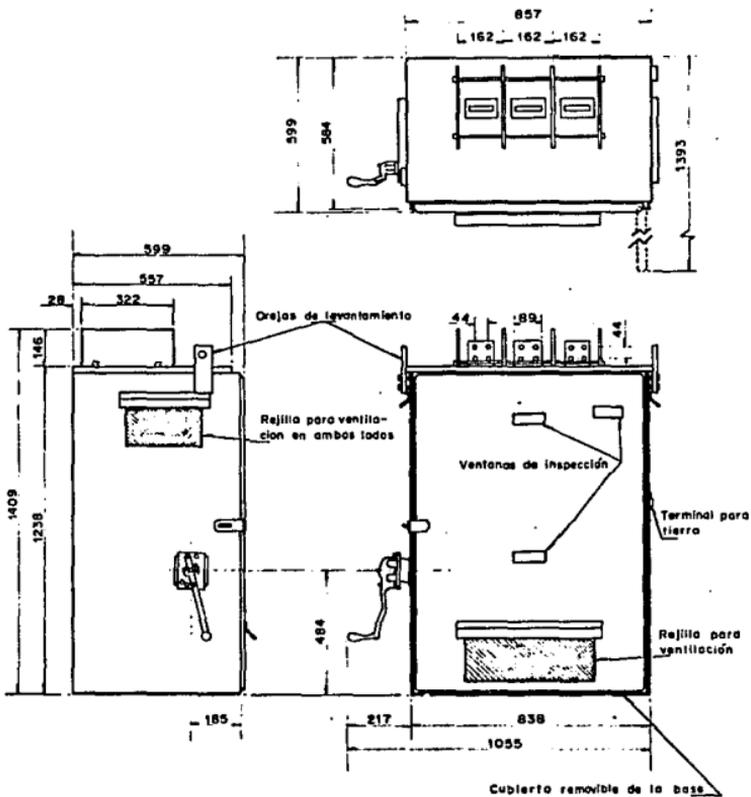
Peso Aprox. = 450 Kg.

USO:

Acoplado a Transformador Sumergible 500, permite conectar y desconectar automáticamente o manualmente el transformador a una red automática de baja tensión. Puede trabajar bajo agua hasta 3 m de profundidad.

PROTECTOR INTERIOR RED 2500

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0009



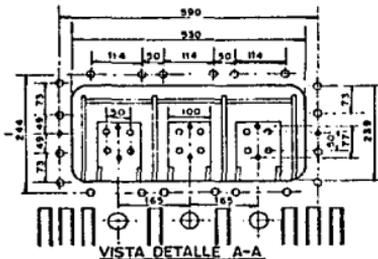
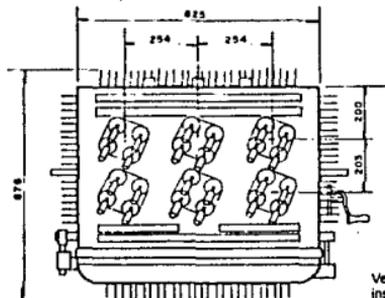
CS

Enc 1:15

Anotaciones en mm

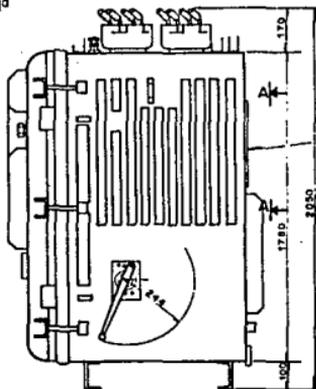
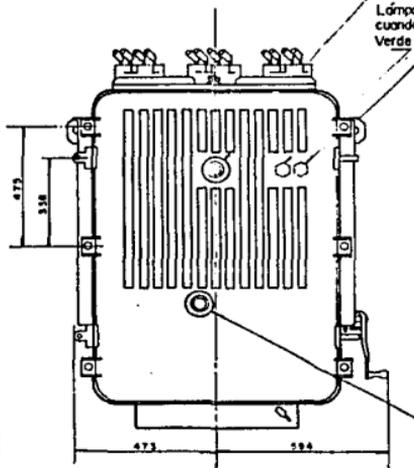
PROTECTOR SUMERGIBLE RED 2500

NORMAS LYF
MATERIAL
2.0012



Ventana para inspeccionar fusibles

Lámparas indicadoras cuando se requieran Verde - Rojo



Ventana de inspección para el contador de operaciones

Garganta (Ver detalle A-A)

Csc. 1:15

Anotaciones en mm

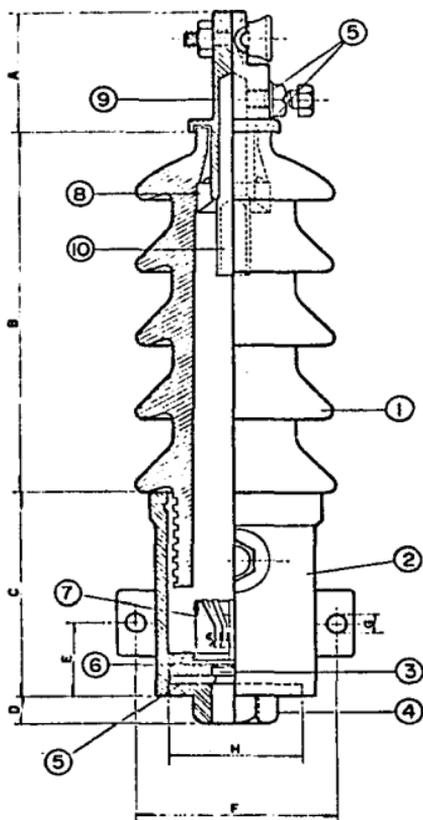
Jul 72 Rev: Jul 75

CS

TERMINALES ENCHUFE

23E1x 50S a 23E1x 240S

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0487

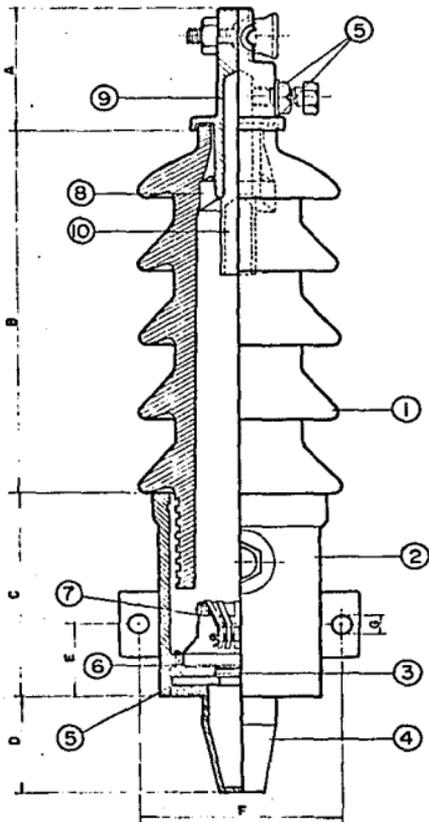


CS

TERMINALES ENCHUFE
23E1x35P a 23E1x240P

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0486

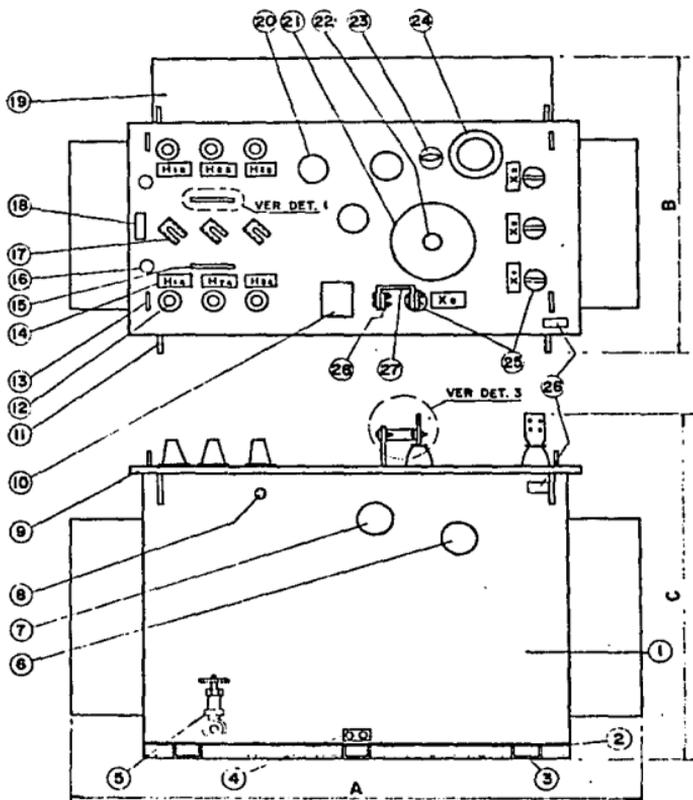
CS



TRANSFORMADORES TRIFASICOS
23-BT-300 a 750 DCS POZO

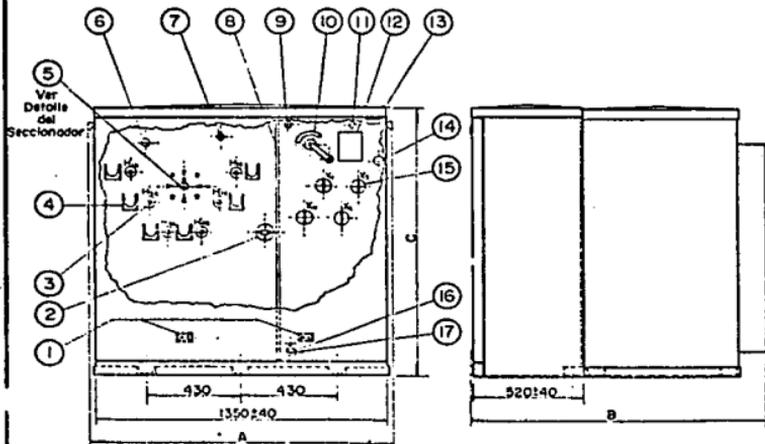
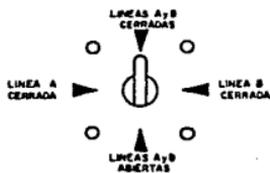
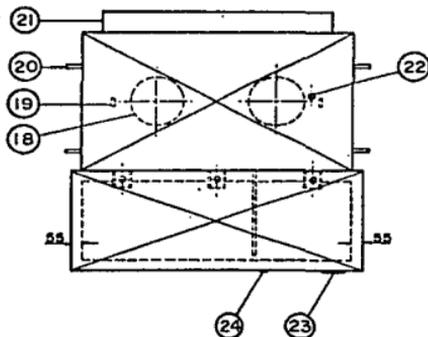
NORMAS L/F
MATERIAL
2.0409

CS



TRANSFORMADORES TRIFASICOS
23-BT-45 a 300 DRS PEDESTAL

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0365



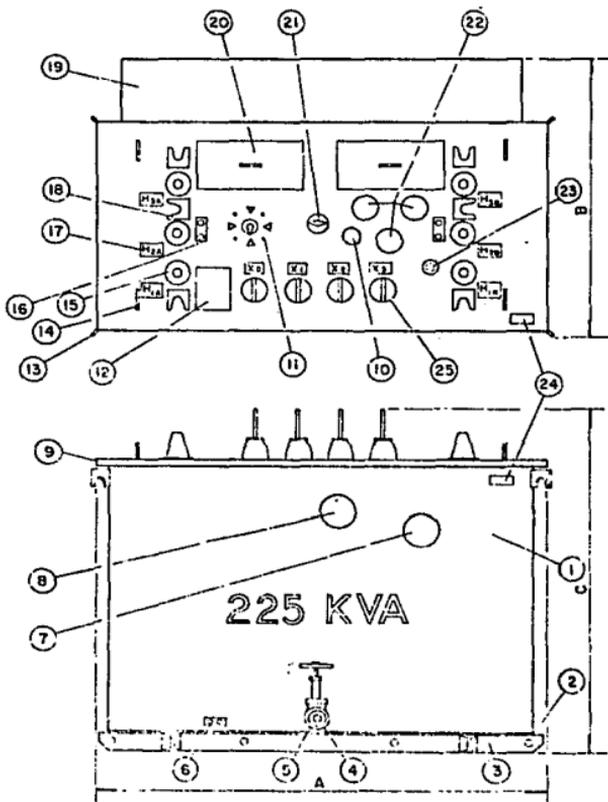
Escala: 1:20

Acotaciones en mm.

CS

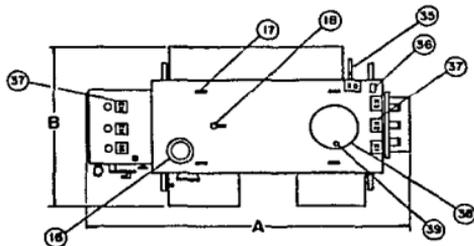
TRANSFORMADORES TRIFASICOS DRS POZO
23-BT, 75 a 225

NORMAS LYF
MATERIAL
2.03G6

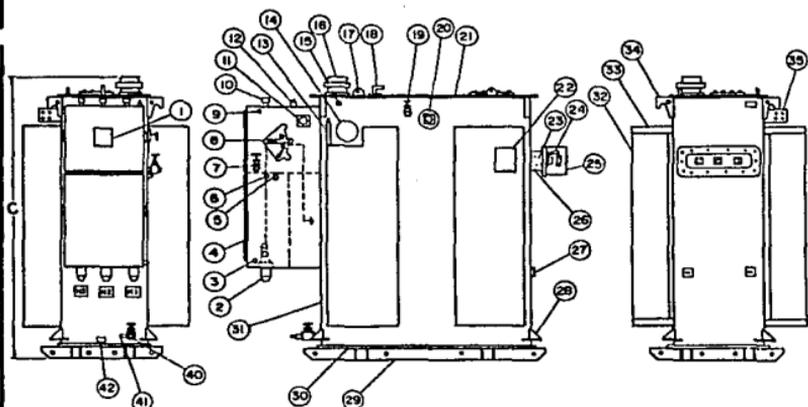


TRANSFORMADORES 23.-BT, 300 - 750 SUMERGIBLE

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0217



VISTA III



VISTA IV

VISTA I

VISTA II