

15
290



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



Facultad de Estudios Superiores
"Cuautitlán"

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN
SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

HERNANDEZ TREJO MA. DE JESUS
VARGAS MONROY JUAN

ASESOR: ING. ALFONSO RODRIGUEZ CONTRERAS

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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

PAGINA

INTRODUCCION

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL SISTEMA

I.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION . . .	1
I.2 DESARROLLO DE LAS REDES EN LA CIUDAD. DE MEXICO	7

CAPITULO II

ESTRUCTURAS DE LA RED RADIAL Y RED AUTOMATICA

II.1 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION	14
II.2 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU VOLTAJE DE OPERACION	18

CAPITULO III

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

III.1 SU OBJETIVO Y SU ORGANIZACION	72
III.2 SISTEMAS Y EQUIPOS ATENDIDOS POR EL DEPARTAMENTO	75
III.3 PROCESAMIENTO PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA	84
III.4 DEFINICION DE PROYECTO	86
III.4.1 LISTA DE ACTIVIDADES	86
III.4.2 CAMBIO DE SECUENCIAS	89

111.4.3 MATRIZ DE TIEMPOS (SECUENCIA DE ACTIVIDADES) DURACIONES EN DÍAS DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO	90
---	----

CAPITULO IV

RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

IV.1 ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE CABLES SUBTERRANEOS	164
IV.2 AREA DE SERVICIO Y SUS CARACTERISTICAS	168
IV.3 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE A.T. Y B.T.	171
IV.4 CONDICIONES PARA LA LOCALIZACION DE FALLAS	175
IV.5 METODOS DE LOCALIZACION A DISTANCIA	183
IV.6 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE RED AUTOMATICA B.T.	202
IV.7 TRAMITE DE LICENCIAS A OPERACION REDES DE DISTRIBUCION	211
IV.8 ORGANIZACION DEL TRABAJO Y PRUEBA DE CAMPO	217

CAPITULO V

ESTADISTICA DE FALLAS EN ACCESORIOS DE REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

V.1 INTRODUCCION	235
V.2 METODOS PARA EL DIAGNOSTICO DE FALLAS	236
V.3 CLASIFICACION DE LAS CAUSAS DE LA FALLA	245

PAGINA

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO DE LOS DISTURBIOS

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

284

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

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 comprobadas ventajas y que se pueden resumir de la siguiente manera: De 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 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 maniobras 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 .220 y .127 KV, con el cual se alimenta a consumidores domésticos, residenciales y comerciales, ya sea con acometidas 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 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:

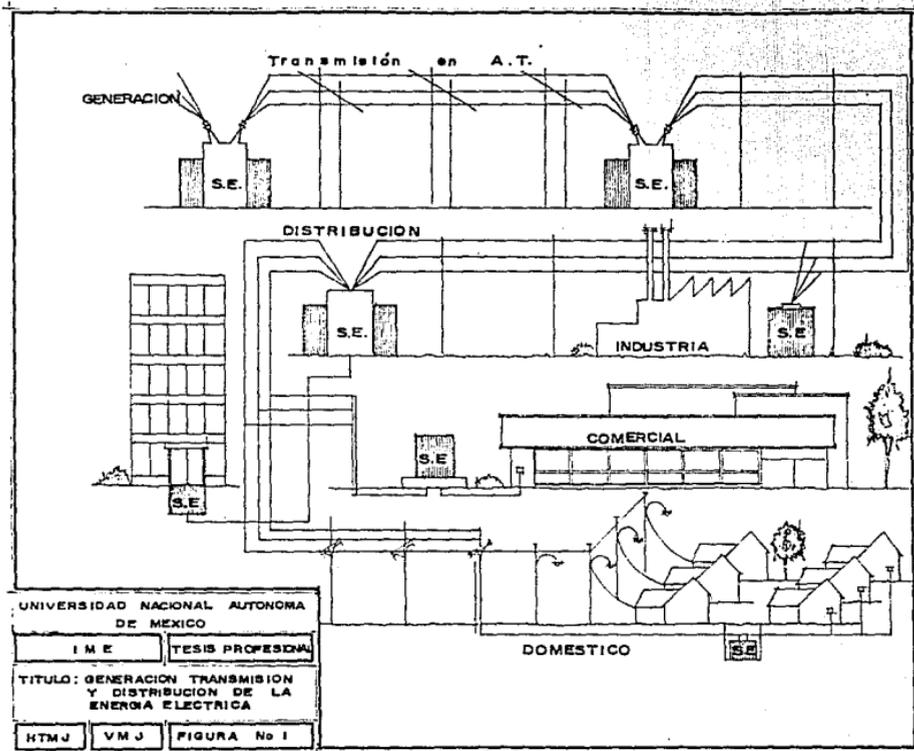
- Seguridad
- Rápida localización de falla
- Rápida reparación de falla
- Aislamiento manual ó automático de las fallas
- Restauración manual ó automática para los consumidores no afectados
- Accesibilidad al equipo y facilidad de reparación

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 o 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 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 pueda utilizar los diferentes laboratorios de prueba que se requieren para la localización de la falla.

En conclusión se tiene como finalidad presentar y mostrar todas las actividades que se desarrollan para efectuar el mantenimiento preventivo y 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME	TESIS PROFESIONAL
-----	-------------------

TITULO: GENERACION TRANSMISION
Y DISTRIBUCION DE LA
ENERGIA ELECTRICA

HTMJ	VMJ	FIGURA No 1
------	-----	-------------

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL SISTEMA

CAPITULO I GENERALIDADES DEL SISTEMA

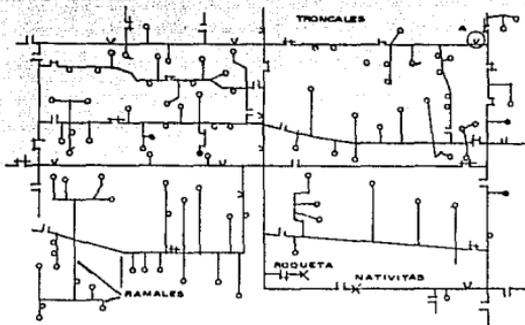
I.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

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 o una combinación de las mismas, (ver figuras 2 y 3), dependiendo ésto 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.

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 abatir 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, en juego de cuchillas de conexión al bus



- SERVICIO SUMINISTRADO EN ALTA TENSION
- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- TRONCAL
- RAMAL
- ⌋ INTERRUPTOR EN AIRE, CERRADO
- ⊗ IDEM, ABIERTO
- ⌋ CUCHILLAS DE NAVAJA, CERRADAS.
- ⌋ IDEM, ABIERTAS
- ⊗ JUEGO DE TERMINALES DE SALIDA DEL ALIMENTADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

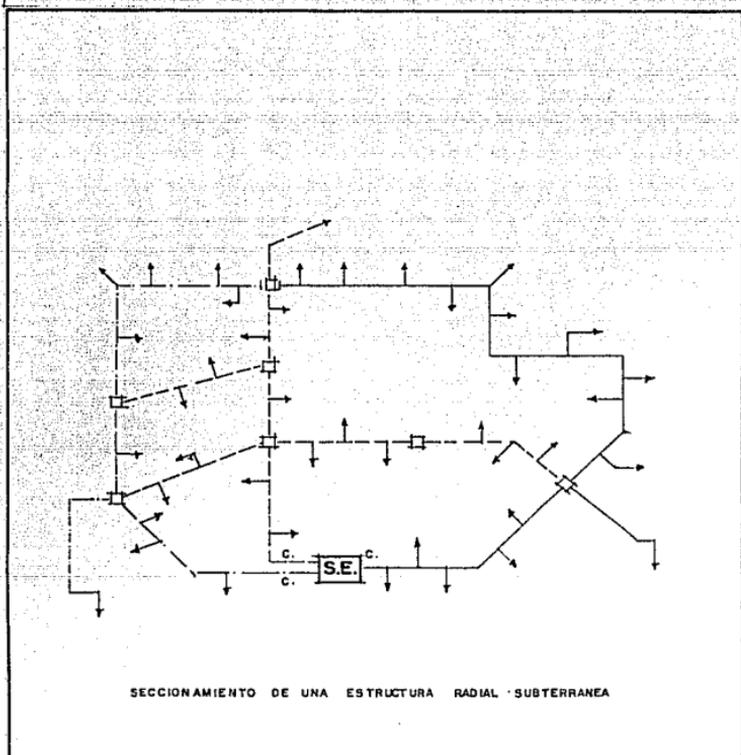
TESIS PROFESIONAL

TITULO: SISTEMA DE DISTRIBUCION
AEREA

HTMJ

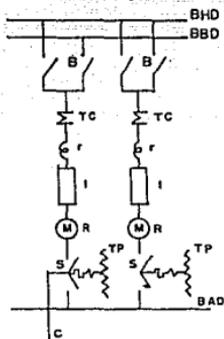
VMJ

FIGURA NO. 2



SECCIONAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA RADIAL SUBTERRANEA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
IME	TESIS PROFESIONAL
TITULO: SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA	
HTMJ	VMJ FIGURA NO. 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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

IME	TESIS PROFESIONAL	
TITULO: DIAGRAMA UNIFILAR DEL EQUIPO DE UN ALIMENTADOR		
HTMJ	VMJ	FIGURA NO 4

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 estructura diversas. La estructura de la red de distribución que se adopta tanto en mediana como baja tensión, dependerá de los parámetros siguientes:

- Densidad de la carga
- Tipo de carga:
 - Residencial
 - Comercial
 - Industrial
 - Mixta
- Localización geográfica de la carga
- Area 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 o 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, aires, lluvias, etc.) o las provocadas por accidentes en los cuales llegan a caerse las líneas aéreas, e imposible tener una mayor continuidad en el servicio así como una mayor seguridad.
- 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 la red automática, radial, anillo ó cualesquiera de las 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 por la falla; mientras se corrige la misma.

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

Las primeras noticias que se tienen de la utilización de cables subterráneos en la Ciudad de México para servicios públicos datan del año 1904, en que se alimentaron por cable subterráneo algunos servicios en la Colonia Santa María y 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 3000 volts, y por motivos de aumento de demanda, hubo necesidad de aumentar el voltaje a 6000 volts, cambio 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 Emilio 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 3000 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 5150 KVA. El equipo normal que se adaptó, consistió de cables primarios trifásicos de 6000 volts, de 120 mm², suficientes para llevar una capacidad de 2500 KVA con dos transformadores de 150 KVA conectados a diferentes alimentadores y entre sí, a través de reactancias 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, todo 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 de 45, 75, 112.5, 225, 300, 500 y 750 KVA.

Se ha mencionado continuamente el incremento de carga, lo cual ha ocasionado grandes avances en cuanto a cantidad y calidad de las redes de distribución subterráneas 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, aumentó en la demanda de energía eléctrica.

- 2.- El incremento de la población basado en un crecimiento natural, muestra una cantidad de 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., y 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 redes futuras, planeado 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.

No.	NOMBRE	TENSION	AREA	CAP. INST.	
		(KV)	(KM ²)	(MVA)	
1	RED POLANCO	23	3.439	78.0137	22.685
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	78.3062	77.62
6	RED BUENAVISTA	23	2.443	44.6604	18.2181
7	AUTOMATICA REFORMA	23	1.16	78.7988	67.33
8	RED INDIANILLA	23	2.05	57.3364	27.969
9	FUT. RED MORELOS	23	2.712	14.95	5.513
10	AUTOMATICA CENTRAL	23	1.07	111.5496	104.252
11	AUTOMATICA JAMAICA	23	0.781	33.3955	42.76
12	AUTOMATICA MERCED	23	1.295	40.999	31.66
13	FUT. RED ANZURES	23	0.775	30.318	39.12
14	FUT. RED CONDEZA	23	3.714	34.0722	9.174
15	FUT. RED IND. VALLEJO	23	4.274	121.7092	28.49

TABLA No. 1

AREA DE REDES OPERACION	=	13.248 Km ²
AREA DE REDES FUTURAS	=	15.294 Km ²
AREA TOTAL	=	28.542 Km ²

CAPITULO II

ESTRUCTURAS DE LA RED RADIAL Y RED AUTOMATICA

CAPITULO 11

ESTRUCTURAS DE LA RED RADIAL Y RED AUTOMATICA

11.1 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU OPERACION

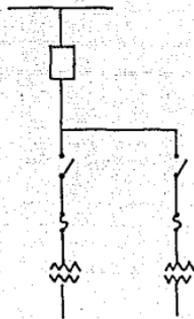
En cuánto a su operación se clasifican de la siguiente manera:

- 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ALIMENTADOR RADIAL BASICO

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 6

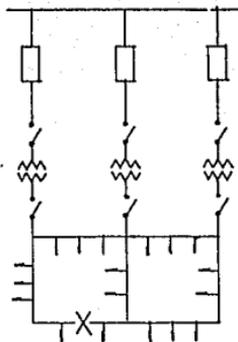
Operación en Paralelo

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 éste tipo de redes se tiene una estructura sencilla en la red primaria, donde las subestaciones estan 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 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: RED MALLADA (AUTOMATICA)
OPERACION EN PARALELO EN
BAJA TENSIÓN.

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 7

11.2 CLASIFICACION DE LAS REDES EN CUANTO A SU VOLTAJE DE OPERACION

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
- En anillo abierto
- Con alimentadores Selectivos

Redes de Baja Tensión

Estructura de Red Secundaria Radial

- Con y sin amarres

Estructura de Red Secundaria Radial

- Red automática

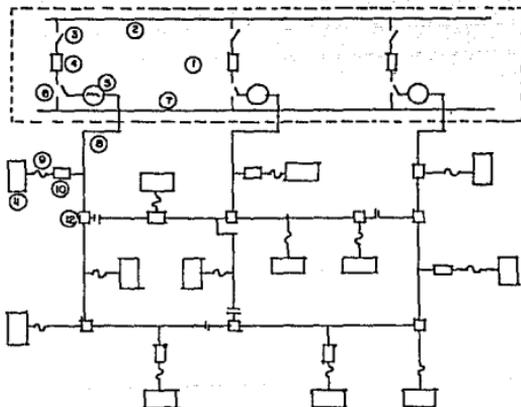
ESTRUCTURA DE LA RED RADIAL SUBTERRANEA. RED PRIMARIA.

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ARREGLO DE RED PRIMARIA
DISTRIBUCION RADIAL SUBTE-
RRANEA

HTMJ

VMJ

FIGURA NO 6

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
- 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

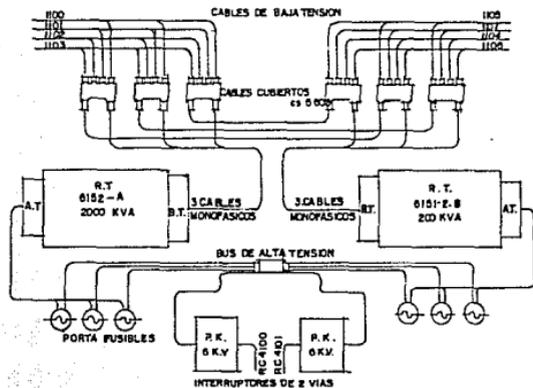
El arreglo que actualmente ofrece mayor ventaja en cuanto a su funcionamiento y seguridad en su operación, es la distribución de baja tensión por medio de buses cubiertos monofásicos.

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 protegidos con fusibles, estos cables monofásicos se empalman con cables 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 tenerlos desconectados, quedando como su nombre lo indica como alimentadores radiales.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

INE

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ARREGLO RED RADIAL
6 KV

HTMJ

V MJ

FIGURA NO. 9

CALIBRE DE DOS CABLES QUE SE DE 300, 400, 500 Y 750 KVA SIRVAN DE LOS TRANSFORMADORES	
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

La red de baja tensión se dota de medios de seccionamiento y realimentación, como: cajas de seccionamiento tipo banqueta, 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 a 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:

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 las derivaciones tienen una sección menor.

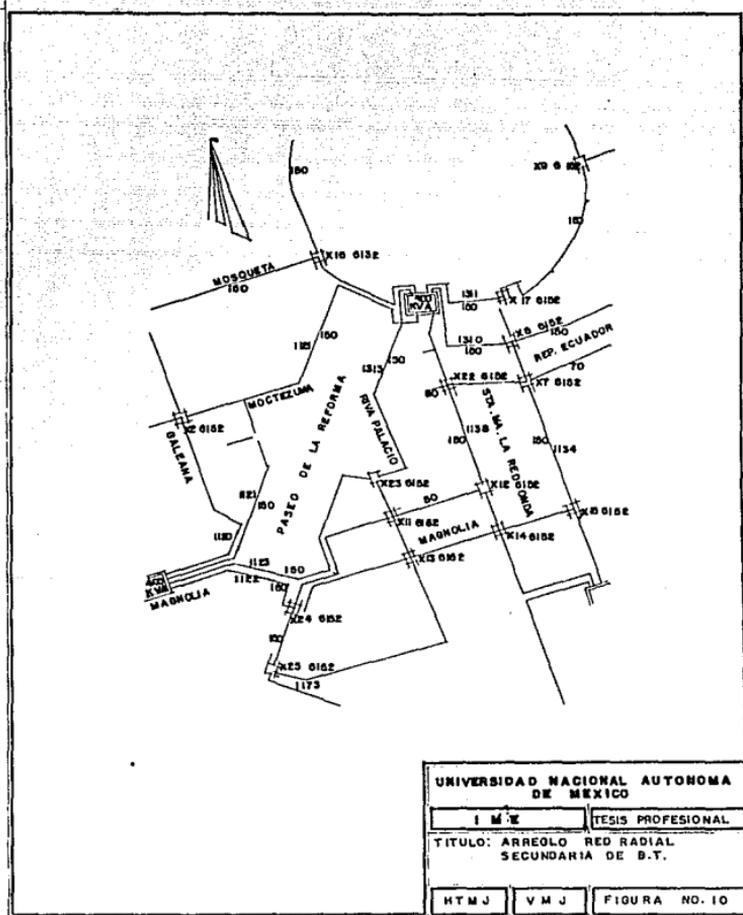
Esta estructura es la más sencilla de conductor a lo largo de la misma y las derivaciones tienen una sección menor.

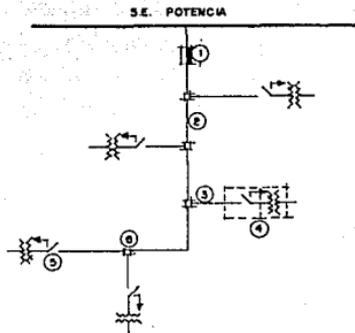
Esta estructura es la más sencilla y la más comúnmente utilizada debido a sus características. Es empleada para alimentar cargas pequeñas de tipo residencial de poca importancia.

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 23 PT 1 X 35 a 1 X 240, 23 TC 1 X 50 a 1 X 150.

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.





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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: RED RADIAL SIMPLE

HTM J

V M J

FIGURA NO. 11

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

- 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 45 y 595 amperes respectivamente para cables de 150 y 240 mm², temperaturas e 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 225 amperes respectivamente. Temperatura del conductor a 65 y 75°C.

- 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 manm.

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 1 X 35 a 1 X 240 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 ó 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 la 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.

Quando 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

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.

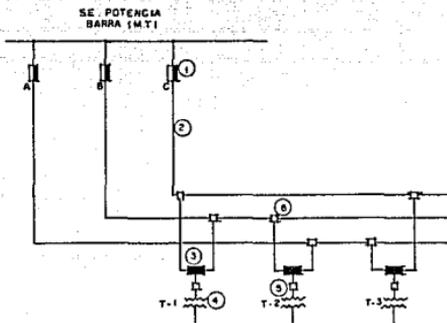
6.- Caja

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

Radial con Derivaciones Múltiples

Esta estructura está 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 están 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.



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA
- 4) TRANSFERENCIA
- 5) CÁBINE
- 6) CAJA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

IME TESIS PROFESIONAL

TÍTULO: RADIAL CON DERIVACION
MÚLTIPLE

HTMJ VMJ FIGURA NO 13

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 lo 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
- 3.- Interruptor de Transferencia
- 4.- Transformador
- 5.- Gabinete
- 6.- Caja

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación doble.

Imbricado con Derivación 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.

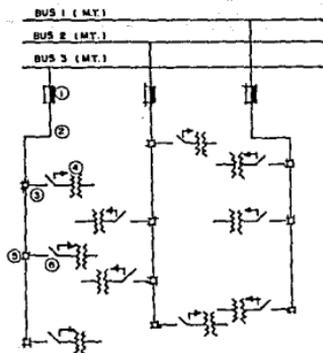
Existen dos tipos de estructura imbricada derivación simple que son con amarres y sin amarres.

La estructura sin amarres se muestra 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 cables utilizadós 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 los troncales.

S. E. POTENCIA



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) CABLE NORMAL
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) DESCONECTOR
- 6) CAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

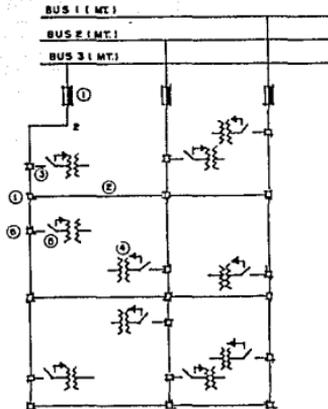
TITULO: RADIAL IMBRICADO DERIVACION
SIMPLE (SIN AMARRÉS)

HTMJ

V MJ

FIGURA NO. 14

S.E. POTENCIA



- 1) INTERRUPTOR
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) CABLE DE AMARRE
- 3) CABLE RAMAL
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) DESCONECTOR
- 6) CAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

TESIS PROFESIONAL

TITULO: RADIAL IMBRICADO DERIVACION
SIMPLE (CON AMARRES)

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 15

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 falla, aislarla y reponer por medio de los cables de amarre al 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 repetidas. El equipo utilizado en las redes radiales imbricando derivación simple es el siguiente:

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

Ver equipo utilizado en las redes radiales con derivación simple.

Radial en anillo abierto

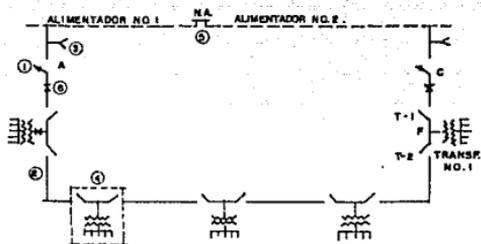
Este tipo de estructura tiene alimentación por medio de dos o más puntos desde la línea aérea o subterránea, dependiendo de la magnitud e importancia de la carga.

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 el 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.

La alimentación al anillo se hace a través de una bajada de poste ó 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.



- 1) CORVA CIRCUITO FUSIBLE
- 2) CABLE TRONCAL
- 3) A PARTARRAYOS
- 4) TRANSFORMADOR
- 5) CUCHILLA DE NAVAJA
- 6) MFA

----- LINEA AEREA
 _____ CABLE SUBTERRANEO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
 DE MEXICO

IME TESIS PROFESIONAL

TITULO: RADIAL EN ANILLO ABIERTO

HT MJ VMJ FIGURA NO 10

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 junto 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 del cortacircuito fusible A.

Lo primero que se debe hacer es aislar la falla abriendo los interruptores T1 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-5Sm, 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 equipol utilizado en las redes radiales con derivación simple

3.- Apartarrayos

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 69 Hz.

4.- Transformador

Los transformadores utilizados pueden ser del tipo pozo ó pedestal y ambos tienen las siguientes características: Trifásico con primario en delta 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 2,500 volts, 60 amperes. Se puede colocar en posición vertical, inclinada ó en posición horizontal invertida. Permite en líneas aéreas de 23,000,V 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 crucetas, soportes, etc.

Radial con alimentadores selectivos

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

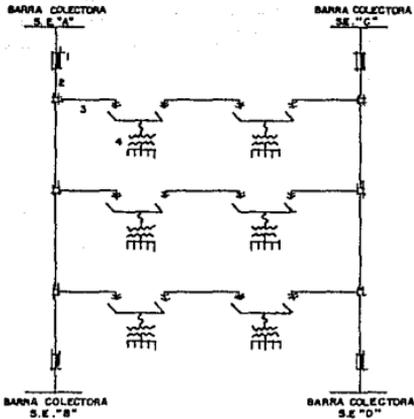
Consta también de ramales que están conectados a ambos alimentadores enlazándolos, siguiendo el tipo de doble alimentación y de los cuales salen derivaciones a las cargas que se van a alimentar.

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 para totalmente a otro u otros.



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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
IME	TESIS PROFESIONAL
TITULO: RADIAL CON ALIMENTADORES SELECTIVOS	
HTMJ	VNJ
FIGURA NO. 17	

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

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.

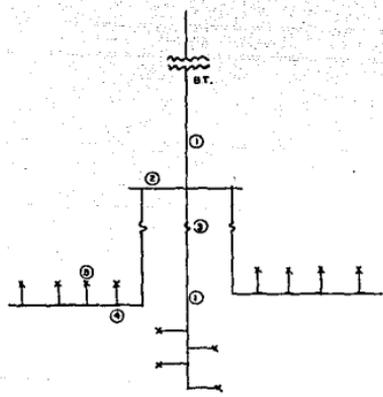
Redes en B.T. radiales con y sin puntos de conexión

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.

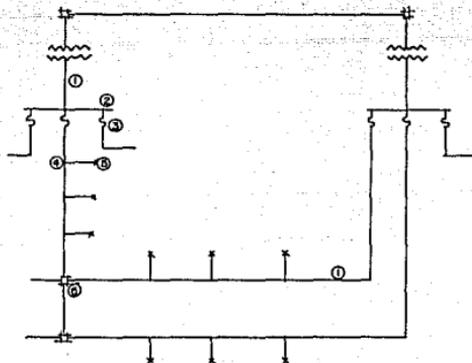
Esta estructura se constituye por cable de sección adecuada que siguen diferentes direcciones, pudiendo tener elementos de seccionamiento que permiten darle flexibilidad a la red para efectuar transferencia de carga. Los elementos de seccionamiento funcionan normalmente abiertos.

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



11 CABLE
 21 BUS
 31 FUSIBLE
 41 MUFA
 51 ACOMETIDA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I M E	TESIS PROFESIONAL
TITULO: RED EN BT DE CIRCUITO RADIAL SIN PUNTOS DE CONEXION	
HTMJ	VMJ FIGURA NO. 18



1) CABLE
 2) BUS
 3) FUSIBLE
 4) MUFRA
 5) DIACOMETIDA
 6) CAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: REP EN BT DE CIRCUITO
RADIAL EN PUNTOS DE CONEXION

HTMJ

VMJ

FIGURA NO 19

En caso de que 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, existir una interrupción en todos sus servicios hasta que se localice la falla y se aisle. 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.

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 dieciseis 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 dieciseis vías, 6.3 X 152 X 750 mm.

Tiene separadores de fibra de vidrio de 12.7 X 38 X 266 mm. y un soporte de solera de hierro 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.

3) 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 cables BTC 1 X 150 de troncales o acometidas 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.

4) Fusibles

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

Los fusibles de 200 amperes utilizan zinc bidestilado 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.

5) Mufa

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

Las secciones y el tipo de canales que se empalman son el BPT 3 X 5, BPT 3 X 70, BPT 3 X 150.

6) Acometida

7) Caja

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

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

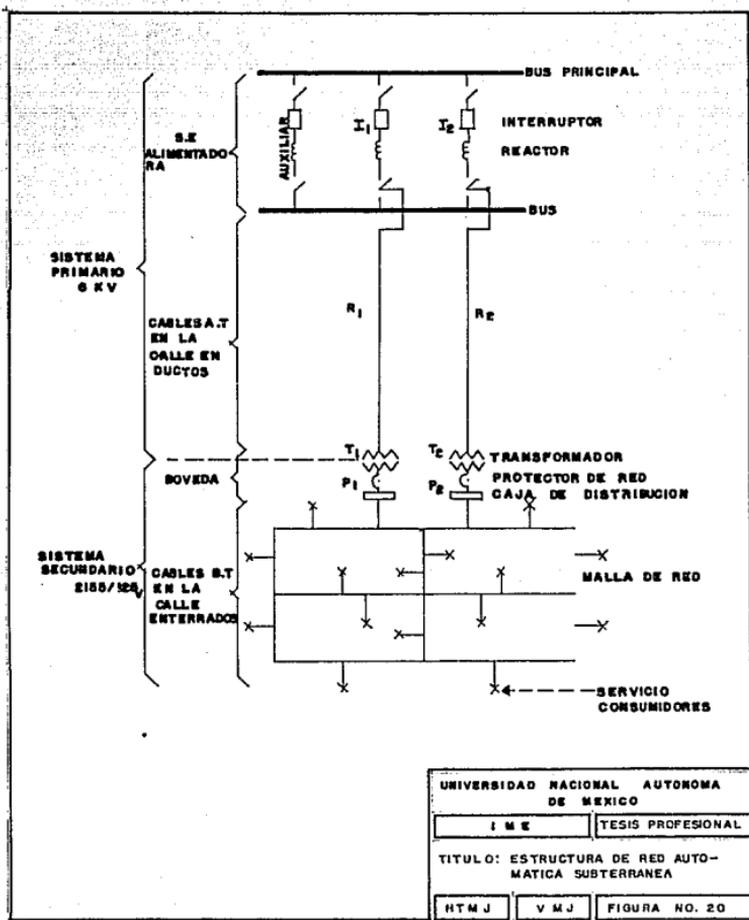
Estructura de Red automática subterránea

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. 20A.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ESTRUCTURA DE RED AUTOMATICA SUBTERRANEA

HTMJ

V MJ

FIGURA NO. 20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

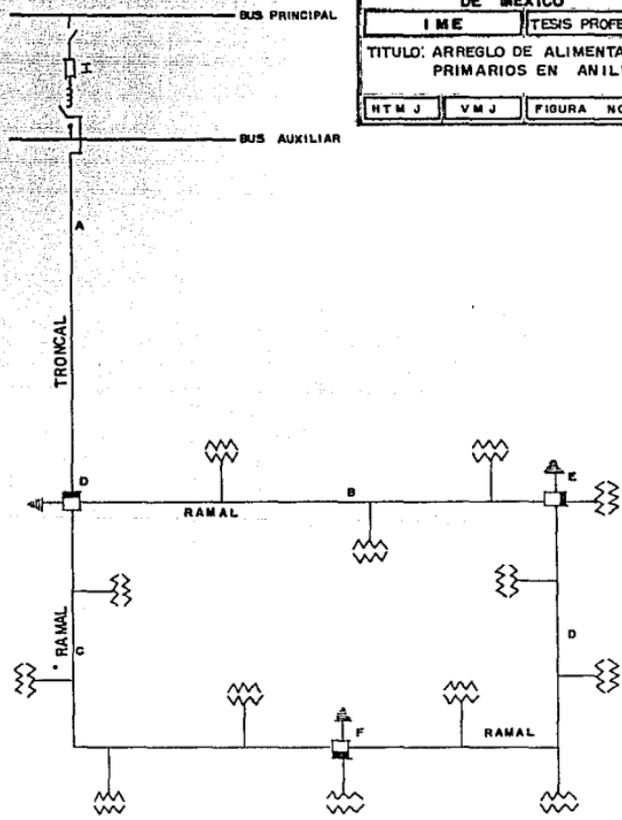
TESIS PROFESIONAL

TITULO: ARREGLO DE ALIMENTADORES
PRIMARIOS EN ANILLO.

HTM J

VM J

FIGURA NO. 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 en E, se abriría la palanca y se conectaría el ramal B a tierra, dejando en servicio el resto del alimentador de la 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.

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 y en los pozos de visita adyacentes se elaboran las trifucaciones (empalme de 3 cables monofásicos con un cable trifásico). Este

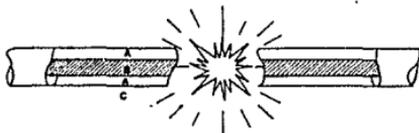
cable trifásico directamente enterrado hasta llegar a los buses o cajas de 6 vías de las demás subestaciones formando una sólida red interconectada en baja tensión. Los servicios se conectan en derivación simple en los cables trifásicos.

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 entre 2 servicios en el servicio del cliente no se entenderá, 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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

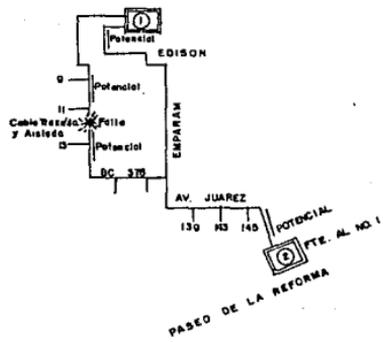
TESIS PROFESIONAL

TITULO: ELIMINACION DE FALLA POR
AUTO EXTINCION

HTMJ

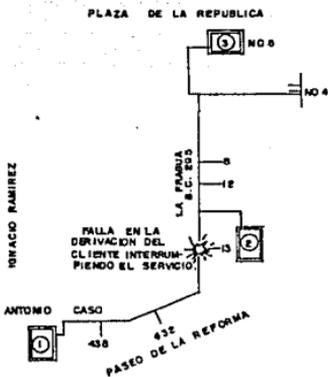
VMJ

FIGURA NO.21



- SIMBOLOGIA**
- 1- SUBESTACIONES
 - 2- TIPO BOVEDA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
IME	TESIS PROFESIONAL
TITULO: FALLA ENTRE DOS SERVICIOS EN S.T	
NTMJ	FIGURA NO. 22



SIMBOLOGIA
 1 Y 2 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA
 3 SUBESTACION TIPO INTERIOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
IME	TESIS PROFESIONAL
TITULO: FALLA EN LA DERIVACION DEL SERVICIO EN B.T.	
HTMJ	VMJ FIGURA NO. 23

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO **DE UNA RED AUTOMATICA**

La figura No. 24 muestra el arreglo de una red automática, en el que podremos 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, crea uno de los cuales alimenta un determinado número de transformadores de distribución.

Estos sistemas es necesario dotarlos de una protección contra 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 requiera dar mantenimiento.

Componentes principales de un protector de red.

- 1.- Interruptor
- 2.- Mecanismo operador 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 200 amperes para instalarse en subestaciones tipo interior y en 500, 800, 1200, 1600 y 200 amperes en tipo sumergible.

La caja para el modelo sumergible está construída con lámina de acero soldada, tiene bisagras, en cualquiera de los lados y se fija el 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 pueda asegurar con candado en las posiciones de abierto o neutro.

El interruptor de construcción simple, contactos de placas de plata y rompecabezas 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

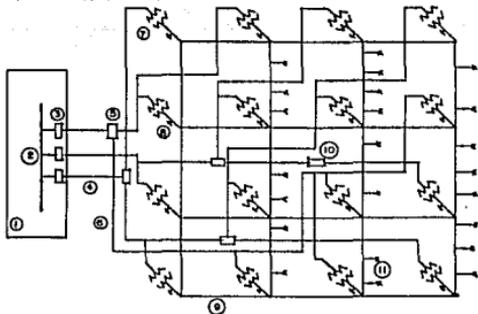
- 1.- Al ocurrir un corto circuito en un alimentador primario, provocará que todos los protectores de ese alimentador se abran por energía inversa, considerando que la potencia total en las tres fases del alimentador es en dirección inversa.
- 2.- Al reparar un alimentador primario correctamente, los 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 debe ser ligeramente mayor y debe estar en relación de fases con el de la red, en caso contrario los protectores no cerrarán.

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, 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)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I B E

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ARREGLO DE RED AUTOMATICA
EN D.T.

H T M J

V M J

FIGURA NO. 24

CAPITULO III

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

III.1 SU OBJETIVO Y SU ORGANIZACION

El mantenimiento preventivo comprende una diversidad de actividades que deben ejecutarse periódicamente en el sistema de distribución subterránea, como se habla mencionado anteriormente, para lo cual es necesario establecer un programa, así como un estricto control, cuya finalidad es conservar en las mejores condiciones de funcionamiento y seguridad de los equipos, cables e instalaciones del sistema.

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

Un Ingeniero de turno (jefe del grupo).- Coordina, supervisa, desarrolla y aplica métodos y programas de trabajo, administra y es el responsable del mismo.

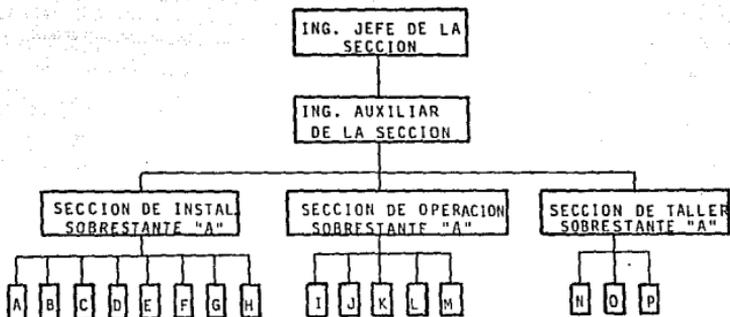
Un Ingeniero Auxiliar.- Coopera en el desarrollo de las funciones con el ingeniero jefe del grupo, coordina, supervisa y lleva un control de las actividades y avances del programa.

Un Sobrestante.- Para cada sección (instalación, taller y operación), es el enlace entre el ingeniero y los trabajadores de las cuadrillas; controlan, supervisan y dan las órdenes de trabajo al personal, colaboran técnica y administrativamente con el ingeniero de turno.

Cuadrillas de Trabajadores.- Son los encargados de ejecutar los trabajos inherentes a cada una de las secciones, colaboran con el ingeniero dando sugerencias y observaciones para mejorar el programa de trabajo y por consecuencia para obtener un mayor índice de seguridad para el personal que tiene acceso al sistema de distribución subterránea.

En la figura A. podemos ver el organigrama del grupo de Mantenimiento Preventivo.

FIG. "A"



DONDE:

A : CUADRILLA DE BODEGA.

BCDE: CUADRILLAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LEVANTAMIENTO;
REVISION GENERAL EN LA RUTA DE LOS CABLES DE ALTA TENSION
EN LOS POZOS DE VISITA Y CAMBIOS DE CAJAS DE 6 VIAS POR -
BUSES CS 6-800.

FGH : CUADRILLAS DE EMERGENCIA

IJ : CUADRILLAS DE PLANTA DE EMERGENCIA

K : CUADRILLA DE ASEO DE BOVEDAS Y SUBESTACIONES

LM : CUADRILLAS DE OPERACION DE EQUIPO ELECTRICO

NOP : CUADRILLAS DE EMERGENCIA

III.2 SISTEMAS Y EQUIPOS ATENDIDOS POR EL DEPARTAMENTO

El sistema de distribución subterránea atendido por Mantenimiento Preventivo del Departamento de Cables Subterráneos correspondientes al Sector Norte, comprende lo siguiente:

- | | | |
|--|---|--|
| 1.- RED AUTOMATICA
NONOALCO DE 6 KV | } | <ul style="list-style-type: none">38 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA23 SUBESTACIONES TIPO INTERIOR60 CAJAS DE 6 VIAS86 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION86 PROTECTORES DE RED6 CABLES ALIMENTADORES DE ALTA TENSION238 CABLES DE BAJA TENSION14 INTERRUPTORES DE 3 VIAS ALTA TENSION33,700 KVA INSTALADOS |
| 2.- RED AUTOMATICA
NONOALCO DE 6 KV | } | <ul style="list-style-type: none">30 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA17 SUBESTACIONES TIPO INTERIOR38 CAJAS DE 6 VIAS73 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION73 PROTECTORES DE RED6 CABLES ALIMENTADORES DE ALTA TENSION226 CABLES DE BAJA TENSION6 INTERRUPTORES (4 DE TRES VIAS Y 2 DE VIAS) DE ALTA TENSION27,900 KVA INSTALADOS |

**3.- SISTEMA RADIAL DE
6 KV QUE SALE DE LA
SUBESTACION
NONOALCO**

58 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA
11 SUBESTACIONES TIPO INTERIOR
2 SUBESTACIONES TIPO KIOSCO
2 ALIMENTACIONES PORTATRANSFOR-
MADOR EN POSTE
62 CAJAS DE 6 VIAS
74 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
74 JUEGOS DE PORTAFUSIBLES
9 CABLES ALIMENTADORES DE ALTA
TENSION
276 CABLES DE BAJA TENSION
21.500 KVA INSTALADOS

**4.- FRACCIONAMIENTO
Y UNIDADES
HABITACIONALES**

65 SUBESTACIONES TIPO BOVEDA
2 SUBESTACIONES TIPO INTERIOR
110 SUBESTACIONES TIPO DRS
65 SUBESTACIONES TIPO CASETA
182 SUBESTACIONES TIPO FRAC.
424 TRANSFORMADORES
10,18 CABLES ALIMENTADORES DE
ALTA TENSION
2,180 CABLES DE BAJA TENSION
64,633 KVA INSTALADOS

**5.- CAJAS DE
DISTRIBUCION**

510 CS 4-500 (X)
90 CS-P 4-400 (Z)

6.- INTERRUPTORES

96 DE LOS TIPOS: CSF - 200 600, RAL,
GRAL. RA 40, TRANSFERENCIA

**7.- SUBESTACIONES DE
ENLACE**

23 CON ALIMENTADORES DE 6 Y 23 KV

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

OBRA CIVIL

DUCTOS.- Sirven para alojar los cables de alta tensión y en cruceros para los cables de baja tensión. Los más utilizados son: de asbesto, cemento o concreto, sus características son:

- 1.- Pared interior suave sin rugosidades que podrían dañar la cubierta del cable al instalarlo.
- 2.- Impermeable al agua.
- 3.- Inerte a la acción química y a la electrólisis

POZOS DE VISITA

Son registros donde concurren las vías de ductos, alojan los conductores y permiten el acceso al personal que elabora las uniones o empalmes. Son de gran utilidad para efectuar cambios de dirección, libramientos de obstáculos (tuberías de agua, redes telefónicas, etc.) razón por la que se localizan en forma irregular.

Su construcción es de concreto ligero y malla soldada. Generalmente se colocan en las banquetas y en casos muy especiales se instalan en el arroyo, en donde es reforzada su construcción a la entrada para colocar la manguera

de la bomba en caso necesario de desaguarse. Cuenta con tapa de fierro colado.

SUBESTACIONES TIPO BOVEDA.- Son construcciones subterráneas que sirven para alojar el equipo eléctrico de distribución tipo sumergible.

Su forma es rectangular su construcción es de concreto cuenta con rejilla de ventilación y entrada está prevista de reposadera.

SUBESTACION TIPO CASETA.- Estas se utilizan en fraccionamientos y unidades habitacionales, es un cuarto de mampostería de acuerdo al anteproyecto de Compañía de Luz.

INSTALACION ELECTRICA.

CABLES DE ALTA TENSION.- Los troncales están constituidos por cables trifásicos de 250 mm² de sección formados por tres conductores de cobre recocido, sección sectoral aislamiento de papel arrollado en forma helicoidal, el conjunto impregnado por un compuesto de alta calidad dieléctrico tiene una cubierta de plomo que sirve como protección contra golpes mecánicos, para evitar la humedad y la posibilidad de fuga del compuesto dieléctrico, además tiene un recubrimiento termoplástico de cloruro de polivinil para evitar la acción corrosiva.

Existen también estos cables de 70 mm² y 50 mm² de sección, según las necesidades del servicio para ramales o derivaciones. Se instalan en ductos.

CABLES DE BAJA TENSION.- Los troncales son cables BPA 3 X 150 mm² de sección formado por tres conductores de cobre, sección sectoral, aislamiento de papel impregnado, tiene una cubierta de plomo y un colchón de yute protegido con fleje de acero, los ramales y acometidas son de 3 X 70 y 3 X 35 mm² de sección de las mismas características. Se coloca directamente enterrado.

Actualmente se utilizan también cables de tipo seco como es el BTC de sección 1 X 15, 1 X 35, 1 X 70, 1 X 150, 1 X 250. y 1 X 400 mm².

Se instalan en bóvedas o pozos. Por condiciones de seguridad se opera sin potencial.

Para acometidas el 1 X 15 y el 1 X 35 mm²; para ramales se usa el 1 X 70 mm² y el 1 X 150 mm² para troncales; se instalan directamente enterrados.

ACCESORIOS Y EQUIPO

SUBESTACIONES

En el sistema de cables subterráneos son empleados los siguientes tipos de subestaciones (además de las anteriormente descritas, bóveda y caseta).

TIPO INTERIOR.- Estos son locales en el mismo edificio y que se solicitan al cliente cuando tiene altas concentraciones de carga, para alojar el equipo de distribución, debiendo ajustarse a las especificaciones del anteproyecto proporcionado por la Compañía de Luz.

SUBESTACIONES TIPO FRAC.- Son empleadas en fraccionamientos y unidades habitacionales. Consisten en gabinetes metálicos modulares. Se colocan a la intemperie.

SUBESTACIONES DRS.- Son utilizadas en fraccionamientos; es el equipo de distribución más compacto, ya que se encuentra integrado en un solo gabinete de dimensiones bastante reducidas, el transformador, seccionadores, bus de baja tensión, son de tipo pedestal y tipo sumergible.

INTERRUPTORES DE ALTA TENSION.- Los más utilizados son de 2 y 3 vías, se emplean para abrir o cerrar los circuitos trifásicos y como medio de seccionamiento.

Se instalan en bóvedas o pozos. Por condiciones de seguridad se operan sin potencial.

PORTA FUSIBLES.- (Con elemento fusible). Conectado de cada fase del transformador en el circuito primario al bus de alta tensión, protege contra sobrecorriente al transformador o servicios, así como medio de seccionamiento son de tipo sumergible.

CAJA DE 6 VIAS.- Es fundamentalmente un bus trifásico de cobre electrolítico, consta de una caja de fierro metalizado de zinc o cadmio, una placa aislante de fijación, separadores aislantes de eboni asbesto y como medio de conexión se utilizan fusibles de lámina de cobre o placas. Su función se distribuir la carga por baja tensión del transformador a los cables troncales secundarios. Este equipo es de tipo sumergible.

Por considerarse con mínimas condiciones de seguridad al operarse, las cajas de 6 vías actualmente se están sustituyendo con buses cubiertos CS 6-800.

BUSES CUBIERTOS MONOFASICOS CS 6-800.- Sustituyen a las cajas de distribución de 6 vías. Permite interconectar cuatro circuitos de tres cables de BTC 1 X 150 mm² de troncales o acometidas con 2 circuitos de 3 cables BTC hasta de 1 X 1400 mm² al transformador.

Se fijan al muro de la bóveda por medio de soportes; en las derivaciones se conectan por medio de zapatas los cables al bus por conducto de un fusible de cartucho, protegiéndose la parte viva con capuchones de neopreno.

Para acometidas el 1 X 15 y el 1 X 35 mm²; el 1 X 70 mm² para ramales y el 1 X 150 mm² para troncales. Se instala directamente enterrado.

Los cables BTC 1 X 150, 1 X 250 y 1 X 400 mm² se utilizan para interconexión de equipos en subestaciones.

TRANSFORMADORES.- Transforman la energía de un voltaje primario a un voltaje secundario (23,000 a 220/127 volts, 6,000 a 216.5/125 volts).

Son transformadores trifásicos los más utilizados, distinguiéndose los dos tipos siguientes:

- 1.- Para instalarse en bóveda el tipo sumergible, enfriado por aceite, es el que más se instala por su bajo costo, siendo el principal inconveniente que este líquido es inflamable. Están dotados de tubos de enfriamiento en los costados del tanque.
- 2.- Para instalarse en subestación tipo interior o caseta enfriado con askarel o inerteen. Los transformadores son de las mismas características, con la ventaja de que el medio aislante no es

inflamable, con el inconveniente de que éste es de un manejo extremadamente delicado y últimamente se está eliminando su uso.

La conexión de los transformadores es delta estrella, con un defasamiento de 30° de la tensión secundaria respecto de la primaria.

Las capacidades más usuales son: 200, 400, 500 y 750 KVA.

CAJAS DE SECCIONAMIENTO

- 1.- TIPO DE BANQUETA CS 4-500.-** Se coloca horizontalmente en registro precolado bajo, banqueta y quedando cerrada o accesible con marco y tapa de fierro colado.

Permite interconectar hasta 4 cables BPA 3 X 300 mm² sección o menores y efectuar varias combinaciones para cambiar la trayectoria del potencial en los cables de acuerdo a nuestra necesidades.

- 2.- TIPO PEDESTAL CS 4-400.-** Es básicamente un bus que permite interconectar hasta 4 cables BPA 3 X 150 mm² de sección o menores, tiene una base de concreto sobre la cual se colocan los soportes y los herrajes del bus, tiene una cubierta metálica que protege el interior contra la humedad, lluvia, golpes mecánicos, etc.

I I I.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El procedimiento para auxiliarnos en la elaboración del Programa de Mantenimiento Preventivo, es el "Método del Camino Crítico".

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

Sus principales ventajas son:

- 1.- Permite planear y programar efectivamente los recursos disponibles.
- 2.- Facilita la simulación de caminos o alternativas de acción visualizando las ventajas y desventajas de las alternativas disponibles para alcanzar el objetivo deseado.
- 3.- Es un auxiliar en el entrenamiento del personal al ilustrar la importancia individual de cada actividad y la interdependencia en la ejecución de las distintas tareas.

- 4.- En cuanto progresa la realización del proyecto es una guía para el refinamiento del proyecto, haciendo posible una evaluación objetiva de la conveniencia de dichos refinamientos.
- 5.- Permite reducir al mínimo los efectos de circunstancias desfavorables o adversas para la realización del proyecto que alteran la programación y el costo del proyecto, ayudando a seguir un procedimiento racional para la óptima solución de los problemas que se presentan.

Este método consta de dos ciclos:

- 1.- Planeación y Programación.
- 2.- Ejecución y Control.

El primero está constituido por las siguientes etapas:

- 1.- Definición del Proyecto
- 2.- Lista de actividades
- 3.- Matriz de Secuencias
- 4.- Matriz de Tiempos
- 5.- Red de Actividades

El segundo ciclo se compone de las siguientes etapas:

- 1.- Aprobación del Proyecto
- 2.- Ordenes de Trabajo
- 3.- Gráficas de Control
- 4.- Reportes y Análisis de Avances
- 5.- Toma de Decisiones y Ajustes

III.4 DEFINICION DE PROYECTO

El proyecto consiste en elevar un programa que permita efectuar un Mantenimiento Preventivo a la totalidad del equipo y componentes del sistema de distribución eléctrica subterránea en el área correspondiente al Sector Norte el Departamento de Cables Subterráneos.

III.4.1 LISTA DE ACTIVIDADES

- 1.- Aseo de bóvedas y subestaciones.
- 2.- Revisión general de equipo y elaboración de diagramas.
- 3.- Prueba de continuidad en los cables de baja tensión en redes automáticas.
- 4.- Muestreo y rigidez dieléctrica.

5.- Hermeticidad.

6.- Cambio de cajas o vías por buses cubiertos CS 6-800.

7.- Pintura y nomenclatura.

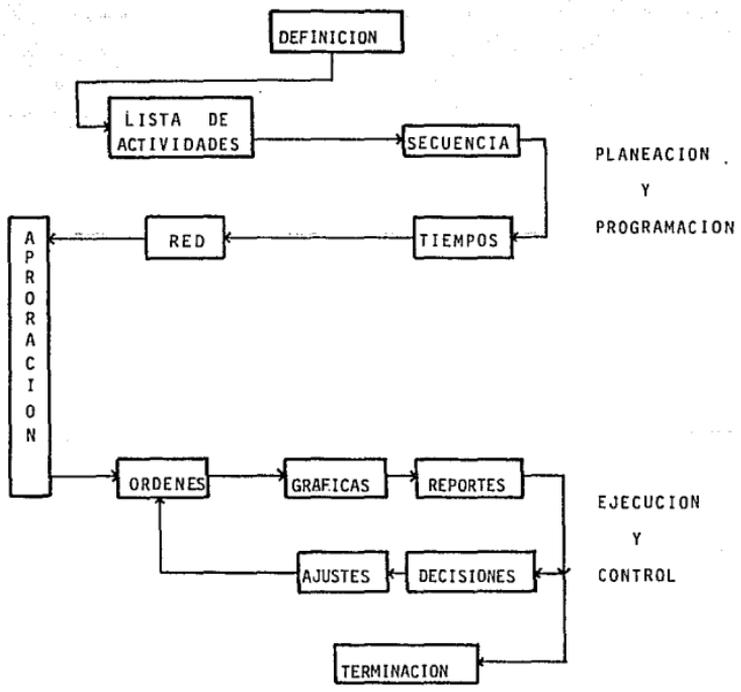
8.- Levantamiento, revisión general en la ruta de los cables de alta tensión en los pozos de visita de las redes automáticas, radiales y subestaciones de enlace.

9.- Levantamiento y mantenimiento general a las cajas de 4 vías CS 4-500 (X) y P 4-400 (Z).

10.- Corrección de anomalías. Cuadrillas de la Sección Taller.

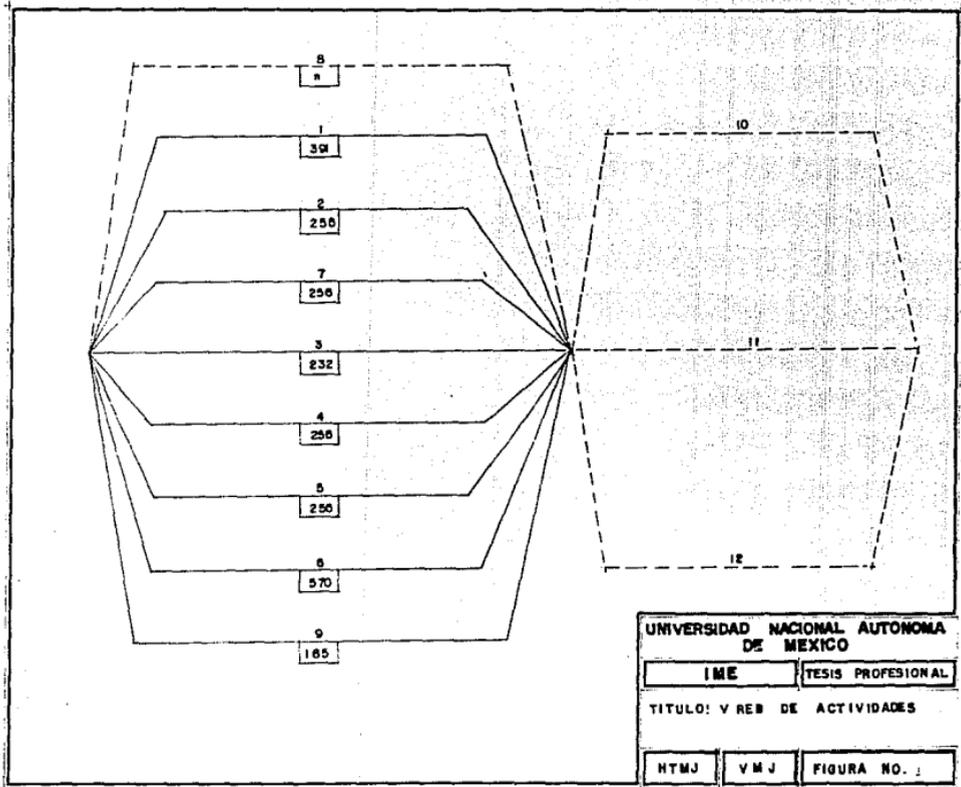
11.- Corrección de anomalías. Cuadrillas de la Sección Instalación.

12.- Corrección de anomalías. Cuadrillas de la Sección Operación.

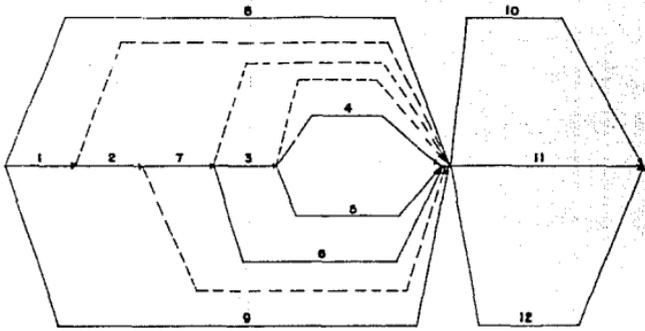


**11.1.4.3 MATRIZ DE TIEMPOS (SECUENCIA DE ACTIVIDADES)
DURACIONES EN DIAS DE LAS ACTIVIDADES
DEL PROYECTO.**

1.- Aseo de Bóvedas y Subestaciones	391
2.- Revisión general de equipo, elaboración de diagramas	256
3.- Prueba de continuidad en los cables de baja tensión en	232
4.- Muestreo y rigidez dieléctrica del aceite	256
5.- Herméticas	256
6.- Cambio de cajas de 6 vías por buses CS-6-800	570
7.- Pintura y nomenclatura	256
8.- Levantamiento, revisión general en la ruta de los cables de alta tensión en los pozos de visita de las redes automáticas, radiales y subestaciones de alcance.	n
9.- Levantamiento y mantenimiento general a las cajas de 4 vías CS4-500 (X) y PA-400 (Z)	185



6-



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
I M E	TESIS PROFESIONAL	
TITULO: SECUENCIA DE ACTIVIDADES		
HTMJ	V MJ	FIGURA NO. 6

ACTIVIDAD No. 1

ASEO DE BOVEDAS Y SUBESTACIONES

El aseo de los locales donde se encuentran las instalaciones y equipo subterráneo es el punto inicial para continuar con las demás actividades, ya que dependiendo de que se encuentren estos locales no inundados o desaseados será posible el acceso a éstos para efectuar los trabajos o revisiones programados y las maniobras necesarias en caso de emergencia.

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

La Figura No. III muestra el diagrama de secuencias de aseos en bóvedas y subestaciones.

El aseo se efectúa de acuerdo al instructivo adjunto, en el cual se ilustra un ejemplo de cómo debe de reportar la cuadrilla de aseos cada sitio que se programa.

Utiles necesarios para este trabajo.

- 1.- Bomba para desaguar y remolque.
- 2.- Una cubeta.
- 3.- Una pala.
- 4.- Un rastrillo para limpiar debajo de los transformadores y para juntar todo tipo de papeles u objetos que se encuentren en la bóveda.
- 5.- Petróleo y aceite.
- 6.- Desinfectante.
- 7.- Mascarilla, guantes de cuero y guantes de hule.
- 8.- Desarmador, perno y pinzas.
- 9.- Lámpara de destello.
- 10.- Señalización (bandera roja).
- 11.- Una barreta.

Listado No. 1.

SUB ACTIVIDAD No	SISTEMA SUBTERRANEO LOCALIZADO EN:	SUBESTACIONES TIPO					NOTAS.
		BOVEDA	CAJETA	FRAC.	DR. PED.	INTERIOR	
1	RED AUTOMATICA REFORIA	38					
2	RED AUTOMATICA REFORIA					23	
3	RED AUTOMATICA NONOALCO	30					
4	RED AUTOMATICA NONOALCO					17	
5	RED RADIAL	58					
6	RED RADIAL					11	
7	POZOS CON JUEGO DE PORTAFUSIBLES UNIDAD NONOALCO	30					
8	POZOS CON JUEGO DE PORTAFUSIBLES RED RADIAL	24					
9	POZOS Y BOVEDAS CON INTERRUPTOR DE 6 6 23 KV	96					
10	FRACCIONAMIENTO LAS ALAMEDAS	1					
11	FRACCIONAMIENTO LAS ALAMEDAS				15		
12	FRACCIONAMIENTO ALCANFORÉS			1			
13	FRACCIONAMIENTO LA ALTERA		3				
14	FRACCIONAMIENTO LA ALTERA			7			
15	UNIDAD BOSQUE DE ARAGON	3					
16	UNIDAD BOSQUE DE ARAGON					1	LISTADO No. 1.
17	FRACCIONAMIENTO ARBOLEDAS	5					NOTA: RELACION DEL SISTEMA SUBTERRANEO PARA LOS DIAGRA
18	FRACCIONAMIENTO ATZAYACATL			1			HAS DE LAS ACTIVIDADES.
19	FRACCIONAMIENTO COLONIAL				1		No. 1-2-4-5-7.
20	FRACCIONAMIENTO CUAUTITLAN IZCALLI				53		
21	UNIDAD HABITACIONAL CUAUTITLAN IZCALLI				15		
22	UNIDAD CUITLAHUAC		17				
23	FRACCIONAMIENTO LA ESCALERA		3				
24	UNIDAD LA ESHERALDA			6			
25	FRACCIONAMIENTO FUENTES DEL SOL			2			

SUB ACTIVIDAD No.	SISTEMA SUBTERRANEO LOCALIZADO EN:	SUBESTACIONES TIPO					NOTAS.
		BOVEDA	CAJETA	FRAC.	DRS. PED.	INTERIOR	
26	UNIDAD ISSSTE SN. JUAN DE ARAGON	1					
27	FRACCIONAMIENTO IZCALLI TOTOLTEPEC			3			
28	UNIDAD JUAN DE DIOS BATIZ		4				
29	UNIDAD LINDAVISTA		22				
30	FRACCIONAMIENTO LADERAS DE SN. HATEO	2					
31	FRACCIONAMIENTO LOMAS DE ATIZAPAN	3					
32	FRACCIONAMIENTO LOMAS DE ATIZAPAN				14		
33	FRACCIONAMIENTO LOMAS BOULEVARES			12			
34	FRACCIONAMIENTO LOMAS VERDES			24			
35	UNIDAD NONOALCO	39					
36	UNIDAD NONOALCO					1	
37	UNIDAD VALLEJO PATERA			16			
38	EX RANCHO LA LAGUNA				11		
39	UNIDAD REVOLUCION IMSS.			2			
40	FRACCIONAMIENTO RINCON DE LOS REMEDIOS				1		
41	FRACCIONAMIENTO EL ROSARIO		16				
42	FRACCIONAMIENTO EL ROSARIO			88			
43	UNIDAD CAMINO SN. JUAN DE ARACON			4			
44	CENTRO COMERCIAL SATELITE	11					
45	FRACCIONAMIENTO TEMOLUCO			16			
46							
47							
48							
49							
50							

Los formatos ó instructivos de cada una de las actividades que a continuación se indican fueron elaborados con la participación de los trabajadores con mayor experiencia dentro del Departamento; su finalidad es indicarle al personal la secuencia más apropiada de ejecutar sus labores y algunas observaciones importantes.

En estos instructivos se preguntan una gran cantidad de detalles que tendrán que revisarse y que únicamente con auxilio de éstos se facilitará hacerlo obteniendo una abundancia de datos que nos permita establecer las condiciones en que se encuentran instalaciones y equipos, programando para su corrección las anomalías que se reporten en los instructivos.

COMPANÍA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABLES SUBTERRANEOS SECTOR NORTE

LUGAR GOMEZ FARIAS E INSURGENTES ACEPA NORTE

INSTRUCTIVO PARA ASEAR BOVEDAS C SE's

CON AVISO AL O.C. SR. ESPEJEL HORA 11:30

FORMA DE HACER ASEO

- 1.- Barrer la parte superior de la reja.
- 2.- Limpiar el marco de la rejilla.
- 3.- Poner el candado en un botecito con petróleo con objeto de que se lubrique
- 4.- Desaguar, asear y desinfectar la bóveda.

Nota: Si después de desaguar la bóveda o S.P. observa que de las cajas de 6 vías, protector sale vapor (humo así mismo de algún cable cortado, abombamientos de empalmes, cables con piquetes, algo anormal, suspenda el trabajo y reportelo claramente al O.C. e Ing. en turno.

- 5.- Aceitar y checar apriete de las tuercas y birlos de las tapas en las cajas de 6 vías y protectores.
- 6.- Aceitar los tapones de purga de los interruptores, transformadores y portafusibles.
- 7.- Cerrar el candado de la bóveda.

DATOS COMPLEMENTARIOS

- | | SI | NO |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
| a).- ¿Está en buen estado la rejilla? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b).- ¿Tiene candado? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c).- ¿tiene algún defecto la escalera? ¿Cuál? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ES NECESARIO FIJARLA

- | | | |
|--|--------------------------|-------------------------------------|
| d).- ¿Está completo el sistema de tierras? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| e).- ¿Existen filtraciones? ¿Por dónde? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
- _____

- | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| f).- ¿Tiene reposadera? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g).- ¿ Están mal acomodados los cables? ¿Cuáles? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
- _____
- _____

- h).- ¿Están completas las?

- | | | |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Correderas | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ménsulas | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Porcelanas | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SI NO

i).- ¿Están completas las mangueras?

j).- ¿Están completas las abrazaderas?

k).- ¿Está desprendiéndose de la pared algún equipo ¿Cuál?

l).- ¿Está completa la nomenclatura en el equipo y cables?

m).- ¿Se encuentran gases?

n).- ¿De dónde provienen? _____

ñ).- Indique en forma clara y detallada si gan otro defecto _____

FALTAN 2 TRAMOS DE CABLE DEL SISTEMA

DE TIERRAS "URGENTE" INSTALARLOS

LUGAR CABLES CUETS NORTE ASEO A. MEDINA

FECHA NOVIEMBRE 12 DE 1976 REPORTE No. 1-3

ACTIVIDAD No. 2

REVISION GENERAL DE EQUIPO Y ELABORACION DE DIAGRAMAS

1.- Revisión general de equipo.

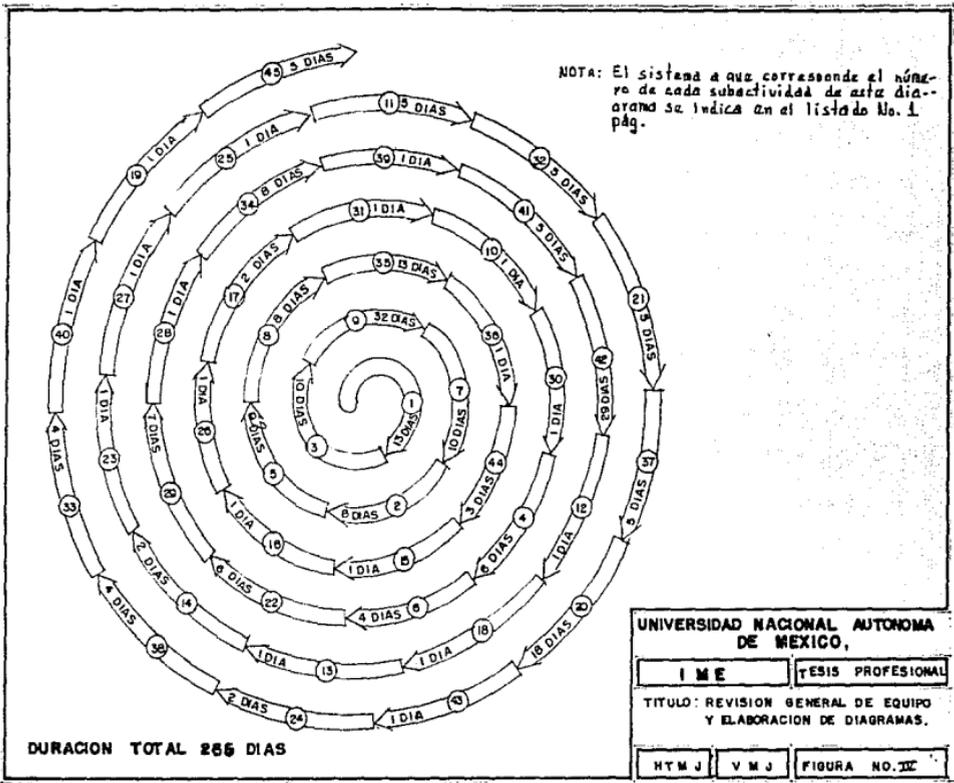
Esta actividad consiste en efectuar una revisión minuciosa de los locales donde se encuentran las instalaciones subterráneas y de los elementos que la integran.

Esto es con el objeto de reportar las anomalías y condiciones inseguras, para que el personal de la sección correspondiente efectúe las correcciones necesarias, previa programación antes de que se convierta en fallas declaradas que ocasionen un daño mayor y contaminen a otros equipos, creando una situación de emergencia que requiere de separaciones mayores y por lo tanto de costo más elevado.

2.- Elaboración de diagramas

La elaboración de los diagramas físicos de cada una de las bóvedas, subestaciones o pozos donde se encuentra alojado equipo eléctrico con el mayor número de datos, es un medio que nos permite auxiliarnos en cuanto requerimos consultar algunas de estas anotaciones sin necesidad de ir al terreno programado, nuestros trabajos con un menor índice de error.

El diagrama No. IV nos muestra el diagrama de secuencias con un ciclo de revisión.



NOTA: El sistema a que corresponde el número de cada subactividad de esta diagrama se indica en el listado No. 1 pág.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO,

IME TESIS PROFESIONAL

TITULO: REVISION GENERAL DE EQUIPO Y ELABORACION DE DIAGRAMAS.

HTM J V M J FIGURA NO. III

COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.A.

**Mantenimiento Preventivo de Cables Subterráneos
Sector Norte**

**BOVEDA DE GUERRERO E HIDALGO N.C.
Revisión de equipo en general**

=====

TRANSFORMADORES

=====

LADO PONIENTE RED No. 23
TRANSFORMADOR MARCA S E M
No. DEL R.T. 1074 KVA 200

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
LOS DEFECTOS ENCONTRADOS

LADO ORIENTE RED No. 23
TRANSFORMADOR MARCA S E M
No. DEL R.T. 11477 KVA 200

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLA
DA LOS DEFECTOS ENCONTRADOS

=====

PROTECTORES

=====

PROTECTOR 166A2192-14-wx No. R-21
MARCA GENERAL ELECTR. TIPO MG 3
AMPERES 800

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
LOS DEFECTOS ENCONTRADOS

PROTECTOR 166A2197-18-wx No. R-23
MARCA GENERAL ELECTR. TIPO MG 3
AMPERES 800

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLA
DA LOS DEFECTOS ENCONTRADOS

ELABORÓ
J. CASTILLO A. CS. NTE

CAJAS DE BAJA TENSION

2 VIAS 4 VIAS 6 VIAS ORIENTE
NAL. EXT. =====

SI NO

- a) ¿Están correctos los empaques en central e las terminales de los BC.s?
- b) ¿Existe escurrimiento de pasta en las terminales?
- c) ¿Esté correcto el aislamiento en las barras de la pizarra?
- d) ¿Es necesario cambiar la pizarra?
- e) ¿Es necesario apriete general a patas?
- f) ¿Es necesario colocar separadores? ¿Cuentas?
- g) ¿Tapó la caja?

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA ALGUN OTRO DEFECTO TIENE
ESCURRIMIENTO DE PASTA EL
BC 199

LE FALTA UN TORNILLO A LA
CAJA

2 VIAS 4 VIAS 6 VIAS PONIENTE
NAL. EXT. =====

SI NO

- a) ¿Están correctos los empaques en general en las terminales de los BC.s?
- b) ¿Existe escurrimiento de pasta de en las terminales?
- c) ¿Está correcto el aislamiento en las barras de la pizarra?
- d) ¿Es necesario cambiar la pizarra?
- e) ¿Es necesario apriete general a patas?
- f) ¿Es necesario colocar separadores? ¿Cuentas?
- g) ¿Tapó la caja?

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA ALGUN OTRO DEFECTO LE FALTA UN TORNILLO A
LA CAJA

AUXILIÁNDOSE DE LOS DIBUJOS ADJUNTOS, EN TODA LA BOVEDA INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA ALGUN OTRO DESPERFECTO. EJEMPLO: FALTA DE TIERRAS, NOMENCLATURA, FILTRACIONES, ACOMODO DE CABLES, ESCALERA, REJILLA, CANDADO, ETC. ETC.

LUGAR HIDALGO Y GUERRERO N.º PROBADOR F. MORA

FECHA 21 OCTUBRE De 1978 REPORTE No. 1-F

ELABORÓ
 J. CASTILLO A. C1. NTE.

COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A., DEPTO. DE CABLES SUBTERRANEOS
MANTENIMIENTO DE CAJAS DE SEIS VIAS

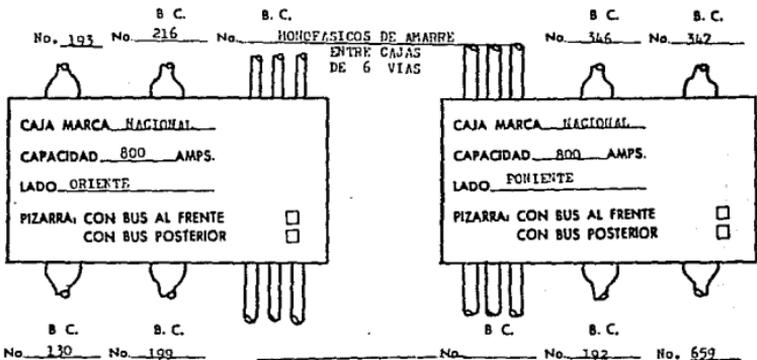
BOVEDA DE GUERRERO E HIDALGO No. 1-H

Indique con una flecha los monofásicos que corresponden a:

MONOFASICOS DE AMARRE

MONOFASICOS DEL R. T.

MONOFASICOS DEL PROTECTOR



INDIQUE LOS NUMEROS DE LOS B.C. EN LOS DIAGRAMAS SI EXISTEN MAS CAJAS DIBUJELAS EN LA PARTE POSTERIOR DE LA HOJA.

MUFAS QUE ESCURREN PASTA _____

INDIQUE CON UNA "X"

SE CAMBIO PIZARRA

SE REPARA(N) LA(S) MISMA(S) PIZARRA(S)

NOMBRE DEL TRABAJADOR A. DE LA O.

TRABAJO EJECUTADO,

CAJA LADO

CAJA LADO

CAJA LADO

CAJA LADO

FIRMA _____

FECHA 15-X-78

SECTOR NORTE

COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABLES SUBTERRANEOS SECTOR NORTE.
REVISION GRAL. A INTERRUPTORES, CAJAS 23-3 Y 4-500 Y PORTAFUSIBLES.

=====

CON AVISO AL OPERADOR SR. SANCHEZ HORA 10:30

MARCA C.V. TIPO GRAL. - M AMPS 400 KVOLTS 7.5

VISTA EN FRENTE:

INTERRUPTOR CABLE CABLE CABLE CABLE
CAJA IZQUIERDO 21.1 CENTRO 21.1 CENTRO _____ DERECHO 21-3

PORTAFUSIBLE

CORRECTO

SI

DE RELLENO
CON ACEITE

CANTIDAD REPUESTA
APROXIMADAMENTE:

INCORRECTO

NO

_____ LT.

OBSERVACIONES:

DATOS COMPLEMENTARIOS

I.- EN EL TANQUE

- | | SI | NO |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| a) ¿Está conectado a tierra el tanque? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) ¿Está caliente el tanque? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| c) ¿Es necesario rasparlo y repintarlo exteriormente? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d) ¿Están indicados los números de los cables sobre el tanque? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) ¿Tiene válvula para muestreo del acelle? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f) ¿Están completos los tornillos de la tapa? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g) ¿Están en buen estado dichos tornillos? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h) ¿Hay alguna fuga visible de aceite? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| i) ¿Están completos los pasadores de las palancas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| j) ¿Están bien aseguradas las palancas del interruptor? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| k) ¿Quedó puesto el tapón mucho después de obtener la muestra? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| l) ¿Tiene soportes la caja? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| m) ¿Tiene número la caja? ¿Cuál es? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| n) ¿Indique en forma clara y detallada algún otro defecto: _____ | | |
| _____ | | |
| _____ | | |

=====

II.- EN LAS TERMINALES (MUFAS)

- | | SI | NO |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| a) ¿Presentan grietas las soldaduras de los cables?
¿Cuál? _____ | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b) ¿Están numerados con placas los cables?
Anótelos. <u>21-4 21-1 21-3</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) ¿Están conectados a tierra los cables? _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SI NO

- d) ¿Tiene fuga de aceite los cables?
¿Cuál? _____
- e) Indique en forma clara y detallada otro defecto

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

=====

III.- EN EL POZO DE VISTA

SI NO

- a) ¿Tiene escalera el pozo?
- b) ¿Tiene algún defecto la escalera?
¿Cuál? _____
- c) ¿Está completa y en buen estado la tapa del pozo?
- d) ¿Están completas los?
Correderos _____
Ménsulas _____
Porcelanas _____
- e) ¿Es necesario acomodar cables?
¿Cuáles? _____
- f) ¿Existen filtraciones? ¿Por dónde?
- g) ¿Tiene reposadera?
- h) Indique en forma clara y detallada algún otro defecto visible. Ejem: Curvas formadas, empalmes inflados, piquetes en cables, sistema de tierras, etc.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PROBADOR ALDOMARO DE LA O. FIRMA _____

LUGAR A. CASC Y PARIS ORIENTACION S.E. REPORTE No. 1-A

FECHA 11 DE OCTUBRE DE 1978.

INTERRUPTOR DE 23 KV. CAJA DE 23 KV. INTERRUPTOR 6 KV.

ELABORO
J. CASTILLO A. CS NTE.

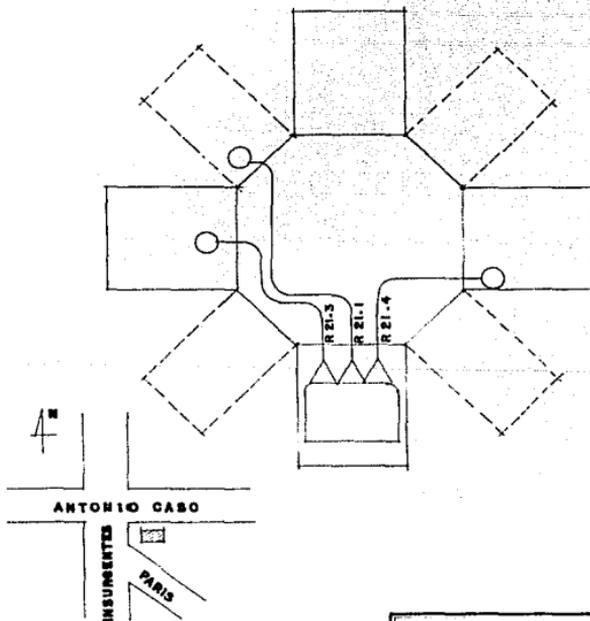
Levantamiento de un Pozo de Visita.

POZO NUMERO 1-A

DIRECCION: ANTONIO CASO Y PARIS S.E.

ALIMENTADOR (ES)

RED 21-4 21-1 21-3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

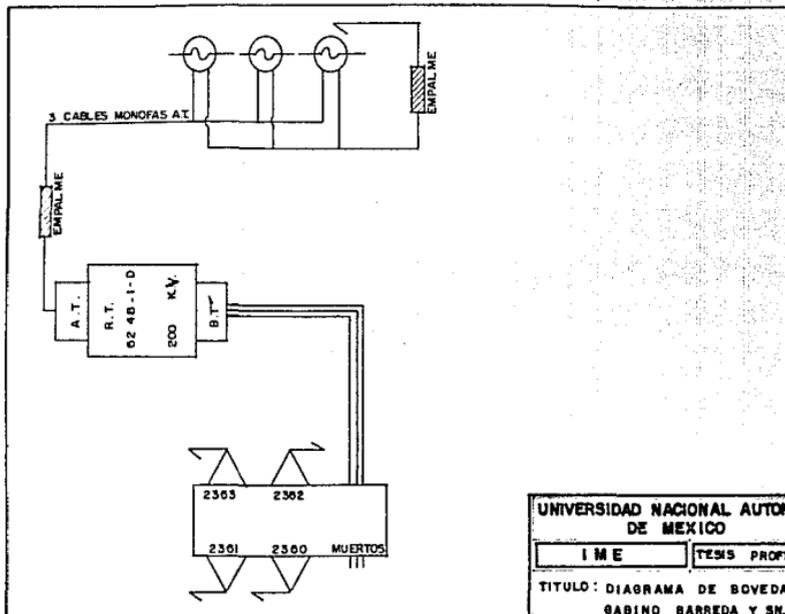
TITULO : LEVANTAMIENTO DE UN POZO
DE VISITA.

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. I

GABINO BARREDA Y SAN COSME S.A.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

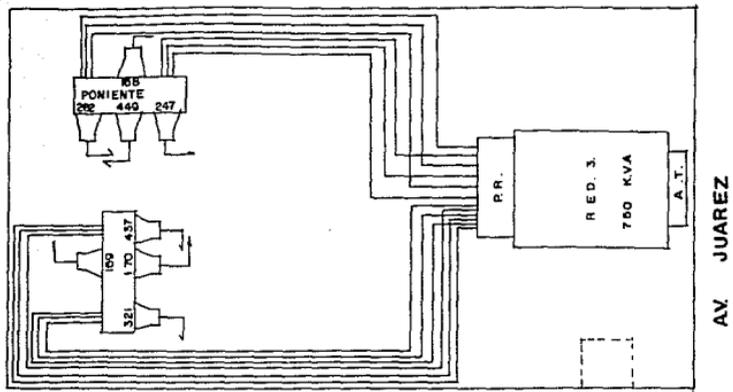
TITULO: DIAGRAMA DE BOVEDA
GABINO BARREDA Y SAN COSME

HTMJ

VNJ

FIGURA NO. VI

DOLORES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: DIAGRAMA DE BOVEDA
DOLORES Y AV. JUAREZ

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. VII

ACTIVIDAD No. 3

PRUEBA DE CONTINUIDAD EN LOS CABLES DE BAJA TENSION (BCs) EN REDES AUTOMATICAS

El objeto principal de estas pruebas es localizar los cables trozados por falla debido a corto circuito y efectuar su reparación para evitar fallas mayores en las instalaciones de las redes automáticas e interrupciones en los servicios, asimismo localizar amarres por colocación equivocada de nomenclatura.

Se elabora un croquis de detalle para cada uno de los BCs. Por ejemplo, el que se muestra en la figura VIII, es el caso de un BCs que tiene tres puntos de contacto, para su prueba se procede de la siguiente manera.

Antes de efectuar la prueba se mandará personal de aseo a desaguar, asear y desinfectar las bóvedas o subestaciones, y se solicitarán los permisos necesarios para tener acceso en buses o subestaciones interiores.

Estas pruebas se efectúan en tercer turno para evitar molestias con las interrupciones y además para desconectar placas en cajas de 6 vías con menor carga.

- 1º.- Se desconecta el BC, según sea el caso, en la bóveda No. 1 y se comprueba el regreso de potencial en sus tres fases, dejándose desconectado en este punto.

2º.- Se desconecta el BC en la bóveda No. 2 y se hace la misma que en el punto No. 1.

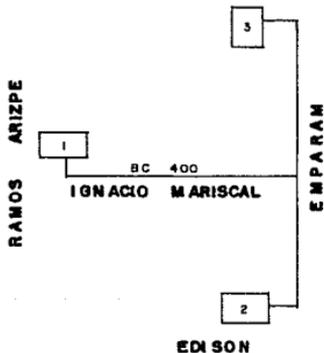
NOTA: Antes de desconectar el último punto de contacto de BC, tomarle la carga y si es mayor de 200 Amperes, desconectar amarre entre cajas de 6 vías o buses, asimismo desconectar BCs que existan en caja donde se desconectará este BC dejándolo conectado, y una vez hecho esto, abrir el protector de red que alimenta dicha caja, en estas condiciones eliminamos el arco que pudiera originarse.

3º.- Se desconecta el BC en la bóveda No. 3 en este punto del BC quedará con ausencia de potencial en sus tres fases, comprobándose también en las bóvedas 1 y 2, de esta forma se confirmará que es mismo BC y que el cable no tiene falla en ninguna de sus tres fases probando correctamente.



PLANO. 6250

PUENTE DE ALVARADO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

IME

TESIS PROFESIONAL

**TITULO: CROQUIS PARA PRUEBA DE
CONTINUIDAD EN CABLE DE B.T.**

NTMJ

VMJ

FIGURA N° 1/1

LOCALIZACION DE CABLES DE BAJA TENSION TROZADOS

Cuando se detecta un cable de baja tensión trozado al efectuar la prueba de continuidad ya sea que la trozadura esté en una, dos o en sus tres fases, es necesario determinar en que tramo se encuentra la falla.

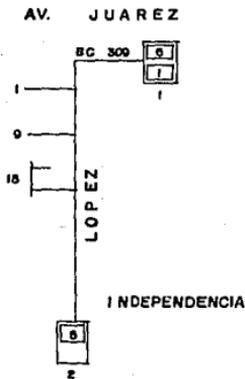
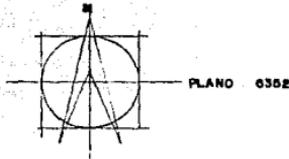
Por ejemplo el BC que se muestra en la figura No. IX, si al abrir el BC en la Bóveda No. 1 pierde su regreso en sus tres fases, quiere decir que dicho BC se encuentra trozado y aislado en algún lugar.

Para localizar y determinar en que tramo se encuentra la trozadura se procede de la siguiente manera:

Se recorre la ruta del cable, desde la bóveda No. 1 hacia la dirección que lleva el cable y se van checando los servicios que alimenta, en el primer servicio (1) se encuentra sin potencial en sus tres fases igualmente en el segundo servicio (9), en cambio en el No. 15 se determina que si hay potencial correcto.

Por tanto la falla se localiza entre las acometidas del No. 9 y el No. 15.

Se reporta la localización aproximada para programarse y reparar la falla; e igualmente si se llegara a encontrar algún error de nomenclatura, informar al ingeniero para su corrección.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME TESIS PROFESIONAL

TITULO: CROQUIS PARA PRUEBA DE
CONTINUIDAD Y LOCALIZACION
DE FALLA EN CABLE DE S.T.

HTMJ VMJ FIGURA NO. IX

Toda modificación al croquis inicial deberá ser vaciada a planos originales y se reportará a la mesa de la Sección Operación para los avisos correspondientes.

Se reportarán condiciones y dirección de cada una de las cajas de 6 vías que sean operadas al efectuar la prueba para su prueba de hermeticidad, en caso de que existan buses CS6-800 el estado de las mangueras y abrazaderas.

NOTA: En cada una de las órdenes se le recordará al personal que al trabajar en cajas de 6 vías conectadas a la red automática.

- 1.- Avise al operador de cables antes de hacer cualquier operación en las cajas.
- 2.- No operar, conectar extensiones, lámparas de pruebas, pinzas de pruebas, etc., si los separadores no se encuentran en su lugar, están rotos o quemados.
- 3.- Usar invariablemente el siguiente equipo de seguridad:

Anteojos contra flammazos, guantes, llaves "T" aisladas.
- 4.- No efectuar reparaciones en el interior de la caja con potencial de regreso.

5.- Cierre siempre la caja al terminar su trabajo.

6.- Avisar al operador de cables las condiciones en que quedó su trabajo.

La figura No. X, muestra el diagrama de secuencias para la ejecución de las pruebas de continuidad en cables de baja tensión en redes automáticas.

ACTIVIDAD No. 4

MUESTREO Y RIGIDEZ DIELECTRICA

El aceite del equipo eléctrico subterráneo que se maneja, debe tener propiedades aislantes. Este aceite es un material higroscópico, es decir, que absorbe fácilmente la humedad del medio ambiente, la cual lo contamina y hace bajar su resistencia dieléctrica, volviéndolo peligroso para la operación del equipo. Razón por la que el aceite debe ser constantemente vigilado y probado, para lo cual se saca periódicamente una muestra del mismo.

Se recomienda efectuar pruebas de rigidez dieléctrica del aceite por lo menos una vez al año o bien a intervalos más cortos dependiendo del número de operaciones del interruptor. Se toma como base por cada 50 operaciones o menor que dicho número, deberá probarse el aceite. Si el resultado de la prueba indica una rigidez de 20 KV o menor deberá programarse de inmediato el cambio de aceite por uno de rigidez dieléctrica de 30 KV, tomando el personal la precaución de avisar al operador de ciudad la baja rigidez en ese equipo y sus solamente se podrá operar el interruptor sin potencial en caso necesario.

Se llevará el programa de Mantenimiento Preventivo de las condiciones dieléctricas del aceite según/ indica el diagrama de secuencias de la figura No. IV.

ACTIVIDAD No. 5

HERMETICIDAD

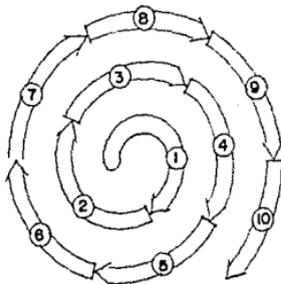
La hermeticidad en los equipos subterráneos (interruptores, transformadores, juegos de portafusibles, protectores, cajas de 6 vías, desconectores, etc.) es un aspecto de gran importancia puesto que estos equipos están expuestos a trabajar sumergidos en agua y por lo tanto habrá que vigilarlo periódicamente, ya que cuando existe una fuga en el aceite se contaminará con el agua disminuyendo su rigidez dieléctrica, creándose condiciones peligrosas al operarse estos equipos.

Estas pruebas se efectúan según indica el diagrama No. XI pero además el personal de operación deberá reportar que se lleve a cabo dicha prueba cada vez que se destape una caja de 6 vías por motivo de pruebas de continuidad en cables de baja tensión de redes automáticas, cambios de fusibles, etc.

El personal que efectúa estas pruebas deberá colocar unas etiquetas en el equipo con los datos de la fecha y firma de quien efectúa la prueba.

NOTA: El muestreo de aceite y la prueba de hermeticidad se efectuará simultáneamente en todo el equipo, excepto en las cajas de 6 vías y protectores, en los que únicamente se hará prueba de hermeticidad.

SUBACTIVIDAD NO.	PLANO NO.
1.-	0352
2.-	0351
3.-	0252
4.-	0251
5.-	0350
6.-	0349
7.-	0440
8.-	0249
9.-	0250
10.-	0251



RED NONOALCO

1 - 2 - 3 - 4

RED REFORMA

5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

TESIS PROFESION

TITULO: PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN
CABLES DE BAJA TENSION
EN REDES

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. X

PRUEBAS DE HERMETICIDAD AL EQUIPO EN UNA BOVEDA

- 1°.- Preparar herramienta, material y equipo de prueba.
 - a) Reducciones bushing de 1" a 3/8" de diámetro, taponés macho de 3/8", tornillos, máquina de 3/8" X 2", 1/2 X 1, 1/2" X 2", roldanas planas y de astrias de 3/8", y 5/8" de diámetro.
 - b) Revisar el equipo de prueba que se encuentre en buen estado, mangueras, válvulas de globo, empaques, manómetros, tanques con nitrógeno.
- 2°.- Avisar al operador de Ciudad informándole el lugar y la orientación de la bóveda.
- 3°.- Retirar la rejilla de la bóveda, colocar protecciones. El Jefe de Cuadrilla bajará una revisión del equipo, si encuentra algo anormal que ponga en peligro al personal, avisará de inmediato al operador de Ciudad y suspenderá la prueba de hermeticidad en ese lugar.
- 4°.- Retirar taponés machos de 3/8" de diámetro del equipo, conectar una manguera en cada uno del equipo existente en la bóveda, se aplica sellador a las reducciones bushing para hacer un cierre hermético.

- 5°.- Se revisa que la llave del regulador se encuentre cerrada, se abre la válvula del tanque y lentamente se va abriendo la válvula del regulador teniendo abierta la válvula de admisión del equipo de prueba, se inyecta nitrógeno a cada una de las mangueras que se encuentran conectadas al equipo a una presión de 5 lb/pulg.² cuidando de no aplicar bruscamente dicha presión y no sobrepasarle de ella, para no dañar el manómetro de baja presión, lo cual es muy importante.
- 6°.- Checar después de haber pasado 5 minutos si no ha bajado la presión en el manómetro de 5 libras/pul.² abriendo una por una de las válvulas de globo que se encuentran en el equipo de prueba.
- 7°.- Se abre la válvula de seguridad para descargar la presión de nitrógeno que se encuentra en las mangueras que van al equipo, se procede a retirar el equipo de prueba.
- 8°.- Se colocan uno por uno los tapones macho de 3/8" aplicándole sellador a cada uno y dándole su apriete adecuado. Tener preparado el tapón macho para colocarlo en el momento de retirar la manguera, procurando que no salga todo el nitrógeno y formar así una cámara interior con el mismo.
- 9°.- Se coloca un sello de plomo en cada una de las partes probadas.

10º.- En caso que el equipo tenga fugas de presión, se localiza en que equipo es, se le inyecta nuevamente nitrógeno a 5 lbs/pulg.² y se localiza el lugar con brocha y jabonadura, una vez localizada la fuga se trata de repararla checando el apriete en las tuercas.

En caso de persistir la fuga se reporta claramente y posteriormente se programa su reparación mediante la orden respectiva.

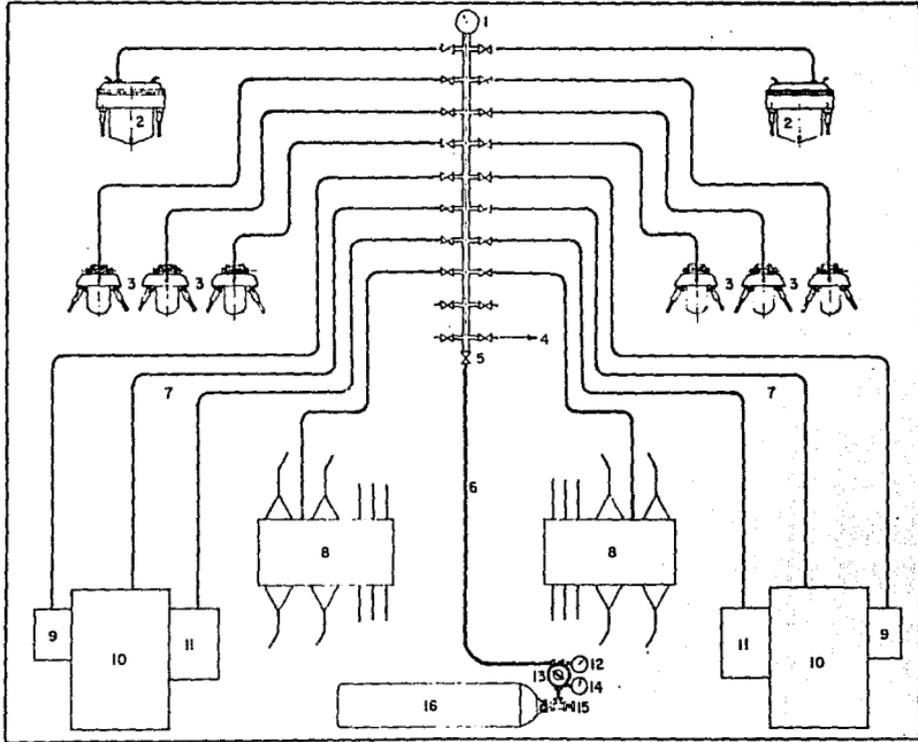
11º.- Anotar todos los datos de nomenclatura del equipo, en la forma de trabajo.

12º.- Efectuar limpieza en el interior de la bóveda recogiendo estopas y material de desecho.

13º.- Se le habla al operador de ciudad indicándole que se terminó de hacer la prueba de hermeticidad.

**PARTES QUE FORMAN EL EQUIPO DE HERMETICIDAD Y EQUIPOS A LOS
QUE SE LES HACE DICHA PRUEBA**

- 1.- MANOMETRO DE BAJA PRESION
- 2.- INTERRUPTOR DE PASO TIPO PK DE ALTA TENSION
- 3.- JUEGOS DE PORTAFUSIBLES DE ALTA TENSION
- 4.- VALVULA DE ESCAPE DEL GAS
- 5.- VALVULA DE SEGURIDAD
- 6.- MANGUERA PRATT
- 7.- MANGUERA AL EQUIPO
- 8.- CAJAS DE 6 VIAS
- 9.- CAMARA DE ALTA TENSION DEL TRANSFORMADOR
- 10.- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- 11.- CAMARA DE BAJA TENSION
- 12.- MANOMETRO DE BAJA PRESION
- 13.- REGULADOR
- 14.- MANOMETRO DE ALTA PRESION
- 15.- VALVULA DEL TANQUE
- 16.- TANQUE CON GAS NITROGENO



COMPañA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

**BOVEDA DE AQUILES SERDAN Y SANTA VERACRUZ
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABLES SUBTERRANEOS SECTOR
NORTE**

**PRUEBA CON NITROGENO A PRESION DE 5LB./PUL. EN EQUIPO
SUMERGIBLE,
SISTEMA DE RED AUTOMATICA RADIAL .**

LADO NORTE RED No. 5

LADO _____ RED No. _____

TRANSFORMADOR MARCA WESTIN-
HOUSE
No. DEL R.T. 3L80L35 K.V.A. 400

TRANSFORMADOR MARCA _____
No. DEL R.T. _____ K.V.A. _____

1.- Prueba con Nitrógeno.

	TRANSFOR MADOR	DESCO NECTADOR	CAJA A.T.
BUENA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MALA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.- Niveles de aceite

CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INCORRECTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.- Se muestreó aceite.

SI KV 24 KV _____ KV _____
NO

DEFECTOS: _____

1.- Prueba con Nitrógeno.

	TRANSFOR MADOR	DESCO NECTADOR	CAJA A.T.
BUENA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MALA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.- Niveles de aceite

CORRECTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INCORRECTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.- Se muestreó aceite

SI KV _____ KV _____ KV _____
NO

DEFECTOS: _____

ELABORÓ
CASTILLO A. C. NORTE.

PROTECTOR No. _____
MARCA WESTINGHOUSE TIPO B1 22
AMPERES 1600

PRUEBA CON NITROGENO:

BUENA MALA

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. _____

PROTECTOR No. _____
MARCA _____ TIPO _____
AMPERES _____

PRUEBA CON NITROGENO:

BUENA MALA

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. _____

CAJA DE BAJA TENSION

2 VIAS 4 VIAS 6 VIAS
NAL. EXT.

SI NO

- a).- ¿ESTAN CORRECTOS LOS
EMPAQUES EN GENERAL
DE LOS BC's?
- b).- ¿EXISTE ESCURRIMIENTO
DE PASTA EN LAS TERMI-
NALES?
- c).- ¿ESTA CORRECTO EL AISLA
MIENTO EN LAS BARRAS
DE LA PIZARRA?
- d).- ¿ES NECESARIO MACHUE-
LEAR LOS AGUJEROS DE
LOS PATOS EN GRAL.?
- e).- ¿ES NECESARIO CAMBIAR LA
PIZARRA?
- f).- ¿ES NECESARIO APRIETE GRAL.
A LOS PATOS?
- g).- ¿ES NECESARIO COLOCAR
SEPARADORES? ¿CUANTOS?
- h).- ¿TAPÓ LA CAJA?
- i).- PRUEBA CON NITROGENO:

BUENA MALA

CAJA DE BAJA TENSION

2 VIAS 4 VIAS 6 VIAS
NAL. EXT.

SI NO

- a).- ¿ESTAN CORRECTOS LOS
EMPAQUES EN GENERAL
DE LOS BC's?
- b).- ¿EXISTE ESCURRIMIENTO
DE PASTA EN LAS TERMI-
NALES?
- c).- ¿ESTA CORRECTO EL AISLA
MIENTO EN LAS BARRAS
DE LA PIZARRA?
- d).- ¿ES NECESARIO MACHUE-
LEAR LOS AGUJEROS DE
LOS PATOS EN GRAL.?
- e).- ¿ES NECESARIO CAMBIAR LA
PIZARRA?
- f).- ¿ES NECESARIO APRIETE GRAL.
A LOS PATOS?
- g).- ¿ES NECESARIO COLOCAR
SEPARADORES? ¿CUANTOS?
- h).- ¿TAPÓ LA CAJA?
- i).- PRUEBA CON NITROGENO:

BUENA MALA

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
ALGUN OTRO DEFECTO? _____

INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA
ALGUN OTRO DEFECTO? _____

=====

EN TODA LA BOVEDA INDIQUE EN FORMA CLARA Y DETALLADA ALGUN OTRO DEFECTO
EJEMPLO: FALTA DE TIERRAS, NOMENCLATURA, FILTRACIONES, ACOMODO DE CABLES,
ESCALERA, CANDADO, ETC., ETC. _____

CANDADO EN MAL ESTADO, REEMPLAZADO.

LUGAR AQUILES SERDAN Y SANTA VERACRUZ PROBADOR A. AGUIRRE

FECHA 11 DE SEPTIEMBRE DE 1978 REPORTE No. 1-A

ELABORO
CASTILLO A. CS. NORTE

ACTIVIDAD No. 6

CAMBIOS DE CAJAS DE 6 VIAS POR BUSES CUBIERTOS CS6-800

El objetivo principal de las redes de distribución subterránea es la continuidad del servicio, procurando evitar el máximo posible de las interrupciones, por lo que es necesario operar con potencial algunos equipos.

El bus de distribución es de tipo sumergible y se instala en bóvedas y subestaciones de red automática y radial obteniéndose las siguientes ventajas:

- a) Mayor seguridad al operarse ya que son buses monofásicos separados entre sí por una distancia adecuada.
- b) Se elimina la posibilidad de fallas causadas por humedad, corto circuito, calentamiento por sobrecarga, etc.
- c) Son objeto de menor mantenimiento, ya que se les hace prueba de hermeticidad, son más sencillos en su construcción.
- d) Es muy importante hacer notar cuanto se economiza al utilizar estos buses en el equipado de bóvedas o subestaciones que se reduce hasta en un 40% el costo al instalarse los buses cubiertos en relación con la instalación de las cajas de 6 vías.

De acuerdo a estas consideraciones se determinó retirar las cajas de 6 vías que se tienen en el sistema subterráneo reemplazandose por buses cubiertos CS6-800.

Para hacer el cambio en una bóveda de 2 cajas de 6 vías por 6 buses cubiertos CS6-800, considerando cuatro cuadrillas y teniendo las siguientes condiciones:

- 1.- 18 bóvedas en red automática Nonoalco
- 2.- 27 bóvedas en red automática en Reforma
- 3.- 29 bóvedas en el sistema radial de 6 KV
- 4.- 40 bóvedas en unidad Nonoalco
114 bóvedas en total

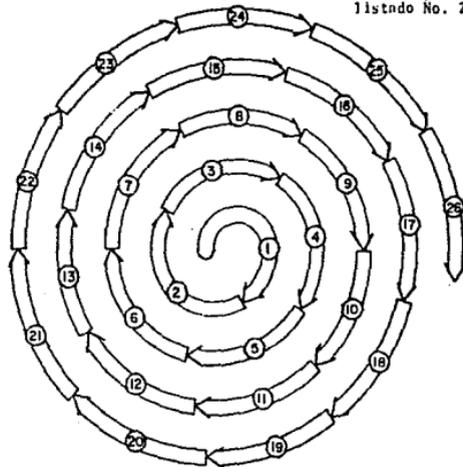
Contando con el equipo y material necesario en existencia, la ejecución de este trabajo tendrá una duración aproximada de 114 semanas.

CAMBIO DE CAJAS DE 6 VIAS POR BUSES CUBIERTOS CS6-800

LISTADO No. 2

<u>SUBACTIVIDAD No.</u>	<u>PLANO No.</u>	<u>Z O N A</u>
1	6352	Red Automática Nonoalco
2	6351	" " "
3	6252	" " "
4	6251	" " "
5	6350	Red Automática Reform
6	6349	" " "
7	6449	" " "
8	6249	" " "
9	6250	" " "
10	6251	" " "
11	6349	Radial de S.E. Nonoalco 6 KV
12	6251	" " "
13	6250	" " "
14	6249	" " "
15	6248	" " "
16	6152	" " "
17	6151	" " "
18	6150	" " "
19	6149	" " "
20	6050	" " "

NOTA: El sistema a que corresponde el número de cada subactividad de este diagrama se indica en el listado No. 2.



L I N A M	
ACTIVIDAD No. 6	
CAMPO DE TRABAJO DE 6 HORAS	
POR CADA CUENTA CS 6-800	
TARIFA PROFESIONAL	Fg. III
d V M	

<u>SUBACTIVIDAD No.</u>	<u>PLANO No.</u>	<u>Z O N A</u>
21	6049	" " "
22	6053	UNIDAD NONOALCO TLAT.
23	5953	" " "
24	5952	" " "
25	5951	" " "
26	5950	" " "

ACTIVIDAD No. 7

PINTURA Y NOMENCLATURA

La pintura actúa como un medio de protección para disminuir los efectos de la corrosión, para mantener una mejor presentación de los equipos y como señalización.

La nomenclatura en los cables y equipos e instalaciones del sistema de distribución subterránea tienen una relevante importancia tanto para identificarlos al efectuar las órdenes indicadas en la ejecución de maniobras, como para su localización, interpretación y diferenciación.

NOMENCLATURA EN CABLES, EQUIPOS E INSTALACIONES SUBTERRANEAS

I.- En Subestaciones tipo: Gabinete, Caseta, DRS Pedestal y DRS sumergible.

- 1.- Número de la subestación.-** Número progresivo de la subestación.
- 2.- Números de los alimentadores.-** Los números que identifican el alimentador de 23 KV, llevarán el término 23C y el número correspondiente en placas de identificación

redondas de aluminio, atadas 60 cms. abajo de las terminales, una por fase.

Para el sistema radial de 6 KV, se colocarán las letras RC y en el sistema de red automática se colocará la palabra RED y el número correspondiente.

3.- Capacidad del elemento fusible sobre la estructura del juego de portafusibles.

4.- Número del transformador.- Se colocarán las letras RT y los números de las coordenadas, así como la capacidad del transformador.

En red automática los transformadores no llevan esta nomenclatura, únicamente llevan pintada las palabras PR RED y el número correspondiente de la red que alimenta al transformador colocados en el protector.

5.- Nomenclatura de baja tensión.- El número correspondiente del cable de baja tensión al que se le asignan las letras BC, se pintará sobre la clema que sujeta el cable, se atará a cada cable una placa triangular con el número de BC.

II.- En interruptores tipo RAC y 23-3600 F200.

El número de los alimentadores o 23C⁵ se pintará sobre el frente del tanque del interruptor. Placas redondas de aluminio que identifiquen al alimentador, se atan abajo de las terminales.

III.- En cajas de 4 vías CS 4-500

Se pintará en color rojo la terminal que señale al norte. Se pintará el número progresivo de la caja con sus coordenadas sobre su tapa, si lleva números de BC⁵ se pintarán sobre las terminales correspondientes y se colocarán placas triangulares de aluminio atadas a los cables.

IV.- En cajas CS P-4-400

Se pintará el número progresivo de la caja con sus coordenadas en la tapa exterior, se colocará una placa triangular de neopreno con el número de BC pintado en color blanco y se fijará a cada cable y se pintará el número del BC en los separadores.

ACTIVIDAD No. 8

Levantamiento, revisión general en la ruta de los cables de alta tensión en los pozos de visita de las redes automáticas, radiales, subestaciones de enlace y alimentadores de fraccionamientos y unidades habitacionales.

Para elaborar un programa de Mantenimiento Preventivo cíclico es necesario el reconocimiento de la ruta de los cables efectuando un levantamiento general de los pozos de visita existentes en el sector. Una vez obtenido el levantamiento general de acuerdo el diagrama de secuencias formado, se elaborará un plano de detalle que incluya pozos de visita, bóvedas, subestaciones, nomenclatura de alta y baja tensión, distancias, ubicación.

El orden en que se hagan los levantamientos de los pozos se hará por calles, de norte a sur y de oriente a poniente.

Se adjunta formato para revisión y reporte incluyendo plano topográfico de la zona corriente.

Se asignará una nomenclatura en forma conveniente de uno de los pozos de visita y se llevará un libro de control con dirección, ubicación y en el diagrama se mostrará el número de cables, la localización de ellos dentro del pozo, así como la cantidad de ductos no ocupados, dicho número de pozos será fácilmente identificado en el plano general de detalle.

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

ACTIVIDAD No. 9

**LEVANTAMIENTO Y MANTENIMIENTO GENERAL A LAS CAJAS
DE 4 VIAS -CS4-500 (X) y P4-400 (Z)**

Las cajas de 4 vías denominadas también tipo esquina (X) y tipo pedestal (Z) deben revisarse periódicamente y darles un mantenimiento general consistente en limpieza y revisión interior, correcciones, nomenclatura, etc., reportando las condiciones y estado en que se encuentran dichas cajas.

La revisión y el mantenimiento se efectuarán de acuerdo a lo establecido en el instructivo adjunto, en la última hoja éste, se elaborará el diagrama de conexiones indicando como está operada la caja y su localización exacta.

El diagrama secuencias para esta actividad es el mostrado en la figura No. XIII.

COMPañIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABLES SUBTERRANEOS SECTOR NORTE

INSTRUCTIVO PARA LA REVISION GENERAL DE POZOS DE VISITA

SANTA MARIA LA RIVERA Y SN. COSME N. C.

O.C. Sr. A. RIVERA Hora 10:15
O.S.

6 kv. Red(s)No. _____ S.E. _____

Cable 23kv. Alimentador SANTA MARIA

RC^S 7522-7526-7521

- 1.- Inicie a recorrer sobre la ruta desde la terminal o terminales interiores, proceda, a abrir el pozo de visita (P.V.) protegiéndose con la rejilla y colocando bandera roja o lámpara.

SI NO

- a).- ¿Está forzada la tapa?
- b).- ¿Está rota? REEMPLAZARLA
- c).- ¿Está completa en sus agarraderas?
- d).- ¿Está desnivelado el marco?
- e).- ¿Está lista la tapa?
- f).- ¿Es tapa P-84 , P-35 , concreto , otras
- g).- Marque el pozo en el plano topográfico (adjunto) de la zona.
Arroyo , banqueta , ubíquelo correctamente, déle el No. que le corresponde.

- 2.- Proceda a desaguar el pozo de visita.

SI NO

- a).- ¿Tiene filtración?
- b).- ¿Por donde?
- c).- ¿Tiene reposadera el pozo de visita?

3.- Una vez desaguado observe todos los cables de A.T. y A.T., Empalmes, etc., si no presentan piquetes, abombamiento de empalmes, fuertes tierrasos, cables trozados, etc., proceda o apear el pozo. En caso de ser así suspenda la revisión y reporte de inmediato para su dirección.

SI NO

a).- ¿Se encuentran gases dentro de P.V.?

b).- ¿De donde provienen? _____

Terminado el punto 3, limpie las boquillas o pares marcadas por flamazo de fallas anteriores.

4.- Revisión mecánica (Observa cuidadosamente)

a).- ¿Están debidamente soportados los cables?

b).- ¿Todos tienen sus correderas?

c).- ¿Tienen curvas forzadas?

¿Cuáles? _____

d).- ¿Todos tienen sus porcelanas?

¿De no ser así, digo cuál? _____

e).- ¿Todos tienen sus ménsulas?

f).- ¿Las correderas se están desprendiendo de la pared?

5.- Revisión Eléctrica (Observa Usted únicamente)

a).- ¿Algún cable tiene piquete? ¿Cuál?

A.T. _____

B.T. _____

b).- ¿Algún cable tiene perforado el plomo por tierraos? ¿Cuáles?

A.T. RC 7526

B.T. _____

c).- ¿Están cristalizados los cables? ¿Cuáles?

A.T. NO

B.T. NO

d).- ¿Tiene ataque electrolítico? ¿Cuáles?

A.T. NO

B.T. NO

SI NO

e).- ¿Los cables tienen cubiertos de polietileno?

f).- ¿Están protegidos los empalmes?

g).- ¿Se observa que el plomo está rozando mucho con la boquilla?

h).- ¿Tienen desoldadas las conexiones de tierra?

¿Cuáles? A.T. _____

B.T. _____

6.- Revisión térmica.- (Al tacto, con el dorso de la mano únicamente)

a).- ¿Están muy calientes los cables? ¿Cuáles?

A.T. _____

B.T. _____

7.- Revisión de nomenclatura:

SI NO

a).- ¿Pintó en el croquis adjunto todos los ductos existentes y marcó en forma exacta todos los cables que pasan A.T., B.T., anotándoles su nomenclatura, marcó los cables muertos para retiro?

b).- Anote los cables muertos que pasan por el pozo de visita.

A.T. _____

B.T. _____

c).- ¿Hay cables con placas equivocadas y poco precisas? ¿Cuáles?

A.T. _____

B.T. _____

d).- ¿Pudo determinar la rotación de todos los cables?

e).- ¿Es necesario acomodar cables? ¿Cuáles?

A.T. _____

B.T. _____

8.- Indique en forma clara y detallada algún otro defecto. Ejemplo: Terminales interiores o exteriores, etc.

URGENTE PROGRAMAR LICENCIA PARA CORREGIR CABLE
p MEORATO RC 7526

J. RAUL LUZ YAÑEZ

Nombre del Empalmador

Firma

STA. MA. LA RIVERA Y SN COSME

Lugar

Orientación N.C. Fecha 15 DE DICIEMBRE DE 1978

Reporte No. 1-5

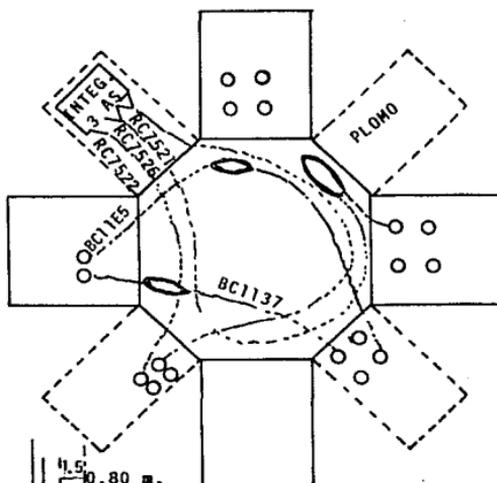
LEVANTAMIENTO DE UN POZO DE VISTA GRANDE

POZO NUMERO _____

DIRECCION _____

ALIMENTADOR(ES) _____

RED _____

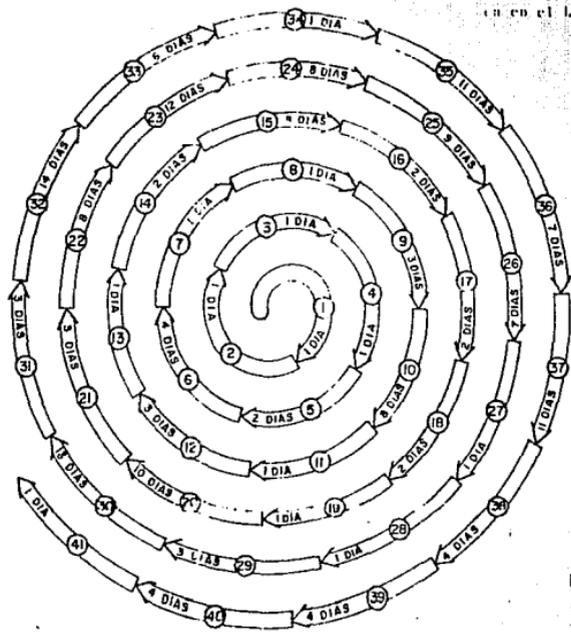


SN. COSME

FECHA _____

TRABAJO EJECUTADO POR _____

NOTA: El sistema a que corresponde el número de cada subactividad de este diagrama se indica en el Listado No. 4.



DURACION TOTAL : 185 DIAS

Fig. XIII

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABLES SUBTERANEOS SECTOR NORTE

INSTRUCTIVO PARA REVISION A CAJAS CS. NTE OO (X) CS-P-4-400 (Z)

CON AVISO AL O.C. SR. ESPEJEL HORA 12:00

FORMA DE HACER LA REVISION

- 1.- Aviso al O.C. del trabajo por ejecutar
- 2.- Proteja el área de trabajo con traficones, banderas rojas.

Nota: Antes de destapar la caja los operarios, deberán sacarse de las bolsas de la camiseta los objetos metálicos.
- 3.- Retirar la tapa del pozo y limpiar marco.
- 4.- Revise si está aterrizada correctamente la caja, compruebe que no esté energizada. (*Leer nota al reverso).
- 5.- Pinte en el dibujo adjunto la forma como está operada dicha caja.
- 6.- Retire, revise y repinte uno por uno los separadores y reponga, los defectuosos.
- 7.- Si existen contactos húmedos (flameados), previa colocación de separadores aislantes cambiarlos y fijar los contactos afectados.
- 8.- Si tienen pasta floja en el interior, calentar esta con soplete, retirarla y llenar con pasta nueva.
- 9.- Raspar la tapa y el exterior de la caja con sus 4 terminales.
- 10.- Pintar el resto del interior de la caja y la tapa en negro (usar pintura anticorrosiva).

ELABORO
CASTILLO A.

11.- Pintar la terminal de la vía norte en color rojo

12.- Apretar todos los tornillos en terminales, collarines y reponer los que faltan.

* Nota: Si encuentra que la estructura (carcaza) está energizada suspenda el trabajo y reportelo a su Jefe inmediato.

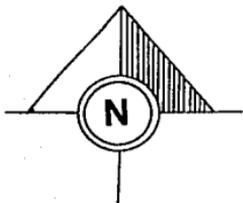
- | | SI | NO |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| a).- ¿Está en buen estado la tapa exterior? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b).- ¿Tiene agarraderas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c).- ¿Está forzada la tapa? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d).- ¿Es necesario subir la caja de nivel? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e).- ¿Existe calentamiento anormal en la caja? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| f).- ¿Está correcto el potencial en sus tres fases en las 4 vías según operación? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g).- ¿Está energizada la corona? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h).- ¿Están completos los tornillos? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i).- ¿No habrá problemas al operar con la matraca? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

j).- Indique en forma clara y detallada algún otro defecto _____

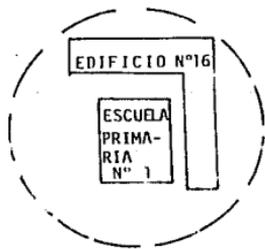
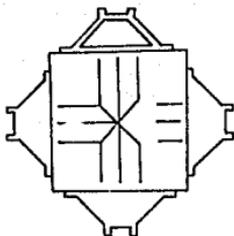
LUGAR UNIDAD NONOALCO REVISO J. PARRA H.

FECHA 28 DE ENERO DE 1978 REPORTE No. 1 N

ELABORO
J. CASTILLO A.



X - 1
50 - 49



LOCALIZACION

LEVANTO: _____
FECHA: _____

No. POZO

ELABORO
J. CASTILLO A.

ACTIVIDAD No. 10

**CORRECCION DE ANOMALIAS. CUADRILLAS DE LA SECCION
TALLER**

Los trabajos más comunes son:

a) Arreglos mecánicos

Fijar escaleras, colocar soportes a interruptores, reparación de soportacandados en bóvedas y subestaciones etc.

b) Fugas

Corrección de fugas en interruptores, cajas de 6 vías, protectores portafusibles, transformadores, etc.

c) Cambios de aceite por baja rigidez dieléctrica.

En interruptores, portafusibles, transformadores, etc.

d) Correcciones y adaptaciones en general en los mecanismos y componentes de los equipos antes mencionados.

ACTIVIDAD No. 11

**CORRUPCION DE ANOMALIAS, CUADRILLAS DE LA SECCION
INSTALACION**

Las correcciones más frecuentes son:

a) Arreglos de cables de alta y baja tensión en mal estado.

Tierrazos, degolladuras de plomo, fugas de aceite, etc.

b) Terminales.

Fugas de aceite o escurrimiento de pasta, fijarlas por estar desprendidas, rehacer terminales, etc.

c) Acomodo de cables.

De alta o baja tensión que obstruyan el acceso a las bóvedas o que estorben y no permitan operar con facilidad los equipos, soportar adecuadamente los cables, etc.

d) Cajas de 4 vías.

Colocación a nivel adecuado para operarlas, reemplazo cuando son cajas de pasta, etc.

e) Filtración.

Corrección de filtraciones en bóvedas, pozos de visita, (por los ductos, piso, paredes).

f) Localización de pozos de visita perdidos.

Por reasfalto de las calles, por modificación a las banquetas, frecuentemente cubren los pozos de visita, éstos hay que localizarlos y subirlos de nivel.

g) Correcciones en general

Reemplazo de tapas de pozo de visita, instalación de sistema de tierras (por robo) colocación de tubos de protección de bajadas en poste, etc.

Los trabajos de las actividades No. 10 y 11 se ejecutarán según sus características en la siguiente forma:

- 1.- Con el equipo en Operación normal.
- 2.- Con el equipo en licencia (libre) con interrupción.
- 3.- Con el equipo en licencia, auxiliándose con hoja de cambios (operaciones provisionales, tomando la carga por baja tensión a través de transformadores de otras subestaciones y por medio de las cajas de 4 vías) para o interrumpir a los usuarios.
- 4.- Con el equipo en licencia, auxiliándose con planta de emergencia para alimentar el servicio del cliente.

ACTIVIDAD No. 12

CORRECCION DE ANOMALIAS, CUADRILLAS DE LA SECCION DE OPERACION

Estas consisten en los siguientes trabajos:

- a) Redistribución de carga.
Por sobrecarga en los cables de baja tensión.
- b) Reemplazo de fusibles quemados y placas de cobre en mal estado.
- c) Localización de fallas en cables de baja tensión.
- d) Reparación de cajas de 4 vías, por tener pasta floja, se paradores en mal estado, flamazos, patos desalineados, etc.
- e) Corrección de falsos contactos.

NOTA: Las actividades No. 10, 11 y 12 no se pueden estimar tiempos ni costos debido a que dependerán de las condiciones en que vayan encontrando el sistema.

CONTROL

A cada bóveda subestación o pozo donde se encuentra alojado equipo eléctrico, se le elaborará una hoja de datos estadísticos, en la cual se describirán todos los elementos que la constituyen. Estas formas servirán para que al ejecutar el personal cada una de las actividades del programa, reporte y se anoten estas fechas. Lo anterior tiene por objeto llevar la historia de los equipos instalados y poder determinar si ha estado sujeto a reparaciones frecuentes que ameriten un estudio especial de las causas que lo originan.

Estas hojas se clasificarán y archivarán de la siguiente manera:

- 1.- Red Automática Nonoalco de 6 KV.
- 2.- Red Automática Reforma de 6 KV,
- 3.- Sistema Radial de Subestación Nonoalco de 6 KV,
- 4.- Interruptores de 6 y 23 KV.
- 5.- Portafusibles de 6 KV.

A cada hoja se le anexará el diagrama físico con el equipo que la compone.

A continuación se muestran los ejemplos de estas hojas de control.

CAPITULO IV
RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACION,
OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

CAPITULO IV RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

IV.1 ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE CABLES SUBTERRANEOS

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 en 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 Cuautitlán 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 o 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 bóveda de transformador y ejecutando trabajos como: excavaciones, cableado, elaboración de empalmes, arreglos de cables de distribución en alta y baja tensión, reparación de cables dañados, acometidas a clientes, así como la utilización de 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 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.- Operación

Como su nombre lo indica, tiene asignada la labor de operar el equipo instalado efectuando maniobras en interruptores, cajas de 4 y 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 planos de alta y baja tensión, colocación de nuevas nomenclaturas. Recepción y puesta en servicio de fraccionamiento y unidades habitacionales, mantenimiento y operación de plantas de emergencia montadas en unidades móviles.

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 adecuada, 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 mejor atención al usuario, se ha formado el grupo de mantenimiento correctivo, el cual se encargará de atender las emergencias que se presentan al ocurrir un disturbio en alguno de los alimentadores ya sea de alta tensión o de baja tensión. Este grupo está formado por personal de la sección de Instalación y Mantenimiento y la Sección de Operación, teniendo apoyo algunas veces de la Sección de Taller.

I.V.2 AREA DE SERVICIO Y SUS CARACTERISTICAS

La zona en que podemos dividir el sistema atendido por el Departamento de Cables Subterráneos son los 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 ésta zona están ubicadas dependencias gubernamentales y

servicios tan importantes como: Palacio Nacional, Procuraduría General de la República, Secretaría del Patrimonio Nacional, Bonos de Ahorro Nacional, ISSSTE, Centrales Bancarias, Central de teléfonos de México, grandes Centros Comerciales, Transporte Colectivo Metro.

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 bóveda o subestación o en falla directamente en la acometida del Cliente.

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

Al Norte - Calles del Carpio, Degollado, Ecuador y Costa Rica.

Al Sur - Fray Servando y Teresa de Mier, Dr. Río de la Loza
y Av. Chapultepec.

Al Oriente - Av. Circunvalación.

Al Poniente - Lieja, Paseo de la Reforma, Rosas Moreno y Naranja.

Tiene una densidad de carga de 20 a 40 MVA/Km², el tipo de servicio es en gran parte doméstico y en menor cantidad comercial, el suministro de energía eléctrica se proporciona por la red de distribución radial.

Este sistema aunque cuenta con un alto índice de confiabilidad, está sujeto a interrupciones en el servicio de los clientes cuando fallan los alimentadores primarios, por lo que existen amarres entre varios de ellos, así como en algunos cables por medio de seccionadores utilizándose para evitar períodos largos de interrupción.

- 3a.- Consta del resto del Distrito Federal donde se localizan cargas concentradas en conjuntos habitacionales, unidades médicas como el Centro Médico y la Raza, cuentan con interruptores de transferencia con doble alimentación.

Esta zona comprende también los fraccionamientos y unidades habitacionales del Estado de México, Hidalgo y Morelos, donde la densidad de carga oscila entre 6 y 10 MVA/Km² donde se proporciona un servicio de tipo radial cuya instalación de éste servicio es únicamente a solicitud y cargos al cliente.

- 4a. Es la zona mixta formada por líneas aéreas y cables subterráneos, comprende parte del Distrito Federal, 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 o para dar el mantenimiento preventivo.

IV.3 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE A.T. Y B.T.

En este trabajo se tratará de definir las condiciones y los métodos de localización de fallas en cables subterráneos de alta y baja tensión, utilizando relativamente poco equipo.

El método se divide en cuatro 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 baja tensión que en tensiones medianas o altas 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 B.T. en promedio 6 fallas en los cables y 1.5 en los accesorios, son más raras que las fallas de 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 es siempre 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 acciones 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 información 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:

- 1.- La configuración general del cable con todos sus extremos (alimentación, servicios conectados), sus puntos de derivación, empalmes y sus puntas de corte.
- 2.- La longitud y la especificación de los diferentes ramales que lo constituyen así como la naturaleza del aislamiento del conductor y su sección.
- 3.- 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.4 CONDICIONES PARA LA LOCALIZACION DE FALLAS

El proceso para la localización de fallas comprende los siguientes 5 pasos:

- 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 Trozado 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 haya sido al momento puesto al corriente, se determinan utilizando dos aparatos que responden de hecho al mismo principio, pero difieren en su equipo:

**El detector Metro-Tech y el Rastreador de Frecuencia musical
(Estos dos aparatos se mencionarán más adelante)**

En el punto (c) es necesario tener aisladas las extremidades del cable, de tal manera que se pueda dejar al cable solo.

Esta operación es bastante larga y puede ser de hecho imposible en la noche o en días festivos, si la reparación es urgente, se puede proceder a la abertura de la o las derivaciones para quitar lo dañado al 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) Análisis de la resistencia de la falla

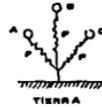
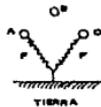
Esta prueba se hace con un ohmetro o un puente de Wheatstone aparatos que nos darán las lecturas de resistencia en ohms.

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

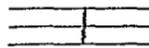
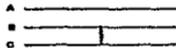
De ésta prueba se deduce que podemos tener. (Fig. 25)

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 / P₀



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



c) FALLA FRANCA O FALLA RESISTENTE A TIERRA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
IME	TESIS PROFESIONAL	
TITULO : ANALISIS DE RESISTENCIA DE FALLA		
HTMJ	VMJ	FIGURA NO. 2B

b.c.) Prueba de franqueo 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. (Fig. 26)

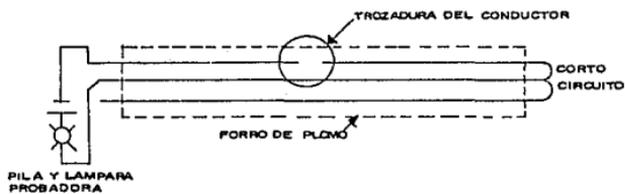
Esta prueba puede hacerse también fase por fase y utilizando el plomo del cable como el conductor de regreso, quedando así a un mismo tiempo, probada la continuidad del plomo.

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

- a) Falla de fase a tierra
- b) Corto circuito entre fases
- c) Conductor trozado

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. (Fig. 27)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. N. E.

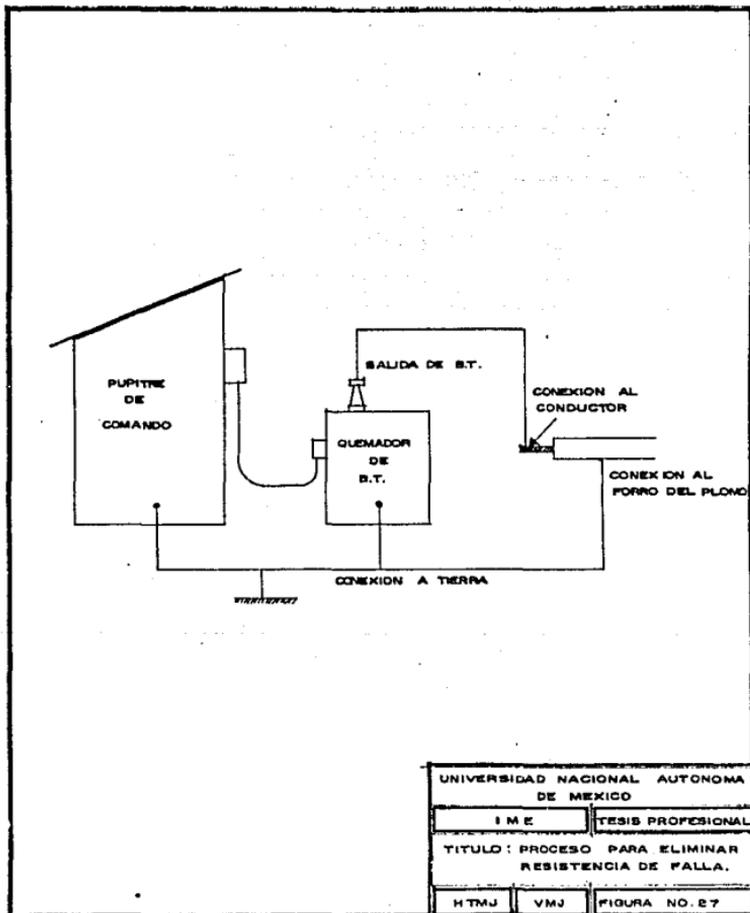
TESIS PROFESIONAL

TITULO: PRUEBA DE CONTINUIDAD DE
LOS CONDUCTORES Y DE LOS
PLOMOS

HTMJ

VMJ

FIGURA NO 20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: PROCESO PARA ELIMINAR
RESISTENCIA DE FALLA.

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 27

4.- Prelocalización aproximada de la falla o localización a distancia.

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

Sin embargo existen mas tipos de fallas que resultan de la combinación de estos tres tipos de fallas.

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

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

5.- Métodos de localización sobre el terreno

Este método consiste en precisar directamente sobre la ruta del cable el lugar 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.

IV.5 METODOS DE LOCALIZACION A DISTANCIA

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.

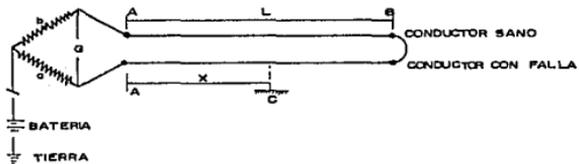
La selección del método de localización a distancia de la falla se lleva a cabo en función de la naturaleza de la falla determinada en el curso del análisis.

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 a la tierra, donde el conductor que sirva de retorno, presente una resistencia de aislamiento, cuando menos 10 veces superior a la del conductor con la falla (Fig. 28).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

TESIS PROFESIONAL

TITULO: METODO DE PUENTE
DE WHEATSTONE

HTMJ

V M J

FIGURA NO 28

Para efectuar el ensayo, se cierra previamente el interruptor de la batería (1), 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:

$$X = \frac{2 \times r \times a}{a + b}$$

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 de 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 es necesario:

- a) Si existen aparatos conectados a las derivaciones se puedan fácilmente seccionar.
- b) Los dos extremos del cable sean accesibles.
- 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, calibrado en forma adecuado 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 un diagrama, del montaje de instrumentos para la realización de este ensayo. (Fig. 29).

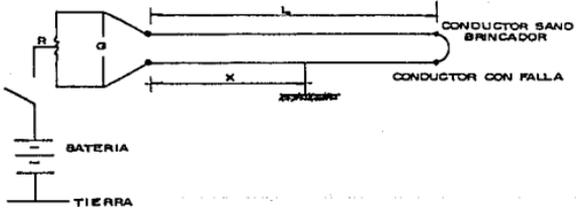


FIGURA 20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
IME	TESIS PROFESIONAL	
TITULO: ENSAYO MURRAY		
HTMJ	VMJ	FIGURA NO. 20

MONTAJE DE UN PUENTE DE HILO CALIBRADO Y CORREDERA PARA EL ENSAYO MURRAY

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.

$$X = \frac{2 \times L \times \text{lect.}}{1000} \text{ (mts.)}$$

Donda:

L = longitud.

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 de Reóstato, su influencia es únicamente sobre la sensibilidad del Galvanómetro, a manera de causar 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.- Puente Sauty

Es aplicable en las prelocalizaciones de fallas por trozadura de un conductor, comparado como ya se dijo antes entre si los 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 Puente Sauty, 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:

$$X = \frac{cxL}{cL} = \frac{aL}{1000}$$

Donde:

cx = capacitancia del conductor trozado

cL = capacitancia del conductor sano

L = longitud

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

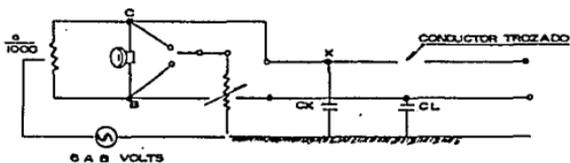


FIGURA 30

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I M E	TESIS PROFESIONAL
TITULO : PUENTE DE SAUTY O DE CAPACITANCIAS	
HTMJ	V M J FIGURA NO. 30

4.- Método de la Caída de Tensión 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 falla a corriente directa a 400 volts y un milvólmetro 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.

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 milvólmetro en las terminales de los servicios, se encontraran valores de tensión a tierra que decrecen a medida que se alejan del quemador, hasta el lugar donde ya no varían más, permanecen constantes

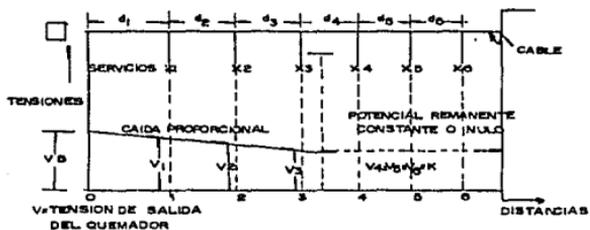


FIGURA 31

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
IME	TESIS PROFESIONAL	
TITULO: METODO DE CAIDA DE TENSION DE LOS SERVICIOS		
HTMJ	VMJ	FIGURA NO. 31

o se anulan por completo. Esto significa que en esos momentos ya hemos pasado encima de la falla, de acuerdo a la Fig. 31, 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 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. o décimos de volts, al iniciarse el franqueo, la tensión es de 400 volts. (no se fabrican de menor tensión). Y por consiguiente se corre e riesgo de dañar los medidores, aunque esta tensión sea aplicada solo por 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 tres 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 defectuosos no pase de decenas de metros, ya que mientras más largo es más difícil disponer de 2 líneas adicionales.

Otra condición para no restarle precisión al ensayo, es la de escoger una sección semejante en los cables adicionales a la del cable defectuoso.

Procedimiento

Es necesario identificar perfectamente las tres fases en ambos extremos, con el puente de Wheatstone, no con lámparas de continuidad, pues éstas pueden causarnos 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 figuras 32 y 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 a tierra.

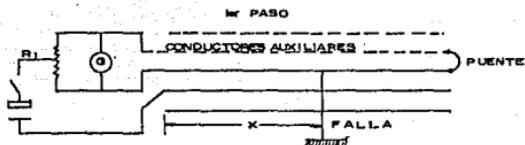
Se ejecuta al ensayo y se anota el valor de la lectura en el Reóstato correspondiente al equilibrio del puente.

2do. 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.

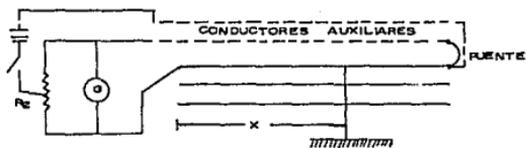
Se toma la segunda lectura en el Reóstato, al establecer el equilibrio del puente.

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.



$$x = \frac{R_1}{R_2} L$$

2do. PASO



FIGURAS 32 Y 33

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

TESIS PROFESIONAL

TITULO: ENSAYO FISHER

HTMJ

V M J

FIGURA NO 32-33

6.- Método de la Caída de Tensión en los Plomos.

En este método, se supone que la falla ha sido ya cercada en una zona limitada, pero al abrir la excavación no se encontró nada, por lo tanto, es necesario abrir una segunda 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 Galvanómetro, de acuerdo con las siguientes instrucciones:

Ver Fig. 34.

La longitud total es: $L = xy$ (mts.)

La desviación total es: $K = Ax - By$

$$K = \frac{K + BL}{A + B} \text{ (mts.)}$$

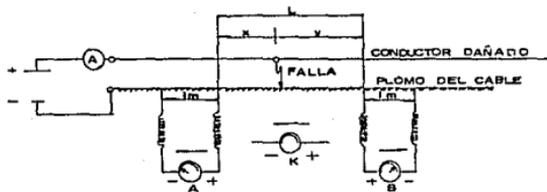
1er. Caso

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

LA LONGITUD TOTAL ES: $L = x + y$ (mts)

LA DESMACION TOTAL ES: $K = Ax - By$

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: METODO DE LA CAIDA DE
TENSION EN LOS PLOMOS

HTMJ

VMJ

FDURA NO. 34

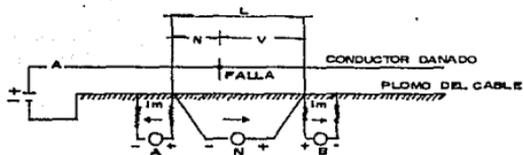


FIGURA 35

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I M E	RESIS PROFESIONAL
TITULO: METODO DE LA CAIDA DE TENSION DE LOS PLOMOS	
HTMJ	V M J FIGURA NO. 35

2do. 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. (Fig. 35. Inv.)

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 dentro de las 2 excavaciones.

Para evitar corrientes Vagabundas que afecten las medidas es conveniente desconectar los plomos de tierra en los 2 extremos del cable.

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 cm. de fleje de cable, picar con un punzón redondeando para hacer el contacto con el conductor del cable.

- 2) La batería deberá limitarse a valores de 1 y 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 milvólmetro desde la primera 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 bome negativo (-) de la fuente deberá conectarse siempre sobre el plomo del cable.

Este método solo es válido si se cumple lo siguiente:

- a) Que el plomo del cable no esté cortado o degollado en algún lugar.
- b) Que la falla a tierra sea lo suficientemente franca que permita un valor de corriente para dar lecturas.
- c) No deberá existir en este tramo empalmes intermedios que alteren la resistencia del plomo.

IV.6 LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES DE RED AUTOMATICA 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 los dos puntos.

Esto es, que por un lado le da a 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 ha 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 ubses monofásicos en todos los lugares o puntos a donde llega ese cable, excepto en uno, alimentándolo desde ahí 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 causará 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 de 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 tizne en las paredes del pozo o bóveda, en la boca de los ductos o en la misma excavación, puede ser otro indicio. Se debe tomar el cuidado de limpiar el tizne 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 mala 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.

C A U S A S

- 1.- Piquete Mecánico
- 2.- Corrosión Química
- 3.- Cristalización
- 4.- Rosamiento
- 5.- Asentamientos de Subsuelo
- 6.- Tierrazos
- 7.- Introducción de Agua o Humedad
- 8.- Sobrecargas
- 9.- Falsas Maniobras
- 10.- Emigración de Aceite en la Posición Vertical del Cable
- 11.- Vejez
- 12.- Defectos de Fabricación
- 13.- Defectos de Manipulación
- 14.- Roídos de rata
- 15.- Incendio

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 de la falla en el cable.

2.- Corrosión Química

La presencia de determinados ácidos o alcalis o de sustancias que combinadas dan lugar a estos, 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 restringimientos 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 al potencial de una cubierta con respecto a otras, de ahí 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 tierraazo, el cual perfora las cubiertas de plomo dejando 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 de dos ó tres cables).

8.- Sobrecargas

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

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 de Cable.

Un cable que se encuentra 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 produce falla.

11.- Vejez

Con el tiempo el resecamiento de los aislamientos en un cable da lugar a la formación del fenómeno de ionización, lo cual aumenta sus pérdidas produciendo fallas.

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 de cable en curvatura o pocas precauciones al hacer un empalmeo una terminal (MUFA) traen irremisiblemente la falla.

14.- Roídos de rata

La mordida de una rata produce incisiones bastante considerables a consecuencia de ésto.

15.- Incendio

Normalmente esto ocurre cuando existe basura en pozos y bóvedas ya que con una colilla de cigarro, puro o cerillo, o por la misma explosión de un cable o equipo se extiende el fuego. Para evitar ésto 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:

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

LOCALIZACION 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 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 falta 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 e indirecta es decir:

Conexión Directa.

Cuando se tiene acceso a un extremo del cable se conecta a los conductores o al fondo del omo 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 y 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.

IV.7 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.

Es muy importante tener en cuenta que las licencias en general implica tener fuera del sistema la parte del equipo que amparan, produciendo

condiciones anormales que afectan en mayor voltaje, la estabilidad, la flexibilidad o seguridad del sistema. Más aún, se disminuye el equipo de reserva y suele alterarse en grado importante al funcionamiento de la protección correctamente.

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.

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 chequea 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 disturbios 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 el 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 al 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 les va 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 el existiera una falta 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 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 SECCIONALIZACION

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 necesidades de operación.

MEDIOS DE SECCIONALIZACION

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.

IV.8 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 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 corresponde.

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 para ejecutar; finalmente éste dá 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 corriente 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 diario 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 momento (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 encomendo, 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 es una falla del tipo declarada o visible deberá verificarse si se tiene lo necesario para repararla o se envía por lo necesario 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 indicador de potencial) en 6 y 23,000 volts, hasta quedar completamente seguro y confirmar que en puntos de enlace (interruptor, protector, portafusibles) quede una tarjeta que indique estar éste en licencia. Ya confirmado lo anterior, se aterriza el cable para 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 para 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

Teoría de Operación

El golpeador localiza las fallas por medio del uso de un capacitor cargado para producir un alto impulso 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 (estrucendo) audible. La localización del arco puede ser rastreada por la percepción del estrucendo 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 localizarse a simple oído o sentimiento del golpeador. El esquema de la localización de la 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 estrucendo audible como el mecanismo de localización de fallas primario. El estrucendo puede ser oído (micrófono o por el oído) o sentido (sensor sísmico o los pies).

El estrucendo 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 expande mucho más rápido, que la energía pueda propaarse lejos del canal del arco, resultado un incremento en presión y el lo que crea la onda de choque.

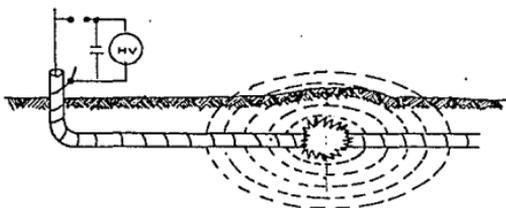


FIGURA 36

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

I M E

TESIS PROFESIONAL

TÍTULO: LOCALIZACIÓN DE LA FALLA
POR MEDIO DEL GOLPEADOR

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 36

La percepción del ruido de un estruendo depende de la amplitud y duración de a corriente de pulso. Para una forma de pulso dado (duración), la intensidad del sonido producido es maximizando para maximizar la corriente que fluye a través del arco. La amplitud 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 como el pulso del arco es reducido. Por lo tanto, la amplitud de la corriente es maximizada 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 al 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

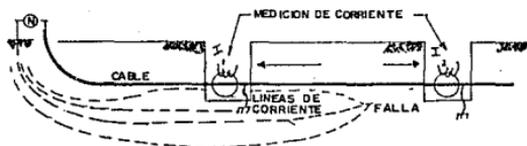
Teoría de Operación

La técnica de la Corriente de Rastreo es usada para localizar fallas sobre sistemas ramificados donde el acceso periódico a los cables es por conducto de los 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 Fig. 37 se describe el uso de la técnica de la corriente de 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 está 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, más 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 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 37, este contacto entre el punto de la medición y la falla. Regresando a la figura 37, 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I M E

TESIS PROFESIONAL

TITULO: TECNICA DE CORRIENTE
DE RASTREO

HTMJ

V MJ

FIGURA NO. 37

Aplicación

La técnica de la corriente de rastreo se aplica a cortos o ellas no lineales. Sin embargo, este requiere una fuente de voltaje alto. La fuente puede ser de C.D., C. A., o de pulso y las condiciones mencionadas en 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

Teoría de Operación

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 Fig. 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.

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

Numerosas configuraciones de puente 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 parcial 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 Fig. 39.

Dado que I es proporcional a R , entonces

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1x}{2l-1x}$$

Esto puede ser simplificado si R_1 y R_2 son parte de una variable del resistor, por lo tanto:

$$\frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1x}{2l}$$

Donde:

l = longitud (mts.)

R = resistencia

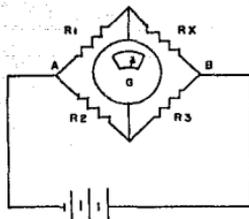


FIGURA 38 PUENTE DE WHEAT-STONE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

IME

TESIS PROFESIONAL

TITULO: METODO DEL PUENTE DE
WHEAT-STONE

HTMJ

VMJ

FIGURA NO. 38

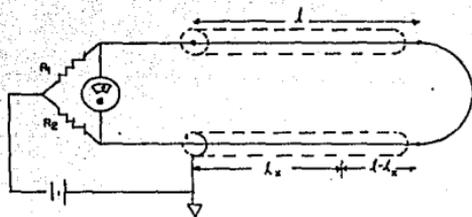


FIGURA 39

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
IME	TESIS PROFESIONAL
TÍTULO: LOCALIZACIÓN DE FALLAS POR MEDIO DE PUENTE	
HTMJ	VMJ FIGURA NO. 39

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 aventuras por medición de capacitancias, más bien que de resistencias. Finalmente, un puente especial de voltaje alto es usado para generar suficiente corriente para mejorar las fallas no lineales.

Aplicación

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 capacitancia. Los cortos son localizados con puentes de resistencia de voltaje alto.

Más aplicaciones del puente requiere acaso a ambos extremos del cable y el uso de una fase no fallada. En resumen, todas las conexiones deben ser de baja resistencia, y la longitud del conductor debe de ser conocida. Teóricamente los puentes son frecuentemente difíciles de usar por lo que se requiere de un considerable conocimiento, además de una gran 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 buenas 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.

CAPITULO V
ESTADISTICA DE FALLAS EN ACCESORIOS
DE REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

CAPITULO V

ESTADISTICA DE FALLAS EN ACCESORIOS DE REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

V.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 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; determina la periodicidad de los servicios de mantenimiento, intercambiar experiencias, justificar o conformar 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 es la 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 falta.

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. 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.

V.2 METODOS 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 PRELIMINAR

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 y 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 en concreto u otro sólido.

Si la falla fue 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 doblez 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. Po lo menos son necesarios esos 2 metros, que de todos modos generalmente se cortan como desperdicio para quitar al 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 la muestra se va 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 aires, 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 retira deben ser examinados.

TERMINALES Y CONECTORES AISLADOS SEPARABLE (CAS)

Debe examinarse toda la terminal de 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 1mm. determinando la presencia de arborescencia de agua o eléctricas, huecos y contaminantes. En caso de aislamiento laminarse, 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 cubiertas 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), retira 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, puntos 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 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 desgarre, doblez, etc. Anotar defectos que inicialmente 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 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 tipos seco) elastométricos, 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 cm^2 (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 unas 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 semiconductor, 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.

V.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 hacerlo si se corrigen, por ejemplo. La porcelana rota en una terminal.

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 MECANICAS.- Esto comprende: la perforación o rasgadura con herramientas, por flexión, vibración y en general por perforación y daño mecánico. La falla en esos casos se debe a la pérdida de continuidad en la pantalla semiconductor, o a la penetración 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.

TABLA 3

	DEFECTOS	CAUSAS	ALGUNAS MEDIDAS PREVENTIVAS
C A U S A S I N H E R E N T E S	DEFECTOS DE FABRICACION	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Cubierta Exterior Defectuosa. 2.- Neutro o Cubierta Metálica Defectuosa. 3.- Aislamiento Defectuoso 4.- Conductor o Conector Defectuoso. 5.- Diseño o Sección Impropios. 6.- Procesamiento Inadecuado de Fabricación. 7.- Materiales de Fabricación Inadecuados. 8.- Defectos en la Pantalla Semiconductora. 	Garantías y certificados de calidad Inscripciones de Ingresos a almacenes de usuarios.
	DEFECTOS DE INSTALACION	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Aplicación Inadecuada 2.- Montaje o Manejo Inadecuado 3.- Mala Conexión o Tierra 	Capacitación de personal instalador, confirmación de Adaptabilidad. Recabar información de proveedor
	DETERIORO POR ENVEJECIMIENTO	<ol style="list-style-type: none"> 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 instalación comprobante con duda de buen

TABLA 4

	DEFECTOS	CAUSAS	ALGUNAS MEDIDAS PREVENTIVAS
C A U S A S	DISTURBIOS DEL SISTEMA	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Daño por falta del Accesorio o Cables Adyacente 2.- Daño por Corriente en el Neutro 3.- Daño por Raya o Alto Voltaje 4.- Sobre calentamiento debido a Sobrecargas 5.- Sobre calentamiento debido a Fuentes Externas 6.- Daño por mala Operación 	Protección entre Accesorio, checar buena conexión a tierra, apartarrayos, programación de periodos de sobrecarga, protección contra medio caliente, supervisión de operaciones de recierres.
N O	DAÑOS MECANICOS	<ol style="list-style-type: none"> 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 de, protección por ductos, cimentación, confirmación de Construcciones Adyacentes.
I N H E R E N T E S	OTRAS CAUSAS CONOCIDAS	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Sobre presión 2.- Migración del liquido 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	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Falla examinada sin encontrar Causa 2.- Falla No Examinada 	

N O I N E H E R E N T E S	CORROSION	<ol style="list-style-type: none">1.- Por Acción Electrolytica2.- Por Acción Galvánica3.- Por Acción Química	Protección por Corriente impresa, ánodos de sacrificio cubierta protectora, analizar subsuelo previo a instalación, así como alrededor.
--	------------------	--	---

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 o voltaje.

Un abultamiento 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) Arborescencias
- 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 falta 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 poco 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 rebladecimiento, 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 el 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, encitendo 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 si 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, huevos, 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 a bordos, cintas rotas, señales de registro en exceso, rellenos hechos nudo o fuera de su lugar, montaje flojo o paredes blandas. En cable de alta tensión, el traslape menor a un medio del ancho de la cinta, puede dar espacios entre orillas de las mismas. 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 doblez, 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 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 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, descascamiento, 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 carbonizadas 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 menor 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 caminos longitudinales carbonizados. En cualquier tipo de aislamiento, estos defectos propician una falla. Un 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 etileno propileno (EPR), vulcanizados en vapor de agua puede ocasionar que gotas microscópicas de agua queden atrapadas en el aislamiento iniciado, en presencia del campo eléctrico la formación de arborescencia 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 trihidratada, 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 semiconductora y se aloja en las arborescencias por humedad.

En el segundo caso el estabilizador de óxidos de plomos del EPDM, si queda en contacto con semiconductores que contienen azufre y aceleradores; comúnmente empleados en las formulaciones de accesorios premoledados, 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 semiconductora, 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 a falta 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 en 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 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 o 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, 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 más 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 arrastre 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 esto 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 y 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 disipen por difusión al exterior. En este caso se alcanzará el equilibrio térmico antes del rompimiento, repitiéndose 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 molécula 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, terefralatos 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 radiointerferencia 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 a 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 suficiencia 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 pueden 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 pueden 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 ELECTROQUIMICA

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 H₂O. 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 esto 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 del medio que los rodea.

Cuando una estructura metálica se entierra 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 pueden 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 corroída 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, máquina 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) entra 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 desechos 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 barras 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 aislar la cubierta metálica del medio que la rodea con una cubierta de material termoplástico o termofijo (no metálico).

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.

SOBRECALENTAMIENTO 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 adentro hacia afuera.

Generalmente se puede apreciar el olor característico del aislamiento sobrecargado o quemado. La falta 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 se debió a sobrecarga u otra causa de elevación de temperatura.

SOBRECALENTAMIENTO DEBIDO A FUENTES EXTERNAS

Las fuentes más comunes de calor son: por incendio de una área adyacente, tubos de vapor, tiros de aire caliente, cables con mucha carga, hornos, 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 clasifica 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 extramadamente fuerte sobre una terminal o empalme colocado en los altos. Generalmente la zona afectada por la vibración es grande apareciendo en la superficie fisuras longitudinales o transversales, las que al abrirse 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 debido 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 varilla 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 trazar 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 arqueo 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 instaurado 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 de 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 alatométrico. 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 procedimientos 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 adapta 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 al 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 humidificación 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 "arrastre 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.

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO DE LOS DISTURBIOS

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO DE LOS DISTURBIOS

VI.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 sistemas 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 constituir 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 Subterráneas 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 constituidos, 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 DE ALIMENTADOR: MIXTO

NOMBRE: ALCAZAR

SUBESTACION: REFORMA

LONGITUD AEREA: 31.9 Km.

LONGITUD SUBTERRANEA: 15.2 Km:

ARREGLO DE SUBESTACION: INTERRUPTOR Y MEDIO

RELATORIO DISTURBIOS

HORA CLAVE ALIMENTADOR REFORMA ALIMENTADOR ALCAZAR

SE HABRE EL PRESENTE EN ATE'ns A LA 0-87452

Cdo. Fus, e Int. en Acom. 23C-1141-0 quemando l de 80 amp. SMD-20.
Prev. Abto. 23C-1141-5 en SE-102

Cdo. P.N.A. SE-107 23c-1141-10 con 23C-1141-9 checando Pot. OK.

en SE-103 tomando carga de 5 SE's Aprox. el 50% de la carga.

Se checó Pot. OK prev. Cdo. Int. aldutil y reemp. Fus. de 100 a en Acom.
de nota anterior. y Prev. Abto. 23C-1141-2 SE 99 Checando Pot. OK.

Cdo's Int. Alduti y Fus. correcto Prev. Cdo. 23C-1141-2 en SE-99 y Abto
23C-1141-4 en SE-101 Checando Pot. correcto en misma SE-101
por lo que se da por dañado 23C-1141-4 y con TL.

Se checa domicilio de la queja estando correcto el Potencial por
el Sr. Abel Roa T.O. C.S.S.

Perm. al Sr. Arturo Nubel al dev. Inf. se elab. 2 U. R. en cable 23TCix50

en el 23C-1141-4 Se puede normalizar, Lbto. P/Pba. de
aislamiento siendo correcta. Prec. Cdo. -23C-1141-4 en SE- 101.

Abto. 23C-1141-10 SE-107 P.N.A. y Retirada T.L.

Cdo. 23C-1141-3 en SE-102 y checando Pot. correcto en sus 3 0.

POR LO QUE SE DA POR TERMINADO EL PRESENTE

CLAVE

ALIMENTADOR

FECHA

OPERADOR DE CABLES NORTE

FIRMA

PERSONAL PARA LOCALIZAR LA FALLA:

UN INGENIERO CL 2OB DE TURNO	\$ 47,835.00
------------------------------	--------------

**CUADRILLA DE INSTALACION CABLE
SUBTERRANEOS**

UN SOBRESTANTE B CLA	\$ 36,754.00
UN EMPALMADOR A CLA	\$ 32,880.00
UN EMPALMADOR C CLA	\$ 27,943.00
UN PRACTICANTE DE EMPALMADOR CLA	\$ 25,026.00

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

UN SOBRESTANTE B CLA	\$ 36,754.00
UN EMPALMADOR A CLA	\$ 32,880.00
UN EMPALMADOR C CLA	\$ 27,943.00
UN PRACTICANTE DE EMPALMADOR CLA	\$ 25,026.00

PERSONAL PARA NORMALIZAR
MANIOBRAS CUADRILLA TURNO DE
OPERACION CABLES SUBTERRANEOS

UN ENCARGADO DE MANIOBRAS	\$ 36,309.00
UN MECANICO A CLA	\$ 30,602.00
UN MECANICO B CLA	\$ 27,426.00
UN MECANICO C CLA	\$ 25,026.00

MATERIAL UTILIZADO EN LA
REPARACION

UN FUSIBLE 23C-25K-SC-SMD20 (TIPO POSTE)	\$131,685.00
DOS UNIONES RECTAS 23 TC IX50 (2X256.370)	\$512,740.00
SEIS METROS CABLE 23 TC 1X50 (6X46.709)	\$280,254.00
<u>TOTAL SALARIOS Y MATERIAL</u>	\$ 1.166.645.00

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	\$ 26,484.00
UN OPERADOR DE REDES	\$ 41,860.00

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

UN ENCARGADO DE MANIOBRAS	\$ 36,309.00
UN MECANICO A CLA	\$ 30,602.00
UN MECANICO B CLA	\$ 27,426.00
UN MECANICO C CLA	\$ 25,026.00

CUADRILLA DE LINEAS AEREAS

UN LINIERO A CLA	\$ 32,680.00
UN LINIERO C CLA	\$ 29,504.00
UN AYUDANTE CLA	\$ 26,321.00

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

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 que cada tema es tan amplio y tan complejo que para abarcarlo correctamente sería necesario realizar un trabajo aparte.

Después de lo expuesto anteriormente podemos concluir lo siguiente:

Se utilizan sistemas de distribución subterránea en lugar de sistemas aéreos cuando se requiere principalmente de una alta confiabilidad y continuidad de servicio, pasando por alto el costo del sistema.

Se han desarrollado diferentes tipos de redes para que el proyectista pueda disponer de aquélla que se apegue más a las características de la zona en que se va a emplear un sistema eléctrico de distribución subterránea, la red seleccionada debe cumplir las siguientes características: confiabilidad, continuidad y además debe de contemplar la densidad de carga y la tasa de crecimiento.

Los criterios utilizados para definir la estructura a utilizar en una red son: En zonas habitacionales, con densidades de carga bajas y con tasas de

crecimiento iniciales altas, se utilizan las Redes Radiales. En zonas comerciales y de oficinas con densidades de carga altas y tasas de crecimiento iniciales bajas se utilizan las Redes Automáticas.

El diseño preliminar definitivo para una zona específica puede ser variable porque depende del criterio propio del proyectista, el cual decide apoyándose en las normas Nema, en la densidad de carga, factor de utilización, caída de tensión, pruebas de invierno, cálculo del año de saturación, condiciones de emergencia y sobre todo en la confiabilidad que tendrá el sistema.

El Mantenimiento Preventivo debe ocuparse de conservar en operación ininterrumpida al equipo de distribución eléctrica y de que éste trabaje lo más cerca posible de sus condiciones originales de eficiencia y seguridad. Para lo cual se debe contar con una considerable cantidad de información básica siempre a la mano y constantemente al día, para que constituya una guía de acción, dada la complejidad del equipo en uso. Para tal fin es necesario archivar toda clase de datos históricos con relación al equipo instalado, sus especificaciones y dibujos por las siguientes razones:

- 1.- Para tener antecedentes.
- 2.- Para poder efectuar un control.
- 3.- Para poder analizar eficazmente las características de operación del equipo.
- 4.- Para reconocer los síntomas que indican la acción preventiva.

- 5.- Los registros proporcionarán patrones y guías para los procedimientos de corrección de fallas.

Tal información se maneja por medio de dos categorías básicas de trabajo que implican papeles:

- 1.- Tarjetas para la atención al equipo, que indican las necesidades de mantenimiento del mismo, los antecedentes relativos a reparaciones anteriores, incluyendo, partes, horas de trabajo, meses, etc.
- 2.- Ordenes de trabajo de Mantenimiento escritos para ser, ejecutadas a través de las tarjetas del inciso (1) y ordenes de reparación que incluyan una descripción del trabajo. Esta información se pasa posteriormente a las tarjetas correspondientes.

Todo lo anterior implica un volumen de trabajo de oficina muy considerable. Sin embargo, sin ello sería improbable que los trabajadores pudieran ser utilizados eficientemente al igual que el equipo, con lo cual éste mantendrá una vida prolongada, frustrando así los efectos de las fallas, antes de que sean necesarias las reparaciones costosas.

Lo que determina la frecuencia y amplitud de las rutinas de mantenimiento es un asunto muy discutido y no hay una única respuesta, pues existen muchos casos en la práctica que caen entre los extremos de llevar a cabo un servicio, hasta que hay un estado de emergencia por un lado, y

hacerlo antes de que haya señales de hacerlo por el otro. Se puede afirmar sin embargo, que tanto la frecuencia como la amplitud del mantenimiento debe basarse sobre:

- 1.- La investigación de las fallas que haya sufrido al equipo con anterioridad, su frecuencia, gravedad y la pérdida total, ocasionada por tales fallas.
- 2.- El análisis de las causas, de las dificultades, como mala hermeticidad, mala rigidez dieléctrica, contaminación, corrosión, ajustes mal hechos, mala limpieza o inspección.
- 3.- Las condiciones adversas de trabajo o del medio relacionadas con la falla.
- 4.- Condiciones de operación del equipo, normales o anormales.
- 5.- Tiempo en servicio (antigüedad del equipo).
- 6.- Las suposiciones prudentes cimentadas en lo anterior acerca del deterioro o las fallas que pueden ocurrir sino se toma la acción adecuada para corregirlas.

Los programas deben ser revisados periódicamente, para que las recomendaciones originales se puedan ajustar de acuerdo con la experiencia

posterior relativa a cambios, con las condiciones de operación. Además para lograr tan buen mantenimiento preventivo se requiere de que las partes de repuesto estén a la mano cuando se necesiten, para así poder aislar condiciones de operación incorrectas, además de materiales defectuosos.

Si llevamos correctamente a cabo todo lo anterior podemos decir que el mantenimiento correctivo se reducirá al mínimo, por lo que los sistemas eléctricos de distribución contarán con una alta confiabilidad y continuidad de servicio.

Cuando se requiere proteger un sistema subterráneo contra sobretensiones 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.

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.

También la caída de tensión es un problema fuerte que se puede presentar y que debe cuidarse adecuadamente, ya que afecta directamente el funcionamiento del equipo. Por lo que la caída de tensión no deba exceder el

límite del 3% del voltaje total y la forma más común para evitar la caída de tensión es aumentar el calibre del conductor.

Todos los datos que se manejan en éste trabajo están basados en información y normas proporcionadas por la Cía. de Luz y Fuerza, S.A.

Por lo tanto con todo lo expuesto podemos decir que éste trabajo cumple con su objetivo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Apuntes Sobre Redes de Distribución
Operación Ciudad.**
- 2.- Generalidades Sobre Sistemas Subterráneos de Distribución.
Ing. Carlos A. García Gamma**
- 3.- Actualización Sobre Temas Selectos de Distribución.
Tomo I I.
Ing. Roberto Espinoza y Lara**
- 4.- Apuntes Sobre Redes Automáticas.
Ing. R. Espinozas Tamez**
- 5.- Normas de Trabajo del Departamento de Cables Subterráneos.**
- 6.- Normas Técnicas de Materiales
Compañía de Luz y Fuerza, S.A.**
- 7.- Transmission and Distribution
Westinghouse.**

8.- Diseño de Sistemas Eléctricos.

Lazar Irwin.

Editorial LIMUSA.

9.- El Arte y la Ciencia de la Protección.

C. Russell Mason

Editorial CECSA.

10.- Análisis Moderno de Sistemas.

Enríquez Harper G.

Editorial LIMUSA.

11.- Fundamentos de Protección.

Enríquez Harper G.

Editorial LIMUSA.

12.- Instalaciones Eléctricas.

Enríquez Harper G.

13.- Análisis de Sistemas de Potencia.

W.D. Stevenson

Editorial McGraw-Hill.