



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DISEÑO, OPERACION Y PROTECCION DE INSTALACIONES
ELECTRICAS INDUSTRIALES"

"CALIDAD Y EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE
DISTRIBUCION DE RED SUBTERRANEA"

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

HUGO GABRIEL ARCOS GARRIDO

ASESOR: ING. MARIA DE LA LUZ GONZALEZ QUIJANO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño, operación y protección de instalaciones eléctricas
industriales.

"Calidad y eficiencia en los sistemas eléctricos de
distribución de red subterránea"

que presenta el pasante: Hugo Gabriel Arcos Garrido

con número de cuenta: 9221993-7 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 31 de octubre de 2003

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>MI Benjamín Contreras Santacruz</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Ma de la luz González Quijano</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Jose Gustavo Orozco Hernández</u>	<u>[Firma]</u>

Una muestra de agradecimiento:

Para toda mi familia, a mi padre por enseñarme a valorar las cosas y ser consistente, a mis hermanos por confiar siempre en mí, a mi pareja por estar siempre conmigo, pero en especial a mi madre porque nunca dejó de creerme y siempre tuve su apoyo y confianza incondicionalmente. Y a mi hija por ser lo más maravilloso que me ha sucedido en la vida. Porque gracias a todos he podido lograr mis metas, siendo ellas y ellos, siempre y por siempre parte fundamental en mi vida.

Mil gracias, LOS AMO.

A mis maestros y amigos por sus enseñanzas y apoyo.

Y porque gracias a ellos he llegado hasta el final.

Y con respeto y orgullo a mi querida institución
"Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán",
"Universidad Nacional Autónoma de México",
LA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS.....Goya.

ÍNDICE

Capítulo I

Introducción.	3
---------------	-------	---

Capítulo II

Calidad en el suministro de energía eléctrica.

2.1	Disturbio en el sistema.	.....	7
2.2	Distorsión armónica.	.....	12
2.3	Conexión a tierra.	.....	19
2.4	Control de calidad.	.....	21
2.5	Proceso de atención de una interrupción.	.....	23

Capítulo III

Elementos de falla.

3.1	Elementos de falla.	.....	26
3.2	Tipo de fallas más comunes en los cables aislados de mediana y de baja tensión.	.....	27
3.3	Causas que originan las fallas.	.....	31
3.4	Método práctico para el diagnóstico de fallas.	.....	34
3.5	Recolección de muestras para ser examinadas.	.....	35
3.6	Examen de las muestras.	.....	37

Capítulo IV

Localización de fallas en cables subterráneos de energía de mediana tensión.

4.1	Prologo.	.....	41
4.2	Cualidades de la red para facilitar la localización.	.....	42
4.3	Medios de seccionamiento.	.....	46
4.4	Detector de fallas.	.....	48
4.5	Método y equipo adecuado para localizar fallas en cables subterráneos.	.....	57
4.6	Localización de fallas por observación.	.....	71

Capitulo V

Pruebas de recepción y puesta en servicio de instalaciones subterráneas.

5.1	Pruebas de recepción.	.....	76
5.2	Puesta en servicio (energizar) la red de distribución.	.....	78

Conclusiones.	81
---------------	-------	----

Anexo.

Equipos y materiales usados en red subterránea.	84
---	-------	----

Bibliografía.	99
---------------	-------	----

TEMA:

*CALIDAD Y EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS
DE DISTRIBUCIÓN DE RED SUBTERRÁNEA.*

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

México es un país que desde hace algunos años se encuentra en desarrollo social y económico, por lo que requiere de un suministro constante, suficiente y eficiente de energía eléctrica. En todos los tiempos la Tecnología ha sido el motor del progreso, durante milenios el avance de este fue demasiado lento pero desde hace algunas décadas ha llegado a tener un desarrollo muy importante, que ha transformado la realidad, esto ligado a todos los fenómenos de carácter económico, como es el comercio entre países que es fundamental para el desarrollo de todas las naciones. En la ciudad de México, la historia de las redes de distribución subterránea se divide en tres etapas:

PRIMERA ETAPA: Se inicia a principios de siglo pasado y termina en el año de 1950. En esta época la distribución por medio de líneas aéreas, se populariza la Tensión usada en el sistema de distribución de mediana tensión en el primario fue de 3kv y en el secundario 440v, 220v y 127v. Las instalaciones subterráneas son conocidas en México desde principios del siglo, en las calles de República de Guatemala y República de Argentina fueron encontrados cables instalados en el año de 1901. Las bóvedas para instalar equipos y transformadores sumergibles más antiguas datan del año de 1910.

Por lo cual el alumbrado público de las calles de Francisco I. Madero en el primer cuadro de la ciudad de México, se instalo en 1904 y se retiro en 1953 para dar paso a sistemas más modernos. En el año de 1942 y debido a las necesidades de continuidad en los servicios, el Ingeniero Emilio Leonards ejecutó el proyecto e instalación del sistema de distribución secundaria, tipo red automática, con cables trifásicos de papel y plomo, directamente enterrados.

SEGUNDA ETAPA: Se puede considerar en la década de 1951 a 1960, se caracteriza por la inquietud de ampliar y modificar los sistemas de distribución, así como presentar un aspecto estético aceptable para nuestra ciudad.

Al finalizar 1960 se tiene una potencia de 96,535 kVA instalada en la red subterránea y en la línea aérea una potencia de 65,500 kVA. Un hecho importante que sobresale en esta época es que en México se inicia la fabricación de equipos y materiales eléctricos.

TERCERA ETAPA: Comprende a partir del año de 1961 a la fecha y se encuentran involucrados los países atrasados y los medianamente industrializados; como lo es México, y fundan sus perspectivas de progreso en aprovechar mejor sus recursos naturales y sus energéticos, es así como en el petróleo y en la energía eléctrica, fundan la esperanza estos países en desarrollo para lograr su independencia económica y tecnológica. *Ver tabla No1 y 2.*

Tabla 1: Crecimiento de la población y la capacidad de generación eléctrica en la república mexicana. En lo que corresponde a los últimos 100 años.

AÑO	POBLACIÓN EN MILLONES DE HABITANTES	CAPACIDAD INSTALADA EN MW.	WATTS/HAB.
1900	13.6	20	1.47
1910	15.1	110	7.28
1920	14.3	120	8.39
1930	16.5	510	30.9
1940	19.6	681	34.74
1950	25.7	1,235	48.05
1960	34.9	3,048	87.33
1970	48.2	7,414	153.81
1980	66.8	14,250	213.32
1990	81.1	25,299	312
2000	97.5	36,696.3	376.37

Tabla 2: Crecimiento de la población y la capacidad de generación eléctrica en la república mexicana. En lo que corresponde a los últimos 5 años.

AÑO	POBLACIÓN EN MILLONES DE HABITANTES	CAPACIDAD INSTALADA EN MW	WATTS/HAB.
1998	92.8	35,255.6	379.9
1999	95.3	35,666.3	374.25
2000	97.5	36,696.3	376.37
2001	98.2	38,518.5	392.24
2002	99.4	43,534	437.96

La energía eléctrica en México tiene una vital importancia en el progreso económico y social, al influir directamente en el desarrollo industrial, que es la base de la economía nacional, y que, para satisfacer este desarrollo el servicio es proporcionado por una entidad del estado con carácter de servicio público.

1.1.- FUTURO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En México el crecimiento Demográfico es una forma irregular, la mayoría de la población se encuentra en las grandes ciudades con la cual se presenta el problema de tener mayor cantidad de bienes y servicios que satisfacer en un área pequeña, por ejemplo el DF. que cuenta con una población de +/- 9 millones de habitantes., un servicio social como lo es el metro que transporta diariamente +/- 4.7 millones de usuarios, por lo cual no puede tener interrupciones de energía eléctrica constantemente y cuando llega a ver interrupción el tiempo de esta es mínimo del orden de 0 a 10 minutos, en la industria el avance ha sido considerable en el ramo de la Industria Metalúrgica y de la Industria del Petróleo, por lo cual en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico una gran cantidad de equipo que no es tan tolerante a estas variaciones. Esto ha incluido una gran cantidad de equipo que es controlado electrónicamente.

Algo de control se hace directamente a través de electrónica de conversión de potencia, como son impulsores de C.A., C.D., y fuentes de energía conmutadas, además del equipo electrónico que está en los controles periféricos, como computadoras y controladores lógicos programables (PLC). Con la disponibilidad de estos complejos controles, se desarrolló un control de proceso mucho más preciso, lo que hace a esto aún más susceptible a los efectos de los disturbios en el sistema eléctrico.

Los disturbios en los sistemas que se han considerado normales durante muchos años, ahora pueden causar desorden en los sistemas eléctricos industriales, con la consecuente pérdida de producción. Adicionalmente deben tomarse en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable, mismas que anteriormente no se consideraban significativas.

CAPITULO II

CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La calidad del servicio en el suministro de Energía Eléctrica, se define como el conjunto de características de un elemento que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas, según Norma mexicana NMX-CC-001.

Los límites establecidos por la ley del servicio público de energía eléctrica en su artículo 18 para proporcionar energía eléctrica son:

- I.- Que la frecuencia sea de 60 Hertz con una tolerancia de +/- 0.8 %
- II.- Que las tolerancias en los valores de las tensiones de alta, mediana y baja no excedan de +/- 10% por ciento.

La calidad de la energía eléctrica se discute en términos de tres categorías importantes las cuales son:

- a.-) Disturbio en el sistema.
- b.-) Distorsión Armónica.
- c.-) Conexión a tierra.

2.1.- DISTURBIO EN EL SISTEMA.

Los disturbios en el sistema son variaciones generalmente temporales en la tensión del mismo, que pueden causar mala operación o fallas del equipo. La variación de frecuencia puede ocasionalmente ser un factor en los disturbios, especialmente cuando una carga es alimentada por un generador de emergencia y ocurre un desequilibrio entre la carga de la planta industrial y la generación debido a la pérdida del suministro eléctrico.

Sin embargo, cuando el sistema eléctrico de generación del usuario está interconectado a una red de potencia relativamente fuerte, la variación de frecuencia en la planta del usuario resulta significativa para su planta de generación.

2.1.1.- DISTURBIO POR SOBRETENSIONES TRANSITORIAS.

Las sobretensiones transitorias se refieren a variaciones en la forma de onda de tensión, que dan como resultado condiciones de sobretensión durante una fracción de ciclo de la frecuencia fundamental (ver Fig. 1). Las fuentes comunes de estos transitorios son los rayos, operación de los dispositivos de interrupción de los sistemas eléctricos, y el arqueo de conexiones flojas o fallas intermitentes, las consideraciones claves se resumen como sigue:

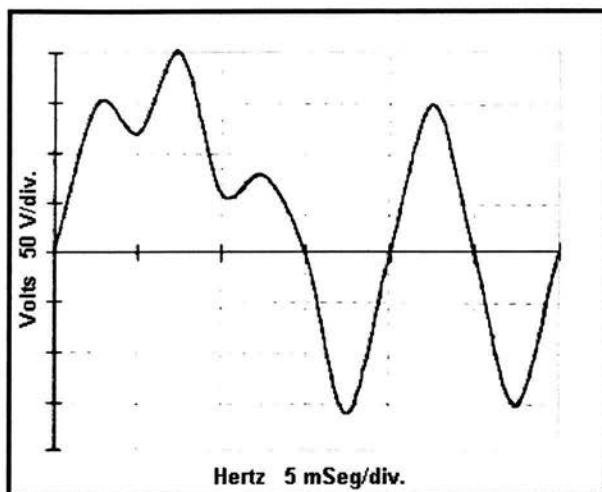
1) Para equipo eléctrico tradicional, estas sobretensiones han sido manejadas diseñando el equipo para soportar sobretensiones de magnitudes de varias veces la tensión pico normal y al mismo tiempo aplicar pararrayos y algunas veces capacitores para frente de onda con objeto de asegurar que las tensiones no excedieran los niveles de diseño del equipo

2) El equipo electrónico generalmente no tiene la misma capacidad de aguante como los equipos eléctricos más tradicionales. De hecho, el uso de pararrayos que limitan los transitorios a dos o tres veces la tensión nominal pico puede no proporcionar una protección adecuada a este equipo. En este caso, los dispositivos de protección contra frente de onda para equipo electrónico pueden necesitar reactores en serie, capacitores en paralelo, y/o dispositivos electrónicos, además de pararrayos resistivos no lineales, para proporcionar una protección adecuada. Cuando no se logra esta protección pueden ocurrir fallas o mal funcionamiento.

3) La conmutación de bancos de capacitores, ya sea en planta industrial o en la red del sistema eléctrico, puede causar el funcionamiento defectuoso de algunos equipos. En años recientes, se han vuelto un problema común asociado con el disparo inexplicable de muchos impulsores de c.a. pequeños. Muchos de estos impulsores están diseñados para desconectarse de la línea por una sobretensión del 10 al 20% con duración de una fracción de ciclo. Ya que muchos bancos de capacitores de empresas eléctricas son conmutados diariamente, este problema podría ocurrir muy frecuente.

Esté indeseable problema de disparo puede usualmente remediarse agregando un reactor en serie con el dispositivo sensible, o modificando su característica de disparo. Otras soluciones pueden incluir la reducción del transitorio en el banco de los capacitores. La operación de los capacitores se asocia también ocasionalmente, con el funcionamiento defectuoso o falla de otros equipos además de los controladores.

Figura 1. Ejemplo de sobretensión transitoria.



2.1.2. - DISTURBIOS POR BAJA TENSIÓN MOMENTÁNEA

Las caídas de tensión momentáneas se han vuelto un problema común en los años recientes, produciendo efectos que van desde el parpadeo de relojes digitales en los hogares, hasta procesos industriales interrumpidos. Esta es una condición, que típicamente ocurre cuando se inicia una falla en el sistema eléctrico y dura hasta que la falla sea eliminada por un dispositivo de sobrecorriente. La falla puede ocurrir en la planta industrial o en el sistema de la empresa eléctrica. Este tipo de condición puede ocurrir también durante el arranque de grandes motores. Muchos productos eléctricos no están hechos para ajustarse a estas condiciones de baja tensión temporal.

Esta condición temporal tiende a ocurrir en el orden de diez veces más frecuentemente que una interrupción total de energía. Los factores importantes al tratar con bajas tensiones momentáneas, se resumen como sigue:

- 1) En una planta industrial, las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) frecuentemente son los equipos más sensibles al bajo voltaje. Típicamente se extinguen a tensiones en el rango del 85 al 90% de la nominal por períodos tan cortos como de 1 ciclo, y toman varios minutos para reencender. Una forma de minimizar este efecto es utilizar alumbrado HID que tenga capacidad de reencendido instantáneo, o utilizar bulbos de cuarzo con lámparas de HID. El bulbo de cuarzo enciende inmediatamente y se apaga aproximadamente 10 minutos después.

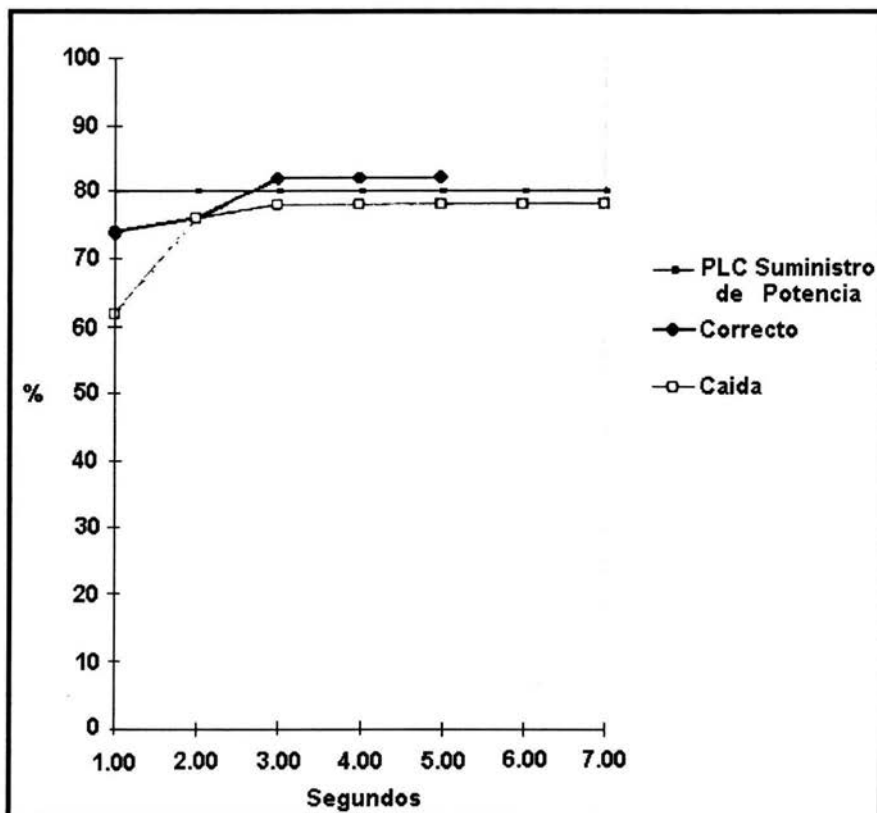
Cualquiera de los dos métodos podría emplearse en aproximadamente el 10% de los lugares con alumbrado por HID en una planta industrial, para proporcionar un alumbrado temporal hasta que las luces HID vuelvan a encenderse. Es posible también obtener balastras reguladas que pueden ajustarse a la baja tensión hasta del 50%.

2) Los PLC's que se utilizan para controlar dispositivos tales como impulsores de c.d. y de c.a. pueden apagar los dispositivos cuando hay tensiones del orden del 80 al 85% de la nominal. Esto puede mejorarse, para condiciones momentáneas de baja tensión, proporcionando control instantánea de tensión para el PLC a través de un regulador o una fuente de alimentación ininterrumpible (UPS). *En la figura 2*, se proporciona un ejemplo de mediciones de caída de tensión en una instalación industrial, donde se indican los eventos que provocaron el paro de la línea de proceso. La fuente de alimentación del PLC será la componente clave en la capacidad de adaptación de la línea de proceso ya que se dispararía durante una caída de tensión al 81% del nominal. En realidad tiene mejor adaptación para eventos de corta duración.

3) Los impulsores de c.a. y c.d. están típicamente diseñados para operación continua, con variaciones de tensión de + 10% a - 5% hasta - 15%. Fuera de este rango, el impulsor puede no ser capaz de mantener la velocidad u otros parámetros que son críticos para el proceso, y que pueden llevar a un paro.

La duración y magnitud de la caída de tensión que puede causar que eso suceda varía de dispositivo a dispositivo. Adicionalmente, aún si el impulsor estuviera diseñado para ajustarse a esta condición, el producto que se está haciendo en el proceso puede resultar dañado, o sufrir en su calidad al grado de que no sea aceptable para su uso. Sin embargo, la inercia del motor ayudará a sobrellevar satisfactoriamente ese tipo de eventos. Si el proceso no es afectado por esta condición de transitorio, entonces pueden darse consideraciones para equipar el impulsor con re arranque automático. (La seguridad y el daño a los equipos son factores determinantes para decidir si el re arranque automático es apropiado).

Figura 2. Ejemplo de bajas tensiones momentáneas.
Resumen de eventos, % de tensión contra duración (seg).



4) Las bobinas de contactores de motores generalmente se desactivan para tensiones en el rango de 50 a 75% con duraciones de 1 a 5 ciclos. Si es necesario, para condiciones momentáneas de baja tensión, esto puede mejorarse proporcionando regulación de tensión instantánea a la bobina.

5) Si el 100% de las bajas tensiones incluyen tensiones del 90% o menos, los estudios del sistema han demostrado típicamente que en forma aproximada:

- a) El 30% de las bajas tensiones incluyen tensiones del 80% o menos.
- b) El 15% de los mismos abarcan tensiones de 70% o menos.
- c) El 5% de ellos incluyen tensiones de 60% o menos.

Estos valores ilustran cómo las mejoras relativamente menores en la capacidad de adaptación pueden reducir significativamente la cantidad de disturbios por baja tensión. Por ejemplo, la mejora de la capacidad de adaptación de un dispositivo particular desde 80 a 70% típicamente recortaría el número de eventos de disturbio en un 50% yendo de 80 a 60% reduciría el número en más del 80%.

6) El 80% de estos eventos tienen duraciones de menos del 0.2-0.5 seg. Los sistemas de transmisión tienden a tener tiempos de eliminación más rápidos que los sistemas de distribución, pero esto está en función de las prácticas de coordinación de protecciones de la empresa eléctrica.

Para diseñar la capacidad adecuada de adaptación en un equipo eléctrico, es importante conocer la magnitud, duración y frecuencia que se espera para las condiciones de baja tensión momentánea. Las instalaciones alimentadas por la red de distribución de empresas eléctricas tienen más posibilidades de tener mayor duración y frecuencia, en comparación con las alimentadas por sistemas de transmisión. La empresa eléctrica local sería capaz de proporcionar información más detallada para un punto particular de servicio.

Dependiendo de las circunstancias, la empresa eléctrica puede ser capaz de reducir la cantidad de eventos mejorando el podado de árboles, agregando guardas contra los animales, mejorando la conexión a tierra, con pararrayos, y con métodos revisados de coordinación contra sobrecorrientes. La duración de los eventos puede también reducirse revisando estos métodos de coordinación para sobrecorriente.

2.1.3.- INTERRUPCIONES DE SERVICIO.

La pérdida completa de energía en una instalación es generalmente de un orden de magnitud menos frecuente que un disturbio por baja tensión momentánea. Sin embargo, si la frecuencia es suficientemente significativa, entonces deben tomarse las medidas para tener una fuente alterna disponible suficiente a la carga por alimentar.

2.2.- DISTORSIÓN ARMÓNICA.

La distorsión armónica describe la variación en estado estacionario o continuo en la forma de onda de la frecuencia fundamental. Para esta condición de estado estacionario las frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

Los síntomas típicos de problemas de armónicas incluyen disparo en falso de fusibles, disparos inexplicables de interruptores, sobrecalentamiento de transformadores y de motores, funcionamiento defectuoso de impulsores, relevadores, computadoras, etc.... La siguiente reseña proporciona un breve resumen de las tendencias y lineamientos con respecto a consideraciones de armónicas.

2.2.1.- SISTEMAS DE EDIFICIOS PEQUEÑOS COMERCIALES Y DE OFICINA.

Los sistemas eléctricos de estos edificios, están compuestos en gran parte de cargas monofásicas que son alimentadas frecuentemente de una fuente de 4 hilos en estrella con neutro sólidamente conectado a tierra. Con las llegadas de las computadoras personalizadas y la fuente de alimentación conmutada a principios de los 80's, un porcentaje cada vez mayor de estos tipos de cargas son no lineales por naturaleza, es decir, producen armónicas.

Los dispositivos monofásicos generalmente exhiben las siguientes armónicas de la fundamental en la forma de onda corriente: 3,5,7,9,11,13,etc... (Esto incluye a todas las armónicas impares). En estos tipos de aplicaciones debe tomarse nota de los siguientes puntos.

- 1) Aún en condiciones de carga balanceada, las armónicas que son múltiplos de tres se sumarán en el conductor neutro. La tercera armónica es generalmente mucho mayor que el resto y es habitualmente más significativa. Un ejemplo de corriente fase y neutro con un gran contenido de armónicas monofásicas produciendo cargas *se ilustra en las figuras de la 3 a la 6*.
- 2) Los transformadores alimentadores conectados en delta-estrella con neutro a tierra bloquearán la mayoría de las corrientes de tercera armónica y sus múltiplos, evitando que fluyan hacia el sistema de alta tensión. Consecuentemente, esta conexión es preferida en esta aplicación.
- 3) Debido a las corrientes de neutro potencialmente altas en esta aplicación, un conductor neutro común puede dimensionarse tanto como al doble de los conductores de fase o llevar neutros separados por fase.
- 4) Los transformadores necesitan ser dimensionados o corregidos para manejar las altas corrientes armónicas. Esta es la aplicación principal de los transformadores clasificados con factor K.
- 5) Se recomienda interruptores de operación con corriente RMS real.
- 6) Pueden aplicarse filtros a las cargas para reducir las armónicas a lo largo del sistema. Esto puede reducir la clasificación del factor K necesario de transformador, así como los requerimientos de corriente neutro.
- 7) Pueden emplearse transformadores en zig-zag o estrella- delta para atrapar las armónicas de secuencia cero tales como $h = 3,6,9$ etc. Esto reducirá el trabajo en el equipo antes del transformador.

Figura 3. Corriente de fase A (aprox. 100% Irms)

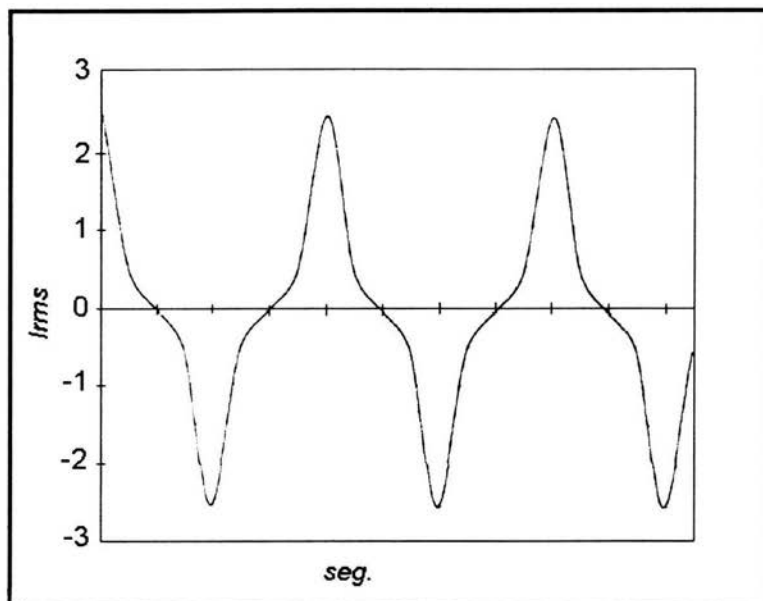


Figura 4. Corriente fase B

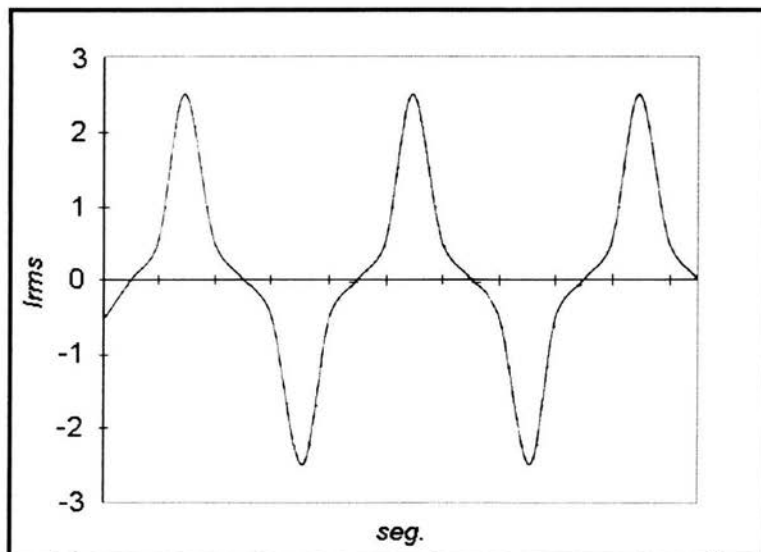


Figura 5. Corriente fase C

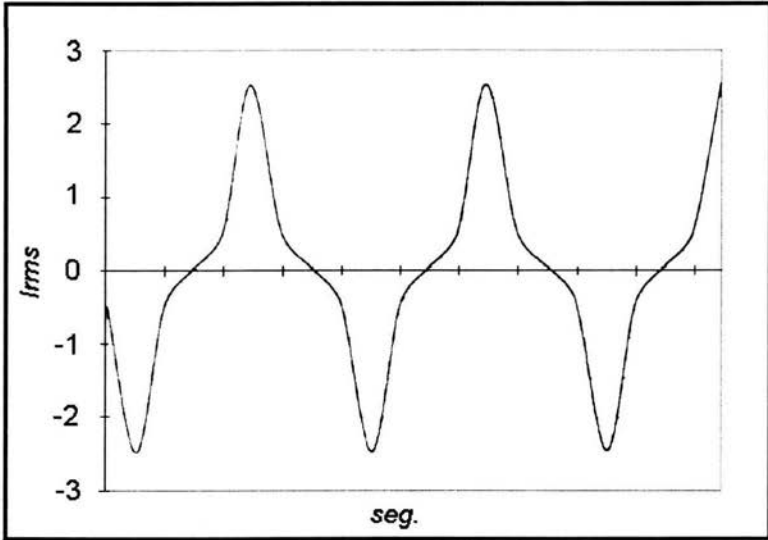
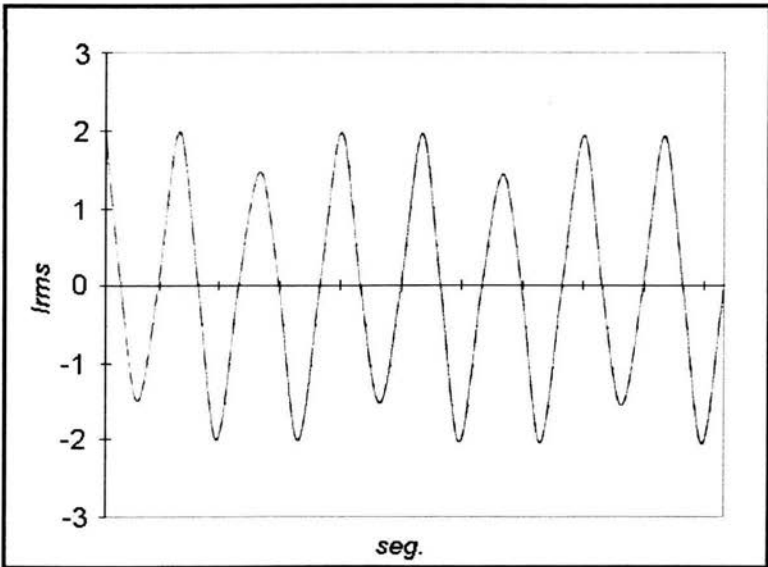


Figura 6. Corriente del Neutro (Aprox. 180% I_{rms})



2.2.2.- SISTEMAS COMERCIALES E INDUSTRIALES GRANDES.

Los sistemas eléctricos comerciales e industriales grandes están compuestos por cargas trifásicas en su mayoría por impulsores de corriente alterna c.a. y de corriente directa c.d., otros dispositivos rectificadores, y circuitos de calentamiento controlados eléctricamente, las armónicas de corriente que son características de las cargas trifásicas más continuas son las armónicas impares, excepto para múltiplos de tres (5, 7, 11, 13, etc..). En este tipo de aplicaciones cabe destacar los siguientes puntos.

1) En el problema de la corriente del neutro de tercera armónica no es generalmente una consideración en otras aplicaciones.

2) Ocasionalmente se aplicarán dispositivos trifásicos pequeños. Esto tiene además armónicas pares como parte de sus características (es decir, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13,..etc.). Estos tipos de dispositivos han sido rara vez empleados en los últimos años debido a su componente de c.d., que puede provocar calentamiento significativo del transformador.

3) Si los kVA de carga que producen las armónicas es menor al 30% de los kVA de capacidad del transformador, la distorsión de tensión típicamente será menor de .5% en el secundario del transformador, cuando no existen capacitores en paralelo del sistema.

4) La distorsión armónica puede reducirse generalmente siguiendo las guías que se describen a continuación:

a.- No utilizar dispositivos de 3 pulsos o controladores eléctricos que empleen configuraciones de SCR y diodos, debido a las armónicas pares que producen.

b.- Utilizar reactores de c.d., reactores de c.a., o transformadores con impulsores de ondeo de pulso modulado (PWM) para reducir las armónicas de más bajo orden (es decir, 5ª y 7ª armónica). Al comprar equipo nuevo de 6 pulsos, especificar $I_{TDH} < 40\%$. Un ejemplo de la distorsión de corriente con y sin reactor de entrada es el ilustrado en la *tabla 3*.

c.- Cuando en una planta se utilizan varios transformadores para alimentar muchos impulsores, considerar emplear conexiones delta-delta y delta-estrella. Esto reducirá las armónicas 5ª, 7ª, 17ª, 19ª. etc.

d.- Utilizar 12 impulsores o más para impulsores o rectificadores grandes.

Tabla 3 Ejemplo de espectros de corrientes armónicas en impulsores (PWM)

Armónicas	Alta distorsión sin reactores	Distorsión reducida con reactores
1	100.0%	100.0%
3	5.2%	1.9%
5	71.9%	25.0%
7	43.1%	11.0%
11	9.3%	7.5%
13	5.7%	5.0%
17	6.5%	4.4%
19	2.0%	3.2%
23	3.2%	2.6%
25	1.8%	2.0%
THD	85.2%	29.6%

5) En instalaciones de baja tensión donde se aplican capacitores para corrección de factor de potencia, se consideran típicamente las siguientes guías:

a.- Si los kVA de carga que producen las armónicas son menores al 10% de los kVA de capacidad del transformador, pueden aplicarse los capacitores sin preocuparse por distorsión excesiva.

b.- Si los kVA de carga que producen las armónicas son menores del 30% de los kVA de capacidad del transformador y la capacidad en kVAR de los capacitores es menor del 20% de los kVA de capacidad del transformador, pueden aplicarse los capacitores sin preocuparse por distorsión excesiva.

c.- Si los kVA de carga que producen armónicas exceden del 30% de los kVA de capacidad del transformador, los capacitores deben de emplearse como filtros.

6) En sistemas de media y baja tensión donde la distorsión armónica es excesiva pueden aplicarse bancos de filtros de capacitores para reducir dicha distorsión. Las configuraciones típicas de filtros para estas aplicaciones incluyen lo siguiente:

- * Filtro de 5^a armónica.
- * Filtro de 5^a y 7^a armónica.
- * Filtro de 5^a, 7^a, 11^a armónica.
- * Filtro de pasa alta de 5^a, 7^a, 11^a armónica.

El filtro de 5^a armónica es por mucho el más común. Donde existen armónicas de bajo orden, pueden emplearse filtros calibrados cercanos a la 3^a y 4^a armónica. Los otros arreglos de filtros más complejos y costosos sólo se utilizan cuando los niveles de distorsión lo dictan. A veces pueden ser necesarios filtros calibrados a otras frecuencias.

Cuando se determinan los requerimientos óptimos de filtros, deben de considerarse también en la evaluación las necesidades de factor de potencia.

2.2.3.- SISTEMAS DE LAS EMPRESAS SUMINISTRADORAS.

Las fuentes de distorsión armónica predominante vienen de las cargas empleadas por los usuarios de la empresa eléctrica. Se destacan los siguientes comentarios.

- 1.- Los niveles de distorsión armónica son generalmente mayores en el sistema eléctrico del cliente que en el de la empresa eléctrica.
- 2.- Donde no hay un usuario grande único o una carga productora de armónicas alimentada desde el sistema de distribución, generalmente es ventajoso distribuir pequeños bancos de capacitores en los alimentadores de distribución más que colocar un banco grande en un solo punto. Los bancos de capacitores distribuidos tienen el efecto de provocar diferentes puntos de resonancia, pero de magnitudes relativamente pequeñas comparados con un banco de capacitores y único.
- 3.- Es posible que las armónicas producidas por un consumidor causen problemas a otro alimentado del mismo sistema de distribución. Este tipo de problemas con frecuencia involucra resonancias con bancos de capacitores y normalmente se resuelve mejor tomando acción en la fuente de armónicas o direccionando los capacitores que puedan provocar resonancia.
- 4.- La interferencia telefónica es otro problema que ocasionalmente ocurre en los sistemas de distribución. Esto sucede cuando se alimentan cargas productoras de armónicas relativamente grandes desde un sistema de distribución (12 - 35 kV) y las líneas telefónicas y de distribución comparten el mismo derecho de vía. Nuevamente, esto se resuelve mejor tomando acción sobre la fuente de armónicas; aunque algunas veces se hace cambiando de lugar o eliminando los

capacitores instalados en la red de distribución. Está en función del acoplamiento entre las líneas eléctricas y telefónicas; pero, la mayoría de las veces, es muy poco lo que se logra respecto al arreglo físico de los conductores. Sin embargo, este contenido de alta frecuencia muchas veces identifica blindajes abiertos en los circuitos telefónicos. Una vez que el blindaje se corrige, el ruido normalmente se reduce en gran medida.

2.3.- CONEXIÓN A TIERRA.

Una conexión a tierra inadecuada, puede provocar lo que podría ser un problema marginal sea o no significativo. Los problemas de conexión a tierra generalmente ocurren en sistemas de 127V, también ocurren ocasionalmente en el nivel de 440 Volts, pero raramente en mediana tensión (>1,000 y hasta 35,000 Volts).

La puesta a tierra se hace principalmente por las siguientes razones:

1* Proteger al personal.

2* Reducir el daño ocasionado por los rayos.

3* Aislar un alimentador con falla.

4* Proporcionar una señal de referencia. Muchos de los problemas ocurren cuando se cometen errores de conexión a tierra y se trata de implantar el objetivo de proporcionar una señal de referencia con las mismas técnicas que se emplean para protección de personal y contra rayos.

Algunas de las consideraciones importantes con respecto a la conexión a tierra se resumen como sigue:

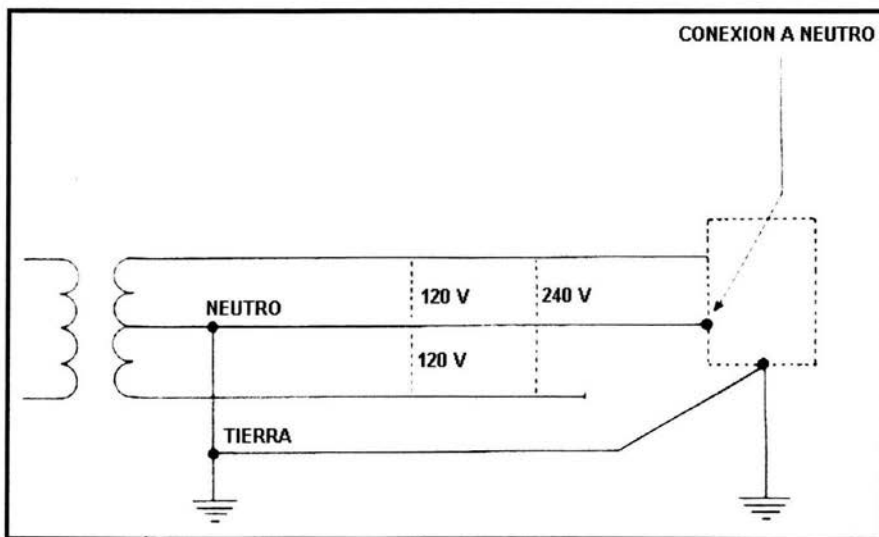
a.- Los circuitos integrados (chips), de estado sólido usualmente operan a tensiones en el rango de 5 - 12V. Señales extrañas en este rango de tensión o uno mayor pueden hacerlos funcionar mal o fallar.

b.- El conductor neutro debe estar conectado a tierra sólo en un punto, en el panel principal o en el secundario del transformador.

Aunque la NOM-001-SEMP-1994 requiere de esta conexión, las conexiones omitidas o inadecuadas de neutro a tierra son un problema común. Cuando el neutro se conecta a tierra en varios puntos, pueden ocurrir interferencias con dispositivos electrónicos sensibles debido a la operación normal de otros equipos en el sistema eléctrico, (ver figura 7).

- c.- Los conductores de potencia y de control no deben de correr físicamente en paralelo, especialmente no en la misma canalización (conduit).
- d.- Las cargas sensibles y las generadoras de disturbios no deben de compartir los conductores neutros y de tierra. Deben correrse hilos de color verde separados.
- e.- Es mejor emplear el hilo color verde para retorno de tierra. No debe confiarse de una canalización metálica (conduit), como retorno de tierra.
- f.- Cuando se necesitan consideraciones de conexión a tierra detalladas más allá de las descritas anteriormente para dispositivos electrónicos sensibles, una buena referencia es la Norma IEEE 1100 "el libro esmeralda "[18].

Figura 7. Ejemplo de conexiones erróneas del neutro a tierra.



2.4.- CONTROL DE CALIDAD.

Existe una mentalidad de calidad y por ende la responsabilidad que esta representa en todos los niveles de mando de los miembros de la organización. Todo esto llevará a una producción de bienes o servicios a niveles más económicos, que proporcionará con ello la completa satisfacción de los usuarios.

A medida que la industria en general se ha tornado más compleja, el control de la calidad de los servicios o bienes se ha vuelto prioritario y siendo la industria eléctrica tan importante para el desarrollo y sostenimiento de toda actividad humana, es imperativo proporcionar la más alta calidad en el suministro de energía eléctrica.

Para que una empresa de suministro de energía eléctrica pueda ser competitiva y eficiente; y a su vez se vea reflejada en la calidad, debe de realizar:

- 1.- ESTUDIO DE CARGAS.
- 2.- INGENIERÍA DE PROYECTO O DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN.
- 3.- COMPRAS.
- 4.- MANO DE OBRA.
- 5.- OPERACIÓN.
- 6.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO
- 7.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
- 8.- CONFIABILIDAD.
- 9.- NÚMERO DE INTERRUPCIONES POR USUARIO (NIU).
- 10.- TIEMPO DE INTERRUPCIÓN POR USUARIO (TIU).

1.- ESTUDIO DE CARGAS.- Es indispensable que los niveles de continuidad se establezcan de acuerdo con las prioridades de los consumidores.

2.- INGENIERÍA DE PROYECTO.- A este respecto, el diseño de una infraestructura adecuada y su protección son indispensables para ofrecer un servicio de energía eléctrica conforme a las prioridades de los consumidores.

Así mismo dentro de la ingeniería de proyecto deben considerarse como indispensables la creación y establecimiento de las especificaciones adecuadas a los equipos y estructuras diseñadas.

3.- COMPRAS.- Como en cualquier empresa, la calidad del servicio ofrecido dependerá también de la selección cuidadosa de los proveedores de materiales y equipos debiendo complementar estas medidas con un control adecuado de los bienes recibidos, ajustándose a las normas nacionales vigentes como a las propias de la empresa suministradora.

4.- MANO DE OBRA.- La instalación adecuada de los equipos jugará un papel fundamental en el control de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios, para lo cual se debe de considerar un 30% de recuperación por la depreciación de la herramienta.

5.- OPERACIÓN.- La operación correcta de los equipos y circuitos de acuerdo con las especificaciones y manual de operación será garantía que la calidad del servicio de energía se mantenga dentro de los niveles de continuidad establecidos.

6.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.- Todos los trabajos y programas de mantenimiento preventivo serán indispensables para conservar y operar el sistema en forma adecuada y por ende, respetar los niveles de continuidad.

7.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO.- Como se mencionó anteriormente, el sistema de distribución se encuentra sujeto por naturaleza a muchas causas de falla; sin embargo, una rápida y adecuada atención y reparación, cuando esto suceda, se verá reflejada la calidad del servicio. Debemos tener en cuenta siempre que la calidad y eficiencia deberá comprender desde el proyecto, hasta el servicio y atención, prestados a los usuarios.

8.- CONFIABILIDAD.- La confiabilidad de un sistema de suministro eléctrico ha sido definido como la posibilidad de proporcionar a los usuarios un servicio continuo de calidad satisfactoria.

La evaluación de la confiabilidad, comprende el percibir las interrupciones de los circuitos de distribución, registrar sus causas y efectos, condensar estos datos en un historial de interrupción y finalmente, utilizar esta información para mejorar su comportamiento presente y predecir su futuro. Esto es logrado mediante la utilización de los índices de confiabilidad y resúmenes de acontecimientos.

La confiabilidad del suministro de energía eléctrica esta en función de la frecuencia y duración de las interrupciones al servicio, por consiguiente su evaluación esta interrelacionada por el comportamiento del número de interrupciones por usuario (NIU), y del tiempo de interrupción por usuario (TIU).

9.- NUMERO DE INTERRUPCIONES POR USUARIO (NIU).- Es el número promedio de interrupciones tenidas por cada usuario durante un período especificado. Es calculado del historial de interrupciones dividiendo el numero total de usuarios afectados por las interrupciones sostenidas y no continuadas, acaecidas en el periodo, entre el total del número mensual de usuarios de cada uno de los periodos, por el número de meses del período.

10.- TIEMPO DE INTERRUPCIÓN POR USUARIO (TIU).- El TIU es la sumatoria del tiempo de interrupción del alimentador, durante un periodo de tiempo, multiplicado por el número de usuarios afectados dividido entre el número total de usuarios, los datos se obtienen del historial de interrupciones. Ver tabla 4.

Tabla 4. Fuente L y F.

Diciembre de 1999	27.63 min.
Diciembre de 2000	20.46 min.
Diciembre de 2001	17.68 min.
Diciembre de 2002	14.16 min.
Enero - Abril de 2003	2.97 min.

2.5.- PROCESO DE ATENCIÓN EN UNA INTERRUPCIÓN.

Paso 1:

Falla de un alimentador, inmediatamente el operador de la subestación le informa al operador de redes, sobre el alimentador que falló y la hora en que este alimentador salió del servicio.

Paso 2:

El operador de redes dirige las maniobras para dejar libre o seccionado el alimentador fallado, este a su vez le pasa la falla al departamento de cables subterráneos, en especial al Ingeniero de Turno, el cual le asigna un número de queja a esta falla para darle atención y continuidad a la misma.

Paso 3:

El ingeniero de turno recibe la queja y toda la información sobre las condiciones en que se encuentra dicho alimentador y la hora en que se le entrega, a partir de ese momento el Ingeniero de turno comienza a desplazar su personal para la atención y reparación de la falla, una vez localizada la falla en el terreno se procede a cortar la parte dañada, la cual será investigada para identificar el origen del daño, después de reparada la falla se le informa al operador de redes de los trabajos realizados y también que ya se encuentra en condiciones de normalizar dicho alimentador.

Paso 4:

El operador de redes se encarga con el operador de la subestación de normalizar dicho alimentador y le informa al Ingeniero de turno la hora en que entro a trabajar el alimentador y que tomo su carga sin ningún problema, y se da por terminada esta queja.

Como se puede observar se lleva una secuencia de trabajo desde que se produce la falla hasta que esta se repara y un control de los tiempos utilizados de seccionamiento, reparación, restablecimiento, y también se hacen estadísticas ya que se tiene un historial de las fallas, con el cual podemos asegurar al cliente una continuidad elevada, una calidad y eficiencia, también se ve que hay una relación y una comunicación constante entre estos dos departamentos.

CAPITULO III

ELEMENTOS DE FALLA.

3.1.- ELEMENTOS DE FALLA

Los elementos de falla en un sistema de distribución de energía eléctrica, son todos los componentes que intervienen en dicho arreglo, por los cuales circula corriente eléctrica.

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitirlas por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución.

Un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir la tensión al valor de utilización por los clientes y los circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor, los alimentadores primarios, las derivaciones de la alimentación troncal son trifásicas, las tensiones entre hilos varían según los sistemas de distribución, se tienen 6 kV y 23 kV.

Los circuitos secundarios son generalmente trifásicos, de cuatro hilos de 127 Volts entre fase y neutro, y 220 Volts entre fases.

Los arreglos que se tienen en mediana y baja tensión en redes subterráneas en la Ciudad de México son los mostrados en la *tabla 5*:

Tabla 5.

	Mediana Tensión		Baja Tensión
	23kV	6kV	220/127 Volts
RED RADIAL	X	X	X
RED RADIAL CON DERIVACIONES	X	X	X
RED RADIAL CON AMARRES	X	X	X
RED RADIAL EN ANILLO ABIERTO	X		
RED EN MALLA O AUTOMÁTICA			X

Los sistemas de distribución en la Ciudad de México han tenido un gran desarrollo principalmente en la zona centro donde se cuenta con varias redes (sistemas interconectados por alta o baja tensión) y en muchos fraccionamientos donde se tiene sistemas en anillo.

A continuación se presentan en la *tabla 6*, una relación de las redes que se tienen actualmente en la Ciudad de México:

Tabla 6.

NUMERO	RED	VOLTAJE (KV)	TIPO	ÁREA (KM²)	CAPACIDAD INSTALADA (MVA)
1	CENTRAL	23	AUTOMÁTICA	1.13	12.17
2	MERCED	23	RADIAL	1.5	12.3
3	JAMAICA	6	AUTOMÁTICA	0.61	11.1
4	RADIAL	6	RADIAL	1.29	24.4
5	C. DE ABASTOS	23	RADIAL	1.1	28.55
6	C. DE MARISCOS	23	RADIAL	0.35	63.5
7	FRACCIONAMIENTOS	23	ANILLO	95 FRACC.	24.1

3.2.- TIPOS DE FALLAS MÁS COMUNES EN LOS CABLES AISLADOS DE MEDIANA Y BAJA TENSIÓN.

Las fallas de un sistema subterráneo se pueden presentar en diferentes puntos de la trayectoria de estas redes, se presentan en terminales, equipos de operación o de seccionamiento, estas fallas tienen la particularidad de estar visibles, pero si se presentan en la canalización (en ductos o directamente enterrados), los cables presentan la particularidad casi siempre de que la falla sea no visible.

En los puntos siguientes se describirán las fallas más comunes que se presentan en los cables de mediana y baja tensión:

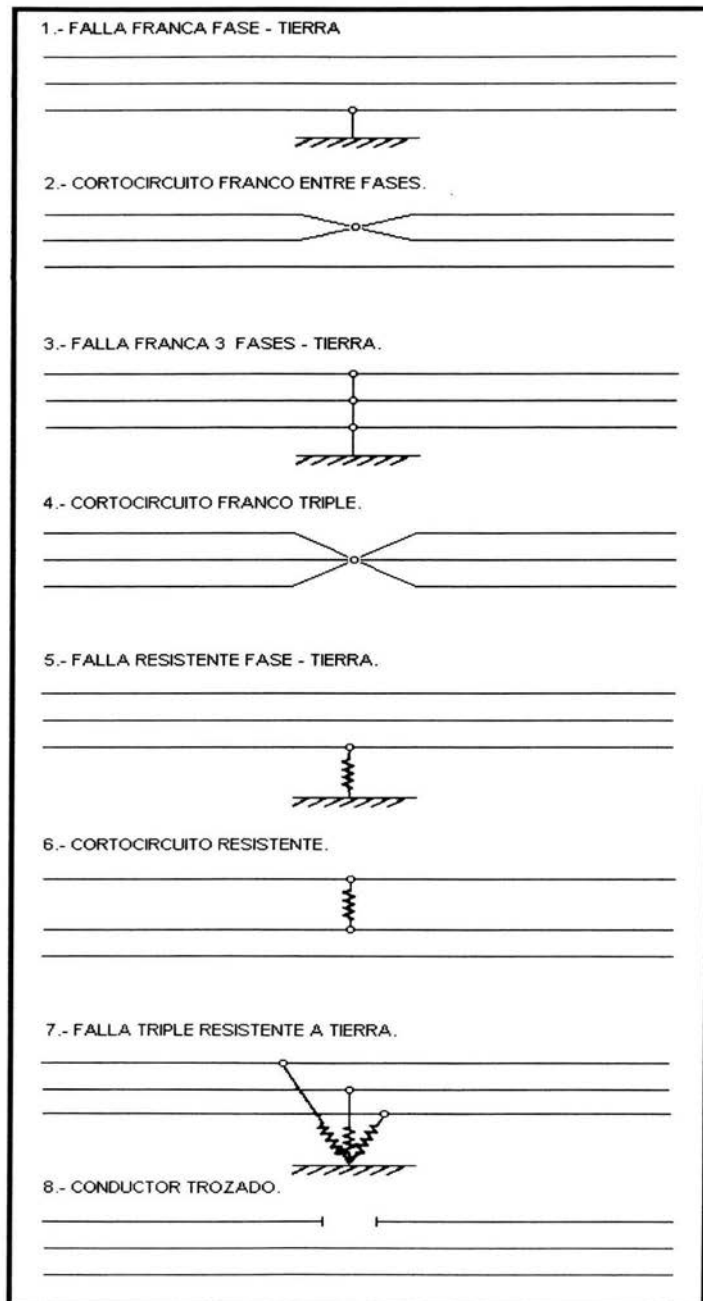
- A.- CONDUCTORES A TIERRA.
- B.- ENTRE CONDUCTORES.
- C.- CONDUCTORES TROZADOS.

3.2.1.- CONDUCTORES A TIERRA.

Cuando el dieléctrico de un cable aislado pierde sus características aislantes, pueden quedar con 1, 2 o 3 fases directas a tierra (o al neutro del circuito que esta conectado firmemente a tierra). Si la resistencia entre fases con "falla y tierra" es nula, se dice que la falla esta "franca" a tierra, si la resistencia tiene un valor considerable se dice que la falla es "resistente" a tierra.

Este tipo de falla se puede presentar en cualquier tipo de red de mediana o baja tensión excepto en una red secundaria en malla automática. (*Ver figura No. 8*).

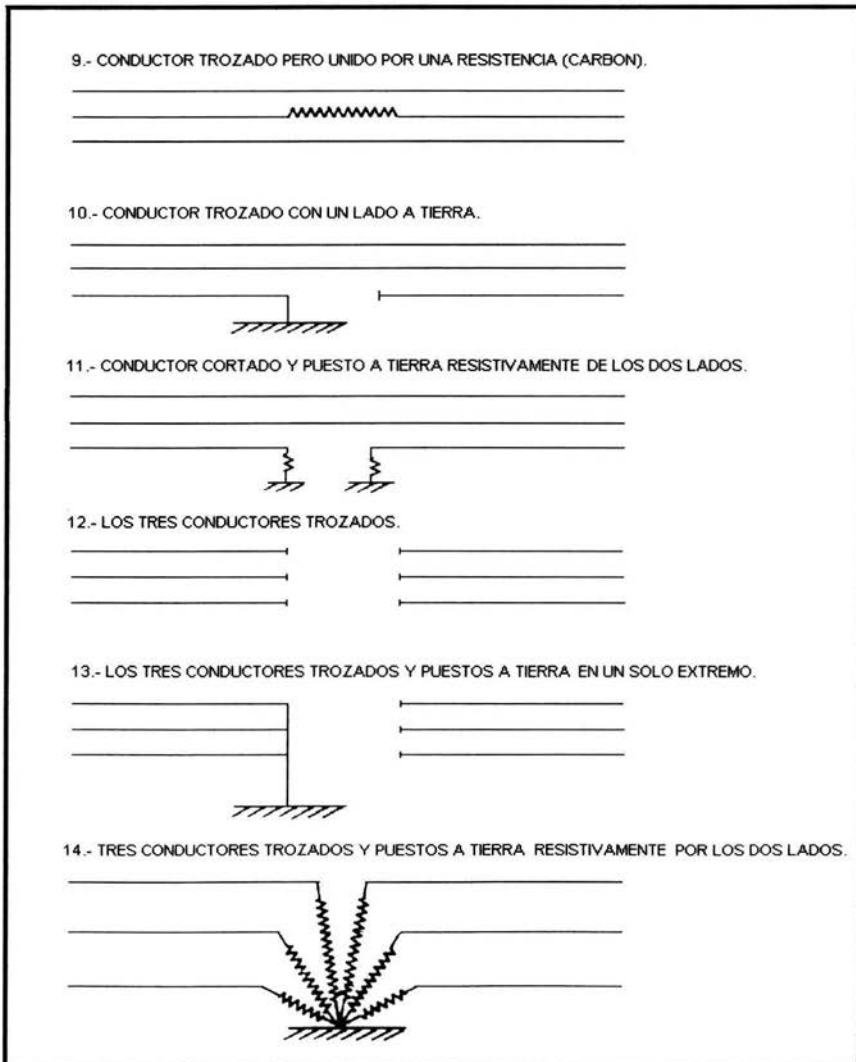
Figura 8. Tipos de falla.



3.2.2.- ENTRE CONDUCTORES.

En los cables trifásicos aislados al ocurrir una falla pueden quedar unidos dos o tres fases entre si aislados de tierra. Si la resistencia es considerable la falla es resistente entre si. Este tipo de falla se puede presentar en circuitos trifásicos de cualquier tipo de red de mediana y baja tensión excepto en una red secundaria en malla automática. (Ver figura No. 9).

Figura 9. Tipos de falla.



3.2.3.- CABLES TROZADOS.

Los cables trifásicos y monofásicos de mediana tensión pueden tener una falla en la que queden trozados y aislados en una, dos o las tres fases incluyendo en algunas ocasiones al neutro. Este tipo de falla puede presentarse en cualquier tipo de red principalmente en la red secundaria en malla automática (*ver figura 8 y 9*).

También puede presentarse esta falla pero con una, dos o tres fases resistentes a tierra ya sea en un extremo o en ambos. Este tipo de falla puede presentarse en cualquier tipo de red excepto en la red secundaria en malla automática.

3.3.- CAUSAS QUE ORIGINAN LAS FALLAS.

A continuación se da un listado de las causas posibles que pueden originar una falla en un cable subterráneo:

- a) Daño mecánico.
- b) Fallas en terminales y empalmes.
- c) Temperaturas excesivas.
- d) Efecto corona.
- e) Sobre tensiones.
- f) Daño por animales.
- g) Medios químicos.

3.3.1.- DAÑO MECÁNICO.

Este tipo de falla es generada o atribuida al manejo e instalación del cable, sus principales factores son: cortes, compresión o aplastamiento, pinchazón o abrasión. La manifestación de los daños pueden ser: alambres torcidos, pantallas rotas, cubiertas rotas, deformaciones internas por compresión o cortes.

Medidas preventivas que deben tomarse son: Al introducir el cable a la canalización, evitar cualquier tipo de impacto, evitar desbordamiento cuando se desenreda el cable, no arrastrar el cable sobre objetos cortantes, prevenir o evitar la torsión cuando se este jalando el cable, no dejar caer los carretes durante su manejo.

3.3.2.- FALLAS EN TERMINALES Y EMPALMES.

Este tipo de falla son las que tienen mayor frecuencia en las redes subterráneas y sus principales factores son: mano de obra mal capacitada, mala aplicación de los instructivos, mal uso de los materiales empleados así como la baja calidad de estos materiales por parte de los fabricantes.

La manifestación de estos daños en este equipo son: arqueos superficiales, aislamiento carbonizado en las terminales o en empalmes, hinchazón del aislamiento, pantallas no puestas a tierra.

Medidas preventivas que deben tomarse son: seguir los instructivos que los fabricantes incluyen en cada equipo, capacitar al personal encargado de elaborar dichos trabajos, inspeccionar regularmente las superficies por contaminación y deterioro, el material expuesto deberá estar libre de material semiconductor, evitar el contacto del aislamiento con aceites o hidrocarburos, conectar solidamente las pantallas a tierra, etc...

3.3.3.- TEMPERATURAS EXCESIVAS.

Los materiales tienen un rango de temperatura de operación, y un rango de temperatura máxima y sus principales factores de falla son: falsos contactos y corrientes de corto circuito. La manifestación de los daños pueden ser: cubiertas endurecidas, porosidad en los aislamientos, conductores descoloridos, chaquetas flojas, aislamientos agrietados o deformes.

Medidas preventivas que deben contemplarse son: mantener los cables dentro de los rangos de temperatura, considerando la corriente que soporta el cable para condiciones ambiente, evitar que el cable pase por fuentes térmicas, etc...

3.3.4.- EFECTO CORONA.

Cuando el potencial de un conductor se eleva hasta valores en los cuales la intensidad de campo en su superficie es muy cercana a la rigidez dieléctrica del aire (30kV/cm.), (a una presión de 760 milímetros de mercurio y a una temperatura de 25°C), los iones en el aire se aceleran y en su movimiento chocan con moléculas neutras produciéndose nuevos iones, y su principal factor es la humedad en su medio ambiente.

La manifestación de los daños puede ser una pequeña descarga con efectos luminosos (visibles en la oscuridad). El aire envuelve parcialmente al conductor y se produce ozono cuyo olor se percibe fácilmente, en presencia de humedad se forma ácido nítrico que, con el ozono puede atacar a los metales así como los materiales aislantes.

Las manifestaciones de los daños pueden ser: Luz azul brillante, ruido silbante, precipitaciones de contaminantes carbonizados en el aire, erosión del aislamiento, cortes o agrietamientos perpendiculares al eje del cable.

Las medidas preventivas que deben tomarse son:

- Una elaboración adecuada de cono de alivio de control de esfuerzos en las terminales.
- Distancia adecuada entre la zapata terminal y la tierra, (distancia de fuga).

3.3.5.- SOBRETENSIONES.

Es una distorsión en la forma de onda de tensión, y sus principales factores de falla son: Descarga atmosférica, apertura o cierre de interruptores.

La manifestación de los daños pueden ser: Arqueos en las terminales, perforaciones en el aislamiento, arborescencias dentro del aislamiento, bajas lecturas con Megger.

Medidas preventivas que deben tomarse son: Tensión de operación del cable adecuada, apartarrayos adecuados, evitar excesivas pruebas de tensión, diseño del sistema para minimizar las condiciones de resonancia.

3.3.6.- DAÑO POR ANIMALES.

Los principales animales que dañan al cable en la canalización son los roedores, y sus principales factores de falla son: Desbaratan con los dientes la pantalla del plomo de los cables o entre el aislamiento y la cubierta. En algunas subestaciones de gabinete se introducen por los ductos las ratas o los gatos llegando hasta las barras de los buses energizados de mediana tensión originando fallas.

Las evidencias encontradas que causan estos daños son:

- Marcas de dientes en los cables.
- Animales muertos en la periferia de la falla.
- Termitas en cables.
- Larvas, túneles, etc...

Las medidas preventivas que deben tomarse son: Hacer revisión constante, tapar canalizaciones en los extremos con elementos de hule.

3.3.7.- MEDIOS QUÍMICOS.

Sus principales factores de falla son: los aislamientos y las cubiertas o armaduras de los cables aislantes están en contacto directamente con el terreno o con el medio ambiente, donde en algunos casos se presentaban determinados ácidos, sales o agentes químicos orgánicos que perjudican las cubiertas de los cables.

La corrosión es la degradación del metal a través de sus combinaciones químicas con los elementos no metálicos tales como el oxígeno, azufre, etc..., siendo los metales los materiales más afectados. Las manifestaciones de los daños pueden ser, Excesiva hinchazón, decoloración.

Medidas preventivas que deben de tomarse son: selección de cables y materiales adecuadamente de acuerdo al medio químico que se presente, para los equipos metálicos enterrados o sumergibles se recomienda aplicar, recubrimientos orgánicos tales como:

- Esmaltes Vítreos o de Porcelana.
- Recubrimientos Plásticos: Goma, Neopreno, Vinilo o Polietileno.

3.4.- MÉTODO PRACTICO PARA EL DIAGNOSTICO DE FALLAS.

Es un método práctico, cuya finalidad es determinar la causa o causas probables de falla en cables, empalmes, terminales u otros tipos de accesorios, fuera de servicio.

3.4.1.- INFORMACIÓN PRELIMINAR.

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

La nomenclatura del cable u otro tipo de identificación, la fecha y hora de la falla, localización de la falla incluyendo las distancias desde el centro del empalme más cercano y desde el borde de la boca del ducto más cercano o 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 del cable (incluyendo el calibre, número y forma de los conductores, espesor del aislamiento y si existe alguna envoltura sobre la cubierta), tensión nominal y de operación, fabricante, año de fabricación y fecha de puesta en servicio.

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

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

Si la falla fue en el ducto o en el cable directamente enterrado. La condición del suelo o de la calle en que sucedió la falla. Si existe alguna indicación de interferencia de un agente exterior.

Cualquier condición anormal observada 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.

3.5.- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA EXAMINAR.

3.5.1.- CABLES.

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

Las siguientes muestras pueden ser útiles:

30 cm. 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 del cable.

En algunos casos en que está dudosa la causa de la falla, el examen de muestras adicionales puede ser útil pero no necesario obtenerlas para todas las fallas. Dos muestras no menos de 15cm., 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 del cable.

Si las muestras se van a tomar de tramos de cables que se van a desechar, se sugiere que estas sea de 30 cm. de longitud, reduciendo 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 sus 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 del aceite y la entrada del aire, humedad u otros contaminantes.

3.5.2.- EMPALMES.

Debe examinarse todo el empalme y por lo menos 30 cm. de cable a cada lado del empalme, no importando el voltaje de la red si es que puede obtenerse sin aumentar mucho el costo de reparación. Si el empalme se reconstruye sin retirarlo, la cubierta y parte del aislamiento que se retira deben ser examinadas.

3.5.3.- TERMINALES Y CONECTORES AISLADOS SEPARABLES (CAS).

Deben de examinarse toda la terminal y CAS, y por lo menos 30 cm. del cable adyacente, no importando el voltaje de la red, si es posible obtenerlo sin aumentar mucho el costo de la reparación.

3.6.- EXAMEN DE LAS MUESTRAS.

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 una lente de aumento o al microscopio partes pequeñas de aislamiento, para lo cual tendremos que efectuar cortes laminares radiales o longitudinales de tal modo que la muestra observada tenga un espesor máximo de 1 mm., determinando la presencia de arborescencias de agua o eléctricas, huecos, y contaminantes.

En caso de aislamientos laminares la operación se efectúa en las cintas. En ocasiones se vuelve complicado al 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:

3.6.1.- 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. Puede ser de gran utilidad la elaboración de un croquis de la parte quemada o una fotografía incluyendo una regla de 30 cm. para registrar la magnitud del daño. Deben de examinarse cuidadosamente las cubiertas para localizar fracturas, picaduras, corrosión, cuarteaduras, desgastes, etc...

Si se sospecha que estaba inicialmente defectuosa, debe de cortarse un anillo de ella y probarlo de acuerdo a las normas y especificaciones adecuadas al tipo de la cubierta del cable. Debe de anotarse el grado y magnitud del abultamiento o aflojamiento de las cubiertas en el punto de falla y fuera de el, para determinar la causa de la falla, deben de 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 de aceite), se debe retirar varias cintas a la vez. Debe 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, grietas, 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, aceptable, o pobre, uniforme o manchada.

Arrugas, pliegues o bordos: Ligeros, moderados, o grandes.

Cera: Espesa, 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 de anotarse todas las irregularidades en la pantalla sobre aislamiento y en el aislamiento mismo, tales como: manchas negras en el aislamiento (cuando el color de este lo permita), localización, tamaño, e intensidad de estas, residuos de quemaduras por efecto corona, quemaduras por arborescencias, quemaduras en anillo sobre el aislamiento o longitudinales en forma de ramificaciones, y estado del aislamiento, tal como, elasticidad, resistencia al desgarre, doblez, etc..

Anotar los defectos que inicialmente desde la fabricación trae el aislamiento tales como: excentricidad, espesor, coloración, espesor de las pantallas semiconductoras y excentricidad de las mismas, ralladuras longitudinales y bordes 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 correspondientes.

La presencia de humedad en el aislamiento es detectable en aislamientos de papel impregnado de aceite, con relación al número de capas afectadas, localización y cantidad, por ejemplo, ninguna, ligera, moderada o saturada, por inspección visual.

En aislamientos extruidos (de tipo seco), elastoméricos, la humedad es detectable además por las manchas rojas y opacas en las cintas de cobre de la pantalla o hilos concéntricos de cobre al neutro, síntomas de oxidación del cobre aun en el conductor. En casos severos llegan a observarse gotas diminutas de rocío.

3.6.2.- PARA EMPALMES.

La extensión de las partes quemadas 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 un tramo de 30cm. para registrar la magnitud del daño. La cubierta del empalme debe examinarse cuidadosamente para buscar fracturas, picaduras, corrosión ataque químico, cuarteadoras, desgaste, y señales de fatiga debido al pandeo y aplastamiento causados por cambios de presión interior, o exterior y daño mecánico.

Debe anotarse la uniformidad con la que el empalme esté lleno de compuesto. También debe notarse la naturaleza del compuesto. Las soldaduras y sellos deben de 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./cm² (10 psi).

En ocasiones por olvido, se dejan las cintas utilizadas como ayuda en la preparación del cable ocasionando esta 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, por las normas del fabricante.

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, 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.

3.6.3.- PARA TERMINALES Y CAS.

Semejante a empalmes pero además deben de examinarse cuidadosamente los empaques, las boquillas y el cuerpo metálico para buscar fugas o porosidad.

Se deben de revisar los cortes de la pantalla, bordes del aislamiento, prensado del conector, pendiente y longitud del cono de alivio, adherencias entre semiconductor y aislamiento, adherencia entre el cable y CAS, examinar los soportes, sistemas de conexiones a tierra o cualquier otro punto cercano que indique la posibilidad de haber propiciado la falla.

CAPITULO IV

LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS DE ENERGÍA DE MEDIANA TENSIÓN

4.1.- PRÓLOGO.

Para dar una ligera idea de las consecuencias que puede traer la omisión, retraso o atención defectuosa de una falla en una red de distribución, se enunciarán algunos ejemplos, los cuales se pueden catalogar como los más relevantes, y de consecuencias que puede traer consigo dicha falla:

- a) La falla en un cable que alimenta a un Hospital, si esta no cuenta con alimentación de emergencia, (planta generadora de emergencia o doble alimentación), la falta o retraso en el restablecimiento inmediato de dicho servicio eléctrico, puede traer como consecuencia el fallecimiento de algún paciente que posiblemente se encuentre en el quirófano, o posiblemente puede traer serias dificultades con los recién nacidos que se encuentren en incubadoras.
- b) La falla de un cable que alimente una fabrica, puede traer como consecuencia el deterioro de un horno, la paralización de la producción, la inactividad de los obreros, ocasiona pérdidas cuantiosas, y generando una seria y fuerte reclamación hacia la empresa suministradora de energía eléctrica.
- c) La falla de un cable que alimenta una sección importante de la red de distribución; las consecuencias pueden ser en estos casos igualmente costosas, debiendo someter a la red a circunstancias tan desfavorables que den lugar al daño o destrucción del equipo, pudiendo ocasionar, una interrupción, una larga y costosa reparación, el empleo en demasía de horas-hombre-trabajadas, de lo que hubiera podido ser en un menor tiempo la reparación en una atención simple, correcta e inmediata de la falla y de dar mayor seguridad.

De ahí pues la importancia que requiere el servicio de atención de fallas en una red de distribución de energía eléctrica urbana, por eso, sin exagerar la pretensión, debe dedicársele especial cuidado a este importante servicio, dentro de la organización de una empresa de distribución de energía eléctrica.

Definición:

Entiendase por una buena localización a la determinación exacta del lugar preciso donde se encuentra la falla de un cable, sin la necesidad de haber cortado el cable en algún otro sitio diferente al donde la falla se encuentra, realizando el ensayo en un tiempo mínimo.

4.2.- CUALIDADES DE LAS CANALIZACIONES SUBTERRÁNEAS QUE FACILITAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS FALLAS.

De hecho las facilidades que presenta la canalización, serán punto determinante en la precisión y brevedad de la ejecución del ensayo de la localización y por consiguiente en la posibilidad de éxito.

Estas facilidades pueden traducirse como las siguientes:

4.2.1.- ACCESO A LOS EXTREMOS DE LOS CABLES.

Dicho acceso debe existir en ambos extremos del cable y es indispensable para permitir la conexión de los instrumentos de localización empleados durante el ensayo, a parte de que el doble acceso posibilita ejecutar 2 mediciones desde extremos opuestos, comprobando así la veracidad de los cálculos al coincidir los 2 resultados.

En seguida se enumeran algunos de estos tipos de accesos y la manera de operar en ellos con la debida seguridad:

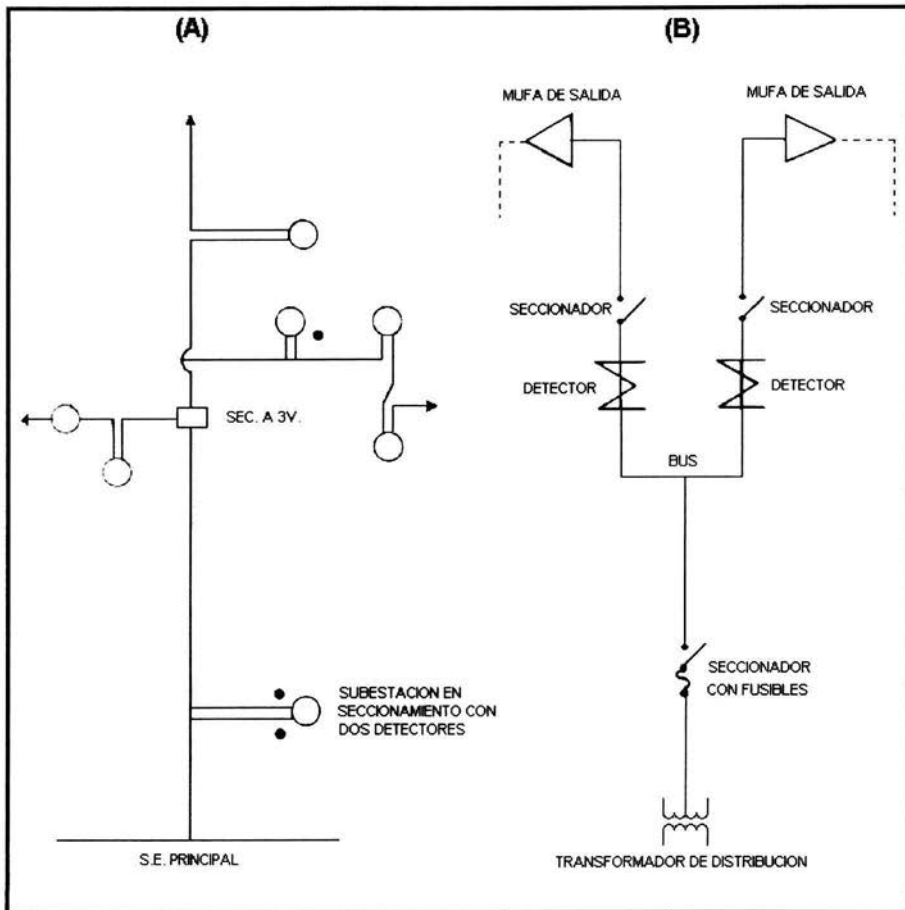
4.2.1.1.- Subestaciones en seccionamiento.

Estas deben ser de tipo abierto, para facilitar el acceso a las terminales de salida de los cables al conectar los instrumentos y poder conectar en las barras de paso, dispositivos detectores de fallas.

A continuación se muestra: en la figura No. 10.

A) Detalle un cable alimentador con S.E.'s en seccionamiento.

B) Diagrama unificar de la A.T. de una S.E. de seccionamiento.



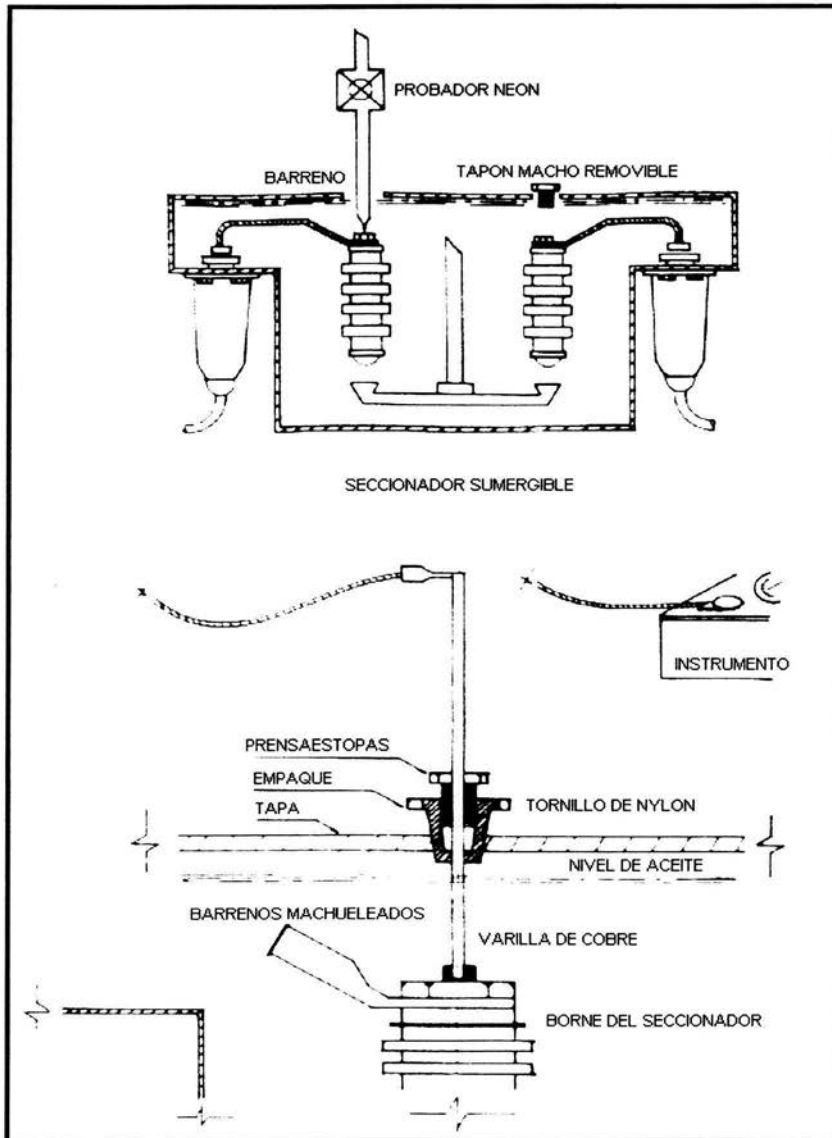
4.2.1.2.- Seccionadores con tomas para conexión de instrumentos.

Estos dispositivos pueden ya venir preparados de fábrica en los seccionadores o adaptárseles a los que no los tienen.

Una toma de este tipo consiste fundamentalmente en practicar un barreno sobre la tapa de un seccionador en aceite de tipo sumergible, el cual esta machueleado con cuerda cónica y cerrado en permanencia con un tapón macho.

El diámetro de este barreno es de 2.5 cm. mas o menos y coincide a plomo con uno de los bornes interiores del seccionador. Dicho borne puede también practicársele un pequeño barreno machueado de 1.5 cm. aproximadamente, como se muestra en la fig. No. 11

Figura 11. Seccionadores con toma para conexión de instrumentos.



Forma de conectar un instrumento sobre el seccionador:

- a) Se limpia perfectamente con gasolina blanca la zona del barreno y se remueve el tapón macho.
- b) Se lava el probador NEÓN súper delgado (PERCHA BIPOLAR), con tricloroetileno o tetracloruro de carbono y se introduce por el barreno hasta tocar el electrodo del borne del seccionador. En esta forma se comprueba la presencia o ausencia de tensión.
- c) Se introduce después una banderilla de cobre de 1.2 cm. de diámetro previamente lavada en tricloroetileno o tetracloruro de carbono. Esta varilla termina en la parte inferior, en un tornillo del mismo diámetro que el del borne de seccionador, donde se atornilla firmemente.
- d) El hueco de la varilla y el barreno de la tapa se obtura con un tornillo prensaestopas de Nylon que aparte de empacar, aísla eléctricamente la varilla de cobre del tanque del seccionador.
- e) Se repite el mismo procedimiento sobre las otras tomas del seccionador que piensen utilizarse.
- f) Sobre la zapata superior de las varillas de cobre, se conectan las guías de los instrumentos por emplearse.

Descripción de la percha Catu:

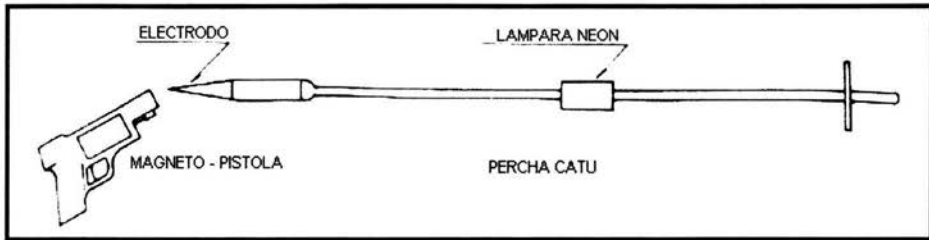
Es una percha probadora de presencia de tensión cuya sección es muy delgada (2cm.), a manera de poderse introducirse por huecos reducidos. La lamparita Neón se encuentra colocada hasta la mitad de la longitud de la percha, con la finalidad de poder observar con facilidad dicha lámpara Neón aun cuando la percha este introducida por un espacio muy reducido.

Para probar el buen funcionamiento de esta percha, se cuenta con equipo adicional, como una "Pistola Magneto" capaz de generar el potencial mínimo para que la percha encienda con 2 o 3 gatillazos.

El borne de la tierra del magneto esta conectada a la cache de la pistola y la del potencial al cañón; en esta forma, al acercar el electrodo de la percha al cañón de la pistola, se cierra el circuito a través del cuerpo humano.

Si esta percha piensa introducirse dentro de equipo con aceite, debe lavarse previamente con tricloroetileno o tetracloruro de carbono. *En la figura No. 12 nos muestra la percha catu y pistola probadora.*

Figura 12. Detalle de la percha CATU y pistola probadora.



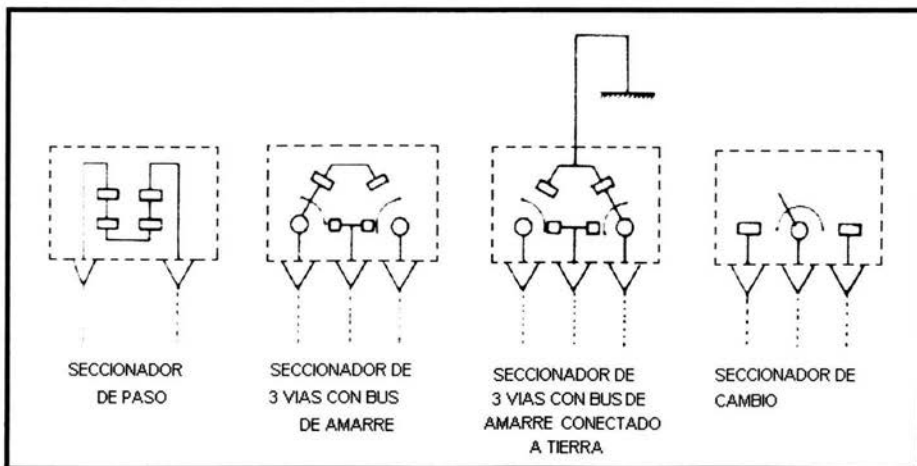
4.3.- MEDIOS DE SECCIONAMIENTO.

4.3.1.- SECCIONADORES DE 2, 3 Y 4 VÍAS.

Principalmente se cuenta con los seccionadores de 2, 3 y actualmente hasta de 4 vías, que dividen el alimentador en varias secciones, permitiendo cierta flexibilidad de interconexión entre estas.

Los esquemas que a continuación se ilustran, nos muestran en diagrama unifilar los elementos internos de estos seccionadores. En la figura No. 13, se puede observar los seccionadores de 2 y 3 vías en aceite, tipo sumergibles.

Figura 13. Seccionadores de 2 y 3 vías en aceites, tipo sumergible.



A demás de los mencionados anteriormente, existen otros seccionadores que por su construcción y montaje especial, facilitan extraordinariamente las canalizaciones de fallas.

4.3.2.- DESCONECTADOR UNITARIO DE 2 PALANCAS.

Este va incorporado a la A. T. de los transformadores de distribución, es del tipo sumergible y va totalmente lleno de aceite. Consta en sus elementos fundamentales, de una varilla metálica oscilante guiada dentro de una funda aislante cuyos extremos son metálicos y en el centro puede estar provista o no de una cámara de extinción.

La parte inferior de este conjunto sirve de perno de giro y de borna a la conexión de la terminal de entrada. La parte superior (la oscilante) posee dos cuchillas de conexión opuestas, así este mecanismo al ser accionado por una de las palancas oscila, conectando en una posición la toma del transformador y en la otra la toma a tierra.

Pero esto no quiere decir que en esas posiciones quedaron ya definitivamente conectados el cable con el transformador o con la tierra, para ello es necesario que la varilla metálica baje accionada por la segunda palanca, que deslizándose por la funda, pone en contacto los dos extremos del mecanismo, terminando así de conectar eléctricamente la terminal de llegada del cable alimentador con el transformador o con la tierra.

Este seccionador unitario de dos palancas tiene la ventaja de darle a su operador un "tiempo de reflexión" entre el accionamiento de la primera y segunda palanca, pudiendo meditar aún si la maniobra que va a ejecutar es la correcta. Como material adicional trae ya de fábrica las tomas para la conexión de instrumentos, facilitando enormemente el ensayo MURRAY para la localización de fallas en el cable.

VENTAJAS.-

- Permite aislar eléctricamente al transformador para realizarle pruebas.
- En las redes automáticas esto facilita mucho las revisiones de los disyuntores a corriente inversa (protectores).
- Conecta a tierra el cable, permitiendo a quienes trabajan en el, hacerlo con la debida seguridad.
- Ayuda a desconectar totalmente el cable de los transformadores para poder realizar en este, pruebas bajo tensión sin afectar a los demás transformadores.
- Sirve para conectar instrumentos, como ya se dijo antes, facilita los métodos de localización de fallas.

4.3.3.- TERMINALES DESABROCHABLES EN LA ALTA TENSIÓN DE LOS TRANSFORMADORES.

Estas como su nombre lo indica tiene la facultad de poderse zafar del transformador con relativa facilidad y rapidez, desconectando esta del cable y permitiendo ejecutar conexiones sin riesgo de humedecer ni uno ni otro.

Estas son monofásicas y sus órganos de contacto pasan a través de boquillas "araldíticas ó de epoxiest" que, a parte de realizar su función como aisladores, a la tensión deseada, sellan perfectamente todo acceso al interior tanto del transformador, como del cable.

El llenado de estas terminales por ser tan pequeño el volumen, puede ser a base de resinas Araldíticas, Poliesteros o resinas vegetales del tipo " Novoid X " de la Oconite Co. Ltd.

4.3.4.- DESCONEXIÓN DE LAS ACOMETIDAS A LOS SERVICIOS.

Aunque este es un asunto de B.T., conviene tratarlo en este capítulo, ya que definitivamente es de suma importancia para facilitar así la localización de fallas en cables de B. T.

Un medio de seccionamiento, cualquiera que sea, debe siempre existir en todos los servicios, por insignificante que estos sean, ya que con uno solo cable que quede conectado con el equipo de medición, estropea totalmente el ensayo.

Estos seccionadores pueden incorporarse a las cajitas de distribución tipo fachada, a las barras de distribución en servicios pesados o cuando hay historias de puertas cerradas, conviene más instalar una caja de seccionamiento a dos vías en banqueta.

4.4.- DETECTOR DE FALLAS.

Este método esta basado en las antiguas trampas de conejos, las cuales consistían en tirar cordeles sobre el sembrado, atados a unas banderitas, que caían al tropezar el conejo con el cordel. La traza de banderas tiradas indicaba el camino que el conejo había seguido y la zona entre la última bandera tirada y las que se encontraban intactas estaba sin duda, el hoyo del conejo.

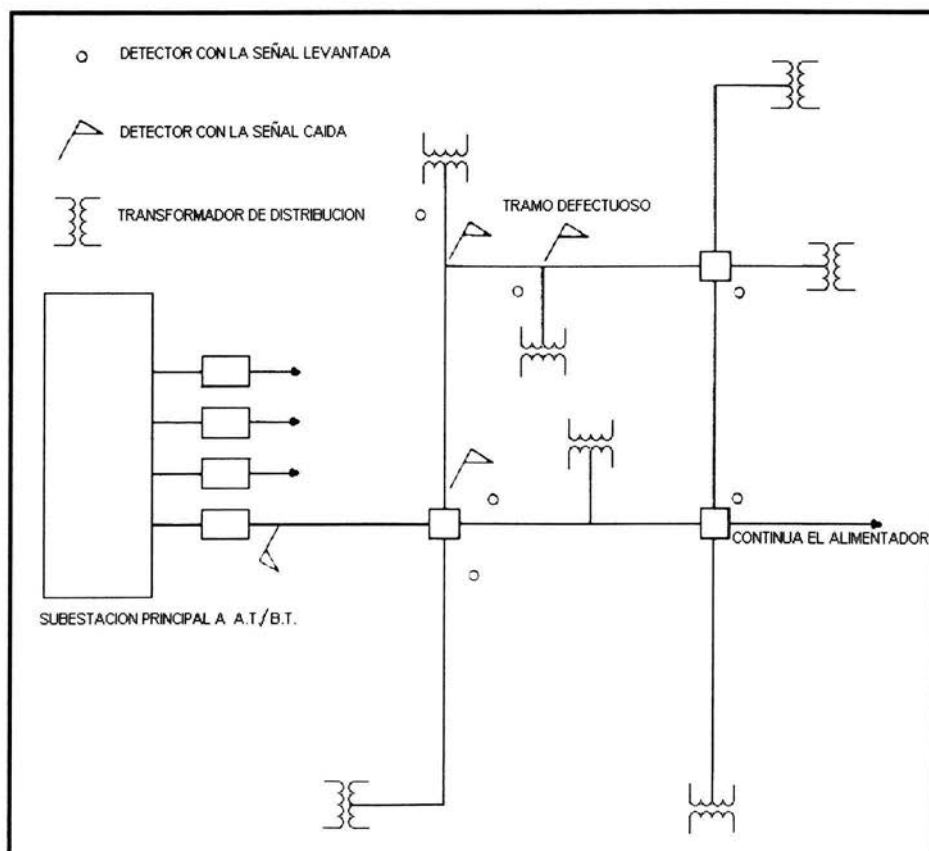
La técnica francesa en cables, trajo esta astucia en:

- El cordel por un transformador de corriente.
- El conejo por la corriente de falla.
- La bandera, por un relevador tipo telefónico con señal.
- El sembrado por la red de cables subterráneos.

Así pues la sobreintensidad al ir pasando por los diversos transformadores de corriente, va activando las señales correspondientes, indicando así, por donde va pasando y no es necesario más que seguir hasta donde se encuentra la última señal activada, para deducir que el tramo defectuoso se encuentra entre el último detector activado y el detector con la señal no activada.

La distribución estratégica de estos detectores sobre las redes de mediana tensión es siempre siguiendo la norma de instalarlos sobre seccionadores, derivaciones o en juntas comprendidas entre tramos de cables muy largos y sean interesantes de seccionar. La figura No. 14 nos muestra un detalle de los detectores de falla:

Figura 14. Localización de detectores de falla en una red automática.



VENTAJAS.-

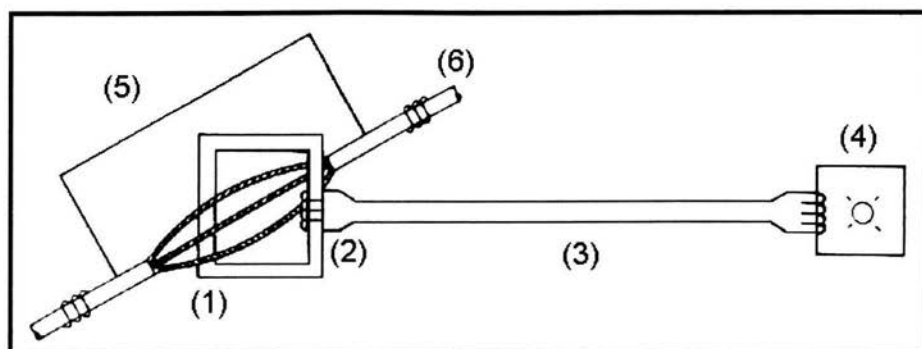
- Elimina los famosos recierres y pruebas con potencial en el cable, que no son más que causas de accidentes personales, de contaminación de fallas en cables vecinos, de provocación de fallas a tierra y acaban por aislar la falla dificultando mucho más los ensayos de localización.
- En los puntos de derivación con seccionador de tres vías, pueden normalizarse sobre la marcha el cable troncal y la vía que no cuenta con daño, es decir la que no tenga sus detectores con las señales activadas.
- Debido a la sencillez de este sistema, el tramo que se encuentra fallado queda localizado y el demás servicio restablecido en un tiempo máximo de 40 minutos, sin la necesidad de lastimar o deteriorar más al cable con pruebas bajo tensión.

4.4.1.- DETECTOR HOMOPOLAR.

Por ser este uno de los instrumentos más importantes, se tratará en primer termino. Es sensible a la corriente residual, puede instalarse en lugares donde el material es blindado, sumergible, en lugares donde la cabeza del cable no es accesible o en lugares peligrosos.

En principio este detector consiste en un transformador de corriente tipo toroidal conectado a un relevador con señal luminosa. Se instala dicho transformador de corriente alrededor del cable, teniendo este último seccionado en ese lugar el circuito de tierra, el cual deberá ser puenteado por la parte exterior del circuito del detector. *En la figura No. 15* siguiente se muestra un detalle del conjunto en el que se puede apreciar.

Figura 15. Detector homopolar (diagrama de principio).



- (1) – Núcleo del transformador de corriente.
- (2) – Devanado secundario del transformador.
- (3) – Alambre de telecomando.
- (4) – Relevador tipo telefónico.
- (5) – Puente de tierra.
- (6) – Cable trifásico con forro de P.B. como circuito de tierra.

En la figura No. 15 que vimos anteriormente nos muestra el Detector Homopolar (diagrama de principio).

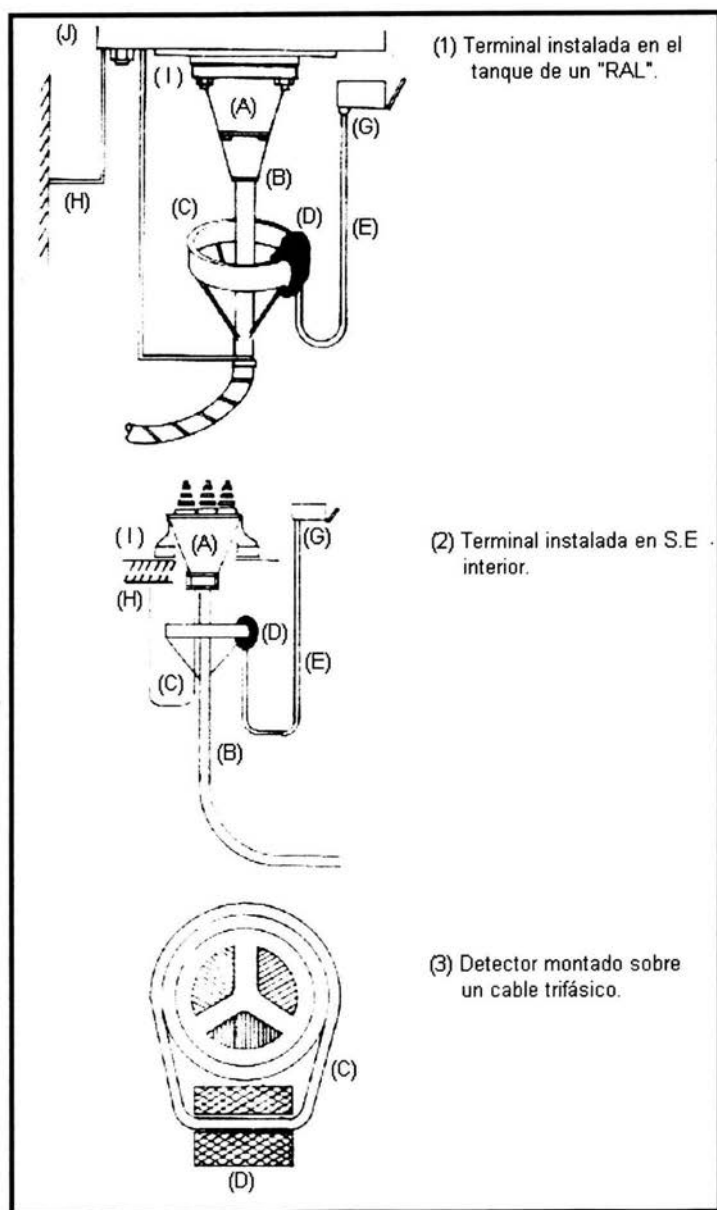
Modo de instalación:

Tiene muchas variantes, dependiendo del lugar donde se instale. Su instalación, por ejemplo en terminales, es bastante sencilla, pues solo basta aislar la terminal con roldanas y tornillos de NYLON o instalar el detector entre la conexión de tierra y la terminal o hacer pasar el cable de tierra por dentro del núcleo del transformador de corriente, esto es si la conexión de tierra se tiene que sacar forzosamente del interior de la terminal.

Los dibujos de la siguiente figura nos muestran en detalle la manera de ejecutar esta instalación:

- 1) Terminal instalada en el tanque de un interruptor.
- 2) Terminal instalada en una subestación interior.
- 3) Detector instalado sobre un cable trifásico.

Figura 16. Instalación de detectores homopolares en terminales trifásicas.



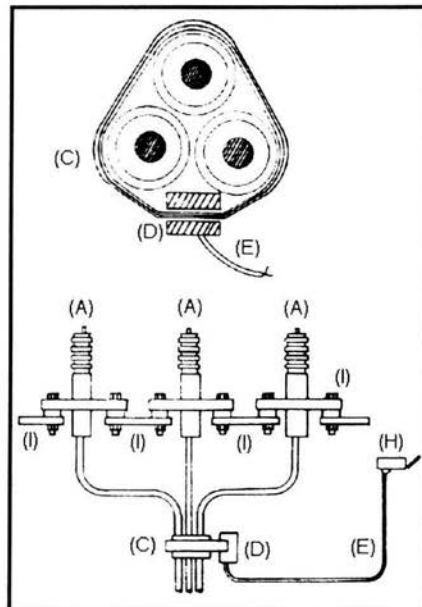
Descripción del material usado en la figura No. 16:

- A) Cabeza o terminal del cable.
- B) Cable tripolar bajo cubierta de plomo.
- C) Núcleo del transformador de corriente.
- D) Secundario del T. C., protegido con un baño de epoxiest.
- E) Cable de telecomando bajo cubierta de plomo.
- F) Collarín de salida del cable en la terminal trifásica
- G) Puente de tierra conectado a la masa y a tierra.
- H) Relevador con señal luminosa.
- I) Tornillos y roldanas de nylon.

Para los cables monopolares es necesario reunir los tres cables juntos y pasarlos en medio del núcleo del T.C., (en realidad es el núcleo el que se enrolla alrededor de los cables), Y aislar cada terminal monofásica de la estructura por medio de roldanas y tornillos de nylon.

Las conexiones a tierra, bien entendido, se hacen abajo del detector. *En la figura 17*, se aprecia un detalle de esta instalación del detector homopolar en las terminales trifásicas.

Figura 17. Instalación del detector homopolar en terminales monofásicas.



4.4.2.- CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS DETECTORES HOMOPOLARES.

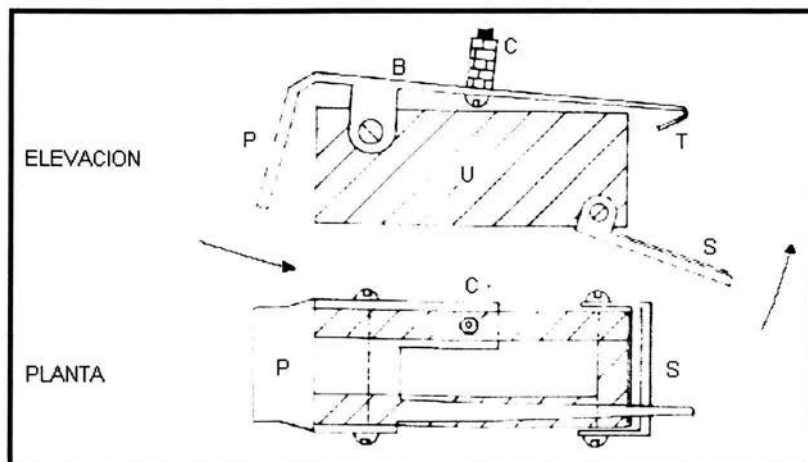
Evidentemente en las redes radiales a mediana tensión, son el principal campo de aplicación para toda esta clase de detectores, por el contrario, su aplicación es nula para redes en anillo cerrado o redes automáticas a baja tensión.

En las redes automáticas a baja tensión, la instalación de los detectores sobre los alimentadores primarios de mediana tensión, teóricamente deben de funcionar, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- 1.- Conexión "Estrella/Delta" en los transformadores de potencia de la Subestación principal.
- 2.- Conexión "Delta/Estrella" en los transformadores de distribución de mediana y baja tensión, a manera de dejar un circuito "Delta" en los alimentadores primarios en la mediana tensión.
- 3.- Impedancia de limitación (Banco de tierra), limitando la corriente de falla "Fase a tierra", a un valor máximo de 1,000 amperes en el circuito de mediana tensión.

Existen otros tipos de detectores pero estos son monopolares a máxima intensidad. La figura No. 18 que se muestra mas adelante representa un Detector Mors. Este artefacto, conocido con el nombre de detector MORS, funciona como a continuación se describe.

Figura 18. Detector homopolar MORS



Al pasar una sobrecorriente por el conductor, se establece un circuito magnético en el núcleo "U" que atrae la plaquita de hierro "P", esta al sentirse atraída, hace vascular el balancín "B" que soltando el trinquete "T", deja libre la banderita "S" la cual cae por gravedad, quedando en estas condiciones hasta que se manda a personal a restablecer dicho protector, (cabe señalar que dicha banderita es de color rojo).

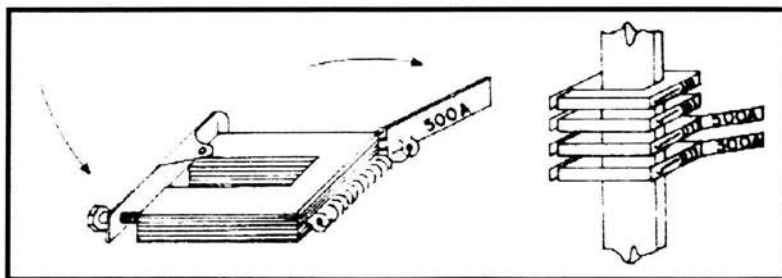
El emplazamiento de este artefacto debe de ser siempre en posición horizontal, en lugares secos y accesibles para la persona que los va a recuperar a través de una pértiga aislada, esto es en cuchillas desconectadas, barras, etc...

4.4.3.- DETECTOR A SOBRECORRIENTES CALIBRADAS (Detector GARDYE)

Este detector, es utilizado únicamente en las Subestaciones sobre los alimentadores de salida a mediana tensión, es una versión modificada del detector MORS, el cual cuenta con varias banderitas, cuyos trinquetes están calibrados por medio de resortes para así poder liberar cada señal a un valor determinado, de sobreintensidad, correspondiente a una calibración de resorte, por ejemplo:

- Si la sobreintensidad es de 300 amperes, el resorte calibrado accionará este valor, el cual liberará una banderita marcada con 300 amperes.
- Si la sobreintensidad llega a un valor de 500 amperes, el detector liberará las banderas correspondientes a 300 y a 500 amperes, y si la sobreintensidad es sumamente alta, el detector liberará todas sus banderas o casi todas, de acuerdo a conforme estas estén calibradas.

La figura No. 19 nos muestra un Detector Gardye.-



Este detector permite de una manera aproximada juzgar que tan lejos se localiza el lugar donde se produjo la falla, reduciendo así el tiempo para la localización de la falla de la red, ya que nos permite dirigirnos a un lugar cercano a la falla, evitando así realizar recorrido sobre toda la red.

Una segunda utilidad de este detector es la de determinar si el interruptor automático del alimentador se desconectó debido a una falla en el cable o, a causa de un desajuste propio del interruptor, evitándose de esta manera realizar "pruebas con potencial" o "recierres", que por definición jamás "Deben de realizarse en cables subterráneos". Ya que lejos de representar un avance o alguna ventaja, representa más demora para la localización de la falla, daña aun más el cable y resienten los empalmes o terminales. Ya que cuando este detector nos indica que el cable esta dañado es por que el aislamiento falló en algún punto y no queda otro camino más que localizar el lugar de la falla y repararlo conforme al daño.

La instalación y precauciones del detector Gardye son las mismas que las tomadas para el detector Mors, y como ya se comentó anteriormente, carecen de toda precisión, solo se cuenta con sus valores indicativos, basados en:

"Mayor distancia, mayor reactancia subtransitoria y por lo tanto menor corriente de falla"

Campo de aplicación en la instalación de los detectores Gardye.- Estos dos tipos de detectores tienen la desventaja de tener un radio de aplicación muy limitado, pues solo se pueden instalar en subestaciones interiores con equipos abiertos accesibles y en lugares secos.

Ver tabla 7.

Por otro lado, su conexión es muy sencilla, son económicos y casi no requieren de mantenimiento, por eso siempre que pueda instalárseles se les instala.

Tabla 7.

EQUIPO	INSTALACIÓN	TIPO
Detector Homopolar trifásico	Interiores. subestación interior	Sumergible. Tipo subestación
Detector monopolar (detector mors)	Subestación interior	Tipo subestación S.E. DRS Pedestal
Detector a sobrecorrientes calibradas (detector Gardye).	Subestación interior de distribución	Tipo subestación

4.5.- MÉTODO Y EQUIPO ADECUADO PARA LOCALIZAR FALLAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS

Para obtener un mayor porcentaje de éxito en la localización de fallas de los cables de las redes subterráneas, debe seguirse por regla general un cierto método, el cual consiste a grandes rasgos en el desarrollo de los siguientes puntos:

- 1) Conocimiento de las características y trazado del cable.
- 2) Análisis de la naturaleza de la falla.
- 3) Detección de la falla en el terreno.

4.5.1.- CARACTERÍSTICAS Y TRAZADO DEL CABLE.

Para facilitar los cálculos durante los ensayos, es preciso conocerse del cable:

- a) Tensión de trabajo.
- b) Sección del conductor.
- c) Longitud del cable
- d) Tipo de instalación.
- e) Situación topográfica.

a) Tensión de trabajo.

Este parámetro dependerá de la tensión de trabajo del alimentador en el que requiere que sea localizada la falla, (6 y 23 kV.).

b) Sección del conductor.

La sección de un conductor puede ser determinada por la experiencia del técnico localizador de la falla, ya que a simple vista solo se aprecia el diámetro del cable, asimismo se podrá determinar dependiendo si se trata de un alimentador, una acometida de una fabrica, un cable puente, acometida para un fraccionamiento.

c) Longitud del cable.

Evidentemente este parámetro es de suma importancia conocerlo, ya que es necesario para el técnico localizador indicarle al personal cual es la ruta y la distancia del cable, obviamente, el contar con un plano del recorrido del cable nos facilitará aún más la localización de la falla.

d) Tipo de instalación.

El técnico localizador debe de estar informado que tipo de instalación se tiene donde se presentó la falla, ya que se necesita dejar libre de tensión el lugar a trabajar, los tipos de instalación regularmente pueden ser, radial, anillo o red mayada.

e) Situación topográfica.

Se tiene que tener un estudio topográfico previo de el lugar, a fin se saber en que condiciones se encuentra el suelo donde se encuentra el cable, así como también, si se encuentra en ductos o directamente enterrados.

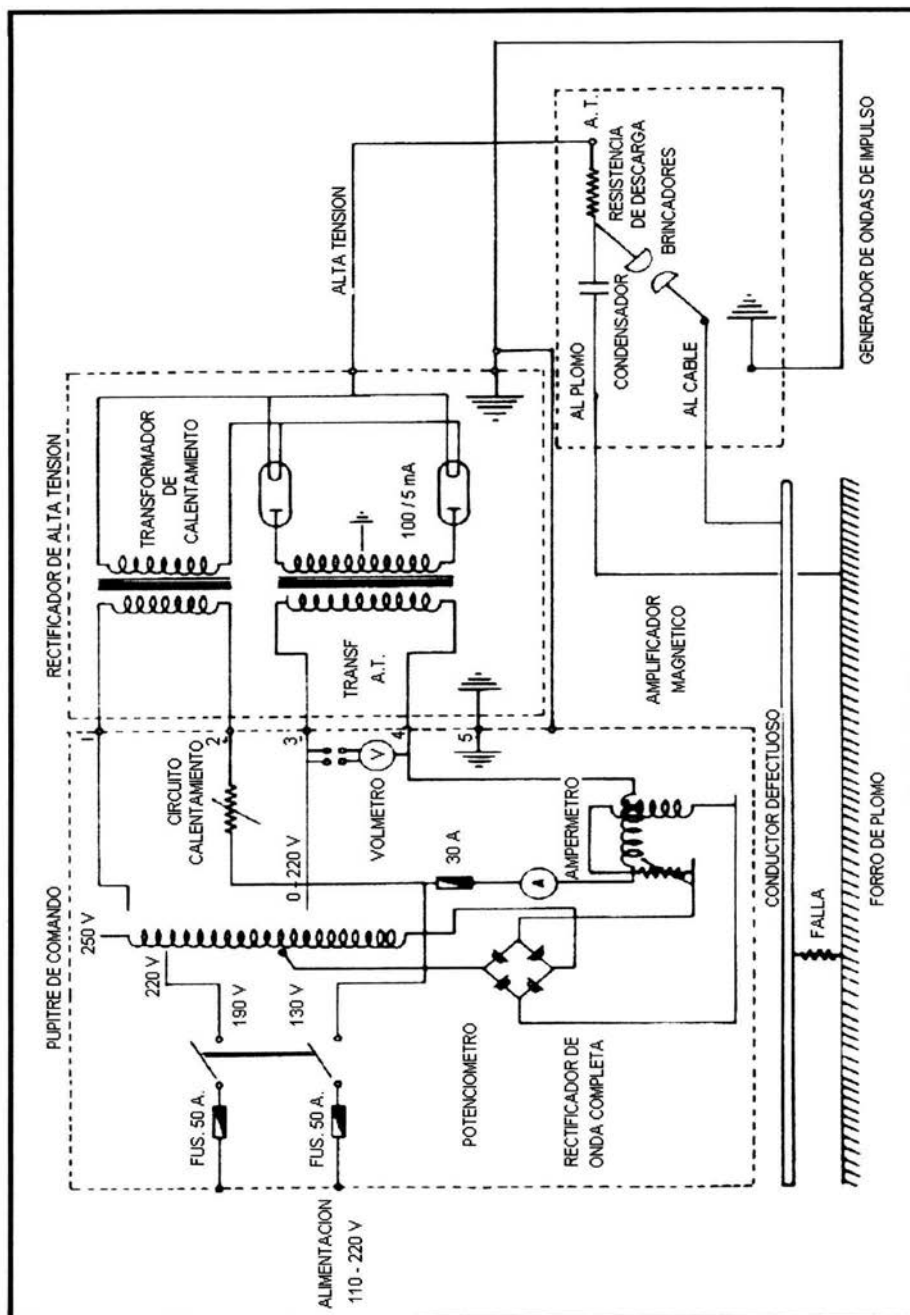
En el caso de los cables enterrados el método mas usado en la actualidad es el de la utilización del laboratorio Biddle. El laboratorio Biddle o localizador Biddle para cables directamente enterrados.

Este equipo consta de un emisor de impulsos el cual, puede enviar estos impulsos a través del cable a intervalos cortos de tiempo, de forma automática, permitiendo así, que se puedan distinguir fácilmente de otros ruidos propios del subsuelo.

Este equipo cuenta también con un receptor compuesto de una bobina rastreadora, un amplificador y un juego de audífonos, todo portátil a manera de poderse desplazar a lo largo de la ruta del cable.

En la figura 20 se muestra la forma de conectar estos aparatos al cable para llevar a cabo dicho ensayo y se muestra el Diagrama de conexiones del laboratorio Biddle.

Figura 20. Diagrama unificar del laboratorio BIDDLE



Posición de la bobina buscadora.-

- a) Cuando el eje del núcleo de la bobina y el eje del cable, están contenidos en un plano perpendicular al piso se buscara un mínimo entre dos máximos de intensidad de ruido, para situar la bobina encima del eje del cable. Esta posición de la bobina se utiliza siempre que se busca la ruta de un cable enterrado desde el piso, ya que con este método la zona de indicación es muy ancha.

- b) Cuando el eje del núcleo de la bobina esta contenido en un plano normal al eje del cable y al piso se buscará un máximo entre dos mínimos de intensidad de ruido, para situar la bobina sobre el eje del cable buscado. Esta posición de la bobina se utiliza siempre que se desea determinar cual de un grupo de cables en una excavación, es el que se esta buscando, como puede observarse en las figuras 21 y 22 que a continuación se muestran.

Figura 21. Diagrama de conexión del laboratorio BIDDLE

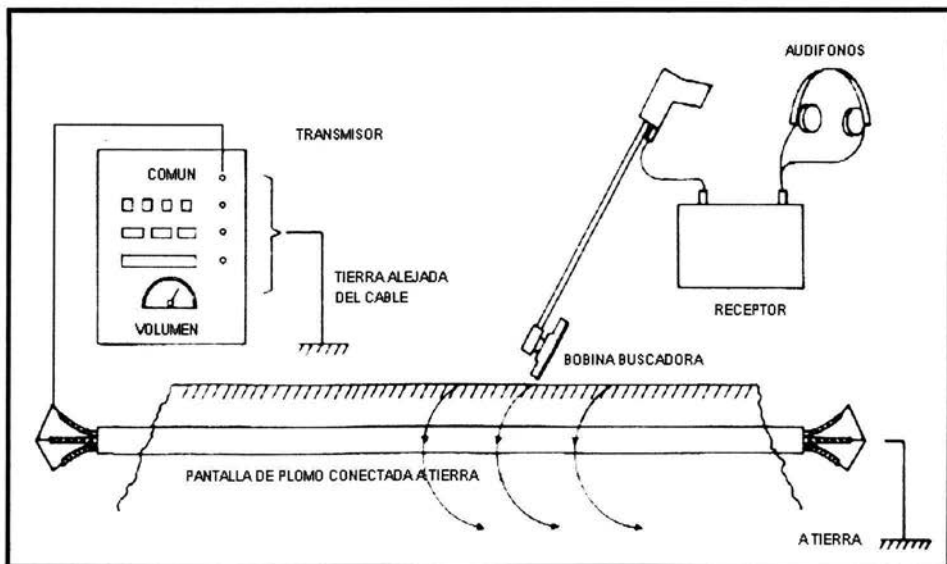
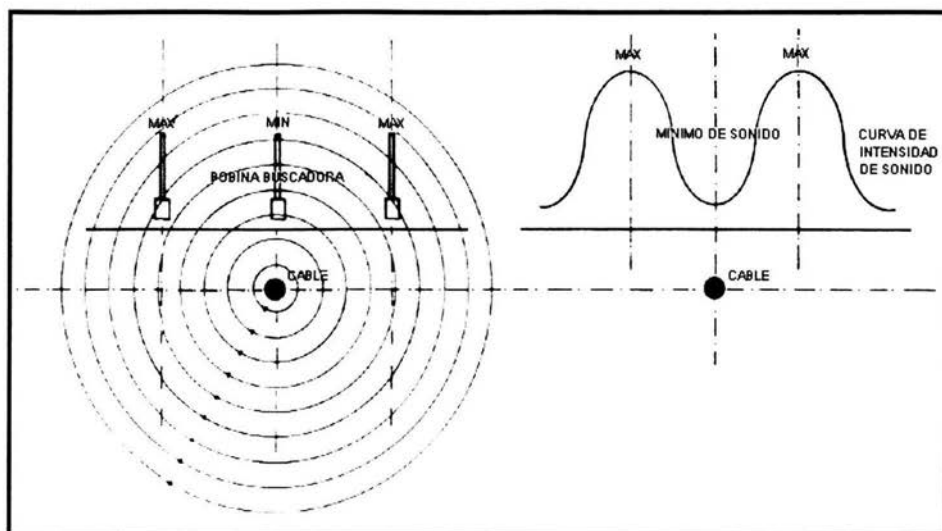


Figura 22. Posiciones de la bobina buscadora.



4.5.2.- ANÁLISIS DE LA NATURALEZA DE LA FALLA.

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

Este análisis consiste en medir:

- La resistencia de la falla.
- La prueba de continuidad de los conductores.
- La prueba de continuidad en los plomos, (si esta se puede realizar).

a) Análisis de la resistencia de la falla.

Este se hace por medio de un medidor de resistencia de aislamiento, también conocido como (Megger), indispensable para poder realizar diferentes pruebas a los cables y equipos, este aparato se describirá mas adelante.

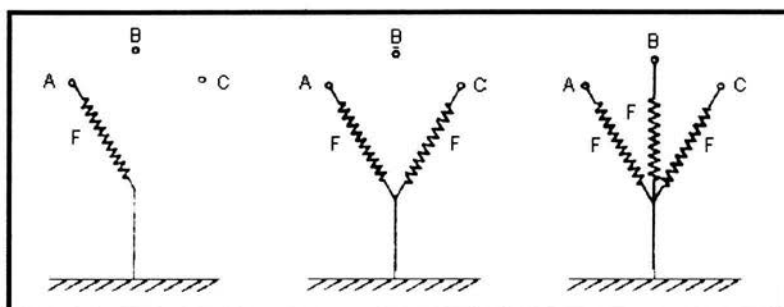
Si la resistencia de la falla nos diera cero Mega-ohms, se continúa la medición de la resistencia de falla con un OHMETRO o un PUNTE DE WHEASTONE, y que nos dan ya lecturas bajas de resistencia en ohms.

Las mediciones se hacen por los dos extremos del cable, de preferencia tomando lecturas de cada una de las fases contra el plomo o pantalla de tierra, así mismo entre las fases.

De esta prueba se deduce que podemos tener:

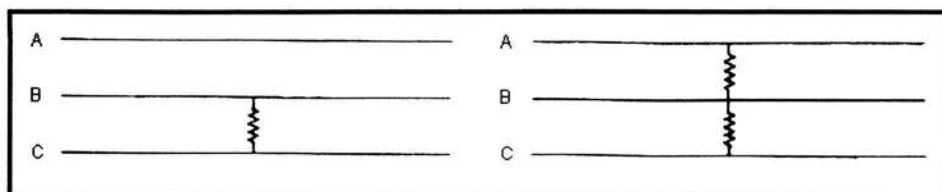
1) 1, 2 ó 3 fases falladas a tierra. De acuerdo con las mediciones de fase contra plomo o pantalla de tierra como se muestra en *la figura No 23*

Figura 23. 1, 2 o 3 fases falladas a tierra.



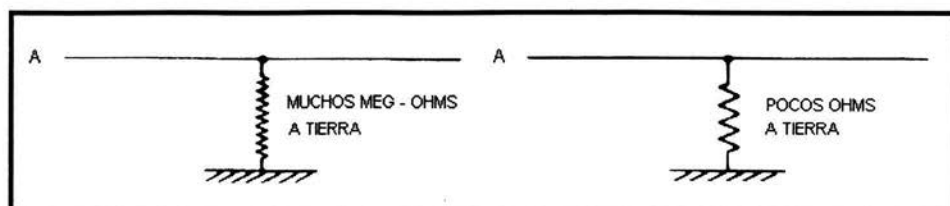
2) 2 ó 3 conductores cortocircuitados, de acuerdo con la medición entre fases, como se muestra en *la figura No. 24*. Este caso en los cables blindados no existe, debido a que la metalización siempre va conectada a tierra.

Figura 24. 2 o 3 conductores cortocircuitados.



3) Falla franca o falla resistente a tierra. De acuerdo con las lecturas del Ohmetro y del Megger, como se observa en la figura 25. Estas lecturas son muy importantes por que nos determinan si hay o no precisión de efectuar un franqueo (quemar la falla).

Figura 25. Falla franca o falla resistente a tierra.



Con esto queremos decir que si la falla no esta bien declarada o lo que es lo mismo es muy resistente o que se encuentre aislada, será necesario abrir el aislamiento en el punto de falla, y volver a probar para que exista un camino franco para la corriente de falla.

b) Prueba de continuidad de los conductores.

Esta prueba tiene por objeto, el poder conocer si existe alguna trozadura en los conductores de la falla, esta puede determinarse por el método simple de cortocircuitar los tres conductores en un extrema del cable y desde el otro extremo probar entre dos conductores, con una pila de 1.5 Volts y un foquito, si dichos conductores responden al corto circuito.

Esta prueba puede hacerse también a fases individuales y utilizando el plomo como conductor de regreso, quedando así a un mismo tiempo, probada la continuidad de la chaqueta de plomo o pantalla de tierra.

c) Prueba de continuidad en los plomos, puente de capacitancias (Puente Sauty).

Cuando no se tiene acceso mas que a uno de los extremos del cable, para determinar la continuidad de los conductores, hay que recurrir al método de las capacitancias:

Consiste este en comparar las capacitancias de cada una de las fases del cable contra el forro del plomo, estando las otras dos fases conectadas al plomo, el resultado de la prueba debe dar el mismo valor de capacitancia para las tres fases, y de no cumplirse esta condición, se deducirá sobre los valores más bajos, correspondientes a conductores trozados.

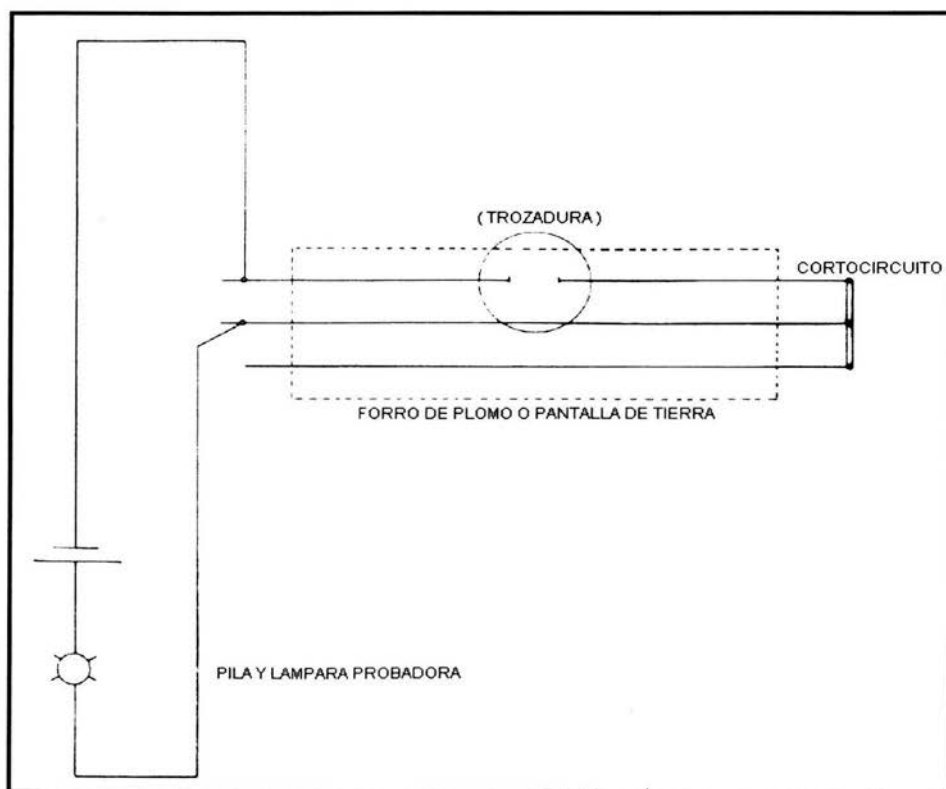
Para ejecutar las medidas anteriores se precisa la utilización de un puente SAUTY, el cual consiste en términos generales de un montaje similar al del puente de Wheastone pero ahora con capacitancias de comparación, como se muestra en la fig. No. 26

El equilibrio del puente se busca con audífonos a un mínimo de ruido o con ojo mágico al máximo de la banda ensanchada. El puente debe de garantizar medidas entre 1,000 pf y 10 Mf en tensión alterna de 6 a 8 volts a 800 hertz, con una precisión del 0.5 % o superior.

De los anteriores análisis podemos agrupar las fallas en tres grupos elementales:

- 1) Falla fase a tierra
- 2) Cortocircuito entre fases
- 3) Conductor trozado.

Figura 26. Puente de capacitancias (Puente Sauty).



4.5.3.- DETECCIÓN DE LA FALLA EN EL TERRENO.

Todos los métodos e instrumentos para llevar a cabo los ensayos de localización anteriormente descritos, arrojan únicamente resultados aproximados, no siempre son exactos, por lo tanto jamás hay que darlos por definitivos, como para decidirse a abrir una excavación o cortar el cable en el lugar cuya distancia haya resultado marcada con los datos del ensayo efectuado.

Para eliminar la duda acerca del lugar donde la falla se encuentra, es necesario comprobar físicamente que la falla se encuentre en ese lugar, antes de proceder a intervenir sobre el cable.

El procedimiento más común para llevar a cabo este ensayo, es la aplicación del generador de ondas de choque.

Este método consiste principalmente en enviar a través del conductor defectuoso del cable, estando el resto de los conductores conectados al plomo, una onda de impulso capaz de brincar en forma de arco en la falla produciendo RUIDO. Este ruido puede ser escuchado directamente por el oído en las boquillas de los ductos dentro de los pozos de visita, si se trata de un cable instalado en ductos o en el caso de cables armados directamente enterrados, por medio del detector acústico, (captor, amplificador y audífonos).

Para que estos ruidos sean audibles, sea cual fuera el medio de escucharlos, se necesita cuando menos un nivel de energía de ruido equivalente a 300 Joules como mínimo, por consiguiente se necesitan aparatos capaces de producirlos. Toda la gama de aparatos utilizados para este ensayo, puede agruparse prácticamente en dos tipos.

- 1) Generadores de impulsos a cadencia por reloj-ruptor
- 2) Generadores de impulsos a cadencia por intervalos de descarga.

* Generador de ondas de choque BIDDLE.

Consta este equipo de tres elementos principales para producir las ondas de choque y de un detector acústico para captarlas:

- 1) El pupitre de comando
- 2) Un rectificador de alta tensión
- 3) Un generador de ondas de choque por condensadores a intervalos de descarga.

Observando el diagrama de la figura No. (27), tenemos que:

En el pupitre de comando.-

Este cuenta con la alimentación del potenciómetro con tensión selectiva de 110/127 Volts. Los circuitos de salida del potenciómetro son 2: Uno a tensión fija, alimenta el primario de un transformador monofásico para el calentamiento del filamento.

En el circuito primario de dicho transformador, esta intercalado en serie una resistencia variable para regulación de la tensión de salida del transformador.

El segundo circuito de salida del potenciómetro (el de tensión variable), alimenta el primario de un transformador monofásico B.T./A.T., que proporciona el potencial de placa.

En este segundo circuito tenemos intercalados en serie: un fusible de 30 amps, un amperímetro con escala de 0 a 25 amperes, y un amplificador magnético que regula a 18 amperes máximos de intensidad en el primario del transformador B.T./A.T., en el caso de un arco sostenido en el circuito de A.T. (quemado de fallas).

En paralelo tenemos conectado un voltmetro con escala de 0 a 12 kV, y de 0 a 60 kilovolts. La conmutación de las tensiones de alimentación a este circuito se hace en el potenciómetro por medio de diferentes tomas, (Taps), que varían refiriéndose en A.T., a tensiones de salida de: 3, 4, 7, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 36, 53 y 60 kV.

Dos fusibles de 50 amp., protegen la alimentación del potenciómetro de la línea y se desconecta a esta mediante un interruptor bipolar.

El circuito encerrado dentro del primer cuadro a líneas punteadas, representa todos los aparatos contenidos dentro del pupitre de comando.

Rectificador de Alta Tensión. –

En este están contenidos: El transformador de calentamiento, (ya explicado), el transformador de B.T./A.T. sumergido en aceite. En el centro del devanado secundario del transformador B.T./A.T., tiene una conexión a tierra y las salidas de A.T.

Puede establecerse el circuito de A.T. que a través de tierra gracias a la conexión central a tierra en el devanado secundario del transformador A.T./B.T.

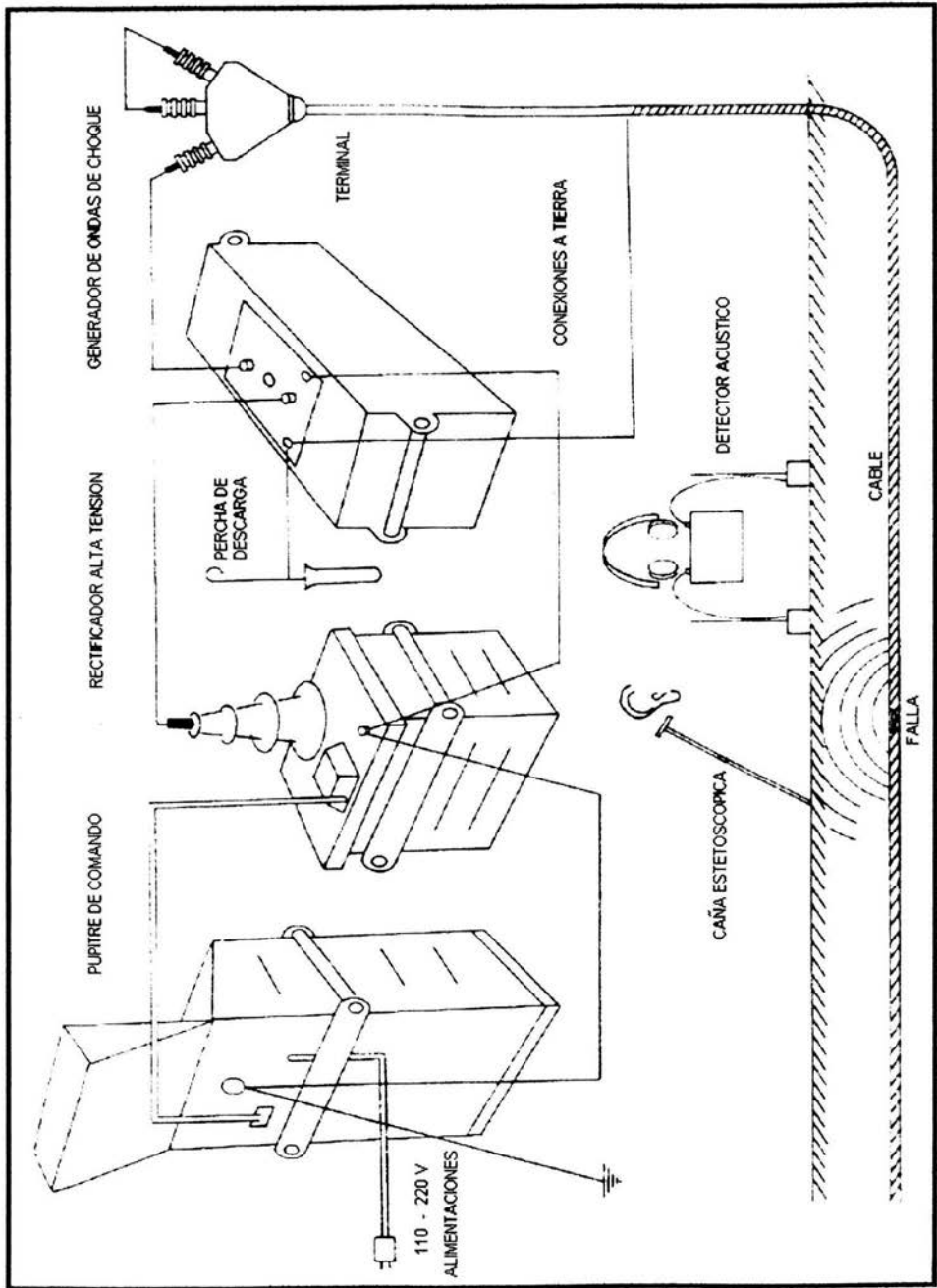
En el caso de quemado de la falla, la condición anterior es indispensable para lograr la intensidad necesaria en la falla capaz de establecer un arco sostenido, suficiente para formar carbón en dicho lugar, reduciéndose en esta forma el valor de la resistencia de falla.

Para los propósitos anteriores, el control del amplificador magnético en el pupitre del comando, tiene un selector para obtener dos valores diferentes de intensidad máxima de salida en A.T. (100 y 5 mamp).

El valor de 100 ma corresponde a la posición " Quemar " en el selector y es el valor de intensidad utilizado para ejecutar los ensayos de franqueo de fallas en los cables subterráneos. El valor de 100 ma. corresponde a la posición de " Choque " en el selector y es el de valor máximo de intensidad aplicado al generador de ondas de choque.

El segundo cuadro a líneas punteadas indica las conexiones y aparatos contenidos dentro del rectificador de A.T., la conexión de las cuatro líneas de salida del pupitre al rectificador, se hace por medio de un cable flexible y dos clavijas receptáculos. La conexión de tierras se hace por separado.

Figura 27. Detalle del montaje de aparatos BIDDLE



EL DETECTOR ACÚSTICO.

Como ya se menciona anteriormente, este aparato nos sirve para detectar el ruido de la falla en el terreno. Consta principalmente de un pupitre de comando, que lleva dentro un amplificador con regulación de volumen. A este van conectados por un extremo un juego de audífonos, y por el otro extremo van conectados un juego de captosres (receptores) acústicos, con guías largas y desconexiones independientes, para así poder seleccionar uno u otro y poder así comparar la intensidad del ruido, y poder determinar así la dirección donde se encuentra la falla. La base de su funcionamiento de este detector acústico es una célula microfónica extremadamente sensible a las vibraciones del suelo y poco sensibles a los ruidos ambientales. En la *figura No.27*, nos muestran el montaje físico y la detección en el terreno de una falla con el auxilio del laboratorio BIDDLE EDC 4,000/a+b+d+ el detector acústico.

EL ensayo del generador de ondas de choque por si solo no constituye de ninguna manera, un método eficaz como localizador de fallas en los cables subterráneos, pues se requiere forzosamente de tener una idea de la distancia aproximada del alimentador así como de la ruta que este tiene, de lo contrario es necesario realizar un recorrido que puede llegar a ser hasta de 5 km. sin poder poner especial cuidado en una zona determinada y así podríamos pasar por el lugar de la falla en repetidas ocasiones sin darnos por enterados donde se encuentra la falla.

4.5.4.- PERICIAS DEL TÉCNICO LOCALIZADOR.

Esta condición juega un papel tan importante como las anteriores (Cualidades de la red, método y equipo), ya que en ausencia de esta, se tendrían grandes probabilidades del fracaso rotundo en la localización de la falla, así como el daño a el aislamiento del cable, a los equipos instalados y a los instrumentos, debido a la carencia de experiencia del operador. Se sugiere que las personas encargadas de estos trabajos deberfan de ser, los técnicos especializados como mínimo en el ensayo de estos trabajos, y ser seleccionados dentro de un grupo técnico o de Ingenieros con dos años mínimos de experiencia en estos trabajos.

Diferentes géneros de fallas.-

Como ya se hizo mención, la falla debido a su naturaleza, pueden ser agrupadas en tres grupos, que son las que a continuación se mencionan: "*falla a tierra, corto circuito y trozadura del cable*". Además de esta clasificación, existen infinidad de subgrupos donde caen todas las fallas que resultan de la combinación de las tres fallas fundamentales. A continuación en la *tabla 8* se darán a conocer algunos tipos de fallas, comunes en cables de A.T. y de B.T., y el nombre del procedimiento adecuado para atacarlas en el ensayo de prelocalización, Ya que la detección real en el terreno, se sigue el mismo método de ondas de choque para todos los casos de fallas en cables de mediana tensión:

Tabla 8

TIPO DE FALLA	MÉTODO A SEGUIR
(1) Falla franca Fase-tierra	Ensayo Murray, utilizando la cubierta de plomo como regreso de la tierra. El generador de ondas estacionarias.
(2) Cortocircuito franco entre fases	Ensayo Murray, utilizando un conductor averiado como regreso de tierra. El generador de ondas estacionarias.
(3) Falla franca con 3 fases-tierra	Ensayo Fisher, ensayo Varley-doble y el generador de ondas estacionarias.
(4) Corto circuito franco triple	Ensayo Fisher, ensayo Varley-doble y el generador de ondas estacionarias.
(5) Falla resistente fase-tierra	Intento de franqueo, Ensayo Murray con puente de A.T.
(6) Corto-circuito resistente.	Intento de franqueo, Ensayo Murray con puente de A.T.
(7) Falla triple resistente a tierra.	Intentar el franqueo si se logra aplicar generador de ondas estacionarias.
(8) Conductores trozados	Ensayo del puente Sauty, comparar capacidad sano con cable defectuoso. El generador de ondas estacionarias.
(9) Conductor trozado pero unido por una resistencia (carbón)	Ensayar despegarlo con 2 ó 3 ondas de impulso, después aplicar el puente Sauty. El generador de ondas estacionarias. Puede ser que el radar indique algo.
(10) Conductor trozado y una sección a tierra.	Ensayo del puente Sauty por el lado aislado del conductor. El generador de ondas estacionarias.
(11) Conductor cortado y puesto a tierra resistente a 2 lados	Ensayar despegarlos con 3 impulsos, luego el puente Sauty. Franqueo a 2 extremos y la medición con el generador de ondas estacionarias.
(12) Los conductores rozados.	Con puente Sauty, medir capacitancias parciales y proporcionar longitudes con la suma de las 2 Parciales a longitud total.
(13) Los 3 conductores trozados y expuestos a tierra en un solo extremo.	Ensayar el radar a 2 extremos, el puente Sauty por el extremo aislado y consultar tablas. El generador de ondas estacionarias desde cualquier extremo.
(14) Trozado los 3 conductores y resistentes a tierra por los 2 lados	Intento riguroso de franqueo para: Ensayar radar o de ondas estacionarias. Este es considerado como uno de los casos más difíciles.

Aun quedan un sin numero de diferentes tipos de fallas, que pueden ser del resultado de las combinaciones de las ya mencionadas.

4.6.- LOCALIZACIÓN DE FALLAS POR OBSERVACIÓN.

Otro de los detalles que caracterizan la pericia del técnico localizador, como en el caso de los detectives, es el de olfatear un rastro o pista que haga suponer la presencia de la falla.

Entre los rastros podemos numerar los siguientes:

- a) Olor a cable quemado (olor muy especial), en la entrada de los ductos o en la tierra de la excavación, la cual nos da indicios de que la falla se encuentra cerca.
- b) La presencia de tizne en las paredes de los pozos de visita, en las boquillas de los ductos y hasta en la misma excavación, son indicios en la mayor parte de los casos que la falla se encuentra muy cerca. Es muy recomendable que en el caso de los pozos de visita estos se les de un aseo para quitar los restos de tizne y así evitar en un futuro el posible engaño de una falla anterior.
- c) La presencia de humo en un pozo de visita, nos indica sin temor a errar que en ese lugar se encuentra la presencia de la falla.
- d) En algunos de los casos en donde los pozos de visita se encuentran inundados de agua, donde la visibilidad de los cables es casi nula, la presencia de una nata cobrizada sobre el espejo del agua o la presencia de una nata de aceite, pueden ser indicios de que la falla se encuentre en ese lugar o muy cercano al mismo.
- e) En algunos de los casos cuando la falla es muy reciente, y cuando la magnitud de la falla es considerable se alcanza a percibir a través del tacto una diferencia de temperatura en la superficie del suelo, esto también nos sirve como indicio de la posible ubicación de la falla.
- f) Cuando la falla es reciente y esta provoca una explosión, en muchos de los casos las personas, peatones, comerciantes, agentes de seguridad indican donde se escucho la explosión, y esto nos indica el lugar de la falla ahorrando así tiempo y evitando realizar algún largo recorrido para la localización de la misma, y así el tiempo de interrupción se ve abatido gracias a la cooperación de la gente que estuvo en el lugar.

4.6.1.- CAUSAS COMUNES POR LAS QUE UN CABLE SUBTERRÁNEO FALLA.

A continuación se dará una larga lista de las causas que pueden originar que en un cable subterráneo se presente una falla.

1) Un piquete mecánico.-

Generalmente cuando se efectúan obras de urbanización se practican excavaciones, y es muy común que los operadores de las maquinarias de excavación por error o por ignorancia dañen el cable subterráneo, en la mayoría de estos casos la falla se manifiesta de inmediato o en alguno de los casos llega a producirse la falla un tiempo después de acuerdo a la magnitud del daño.

2) Corrosión química.-

La presencia de determinados ácidos, álcalis o de sustancias que en combinación dan lugar a estos, pueden atacar violentamente las cubiertas del plomo y perforarlas.

3) Corrosión electrolítica.-

La presencia de instalaciones de corriente directa, propicia en muchas ocasiones, que dicha corriente deje sus conductores para fluir libremente por las cubiertas de plomo, pero en el lugar donde estas dejan el cable para regresar a sus colectores, allí se produce en el forro de plomo una corrosión tan violenta, que perfora dichas cubiertas en lapsos muy cortos.

4) Cristalización.-

El continuo movimiento del cable dentro del ducto debido a las dilataciones y contracciones de este a consecuencia de su régimen de carga, terminan por orientar las moléculas del forro de plomo, agrietándose este en longitudes considerables.

5) Rozamiento o ralladuras.-

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

6) Asentamientos del subsuelo.-

Esto es muy frecuente en la ciudad de México, por tanta construcción actual y tan poco compacto el terreno, produce estiramientos en las cubiertas de plomo, que llegan a reventarse, produciéndose allí una degolladura.

7) Diferencias de potencial.-

Los fenómenos transitorios debidos a corto-circuitos, fallas a tierra, aperturas bruscas etc..., producen corrientes residuales que fluyen por las cubiertas de plomo, levándose en ocasiones el potencial de una cubierta respecto a las otras, de allí que en lugares donde una cubierta con potencial toca o pasa cerca de otra o de una estructura que propicie una diferencia de potencial adecuada a la descarga, esta se produce formando el vulgarmente llamado tierrazo, que perfora las cubiertas de plomo dejando allí un hueco considerable.

8) Introducción de agua, humedad.-

Todos los fenómenos anteriores dan lugar a la introducción de agua o humedad dentro del cable que trae por resultado, siempre la falla inmediata o posterior del cable. Otra manera de permitir la introducción de agua o humedad dentro del cable es la de hacer descuidadamente la confección de una junta o derivación, por ejemplo el mal empacado permite vías de agua o humedad, que repercuten invariablemente en la falla del cable en ese lugar.

9) Sobrecargas.-

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

10) Falsas maniobras.-

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

11) Emigración de aceite en la posición vertical.-

En un cable dispuesto verticalmente, es forzoso que el aceite por gravedad emigre a las partes bajas del cable y produzca su falla.

12) Vejez.-

Con el tiempo el resecamiento de los aislamientos en un cable, da lugar sin duda a la formación del fenómeno de ionización, que aumenta sus pérdidas y trae posteriormente su falla.

13) Defecto de fabricación.-

También un defecto en el encintado, impregnación o en la aplicación de la cubierta de plomo, puede dar lugar a ionizaciones o vías de humedad posteriores que hagan fallar al cable.

14) Defectos de manipulación.-

Manos sucias o sudorosas, reventado de aislamientos al forzarlos en curvatura o pocas precauciones al confeccionar una junta o terminal, trae irremediamente la falla.

Causas poco frecuentes.- La roída de rata y el incendio exterior, pueden considerarse como poco frecuentes, en los récords de fallas.

15) Roída de rata.-

Las ratas no comen el plomo de cable, pero les gusta afilarse los dientes en el, de ahí que resulten a veces incisiones bastantes considerables a consecuencia de esto.

16) Incendio exterior.-

En un siniestro de esta naturaleza, se eleva tanto la temperatura exterior, que llega a fundirse el plomo del cable y a quemarse los aislamientos.)

4.6.2.- PUNTOS VULNERABLES.

De las explicaciones anteriores, se deduce fácilmente cuales son los puntos vulnerables en las instalaciones subterráneas:

Juntas, derivaciones, terminales, pozos de visita, cruces de vías de ferrocarril, instalaciones del tren ligero, lugares donde hay mucho salitre, obras públicas en construcción, aglomeraciones de cables en galerías etc...

Deducciones Técnicas.-

De los resultados de los análisis del tipo de falla y del conocimiento de las condiciones y trazado de las canalizaciones subterráneas, se puede deducir de manera aproximada, si la falla se encuentra en lugar seco o húmedo, de acuerdo con el valor de la resistencia de falla inicial, si la falla se encuentra cerca o lejos de la SE. principal, de acuerdo con la bandera del detector a sobrecorrientes calibradas (Gardye), que accionó, o algunas otras especulaciones que ya no se mencionan.

CAPITULO V

PRUEBAS DE RECEPCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

A continuación se mencionan una serie de pasos y pruebas a seguir para asegurar la "Calidad y Eficiencia" de un sistema de distribución subterránea. Estas pruebas se le van a realizar tanto al equipo como en algunos casos al lugar donde se van a instalar.

5.1.- PRUEBAS DE RECEPCIÓN

5.1.1.- SISTEMAS DE TIERRA

- * En transformadores
- * En Subestaciones receptoras (gabinetes modulares)
- * En pozos y Registros
- * En aterrizamiento de circuitos trifásicos de baja tensión (último servicio)
- * Reporte de la prueba.

5.1.2.- PRUEBAS EN CABLES DE MEDIA TENSIÓN

- * Prueba de resistencia de aislamiento (Megger)
- * Prueba de identificación de fases (continuidad)
- * Prueba de potencial de C.D.
- * Prueba de potencial de C.A. (NMX J-519)
- * Reporte de la prueba.

5.1.3.- PRUEBAS EN CABLE DE BAJA TENSIÓN

- * Prueba de resistencia de Aislamiento (Megger)
- * Prueba de Potencial aplicado. Esta prueba se efectuará en la Puesta en Servicio (Energización)
- * Reporte de la prueba.

5.1.4.- PRUEBAS A EQUIPOS DE TIPO INTERIOR Y EXTERIOR

TRANSFORMADORES

- * Prueba de Resistencia de Aislamiento (Megger)
- * Prueba de TTR
- * Prueba de Rigidez Dieléctrica del Líquido refrigerante

- * Prueba de Potencial aplicado de C.A.
- * Prueba de Indicadores de Nivel y temperatura
- * Reporte de la prueba

GABINETES 23 kV (MODULARES)

- * Nivelación del equipo y anclaje.
- * Ajustes de Mecanismos de Interruptores.
- * Prueba de Potencial Aplicado C.A.
- * Comprobación de Espacios MÍNimos para la Operación y Mantenimiento de equipo.
- * Reporte de la prueba

INTERRUPTORES 23 kV EN HEXAFLUORURO Y/O CÁMARAS EN VACÍO.

- * Nivelación del equipo anclaje
- * Ajustes de Mecanismos de Interruptores
- * Prueba de Potencial aplicado C.A.
- * Pruebas de apertura y cierre del interruptor a través del control del equipo
- * Verificación del comportamiento de curvas tiempo-corriente.
- * Comprobación de Espacios mínimos para la operación y mantenimiento del equipo.
- * Reporte de la prueba

5.1.5.- PRUEBAS A EQUIPOS SUMERGIBLES

INTERRUPTORES 23 kV

- * Pruebas de ajuste de mecanismos y contactos
- * Prueba de Hermeticidad
- * Prueba de Rigidez dieléctrica del aceite
- * Distancias mínimas para operación y mantenimiento de equipo
- * Reporte de la prueba

TRANSFORMADORES

- * Prueba de resistencia de aislamiento.
- * Prueba de TTR.
- * Prueba de Rigidez Dieléctrica del Líquido refrigerante.
- * Prueba de Potencial Aplicado de C.A.
- * Prueba de indicadores de Nivel y Temperatura.
- * Reporte de la prueba.

5.2.- PUESTA EN SERVICIO (ENERGIZAR) LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Para la puesta en servicio debe estar un representante técnico del Cliente.

5.2.1.- REQUISITOS GENERALES

- * Planos definitivos.
- * Inventario físico y valorizado.
- * Certificados de garantía de los equipos y materiales.
- * Reportes de pruebas de fecha cercana ala energización.

5.2.2.- REVISIÓN DE LAS INSTALACIONES DE MEDIANA TENSIÓN.

- * Comprobación del voltaje de operación de los alimentadores existentes.
- * Revisión de posición de cambiador de derivaciones de transformadores (TAP).
- * Revisión de posición de interruptores (APERTURA-CIERRE).
- * Revisión de capacidad de protecciones.

5.2.3.- PRUEBAS EN VACÍO

- * Comprobación de la concordancia de fases en:
- * Acometidas de Mediana Tensión.
- * Puntos frontera de Mediana Tensión.

5.2.4.- REVISIÓN DE LAS INSTALACIONES DE B.T.

- * Revisión de la capacidad de protecciones de los circuitos.
- * Registro de voltajes entre fases y al neutro en cada una de las fuentes (SE's).
- * Medición de voltajes e identificación de secuencia en cada una de las acometidas trifásicas.
- * Medición de voltaje en servicios monofásicos y bifásicos.

5.2.5.- DEFECTOS DE LA INSTALACIÓN

- * Registros de defectos y aviso al Cliente
- * Aviso de defectos corregidos.

CONCLUSIONES

La energía eléctrica es una base esencial, en el desarrollo económico e Industrial de un país y como este va creciendo, la demanda de energía eléctrica va en aumento y el control de la calidad se va haciendo más rigurosa, ya que los sistemas eléctricos van revolucionando y una gran cantidad de equipo eléctrico no es tolerable a las variaciones de "Corriente, Tensión y Frecuencia", estos equipos son electrónicos, por lo cual se tendrá perturbaciones en el sistema que podrían llegar a ser fallas.

Para mejorar la "calidad y eficiencia" en las redes de distribución subterránea, se sugiere tomar las siguientes acciones:

1.- Se formule un plan de trabajo para dar mantenimiento preventivo, dos veces al año, y que contemplen revisiones al equipo y al cable.

Al equipo se le deberá realizar pruebas de rigidez dieléctrica y pruebas a los mecanismos.

A los transformadores además de realizarle pruebas de rigidez dieléctrica al aceite se sugiere, hacerle pruebas de relación de transformación a los devanados.

A los cables se les deberá hacer recorridos, verificando el buen estado del mismo, así como de las uniones y de las terminales, es decir se deberán desaguar los pozos de visita así como las bóvedas verificando que no existan escurrimientos de aceite en los cables y de compuesto en las terminales, así como que el cable no tenga aplastamientos, que el cable se encuentre en su soportes de porcelana, y se deberán asear los pozos de visita y las bóvedas constantemente.

2.- Se formulará un sistema de trabajo, para dar mantenimiento correctivo, aquí se nos presentaran dos formulaciones de sistema de trabajo, uno para baja tensión y otro para mediana tensión.

Para mediana tensión tenemos, si la falla es visible, el personal deberá de realizar la reparación a la mayor brevedad y la calidad y eficiencia del trabajo debe de ser excelente, para esto se debe de involucrar al trabajador en el conocimiento del material y las técnicas para reparar. Si la falla no es visible se deberá instalar el laboratorio Biddie, como generador de impulsos para así realizar recorrido, en la trayectoria de la red y poder localizar la falla y poder así proceder a su reparación, como se mencionó en la falla visible.

Para baja tensión tenemos que esta red va enterrada, no va en ductos como la de mediana tensión, por lo cual cuando tenemos una falla, recurrimos a realizar pruebas para así poder determinar aproximadamente en donde se encuentra la falla, posteriormente es necesario realizar excavaciones y en muchos casos se abre el cable para determinar en donde existe la falla, es muy importante la experiencia del personal para la localización de la falla.

3.- Se debe de hacer un estudio para diseñar un equipo que nos sitúe en el lugar de la falla en cuestión, pero debemos de contemplar que el cable no se encuentra a una profundidad constante, algunas veces van muy superficial y en otras ocasiones se encuentran muy profundos, algunas veces van sobre o debajo de bancos de ductos de teléfonos, tubos agua potable, de drenajes, de alumbrado publico, de semáforos, e inclusive con otros cables de baja tensión que pasan por el lugar o que se encuentran abandonados en la zona etc.

4.- Instalar más tierras en la red, así como darle mantenimiento a los sistemas de tierra ya conectados para así poder eliminar una gran parte de las variaciones de voltaje, en baja tensión y mediana tensión, para proporcionar mayor protección al personal, y evitar variaciones al servicio de los clientes.

Este trabajo se realizó, en base al conocimiento adquirido en el desarrollo de labores de trabajo, en una empresa suministradora de energía eléctrica y se llegó a la conclusión de que para mejorar la "calidad y eficiencia", en el terreno de trabajo, el mantenimiento preventivo es la médula espinal para mantener el sistema en las mejores condiciones posibles. Tomando en cuenta esto y aunado a los demás factores mencionados, esta empresa, así como cualquier otra podrá tener una "calidad y eficiencia" que se verá reflejada en la satisfacción del cliente que contrate nuestro servicio.

ANEXO

EQUIPOS Y MATERIALES USADOS EN RED SUBTERRÁNEA

**SIGNOS CONVENCIONALES USADOS EN PLANOS DE
OPERACIÓN DE SISTEMAS SUBTERRANEOS.**

NOMBRE	SIGNO.	NOMBRE	SIGNO
S.E. EN EDIFICIO ó EN CASETA.		TERMINAL ó ACOMETIDA	
S.E. EN BOVEDA		CUCHILLA LINEA AEREA ó EN S.E. OPERACION (X)	
S.E. EN BOVEDA CHICA		CUCHILLA EN LINEA AEREA PARA ABRIR CON CARGA OP. EN GRUPO	
TRANSFORMADOR ENTERRADO		PROTECTOR	
TRANSFORMADOR EN POSTE		BUS ABIERTO (CAP. AMP) BUS CUBIERTO (CAP. AMP)	
TRANSFORMADORES DE 112.5, 150 y 200 KVA.		BUS BLINDADO (CAP. AMP)	
TRANSFORMADORES DE 225 300 y 400 KVA.		CABLE DE 6000 V.	
TRANSFORMADORES DE 500 y DE 750 KVA.		CABLE DE 23 000 V.	
INTERRUPTOR DE 2 VIAS 1 PALANCA		LINEA AEREA DE 6000 V.	
INTERRUPTOR DE 3 VIAS 1 PALANCA VIA CENTRO RAD		LINEA AEREA DE 23 000 V.	
INTERRUPTOR DE 3 VIAS 2 PALANCAS EN VIAS LATERALES RAL		S.E. EN GABINETE TIPO FRACC.	
INTERRUPTOR DE 3 VIAS 2 PALANCAS CON BUS A TIERRA RAL RED AUT.		S.E. ORS PEDESTAL	
INTERRUPTOR DE 3 VIAS 3 PALANCAS CON BUS LIBRE ó A TIERRA RAC		S.E. ORS BOVEDA	
INTERRUPTOR DE 3 VIAS 2 PALANCAS CON BUS LIBRE y 2 CONEXIONES A TIERRA GENERAL.		INTERRUPTOR C.S. 23000-200 23-3690 F200	
INTERRUPTOR DE 4 VIAS 4 PALANCAS CON BUS LIBRE R A M		INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA 23 KV CON FUSIBLES DEL SERV.	
INTERRUPTOR DE 4 VIAS 4 PALANCAS CON BUS LIBRE ó A TIERRA RAC		CAJA DE 4 VIAS (BANQUETA) CONTACTOS RECTOS.	
DESCONECTADOR		CAJA DE 4 VIAS (BANQUETA) CONTACTOS CONICOS.	
INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA		CAJA DE 4 VIAS (BANQUETA) CON PLACAS.	
CAJA DE 23000V DE 3 VIAS		CAJA P 4 400 (BANQUETA) PEDESTAL-PLACAS ó FUSIBLES	
CAJA DE 23000V DE 4 VIAS		CAJA DE 6 VIAS ó BUS CUBIERTO EN POZOS LATERALES.	
PORTAFUSIBLE SUMERGIBLE		CUCHILLA EN AIRE	
PORTAFUSIBLE EN POSTE		CABLES SUBTERRANEOS	
TRANSFORMADOR EN POSTE ó EN UNIDAD HABITACIONAL.			

ACEITE AISLANTE NO INHIBIDO

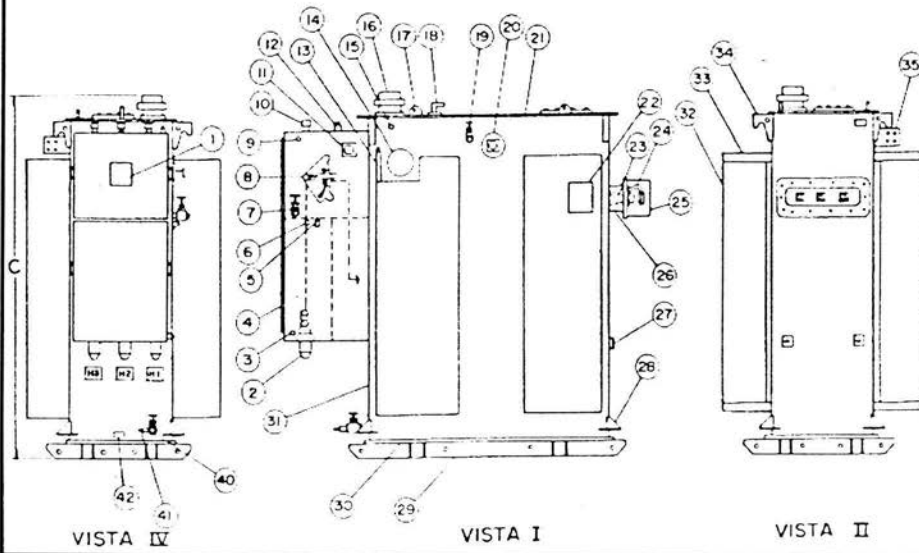
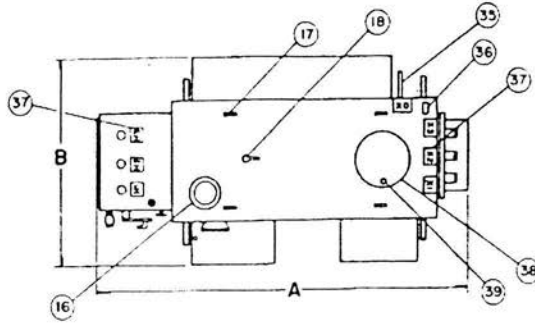
CARACTERÍSTICAS:

FÍSICAS	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD
<i>Apariencia visual</i>	<i>Brillante y transparente sin sólidos en suspensión</i>	—
<i>Densidad relativa a 20°C/4°C</i>	<i>0.84 a 0.88</i>	—
<i>Viscosidad cinemática a 40°C</i>	<i>10.4 Máx.</i>	<i>cst</i>
<i>Tensión interfacial a 25°C +/- 1°C</i>	<i>40 Min.</i>	<i>mN/m (dinas/cm)</i>
<i>Temperatura de inflamación a 101.3 kPa</i>	<i>145 Min</i>	<i>°C</i>
<i>Temperatura de escurrimiento</i>	<i>-26 Máx.</i>	<i>°C</i>
<i>Color</i>	<i>1.0</i>	—
QUÍMICAS		
<i>Azufre corrosivo</i>	<i>No corrosivo</i>	—
<i>Azufre total</i>	<i>0.10 Máx.</i>	<i>% en peso</i>
<i>Carbones aromáticos</i>	<i>8 a 12</i>	<i>% en peso</i>
<i>Cloruros y sulfates</i>	<i>Negativos</i>	—
<i>Contenido de agua</i>	<i>40 Máx.</i>	<i>PPM</i>
<i>Contenido de inhibidores</i>	<i>Negativo</i>	—
<i>Envejecimiento acelerado:</i>		
<i>-Numero de neutralización</i>	<i>0.40 Máx.</i>	<i>mgkOH/g</i>
<i>-Depósitos (Lodos o sedimentos)</i>	<i>0.10 Máx.</i>	<i>% en peso</i>
<i>Número de neutralización</i>	<i>0.03 Máx.</i>	<i>mghOH/g</i>
<i>Contenido de gas</i>	<i>0.5%</i>	---
<i>Contenido de PCB</i>	<i>1 Máx.</i>	---
<i>Tendencia a la gasificación</i>	<i>Absorbe gas</i>	—
ELÉCTRICAS		
<i>Factor de potencia dieléctrico:</i>	<i>0.05 Máx.</i>	<i>%</i>
<i>-A 25 °C 60 Hz</i>		
<i>-A 100 °C 60 Hz</i>	<i>0.30 max</i>	<i>%</i>
<i>Tensión de ruptura dieléctrica:</i>	<i>30 min</i>	<i>KV</i>
<i>- Electrodos planos, separados 2.54 mm</i>		
<i>- Electrodos semiesféricos, separados 1.2 mm</i>	<i>28 min</i>	<i>KV</i>
<i>- Electrodos VDE, separados 2.40 mm</i>	<i>56 min.</i>	<i>KV</i>
<i>Constante dieléctrica a 25 °C</i>	<i>2.3 max</i>	—
<i>Resistencia volumétrica</i>	<i>Mayor de 1×10^{15}</i>	<i>Ohm - cm</i>

**TRANSFORMADORES 23-BT, 300 - 750
SUMERGIBLE**

**NORMAS L y F
MATERIAL
2.0217**

1 de 5

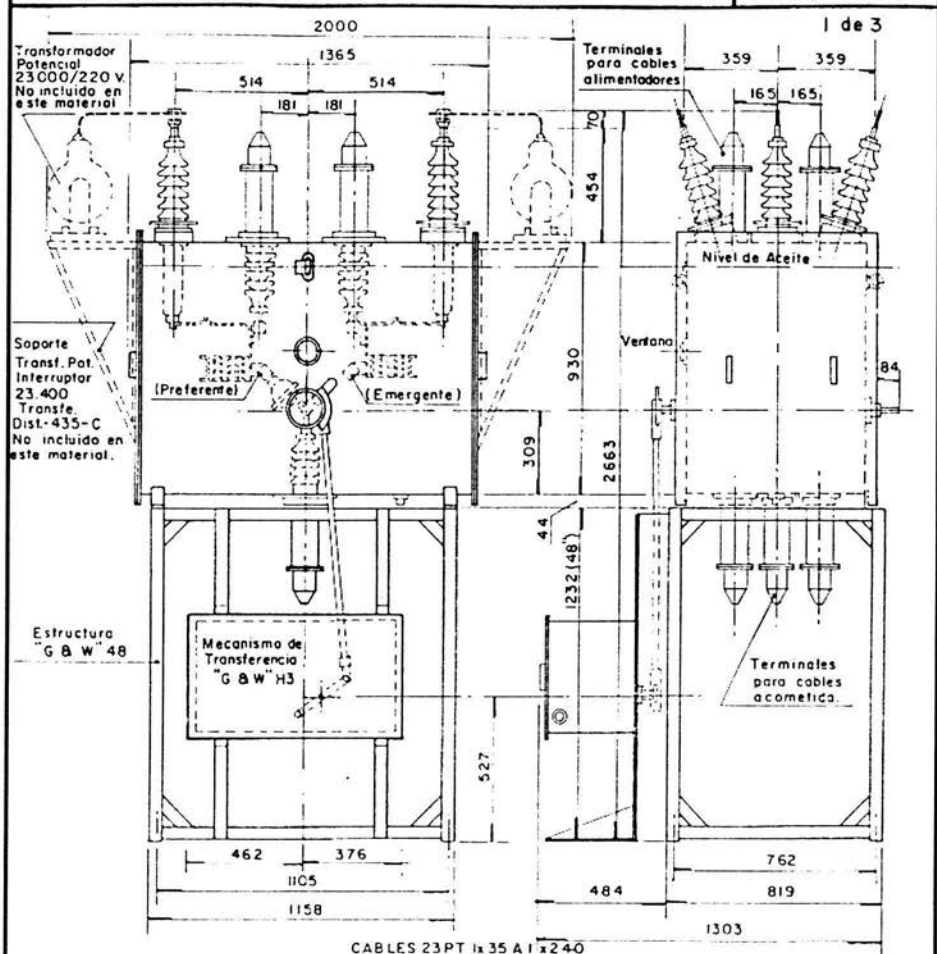


REFERENCIA	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN
		DESCONECTADOR ACOPLADO EN A. T.
1	VISTA IV	Placa de datos del desconectador
2	VISTA I	Terminales de alta tensión
3	VISTA I	Tapón de drenaje
4	VISTA I	Tapa del desconectador
5	VISTA I	Tapón de llenado cámara terminales
6	VISTA I	Tapón salida de aire y nivel del aceite
7	VISTA I	Válvula de drenaje cámara interruptor
8	VISTA I	Palanca de operación 3 posiciones
9	VISTA I	Provisión para nivel de aceite y prueba de aire
10	VISTA I	Acceso para bastones de prueba
11	VISTA I	Indicador magnético del nivel del aceite
12	VISTA I	Tapón de llenado cámara interruptor
		TRANSFORMADOR
13	VISTA I	Provisión para alarma
14	VISTA I	Termómetro sin contactos de alarma
15	VISTA I	Provisión para nivel del líquido y prueba de aire
16	VISTAS I y III	Válvula de sobrepresión
17	VISTAS I y III	Orejas para levantar la cubierta
18	VISTAS I y III	Manija de operación del cambiador de derivaciones
19	VISTA I	Válvula superior de llenado y filtro prensa
20	VISTA I	Indicador magnético del nivel del aceite
21	VISTA I	Tapa del tanque
22	VISTA I	Placa de datos del transformador
23	VISTA I	Boquilla de baja tensión
24	VISTA I	Terminal de baja tensión
25	VISTA I	Protección boquillas de baja tensión
26	VISTA I	Garganta para acoplar protector de red o cámara B
27	VISTA I	Soporte para protector de red

28	VISTA I	Refuerzos para palanqueo
29	VISTA I	Base deslizable
30	VISTA I	Fondo
31	VISTA I	Tanque
32	VISTA II	Radiadores
33	VISTA II	Cabezales
34	VISTA II	Ganchos para levantar el transformador
35	VISTAS II y III	Neutro de la baja tensión
36	VISTA III	Número de serie estampada
37	VISTA III	Identificación de terminales AT y BT
38	VISTA III	Agujero de mano
39	VISTA III	Taladro para sello de aprobación
40	VISTA IV	Válvula de drenaje y filtro
41	VISTA IV	Válvula de muestreo integral
42	VISTA IV	Terminal de tierra

INTERRUPTOR 23.400 TRANSFE.

NORMAS Ly F
MATERIAL
2.0260



CABLES 23PT 1x35 Al x240
(Alimentadores)

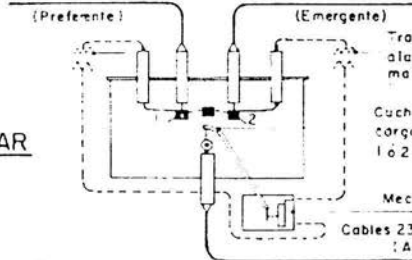


DIAGRAMA UNIFILAR

Transformadores de potencial y alambrado no incluidos en este material.

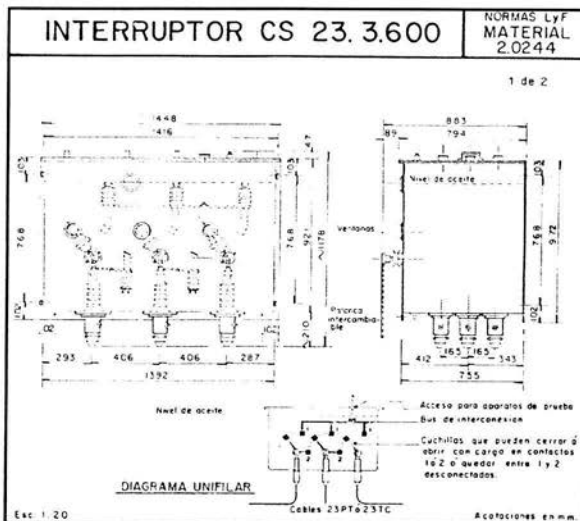
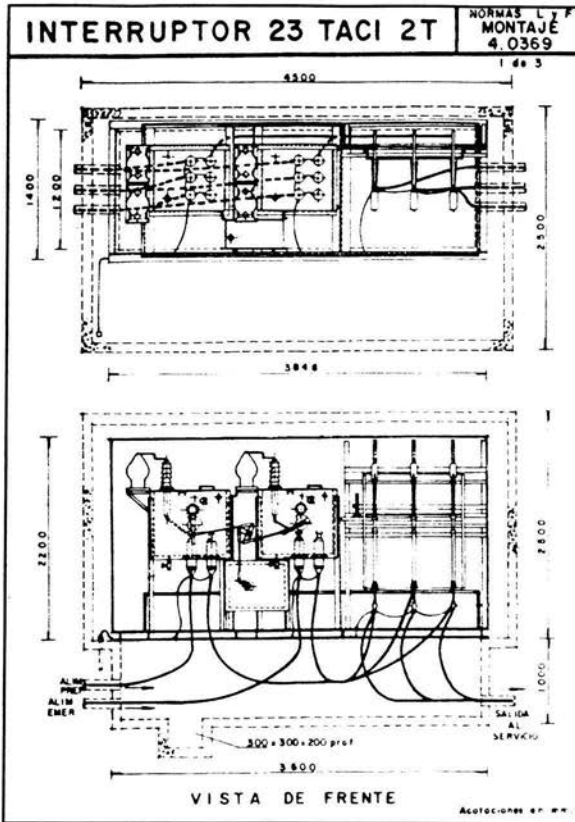
Cuchillas que pueden cerrar o abrir con carga hasta 400 Amp. en Contactos 1 o 2 a quedar abiertas entre 1 y 2.

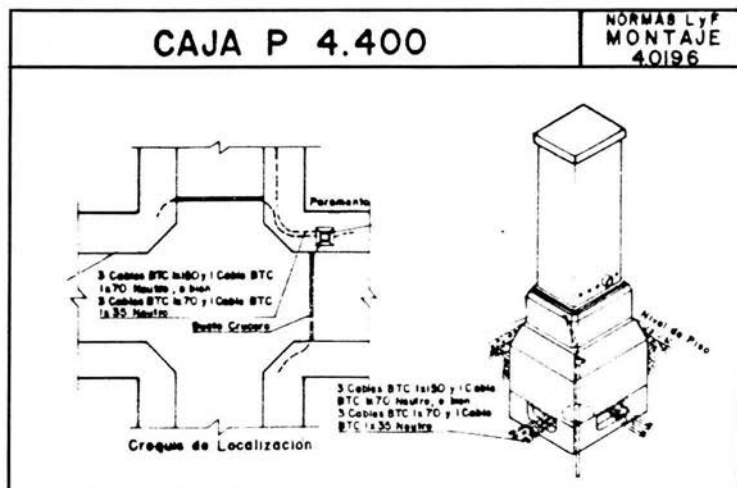
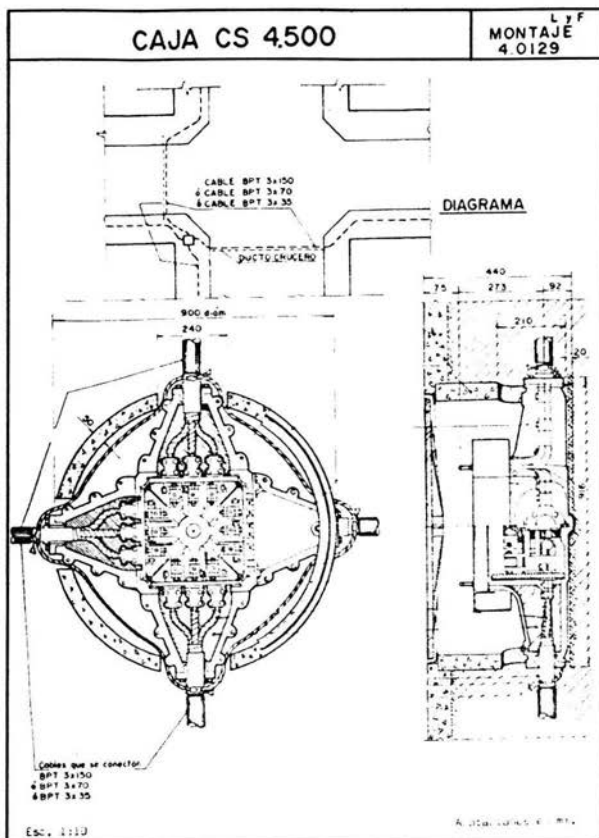
Mecanismo de Transferencia

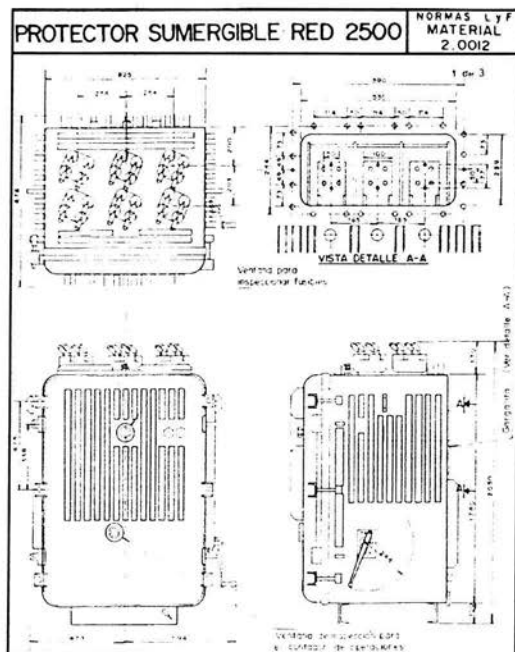
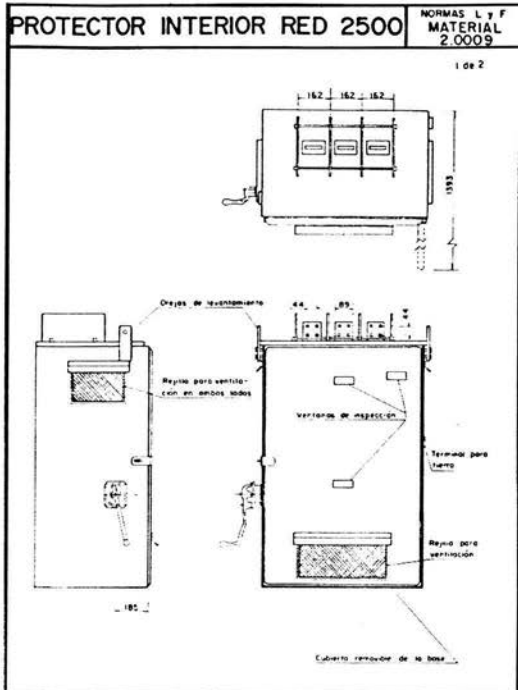
Cables 23PT 1x35 o 1x70
(Acometida)

Acometores en mm.

Esc. 1:20







PLACA TRANSFORMADOR TRIFASICO 23 x 6-BT-300 a 750 SUMERGIBLE CON DESCONECTADOR ACOPLADO EN A.T.		NORMAS L y F MATERIAL 2.0021																								
1 de 2																										
EMBLEMA DE LA FABRICA	<h2 style="text-align: center;">TRANSFORMADOR SUMERGIBLE</h2>																									
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/> VOLTS 24150/23000/21850/20700 x 6000-220 Y/127	Nº <input style="width: 50px;" type="text"/> FASES 3 HERTZ 60 %IMP a 23000 Volts. 60Hertz y 75° C: <input style="width: 20px;" type="text"/>																									
PESOS Kgs TANQUE Y ACCESORIOS <input style="width: 50px;" type="text"/> NUCLEO, BOBS Y HERRAJE <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/> LTS. ACEITE <input style="width: 50px;" type="text"/> TOTAL <input style="width: 50px;" type="text"/>	(Espacio para datos de identificación y notas del fabricante)																									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>FASE A ALTA TENSION</p> <p>FASE B TENSION</p> <p>FASE C CONEC. TABLERO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>POS. CAMBIADOR</th> <th>VOLTS</th> <th>CONEC. CAMBIADOR</th> <th>CONEC. TABLERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>24150</td> <td>a-6-7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23000</td> <td>a-6-8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>21850</td> <td>a-6-9</td> <td>2-3 y 10-II</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20700</td> <td>a-6-10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6000</td> <td>a-6-11</td> <td>3-7-11 y 2-3-10-12</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">*1 PARA 24150, 23000, 21850 y 20700 VOLTS, CONECTAR EL MECANISMO EXTERIOR DEL CAMBIADOR Y NO USAR LA POSICION 5!</p> <p style="font-size: x-small;">**1 PARA 6000 VOLTS, COLOCAR EL CAMBIADOR EN POSICION 5 Y DESACOPLAR SU MECANISMO EXTERIOR.</p> <p style="font-size: x-small;">ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 M.S.N.M: 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>DIAGRAMA VECTORIAL</p> <p style="font-size: x-small;">* Tolerancia de 3.61% a 7.00mm</p> </div> </div>			POS. CAMBIADOR	VOLTS	CONEC. CAMBIADOR	CONEC. TABLERO	1	24150	a-6-7		2	23000	a-6-8		3	21850	a-6-9	2-3 y 10-II	4	20700	a-6-10		5	6000	a-6-11	3-7-11 y 2-3-10-12
POS. CAMBIADOR	VOLTS	CONEC. CAMBIADOR	CONEC. TABLERO																							
1	24150	a-6-7																								
2	23000	a-6-8																								
3	21850	a-6-9	2-3 y 10-II																							
4	20700	a-6-10																								
5	6000	a-6-11	3-7-11 y 2-3-10-12																							
REG	NOMBRE DE LA FABRICA	HECHO EN <input style="width: 50px;" type="text"/>																								

PLACA TRANSFORMADOR TRIFASICO 23-BT-300 a 750 DCS POZO		NORMAS L y F MATERIAL 2.0410															
1 de 2																	
EMBLEMA DE LA FABRICA	<h2 style="text-align: center;">TRANSFORMADOR DCS POZO</h2>																
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/> VOLTS 24150/23000/21850/20700-220Y/127	Nº <input style="width: 50px;" type="text"/> FASES 3 HERTZ 60 % IMPEDANCIA A 23000 V, 60 HERTZ y 75° C	PESOS KGS TANQUE Y ACCESORIOS <input style="width: 50px;" type="text"/> NUCLEO BOBS Y HERRAJE <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/> LTS. ACEITE <input style="width: 50px;" type="text"/> TOTAL <input style="width: 50px;" type="text"/>															
NOMBRE FABRICANTE <input style="width: 50px;" type="text"/> INSTRUCTIVO <input style="width: 50px;" type="text"/>																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>DIAGRAMA UNIFILAR</p> <p>SECC A ALTA TENSION</p> <p>SECC B BAJA TENSION</p> <p>FUS. LIMITADOR</p> <p>FUS. SOBRECARGA</p> <p>SISTON AISLANTE</p> <p>A.T. </p> <p>B.T. </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>POS. CAMB.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VOLTS</td> <td>24150</td> <td>23000</td> <td>21850</td> <td>20700</td> </tr> <tr> <td>CONECTA</td> <td>1-2</td> <td>2-3</td> <td>3-4</td> <td>4-5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 M.S.N.M: 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>DIAGRAMA VECTORIAL</p> <p style="font-size: x-small;">* TOLERANCIA DE 3.61% A 7.00MM</p> </div> </div>			POS. CAMB.	1	2	3	4	VOLTS	24150	23000	21850	20700	CONECTA	1-2	2-3	3-4	4-5
POS. CAMB.	1	2	3	4													
VOLTS	24150	23000	21850	20700													
CONECTA	1-2	2-3	3-4	4-5													
REG	NOMBRE DE LA FABRICA	HECHO EN <input style="width: 50px;" type="text"/>															

PLACA TRANSFORMADOR TRIFASICO 23-BT-45 a 150 DRS PEDESTAL		NORMAS L y F MATERIAL 2.0358
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> EMBLEMA DE LA FABRICA TRANSFORMADOR DRS PEDESTAL </div>		
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/>		Nº <input style="width: 50px;" type="text"/>
VOLTS: 24150/23000/21850/20700-220Y/127		
FASES: 3	HERTZ: 60	PESOS KGS.
% IMPEDANCIA A 23000 V, 60 HERTZ Y 75°C.		TANQUE Y ACCESORIOS <input type="text"/>
		NUCLEO BOBS. Y HERRAJE <input type="text"/>
		LTS. ACEITE <input type="text"/>
		TOTAL <input type="text"/>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> INDICE FABRICANTE <input type="text"/> INSTRUCTIVO <input type="text"/> </div>		
DIAGRAMA UNIFILAR 		
DIAGRAMA VECTORIAL 		
POS. CAMB: 1 2 3 4 VOLTS: 24150 23000 21850 20700 CONECTA: 1-2 2-3 3-4 4-5		
ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 MSNM. 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA		
NOMBRE DE LA FABRICA		HECHO EN <input style="width: 50px;" type="text"/>

PLACA TRANSFORMADORES TRIFASICOS SUBSTACION INTERIOR 23x6-BT, 300 a 750		NORMAS L y F MATERIAL 2.0552																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> EMBLEMA DE LA FABRICA TRANSFORMADOR SUBSTACION INTERIOR </div>																														
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/>		Nº <input style="width: 50px;" type="text"/>																												
VOLTS																														
24150/23575/23000/22425/21850x 6000-220 Y/127		FASES: 3																												
PESOS Kgs		HERTZ: 60																												
TANQUE Y ACCESORIOS <input type="text"/>		% IMP a 23000 Volts.																												
NUCLEO, BOBS Y HERRAJE <input type="text"/>		60 Hertz y 75°C. <input type="text"/>																												
LTS. <input type="text"/>		(Espacio para datos de identificación y notas del fabricante)																												
TOTAL <input type="text"/>																														
DIAGRAMA VECTORIAL 																														
ALTA TENSION 																														
BAJA TENSION 																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>POSICION CAMBIADOR</th> <th>VOLTS</th> <th>CONECTAR CAMBIADOR</th> <th>CONECTAR TABLERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>24150</td> <td>1-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23575</td> <td>1-3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>23000</td> <td>1-4</td> <td>2-3 y 11-12</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>22425</td> <td>1-5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>21850</td> <td>1-6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6000</td> <td>1-7</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			POSICION CAMBIADOR	VOLTS	CONECTAR CAMBIADOR	CONECTAR TABLERO	1	24150	1-2		2	23575	1-3		3	23000	1-4	2-3 y 11-12	4	22425	1-5		5	21850	1-6		6	6000	1-7	
POSICION CAMBIADOR	VOLTS	CONECTAR CAMBIADOR	CONECTAR TABLERO																											
1	24150	1-2																												
2	23575	1-3																												
3	23000	1-4	2-3 y 11-12																											
4	22425	1-5																												
5	21850	1-6																												
6	6000	1-7																												
ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 MSNM. 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA																														
NOMBRE DE LA FABRICA		HECHO EN <input style="width: 50px;" type="text"/>																												

PLACA TRANSFORMADORES TRIFASICOS SUMERGIBLE 23-BT-300 a 750 (CON DESCONECTOR ACOPLADO)		NORMAS L y F MATERIAL 2.0018																		
	132 125	1 de 2																		
EMBLEMA DE LA FABRICA	TRANSFORMADOR SUMERGIBLE																			
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nº <input style="width: 50px;" type="text"/>																			
VOLTS 23000 - 220 y/127	FASES : 3 HERTZ : 60 % IMP. a 23000 Volts. 60 Hertz y 75°C: <input style="width: 20px;" type="text"/>																			
PESOS Kgs.	(Espacio para datos de identificación y notas del fabricante)																			
TANQUE Y ACCESORIOS <input type="checkbox"/>																				
NUCLEO, BOBS Y HERRAJE <input type="checkbox"/>																				
LTS ACEITE <input type="checkbox"/>																				
TOTAL <input type="text"/>																				
ALTA TENSION																				
BAJA TENSION																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>POSICION CAMBIADOR</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>CONECTA</td> <td>4-3</td> <td>5-3</td> <td>3-6</td> <td>6-2</td> <td>2-7</td> </tr> <tr> <td>TENSION IN</td> <td>24150</td> <td>24150</td> <td>23000</td> <td>24150</td> <td>24150</td> </tr> </table>			POSICION CAMBIADOR	1	2	3	4	5	CONECTA	4-3	5-3	3-6	6-2	2-7	TENSION IN	24150	24150	23000	24150	24150
POSICION CAMBIADOR	1	2	3	4	5															
CONECTA	4-3	5-3	3-6	6-2	2-7															
TENSION IN	24150	24150	23000	24150	24150															
ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 M S N M 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA																				
NOMBRE DE LA FABRICA _____ HECHO EN _____																				
REG	REG																			

PLACA TRANSFORMADOR TRIFASICO 23-BT-45 a 150 DRS POZO		NORMAS L y F MATERIAL 2.0359															
SOLO PARA MANTENIMIENTO		1 de 2															
	132 125																
EMBLEMA DE LA FABRICA	TRANSFORMADOR DRS POZO																
KVA <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nº <input style="width: 50px;" type="text"/>																
VOLTS: 24150/23000/21850/20700 - 220 Y/127																	
FASES: 3	HERTZ: 60	PESOS KGS.															
% IMPEDANCIA A 23000 V, 60 HERTZ Y 75°C		TANQUE Y ACCESORIOS <input type="checkbox"/>															
A1 DIAGRAMA UNIFILAR		NUCLEO BOBS Y HERRAJE <input type="checkbox"/>															
SECC. A		LTS ACEITE <input type="checkbox"/>															
SECC. B		TOTAL <input type="text"/>															
FUUS LIMITADOR		Nº DE FABRICANTE <input type="text"/>															
FUUS DE RESPALDO		INSTRUCTIVO <input type="text"/>															
A.T.		DIAGRAMA VECTORIAL															
B.T.																	
ALTA TENSION																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>POS CAMB</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>VOLTS</td> <td>24150</td> <td>23000</td> <td>21850</td> <td>20700</td> </tr> <tr> <td>CONECTA</td> <td>1-2</td> <td>2-3</td> <td>3-4</td> <td>4-5</td> </tr> </table>			POS CAMB	1	2	3	4	VOLTS	24150	23000	21850	20700	CONECTA	1-2	2-3	3-4	4-5
POS CAMB	1	2	3	4													
VOLTS	24150	23000	21850	20700													
CONECTA	1-2	2-3	3-4	4-5													
ELEVACION DE TEMPERATURA A 2300 M S N M 55°C CON 100% DE CARGA CONTINUA																	
NOMBRE DE LA FABRICA _____ HECHO EN _____																	
REG	REG																

BIBLIOGRAFÍA

1.- SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Roberto Espinoza y Lara

Ed. Limusa

2.- PRUEBAS DE EQUIPO ELÉCTRICO

Víctor Pérez Amador Barrón

Ed. Limusa

3.- INFORMACIÓN TÉCNICA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

- * Manual de localización de fallas en redes subterráneas.
- * Normas y montajes de redes y cables subterráneos.
- * Relatorios de trabajo diario de redes y cables subterráneos.
- * Folletos y manuales de equipos de redes subterráneas
- * Manuales de capacitación

4.- SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

William Stevenson

Ed. McGraw-Hill

5.- REDES ELÉCTRICAS

Jacinto Viqueira Landa

Representaciones y servicios de ingeniería

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA:

- 1.- <http://www.lfc.gob.mx>.
- 2.- <http://df.inegi.gob.mx/territorio/espanol/me.html> nu.
- 3.- <http://www.energia.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=116>
- 4.- <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/electric1.HTM>
- 5.- <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/calidad.HTM>
- 6.- <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/altatens/at-06/cap6.htm>