

35
209



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

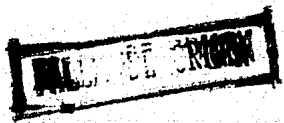
FACULTAD DE INGENIERIA

OPERACION DE REDES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
CRUZ MONTES ANDRES JORGE
GONZALEZ ESCOBAR JORGE

DIRECTOR: ING. DAVID VAZQUEZ ORTIZ

MEXICO, D. F.



1990



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E .

PAGINA

INTRODUCCION	1
------------------------	---

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA ..	6
I.1 SISTEMA RADIAL	9
I.2 SISTEMA PARALELO	14
I.3 SISTEMA EN ANILLO	
I.4 SISTEMA DE RED AUTOMATICA	18
I.5 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LOS SISTEMAS DE DIS- TRIBUCION SUBTERRANEA	29

CAPITULO II

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RED AUTOMATICA	35
II.1 CARACTERISTICAS DE UNA RED AUTOMATICA	35
II.2 SELECCION DEL NUMERO DE ALIMENTADORES PRIMARIOS ...	40
II.3 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	51
II.4 DISEÑO DE CABLES ALIMENTADORES PRIMARIOS	55
II.5 CORRIENTE DE FALLA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS	58

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL EQUIPO, MATERIALES Y ACCESORIOS DE UNA RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA.	63
III.1 OBRAS CIVILES	65
III.2 EQUIPOS Y MATERIALES EN BAJA TENSION	74

III.3 EQUIPOS Y MATERIALES EN BAJA TENSION	95
III.4 INTRODUCCION	136

CAPITULO IV

OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA .	155
IV.1 OPERACION EN CONDICIONES NORMALES DE SISTEMAS RADIALES.	156
IV.2 MANIOBRAS DE OPERACION NORMAL EN SISTEMAS RADIALES	156
IV.3 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIA EN SISTEMAS RADIALES	160
IV.4 DISTURBIO EN ALIMENTADORES CARGADOS	160
IV.5 DISTURBIO POR FALLA	161
IV.6 OPERACION DEL SISTEMA DE RED AUTOMATICA	163
IV.7 MANIOBRAS DE OPERACION NORMAL EN SISTEMAS DE RED AUTOMATICA	164
IV.8 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIAS EN SISTEMAS	165
IV.9 OPERACION DE PROTECTORES	168
IV.10 ORGANIZACION DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION	173
IV.11 IMPORTANCIA DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION	177
IV.12 DESCRIPCION DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA	180
IV.13 RED CENTRAL AUTOMATICA DE 23 KV.	181
IV.14 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIAS	185
IV.15 FALLA DE DOS TRONCALES DE ALIMENTADORES	187
IV.16 MEDIOS DE COMUNICACION	188
IV.17 EQUIPO DE EMERGENCIA	189
IV.18 ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA RED SUBTERRANEA Y AEREA	193

CONCLUSIONES	196
BIBLIOGRAFIA	198

En el año de 1954 los sistemas que alimentaban a la Ciudad de México (Miguel Alemán, Necaxa y plantas pequeñas), transmitían a 85 KV., y alimentaban a un anillo distribuidor que rodeaba a la ciudad y tenía una longitud total de 58 Km., estando -- constituidos por dos circuitos, los cuales estaban colocados -- sobre torres de acero.

Cada circuito tenía una capacidad de 45,000 KVA: la parte comprendida entre las subestaciones de Nonoalco y Jamaica (aún en servicio) es subterránea y está constituida por tres conductores monofásicos. Los conductores son de cobre con sección ovalada de 253 mm²., que están dentro de un tubo de acero de 14 cm. de diámetro colocado a 2 metros de profundidad y tiene una presión interior de 200 lb/in². en una atmósfera de nitrógeno. Este cable tiene una capacidad de 60,000 KVA., y para la conservación de este tramo se cuenta con 10 pozos de visita para vigilancia permanente.

Las principales subestaciones con que contaba este anillo eran:

Nonoalco (la más importante), San Lázaro, Jamaica, Taxqueña, El Olivar, Tacubaya, Los Morales, y se encontraban interconectados como lo fue la figura (1).

De estas subestaciones la energía, a través de líneas colocadas sobre postes o cables subterráneos a 20,000 Volts, pasaba a las subestaciones secundarias que lo distribuían a los centros de consumo con un valor de voltaje de 6 KV., de aquí, por medio de transformadores de distribución se reducía la tensión a 216-V. y 125 V., que era el valor utilizado en los servicios domésticos e industria menor. La planta de Nonoalco tenía una capacidad de generación de 80,000 KW., los que eran enviados a la su--

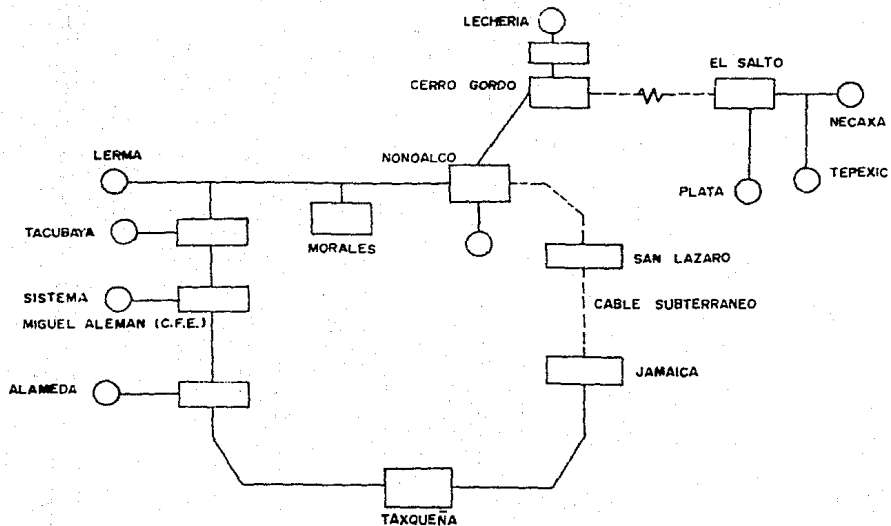


FIG. 1

ANILLO DISTRIBUIDOR DE 85 K.V.

EN 1954

bestación del mismo nombre y esta planta distribuía un total de 110,000 KW, siendo por eso la más importante del sistema en esa época.

En el año de 1955 se instalaron 10 nuevos alimentadores de 6 KV., dando un total de 127 alimentadores entre líneas de 6 KV. y 3 KV., con un total de 592 Km., de cable instalado y 1097 Km., de líneas en baja tensión, a su vez se instalaron 671 transformadores con una capacidad total de 49,700 KVA.

En la década 1955 a 1965, la capacidad instalada se incrementó en más del doble, llegando a 6'000,000 de KW., en todo el país y durante este último año, el sistema de la Compañía de Luz distribuyó 5,000 millones de KWH., entre casi un millón de consumidores, de los cuales el 90% correspondió al Distrito Federal y zonas circunvecinas y el resto a la Ciudad de Cuernavaca, Pachuca, Toluca y algunas zonas rurales. Del total distribuido en la Ciudad de México, el 80% correspondió al grupo formado por: industrias y minas, en alta tensión, gobierno, tranvías, comercio, y el 20% restante se distribuyó entre 800,000 consumidores residenciales.

Las tensiones empleadas en esta época para los fines de distribución eran de 6 KV y 20 KV., para la tensión primaria y de 127 V. y 220 V., para tensión secundaria, siendo todos los circuitos trifásicos, operando a 50 Hz., utilizándose red aérea y subterránea.

La red de 20 KV., estaba formada por 76 alimentadores y un gran número de amarres y ramales, que nos daban un total de 970 Km. Una de las finalidades de esta red fue, aparte de suministrar energía eléctrica a consumidores industriales, alimentar subestaciones secundarias y rurales, las cuales bajaban esta

tensión a 6 KV., redistribuyéndola mediante otras redes. Algunos de los alimentadores de 20 KV., se emplearon como enlace entre subestaciones para asegurar una continuidad de servicio a los consumidores más importantes. La red proporcionaba la energía requerida por 330 servicios y alimentaba a 26 subestaciones de 20/6 KV., del tipo rural. En años anteriores se instalaban conductores de cobre, los cuales han dejado de emplearse debido al alto costo de este material y se han reemplazado por aluminio. En el año de 1965 se contaba con 282 alimentadores aéreos de 6 KV., para la distribución, correspondiendo 223 de ellos a las subestaciones establecidas en el Distrito Federal. La capacidad máxima de los alimentadores de 6 KV., es de 3,500 KVA., aunque se procuró en este año delimitarla a 2,500-KVA., para lograr una mayor flexibilidad en la operación, ya que en caso de disturbio su carga sería fácilmente repartida entre alimentadores adyacentes, disminuyendo el tiempo de la interrupción y el número de maniobras.

En las redes de 6 KV., los servicios industriales en una gran mayoría no sobrepasaban los 500 KW., conservándose esta situación en el caso de estaciones de bombeo, centros comerciales, grandes edificios, oficinas gubernamentales, etc., y en todos estos tipos de servicios debían instalarse: pararrayos, portafusibles y fusibles adecuados, así como equipo de medición. El consumidor podía construir su subestación, sea de tipo interperie o interior, debiendo ser la alimentación subterránea en ambos casos; la obra civil requerida podía ser efectuada por el cliente, pero siempre respetando las especificaciones de la compañía suministradora.

CAMBIO DE FRECUENCIA.

En el año de 1972 se inició el cambio de frecuencia en el Distrito Federal y zonas aledañas; este proceso logró transferir cerca de 2000 MW de 50 Hz. a 60 Hz. en un lapso de 4 años, siendo este un tiempo record ya que se había programado llevar a cabo la operación en un tiempo de 7 años. En este proceso se atendieron a 2.5 millones de usuarios del servicio eléctrico y tuvo un costo total de 2,025 millones de pesos, cuya amortización se estimó alcanzar en menos de 7 años.

CAMBIO DE VOLTAJE.

En la Ciudad de México se ha estado realizando el cambio de voltaje desde hace muchos años, faltando aún mucho equipo por cambiar a 23 KV. Este cambio de voltaje permite contar con mayor capacidad de conducción en líneas, por ejemplo, para prestar un servicio que requiera aproximadamente 75 KVA en un alimentador de 6 KV. al ser instalado el transformador de 75 KVA. se necesitaría:

$$I_{\text{prim.}} = \frac{75,000}{3 \times 6,000} \frac{\text{VA}}{\text{V}} = 7.21 \text{ Amp.}$$

mientras que en un alimentador de 23 KV tendríamos que suministrar al transformador:

$$I_{\text{prim.}} = \frac{75,000}{3 \times 23,000} \frac{\text{VA}}{\text{V}} = 1.88 \text{ Amp.}$$

lo que demuestra que podemos proporcionar más servicios con el mismo alimentador.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

GENERALIDADES:

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

La forma de los sistemas de distribución puede ser aérea, subterránea o una combinación de ambas, dependiendo esto de las características de la carga en la zona por electrificar, el capital por invertir, la importancia del proyecto y la calidad del servicio requerido, tomando en cuenta que a mayor inversión mejor calidad del servicio podrá esperarse de la operación del mismo.

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

Todo sistema de distribución consta esencialmente de dos partes principales: Primaria y Secundaria.

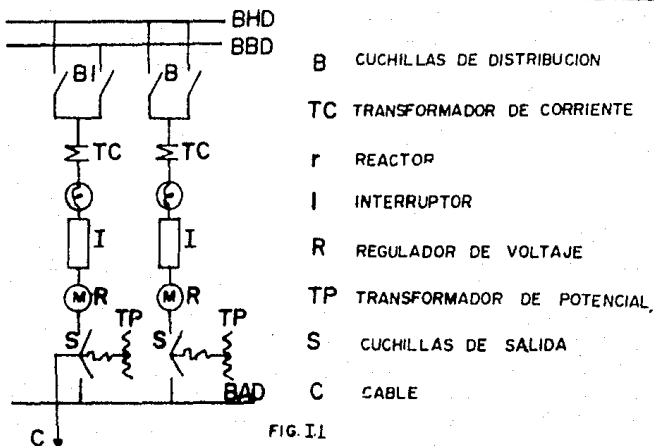
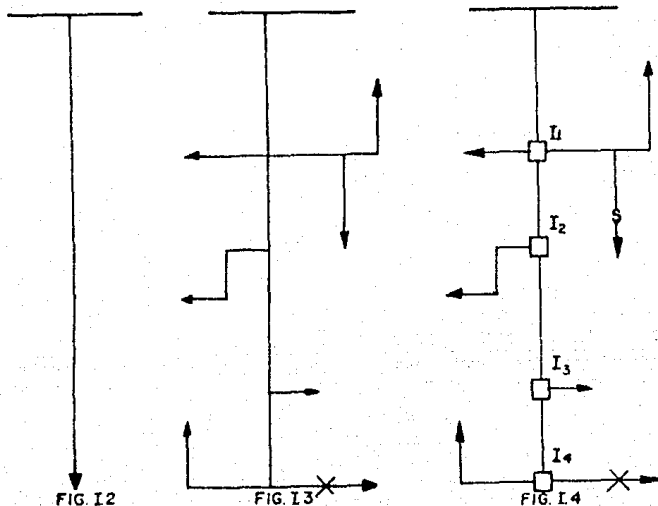


DIAGRAMA UNIFILAR DEL EQUIPO DE UN ALIMENTADOR



ARREGLOS DIVERSOS DE ALIMENTADORES RADIALES

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
 ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
 JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

La Distribución Primaria consta de un equipo compuesto -- por un juego de buses principal y auxiliar, un juego de cuchillas de conexión al bus principal (B) y otro al auxiliar (B1) - y uno de salida del alimentador (S), un interruptor en aceite, un regulador de voltaje opcional, un reactor que sirve para -- abatir el valor de la corriente de corto circuito y el cable - propiamente dicho según se indica en la figura N^a (I.1)

La Distribución Secundaria es la que está formada por la red de baja tensión alimentada por cada uno de los transformadores de distribución y al cual van conectados todos los servicios a los clientes que requieren de ese tipo de alimentación- incluyendo el equipo de medición necesario.

Dentro de la distribución de energía eléctrica por cables subterráneos, se cuenta con una serie de sistemas, los cuales- son aplicados de acuerdo con las características, magnitud e - importancia de la carga, así como por la zona en la cual se va a llevar a cabo la instalación. Cada uno de ellos cuenta con- características especiales que deberán ser estudiadas cuidado- samente en cada caso particular, a fin de proporcionar el mejor servicio a un costo mínimo.

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO

Los principales sistemas de distribución subterránea más- utilizados en la Ciudad de México son los siguientes:

- I.1).- Sistema Radial.
- I.2).- Sistema en Paralelo.
- I.3).- Sistema en Anillo.
- I.4).- Sistema de Red Automática

SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA RESIDENCIAL.

I.1).- SISTEMA RADIAL.

Es uno de los sistemas más simples, empleados en la distribución subterránea, y por lo general, una de las alternativas de menor costo relativo, su principal característica es que los alimentadores que constituyen el Sistema de Red Radial, están conectados en un solo extremo a la subestación principal.

En su expresión más simple, el Sistema Radial puede ser concebido como un alimentador que suministra energía a una sola carga, como lo muestra la Figura (I.2). Obviamente salta a la vista que este arreglo no es económico, dado el monto de la inversión requerido para equipar un alimentador y solo se justifica cuando las características del servicio son de mayor peso que éste, lo cual no suele ser muy común.

Un segundo caso puede ser considerado constituido por un alimentador, instalado en una trayectoria determinada por las cargas que suministra, las cuales serán proporcionadas por medio de seccionamientos tomados de el, como lo muestra la Figura (I.3); este tipo de arreglo no es muy usual debido a la poca continuidad y flexibilidad con que cuenta, ya que una falla en cualquier punto del mismo, por ejemplo, el punto de falla -

"A", dejaría fuera de servicio a la totalidad de los servicios conectados a el, por la operación del mismo instalado dentro de la subestación primaria, y tomando en cuenta que la duración de la localización y reparación de fallas en este tipo de sistemas dada su situación es notablemente más prolongada, por esa razón no es usado en la práctica.

La forma de evitar los problemas presentados en el caso anterior, es mediante la instalación de dispositivos seccionadores en los mismos, generalmente de operación manual; intercalados en las derivaciones de los cables, de tal manera que en un caso de falla, permita que la parte del alimentador que no quede dañada, permanezca en servicio mediante la apertura del seccionador correspondiente al punto de falla "A", I_4 en la Figura (I.4). Esto desde luego aumenta considerablemente el costo de la inversión, pero es justificable por su mejor calidad de servicio.

La Figura (I.5) nos muestra el tipo de Sistema Radial de mayor inversión inicial y aplicación más general en la práctica, sobre todo en el radial de la Ciudad de México, el cual tenemos representado por cuatro alimentadores provenientes de dos subestaciones primarias diferentes. Como se puede observar, tanto los alimentadores provenientes de una misma subestación como los que son de diferentes, tienen posibilidades de interconectarse para absorber parte o la totalidad de la carga, de otro que quede fuera de servicio mientras se lleva a cabo su reparación. Esto puede ser aplicado para mayor número de subestaciones y alimentadores.

Desde luego es conveniente mencionar que en condiciones normales de servicio, éstos deberán permanecer trabajando inde-

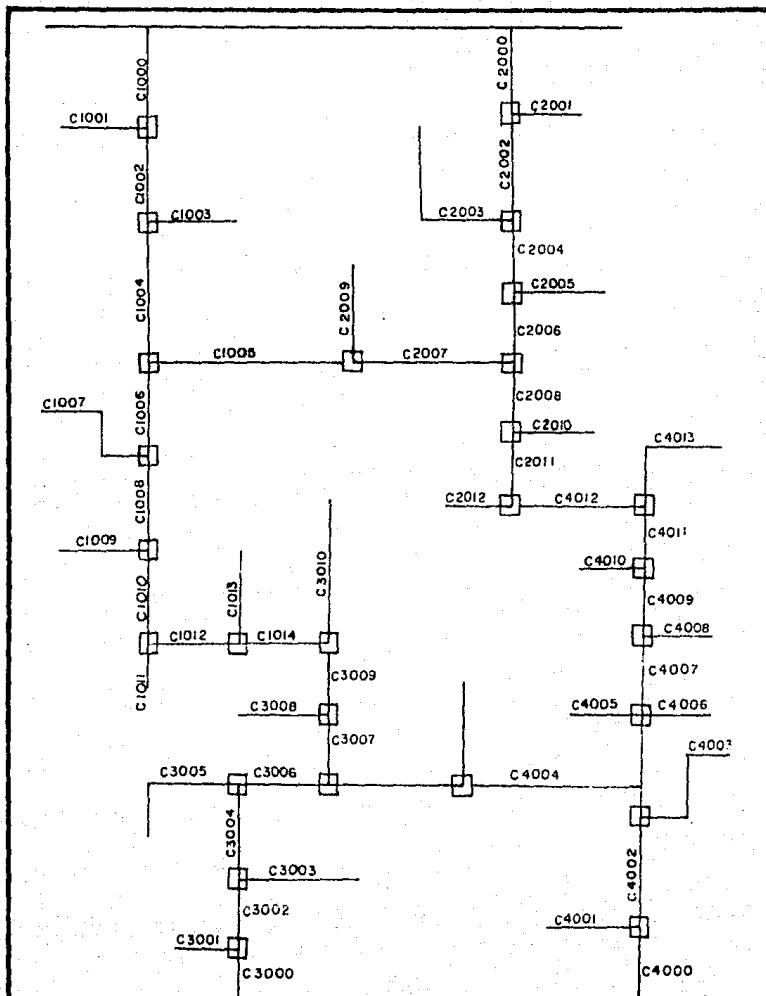


FIG. I.5

SISTEMA RADIAL TÍPICO DE LA CIUDAD DE MEXICO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

pendientemente, ya que de lo contrario podrían propiciar problemas de regulación si los voltajes de operación de los mismos fueran diferentes, tendiendo el de mayor tensión en los momentos de efectuarse el paralelo para absorber mayor cantidad de carga que podría en un caso extremo, sacar de operación al que con el estuviera conectado, lo cual no será conveniente si la totalidad de la carga fuera superior a la que éste está capacitado para suministrar.

En la Figura (1.6) se indica el Diagrama Unifilar de una subestación de distribución de las comunmente usadas por la Compañía Suministradora (en nuestro caso sería la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.), en las que la conducción de la energía hacia la baja tensión, sale de un bus a través de los cables alimentadores secundarios, para ser conectados posteriormente a unos dispositivos seccionadores de baja tensión por medio de los cuales es posible aumentar aún más la flexibilidad de estos sistemas. Dichos elementos han sido designados con el nombre de Cajas de Distribución de Banqueta, y son generalmente instaladas en las esquinas de las calles.

Podemos ver también, que los alimentadores primarios conectados a los transformadores de las subestaciones de distribución, a través de unos portafusibles en aceite de tipo sumergible, que además de proteger al transformador en caso de falla, sirve de seccionamiento al mismo pudiendo abrir con carga hasta tensiones de 7,500 Volts.

La baja tensión del transformador conecta a un bus blindado preferentemente sellado como todo el equipo de las subestaciones de distribución que se localizan a niveles inferiores de piso y éste cuenta con un juego de fusibles que lo protege contra fallas por corto circuito.

UNAM

ING. MECANICA Y ELECTRICA

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

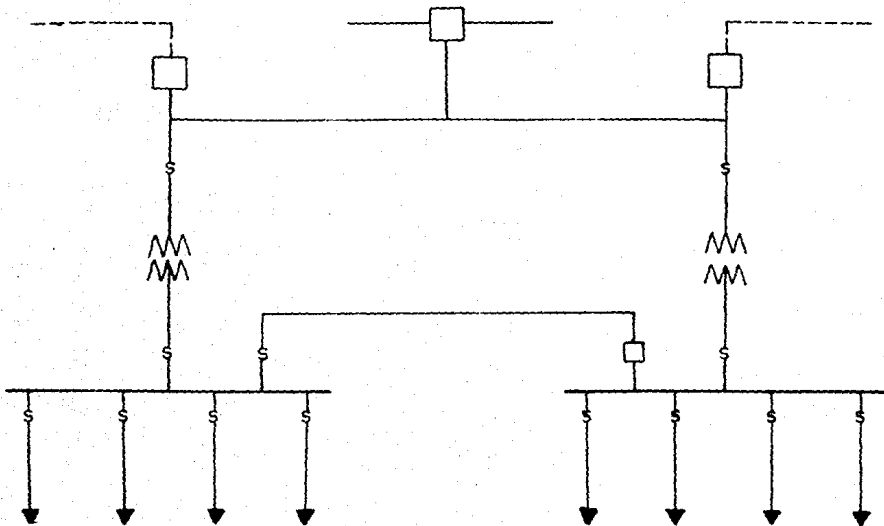


FIG. I.6

DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA S.E. RADIAL SUBTERRANEA

De este bus parten los cables alimentadores secundarios -- que proporcionan servicio a los clientes, los cuales quedan -- protegidos por fusibles de cobre situados dentro de la caja.

No siempre se cuenta con una operación de transformadores en paralelo dentro de una misma subestación de distribución, -- pero como puede observarse cuando ésto es posible, la flexibi- lidad del sistema se refuerza, pues debido al amarre de los -- buses de cada transformador, si uno llega a fallar el otro po- drá absorber su carga.

I.2).- SISTEMA PARALELO.

Es uno de los más antiguos y populares, por medio de los- cuales se logró evitar las interrupciones ocasionadas por las- fallas de los alimentadores radiales que no contaban con una -- regular flexibilidad. El Sistema en Paralelo tiene una gran -- aplicación en los sistemas de distribución subterráneos en ge- neral.

Está constituido esencialmente, por un circuito simple -- que parte de una subestación primaria, a través de un cable -- alimentador que cuenta generalmente con las mismas caracterís- ticas de protección que los Sistemas Radiales, conectando en -- sus derivaciones cargas individuales o subestaciones de distri- bución y retoman posteriormente a la fuente para ser conectado nuevamente en su otro extremo.

En estas condiciones la falla en un cable no interrumpe -- el servicio proporcionado, ya que como éste se encuentra conec- tado a la fuente en sus dos extremos, la alimentación de los --

servicios es suministrada por ambos lados, de tal manera que los beneficios en lo referente a la continuidad del servicio es considerable. Por lo que respecta al monto de la inversión en este tipo de instalaciones, es notablemente más elevado que la de los Radiales, debido a las cualidades del equipo y a que en el más desfavorable de los casos, éste tendrá que ser diseñado para la capacidad total conectada; pues suponiendo que se presente una falla en uno de los extremos del alimentador y la primera carga, el punto de falla "A" de la Figura N^o(I.7), la corriente impuesta en la parte del cable que permanece en operación, tendrá que absorber la carga del alimentador que quedó fuera de servicio, y por tal motivo la sección del conductor deberá ser constante y de magnitud tal que soporte la circulación de la totalidad de la carga servida, con lo cual nuevamente se aumentará el costo de la inversión.

Puede obtenerse más continuidad además al prever una expansión futura, llevando a cabo la instalación de un alimentador de refuerzo, cuya trayectoria deberá ser establecida mediante un estudio en el cual se tomarán en consideración las posibilidades del aumento de carga y la distribución en que pueda ser localizada dentro del área servida.

Obviamente que a mayor número de alimentadores de refuerzo será posible obtener mayor continuidad de servicio; desde luego que en estas condiciones las características del equipo empleado en la protección, deberán tener cualidades de apertura superiores a las requeridas para un número reducido de ellos, debido al abastecimiento de impedancia que por operación del Sistema en Paralelo pueda esperarse, por lo cual es aconsejable que cuando el número de ellos exceda de cinco, éste sea dividido en dos sistemas con posibilidades de interconexión.

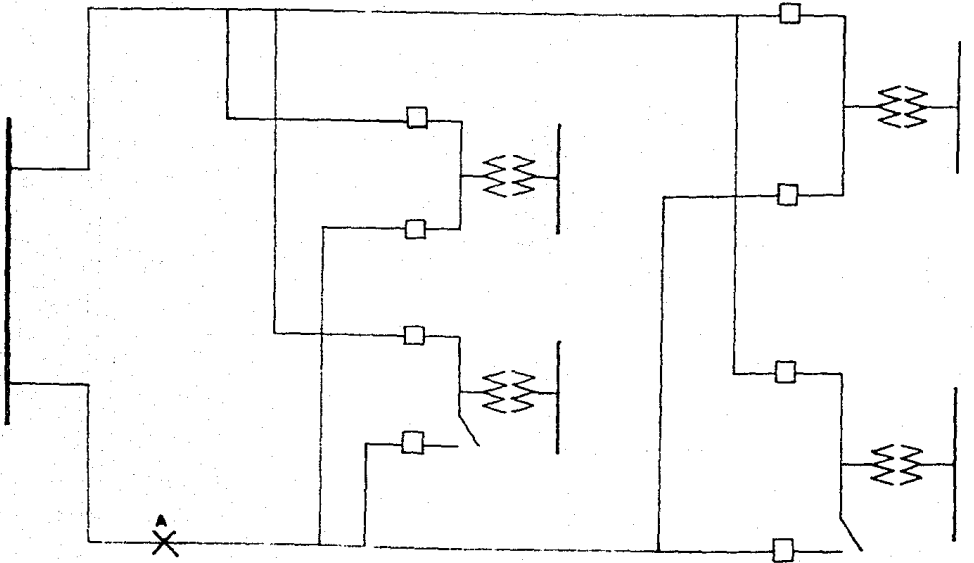


FIG. I.7
SISTEMA PARALELO

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA		1990
	TESIS PROFESIONAL	JORGE CRUZ MONTES	
	ING. MECANICA Y ELECTRICA	JORGE GONZALEZ ESCOBAR	

El Sistema Paralelo con refuerzo puede ser concebido como una forma de alimentación especial para áreas con sobrecargas de gran magnitud, dependiendo del nivel de voltaje empleado, - el tipo de cable y los máximos centros de carga.

El Sistema Paralelo tiene resultados bastante positivos - en su aplicación en los sistemas de distribución, sin embargo - puede considerarse de uso más común en la baja tensión de los mismos, ya que el costo del equipo propio para ellos es menor - en estas condiciones de operación. Un ejemplo clásico de para - lelo lo podemos encontrar en la baja tensión de los Sistemas - de Red Automática, del cual es una característica esencial.

Desde luego que no es una limitación terminante el empleo de esta conexión para la baja tensión de los sistemas y su decisión de aplicarse en el primario, se determina mediante un - análisis técnico económico que manifieste las cualidades obtenidas en la realización de una obra de esta magnitud, en la -- cual sean valoradas la continuidad y flexibilidad del servicio que sea posible obtener, con el monto de capital necesario lograrlo.

I. 3).- SISTEMA EN ANILLO.

Cuando alguno de los sistemas de distribución, ya sea Radial, Paralelo o cualquiera de sus variantes, requieren un mayor grado de continuidad de la misma, se le provee de un Siste - ma de Alimentación Múltiple suministrado desde varias subestaciones primarias, constituyéndose el denominado Anillo de Amarré, éste puede cerrarse interconectando al sistema o bien per - manecer abierto en alguno o algunos de sus puntos, lo cual nos-

aclara el concepto de anillo abierto; tal es el caso del anillo de 85 KV de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza del Centro, S.A., que conecta las subestaciones de Nonoalco, San Lázaro, Jamaica, Indianillo, Verónica, Morales, Naucalpan y Tacuba, cerrando nuevamente con Nonoalco; cualquier seccionamiento del mismo podría ser un ejemplo de anillo abierto, ver Figura N^o(I.8).

Por lo que respecta a distribución, este arreglo es de mucha aplicación mediante interruptores de transferencia automática, a servicio de importancia cuya continuidad de servicio requiera una seguridad rigurosa: tales como sanatorios, oficinas de gobierno, grandes industrias, etc., y la de todos aquellos servicios que aún no requiriéndola según las normas de las empresas, son solicitadas por el cliente que paga el costo de su instalación.

I.4).- SISTEMA DE RED AUTOMATICA.

Su creación se llevó a cabo con objeto de mantener la continuidad de servicio y evitar las interrupciones por las fallas que ocurren en los otros sites, las que aún no representando los problemas de la magnitud y con la frecuencia que los de líneas aéreas, no dejan de ser un trastorno en la parte afectada, falla del alimentador correspondiente. Por tal motivo con el objeto de reducir el número de interrupciones, así como la duración de las mismas, se inició su instalación, sobre todo en los lugares que por la importancia del servicio que prestan las mismas antes mencionados, se hacía necesario buscar una solución para eliminar los trastornos y lapsos de interrupción que traen consigo los trabajos de localización de fallas y reparación del equipo averiado.

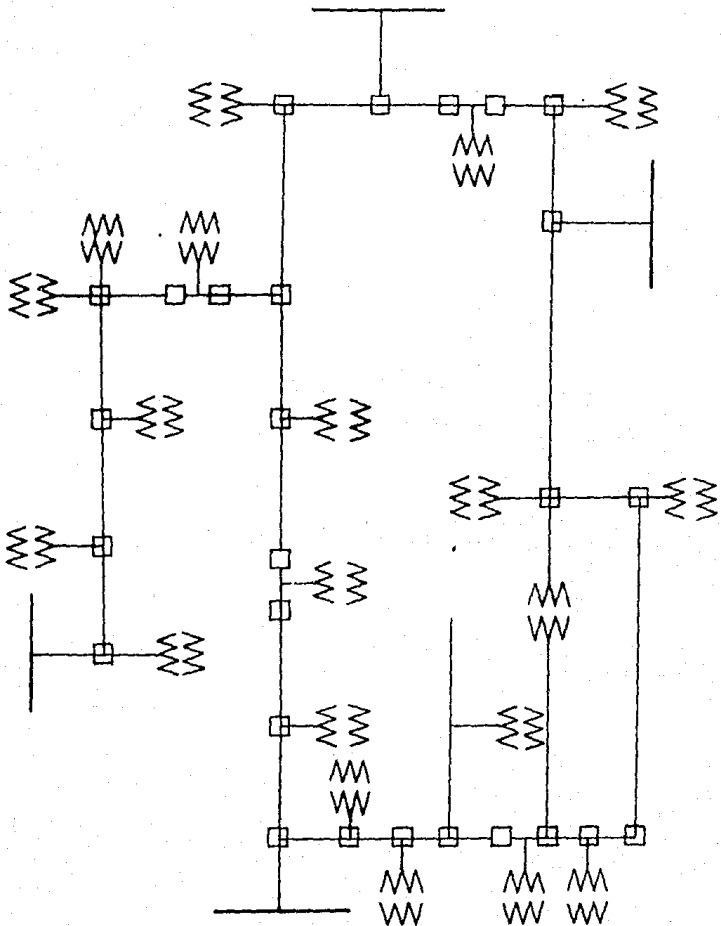


FIG. I.8

SISTEMA EN ANILLO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

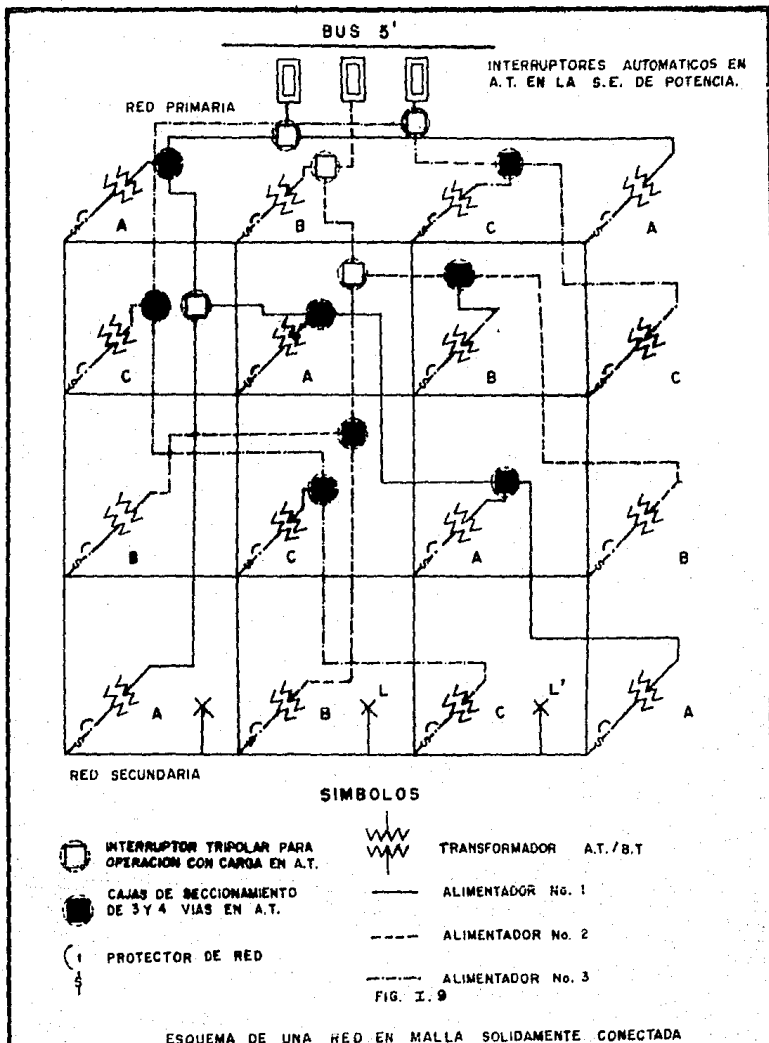
Su economía es aparente comparada con la de cualquier -- sistema que presente igual o satisfactorio servicio, sin embargo puede decirse que ni el Radial con Alimentación Múltiple, ni el Paralelo con Sobeconexión o el Anillo podrán mantener la misma continuidad de servicio, sin tener que hacer -- fuertes inversiones en sus instalaciones.

Este sistema, a diferencia de los anteriores, cuenta con características tales que le hacen aparecer como un caso especial de las distribuciones subterráneas, en las que pueden -- ser consideradas dos fases de operación principales: Distribución Primaria y Secundaria.

DISTRIBUCION PRIMARIA.

Al igual que en el Secundario, los Sistemas de Red Automática cuentan en el primario con una serie de alimentaciones proporcionadas por medio de cables principales, que salen de un mismo bus o centro de repartición de carga, a través de interruptores en aceite o reactores, conectándose mediante derivaciones a los transformadores que se encuentran instalados dentro de las subestaciones de distribución y los cuales operan generalmente en paralelo, ver Figura N^o(1.9).

En su expresión más simple, esta parte del sistema puede ser concebida como constituida por dos alimentadores primarios, que salen de una misma fuente de energía y alimentan una serie de cargas tomadas de una malla de baja tensión; sin embargo, es conveniente aclarar que para que el sistema esté dentro de la clasificación de Redes Automáticas, deberá además de -- cumplir con las características de dichos sistemas, contar con



ESQUEMA DE UNA RED EN MALLA SOLIDAMENTE CONECTADA

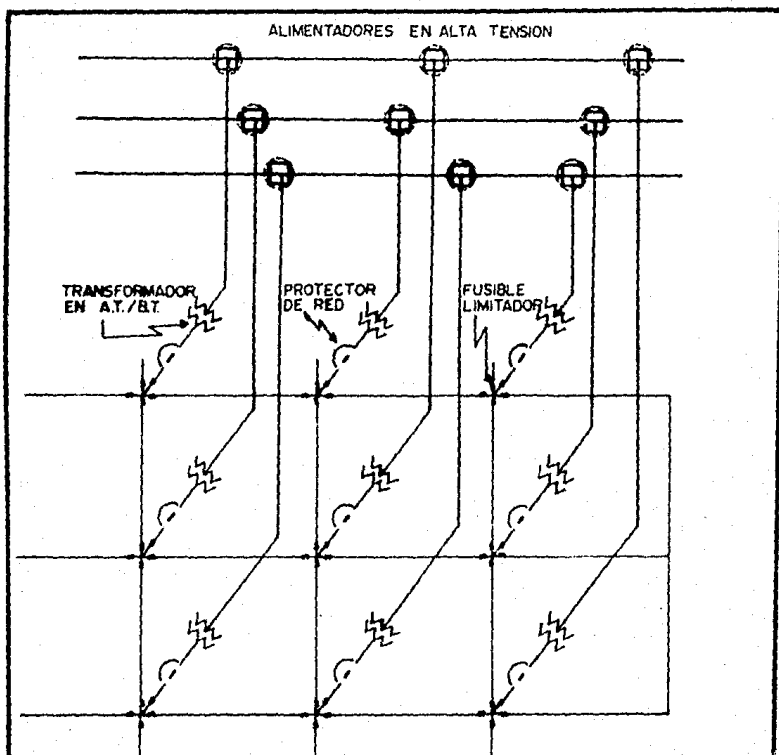
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA


JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR


1990



ESQUEMA DE UNA RED DE MALLA LIMITADA
SIMBLOS

 CAJA DE SECCIONAMIENTO DE 3 Y 4 VIAS EN A.T.

 PROTECTOR DE RED DE B.T.

 TRANSFORMADOR A.T./B.T. CON DESCONECTADOR ACOPLADO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

un mínimo de cuatro alimentadores primarios, de tal manera que pueda ser diseñado para una primera contingencia, sin que dicho diseño grave notablemente el monto de la inversión requerida para el equipo.

En cada una de las subestaciones de distribución, existen generalmente dos transformadores conectados a alimentadores diferentes y operando en paralelo a través de la baja tensión del sistema, y la repartición de carga de los alimentadores primarios se lleva a cabo mediante una conexión del tipo imbricado, de tal manera que dentro de una misma zona de alimentación sea proporcionada por varios transformadores y estas condiciones se eviten sobrecargas excesivas en los mismos. La Figura N° 1.9 nos ilustra más claramente lo antes dicho, en ella podemos observar que la carga de los transformadores es repartida entre los diferentes alimentadores, de tal manera que en ningún caso dos de ellos conectados al mismo quedan juntos, lo cual es ideal para la repartición de carga en casos de falla o licencias del equipo.

DISTRIBUCION SECUNDARIA.

El Secundario es un sistema de Red Automática, consiste en la instalación de una serie de cables sólidamente conectados, formando una rejilla o malla alimentada por un gran número de subestaciones de distribución, que a su vez son conectadas a los alimentadores de alta tensión correspondiente.

Tiene la cualidad de poder proporcionar grandes o pequeñas, distribuidas más equilibradamente, sin que para ello se sobrecargue demasiado alguno de los alimentadores a los cuales se encuentran conectadas, ya que los amarres que en diversos -

puntos se realizan, lograr un autobalanceo constante.

La pluralidad de los alimentadores en el Secundario amarrados sólidamente, proporciona grandes ventajas en la operación tanto en la baja como en la alta tensión y mediante la instalación de alimentadores secundarios adicionales en paralelo con los originales, es posible lograr una mejor repartición de carga y alargar la vida del equipo del sistema.

Las bóvedas o subestaciones se sitúan en los lugares principales y estratégicos de las calles, generalmente en las esquinas y autosostenidas por los amarres mencionados para los cuales la medida de los soportes mutuos es útil. Dicho número de amarres deberá ser tal que los valores de corriente normal y de falla no excedan ciertos límites.

El número de amarres que se toma como norma para estos casos es de tres, debido a las siguientes razones:

a).- Supóngase una falla en el punto "A" de la Figura N^o (I.10) y que ésta contara con alimentación proporcionada por más de cuatro subestaciones de distribución, en estas condiciones la capacidad de la combinación de las subestaciones que alimentan la falla, sería de tal magnitud que existiría peligro de explosiones que expondrían tanto las parte de equipo como a los objetos o personas que se encuentren en las vecindades de la falla.

b).- En las mismas condiciones durante las pruebas periódicas de los cables, en las cuales deben abrirse todos menos uno de ellos, la apertura del último dada la carga que en esas

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

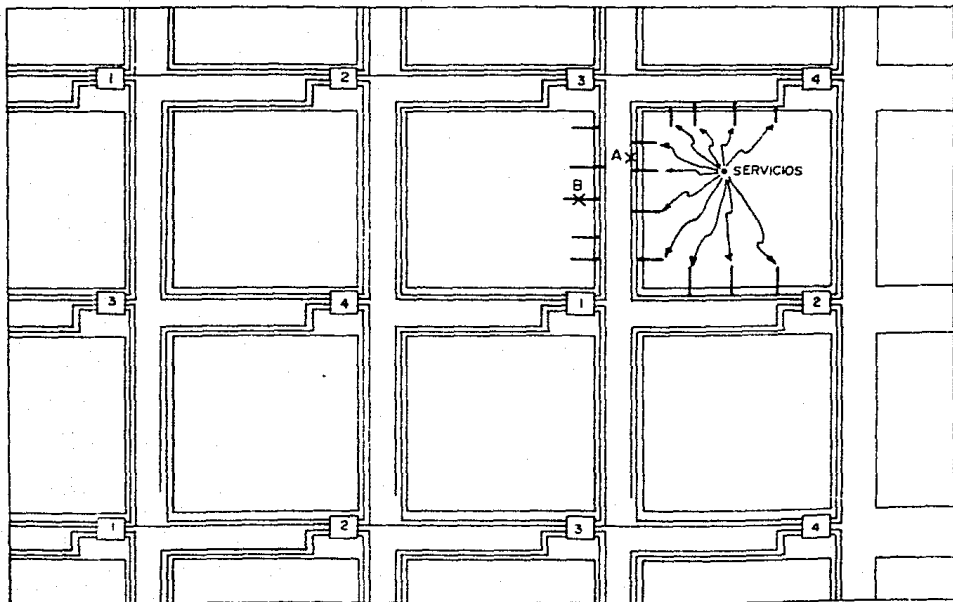


FIG. I.II

ARREGLO DE UN SISTEMA DE RED SECUNDARIA EN BAJA TENSION

condiciones estaría tomando al estar los otros desconectados, se dificultaría y sería peligrosa, amén de lo que pueda decirse de la magnitud de la corriente que en esas condiciones estaría circulando a través de él, la cual podría llegar a exceder su capacidad, así como la del transformador correspondiente -- que podría, incluso, quemarse.

De lo anterior, es posible observar que los Sistemas de Red Automática, en lo que respecta a alimentación primaria, -- son semejantes a los vistos con anterioridad, teniendo desde luego algunas variantes que son indispensables para una buena operación, entre las cuales podemos considerar como principales las siguientes:

1.- DISTRIBUCION PRIMARIA PROPORCIONADA POR UNA SOLA FUENTE O CENTRO DE REPARTICION DE CARGA.

La finalidad de proporcionar la alimentación desde una sola fuente, tiene por objeto, además de evitar los problemas de regulación acarreados por la variación de voltaje al tomarlas de centros o buses diferentes, eliminar la posibilidad de sobrecargas excesivas de los alimentadores, que por tener mayor potencia, tendieran a absorber mayor cantidad de carga, lo que provocaría que se afectara el equipo conectado a él, sobre todo aquel que se encuentra en el lado de baja tensión.

2.- ELIMINACION DEL EMPLEO DEL REGULADOR DE VOLTAJE.

La instalación del Regulador de Voltaje no es necesaria en los Sistemas de Red Automática, ya que la repartición de carga en los alimentadores no es absolutamente equilibrada en todo momento y en estas condiciones, aquel que llegara a tener

más carga tendería a reducir su voltaje y por consiguiente el regulador correspondiente actuaría con tendencia a elevarlo, provocando un nuevo aumento de carga en el alimentador y una consecuente reducción de su voltaje, que provocaría la operación del regulador nuevamente; repitiéndose la operación tantas veces como fuera necesario para que el regulador llegara a su límite, con lo que su operación terminaría, lo cual prueba la inutilidad de su instalación en este sistema.

3.- CARENIA DEL JUEGO DE PORTAFUSIBLES ANTES DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

La eliminación del portafusibles se hace debido a que el protector, sincronizado con el interruptor de la subestación primaria en los extremos de los alimentadores correspondientes, cubre sus funciones y por lo tanto su instalación como medio de protección y aislamiento no tiene justificación.

4.- CONEXION DE LOS TRANSFORMADORES INSTALADOS DENTRO DE UNA MISMA SUBESTACION DE DISTRIBUCION A DIFERENTE ALIMENTADOR.

Esta conexión tiene por objeto asegurar una vez más la repartición equitativa de la carga, cuando alguno de los alimentadores o parte de los mismos sale de servicio por falla o voluntariamente, quedando en estas condiciones las subestaciones conectadas a ellos con parte de carga, no permitiendo las sobrecargas excesivas en los otros que quedan en operación.

Por lo que respecta a la baja tensión del sistema podemos considerar como principales diferencias las siguientes:

1) - INSTALACION DEL PROTECTOR DE RED.

El Protector es un elemento de más importancia de los Sig temas de Red Automática, ya que de la buena operación de él de pende su funcionamiento óptimo.

Su instalación se lleva a cabo en el lado de baja tensión de los transformadores de distribución. Su función es conser var, a través de sus rele vadores, el sistema, trabajando en óptimas condiciones y cuando por alguna razón se presenta una -- falla lo hace variar su operación normal de tal manera que evi te trastornos en el mismo.

Está constituido por un interruptor de aire con mecanismo de cierre operado por un motor y mecanismo de disparo operado por una bobina, los cuales son controlados mediante otros circuitos auxiliares a los que rige un relevador trifásico, que abre y cierra el Protector y un monofásico que en combinación con el anterior, permite el cierre del Protector operando en serie con el.

Puede ser operado manual o automáticamente, para lo cual tiene una palanca que tiene las posiciones de abierto, cerrado y operación automática; por medio de la cual se puede seleccionar la deseada. Cuenta con fusibles en el lado del transformador y placas en el de la red, a través de los cuales puede ser aislado para trabajar con el.

2)- CAMBIO DE FUSIBLES POR PLACAS EN LAS CAJAS DE DISTRIBUCION.

La colocación de las placas en los buses blindados de los Sistemas de Red Automática, tienen como finalidad que las fallas presentadas en la red no se aislen como en los Radiales - en los fusibles correspondientes, sino por el contrario, que el aislamiento se produzca en la red y precisamente en el lugar de la falla, de tal manera que interrumpa la corriente de corto circuito y no suspenda el servicio proporcionado a los usuarios ubicados en las vecindades de ella.

3)- INSTALACION DE LA RED.

La instalación de la red es precisamente lo que da la característica principal a estos sistemas, en ella cada uno de los cables instalados en la baja tensión se encuentran dispuestos de tal manera que la energía, por lo general, tendrá fluidez hacia cualquier punto donde se encuentre el usuario, no interrumpiéndolo ni en los casos de falla como en los otros sistemas.

I.5).- CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA.

Un sistema de distribución de energía eléctrica, ya sea aéreo o subterráneo, deberá tener posibilidades suficientes para satisfacer con toda facilidad las siguientes condiciones:

- a).- Tener la capacidad necesaria para poder suministrar la energía requerida en condiciones máximas de consumo.
- b).- Proporcionar energía eléctrica adecuada en el lugar requerido, que cumpla con las condiciones de tensión, frecuencia y regulación deseadas, las cuales serán establecidas por las compañías suministradoras.
- c).- Tener siempre posibilidades de proporcionar la energía en el lugar donde se requiere, así como en el momento que se solicite.
- d).- Dar protección a los usuarios, al personal de operación y manteniendo, así como al equipo propio de la misma empresa suministradora.

Básicamente la selección de un sistema de distribución se lleva a cabo atendiendo las condiciones anteriores, que son las que debe tener un sistema para satisfacer las calidades necesarias para llevar a cabo una distribución eficiente; sin embargo, además de ellas deberán tenerse en cuenta las características de la zona por electrificar, las posibilidades de expansión y aumento de carga futura de la misma, etc., las cuales junto con las anteriormente mencionadas pueden ser consideradas dentro de los siguientes puntos.

- a).- Necesidades y tipo de carga.
- b).- Continuidad y flexibilidad del servicio deseado.
- c).- Condiciones de seguridad.

Los Sistemas de Distribución de Energía por Cables Subterráneos, permiten satisfacer con mayor facilidad las anteriores condiciones, por las razones que a continuación se indican:

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

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

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

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

5.- Ya sea el Sistema de Red Automática o cualquiera de los otros de Distribución Subterránea el empleado en el desarrollo de un proyecto, la distribución de cada uno de sus elementos es tal, que al presentarse una falla en algunos de los cables que constituyen el sistema, siempre es posible encontrar por lo menos un lugar, por donde alimentar el o los servicios-suspendidos con la falla mientras se corrige la misma, por dicha razón podemos observar que la continuidad de los sistemas-subterráneos es mayor que la de las líneas aéreas.

De las consideraciones anteriores, es posible concluir -- que los Sistemas de Líneas Aéreas, serán llevados a cabo en -- aquellos lugares que no requieren mayores exigencias en cuanto a los puntos tratados anteriormente, mientras que los Subterráneos serán practicados en los que se presentan grandes cargas-concentradas, tales como las principales zonas de las ciudades, zonas residenciales, zonas industriales y comerciales, de gran importancia las que se efectúen por obras o trabajos desarrollados como consecuencia de los fenómenos urbanísticos que por -- sus características lo requieren y en aquellos que a solicitud del cliente por razones de seguridad y estética se solicitan; ya que siempre es posible obtener el suministro de energía -- eléctrica por cables subterráneos, el cliente lo solicita tomando poco en consideración el costo que para el representa, -- pues sabe que cuenta con mejores y mayor número de características que en otro tipo de sistemas.

Como anteriormente se dijo, los Sistemas Subterráneos tienen sus principales aplicaciones en aquellos lugares en que suelen concentrarse grandes cargas, sin embargo, entre ellos existen una serie de cualidades tales, que a cada uno se le da una

orientación hacia determinado tipo de servicio, o sea que de acuerdo con las características e importancia de la zona será propuesto alguno de los mencionados con anterioridad de la siguiente manera:

- A).- SISTEMA RADIAL.- Será propuesto para zonas con grandes cargas de fuertes concentraciones en las mismas, tales como unidades habitacionales con construcciones de gran magnitud, centros urbanos, zonas comerciales, etc.

- B).- SISTEMA PARALELO.- Se lleva a cabo para aumentar la flexibilidad de los sistemas de distribución, ya sea con alimentación radial o en anillo y su único objeto es permitir que el sistema opere en condiciones más ventajosas y dar la posibilidad del suministro de energía a los servicios suspendidos por alguna falla desde alimentadores diferentes, sin sobrecargar ninguno de sus elementos. Como quedó dicho con anterioridad es de mayor aplicación en la baja tensión de los sistemas de distribución, sobre todo en los de red automática.

- C).- SISTEMA EN ANILLO.- Es aplicable en alimentaciones cuyas exigencias en lo referente a continuidad de servicio son mayores, en las cuales se trata de reducir al mínimo las interrupciones originadas por las fallas de los sistemas radiales puros.

D).- SISTEMA DE RED AUTOMÁTICA.- Se justifica para zonas con grandes concentraciones de carga, independien--
tes entre sí sin importar su tamaño, tales como co--
lonias residenciales en las cuales las construccio--
nes se encuentran aisladas unas de otras, no muy --
grandes ni demasiado alejadas, zonas comerciales --
con servicios de pequeña magnitud e independientes--
y principalmente en aquellos lugares en los que la--
continuidad de servicio requerida es rigurosa. Cabe
hacer mención que generalmente no es económicamente
conveniente establecer un sistema de este tipo para
la iniciación de un proyecto, siendo practicado éste
una vez que las condiciones de carga de cualquiera--
de los antes mencionados es desfavorable.

CAPITULO II

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RED AUTOMATICA

II.1 CARACTERISTICAS DE UNA RED AUTOMATICA.

El planteamiento de un Sistema de Red Automática o el cambio de uno de otro tipo a él, requiere de un capital considerable que solo se justifica por los beneficios obtenidos en relación con la continuidad del servicio. En tales condiciones la decisión del desarrollo de un proyecto de esta naturaleza, se realiza sólo cuando las contribuciones esperadas justifican la inversión.

La mejor ocasión para efectuar el desarrollo de un Sistema de Red Automático, para que la inversión requerida no sea demasiado onerosa, es cuando la densidad de carga del área servida está en los límites de sobrecarga o cerca de ellos. En estas condiciones es posible aprovechar parte del equipo instalado, sobre todo aumentadores primarios, secundarios y obra civil, mediante una transición satisfactoria entre el sistema actual y en proyecto de red secundaria. Las subestaciones, ductos y canalizaciones de cables se pueden desarrollar de acuerdo con la magnitud del plan para la instalación, pudiendo ser considerada la situación del existente para su uso en el que se implantará.

En el aprovechamiento de los alimentadores secundarios del sistema en servicio, puede ser necesario dadas las condiciones del nuevo sistema, reforzarlos mediante el aumento de sus secciones o proveerlos de medios de conducción adicionales. Si hay necesidad de nuevos ductos por futuros crecimientos, es conve---

niente hacerlo simultáneamente con la realización de la obra, ya que sería más costoso una vez que ha sido concluida. Con respecto a las subestaciones, también deberán tomarse las mismas medidas que en los casos anteriores y efectuar las operaciones necesarias para mantener la proporción conveniente de carga entre los alimentadores para varias condiciones que puedan esperarse razonablemente en operación normal y de emergencia.

Los voltajes más usuales en la Ciudad de México para la bajatensión de los sistemas de distribución son 220/127.5; 216.5/125 -- volts, para fuerza y alumbrado, operando satisfactoriamente a tensiones de 6 a 23 kv. en el primario y encontrándose ocasionalmente servicios de 440 v.

Aunque expuesto y generalmente poco justificable, un planteamiento inicial para un sistema de red secundaria, los lineamientos para seguirlo incluyen los siguientes pasos:

- a) Se establece un anteproyecto inicial que servirá de guía al desarrollo del sistema, previendo las necesidades esperadas para un futuro razonable, por expansión tanto de la compañía suministradora como de los consumidores.
- b) Reuniendo con precisión la información requerida y estableciendo un arreglo preliminar, que represente al que pueda ser esperado y sustituya los valores de las cargas en el área.
- c) Se comprueba el arreglo preliminar de la red calculada o por inspección y aproximación para varias condiciones de operación.

- d) Se establece un arreglo final que incluya todas las modificaciones de los arreglos preliminares, que indiquen -- las necesidades que se hayan manifestado en los estudios de las características de operación por diversas condiciones.

En el proyecto de un Sistema de Red Automática, ésta siempre deberá tener capacidad para absorber en su diseño parte de las -- obras realizadas en los sistemas anteriores y todo aquello que -- pueda contribuir a reducir el monto de la inversión.

Supongamos el arreglo preliminar mostrado en la Fig. II.1, -- en el cual los valores de las cargas individuales son dados en -- KW y corresponden a un sistema en los límites de sobrecarga.

La carga total o suma de las individuales puede ser obtenida por la determinación de la combinación de carga en las uniones, -- con lo cual éstas se reducen a un número más conveniente para su estudio. Algunas uniones pueden ser favorables para la localiza-- ción de los centros de carga y si por alguna razón se cuenta con cargas adyacentes independientes entre sí que no justifiquen la -- instalación de una subestación propia, Punto "A" de la Fig. II.1, éstas serán transferidas a lugares convenientes mediante la rela-- ción inversa de la impedancia de los alimentadores secundarios o distancia de las uniones a los puntos de carga si los calibres -- son iguales. A continuación se indica la forma de proceder para -- el segundo caso:

$$\frac{l}{D} = \frac{\% KW}{d} = \text{Relación inversa de impedancias de las uniones a los puntos de carga.}$$

$$\% KWB = \frac{dz KWA}{D} ; \quad KWC = \frac{dl KWA}{D}$$

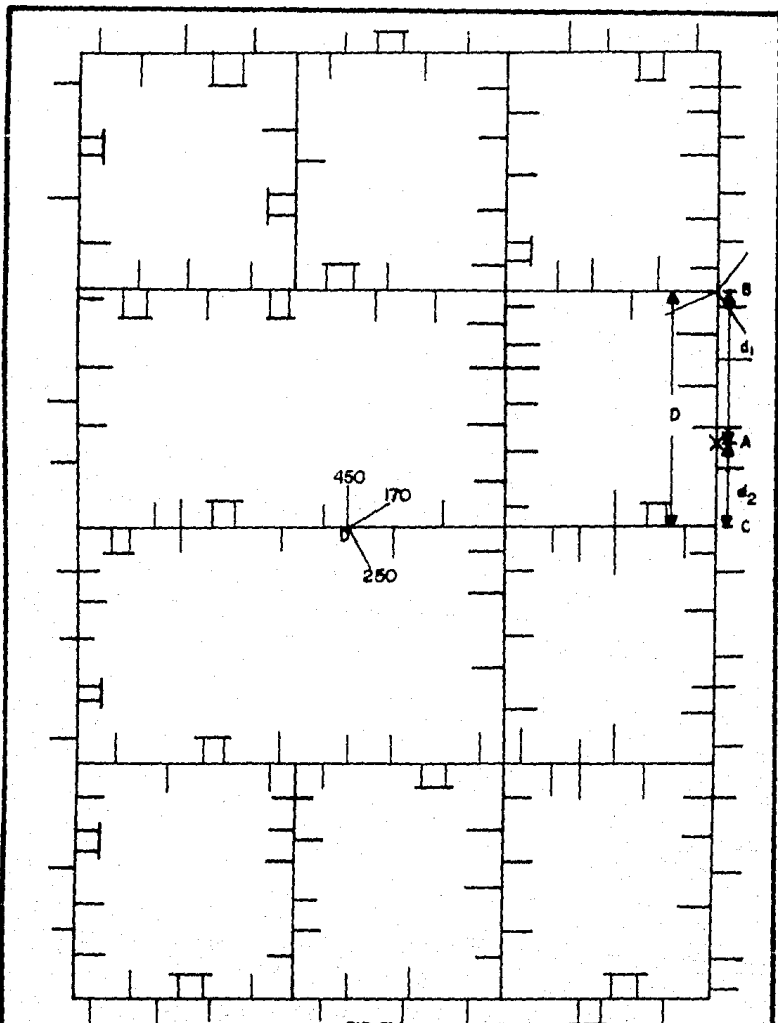


FIG. II.
ARREGLO DE UN SISTEMA SOBRECARGADO EN B. T.

Si alguna carga, dada su magnitud, justifica la instalación de una subestación en la misma, ésta será instalada aunque no cumpla con los requisitos indispensables para ello. Ver. Fig. II.1 - punto "D".

Una vez encontradas las cargas en los lugares correspondientes, se procederá a pasar los datos a un registro, el cual servirá para hacer un análisis más minucioso de la misma. Dichas cargas -- deberán afectarse por factores de diversidad, demanda, potencia y crecimiento anual anticipado; los dos primeros parámetros deben -- ser comprendidos dentro del valor 1.3; para los otros podemos considerar aceptables 0.9 y 8% respectivamente.

A continuación se definen los parámetros enunciados anteriormente:

- Factor de diversidad: Se define como la suma de las demandas máximas individuales entre la demanda máxima de la carga y su valor es mayor que la unidad, se expresa:

$$fdi = \frac{\text{Demandas Máximas Ind.}}{\text{Demanda Maxima de la carga}} \quad 1$$

- Suma de las demandas máximas: Es la obtenida de las demandas parciales conectadas al sistema en diferentes -- lapsos.
- Demanda máxima de la carga: Es el mayor valor en un momento dado.
- Factor de demanda: Se entiende como la relación entre la demanda máxima en KVA y la capacidad total instalada en KVA, su valor es menor que la unidad.

$$fd = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA (KVA)}}{\text{CAPACIDAD CONECTADA (KVA)}} \quad 1$$

- Demanda máxima: Es la máxima que puede presentarse durante la operación del sistema y aquella para la cual debe estar en condiciones de trabajar satisfactoriamente.
- Capacidad conectada: Es para la cual se diseña el sistema y será la instalada en la totalidad del equipo.
- Factor de potencia.- Es la relación existente entre la potencia reactiva y la activa, respectivamente, e indica el desfase angular entre la corriente y voltaje.

II.2 SELECCION DEL NUMERO DE ALIMENTADORES PRIMARIOS

El voltaje, lugar de suministro y longitud de los alimentadores primarios se determina de acuerdo a la magnitud de la carga, la regulación deseada y los medios con que se cuenta para proporcionarla. Su capacidad quedará condicionada por la carga que circule por ellos, cuando uno o más estén fuera de servicio en condiciones de demanda máxima, dependiendo este punto del diseño de la red. Su número está en relación directa sobre la reserva necesaria de la capacidad de los transformadores de la red, por lo cual es necesario su factor de carga o relación de reserva, ésta para redes de 2 a 5 alimentadores se muestra en la siguiente tabla:

<u>No. DE ALIMENTADORES</u>	<u>RELACION DE RESERVA</u>	<u>RELACIONES USUALES</u>
1	-	-
2	0.62	0.45
3	0.83	0.60
4	0.94	0.70
5	1	0.75

Dichas relaciones son obtenidas considerando que durante la hora pico de carga y con un alimentador fuera de servicio, la carga de los transformadores conectados a los que permanecen en operación, no podrán en promedio exceder del 125% de su relación nominal, suponiendo que éstos trabajen al 100% de su capacidad antes de presentarse la falla y tienen conectada la misma carga. La consideración anterior se justifica tomando en cuenta, que los fabricantes de transformadores de red, especifican que están diseñados para operar al 125% de su capacidad nominal durante 2 horas continuas, sin que se acorte su vida. El efecto para una contingencia puede investigarse aunque el diseño de la red no sea para ello.

LOCALIZACION DE LAS SUBESTACIONES.

La localización más adecuada es la obtenida en el arreglo preliminar, sin embargo, como ya se comentó, las subestaciones deberán situarse preferentemente en las esquinas, debido a la facilidad de proporcionar alimentación en todas direcciones. (Ver Fig. I .10)

Para el diseño que vamos a ilustrar, tomando en cuenta que se emplearán 4 alimentadores, para una primera contingencia, se requerirá que los valores de las cargas concentradas-

obtenidos sean divididos entre 0.94, que es la capacidad de reserva requerida para el caso.

Es necesario hacer notar la conveniencia de la estandarización del equipo empleado, es decir, que para cargas con variaciones no muy notables, se seleccionará el equipo tomando como base el límite superior. Supóngase que la generalidad de las concentraciones de carga son de 500 KVA y en un lugar se cuenta con una mayor de 500, pero menor a 1000 KVA; será conveniente instalar dos transformadores de 500 KVA operando en paralelo (de ser posible conectados a diferentes alimentadores), con lo cual la reserva necesaria será reducida y las condiciones de operación protegida.

Una vez determinados los valores de carga seleccionados, las capacidades de los transformadores respectivos y determinado el número de ellos que se instalará por subestación, se procederá a la de los cables alimentadores secundarios. Este diseño se lleva a cabo tomando en cuenta, la carga que puedan en los momentos más desfavorables (primera contingencia) llevar los transformadores, la corriente que en condiciones de máxima demanda para emergencia tomen dichos cables, así como la capacidad requerida para la volatilización de ellos en caso de falla; suponiendo que el diseño de red será para eliminación de falla por autoextinción.

Tomando en cuenta el caso particular que estamos analizando para 4 alimentadores primarios, suponiendo que se emplearán transformadores de igual capacidad, uno por cada subestación y que las distancias entre ellos serán iguales, la disposición ideal del equipo será indicada en la Fig. 112.

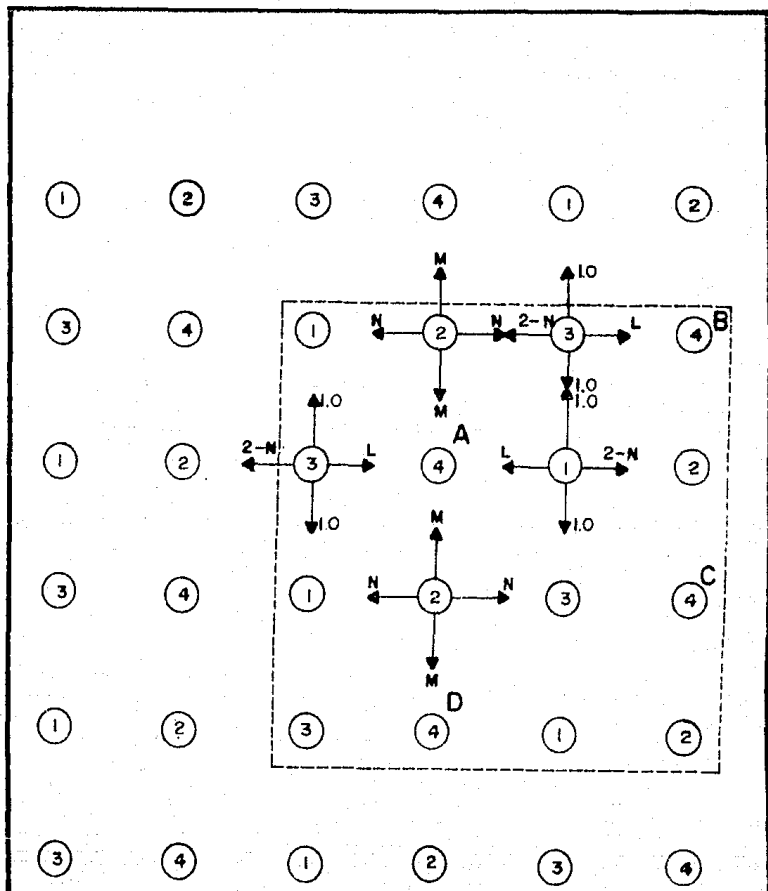


FIG. II 2

DISTRIBUCION IDEAL DE ALIMENTADORES PRIMARIOS
 PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE RED AUTOMATICA

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
 ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
 JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

Supóngase ahora que uno de los alimentadores primarios - sale de servicio (N.4) y analicemos las condiciones que prevalecen en una zona, suponiendo que la carga es uniformemente repartida y que ella se toma únicamente por cuatro unidades de carga. Todas las unidades que reciben energía por el alimentador de designación "cuatro", marcadas con dicho número en la figura, se verán suspendidas del servicio proporcionado por éste, sin embargo, el amarre existe por baja tensión entre dichas subestaciones y las energizadas por otros alimentadores, permitirán que la carga perdida sea absorbida proporcionalmente por las restantes que se encuentran conectadas con ellas.

Por ejemplo, considerando la zona limitada por la línea - punteada, los puntos 4 correspondientes a las subestaciones -- alimentadas por el cable fuera de servicio (No. 4), recibirán energía de las otras subestaciones de la siguiente manera:

El punto A, será alimentado por la energía proporcionada por las subestaciones 2 de puntos superior e inferior, 3 y 1 anterior y posterior respectivamente. De la misma manera los puntos B, C y D dentro del área considerada, podrán recibir -- energía de las subestaciones 3 y 2 puntos anterior e inferior; 2, 3 y 2 superior, anterior e inferior; 2, 3 y 1 superior anterior y posterior respectivamente en sus correspondientes posiciones; siendo la distribución en toda la red repartida en las mismas condiciones. Por la simetría de la figura podemos observar que no habrá flujo de energía entre los puntos medios de los transformadores en operación normal, esto desde luego no es rigurosamente cierto en la práctica, debido a que las cargas no siempre están repartidas simétricamente, sin embargo tiene validez para efectos de cálculo. Este mismo análisis es aplicable para cuando cualquiera de los otros alimentadores de la red quede fuera de servicio.

De la misma figura tomando en cuenta que de cada transformador salen cuatro alimentadores secundarios, una en cada sentido, podemos observar que el límite de carga de los transformadores no excederá del 150% de la capacidad a que normalmente operan, suponiendo una primera contingencia y considerando que varios de ellos proporcionarán alimentación en dos sentidos y que ésta será rigurosamente del 25% para cada lado.

En el caso particular para cuatro alimentadores podemos observar que con todos en servicio, cada uno de los cables secundarios tomará una unidad de carga, la cual fluirá a través de ellos desde el transformador correspondiente, que proporcionará carga a cuatro unidades. Con el alimentador cuatro fuera de servicio, por cada cable conectado con las subestaciones alimentadas por él, circularán dos unidades de carga desde el transformador con el cual tenga conexión directa y por medio del cual serán proporcionados todos los servicios.

De la figura podemos observar que:

$$2L + 2M = 8 \text{ unidades de carga.} \quad 1$$

Analizando las caídas de potencial en transformadores conectados a alimentadores 2 y 3 en la vecindad de la falla (ver Fig. 8), tenemos:

$$Z_t(2N + 2M) + Z_{cM} = Z_t(4 + L - N) + Z_c L \quad 2$$

$$Z_t(2N + 2M) + \frac{Z_c}{2} M = Z_t(4 + L - N) + Z_c \frac{1}{2}(2 - N)$$

restando la ec. 3 de la 2, tenemos:

$$\frac{Z_c}{2} M = Z_c L - \frac{Z_c}{2} (2 - N)$$

sust. el valor de $M = (4-L)$ tenemos:

$$\frac{Z_c}{2} (4-L) = Z_c L - Z_c + \frac{Z_c N}{2}$$

Agrupando términos:

$$2Z_c - \frac{Z_c L}{2} = Z_c L - Z_c + \frac{Z_c N}{2}$$

$$3Z_c - \frac{3}{2} Z_c L = \frac{Z_c N}{2}$$

dividiendo entre Z_c :

$$\frac{3Z_c}{Z_c} - \frac{3/2 Z_c L}{Z_c} = \frac{Z_c N/2}{Z_c}$$

$$3 - \frac{3}{2} L = \frac{N}{2} \quad \text{mult. por 2 tenemos:}$$

$$Z(3 - \frac{3}{2} L) = \frac{(N)}{2} Z$$

$$6 - 3L = N \quad \therefore \quad N = 6 - 3L$$

Sustituyendo el valor de N en la cc. 2 obtendremos los valores de las cargas L , M y N , como sigue:

$$Z_t(2N + 2M) + Z_c M = Z_t(8 + L - N) + Z_c L$$

$$Z_t(2N + 2M) + Z_c M = Z_t(4 + L - N) + Z_c L \quad 2$$

sust. los valores de N y M

$$N = 6 - 3L \quad \text{y} \quad M = 4 - L$$

$$Z_t[2(6 - 3L) + 2(4 - L)] + Z_c(4 - L) = Z_t[4 + L - (6 - 3L)] + Z_c L$$

$$Z_t[12 - 6L + 8 - 2L] + 4Z_c - Z_c L = 4Z_t + Z_t L - 6Z_t - 3Z_t L + Z_c L$$

Agrupando términos iguales tenemos:

$$\underline{12Zt - 6ZtL + 8Zt - 2ZtL + 4Zc - ZcL} = \underline{4Zt + ZtL - 6ZtL + 3ZtL + ZcL}$$

$$2Z - Zt - 12ZtL + 4Zc - 2ZcL = 0$$

despejando a L tenemos:

$$L = \frac{2Zt + 4Zc}{12Zt + 2Zc} = L = \frac{11Zt + 2Zc}{6Zt + Zc} \quad \text{Unidades de carga.}$$

Para encontrar el valor de N tenemos:

$$Zt(2N+2M)+ZcM = Zt(4+L-N)+ZcL \quad 2$$

$$\underline{2ZtN} + 2ZtM + ZcM = 4Zt = ZtL - ZtN + ZcL$$

$$N(2Zt+Zt) + 2ZtM + ZcM = Zt(4+L) + ZcL$$

$$N(3Zt) + 2ZtM + ZcM = Zt(4+L) + ZcL$$

Multiplicando por Nz c la ec. tenemos:

$$N(3Zt) + 2ZtM + ZcM + NZc - NZc = Zt(4+L) + ZcL$$

$$N(3Zt - Zc) + M(2Zt + Zc) - Zc(6 - 3L) = Zt(4+L) + ZcL$$

$$N(3Zt + Zc) = -M(2Zt + Zc) + 6Zc - 3ZcL + 4Zt + ZtL = ZcL - 2ZtM - Zc(M + 6 - 3L + L) + 4Zt + ZtL$$

$$N(3Zt + Zc) = -2t(-2M + 4 + L) - Zc(-M + 6 - 2L)$$

despejando a N tenemos:

$$= -2t(-2M + 4 + L) - Zc(-4 - L) + (6 - 2L)$$

$$= -2t(-2M + 4 + L) - Zc(2 - L)$$

$$N = \frac{Zt(4 + L - 2M) - Zc(2 - L)}{3Zt + Zc}$$

como $N = 6 - 3L \quad L = \frac{6 - N}{3}$

$$(2 - L) = (2 - \frac{6 - N}{3}) = 2 - \frac{2 - N}{3}$$

$$\therefore N = \frac{Zt(4 + L - 2M) - Zc}{3Zt + Zc} \quad \text{Unidades de carga}$$

Los valores de carga L, M y N varían durante la primera - contingencia en función de la impedancia de los transformadores Zt y los cables Zc; por lo que para los efectos de diseño supondremos impedancias de 0 ohms e infinito para los cables secundarios.

$$Z_c = 0 \text{ ohms}$$

$$L = \frac{11 Z_t}{6 Z_t} = 1.833 \quad \text{Unidades de carga}$$

$$M = 4 - L = 4 - 1.833 = 2.16 \quad \text{Unidades de carga}$$

$$N = \frac{4 + 1.833 - 4.32}{3} = 0.5044 \quad \text{Unidades de carga}$$

La sobrecarga para los transformadores será:

$$T_n = 2M + 2N = 2(2.16) + 2(0.5044) = 5.3288 \quad \text{Unidades}$$

$$T_n = T_3 = 4 + L - N = 4 + 1.833 - 0.5044 = 5.3286 \quad \text{Unidades}$$

para un 25% de sobrecarga en condiciones de emergencia de los transformadores, el límite de capacidad que deberá emplearse - en condiciones normales de operación será:

$$KVA_L = \frac{4 \times 125}{5.32} = 93.98\%$$

de su capacidad nominal que comparado con la tabla mencionada - antes, vemos que coincide.

En las mismas condiciones para los cables secundarios tendremos:

$$I_L = 1.833 \frac{500}{5.32} = 172.27\%$$

unidades totales de la que a cada unidad corresponderán:

$$I_u = \frac{172,27}{4} = 43.069$$

Para impedancia de cable $Z_c = 00$ de los valores de L, M y N serán:

$$L = 2, M = 2, N = 1 \quad \text{Unidades de carga}$$

$$T_2 = 4+2 = 6 \quad \text{Unidades}$$

$$T_i = T_3 = 4+2-1 = 5 \quad \text{Unidades}$$

$$KVA_L = \frac{4 \times 125}{6} = 83.33 \text{ de su capacidad nominal}$$

$$I_L = 2 \times \frac{5}{6} = 1.67 \quad \text{Unidades de carga totales}$$

$$I_u = \frac{1.67}{4} = 41.75\% \quad \text{para cada unidad}$$

Suponiendo ahora 6 unidades de carga por subestación, dos concentradas en las equinas y cuatro uniformemente repartidas a lo largo de los alimentadores secundarios, las ecuaciones obtenidas serán:

$$L = \frac{16Zt + 3Zc}{6Zt + Zc}$$

$$M = 5 - L$$

$$N = \frac{Zt(4+L - 2M) + Zc}{3Zr + Zc}$$

que darán los siguientes resultados para $Z_c=0$ y $Z_c=\infty$

	Zc=0	Zc=∞	
L	2.67		Unidades de carga
M	2.33		" " "
N	0.56		" " "
T ₂	8.00		" " "
T _n = T ₃	8.00		" " "

Considerando sólo el primer caso de cuatro unidades de carga por subestación, la corriente de los transformadores en condiciones normales, es decir con todos ellos en servicio no podrá exceder de el siguiente valor:

$$I_L = I_{NOM} \times 0.9398$$

$$I_L = 1310 \times 0.9398 = 1231.13$$

$$I_L = 1231.13 \text{ Amps.}$$

por lo que a cada unidad de carga le corresponderá:

$$I_{L,u} = I_L \times I_u$$

$$= 1231.13 \times 0.4175 = 514 \text{ Amps.}$$

que podrán ser proporcionados por dos alimentadores secundarios a lo largo de los cables y uno por cada lado, en cuyo caso cada cable requerirá:

$$I_{\text{cable}} = \frac{514}{2} = 257 \text{ Amps.}$$

que requerirán un calibre de cable de 500 MCM con una capacidad para 380 Amps., con lo cual se estará en posibilidades de absorber futuros aumentos de carga.

CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

El diseño de la baja tensión de los Sistemas de Red Automática, requiere del análisis de las corrientes de corto circuito que puedan presentarse en diferentes puntos de la misma.

El método que se ilustrará es aproximado y consiste en considerar el punto de falla alimentado únicamente por los transformadores que están en contacto directo con él, despreciando la aportación que pueda deberse a los que se encuentran en sus vecindades y suponiendo valores de impedancia ideales para los efectos de cálculo.

En estas condiciones la corriente de falla máxima podrá ser localizada en las esquinas de las calles o en el centro de la red y sus valores dependerán de su ubicación con respecto de los centros de carga.

El análisis se efectuará en zonas limitadas por uno, cinco, nueve y trece transformadores, para lo cual haremos las siguientes consideraciones:

- a).- Que toda la red quedará constituida por manzanas cuadradas de 150 m. por lado.
- b).- Que todos los transformadores serán de 500 KVA con una $\%t = 4.3\%$
- c).- Que los cables secundarios instalados son de igual calibre 500 MCM, $Z_c = 7\%$.
- d).- Suponiendo un bus de distribución infinito operando a 220 volts con todos los alimentadores en servicio.

e).- Consideraremos que el secundario no tiene carga conectada.

i.- Con un transformador: Este cálculo se limita a un caso particular de alimentación radial de sistemas de red automática y se presenta cuando un solo transformador alimenta el punto de falla que queda representado por el diagrama (a) de la Fig. II.3

$$Z_F = 0.043 \text{ pu.}$$

$$i_F = \frac{1.00}{0.043} = 23.25 \text{ p.u.}$$

2.- Con cinco transformadores, ver diagrama (b) Fig. II.3

$$Z_F = \frac{Z_t + Z_c}{4} \quad || \quad Z_t = \frac{0.043 + 0.07}{4} \quad || \quad 0.043$$

$$Z_F = 0.028 \quad || \quad 0.043 = 0.017 \text{ p.u.}$$

$$i_F = \frac{1.00}{0.017} = 58.82 \text{ p.u.}$$

3.- Con nueve transformadores, ver diagrama (G) Fig. II.3

$$\frac{2Z_t + Z_c}{8} \quad || \quad \frac{Z_t}{4} + \frac{Z_c}{4} \quad || \quad Z_t = [1.075 + 0.875] \quad || \quad 1.075 + 1.75 \quad || \quad 4.3$$

$$Z_F = 1.5578 \quad Z_F = 0.0155 \text{ p.u.}$$

$$i_F = \frac{1.00}{0.0155} = 64.52 \text{ p.u.}$$

4.- Con trece transformadores, ver diagrama (d) Fig. II.3

$$Z_F = \left[\left(\frac{Z_t}{4} + \frac{Z_c}{8} \right) \quad || \quad \left(\frac{Z_t}{4} + \frac{Z_c}{4} \right) + \frac{Z_c}{4} \right] \quad || \quad Z_t$$

$$Z_F = \left[\left(\frac{0.043}{4} + \frac{0.07}{8} \right) \quad || \quad \frac{0.043}{4} \quad || \quad \left(\frac{0.043}{4} + \frac{0.07}{4} \right) + \frac{0.07}{4} \right] \quad || \quad 0.043$$

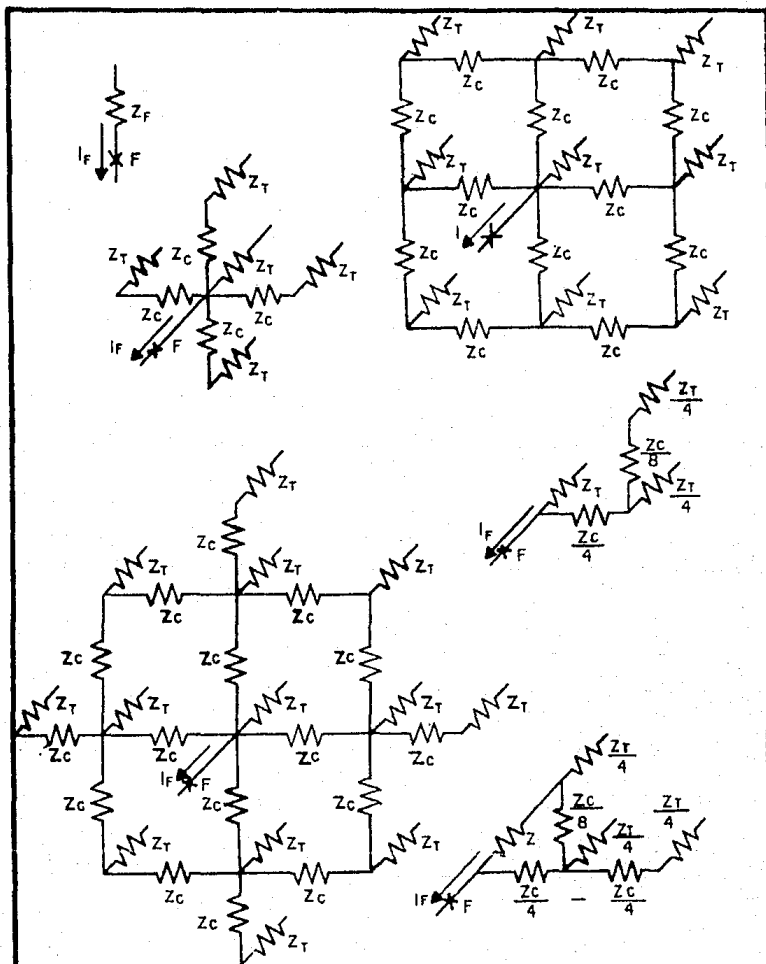


FIG. II.3

DIAGRAMAS DE IMPEDANCIAS EQUIVALENTES PARA DIFERENTES ARREGLOS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA		1990
	TESIS PROFESIONAL	JORGE CRUZ MONTES	

$$Z_F = 0.015 \text{ p.u.}$$

$$I_F = \frac{1.00}{0.15} = 66.61 \text{ p.u.}$$

Podemos observar que los valores de corriente de falla -- para los últimos dos casos no tienen una variación muy notable, es decir el corto circuito para un caso con mayor número de transformadores, no contribuirá mucho para elevar el valor de la corriente.

Los valores de corto circuito calculados fueron en todos los casos considerados inmediatamente a la salida de los transformadores, ahora, suponiendo una falla en el punto medio de un cable de baja tensión, es decir entre dos transformadores.

1.- Un transformador:

$$Z_F = 0.043 + 0.035 = 0.078 \text{ p.u.}$$

$$I_F = \frac{1.00}{0.078} = 12.82 \text{ p.u.}$$

2.- Cinco transformadores:

$$Z_F = 0.017 + 0.035 = 0.052 \text{ p.u.}$$

$$I_F = \frac{1.00}{0.052} = 19.23 \text{ p.u.}$$

3.- Nueve transformadores:

$$Z_F = 0.0155 + 0.035 = 0.0505 \text{ p.u.}$$

$$I_F = \frac{1.00}{0.0505} = 19.8 \text{ p.u.}$$

4.- Trece transformadores:

$$Z_F = 0.015 = 0.35 = 0.05 \text{ p.u.}$$

$$I_F = \frac{1.00}{0.05} = 20 \text{ p.u.}$$

En todos los casos analizados los valores de la corriente de falla son suficientes para la volatilización de los cables -- seleccionados (500 MCM). En caso de haber escogido un solo cable para alimentar cada dirección probablemente debido a la magnitud de la corriente, su sección será tal que por lo menos en el primer caso para falla a 75 m., no permitiría la volatilización del mismo.

II.4 DISEÑO DE CABLES ALIMENTADORES PRIMARIOS.

Antes de iniciar el diseño de los alimentadores primarios -- haremos una serie de consideraciones y daremos definiciones de -- algunos de los factores que intervienen directamente en la operación y diseño de los cables.

a).- Tensión de Operación.

Son las fijadas por las empresas suministradoras, para ser aplicadas en los sistemas de acuerdo con las condiciones de la carga por alimentar y los reglamentos de normas e instalaciones eléctricas.

b).- Temperatura de Operación.

Es a la que puede operar un cable en condiciones normales y algunas otras especiales sin afectar sus partes--

constitutivas; son fijadas por los fabricantes y generalmente se encuentran tabuladas en especificaciones oficiales o de organismos técnicos.

c) Temperatura Ambiente.

Debe ser considerada invariablemente en el diseño, para determinar lo que puede soportar el elemento, y deberá ser la máxima obtenida bajo condiciones normales.

d).- Condiciones del Medio.

En el diseño de todos los dispositivos eléctricos para los sistemas de distribución, debe ser considerado el medio en el cual va a ser realizada la instalación, a fin de seleccionar el equipo y características del mismo y proveerlo del equipo de protección adecuado para el lugar de operación contra daños mecánicos, humedad, aceites, grasas, etc., o algunos otros elementos que pudieran afectarlos.

e).- Magnitud y características de la carga.

En función de ellas se determina la temperatura producida por las pérdidas debidas al efecto Joule y es básica para la selección de conductores.

f).- Regulación.

Debido a la caída por efecto Joule, principalmente originada por la circulación de la corriente entre los puntos de alimentación y carga, se produce una varia-

ción en la regulación que deberá siempre reducirse al mínimo dentro de los límites económicos, siendo los valores de regulación fijados por las empresas suministradoras de energía.

g).- Frecuencia.

Debe tomarse en cuenta, ya que afecta las condiciones de impedancia de los mismos debido a la reactancia.

Por tal motivo, de una manera general en nuestro caso particular (cables subterráneos), el diseño de los alimentadores primarios se hará tomando en consideración que la regulación aceptada en ellos es del 5%, suponiendo que el voltaje nominal $V_n=13.2$ KV y la capacidad $S_n=20$ MVA.

$$\% \text{ Reg.} = \frac{V_g - V_r \times 100}{V_r}$$

$$V_r = \frac{13.2 \text{ KV}}{1.05} = 12.6 \text{ KV}$$

$$I = \frac{\text{KVA}}{3 \times \text{KV}} = \frac{20 \times 10^3}{3 \times 12.6} = 916.43 \text{ Amps.}$$

Tomando en cuenta que el diseño es para una primera contingencia, la corriente para la que deberá seleccionarse los alimentadores será:

$$I_{\text{nom}} = \frac{916}{3} = 305 \text{ Amps.}$$

Considerando un factor de carga de 75% el conductor -- apropiado para suministrar una corriente de 380 Amps. instalado

dentro de ductos, tendrá las siguientes características:

Calibre	500 MCM.
Aislamiento	papel impregnado en aceite para 20 KV
Temp. de Op.	75°C

II.5 CORRIENTE DE FALLA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS.

La máxima corriente de falla en alimentadores primarios de Sistemas de Red Automática, es aquella que puede presentarse por la operación anormal de protectores (no apertura), y será la componente de la aportada con la subestación primaria y el regreso de la malla a la alta tensión en el punto de falla.

Es necesario el análisis parcial de ambas aportaciones, dado que el diseño de las protecciones (interruptor en la subestación primaria y fusibles del protector para asegurar la apertura si dicho protector no opera), trabajan independientemente; es decir, el interruptor de la subestación primaria deberá tener posibilidades de abrir e interrumpir la corriente de falla aún cuando ésta se presente en el extremo del alimentador; mientras que los fusibles del protector, deberán estar capacitados para soportar los excesos de carga requertidos por las fallas de la baja tensión, y operar por apertura cuando al presentarse una falla en alta tensión, algún protector correspondiente al alimentador con siderado no opere correctamente.

La corriente de falla, en alta tensión, aportada por la subestación primaria, y suponiendo una capacidad de 20 MVA (carga-conectada) y una impedancia en el cable de $Z_c = 7\%$ para obtener los datos de corto circuito en el caso más desfavorable (a 150 m. del bus de la subestación será:)

$$I_F = \frac{1.00}{0.07} = 14.8 \text{ p.u}$$

Para el análisis de la corriente de falla del alimentador - primario, debido al regreso de la red se harán las mismas consideraciones que supusimos para el cálculo de las corrientes de -- corto circuito en baja tensión.

La aportación de la corriente de corto circuito de la malla al alimentador primario, se calcula mediante al análisis de las caídas del voltaje debido a la impedancia de los transformadores y cables de la red, de acuerdo con el diagrama de la Fig. II.4.

De la simetría de la figura, podemos observar que la alimentación a la red se encuentra constituida por zonas iguales a la indicada por la línea interrumpida, por lo que el análisis de -- ella será aplicable y válido para toda la red.

$$(2L+2M)Z_t + LZ_c = (A+MDZ_c) \quad 1$$

$$(2L+2M)Z_t + MZ_c = AZ_t \quad 2$$

$$(2L+2M)Z_t + LZ_c + (2L+2M+2A)Z_t = 100 \quad 3$$

Sustituyendo los valores de Z_t y Z_c por los empleados anteriormente, tenemos:

$$(2L+2M)4.3+7L=4.3A+7A+7M$$

$$8.68.6M+7L-7M = 11.3A$$

$$15.6L+1.6M = 11.3A \quad A = \frac{15.6L+1.6M}{11.3} \quad 1'$$

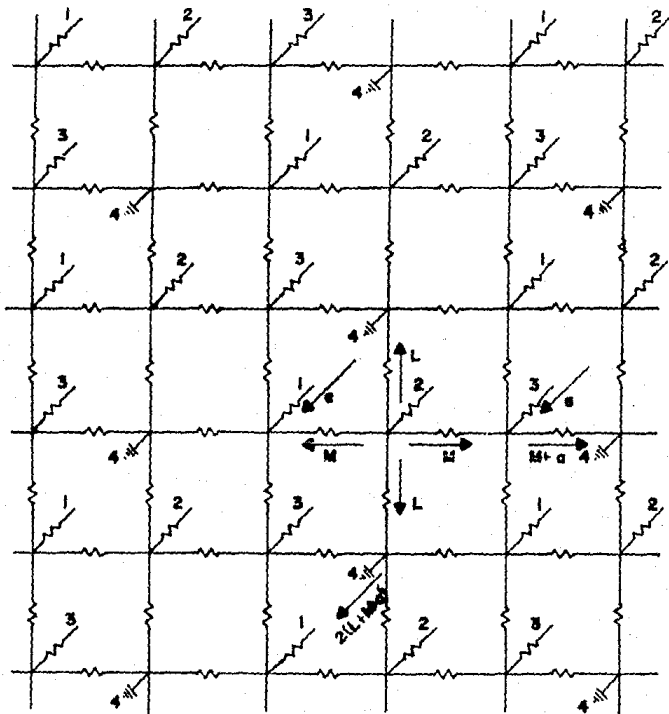


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE IMPEDANCIAS EQUIVALENTE PARA FALLA EN ALTA TENSION DE UN ALIMENTADOR (CUATRO) DE UN SISTEMA DE RED AUTOMATICA.

FIG II 4

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

Sustituyendo los valores Z_t y Z_c en la ec. 2, tenemos:

$$8.6L + 8.6M + 7M = 8.6L + 15.6M - 4.3A = 0 \quad 2'$$
$$A = \frac{8.6L + 15.6M}{4.3}$$

$$8.6L + 8.6M + 7L + (8.6L + 8.6M + 8.6A) = 100$$
$$24.2L + 17.2M + 8.6A = 100 \quad 3'$$

Sustituyendo 5 en 6

$$8.6L + 15.6M - 4.3A = \frac{15.6L + 1.6M}{11.3} = 0$$
$$97.18L + 176.28M - 67.08L - 6.88M = 0$$
$$30.1L + 169.4M = 0$$
$$L = \frac{-169.4M}{30.1} = -5.63M \quad 4'$$

Sustituyendo 4 en 3'

$$24.2(-5.62M) + 17.2M + 8.6 \frac{15(-5.62M) + 1.6M}{11.3} = 0$$
$$-136M + 17.2M + 8.6 \frac{(-87.6M + 1.6M)}{11.3} = 100$$
$$-136M + 17.2M - 66.67M + 1.2M = 100$$
$$-184.27M = 100 \quad M = \frac{100}{184.27} = -0.542$$

∴ $M = 54.2\%$

como $L = -5.63 M$

$$L = -5.63(-0.542) = 3.05$$

$$A = \frac{15.6(3.05) + 1.6(-0.542)}{11.3} = \frac{47.6 - 0.8672}{11.3} = 4.13$$

∴ $A = 4.13 \text{ Amp.}$

Por lo tanto la corriente de regreso de la malla a la red - cuando se presenta una falla en el alimentador 4 será de 4.13 p.u., por cada transformador conectado al alimentador con falla.

$$I_p = 2(3.05 + 4.13 - 0.542)$$

$$I_p = 13.276 \text{ p.u.}$$

Dicha corriente será aportada por los transformadores conectados a los alimentadores en servicio con la siguiente proporción:

Los transformadores 3 y 1 $I = A = 4.13 \text{ p.u.}$

transformador 2 $I = 2x + 2q = 5.356$

El mismo análisis podría considerarse para cualquiera de los otros alimentadores en caso de falla.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL EQUIPO, MATERIALES Y ACCESORIOS DE UNA RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA.

Para el diseño y la construcción de instalaciones eléctricas de distribución subterránea, es necesario considerar varias reglas que la experiencia ha establecido dando origen a una de bida normalización y que podemos dividir en: reglamentos de seguridad, procedimientos de construcción y empleo de equipo normalizado.

Los reglamentos y normas de seguridad tienen la finalidad de vigilar que las instalaciones estén libres de riesgos y no causen daños en la vida de las personas, así como proteger el equipo e instalaciones de la empresa.

Los procedimientos de construcción se refieren a las técnicas en la construcción de instalaciones subterráneas desde la obra civil hasta la puesta en servicio de las mismas, basado en la experiencia del personal así como a los nuevos métodos, nuevos equipos y materiales empleados.

Por último el empleo de equipos y materiales con características bien definidas en cuanto a su composición, construcción, elaboración, dimensiones, sus datos de identificación, usos, forma de empaque, pruebas de aceptación, características físicas, químicas, eléctricas y mecánicas, etc., dan origen a las "normas de materiales de cables subterráneos" que simplifican considerablemente su aplicación, aumentan su economía, dan uniformidad y calidad a las instalaciones, facilitan su mantenimiento y el personal podrá familiarizarse con ellos elevando la calidad de la mano de obra.

A continuación se describen en forma muy breve los equipos y materiales más utilizados en Cables Subterráneos:

III.1 OBRAS CIVILES.

- III.1.1. Ductos y Cruceros.
- III.1.2. Pozos de visita y registros.
- III.1.3. Bóvedas y Subestaciones.
- III.1.4. Marcos y Tapas.
- III.1.5. Zanjas y Trincheras.
- III.1.6. Reparación de Banquetas.

III.2 EQUIPOS Y MATERIALES EN BAJA TENSION.

- III.2.1. Buses de Baja Tensión.
- III.2.2. Cajas de Distribución en Baja Tensión.
- III.2.3. Fundas de Hule para Buses Cubiertos.
- III.2.4. Fusibles y Limitadores de Corriente.
- III.2.5. Protector de Red.
- III.2.6. Soportería (abrazaderas o clemas, correderas, ménsulas y porcelanas, crucetas y tubos protectores - - - (P.V.C.)
- III.2.7. Terminales de Baja Tensión.
- III.2.8. Uniones, mufas, empalmes y trifurcaciones de Baja Tensión.

III.3 EQUIPOS Y MATERIALES EN ALTA TENSION.

- III.3.1. Aceite aislante.
- III.3.2. Cajas de Distribución en Alta Tensión.
- III.3.3. Fusibles y portafusibles en Alta Tensión (6 KV y 23-KV).

- III.3.4. Gabinetes tipo FRAC.
- III.3.5. Interruptores en Alta Tensión.
- III.3.6. Placas de nomenclatura para cables de Alta Tensión - (6 KV y 23 KV).
- III.3.7. Terminales de Alta Tensión.
- III.3.8. Transformadores de Distribución.
- III.3.9. Uniones de Cables de Alta Tensión.
- III.3.10. Cables de Alta Tensión con aislamiento de papel y -- plomo (6 KV y 23 KV).
- III.3.11. Cables de Alta Tensión con aislamiento tipo seco de 23 KV.

III.1 OBRAS CIVILES.

III.1.1. DUCTOS Y CRUCEROS.

Su finalidad es la de alojar y proteger a los cables para facilitar la instalación y retiro en caso de fallas, evitando así excavaciones innecesarias en banquetas de concreto, adoquín, o en cruceros de calles pavimentadas que originaría elevados - costos.

Los materiales son tubos de asbesto-cemento unidos con co ples para formar líneas de una longitud deseada, se instalan - formando conjuntos de varias vías que van adyacentes ahogadas - en concreto para formar "bancos de ductos" de 2, 4, 8 y 12 - - vías. El diámetro de los ductos A es de 75 mm. (A-75 y A-100) - para cables de alta y baja tensión respectivamente.

La profundidad de los bancos de ductos es de un metro, -- son interceptados en pozos de visita o en registros a los cua - les se rematan con "boquillas" de bordes redondeadas y superfi

cies tersas para no dañar la cubierta exterior de los cables - por motivos de éstos debido a cambios de temperatura o esfuerzos mecánicos. (Ver Fig. III.1).

III.1.2. POZOS DE VISITA Y REGISTROS.

Tienen por objeto ligar las líneas de ductos teniendo acceso a éstos para instalar y retirar cables, efectuar uniones en los mismos soportarlos en sus paredes mediante correderas - (CS - 140 C), ménsulas y porcelanas (CS), hacer revisiones y permitir movimientos por cambios de temperatura. Los pozos de visita son construídos aproximadamente a cada 100 m., en cambios de dirección de los cables o en lugares donde se instalen equipos de seccionamiento. Estos pueden ser de tipo precolado (p) o construídos directamente en el terreno (c) habiendo los siguientes tipos:

Pozos 2.280 C o P 2 Vías, 280 cm. entre boquillas.

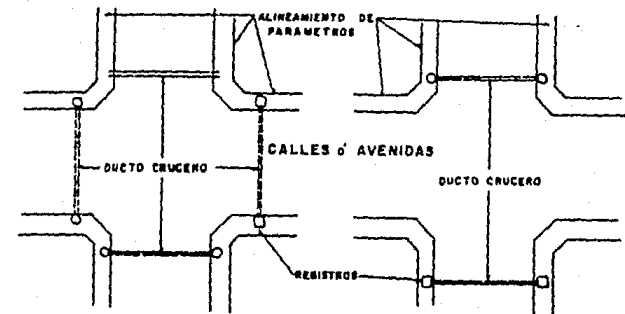
Pozos 3.280 C o P 3 Vías, 280 cm. entre boquillas.

Pozos 4.280 C o P 4 Vías, 280 cm. entre boquillas.

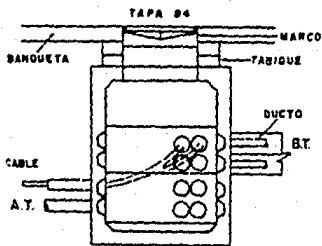
(Ver. Figs. III.2 y III.3)

El pozo 3.280, se usa además para instalar cajas de seccionamiento CS - 23 - 3 - 500 y CS - 23 - 4 - 500 interceptores - CS - 23 - 3 - 601, CS - 23 - 4 - 602 ó CSF - 23 - 600 - F - 200 modificando su longitud a 3.10 mt. y con tapa desmontable.

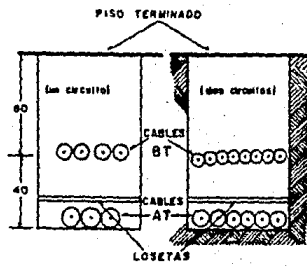
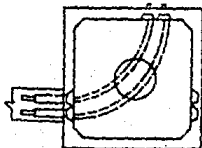
En unidades habitacionales y fraccionamientos se emplean registros de 125 x 125 x 125 cm. para tener acceso al cable de alta tensión en los cambios de dirección ya que en estos casos el cable va directamente enterrado (125 x 125 C).



CRUCEROS
FIG. (a)



REGISTROS FIG. (c)



ZANJAS
FIG. (b)

FIG. III.1 DUCTOS Y CRUCEROS

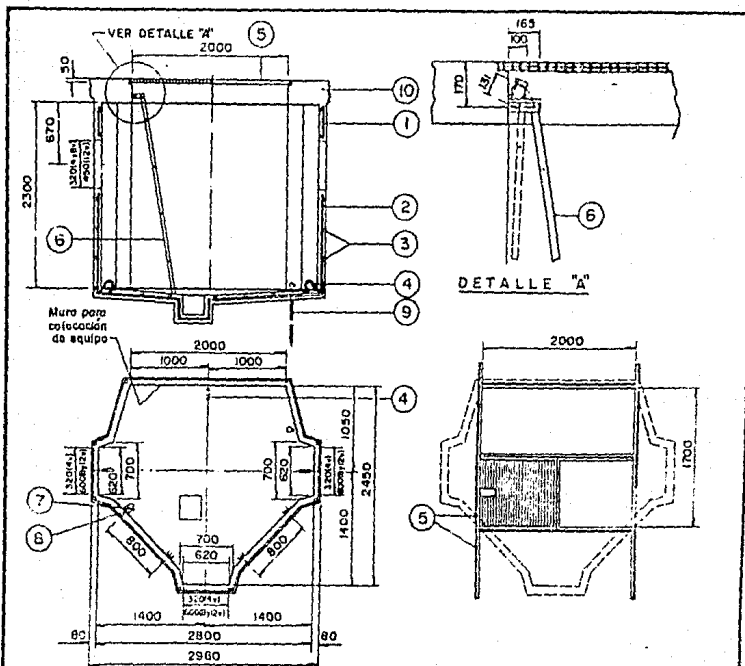
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990



Esc. 1:50

Acotaciones en mm

Ref	NOMBRE		
1	Concreto proporción 1:2:3 Cemento Portland Arena C Grava 40	4	Canales Pozo Fr. 15
			Muro cónico
		5	Trpa Unimanta 300 x 170
		6	Escalera CS 2500 F
		7	Ancla Corredora CS
		8	Corredora CS 140 C
2	Varilla Acero C 9.5 (en muros y fondo)	9	Tierra 1
3	Alambraón Fr. 6.3 (en anillos)	10	Banqueta Concreto (1)

FIG III.2
POZO 3280 C

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECÁNICA Y ELÉCTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZÁLEZ ESCOBAR

1990

Existen otros tipos de registros como son:

Registro J.120 P 3 Vías, 120 cm. Distancia entre paredes internas.

Registro CS - 3.4.400 Para cables trifásicos, 4 vías, 400 Amp. del Bus. Se usa en bnaqueta y protege al Bus cubierto CS-3.4.400 instalado en su interior.

Registro CS - 4500 Para caja CS-4500.

III.1.3. BOVEDAS Y SUBESTACIONES.

Tienen por objeto alojar transformadores y equipo complementario, la bóveda en sí es una subestación la cual se construye bajo nivel de piso y generalmente en banquetas, es de -- concreto armado y colocado en el terreno, tiene acceso para el equipo y personal por medio de una rejilla metálica de varias secciones.

Sus dimensiones han variado al incrementarse la capacidad y el tamaño del equipo instalado, el cual es de tipo sumergible pudiendo trabajar hasta tres metros bajo el agua, las bóvedas 480 x 220. (Ver. Fig. III.4).

Las subestaciones son locales destinados para instalar -- transformadores, buses, etc., dentro de los predios de los -- clientes que solicitan el servicio de energía para cargas concentradas y requieren de uno o más transformadores. Sus dimensiones varían con la cantidad de equipo instalado pero en general, se logran espacios más amplios obteniéndose mayor seguridad al instalar y operar equipos, más comodidad y limpieza, -- siendo este equipo de tipo interior y no sumergible. (Ver. Fig. III.5).

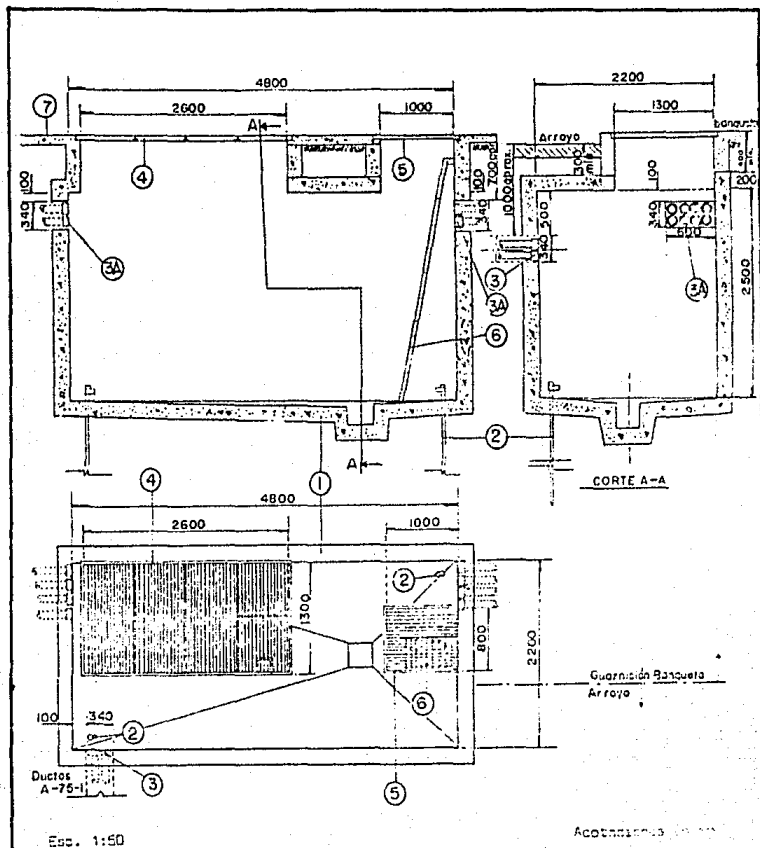


FIG III. 4

BOVEDA 480x220

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

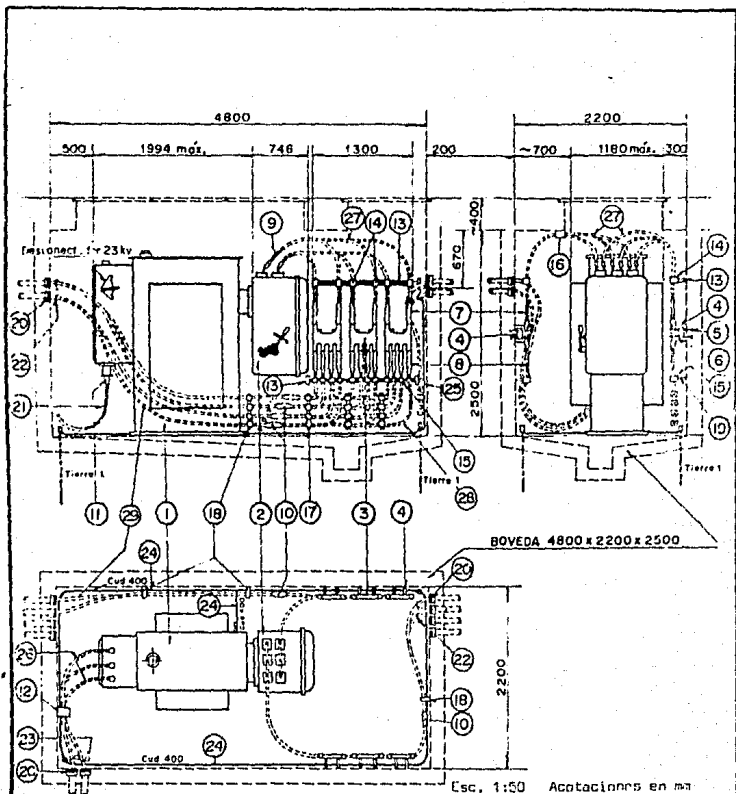


FIG. III.5
SE BOVEDA 23B 750 AUT

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.1.4 MARCOS Y TAPAS.

Los marcos son las cubiertas de los pozos que contienen el contramarco para soportar la tapa, son nivelados con tabiques y cemento y existen 2 tipos:

Marco C-84.- Es de concreto armado, colocado sobre pozos de 2280-C.P., 4280-C.P., Reb. 3120 P. 125 x 125, CS-4500, soporta:

Tapa C-84 y se utiliza en lugares de poco tráfico o en banquetas.

Marco P-84.- Es de fierro fundido, colocado sobre los mismos pozos y registros que el marco anterior, pero utilizado en lugares de intenso tráfico, soporta:

Tapa P-84.

III.1.5. ZANJAS Y TRINCHERAS.

Son excavaciones que se hacen para la instalación correcta de los cables tanto de alta como de baja tensión.

En los fraccionamientos y unidades habitacionales, donde los cables van directamente enterrados, las zanjas para cables de alta tensión deben ser de 100 cm., de profundidad por 40 cm. de ancho y para cables de baja tensión las medidas serán de 60 cm. de profundidad por 40 cm. de ancho.

Las trincheras son preparaciones a desnivel que se dejan en las subestaciones para alojar cables que interconectan los equipos contenidos en éstas, sus dimensiones son en base al diseño y distribución del equipo.

III.1.6. REPARACION DE BANQUETAS.

Quando ocurre una falla en cables de mediana o baja tensión que estén directamente enterrados, una vez localizada ésta se tendrá la necesidad de hacer las excavaciones, necesarias para su reparación. Dependiendo de la zona de que se trate, el grado de dificultad aumenta si existen varias instalaciones, si la banquetta es de piedra o adoquín y si además se tienen problemas de tráfico de personas. Una vez reparada la falla se tendrá que proteger los cables, tapar la excavación y darle piso cuidando de no afectar las demás instalaciones, reparar la banquetta con el material equivalente y recoger el escombrosobstante. Esto se hará tramitando una licencia por excavación ante las autoridades de la Delegación correspondiente.

III.2 EQUIPOS Y MATERIALES EN BAJA TENSION.

III.2.1. BUSES DE BAJA TENSION.

Tienen como principal función distribuir con mayor flexibilidad la energía eléctrica. Son un medio de conexión y desconexión de los circuitos de baja tensión permitiendo la desconexión parcial o total de dichos circuitos. Están diseñados para que los cables sean conectados directamente a éstos o bien por medio de fusibles CR o fusibles limitadores de corriente de la capacidad adecuada al calibre de los cables. Existen varios tipos de buses como son:

III.2.1.1. BUS ABIERTO.

Es una simple barra de cobre con capacidad de 1500 amperes,

con 8 ó 16 derivaciones para conectar cables monofásicos de -- igual o diferente sección pero de la misma fase, soportados -- por medio de separadores de fibra de vidrio y fijados a un muro de una subestación tipo interior donde sólo tenga acceso el personal de la compañía suministradora, (Cía de Luz y Fuerza - del Centro), pues dichas placas tienen potencial y están expuestas al ambiente.

Los diferentes tipos que hay son:

FS - 8 - 1500 Fases separadas, de 8 Vías.

FS - 16 - 1500 Fases separadas, de 16 Vías.

Existe otro tipo de bus abierto "tipo marimba" o de estructura trifásico, que se está reemplazando por otro tipo ya que ofrece mucha inseguridad al operarlo.

III.2.1. BUS BLINDADO.

Al igual que los antes mencionados, consta de una barra - de cobre electrolítico de 98% de conductividad y 800 amperes - de capacidad, de 6 u 8 derivaciones, de fases separadas, con - gabinete de lámina de fierro y tapas (el cual se conectará a - tierra), con soportes aislantes de fibra de vidrio y separadores de duracel. Tienen la característica de alojar transformadores de corriente para efectuar la medición del servicio en - baja tensión y demanda entre 600 y 1000 amperes por fase. Se - construyen para uso interior y para servicios que tienen fuertes consumos de energía, los diferentes tipos que hay son:

FS - 6 - 800 Fases separadas, 6 Vías.

FS - 8 - 800 Fases separadas, 8 Vías.

Bus blindado de 1000 ó 2000. Para 1000 ó 2000 amperes --
del bus principal por fase.

III.2.1.3. BUS CUBIERTO.

Consiste de una barra de cobre recubierta con epoxy-fibra de vidrio moldeado o material contráctil aislante con capacidad de 200, 400 y 800 amperes por vía según el tipo 4, 6, 8 y 24 vías, monofásicas, se fabrican en colores rojo, blanco y azul para la rápida identificación de las fases y son fijadas en muros de bóvedas, pozos o subestaciones con soportes aislantes de fibra de vidrio pues tienen la característica de trabajar en forma sumergible protegiendo los puntos de contacto y fusibles con fundas de hule sujetas con abrazaderas en sus extremos. La conexión entre cable y bus es directa cuando se utiliza una red automática y a través de fusibles cuando se utiliza en red radial. Es el tipo de bus que ofrece una mayor seguridad en su operación, los tipos más usuales son:

Bus Cubierto	6,800	6 Vías	800 amperes por fase
Bus Cubierto	8,800	8 Vías	800 amperes por fase
Bus Cubierto	14,800	14 Vías	800 amperes por fase
Bus Cubierto	6,200	6 Vías	200 amperes por fase
Bus Cubierto	8,200	8 Vías	200 amperes por fase
Bus Cubierto	C.S.3.4.400	4 Vías	400 amperes 3 fases y se emplea en registros CS 3.4.400 (es de forma triangular).

Ver fig. III.5.1

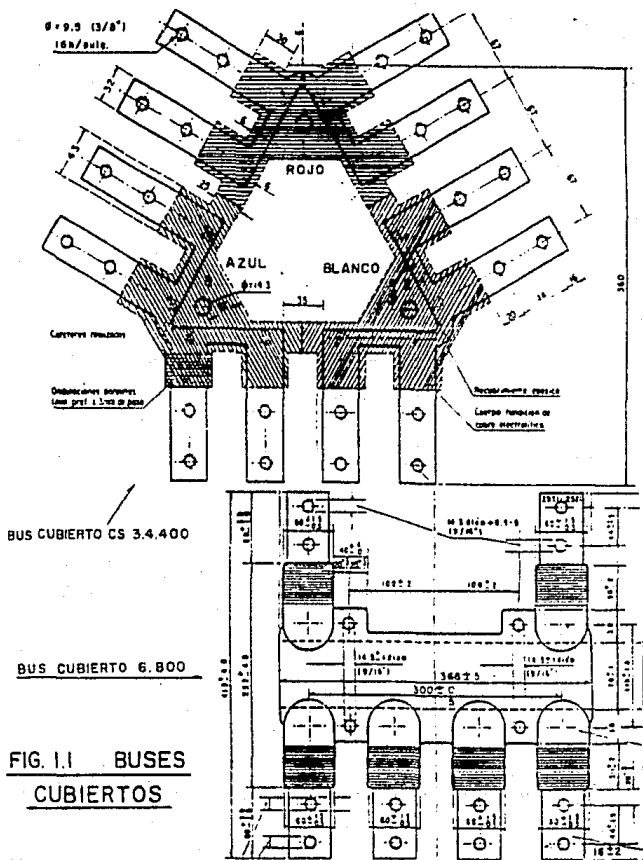


FIG. I.1 BUSES CUBIERTOS

FIG. III. 5.1

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.2.1.4 BUS INTERIOR T PEDESTAL 3.4.500

Consiste de placas y soleras de cobre armadas con barras de fibra de vidrio y separadores de duracel, fijadas a transformador DRS tipo pedestal 23 KV/BT., de 45 a 300 KVA., en el frente del compartimiento de baja tensión, permite interconectar las terminales de baja tensión del transformador al bus -- con cable BTC 1 x 150, para derivar cuatro circuitos de cable BTC 1 x 15 a 1 x 150 protegidos contra sobrecorriente con fusibles CR-200 y CR-350.

El fusible CR-200 se emplea con cable hasta de 70 mm² Bus T 3.4.500 Bus para transformador, 3 fases 4 Vías, 500 amperes (corriente nominal del bus).

III.2.2. CAJAS DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION.

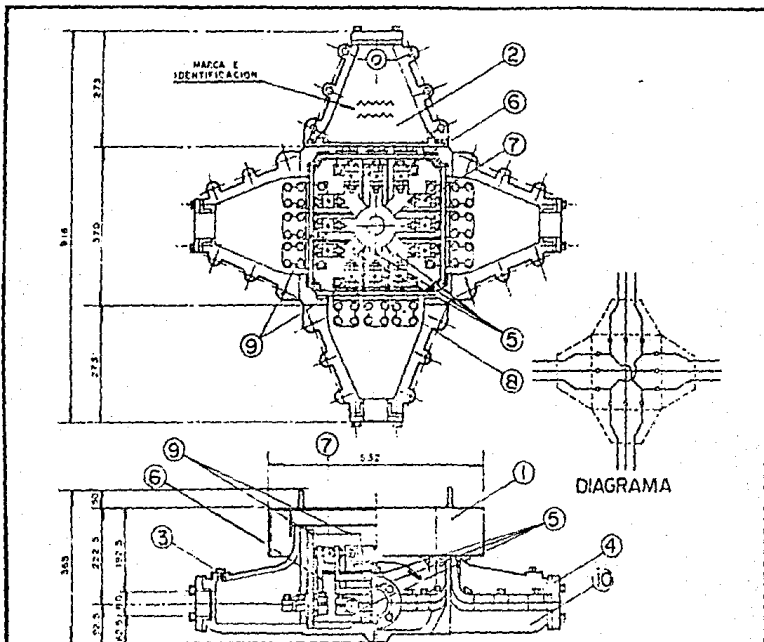
III.2.2.1. CAJAS CS 4.500.

Es una caja trifásica para distribución de energía en zonas de red radial, permite interconectar hasta cuatro cables trifásicos BPT - 3 x 150 o de menor sección, construida la terminal de fierro fundido con tapa de lámina de fierro, conectores de bronce, alta conductividad, no lleva fusibles con barras aislantes de eboni-asbesto. Colocada en banqueta con registro CS 4.500 para su protección, se coloca en forma horizontal -- quedando su tapa a una profundidad de \pm 40 cm., en puntos estratégicos de cables o esquinas. Puede trabajar sumergido bajo el agua hasta un metro de profundidad. (Ver. Fig. III.6).

CS - Para cables subterráneos

4 - Vías

500 - 500 Amperes por Vía.



Ref.	Nombre	Materiales y Acabado
1	Tapa	Lámina hierro N° 12, Galvanizada en caliente después de laminada. Galvanización según Norma CGOWIE 9.E-1, 1973.
2	Terminal	Fierro Fundido, Acabado pintura anticorrosiva negra
3	Tapón	Latón laminado
4	Collarín	Fierro fundido, Acabado pintura anticorrosiva negra
5	Conectores Centrales	Bronce alta conductividad Cu 95%, Pb 1%
6	Conectores Laterales	
7	Conectores Unión	
8	Conectores Cables	
9	Carrocerías Aislantes	Ebani-Asbesto
10	Fondo	Fierro fundido, Acabado pintura anticorrosiva negra

FIG III.6

CAJA CS 4.500

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

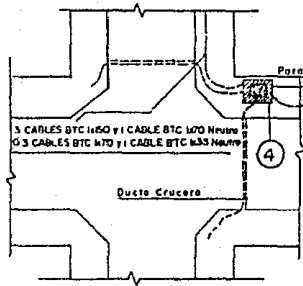
III.2.2.2 CAJA P.4.400

Es una caja de lámina de fierro para protección desmontable para tener acceso al bus interior trifásico para distribución de energía en unidades habitacionales, con baja densidad de carga permite interconectar hasta cuatro circuitos trifásicos con cable BTC - 1 x 150 ó de menor calibre, es un bus trifásico a base de soleras de cobre soportadas con barras de fibras de vidrio y fusibles CR - 200 ó poste con transformador - tipo pedestal, que la alimenta y queda sobre las banquetas. Esta caja permite que la alimentación en mediana tensión (M.T.) sea por líneas aéreas y la baja tensión (B.T.) sea a través de cables subterráneos. La nomenclatura de la caja es la siguiente: (Ver. Fig. III.7).

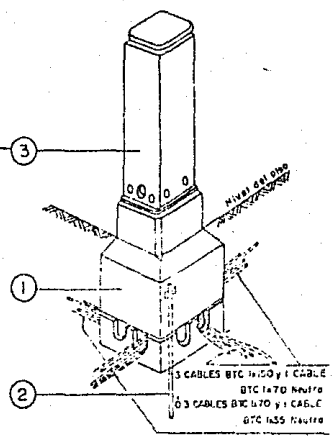
CAJA P.4.400 donde:
P - Tipo pedestal
4 - 4 Vías.
400 - 400 amperes al bus.

III.2.2.3 CAJA CS 3.4.400

Se trata de un bus cubierto (Ver Fig. III.8) para distribución de energía, es de cobre electrolítico de fases separadas cubiertas con epoxi-fibra de vidrio moldeado o con material termocontráctil. Se coloca en registros CS 3.4.400, permite interconectar hasta cuatro circuitos trifásicos con cable BTC - 1 x 150, pudiendo trabajar en forma sumergible, la protección de los fusibles y la parte con potencial se protegen con fundas o mangueras de neopreno. Las bases del bus se pueden distinguir por los colores del bus o la pintura con la cual se pintan los cables los cuales son: Rojo, Blanco y Azul, sus caracteres 1, 2 y 3 también indican las fases y permiten que la



DIAGRAMA



MATERIAL:
(En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Bata C Caja P 4.400	2.	Pza.	1
2	Tierra 1	2.0165	Pza.	1
3	Caja P 4.400	2.	Pza.	1
	Zapata C 150 - 2	2.0010	Pza.	2
	Zapata C 70 - 2	2.0010	Pza.	4
4	Banqueta concreto (1)	4.0193	m ²	2

FIG III.7
CAJA P 4400

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

orientación del bus dentro del registro (el 1 preferentemente debe señalar hacia el Norte), las literales N, S, O y P se refieren a la orientación exterior aproximada del circuito correspondiente con los cuatro puntos cardinales.

CS. 3.4.400 CS. - Para Cables Subterráneos.
 3 - 3 Fases.
 4 - 4 Vfas.
 400 - 400 Amperes, corriente nominal del bus.

III.2.3. FUNDAS DE HULE PARA BUSES CUBIERTOS.

III.3.2.1. FUNDAS DE HULE PARA BUSES CUBIERTOS

Son fundas de neopreno termofijo color negro para temperaturas hasta de 90°C con refuerzo exterior de lona en su extremo abierto adherida al neopreno de la funda. Se coloca cubriendo el aislamiento de cualquiera de las derivaciones de un bus cubierto, fijadas en sus extremos con abrazaderas de tipo cremallera que aísla del exterior la parte expuesta con potencial del bus, del cable o de la conexión o desconexión y los protege contra la humedad, pudiendo quedar sumergidas en el agua -- hasta 3 m. de profundidad. Los tipos más usados son:

DIAM. INT. <u>UN EXTREMO</u>	DIAM. INT. <u>OTRO EXTREMO</u>	LONG. MATERIAL <u>EN mm.</u>	MATERIAL	USO PARA CABLE
Funda Tapón	61	150	T	Termo fijo sin cable
" 8-15	25	150	T	Contráctil BTC-1x35 y 1x70
" 22	44	230	T	" BTC-1x150 CRN Bus CS 3.4.400)
" 22	61	450	T	" BTC-1x150
" 25	61	320	T	" BTC-1x250
" 34	61	320	T	" BTC-1x400

III.2.4. FUSIBLES Y LIMITADORES DE CORRIENTE.

Son los elementos que protegen a los cables de baja tensión contra sobrecorrientes evitando el corto circuito o daño al aislamiento de los cables. El fusible está compuesto de un tubo con cartucho de fibra vulcanizada, su eslabón es un listón de zinc con un 90% de pureza, su puente aislante es de fibra vulcanizada, las navajas son de solera de cobre electrolítico y las tapas de latón 70--30 troqueladas, tornillos y remaches de fijación de acero. Son diseñados para una tensión nominal de 250 Volts, 50-60 Hz., apertura nominal (capacidad de corto circuito) de 10,000 amperes simétricos, con corriente - tiempo de fusión según su capacidad, al quemarse el listón puede reponerse únicamente éste. Se colocan en buses cubiertos, buses blindados u otros equipos de alimentación de baja tensión, conectados con cables BTC - 1 x 15 a 1 x 250 y pueden quedar cubiertos con fundas de neopreno ya antes mencionadas, al colocarse en equipo sumergible. Los tipos más usados son:

FUSIBLE	CR	100	PARA	CABLE	BTC - 1 x 15
"	"	150	"	"	BTC - 1 x 35
"	"	200	"	"	BTC - 1 x 70
"	"	350	"	"	BTC - 1 x 150
"	"	500	"	"	BTC - 1 x 250 (con doble - tira fusible)
"	"	600	"	"	BTC - 1 x 400 (con doble - tira fusible)

donde:

C - Cartucho
R - Renovable

100,200 600 = Amperes corriente nominal y permanente.

III.2.4.1. FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.

Es un fusible tipo conector de alta capacidad interruptiva, denominada así por su función de limitar el daño al aislamiento del cable, proporciona cierto grado de protección de sobrecargas pero no puede ser considerado como un fusible normal, su tensión nominal es de 600 Volts, con una corriente nominal de 800 amperes, potencial de corte a frecuencia y voltaje nominal del sistema 20,000 amperes (valor simétrico), son utilizados en servicios interiores o bóvedas.

Sus funciones son: proteger los cables y equipo contra cortos circuitos severos, aislar el cable con falla al abrirse los dos limitadores en los extremos confinando la falla a este tramo únicamente, no interfiere en la operación del protector de red y de su fusible asociado, no opera con corrientes de sobrecarga ni con corrientes momentáneas de tal manera que no requiere de mantenimiento rutinario, su operación es silenciosa y a prueba de explosiones.

Su instalación es recomendable; entre el bus abierto y el bus blindado, entre el bus abierto y el servicio (únicamente a la salida del bus blindado ya que no hay regreso de la red), entre el protector y el bus abierto y entre la salida de la baja tensión del transformador y la entrada del protector de red. (Ver Fig. III.9).

Los tipos de limitadores de corriente son:

KFM - B	PARA CABLE	BTC - 1 x 400	EN S. E. INTERIOR
KDP - B	" "	BTC - 1 x 250	EN S. E. INTERIOR
KEW - C	" "	BTC - 1 x 150 y BPT - 3 x 150	EN S. E. INTERIOR O BOVEDA.

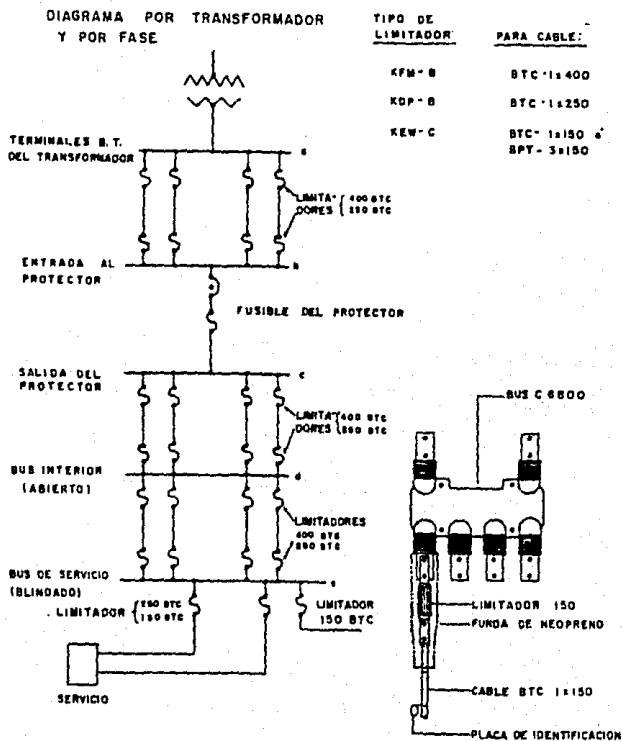


FIG. III. 9 LIMITADOR EN BAJA TENSION

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.2.5. PROTECTOR DE RED.

Es un interruptor trifásico en aire, de operación automática y manual, accionado por un mecanismo el cual es operado por medio de un motor a través del control de relevadores de red y aparatos auxiliares contenidos dentro de un gabinete hermético o de tipo abierto diseñado para operar en baja tensión de un sistema de Red Automática.

Existen protectores de 1600 A. nominales para transformadores de 500 KVA y de 2250 amperes para transformadores de 750 KVA.

Los gabinetes pueden ser: sumergibles (MG-8) para usarlos en sótanos o bóvedas subterráneas sujetos a inundaciones, los cuales van acoplados a la garganta de baja tensión de los transformadores y sellados herméticamente por medio de un empaque de hule tubular y pernos de sujeción en forma de "C", los gabinetes son contruidos con lámina de acero soldado y su tapa puede llevar bisagras en cualquiera de los lados teniendo una ventanilla para inspección de fusibles, del contador de operaciones y del indicador de operación, su palanca externa es para una operación manual y puede colocarse de cualquier lado del gabinete, la operación que se efectúa con esta palanca tiene tres posiciones que son: Abierto, Automático y Cerrado, además contiene correderas para deslizar toda la unidad desmontable (mecanismo) y facilitar su instalación o retiro sin mover el gabinete. El gabinete no sumergible es utilizado en S.E.'s tipo interior y difiere únicamente en su cubierta protectora no hermética, el gabinete es de lámina delgada, soldada y contiene asbestos.

Al retirarse los fusibles en la parte superior y las placas en la parte inferior se aísla completamente la unidad desmontable tanto del transformador como de la red y con la remoción adicional de cuatro personas permite desmontar completamente esta unidad.

Funcionamiento.- Con la manija del protector en posición automática funciona:

- a) Estando el protector abierto no cierra sus contactos cuando por condiciones de tensión o ángulo de fase de la red automática de baja tensión tiende a pasar energía de éste al transformador y cierra sus contactos automáticamente cuando por las mismas condiciones -- tiende a pasar energía del transformador a la red.
- b) Estando el protector cerrado no abre sus contactos -- cuando la energía pasa o tiende a pasar del transformador a la red y abre sus contactos cuando la energía pasa de la red al transformador, ya sea por corriente de excitación a cierto valor ajustable o por falla.

Con la manija del protector en sus posiciones de "cerrado" o "abierto" el protector queda manualmente con sus contactos cerrados o abiertos respectivamente y preparado para abrir -- por falla.

Sea en su posición automática o manual se tendrá que para el caso de corrientes excesivas del transformador a la red, también operan los fusibles del protector.

La operación de la red automática basada en el funcionamiento del protector de red es el siguiente:

- 1.- En caso de falla en cualquier alimentador de mediana tensión (M.T.), hará que todos los protectores de red conectados a los transformadores de este alimentador, operen a la apertura debido a la inversión de corriente a través de los protectores.
- 2.- Todos los protectores de red en las condiciones del punto 1 harán un cierre al ser reparada la falla si al energizarlo, el voltaje por baja tensión de sus transformadores es más alto que el voltaje de la malla.
- 3.- Se pueden abrir todos los protectores de red de un alimentador dado desde la subestación principal abriendo el interruptor principal de alta tensión (M.T.), para permitir efectuar trabajos de mantenimiento en cables interruptores, transformadores, etc.
- 4.- El protector permanecerá cerrado cuando ocurran fallas por corto circuito en los cables de baja tensión, ya que éstos se autoextinguen volatizando el material de cobre y plomo hasta quedar aislados debido a la potencia de corto circuito del sistema de red.
- 5.- La protección de respaldo se proporciona al protector de red por medio de fusibles.

Los tipos de protectores de red que hay son: (Ver Fig. -

PROTECTOR INTERIOR RED	1 600 PARA	1 600 AMPERES
PROTECTOR INTERIOR RED	2 500 PARA	2 500 AMPERES
PROTECTOR SUMERGIBLE RED	1 600 PARA	1 600 AMPERES
PROTECTOR SUMERGIBLE RED	2 500 PARA	2 500 AMPERES

III.2.6. SOPORTERIA.

Son aditamentos empleados en las instalaciones subterráneas para la fijación de cables monofásicos y trifásicos, de baja tensión y alta tensión (M.T.), empleados en postes de -- acometidas, pozos de visita, registros, bóvedas y subestaciones interiores.

ABRAZADERAS O CLEMAS.- Son herrajes contruidos con sole ra de fierro como base, y dos tornillo donde se arman barras- de madera (con perforaciones para el calibre (diámetro de los cables), que abrazan a los cables para fijarlos a los muros, - techos o piso de subestaciones, también se emplean para fijar y acomodar cables en poste. Se construyen de las medidas que se requieran en el lugar, para el número de cables y diámetro exterior de los mismos y se arman acomodando los cables desde la capa inferior a la exterior. Las abrazaderas monofásicas- para cables 23 P.T. ó 23 T.C. pueden ser de una resina epóxica resistente a la intemperie de color negro.

Otro tipo de abrazaderas son para cable (50F ó 2 cables- 50F) contruidas de solera de fierro galvanizado, son simila- res las abrazaderas para tubo P.V.C.-50 y 60. Por último se - tienen las abrazaderas de cremallera (16_a 4A) colocadas en -- los extremos de los cables para impedir el paso de la humedad en equipo sumergible (buses).

CORREDERA.- Consiste de fierro canal de 76 mm., galvanizado que fijada al muro de pozos de visita soporta las "mén^ulas" y "porcelanas" para soportar cables de baja tensión y -- alta tensión (Correderas C S. 140 C).

CRUCETA.- Consiste de un fierro canal de 76 mm., galvanizado que fijado con sus abrazaderas al poste soporta las terminales monofásicas de alta tensión (M.T.).

TUBOS PROTECTORES P.V.C. 2050 A 3060.- Son tubos de polícloruro de polivinilo rígido resistente al impacto, al aplastamiento, a la corrosión, a la acetona y de combustión auto - extingible. Son fijados a muros con abrazaderas o a postes - con alambre galvanizado del número 10, protege contra golpes - y corrosión al cable o cables colocados en su interior.

Sus longitudes son 200, 250 y 300 cm., y sus diámetros - son de 50 y 60 mm.

III.2.7. TERMINALES DE BAJA TENSION.

Como su nombre lo indica son los últimos puntos de una - red subterránea donde se entrega la energía a los clientes. Las terminales son del tipo interior o exterior y se usan para proteger de la humedad y daños mecánicos al cable trifásico con aislamiento de papel impregnado de aceite. Consta de - un cuerpo, tapa, collarín y tapón de fierro fundido y maderaterminal de encino creosotado, protege la conexión del extremo del cable B P T., con cables de salida de la terminal - - B T C., los protege contra humedad y daños mecánicos.

Los tipos de terminales que trabajan a la intemperie:
(se instalan en muros o en postes).

TERMINAL E-50 PARA CABLE BPT - 3 x 35
TERMINAL E-70-150 PARA CABLE BPT - 3 x 70 a 3 x 150

TIPO DE TERMINALES QUE TRABAJAN EN INTERIORES:

TERMINAL I-35 PARA CABLE BPT - 3 x 35
TERMINAL I-70-150 PARA CABLE BPT - 3 x 70 a 3 x 150
TERMINAL 6-I (sin tapa) PARA CABLE BPT - 3 x 70 a 3 x 150

III.2.8. UNIONES, MUFAS, EMPALMES Y TRIFURCACIONES DE B.T.

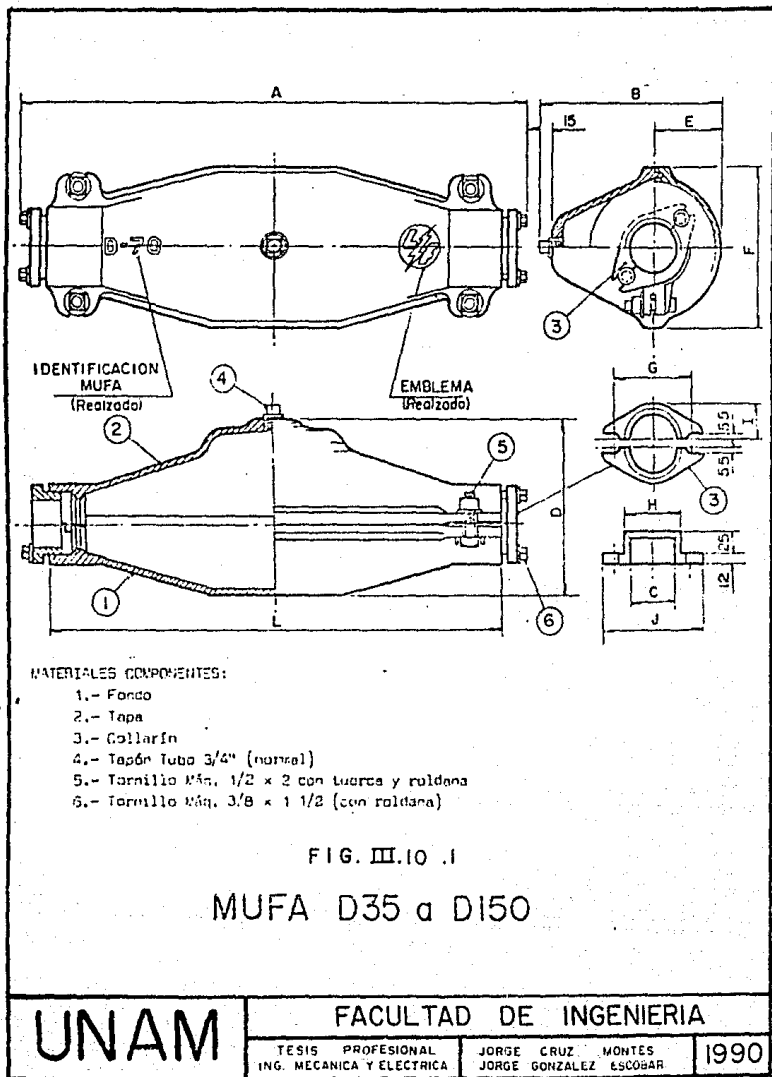
El uso de los cables subterráneos de la red secundaria - hace necesario empalmar los cables troncales en algún punto, - o bien elaborar derivaciones para cables troncales o para ser vicios.

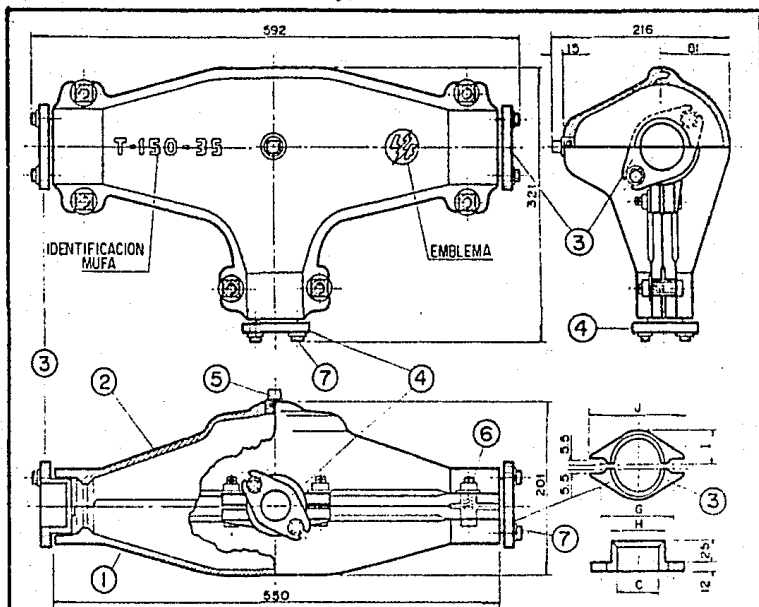
Ver fig. III.10.1 y III.10.2

III.2.8.1. UNIONES QUE TRABAJAN DIRECTAMENTE ENTERRADOS.

MUFA D-35 a 150 PARA CABLE BPT - 3 x 150 a 3 x 150
MUFA T-150 PARA DERIVACIONES EN CABLE BPT - 3 x 150
MUFA T-150-35 PARA DERIVACIONES DE CABLE BPT - 3 x 35
EN TRONCAL BPT - 3 x 150
UNIONES R-BTC-15 a 150 PARA CABLE BTC 1 x 150 (unión
recta)
UNIONES Y-BTC-15-15 a 150-150 PARA DERIVACIONES EN -
CABLE BTC

NOTA: Las mufas D y T se rellenan de un compuesto aislante y protegen de la humedad y daños mecánicos.





MATERIALES COMPONENTES:

- | | | |
|--|-----------------|-----------------------|
| 1.- Fondo | Fierro fundido | } Sin poros ni fallas |
| 2.- Tapa | Fierro fundido | |
| 3.- Collarín 150 | Fierro fundido | |
| 4.- Collarín 35 & 70 | Fierro fundido | |
| 5.- Tapa tubo 3/4" (Normal) | Fierro fundido | |
| 6.- Tornillo Mda. 3/8" x 2" (con tuerca y roldana) | Fierro laminado | |
| 7.- Tornillo Mda. 3/8" x 1 1/2" (con roldana) | Fierro laminado | |

FIG. III.10.2

MUFA T150-35

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL ING. MECANICA Y ELECTRICA	JORGE CRUZ MONTES JORGE GONZALEZ ESCOBAR	1990

III.2.8.2. EMPALMES QUE TRABAJAN EN LUGARES CON AGUA.

EMPALME R-BPT - 3 x 70 UNION RECTA CON TUBO DE PLOMO 3 x 20"

EMPALME R-BPT - 3 x 150 UNION RECTA CON TUBO DE PLOMO 4 x 20"

EMPALME Y-BPT - 3 x 70 PARA DERIVACION CON TUBO DE PLOMO 4 x 20"

EMPALME Y-BTC - 3 x 150 PARA DERIVACION CON TUBO DE PLOMO 5 x 20"

TRIFURCACION CABLE BPT -BTC - 35 a 150 PERMITEN LA CONEXION ENTRE EL CABLE BPT Y EL CABLE BTC.

III.3 EQUIPO Y MATERIALES EN ALTA TENSION.

III.3.1. ACEITE AISLANTE.

El aislamiento de los transformadores de alta tensión -- (M.T.) depende principalmente del papel aislante y del aceite, los cuales están expuestos a envejecer durante su servicio -- por temperaturas elevadas, presencia de humedad y oxígeno.

El envejecimiento de aceites minerales bajo el efecto -- del oxígeno es un proceso que llega a una reacción en cadena-- de radicales.

Los catalizadores tales como el hierro y el cobre libres, pueden acelerar libremente este proceso. Los productos formados por envejecimiento tales como: ácidos orgánicos, aldehidos, cetonas, alcoholes y lactonas, influyen en las características eléctricas y químicas.

El "aceite aislante no inhibido para transformadores" es del tipo PEMEX S (NORMA CONNIE 8.8.1) con las siguientes características:

APARIENCIA VISUAL	BRILLANTE SIN SOLIDOS EN SUSPENSION	
DENSIDAD RELATIVA A 20°C/4°C	0.87	MAXIMO
TENSION INTERFACIAL A 25°C \pm 1°C	35 DINAS/CM.	MINIMO
TEMP.DE INFLAMACION	A 750 mm. Hg. 145°C	MINIMO
TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA:		
ELECTRODOS PLANOS	2.54 mm. 30 KV	MINIMO
FACTOR DE POTENCIA DIELECTRICO:	30 KV	MINIMO
A 25°C	0.05%	MAXIMO
A 100°C	0.5 %	MAXIMO

Se emplea para llenar transformadores, interruptores, ca
jas de derivación u otro equipo, se utiliza como medio aislante
y refrigerante conductor de calor.

III.3.2. CAJAS DE DISTRIBUCION EN ALTA TENSION.

Son cajas derivadoras de alta tensión, en caso de licen
cia o falla se utiliza como punto de seccionamiento, su ten
sión nominal es de 23 KV, es de 3 ó 4 vías con capacidad de-
500 amperes por vía. Ver fig. III.11

Se fijan a muros o soportes verticales en pozos, bóvedas
o subestaciones, permite interconectar 3 ó 4 circuitos trifási
sicos de cables formados por 3 cables 23 PT - 1 x 35 a - - -
1 x 240. Su conexión o desconexión se hace por medio de pla
cas removibles sin potencial.

Consta de un cuerpo de placa de hierro cadmizado o galvanizado de 6.3 mm. de espesor, con tapa del mismo material, con terminales de latón, bronce o aluminio, boquillas aislantes interiores de resina epóxica o porcelana, conectores interiores y placas de conexión de cobre electrolítico, van llenas de aceite aislante con indicador de operación de fusibles de tipo expulsión sumergidos en aceite bajo altas corrientes de falla.

Existen diferentes dispositivos para proteger al transformador y al sistema asociado y su empleo estará basado en diferentes factores tales como:

- ECONOMIA.
- CAPACIDAD DISPONIBLE DE FALLA.
- CONVENIENCIA DE OPERACION.
- MARGENES DE SEGURIDAD DESEADOS.

Al existir diferentes fabricantes se hace necesario que se basen en los mismos parámetros para que sus dispositivos de protección tengan una adecuada aplicación y coordinación.

Para la protección de los transformadores de distribución subterráneos se considerarán los siguientes puntos:

1ª FUSIBLES DE LOS ALIMENTADORES SECUNDARIOS (POR B.T.)

Para la protección de cada circuito de baja tensión por sobre-carga o falla de un circuito y para que no afecte a los demás circuitos.

2ª INTERRUPTOR POR BAJA TENSION.

Es un interruptor termomagnético general de baja tensión o bien un protector que prevé fallas y sobre-cargas excesivas que puedan dañar al transformador, en algunos casos se encuentran integrados dentro del gabinete del transformador.

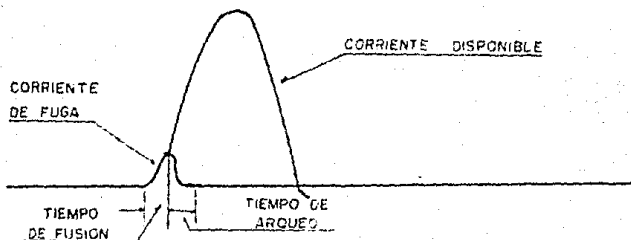
3ª FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE (EN A.T.).

En una falla muy severa en el transformador es importante considerar la magnitud de la falla cometida, pero más importante es la energía que se desarrolla durante la interrupción de la corriente (I^2t). Para esto se utiliza el fusible-limitador de corriente (F.L.C.) que limita el tiempo de interrupción bajo condiciones de voltaje nominal a un intervalo igual o menor que la duración del primer medio ciclo de corriente, limitando la corriente disponible a una corriente de fuga mínima.

Consiste de uno o más alambres o listones perforados de plata devanados espiralmente sobre un núcleo aislante y resistente a altas temperaturas ahogado en arena de silicio de alta pureza y sellado en ambos extremos. Cuando existen altas corrientes de falla el elemento se funde casi instantáneamente en toda su longitud, el arqueado resultante transmite su energía calorífica a la arena que con la plata evaporada la funde y la transforma en una estructura vidriosa llamada fulgurita.

La rápida pérdida de energía calorífica y el confinamiento del arco por el vidrio fundido (inserto de una resistencia rápidamente creciente) limita la corriente a un valor muy pequeño conocido como corriente de fuga y la energía queda enormemente disminuida. Su reemplazo requiere de la intervención de personal técnico así como de pruebas exhaustivas pues es casi seguro que los devanados del transformador se encuentren dañados.

INTERRUPCION TIPICA DE UN FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.



4ª FUSIBLE DE SOBRECARGA (EN ALTA TENSION).

En algunos transformadores como son los DPS tipo pedestal marca IEM, no tienen protección de sobrecarga por B.T. (ver Inciso 2), entonces cuentan con ésta por el lado de A.T. en serie con las otras protecciones siendo las únicas accesibles desde el tablero de frente muerto.

5ª FUSIBLE DE EXPULSION (EN A.T.)

Es un fusible que durante su operación de interrupción expulsa gases desionizantes interrumpiendo así el flujo de corriente en el momento en que el ciclo pasa por cero. Se utiliza para interrumpir fallas de alta impedancia o sea de baja corriente previniendo también daños al fusible limitador de corriente, pues es más barato y para su reemplazo sólo es necesario cambiar el listón después de haber realizado las reparaciones necesarias. Es fácilmente reemplazable desde el exterior cuando se aplica en ensamble tipo bayoneta.

6ª CUCHILLA FUSIBLE (EN A.T.)

Son el último paso en el sistema de protección de la instalación de transformadores y protegerá a los cables de A.T., terminales, boquillas y seccionadores.

En 23 KV., se cuenta con:

- a) Fusibles SMD-20 instalados en poste con sus respectivos portafusibles, de distintas capacidades nominales (según la capacidad total del circuito) y con corriente de corto circuito de 20 000 amperes simétricos.
- b) Fusibles 23-XE-SC 4 SM de 1 a 200 amperes nominales y con capacidad interruptiva de 375 000 KVA, con portafusible 23-215-I para servicio interior.

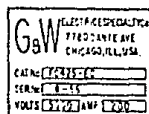
En 6 KV, se cuenta con:

- a) Fusibles de poste de diferentes capacidades.

- b) Fusibles CS-6-50 y CS-6-100 de 50 y 100 amperes nominales y capacidad de corto circuito de 72 000 KVA., - se utiliza con portafusibles CS-6 200 fijado en muro de pozo o bóveda, protege contra sobrecorrientes los transformadores o servicios y permite conectarlos o desconectarlos con carga (Ver. Fig. III.12).

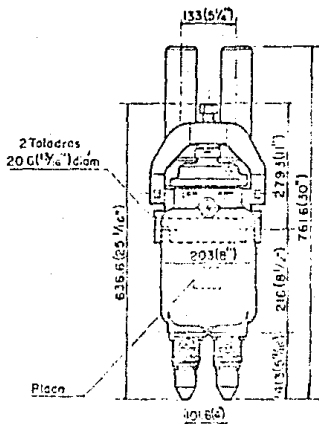
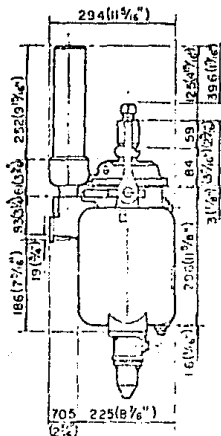
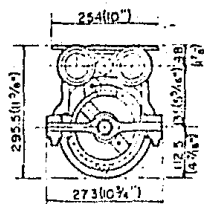
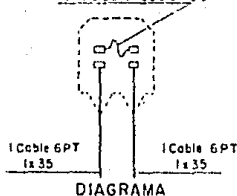
III.3.4. GABINETE TIPO FRAC 23-B.T.

En grandes fraccionamientos con red primaria en "estructura en anillo", donde se requiere además de un transformador de distribución, un bus con seccionamientos para continuar el circuito en A.T., a otros puntos, se emplean los gabinetes - tipo FRAC. Consisten de un gabinete metálico para servicio - a la intemperie de 2, 3 ó 4 secciones que alojan: uno o dos transformadores de 23 KV/B.T., un bus de 23 KV, con barras - de cobre, 1, 2 ó 3 juegos de cuchillas 23401 o interruptores en aire 23401 trifásicos de operación con 4 sin carga, 1 ó 2 juegos de portafusibles 23 - 215 I, terminales monofásicas - 23 IPC 1 x 50 - 70 E, cuchillas del bus de B.T. y buses de - B.T. PARA LOS CIRCUITOS DERIVADOS. Existen diferentes tipos - de montaje de subestaciones tipo FRAC como puede verse en la figura (III.13).



PLACA

Fusible CS 6-5206-100



Ene. 1:10

USO: Este fusible es usado en caso de protección transformadores de 2, 3, 4 y 5 kVA y 10-
 receptores con 115V 6PT 1000 a cada hora de transformadores de 5000 voltos de 100
 ó 400 kw o servicios de 5000 voltos hasta 200 amp, protege contra cortocircuitos
 los transformadores e receptores y permite condiciones de sobrecargas con 100%
 Con Fusible CS-50 protege transformadores o servicios de 200 vva.
 Con Fusible CS-300 protege transformadores o servicios de 400 vva.
 Puede trabajar en cualquier caso de agua hasta 3 m de profundidad.

FIG. III.12

PORTAFUSIBLE CS 6200

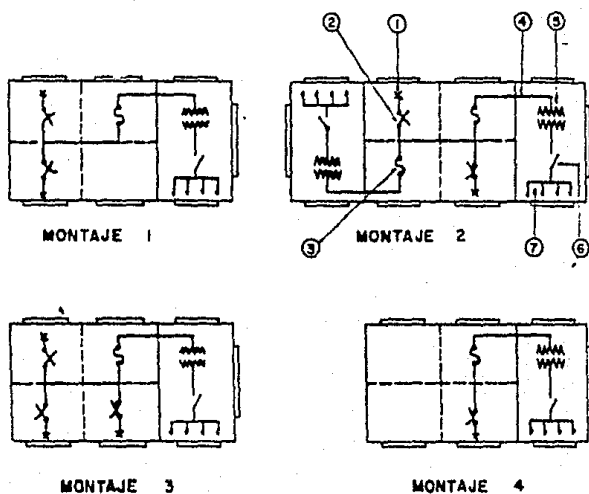
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

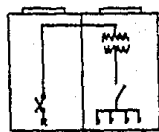
 TESIS PROFESIONAL
 ING. MECANICA Y ELECTRICA

 JORGE CRUZ MONTES
 JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990



- 1.- TERMINAL 23 IPC 1x50-70E
- 2.- CUCHILLAS 2340I ó INTERRUPTOR EN AIRE 2340I
- 3.- PORTA FUSIBLES 23-215.1
- 4.- BARRAS DE 23 KV. (BUS DE M.T.)
- 5.- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION 23000/220-127 V.
- 6.- CUCHILLAS DEL BUS DE B.T.
- 7.- SALIDA DE CIRCUITOS DERIVADOS (BUS DE B.T.)



MONTAJE 5

FIG. III. 13 MONTAJE DE SUBESTACIONES FRAC. 23-B.T.

FIG. III. 1 3

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS: PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3.5. INTERRUPTORES EN ALTA TENSION, (23 KV y 6 KV).

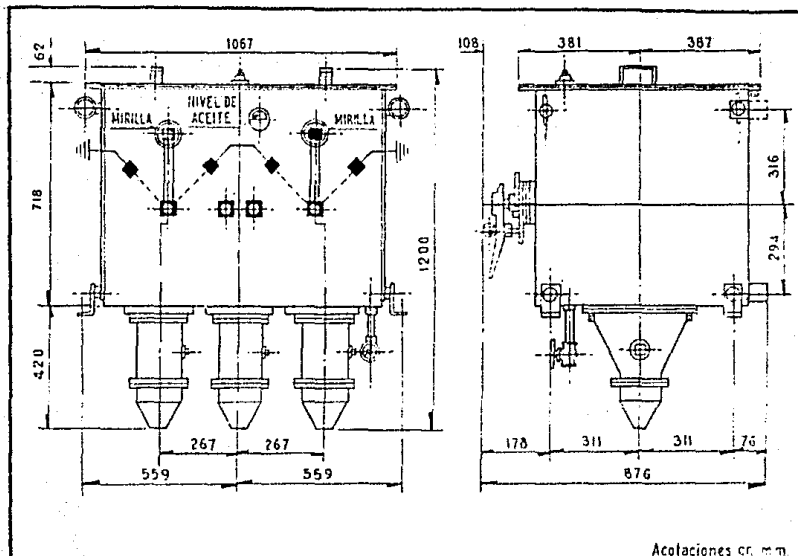
Son equipos del sistema subterráneo que por su operación manual o automática permiten conectar o desconectar aún con carga cada circuito que llega a él haciéndose en forma independiente por medio de sus placas o controles.

Por su tensión nominal se tienen interruptores de 23 KV y de 6 KV.

Por su función se tienen de operación manual y de operación automática.

III.3.5.1. INTERRUPTORES C.S.-23-3-400 Y C.S. 23-4-400.

Son interruptores en aceite, sumergibles, 3 fases, 23 - KV, 3 ó 4 vías, capacidad momentánea 20,000 amperes. De 400 amperes nominales de operación manual. Fijado a muros de pozos o bóvedas, permite manualmente cerrar o abrir sin cargar el circuito de 3 ó 4 cables 23 PT trifásicos o bien conectar a tierra los dos cables alimentadores cuando estén sin tensión. (Ver Fig. III.14)



Acolaciones en mm.

CONEXIONES POSIBLES



PARTE PRINCIPAL: En baño de aceite, autoextinguible, tres polos, 15 KV, 400 amp, norma IEC, 50 cps, 3 vías, capacidad interruptiva 10000 amp, nivel básico de aislamiento 100 KV, operación manual, cuatro posiciones: Tierra, desconectado, conexión tierra y conexión derivación.

Equivalente al IEC. Cat. 3RAL-300M

Transformador acoplado para protecciones RT de 35 a 240 mA de corriente de acuerdo con especificación IEC L-300-107, 314, etc.

147 lbs. aprox. de montaje

75 lbs. aprox. de producto Novolin X

Peso aprox. sin aceite ni combustor: 820 Kg.

FIG III.14

INTERRUPTOR CS 233-400

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

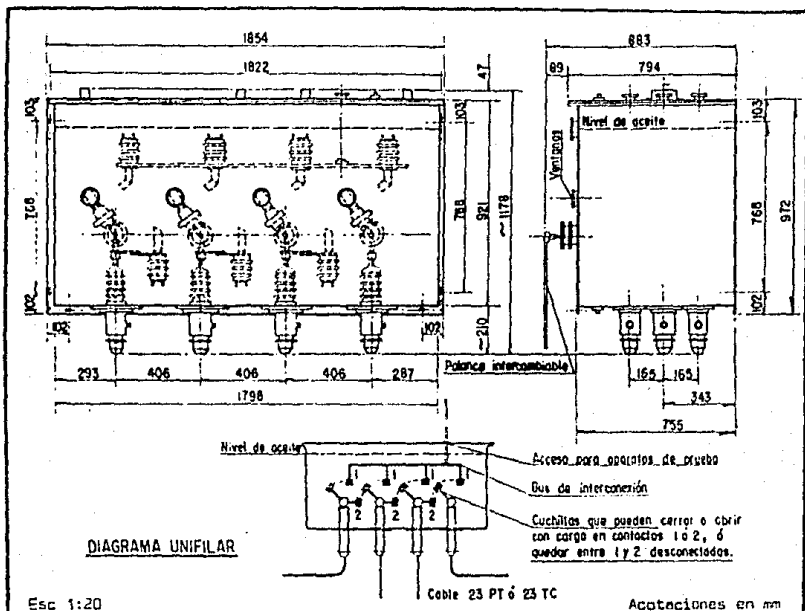
III.3.5.2. INTERRUPTORES CS-23-3-600 Y CS-23-4-600

Son interruptores en aceite, sumergibles, 3 fases, su tensión es de 23 KV., de 3 ó 4 vías, 600 amperes por vía, es de -- operación manual, la apertura o cierre puede realizarse con carga hasta 600 amperes, su capacidad momentánea es de 40,000 amperes asimétricos. Se puede fijar en muros de pozos, bóvedas o subestaciones, en las cuales se pueden interconectar hasta 4 -- circuitos cada uno con 3 cables 23 PT., monofásicos, se puede dejar aislados o conectados al bus de interconexión del interruptor haciéndolo independiente por medio de una palanca intercambiable. La tapa de la caja del interruptor tiene 3 mirillas -- que permiten introducir bastones (banderillas) aislados para conectar al bus los aparatos de prueba o a tierra en casos de libramiento. (sin potencial).

En las redes automáticas de 23 KV se intercalan hasta 3 interruptores en cada uno de los alimentadores facilitando seccionarlo en caso de falla o licencia. (Ver. Fig. III.15).

III.3.5.3. INTERRUPTORES CS-23-3-600 - F-200.

Es un interruptor en aceite, sumergible, de 23 KV, 3 fases, 3 vías, su capacidad es de 600 A., por vía, la capacidad momentánea o de corto circuito es de 40,000 amperes, puede operarse con carga hasta 600 amperes continuos, la operación manual se realiza por medio de una palanca intercambiable en aceite, confusibles hacia el servicio de 200 amperes nominales y capacidad momentánea de 110,000 amperes y capacidad interruptiva de - - 1 500 MVA.



CARACTERÍSTICAS:

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

FIG. III.15

INTERRUPTOR CS 23.4.600

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING MECANICA Y ELECTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

Se instala en los muros de pozos, bóvedas o subestaciones, permite conectar un circuito de acometida con 3 cables 23 PT - 1 x 35 6 1 x 70 derivado de cualesquiera de los dos circuitos - alimentadores de 3 cables 23 PT 1 x 35 a 1 x 240. Los dos circuitos alimentadores pueden conectarse separadamente o juntos a una conexión de salida del interruptor a través de terminales, - para conexión a tierra o de aparatos de prueba desde el exte--rior. (Ver. Fig. III.16).

III.3.5.4. INTERRUPTOR "LOWPROFILE"

Es un interruptor en aceite que puede operarse con carga - hasta 400 amperes, es de 23 KV, 3 fases, 3 vías, su operación - manual es por medio de una palanca desmontable, con uno o dos - fusibles de 30 amperes por fase hacia el servicio de acuerdo a la carga. Es instalado en muros de pozos, bóvedas, subestaciones, permite conectar un circuito de acometida derivado de uno - o dos circuitos alimentadores (si está operado en anillo).

Los dos circuitos alimentadores pueden conectarse separadamente o juntos a una conexión de salida del interruptor a través de terminales, para conexión a tierra o de aparatos de prueba desde el exterior. La posición de las palancas es colineal a la posición de los contactos los cuales tienen las siguientes marcas:

TIE.- Que interconecta mediante el bus superior los cables de llegada y de salida al servicio.

OFF.- Que desconecta cualquiera de los dos alimentadores - del bus superior.

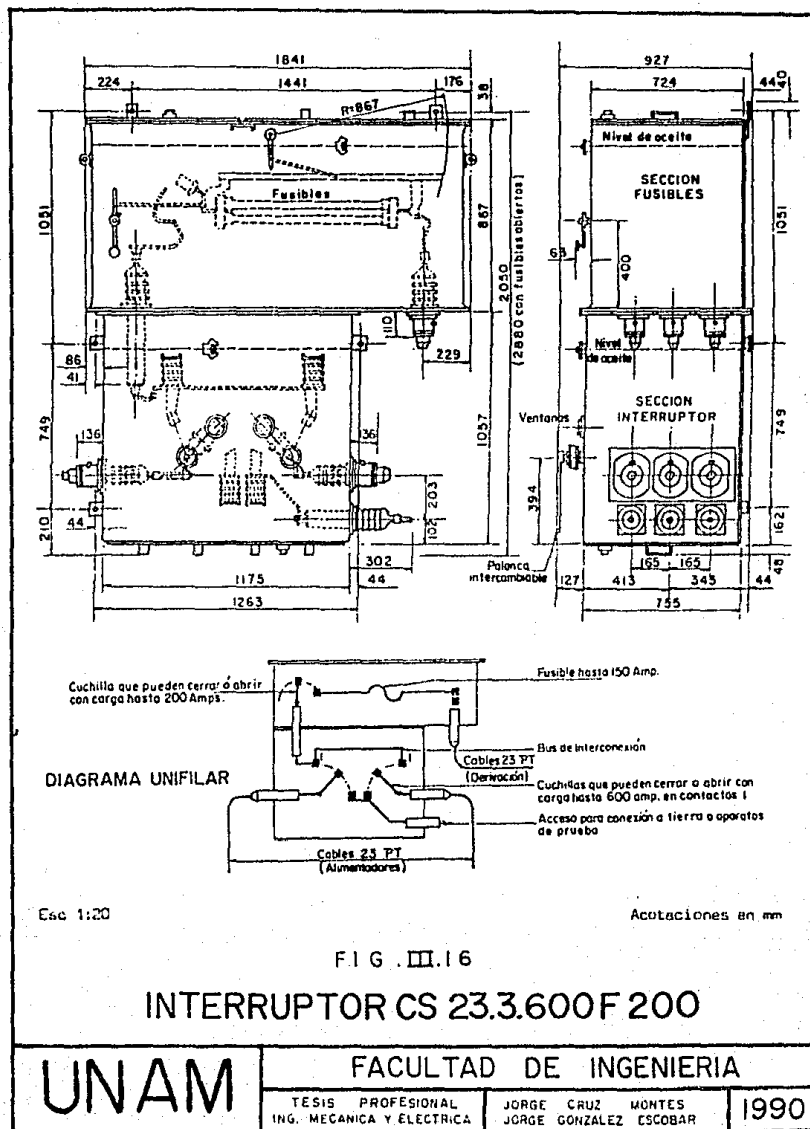


FIG. III.16

INTERRUPTOR CS 23.3.600F 200

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

TEST.- Que conecta cualquiera de los cables de llegada a -
unas terminales QUE NO SOPORTAN 23 KV., sólo sirven para toma,-
en pruebas de localización de fallas o para conexión a tierra -
en caso de libramientos.

Este interruptor trae terminales para elaborar UNIONES UNI-
VERSALES, en todos los cables de los 3 circuitos.

INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA DE 23 KV.

III.3.5.5. INTERRUPTOR 23.400 TRANSFER (TIPO "H.3" Y TIPO "F.3").

Se instala en subestaciones de tipo interior, se fija al pi-
so, permite alimentar un circuito de acometida con 3 cables - -
23 PT - 1 x 35 ó 1 x 70 por un circuito preferente de 3 cables -
23 PT - 1 x 35 a 1 x 240 y para darle continuidad al servicio, -
transfiere automáticamente la conexión de la acometida a otro --
circuito alimentador emergente de 3 cables similares, cuando fal-
ta o baja el potencial en el alimentador preferente, toma el po-
tencial automáticamente el alimentador emergente y regresa al --
alimentador preferencia cuando las condiciones normales de poten-
cial quedan restablecidas.

Este tipo de interruptores es para servicio en interiores,-
es de 23 KV., 3 vías de 3 polos, con capacidad de 400 amperes --
por vías continuos, su capacidad momentánea y de cierre es de --
20,000 amperes asimétricos, el nivel básico de aislamiento es de
150 KV., es de operación automática o manual, tiene aislamiento-
en aceite, el cual está contenido en un solo tanque, se puede --
desacoplar del control automático para operarse manualmente, la-
ilustración se ve en la (Fig. III.17).

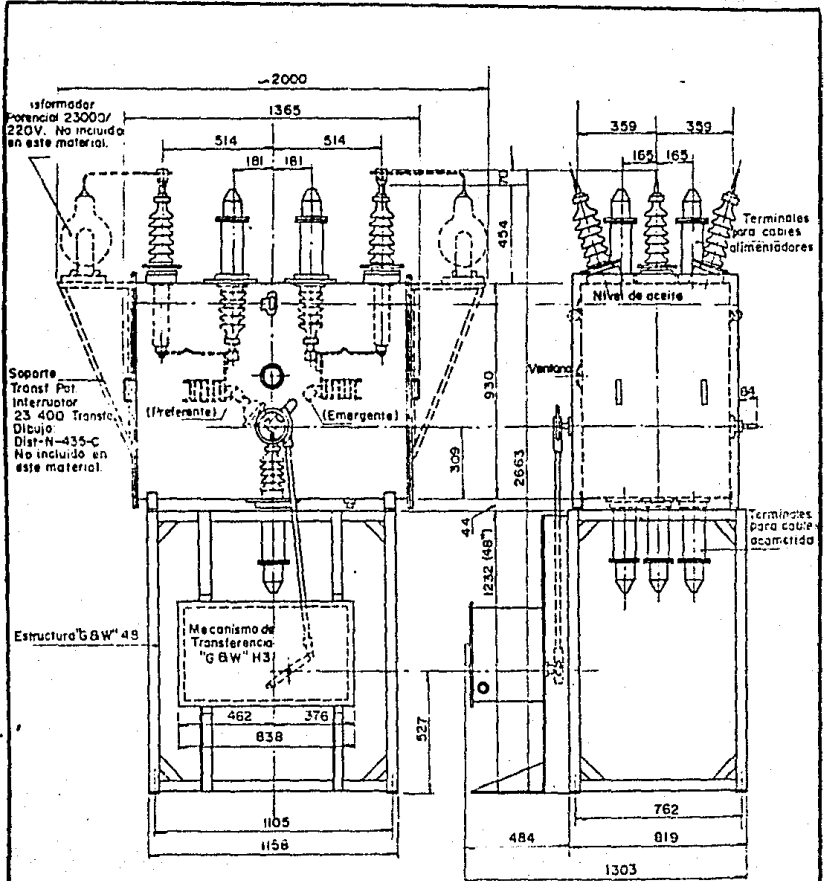


FIG. III. 17

INTERRUPTOR 23.400 TRANSFE.

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3.5.6. INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA (TACI G Y W).

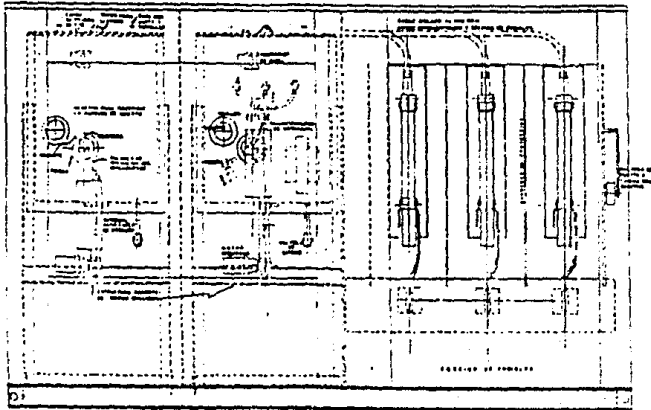
Su finalidad es similar al anterior, para servicio en interiores, 23 KV., 3 vías de 3 polos, consta de dos interruptores en tanques independientes, están aislados en aceite y su operación es eléctrica, tiene integrados bushings para terminales universales en los 9 cables monofásicos de 23 KV., su ilustración se puede ver en la (Fig. III.18).

III.3.5.7. INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA (CONEL).

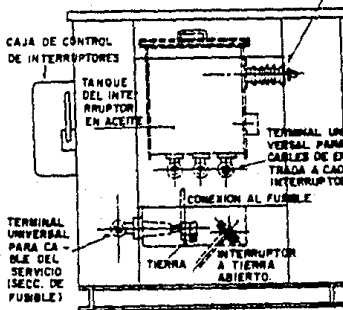
Este tipo de interruptor al igual que los anteriores es para servicio en interiores, consta de 2 interruptores de pequeño volumen de aceite, de operación automática o manual, puede emplearse cualquier tipo de cable y de terminales, con 3 fusibles de 23 KV., de X amperes nominales, para proteger el alimentador del servicio.

Los tres tipos de interruptores mencionados tienen características diferentes que varían gracias a los avances tecnológicos, a las experiencias que se han tenido en su operación y mantenimiento y a las nuevas necesidades de los servicios. Es importante considerar un modelo óptimo de interruptor que sea altamente confiable, que no pueda operar en paralelo con ambos alimentadores, que utilice terminales de enchufe para todos los cables, que tengan mirillas para poder ver tanto el nivel de aceite como la posición de operación del interruptor, que no tenga partes con potencial expuestas al personal y que tanto su costo de instalación como de operación y mantenimiento sea reducido.

VISTA FRONTAL

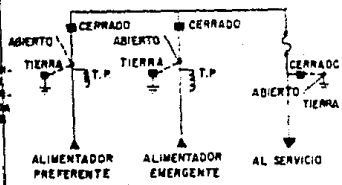


VISTA LATERAL



TERMINAL DE PORCELANA
(CONECTAR LOS CABLES DE
LOS INTERRUPTORES DE
JUEGO DE FUSIBLES)

DIAGRAMA UNIFILAR



INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA 23 TACI GyW

FIG III.18

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

TABLA COMPARATIVA III.19

CARACTERISTICAS PRINCIPALES QUE TIENEN LOS INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA DE 23 KV.

No.	PORTE DEL INTERRUPTOR	TIPO 23,400 F.3 Y H.3	TIPO TACI C Y W.	TIPO CONEL	SE RECOMIENDA
1.-	AISLANTE DEL INTERRUPTOR	EN ACEITE	EN ACEITE	EN PEQUEÑO VOLUMEN EN ACEITE.	EN PEQUEÑO VOLUMEN EN ACEITE.
2.-	No. DE TANQUES	UNO	DOS (UNO POR ALIMENTADOR)	-----	DOS
3.-	POSICION DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.	EXTERIORES AL GABINETE	INTERIOS EN TANQUE	INTERIOS EN GABINETE	INTERIOS EN GABINETE.
4.-	OPERACION DE MECANISMO	ELECTRICO O MANUAL	ELECTRICO	ELECTRICO O MANUAL	ELECTRICO O MANUAL
5.-	POSICION DEL CONTROL ELECTRICO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO
6.-	PREPARACION PARA PUESTAS A TIERRA	NO	SI	SI	NO
7.-	TIPO DE TERMINALES PARA CABLES	DE ENCHUFE INTEGRADAS	UNIONES UNITARIAS	DE ENCHUFE 23 E.	DE ENCHUFE 23 E.
8.-	TIPO DE SERVICIO	GABINETE SUMERGIBLE	INTERIOR	INTERIOR	INTERIOR
9.-	VOLTAGE DE CONTROL DE B. T.	127 V 6 220 V.	127 V.	220 V.	120 V. 6 220 V.
10.-	COSTO APROXIMADO DEL EQUIPO	\$106,365.30	\$ 646,000.00	\$ 373,000.00	-----
11.-	PARTES EXISTENTES CON POTENCIAL.	T.P.S.	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
12.-	TIEMPO DE INTERACCION PARA HACER EL CAMBIO.	+ 1.5 SEG.	+ 0.17 SEG.	+ 1.98 SEG.	-----

III.3.5.8. INTERRUPTORES PARA 6 KV.

Son interruptores en baño de aceite, de 3 polos, operados por manijas de 7.5 KV., 400 amperes de carga máxima, sumergibles bajo el agua hasta 3 m. de profundidad. Es fijado a muros de pozos o bóvedas, el transformador permite que pueda operarse manualmente, ya sea para cerrar o abrir con o sin carga - el circuito de 2 ó 3 cables 6 PT - 3 x 35 ó 3 x 70 (o bien conectar a tierra los dos cables alimentadores cuando están sin tensión en el interruptor de 3 vías).

La operación de la manija puede hacerse a mano o bien a través de una soga, los tipos de interruptores que hay en 6 KV, son los siguientes:

INT. CS - 6.2 - 400 2 VIAS CON 2 POSICIONES CADA UNA.

INT. CS - 6.3 - 400 3 VIAS CON 4 POSICIONES CADA UNA.

III.3.6. PLACAS DE NOMENCLATURA Y LETREROS PARA CABLES DE A.T. Y B.T.

Son placas de lámina de aluminio del número 18 que colocadas sobre la cubierta exterior o recubrimiento de los cables - en lugares lo más visibles y protegidos posible y con sus marcas grabadas, identifica el cable donde se coloca. Las marcas de identificación corresponden a su tensión, número, sección, nombre, etc., del cable.

Los lugares de colocación son: en pozos, bóvedas, registros, subestaciones, en servicios, en postes y en cables directamente enterrados.

Placas de nomenclatura:

Para B.T.: Su forma es triangular de 8 cm. por lado con el número de cable y el calibre.

Para 6 KV.: Su forma es rectangular de 8 x 6 cm. con número de cable, calibre y nombre del alimentador.

Para 23 KV.: Su forma es redonda de 8 cm. de diámetro con número de cable, nombre del alimentador troncal, calibre y - - fase.

"LETREROS 23 CS POSTE": Se usa fijado en poste para identificar cables de troncales de 23 KV., son de lámina del número 9 de forma rectangular de 40 x 10 cm y letras rojas de plástico termofijo.

"LETRERO LICENCIA EQUIPO": Son placas de lámina de plástico de 22 x 15 cm., de color naranja fosforescente con la simbología de un triángulo y un círculo. Se fija en líneas de distribución o a equipo eléctrico, indica que se ha desenergizado temporalmente y está en "Licencia" para efectuar trabajos. Su colocación y retiro sólo puede efectuarse mediante la orden expresa del personal de operación autorizado.

III.3.7. TERMINALES PARA CABLES DE ALTA TENSION.

III.3.7.1. TERMINALES 6-I PARA CABLES DE 6 KV.

Consiste de un cuerpo y tapa de fierro fundido, con boquilla o bushing de bronce, boquillas de porcelana, tapón de tubo de fierro fundido de 1/2", tornillos de fierro y empaques de neopreno. Fijada en interior a muro o estructura con soporte o a equipo de medición, permite conectar el extremo de cables 6 PT y 6 PA - 3 x 35 a 3 x 250, en el exterior se protege contra humedad y golpes. Este tipo de terminales se puede recuperar. Ver Fig. III.19.1

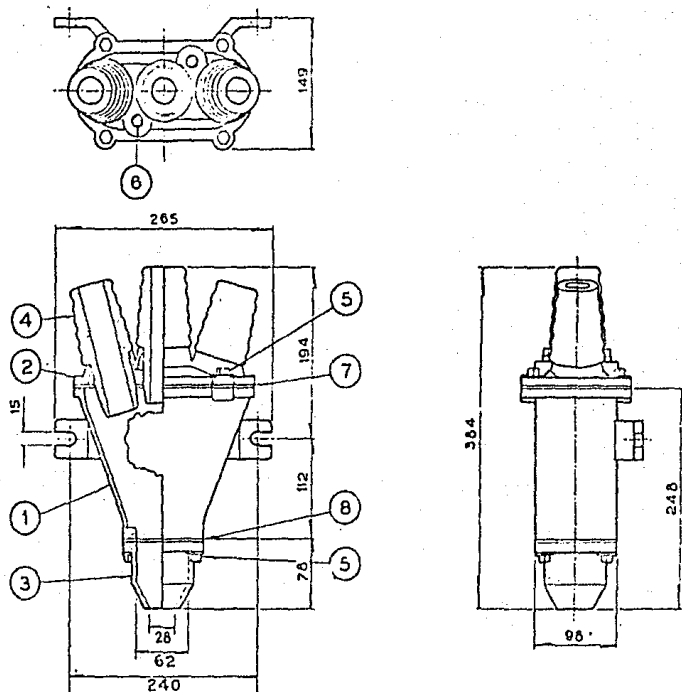
III.3.7.2. TERMINAL 6-E PARA CABLES DE 6 KV.

Consiste de un cuerpo y tapa 6-E de fierro fundido con boquilla de bronce, tapón de tubo de fierro fundido de 1/2", tornillos de fierro y empaques de neopreno. Fijada en el exterior a postes, permite conectar el extremo de cables 6 PT - 3 x 35 a 3 x 250 a la línea de 6 KV., se protege contra la intemperie y golpes, son equipos recuperables. (Ver Fig. III.19).

TERMINALES PARA CABLES DE 23 KV.

III.3.7.3. TERMINAL 23I - TC - 1 x 50 a 1 x 150.

Consiste de un cono de alivio formado de aislamiento y semiconductor. Colocado en el extremo de un conductor 23 TC 1 x 50 a 1 x 150, previamente preparado alivia el esfuerzo del potencial eléctrico en el aislamiento del cable en el extremo de su cubierta de blindaje. Se utiliza en servicios interiores. Ver fig.III.19.2



Escala 1:5

Anotaciones en mm

MATERIALES:

- 1.- Cuerno 6-1
 2.- Tapa 6-I
 3.- Borquilla cable 6-1
 4.- Borquillas 6-51
 5.- Tornillos M4q. 5/16x1

Fierro fundido
 Fierro fundido
 Bronce
 Porcelana
 Fierro

- 6.- Tapón tubo 1/2
 7.- Empaque tapa 6-1
 8.- Empaque boquilla Cable-6-1

Fierro fundido
 Neopreno
 Neopreno
 Peso: 8 kg

FIG. III. 19.1

TERMINAL 6-I

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
 ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
 JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3.7.4. TERMINAL ENCHUFE 23 E - 1 x 35 P a 1 x 240 P.

Consiste de una boquilla 23-1, con cuerpo de aluminio o bronce, contiene un conector enchufe y un conector interior para cable calibre número 2 ó 2/0, 300 MCM ó 500 MCM y sus aislantes en envases de polietileno.

Se coloca en el extremo de un cable 23 PT, lo fija y conecta al exterior protegiéndola contra humedad y golpes, se instala en gabinetes de equipos de medición.

III.3.7.5. TERMINAL ENCHUFE 23-E 1 x 35 S a 1 x 240 S

Consiste de una boquilla 23-1, cuerpo de aluminio o bronce, tapa, contra tapa, juntas, diafragma, cono de alivio, tuercas de latón o bronce, conector para cable 50 a 70 mm² ó 50 a 240 mm², conector interior del número 1, 1/0, 250 MCM ó 400 MCM, aislantes en envases de polietileno y abrazadera tipo cremallera. Colocada en el extremo de un cable 23 TC, la fija y conecta al exterior protegiéndolo contra humedad y golpes. Se instala en exterior o interior en crucetas, soportes, gabinetes de equipos de medición, etc.

III.3.7.6. TERMINAL 23-E - 1 x 70 C a 1 x 240 C.

Consiste de un cuerpo y boquillas de bronce, juntas, boquillas (23-1) de porcelana eléctrica-esmaltada, un conector - 70T ó 240T, zapata 70T ó 240T. Se coloca la terminal en el extremo del cable 23 PT 1 x 35 a 1 x 240, (Ver. Fig. III.20) - -

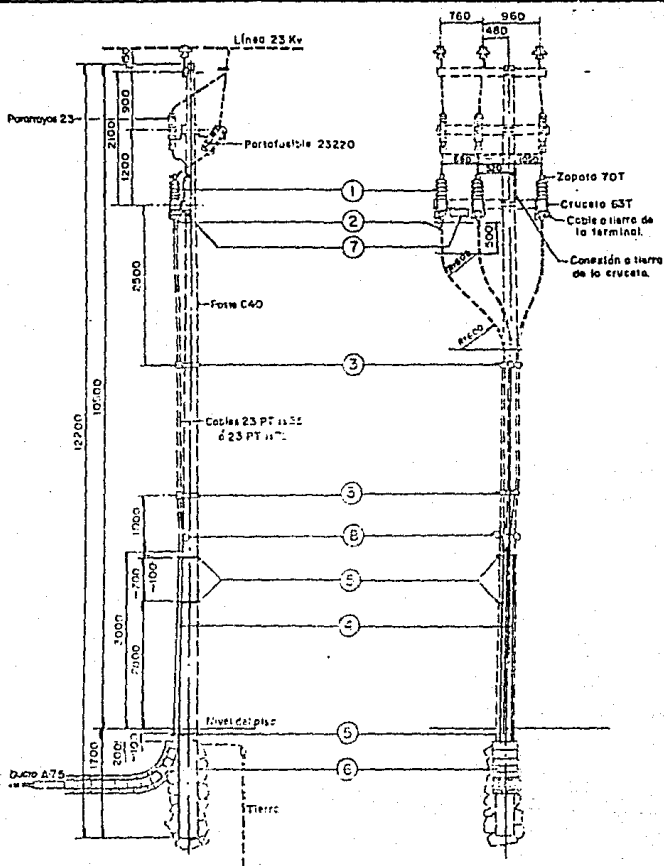


FIG. III. 20

TÉRMINAL 23 PT 35-70 POSTE

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

lo fija y conecta al exterior protegiéndola contra humedad y golpes. Se instala en exteriores o interiores en crucetas, soportes, gabinetes de equipos de medición, son llenados con un compuesto aislante y son recuperables.

III.3.7.7. TERMINAL 23E-3.

Consiste de un cuerpo de fierro fundido, boquilla 23-3 de porcelana, boquilla para cable de bronce fundido, 3 conectores de bronce fundido, tapa de aluminio, empaques de neopreno, 2 tapones de fierro fundido y tornillos galvanizados. Se fija en postes o muros, permite conectar el extremo de los cables - 23 PT - 3 x 35 a 3 x 240 a la línea de 23 KV., protegiendo dicho extremo contra interruptor y golpes. Se instalan en exteriores o interiores y es recuperable.

III.3.7.8. TERMINALES TIPO CODO 23 KV.

Es un conector diseñado para usarse en Distribución Residencial Subterránea (DRS) y se instala a los transformadores de 23 KV., entre fases, son empleados como medio de desconexión y se operan sin carga y sin potencia. Este tipo de terminales están moldeadas de hule EP aislante protegido con una cubierta de EP semiconductor, lo que permite aliviar los esfuerzos eléctricos en la terminación de la pantalla (cono de alivio), lo cual permite tener una superficie equipotencial igual a cero. En su interior contiene un electrodo ("birlo") que hace las veces de conexión y continuidad entre el cable y el transformador.

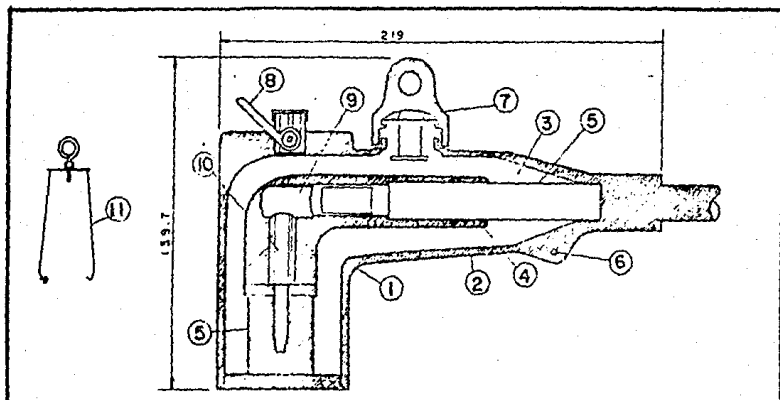
Se encuentra en transformadores DRS tipo pedestal y tipo-pozo y DCS tipo pozo, los cuales traen un pasamuro-boquilla -- corta para acoplar una boquilla tipo "inserto" o bien "boqui--llas" para conectar directamente la terminal.

Los tipos de terminales especificados y usados en trans--formadores de distribución residencial y comercial se ven en - la Fig. (III.21) y son los siguientes:

<u>No. DE CATALOGO</u>	<u>MARCA</u>
354 L.R. HAB. 240 35 KV., 200 Amp.	ELASTIMOLD
K 154 L.R. HAB. 240 6 250 125 KV BIL	
KTN 28/TN 2C HAB. 15.2 KV.,	1TT (BLACKBURN)
KT B 6 B 15.2 KV., 600 Amp.	
RTE 15.2 KV.	RTE.

III.3.7.9. TERMINAL UNIVERSAL U-23-PT - 1 x 35 a 1 x 240

Consisten de lo siguiente: un cono de bronce, cono de -- alivio (con abrazadera para tierra), conectores de cobre o alu--minio para cables de calibre 35 a 240 mm2., el cuerpo de la -- terminal, aislantes y auxiliares. Se instala en los extremos--de los cables 23 PT - 1 x 35 a 1 x 240, lo protege de la hume--dad y lo aísla eléctricamente quedando preparado para realizar Uniones Universales R, T o X.



REFERENCIA	NOMBRE
1	Cuerpo del codo
2	Cubierta semiconductor.
3	Caro de esfuerzos
4	Inserto conductor
5	Aislamiento
6	Orificio para conexión a tierra ^m
7	Punto de prueba de potencial
8	Gancho para perliga
9	Colector de cobre para cable de 50 ó 70 mm ² de sección.
10	Colector de cobre tipo radio
11	Acabadora de sujeción

FIG. III. 21.

TERMINAL CODO 23-200 TC1x50 ó 70

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3.7.10 TERMINAL UNIVERSAL 23 TC - 1 x 50 a 1 x 150.

Consiste de un manguito sellador, conjunto cuerpo de entrada, cono de alivio (con abrazadera para tierra), conector de cobre o aluminio, cuerpo de la terminal y aislantes auxiliares. Se instala en los extremos de los cables 23 TC que lo protege contra la humedad y lo aísla eléctricamente quedando preparado para realizar Uniones Universales R, T o X.

Este tipo de terminales se clasifican en la siguiente -- tabla (III.22).

TERMINAL DEL CABLE		NUMERO DE CATALOGO DE LOS JUEGOS		MATERIALES	
TIPO DE CABLE	DIAMETRO NOMINAL	TIPO DE CABLE	DIAMETRO NOMINAL	TIPO DE MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL
ESTRUCO	1/2"	1/2"	1/2"	ALUMINIO	1/2"
ESTRUCO	3/8"	3/8"	3/8"	ALUMINIO	3/8"
ESTRUCO	1/4"	1/4"	1/4"	ALUMINIO	1/4"
ESTRUCO	3/16"	3/16"	3/16"	ALUMINIO	3/16"
ESTRUCO	1/8"	1/8"	1/8"	ALUMINIO	1/8"
ESTRUCO	1/16"	1/16"	1/16"	ALUMINIO	1/16"
ESTRUCO	1/32"	1/32"	1/32"	ALUMINIO	1/32"
ESTRUCO	1/64"	1/64"	1/64"	ALUMINIO	1/64"
ESTRUCO	1/128"	1/128"	1/128"	ALUMINIO	1/128"
ESTRUCO	1/256"	1/256"	1/256"	ALUMINIO	1/256"
ESTRUCO	1/512"	1/512"	1/512"	ALUMINIO	1/512"
ESTRUCO	1/1024"	1/1024"	1/1024"	ALUMINIO	1/1024"
ESTRUCO	1/2048"	1/2048"	1/2048"	ALUMINIO	1/2048"
ESTRUCO	1/4096"	1/4096"	1/4096"	ALUMINIO	1/4096"
ESTRUCO	1/8192"	1/8192"	1/8192"	ALUMINIO	1/8192"
ESTRUCO	1/16384"	1/16384"	1/16384"	ALUMINIO	1/16384"
ESTRUCO	1/32768"	1/32768"	1/32768"	ALUMINIO	1/32768"
ESTRUCO	1/65536"	1/65536"	1/65536"	ALUMINIO	1/65536"
ESTRUCO	1/131072"	1/131072"	1/131072"	ALUMINIO	1/131072"
ESTRUCO	1/262144"	1/262144"	1/262144"	ALUMINIO	1/262144"
ESTRUCO	1/524288"	1/524288"	1/524288"	ALUMINIO	1/524288"
ESTRUCO	1/1048576"	1/1048576"	1/1048576"	ALUMINIO	1/1048576"
ESTRUCO	1/2097152"	1/2097152"	1/2097152"	ALUMINIO	1/2097152"
ESTRUCO	1/4194304"	1/4194304"	1/4194304"	ALUMINIO	1/4194304"
ESTRUCO	1/8388608"	1/8388608"	1/8388608"	ALUMINIO	1/8388608"
ESTRUCO	1/16777216"	1/16777216"	1/16777216"	ALUMINIO	1/16777216"
ESTRUCO	1/33554432"	1/33554432"	1/33554432"	ALUMINIO	1/33554432"
ESTRUCO	1/67108864"	1/67108864"	1/67108864"	ALUMINIO	1/67108864"
ESTRUCO	1/134217728"	1/134217728"	1/134217728"	ALUMINIO	1/134217728"
ESTRUCO	1/268435456"	1/268435456"	1/268435456"	ALUMINIO	1/268435456"
ESTRUCO	1/536870912"	1/536870912"	1/536870912"	ALUMINIO	1/536870912"
ESTRUCO	1/1073741824"	1/1073741824"	1/1073741824"	ALUMINIO	1/1073741824"
ESTRUCO	1/2147483648"	1/2147483648"	1/2147483648"	ALUMINIO	1/2147483648"
ESTRUCO	1/4294967296"	1/4294967296"	1/4294967296"	ALUMINIO	1/4294967296"
ESTRUCO	1/8589934592"	1/8589934592"	1/8589934592"	ALUMINIO	1/8589934592"
ESTRUCO	1/17179869184"	1/17179869184"	1/17179869184"	ALUMINIO	1/17179869184"
ESTRUCO	1/34359738368"	1/34359738368"	1/34359738368"	ALUMINIO	1/34359738368"
ESTRUCO	1/68719476736"	1/68719476736"	1/68719476736"	ALUMINIO	1/68719476736"
ESTRUCO	1/137438953472"	1/137438953472"	1/137438953472"	ALUMINIO	1/137438953472"
ESTRUCO	1/274877906944"	1/274877906944"	1/274877906944"	ALUMINIO	1/274877906944"
ESTRUCO	1/549755813888"	1/549755813888"	1/549755813888"	ALUMINIO	1/549755813888"
ESTRUCO	1/1099511627776"	1/1099511627776"	1/1099511627776"	ALUMINIO	1/1099511627776"
ESTRUCO	1/2199023255552"	1/2199023255552"	1/2199023255552"	ALUMINIO	1/2199023255552"
ESTRUCO	1/4398046511104"	1/4398046511104"	1/4398046511104"	ALUMINIO	1/4398046511104"
ESTRUCO	1/8796093022208"	1/8796093022208"	1/8796093022208"	ALUMINIO	1/8796093022208"
ESTRUCO	1/17592186444416"	1/17592186444416"	1/17592186444416"	ALUMINIO	1/17592186444416"
ESTRUCO	1/35184372888832"	1/35184372888832"	1/35184372888832"	ALUMINIO	1/35184372888832"
ESTRUCO	1/70368745777664"	1/70368745777664"	1/70368745777664"	ALUMINIO	1/70368745777664"
ESTRUCO	1/140737491555328"	1/140737491555328"	1/140737491555328"	ALUMINIO	1/140737491555328"
ESTRUCO	1/281474983110656"	1/281474983110656"	1/281474983110656"	ALUMINIO	1/281474983110656"
ESTRUCO	1/562949966221312"	1/562949966221312"	1/562949966221312"	ALUMINIO	1/562949966221312"
ESTRUCO	1/1125899932442624"	1/1125899932442624"	1/1125899932442624"	ALUMINIO	1/1125899932442624"
ESTRUCO	1/2251799864885248"	1/2251799864885248"	1/2251799864885248"	ALUMINIO	1/2251799864885248"
ESTRUCO	1/4503599729770496"	1/4503599729770496"	1/4503599729770496"	ALUMINIO	1/4503599729770496"
ESTRUCO	1/9007199459540992"	1/9007199459540992"	1/9007199459540992"	ALUMINIO	1/9007199459540992"
ESTRUCO	1/18014398919081984"	1/18014398919081984"	1/18014398919081984"	ALUMINIO	1/18014398919081984"
ESTRUCO	1/36028797838163968"	1/36028797838163968"	1/36028797838163968"	ALUMINIO	1/36028797838163968"
ESTRUCO	1/72057595676327936"	1/72057595676327936"	1/72057595676327936"	ALUMINIO	1/72057595676327936"
ESTRUCO	1/14411519135265584"	1/14411519135265584"	1/14411519135265584"	ALUMINIO	1/14411519135265584"
ESTRUCO	1/28823038270531168"	1/28823038270531168"	1/28823038270531168"	ALUMINIO	1/28823038270531168"
ESTRUCO	1/57646076541062336"	1/57646076541062336"	1/57646076541062336"	ALUMINIO	1/57646076541062336"
ESTRUCO	1/115292153082124672"	1/115292153082124672"	1/115292153082124672"	ALUMINIO	1/115292153082124672"
ESTRUCO	1/230584306164249344"	1/230584306164249344"	1/230584306164249344"	ALUMINIO	1/230584306164249344"
ESTRUCO	1/461168612328498688"	1/461168612328498688"	1/461168612328498688"	ALUMINIO	1/461168612328498688"
ESTRUCO	1/922337224656997376"	1/922337224656997376"	1/922337224656997376"	ALUMINIO	1/922337224656997376"
ESTRUCO	1/1844674489313995136"	1/1844674489313995136"	1/1844674489313995136"	ALUMINIO	1/1844674489313995136"
ESTRUCO	1/3689348978627990272"	1/3689348978627990272"	1/3689348978627990272"	ALUMINIO	1/3689348978627990272"
ESTRUCO	1/7378697957255980544"	1/7378697957255980544"	1/7378697957255980544"	ALUMINIO	1/7378697957255980544"
ESTRUCO	1/14757395914511961088"	1/14757395914511961088"	1/14757395914511961088"	ALUMINIO	1/14757395914511961088"
ESTRUCO	1/29514791829023922176"	1/29514791829023922176"	1/29514791829023922176"	ALUMINIO	1/29514791829023922176"
ESTRUCO	1/59029583658047844352"	1/59029583658047844352"	1/59029583658047844352"	ALUMINIO	1/59029583658047844352"
ESTRUCO	1/118059167316095688704"	1/118059167316095688704"	1/118059167316095688704"	ALUMINIO	1/118059167316095688704"
ESTRUCO	1/236118334632191377408"	1/236118334632191377408"	1/236118334632191377408"	ALUMINIO	1/236118334632191377408"
ESTRUCO	1/472236669264382754816"	1/472236669264382754816"	1/472236669264382754816"	ALUMINIO	1/472236669264382754816"
ESTRUCO	1/944473338528765509632"	1/944473338528765509632"	1/944473338528765509632"	ALUMINIO	1/944473338528765509632"
ESTRUCO	1/1888946676575531019264"	1/1888946676575531019264"	1/1888946676575531019264"	ALUMINIO	1/1888946676575531019264"
ESTRUCO	1/3777893353151062038528"	1/3777893353151062038528"	1/3777893353151062038528"	ALUMINIO	1/3777893353151062038528"
ESTRUCO	1/7555786706302124077056"	1/7555786706302124077056"	1/7555786706302124077056"	ALUMINIO	1/7555786706302124077056"
ESTRUCO	1/15111573412604248154112"	1/15111573412604248154112"	1/15111573412604248154112"	ALUMINIO	1/15111573412604248154112"
ESTRUCO	1/30223146825208496308224"	1/30223146825208496308224"	1/30223146825208496308224"	ALUMINIO	1/30223146825208496308224"
ESTRUCO	1/60446293650416992616448"	1/60446293650416992616448"	1/60446293650416992616448"	ALUMINIO	1/60446293650416992616448"
ESTRUCO	1/120892587300833985232896"	1/120892587300833985232896"	1/120892587300833985232896"	ALUMINIO	1/120892587300833985232896"
ESTRUCO	1/241785174601667970465792"	1/241785174601667970465792"	1/241785174601667970465792"	ALUMINIO	1/241785174601667970465792"
ESTRUCO	1/483570349203335940931584"	1/483570349203335940931584"	1/483570349203335940931584"	ALUMINIO	1/483570349203335940931584"
ESTRUCO	1/967140698406671881863168"	1/967140698406671881863168"	1/967140698406671881863168"	ALUMINIO	1/967140698406671881863168"
ESTRUCO	1/1934281396813343763726336"	1/1934281396813343763726336"	1/1934281396813343763726336"	ALUMINIO	1/1934281396813343763726336"
ESTRUCO	1/3868562793626687527452672"	1/3868562793626687527452672"	1/3868562793626687527452672"	ALUMINIO	1/3868562793626687527452672"
ESTRUCO	1/7737125587253375054905344"	1/7737125587253375054905344"	1/7737125587253375054905344"	ALUMINIO	1/7737125587253375054905344"
ESTRUCO	1/15474251174506750109810688"	1/15474251174506750109810688"	1/15474251174506750109810688"	ALUMINIO	1/15474251174506750109810688"
ESTRUCO	1/30948502349013500219621376"	1/30948502349013500219621376"	1/30948502349013500219621376"	ALUMINIO	1/30948502349013500219621376"
ESTRUCO	1/61897004698027000439242752"	1/61897004698027000439242752"	1/61897004698027000439242752"	ALUMINIO	1/61897004698027000439242752"
ESTRUCO	1/12379400939605400087485504"	1/12379400939605400087485504"	1/12379400939605400087485504"	ALUMINIO	1/12379400939605400087485504"
ESTRUCO	1/24758801879210800174971008"	1/24758801879210800174971008"	1/24758801879210800174971008"	ALUMINIO	1/24758801879210800174971008"
ESTRUCO	1/49517603758421600349942016"	1/49517603758421600349942016"	1/49517603758421600349942016"	ALUMINIO	1/49517603758421600349942016"
ESTRUCO	1/99035207516843200699884032"	1/99035207516843200699884032"	1/99035207516843200699884032"	ALUMINIO	1/99035207516843200699884032"
ESTRUCO	1/198070415033684001397768064"	1/198070415033684001397768064"	1/198070415033684001397768064"	ALUMINIO	1/198070415033684001397768064"
ESTRUCO	1/396140830067368002795536128"	1/396140830067368002795536128"	1/396140830067368002795536128"	ALUMINIO	1/396140830067368002795536128"
ESTRUCO	1/792281660134736005591072256"	1/792281660134736005591072256"	1/792281660134736005591072256"	ALUMINIO	1/792281660134736005591072256"
ESTRUCO	1/158456332026947201182214512"	1/158456332026947201182214512"	1/158456332026947201182214512"	ALUMINIO	1/158456332026947201182214512"
ESTRUCO	1/316912664053894402364429024"	1/316912664053894402364429024"	1/316912664053894402364429024"	ALUMINIO	1/316912664053894402364429024"
ESTRUCO	1/633825328107788804728858048"	1/633825328107788804728858048"	1/633825328107788804728858048"	ALUMINIO	1/633825328107788804728858048"
ESTRUCO					

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

Como sabemos el transformador es una máquina eléctrica estática, que puede transferir energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una transformación de voltajes y corrientes entre los circuitos, sin que exista contacto eléctrico entre los dos.

Los transformadores se pueden clasificar:

- a).- Por el número de fases: monofásicos, trifásicos y polifásicos.
- b).- Por su construcción: núcleos devanados o núcleos laminados.
- c).- Por su tamaño: de instrumento o control, de distribución o transmisión.
- d).- Por el tipo de enfriamiento: tipo seco, tipo refrigerante.
- e).- Por su aplicación (tipo de montaje): en poste, en plataforma o pedestal, en subestación o sumergible.

En el departamento de cables subterráneos se emplean transformadores de distribución de varios tipos y capacidades, trifásicos, para 50 ó 60 c.p.s., con tensiones en el primario de 24.15, 23, 21.85, 20.5, 20.7, 20 y 6 KV tensiones en el secundario de 220/127 volts, con conexión DELTA-ESTRELLA (Δ / Y_2), con derivaciones arriba y abajo de voltaje nominal siendo los mas comunes los siguientes:

III.3.8.1 TRANSFORMADORES TRIFASICOS TIPO POSTE.

Son transformadores trifásicos, 60 Hz conexión DELTA/ESTRELLA con neutro aislado, enfriamiento en aceite, elevación de temperatura de 55°C, con capacidad nominal de: 45,75,112.5,150, 225 y 300 KVA. tipo 23-BT-KVA.- montado en poste o subestación tipo FRAC-BT y conectado a líneas de 24, 150; 23,000 ó 20,700 volts y en el secundario 220 V entre fases y 127 V al neutro.

Tipo 23/6 BT-KVA.- es similar al anterior pero pudiendo conectar 6000 volts. por el lado de alta.

Tipo 23-6-KVA- montado en poste y conectado a líneas de 24,150;23,000;21,850 ó 20,700 volts, transforma la energía eléctrica a 6,000 volts, entre fases y 3,564 volts al neutro para alimentar redes y servicios en alta tensión.

III.3.8.2 TRANSFORMADOR TRIFASICO DRS PEDESTAL 23-BT-KVA.

Son transformadores de distribución residencial subterránea que montados en pedestal y conectados a líneas de 24,150; - 23,000; 21,850 ó 20,700 volts, transforma la energía eléctrica a 220 volts entre fases y 127 volts al neutro para alimentar redes de distribución residencial y servicios en baja tensión.

Sus capacidades son de: 45,75,112.5 150, 225 y 300 KVA, 60 Hz conexión DELTA/ESTRELLA enfriamiento en aceite y 55°C de elevación de temperatura para su conexión se emplean terminales (conectores) tipo cobo.

III.3.8.3 TRANSFORMADORES TRIFASICOS TIPO DCS POZO.

Son transformadores identicos a los del inciso anterior pero para redes de distribución comercial subterránea y servicios

en baja tensión, sus capacidades son de 300,500 y 750 KVA. y se conecta en terminales universales.

III.3.8.4 TRANSFORMADORES TRIFASICOS SUMERGIBLES.

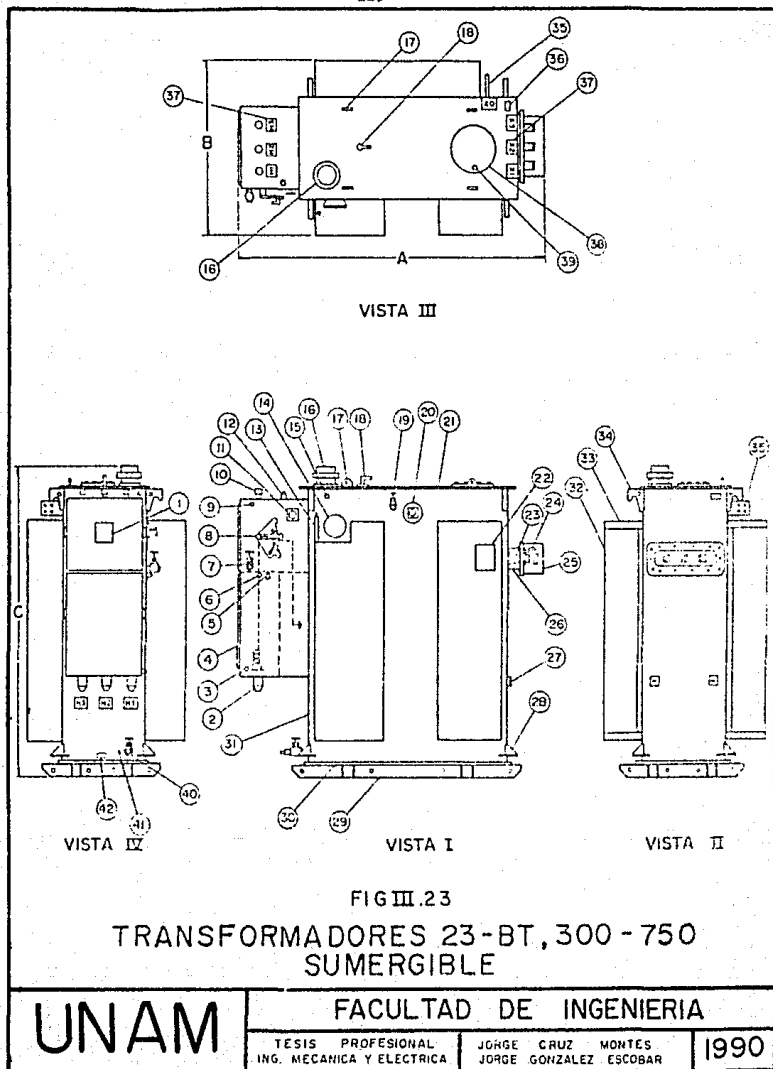
Son transformadores que instalados en bóveda y conectados en M.T. por medio del desconectador acoplado a una red subterránea de 23, 22.5, 20 ó 6KV mediante cables 23 PT-1x35, 23PT-1 x70 ó 6 PT-3 x 35, transforma la energía eléctrica a 220 volts entre fases y 127 volts al neutro permitiendo:

- 1).- Alimentar una red radial o servicios acoplado a su garganta en baja tensión: cámara B transformador red 400 para los transformadores de 300 y 500 KVA ó cámara B transformador sumergible 750 para los transformadores de 750 KVA.
- 2).- Alimentar red automática acoplado a su garganta en baja tensión: protector sumergible red 1600 en los transformadores de 300 y 500 KVA y protector sumergible 2500 en los transformadores de 750 KVA.

El desconectador acoplado tiene 3 posiciones:

Abierto- Cerrado-Tierra para desconectar el transformador de la alimentación, conectarlo o conectar la alimentación a tierra respectivamente.

Las capacidades son de 300,500 y 750 KVA para 23/21.5/20KVA-220/120VOLTS ó para 23/21.5/20x6KVA - 220/127 - VOLTS. Ver fig. III.23



III.3.8.5 TRANSFORMADORES SUMERGIBLES DE 6000 - B.T.

Sumergible 200: instalado en bóveda transforma la energía eléctrica de 6000 a 216.5 volt entre fases y 125 volts al neutro.

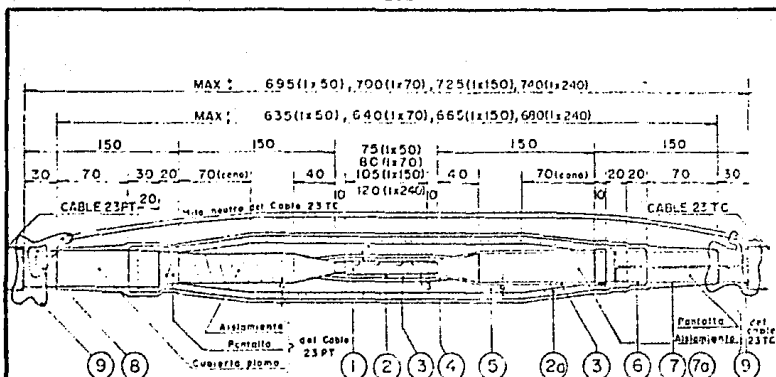
Con capacidad de 200 KVA, trifásico 60 CPS conexión DELTA/ESTRELLA, enfriado en aceite.

Sumergible 400: instalado en bóveda transforma la energía eléctrica de 6000 volts a 216.5/125 volts para distribución -- acoplado a proyectar sumergible red 1600 conecta a una red automática de baja tensión y acoplado a cámara B transformador - red 400 conecta a una red radial con capacidad de 400 KVA, trifásico 60 Hz conexión DELTA/ESTRELLA, enfriado en aceite.

III.3.9 UNIONES EN CABLES DE MEDIANA TENSION.

III.3.9.1 Uniones o empalmes en cable 23 PT-1 x 35 a - - -
1 x 400 la elaboración de una unión permite la -
continuidad del alimentador de mediana tensión -
elaborados en cables 23 PT-1 x 35, 1 x 70, 1x150
6 l x 240 los empalma y deja protegida la unión
contra humedad y daño mecánico; se instala en po
zo, bóveda, registro y subestación. Ver fig. III.24
Unión P 23 PT-1x35 A 1 x 240 empalme recto.

III.3.9.2 Uniones o empalmes en cable 23 TC- 1x 150 a 1 x
150 elaborados en cables 23 TC-1 x 150, 1 x 170
6 l x 150, empalma sus extremos quedando protegi
da la unión contra humedad y daño mecánico. Se -
instala directamente enterrados o en registro.



Ref.	Nombre	Ref.	
1	Conector Tucular	7	Epoxi Sellador de Soldadura (Jgo. 250 g.)
2	Cinta Conductora T (1 capa)	7a	Cinta Fibra Vidrio 38
3	Cinta Aislante Silicón (2 capas)	8	Soldadura Sn-Pb 40-60 fundente Soldadura Sn-Pb (barra 17 g.)
4	Plastilina Epoxi (Apr. 3 mm espesor)	9	Masilla Selladora. Cinta Selladora.
5	Cinta Aislante DV 212		
	Cinta Aislante DV 1225 (2 mm sobre aislam. cable)		
2a	Cinta Conductora T (: capas)		
6	Cinta Selladora (: capas)		

FIG III. 24

UNIONES R 23 PT-TC 1x35 a 1x240

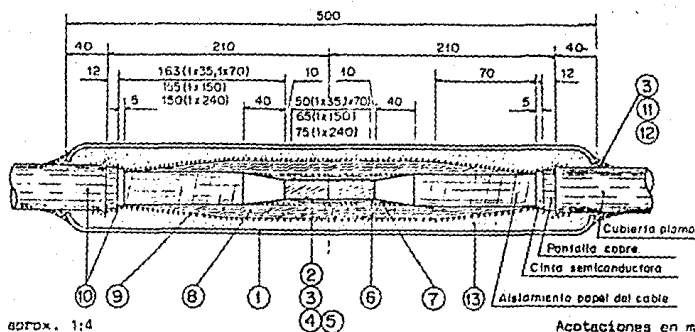
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990



MATERIALES COMPONENTES:

Ref	NOMBRE
	En orden aprox. de empleo:
1	Tubo Plomo 75x520
2	Conector 35, 70, 150 & 250 CS.
3	Soldadura Sn-Pb 50-50.
4	Fundente Soldadura Sn-Pb
5	Lija Oxida Al 1/0 25 x 280 Tricloro Etileno Manta Cielo 30x30
6	Cinta Aislante DV 1606.
7	Cinta Aislante DV 1612.
8	Cinta Aislante DV 1625. Hilo Cáñamo 2 (anillos).
	Aceite Insegrenante Cable 25PT.
9	Cinta Malla Cobre
10	Soldadura plomo Sn-Pb 50-50
11	Papal Engrosado 40
12	Estorninos
13	Compuesto Aislante Cellidor 23.

FIG. III.25

UNIONES R 23 PT 1x 35 o 1x 240

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3.9.3 Uniones entre cables 23 PT y 23 TC 1 x 35 A 1 x 240 elaborados en los extremos de cables 23 PT-1 x 35, 1 x 79, 1 x 150 ó 1 x 240, en el de cables 23 TC-1 x 150, 1 x 70, 1 x 150, queda protegida la unión contra humedad y daño mecánico. Se coloca en pozo, registro o interior.

Unión R 23 PT-TC 1 x 35 a 1 x 240 empalme recto.

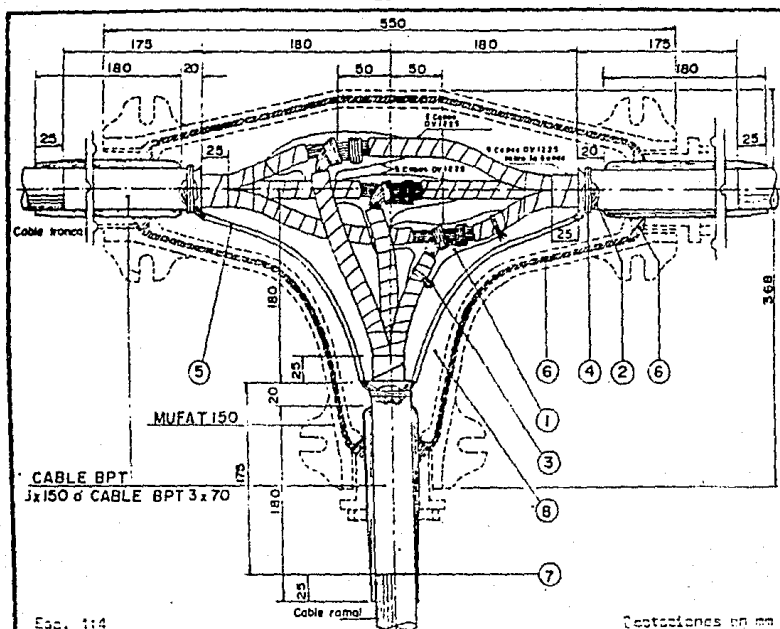
III.3.9.4 Uniones universales U-R, T, X

Se han mencionado ya las uniones universales en los incisos anteriores así como su aplicación, las uniones universales son los empalmes entre estas terminales y se pueden hacer entre 2 ó 3 terminales ó entre 1 ó 2 terminales o Bushing como pueden verse en la fig. III 25 .

III.3.9.5 Unión R6 PT 3 x 35 A 3 x 250

Elaborada en cables 6 PT-3 x 35 ó 6 PT 3 x 70 ó 6 PT- 3 x 250, los empalma y protege a la unión contra la humedad y daño mecánico, se instala en bóveda o registro. ver figs. III.26 y III.27 unión R 6 PT 3.35 A 3 X 250 empalme recto

Unión Y 6 PT-3 x 35 A 3 x 250 empalme derivación.



Escala: 1:4

Distancias en mm

MATERIALES COMPONENTES:

Ref.	NUMERO	Norma LyF	unidad	Cantidad
1	Cinta Aislante CV 1225	2.0032	m	22 (2 rollos)
2	Soldadura Sn-Pb 40-60	2.0531	g	500 (1 barra)
	Fundente Soldadura Sn-Pb (barra 12 gr)	2.0318	g	38 (2 barras)
3	Hilo cobre # 2 (uniones)		m	4 (1 rollo)
4	Alambre Cid 3 (uniones)	2.0075	m	6 (1 rollo)
5	Cable STC 1 x 70	2.0041	m	1
6	Vasililla Selladora	2.0325	kg	0.33
7	Esq. Ref. 100r	2.0374	g	250 (1 caja)
8	Aislante PVC	2.0299	kg	15

FIG. III.26.
AISLANTES Y AUXILIARES
MUFAS T150, T150-35

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

III.3 INTRODUCCION.

1.- Las directrices para el diseño y construcción de redes de distribución subterráneas han sido trazadas por la Comisión-Federal de Electricidad en zonas industriales, comerciales y residenciales. Estas redes comparadas con las redes aéreas tienen un costo mayor, así como también una serie de ventajas que la mayoría de las veces hacen que el costo no sea un factor limitante, algunas son:

- Confiabilidad.- Por lo estar expuestos a cargas de viento, granizo, descargas atmosféricas y posibles accidentes.
- Mantenimiento reducido.
- Estética.- También obstáculos que empobrezcan el paisaje, se consideran como contaminación.
- Plusvalía.- El precio de terrenos y fraccionamientos en zonas residenciales con instalaciones subterráneas es más alto.

DESCRIPCION DE UN CABLE DE ENERGIA ELECTRICO.

La función primordial de un cable de energía eléctrica es la de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas, durante cierto tiempo. Es por ésto que sus elementos constitutivos deben estar diseñados para soportar el efecto combinado producido por estos parámetros.

Los elementos constitutivos adecuados para cumplir con estas tres funciones son:

- a) El conductor.
- b) El aislamiento, que soporta la tensión aplicada.
- c) La cubierta, que proporciona la protección contra el ataque del tiempo y los agentes externos.
- d) Pantallas, permite una operación correcta de un cable de energía aislado, la cual permite la distribución de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento en forma radial y simétrica.
- e) Armaduras metálicas, se utilizan cuando es deseable dar protección adicional al cable contra agentes externos y esfuerzos de tensión extraordinarios.

El cable por su formación final podrá ser monofásico o trifásico, según el número de conductores que contenga.

En el caso de cable trifásico, los espacios interfase se ocupan con material adecuado.

ANTECEDENTES.

Desde fines del Siglo XIX, el papel impregnado en aceite, - ha sido el aislamiento de la mayoría de los cables que, hasta la fecha, siguen operando en algunos de los circuitos del centro de la ciudad de México.

Actualmente en la ciudad de México se siguen utilizando los cables aislados con papel impregnado, tanto en circuitos de - baja tensión como de media tensión.

Las características del cable más utilizado en sistemas de - 6KV y 23KV en circuitos troncales son:

Un cable trifásico con conductor redondo normal y sectorial de cobre suave, cinta de papel semiconductor sobre el conductor, aislamiento de papel impregnado en aceite y una cintura de cintas de papel sobre el conjunto, un forro de plomo que garantiza la hermeticidad del cable contra la humedad y cubierta exterior de polietileno negro que es resistente a la intemperie y a agentes químicos.

SELECCION DE CONDUCTORES

Los factores que deben ser considerados para la selección-- de un conductor son:

- a) Materiales.
- b) Flexibilidad.
- c) Forma.
- d) Dimensiones.

- a) El material utilizado como conductor eléctrico es el cobre y aluminio, distinguiéndose tres temple o grados de suavidad del metal: suave recocado, semiduro y duro; con propiedades algo diferentes, siendo el cobre suave el de mayor conductividad eléctrica y el cobre duro el de mayor resistencia a la tensión mecánica.
- b) Flexibilidad: Es la operación de reunir varios conductores, se le denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de alambres que lo forman, el paso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cuerda.

La flexibilidad de un conductor se obtiene de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de alambres que lo forman.

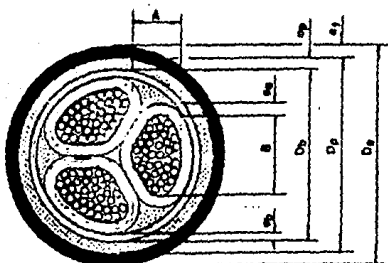
- c) Forma: Las formas de conductores de uso más general en cables aislados de alta tensión son:

1.- Redonda.

2.- Sectorial.

- 1.- Es un alambre o cable cuya sección transversal es sustancialmente circular. Se utiliza tanto en cables monofásicos como trifásicos con cualquier tipo de aislamiento. Los conductores de calibres pequeños (8 AWG o menores), suelen ser alambres sólidos, mientras que calibres mayores generalmente son cables.

Cuando los conductores son de mayor diámetro, el torcido de los mismos se efectúa en capas concéntricas alrededor de un núcleo central de uno o más alambres llamado cable concéntrico.



radial y simétrica.

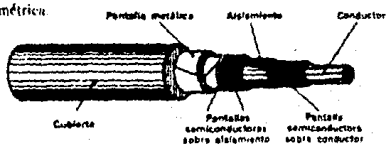


Fig. 2 Cable de energía tripolar aislado para media tensión (5-35 kV).

Fig. 3 Cable de energía en formación triplex aislado para media tensión (5-35 kV).

CABLES 23 PT 1x150, 1x240

FIG. III. 28

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECÁNICA Y ELÉCTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZÁLEZ ESCOBAR

1990

Cuando es necesario reducir el diámetro de un cable concéntrico se comprime el cable mediante un dado, logrando disminuir sus dimensiones y obtener una superficie cilíndrica uniforme, con lo que se logran ventajas eléctricas. A este cable se le llama cable redondo compacto.

- 2.- Un conductor sectorial es un conductor formado por un cable cuya sección transversal es sustancialmente un sector de círculo. Se utilizan principalmente en cables de energía trifásicos, en calibres superiores a 1/0 AWG. En estos cables, los conductores sectoriales implican una reducción en la cantidad de rellenos y el diámetro sobre la reunión de las tres almas, permitiendo una reducción sustancial de plomo y revestimiento de protección.

VENTAJAS SOBRE CONDUCTORES REDONDOS.

- 1.- Menor diámetro.
- 2.- Menor peso.
- 3.- Costo más bajo.

DESVENTAJAS.

- 1.- Menor flexibilidad.
- 2.- Mayor dificultad en la ejecución de las uniones

III.2

AISLAMIENTO.

FUNCION: La función del aislamiento es confinar la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa.

CARACTERISTICAS:

Eléctricas.

Mecánicas.

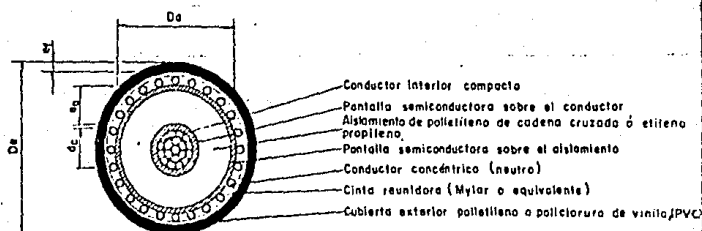
Materiales.

- A) DE PAPEL IMPREGNADO EN ACEITE: Se emplea un papel especial obtenido de pulpa de madera, con celulosa de fibra carga .

El cable aislado con papel sin humedad se impregna con aceite viscoso para mejorar sus características de aislante, el cual ocupa todos los intersticios, eliminando las burbujas del área en el papel y evitando así la ionización en servicio.

- B) AISLAMIENTO TIPO SECO.

1.- Termoplásticos, son aquellos que, al calentarlos, - su plasticidad permite conformarlos a voluntad, - recuperando sus propiedades iniciales al enfriarse, - pero manteniendo la forma que se le imprimió.



SIM- ECLD	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLES 23 TC			
			1 x 50	1 x 75	1 x 110	1 x 240
S_T	Sección real de cobre de cada conductor.	mm ²	53,48	87,49	102	144
	Número de hilos	-	19	19	37	37
r_c	Diámetro del conductor	mm	2,30	2,30	16,45	16,45
e_a	Pantalla semiconductora sobre el conductor (prom. mín.)	mm	0,4	0,4	0,4	0,4
	Espesor aislamiento, polietileno de cadena cruzada ó etileno propileno (prom. mín.)	mm	8,1	8,1	8,1	8,1
D_a	Diámetro sobre el aislamiento	mm	28,43	29,48	29,86	29,86
	Pantalla semiconductora sobre el aislamiento (prom. mín.)	mm	1,0	1,0	1,0	1,0
	Diámetro hilo, conductor exterior (neutro)	mm	1,29	1,63	2,00	2,00
	Número de hilos, conductor exterior (neutro)	-	14	11	15	20
e_f	Espesor cubierta exterior de polietileno ó poliolefinas de vinilo (PVC). (promedio)	mm	2	2	2,0	2,0
D_c	Diámetro exterior del cable	mm	34,01	35,71	35,86	39,86

FIG. III. 29

CABLES 23 TC 1x50 a 1x240

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICAJORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

- 2.- Termo-fijos. A diferencia de los anteriores, después de un proceso inicial similar al anterior, los subsecuentes calentamientos no los reblandece. Como ejemplo se puede mencionar al cloruro de polivinilo utilizado en cables de alta tensión.

COMPORTAMIENTO EN SERVICIOS.

Aunque no se han definido los mecanismos que rigen la presencia de arborecencias, se ha llegado a la conclusión de que en la gama de esfuerzos de operación adoptados en la práctica, las arborecencias son causadas por tres factores concurrentes:

- Agua en el aislamiento.
- Tensión aplicada de C.A.
- Irregularidades en el aislamiento.

En general, la presencia de estos tres factores causa una disminución en la vida del cable.

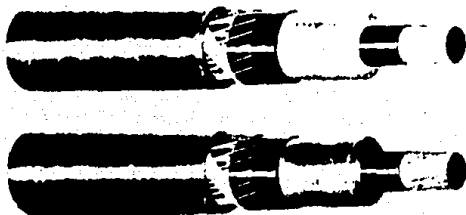
PROPIEDADES DE LAS CUBIERTAS.

La función principal de la cubierta es la de proteger al cable de los agentes externos del medio ambiente que los rodea, tanto en su instalación como en su operación.

Las cubiertas utilizadas en los cables de energía subterránea utilizadas por la Compañía de Luz son:

- 1.- Termoplásticas.
- 2.- Elastoméricas.

CABLES DE ENERGÍA Y CABLES DE DISTRIBUCIÓN
PARA LA UNAM S. DE C. V. GENERAL



CABLES ALTA TENSION PARA DISTRIBUCION
RESISTENCIA A LA TRACCION

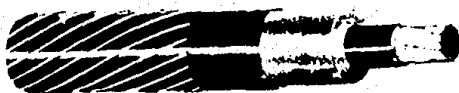


FIG. III. 30

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

- 1.- Cubiertas termoplásticas.- Estas son fabricadas con PVC (cloruro de polivinilo) y polietileno de alta y baja -- densidad.
- 2.- Cubiertas elastoméricas.- Se fabrican con neopreno (poli-cloropreno) y el hypalón (polietileno clorosulfonado).

Las exigencias a que están expuestas las cubiertas son las siguientes:

- Térmicas: La temperatura de operación en la cubierta es de gran importancia, sobrepasar los límites de diseño - conducen a una degradación prematura de la cubierta.
- Químicas: Los componentes de los cables son compuestos o mezclas químicas y, como tales, su resistencia ante ciertos elementos del medio ambiente son previsibles.
- Mecánicas: Los daños mecánicos a que pueden estar sujetos los cables de energía se deben, para cables de instalaciones fijas, a los derivados del manejo del transporte e instalación como son:

 Radios de curvatura pequeños, tensión excesiva, compresión, cortes, abrasión.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

RESISTENCIA DEL CONDUCTOR.

Los parámetros eléctricos de operación de los cables aislados, una vez seleccionado, permite determinar el valor de impedancia (Z) que es necesario para el análisis de corto circuito del sistema, así como el comportamiento del cable en regímenes transitorios y al efectuar las pruebas de campo.

- RESISTENCIA A LA CORRIENTE DIRECTA.

El valor de la resistividad para el cobre, que ha normalizado la IACS a 20°C y 100% de conductividad es - - - $0.15328 \text{ OHM-GRAMO/m}^2$. Los valores más usados para el cálculo de resistencia son $17.002 \text{ OHM-CMIL/PIE}$ y - - - $28.28 \text{ OHM-mm}^2/\text{Km}$.

EFEECTO DEL CABLEADO.

Para el cálculo de la resistencia de un conductor cableado se toman en cuenta, tanto el número de conductores, así como las diferentes longitudes de los mismos.

EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RESISTENCIA.

El cambio principal, que como efecto del cambio de temperatura se aprecia, es el del aumento de la resistencia.

RESISTENCIA A LA CORRIENTE ALTERNA.

La resistencia que presenta un conductor al paso de la corriente alterna es mayor, para el mismo conductor, que la que presenta a la corriente directa. Este incremento es ocasionado por dos efectos:

- 1) El efecto superficial o de piel.
 - 2) El efecto de proximidad.
-
- 1) Si se imagina al conductor compuesto por una serie de filamentos paralelos al eje del mismo, todos ellos de la misma sección y de la misma longitud e igual resistencia; el efecto superficial consistirá en que las corrientes en los filamentos centrales tendrán que ser menores que las corrientes en los filamentos superficiales, o sea que la densidad de corriente es mayor en la superficie del conductor que en el centro.
 - 2) Cuando un conductor por el que fluye corriente alterna se encuentra cercano a otro que transporta un flujo de iguales características, pero de sentido contrario, crea una resta vectorial de densidad de flujo, originando una reducción en la inductancia en las caras próximas y un aumento en las diametralmente opuestas, dando por resultado una distribución no uniforme de la densidad de corriente y un aumento aparente de resistencia efectiva.

FUNCION DE LAS PANTALLAS ELECTRICAS.

Cuando se aplica una tensión entre un conductor eléctrico y la referencia a tierra, el dieléctrico intermedio se somete a es fuerzas eléctricas. Estos esfuerzos, si son de magnitud elevada, pueden producir deteriorio del material eléctrico y producir otros efectos indeseables al no controlarse en forma adecuada. El control de estos esfuerzos se logra gracias a las pantallas eléctricas.

Se aplican las pantallas eléctricas en los cables eléctricos de energía con el fin de confinar en forma adecuada el campo eléctrico a la masa del aislamiento del cable o cables.

Las pantallas tienen diferentes funciones. Dependiendo del material y su localización, pueden ser:

- Pantalla semiconductora sobre el conductor.
- Pantalla sobre el aislamiento.

PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE EL CONDUCTOR.

En circuito con tensiones mayores a 2 KV, se utiliza la pantalla semiconductora a base de cinta o extruida. La función básica de este tipo de pantallas, es la de evitar concentraciones de esfuerzos eléctricos que se presentan en los intersticios de un conductor cableado a consecuencia de la forma de los hilos. Su inclusión es con el fin de obtener una superficie equipotencial, a la cual las líneas de fuerzas del campo eléctrico sean perpendiculares.

Otra función es evitar ionización en los intersticios entre el conductor y el aislamiento.

Las pantallas sobre el conductor sirven también como elemento de transición entre aquel y el aislamiento. En cables con aislamiento de papel, el impregnante en contacto con el cobre da lugar a compuestos químicos llamados jabones metálicos, que degradan las características dieléctricas en este tipo de cable. Con el uso de las pantallas se evita la formación de compuestos nocivos.

PANTALLAS SOBRE EL AISLAMIENTO.

En circuitos mayores de 5 KV se utilizan pantallas sobre el aislamiento que, a su vez, se subdividen en:

- Semiconductora.
- Metálica.

Las funciones de las pantallas sobre el aislamiento son:

- a) Crear una distribución radial y simétrica de los esfuerzos eléctricos en la dirección de máxima resistencia del aislamiento.

ESFUERZOS TANGENCIALES Y LONGITUDINALES.

Las diferentes tensiones superficiales que se presentan a lo largo de un cable de energía desprovisto de pantalla, incrementan los esfuerzos tangenciales y longitudinales que afectan la operación del cable.

El contacto íntimo de la pantalla semiconductor con el aislamiento, la conexión física adecuada de la pantalla metálica a tierra, elimina los esfuerzos longitudinales y tangenciales.

PANTALLA METALICA.

En el caso de cables aislados con papel, la cubierta del plomo hace las veces de pantalla. Esta proporciona al cable una pantalla electrostática adecuada, además de la hermeticidad que se deriva de tener una cubierta continua. Esta última característica es particlamente necesaria para los cables aislados con papel impregnado en aceite o con aislamiento sólido, que operan en lugares contaminados. Por otra parte, la cubierta de plomo, por los espesores que se requieren desde el punto de vista mecánico, proporciona una conductancia adicional aprovechable para conducir corriente de falla.

CONEXIONES A TIERRA Y TERMINACION DE LAS PANTALLAS.

En todas las terminaciones de los cables se deben remover completamente las pantallas y sustituir por un cono de alivio de esfuerzo adecuado; si no son removidas, se presentarán arcos superficiales del conductor a los puntos de menos potencial, carbonización a lo largo de la pantalla y deterioro del aislamiento.

El cono de alivio es importante ya que siempre se forma al final de la pantalla aterrizada un area de esfuerzos concentrados.

La pantalla metálica debe operar, cerca o al potencial de tierra. La pantalla que no tiene la conexión adecuada a tierra es mas peligrosa, desde el punto de vista de seguridad, que el cable sin pantalla.

Las pantallas deben conectarse preferentemente en dos o más puntos.

Se recomienda aterrizzar la pantalla en ambas terminales y en todos los empalmes.

- b) Proveer al cable de una capacitancia a tierra uniforme.

Los cables que se instalan en ductos o directamente enterrados, por lo general pasarán por secciones de tierra no húmedo y seco o ductos de características eléctricas variables. Esto da como resultado una capacitancia a tierra variable y, como consecuencia, una impedancia no uniforme.

Al colocar las pantallas sobre el aislamiento, se tendrán las siguientes ventajas en el cable.

- Presentar una impedancia uniforme, evitando reflexiones y eliminando la posibilidad de producir sobretensiones dañinas al aislamiento.
- Proveer al cable de la máxima capacitancia del conductor a tierra .
- Absorber la energía de las ondas de sobretensión-
- Reducir el peligro de choque eléctrico al personal y proveer un drenaje adecuado a tierra de las corrientes capacitivas.

PANTALLA CONDUCTORA SOBRE EL AISLAMIENTO.

Esta pantalla se encuentra en contacto con éste. Está formada por un material semiconductor compatible con el material del aislamiento. En adición a las funciones descritas, esta pantalla asegura el contacto íntimo con el aislamiento, aún en el caso de movimiento de la pantalla metálica.

INDUCTANCIA Y REACTANCIA INDUCTIVA.

En forma matemática se expresa al fenómeno de inductancia - como la razón de la variación del flujo magnético a la variación de la corriente en el tiempo y su unidad es el HENRY.

La inductancia total de un cable está dada por:

Inductancia propia, la cual es constante y está en función únicamente de la construcción del conductor (sólido o cableado).

Inductancia mutua, depende de la separación y disposición - de los cables, de la construcción del cable en cuanto al conductor y si está provisto o no de pantallas o cubiertas metálicas o conexiones a tierra de las mismas.

REACTANCIA INDUCTIVA.

El valor de la reactancia inductiva depende de las frecuencias del sistema y del valor de la inductancia total del cable.

RESISTENCIA Y REACTANCIA APARENTES.

La resistencia y reactancia aparentes se manifiestan por las corrientes que circulan por pantallas y cubiertas metálicas.

La reducción aparente en la reactancia inductiva, debido a - las corrientes que circulan por la pantalla o cubierta metálica, - es de poca magnitud y de ninguna manera comparable al incremento aparente que afecta a la resistencia, por lo que, se registran -- valores mayores de caída de tensión e impedancia que en los cables desprovistos de éstas.

INDUCCION DE CABLES EN PARALELO.

La inducción, y consecuentemente, la reactancia inductiva - de cables en paralelo debe ser de una misma fase, debe ser igual para todos, puesto que de ello depende la distribución de corrientes en ellos.

En el caso de cables trifásicos se obtiene una distribución completamente uniforme de la corriente, puesto que de esta forma se elimina la influencia inductiva de los cables próximos.

CAPITULO IV

OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

La operación de los Sistemas de Distribución Subterránea - puede ser concebida desde los puntos de vista siguientes:

- a) Operación en Condiciones Normales.
- b) Operación en Condiciones de Emergencia.

La Operación en Condiciones Normales es aquella que no - crea situaciones desventajosas al sistema, y es en la que las - operaciones son las más favorables para efectuar en ellos cualquier tipo de maniobras.

La Operación en Condiciones de Emergencia es la que crea - situaciones peligrosas en el sistema, y se presenta en casos de falla o sobre carga de los alimentadores o su equipo originando disturbios.

Generalmente un sistema que opera en condiciones normales - no requiere de maniobra en su equipo, salvo en los casos de mantenimiento programado que se efectúa a través de licencias solicitadas en el equipo afectado; las cuales deberán ser previamente preparadas y solicitadas por el personal correspondiente.

Las maniobras de emergencia son originadas por disturbios - presentados en los alimentadores, ya sea por exceso de carga o fallas en los mismos, los cuales deben efectuarse inmediatamente para mantener la continuidad en el servicio y evitar las condiciones peligrosas en la operación del sistema.

IV.1 OPERACION EN CONDICIONES NORMALES DE SISTEMAS RADIALES.

Consideremos, para facilitar la ilustración, que tenemos un sistema alimentado desde dos fuentes a través de cuatro alimentadores 1,000; 2,000, 3,000; 4,000 como lo indica la Figura (2d), y que dichos alimentadores parten de dos buses de distribución diferentes.

Como podemos observar los cuatro alimentadores proporcionan la energía a los servicios parcialmente, no existiendo conexión entre ellos en operación normal, es decir, están provistos de algún medio de seccionamiento que los mantenga aislados, principalmente si a pesar de ser de la misma subestación, no pertenecen a un mismo bus de distribución. La Figura (2d) ilustra este ejemplo, en ella los alimentadores están seccionados por medio de interruptores de tres vías normalmente abiertos en una de ellas.

IV.2 MANIOBRAS DE OPERACION NORMAL EN SISTEMAS RADIALES.

Podemos considerar como principales las requeridas para dejar libre un alimentador o su equipo, para efectuar en ellos trabajos de mantenimiento.

Siempre que se libre un alimentador ya sea del Sistema Radial, anillo o red automática, deberán tomarse las medidas pertinentes para evitar interrupciones de los servicios conectados a ellos, por tal motivo, deberán de haberse presentado las solicitudes respectivas con tiempo suficiente, para evitar las condiciones críticas de operación al prepararlas y aprovechar los momentos de menos cargas para hacer las maniobras y libramientos.

Las maniobras para librar el equipo interior de un alimentador (medición, protección y regulación), pasándolo al auxiliar sin interrupción a los servicios conectados son:

- 1.- Se excita el equipo auxiliar con que se tomará la carga mediante el interruptor (I), previamente cerradas las cuchillas de conexión al bus de distribución (B); quedando en estas condiciones los equipos principal y auxiliar conectados en paralelo con la carga.
- 2.- Se desconecta el interruptor (I) del equipo propio -- del alimentador, para abrir el paralelo y se abren -- cuchillas del bus de distribución (B) y salida ("S"); con lo cual quedará libre el equipo principal y la -- carga por el auxiliar (Ver. Fig. 1).

Cuando se desea dejar libre un tramo del cable alimentador, es necesario tomar previamente la parte de la carga que quedará suspendida con el seccionamiento de dicho cable. Supongamos - para facilitar la ilustración que el tramo por librar es la salida del alimentador; para este caso es conveniente repartir la carga proporcionalmente entre los que tengan interconexión con el que quedará libre, o bien que aún no teniéndola puedan absorber parte de la carga de otro que si cumpla con la condición, - sobre todo si la magnitud de la carga es considerable y las condiciones de operación del momento o esperadas críticas.

Para tomar la carga de un alimentador sin interrupción de los servicios proporcionados por el, será necesario conectar en paralelo éste con los que tomará su carga; debiendo comprobarse en cada maniobra que los voltajes de operación de ellos sean -- iguales en los puntos en que se conectarán en paralelo, y en --

caso contrario hacer las maniobras necesarias en los reguladores de voltaje correspondientes, para proporcionar las adecuadas para satisfacer la condición enunciada.

Si los alimentadores pertenecen a la misma subestación y salen del mismo bus de distribución, no se presentará mayor problema en cuanto a la regulación al hacer el paralelo, sobre todo si éste se efectúa en el punto de equilibrio de las cargas; en caso contrario deberán tomarse las mismas medidas enunciadas en el párrafo anterior, para lo cual será necesario contar por lo menos con un regulador de voltaje en cualquiera de los alimentadores con que se efectuará la maniobra.

Para el caso particular que estamos analizando en la Fig. I.5, el descargue del alimentador 1,000 puede hacerse mediante las maniobras siguientes:

- 1.- Conectando en paralelo los alimentadores 1,000 y 3,000 mediante el cierre de la palanca que conecta al cable de designación C-1014 con los C-3009 y C-3010 en el switch seccionador correspondiente, previamente comprobado el equilibrio de potencia en dicho punto y abriéndolo por desconexión del C-1006 de los C-1004 y C-1005.
- 2.- Un segundo paralelo entre los alimentadores 1,000 y 2,000 por conexión del cable C-1005 en el interruptor correspondiente y abriéndolo mediante desconexión del C-1000 en el interruptor que conecta los cables C-1000, C-1001 y C-1002.

- 3.- Desconectando el interruptor correspondiente en la subestación primaria y abriéndole las cuchillas de salida del alimentador, quedará libre el cable de salida del alimentador 1000.

Es costumbre, cuando el libramiento del cable se hace para efectuar trabajos de mantenimiento, proteger al personal por medio de la colocación de símbolos en los puntos de conexión del tramo de cable libre, que indiquen sus condiciones de operación y evite que personal ajeno lo opere.

Si la carga de los alimentadores que toman la del que queda libre excede ciertos límites, deberán ser descargados por otros alimentadores con los cuales tengan conexión; supóngase que el 3000 de la Fig. 2d tiene exceso de carga, se podrá descargar de la subestación conectada al cable C-3012 con el C-4004 del alimentador 4000.

Es conveniente al preparar una licencia, hacer estudios de las condiciones de operación del sistema para conocer las posibilidades que existen de tomar la carga por alimentadores provenientes de la misma subestación a la que pertenece en que quedará libre; ya que de esta manera es posible evitar las alteraciones en las condiciones de operación de la subestación a la que pertenece el alimentador que toma la carga y con ella la del sistema.

Cuando por alguna razón queda fuera una o más de las subestaciones de distribución o servicios conectados al alimentador en licencia y no hay posibilidades para recibir alimentación por el primario del sistema, lo cual es muy frecuentemente en sistemas radiales; la carga podrá tomarse mediante maniobras en las

cajas seccionadoras de baja tensión. Dichas maniobras deberán ser previamente preparadas, ejecutadas en el terreno y consignadas en una Hoja llamada de Cambios, que servirá para que una vez normalizado el cable en licencia se haga lo mismo con la baja tensión.

Si no es posible alimentar las interrupciones de la baja tensión por medio de las cajas seccionadoras, podrán emplearse los buses blindados por regreso de uno de los cables de baja tensión a ellos. Desde luego esto quedará condicionado a las especificaciones de dichos cables.

IV.3 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIA EN SISTEMAS RADIALES.

La naturaleza de un disturbio puede ser determinada de una manera aproximada, de acuerdo con el tipo de relevador que opere al interruptor del alimentador correspondiente; ya que cuenta en sus protecciones con relevadores que operan por diferentes eventualidades, y los cuales tienen sus designaciones de acuerdo con la American Standard Association. Para nuestro caso los más importantes son los que operan por sobrecarga, falla y variación de frecuencia.

IV.4 DISTURBIO EN ALIMENTADORES SOBRECARGADOS.

Al tenerse conocimiento de la apertura automática del interruptor por un alimentador y confirmada la naturaleza de la misma (sobrecarga), por operación del relevador correspondiente (relevador de sobre corriente de tiempo inverso elemento maestro o de arranque o cierre con retardo) (51-1 y 51-2), deberán seguirse los siguientes pasos para determinar la misma:

- 1.- Investigar la magnitud de la carga que dicho alimentador estaba suministrando antes de presentarse el disturbio.
- 2.- Probar en vacío el equipo interior de la subestación correspondiente al alimentador en disturbio.
- 3.- Si la prueba es correcta se conecta el mismo para poner en operación el alimentador y hacerle una segunda prueba.
- 4.- Si el alimentador queda en operación normal se deja en estas condiciones. Si vuelve a operar el mismo relevador que operó al presentarse la falla, se hacen maniobras de descargue con personal de campo, a través de las cuales podrá tomarse parte de la carga del alimentador en disturbio.

IV.5 DISTURBIO POR FALLA (OPERACION DE LOS RELEVADORES 51-N).

Al tenerse el conocimiento de un disturbio por falla en un alimentador, es conveniente tomar en cuenta sus condiciones de operación, su trayectoria y las características de los componentes del mismo, ya que es posible que cuente con tramos de líneas aéreas que pueden sufrir cruzamientos originando la operación de los relevadores correspondientes, o existir algún personal de empresas constructoras o de otro tipo, que lo haya ocasionado al hacer excavaciones o maniobras por los lugares de trayectoria del alimentador correspondiente; por lo que es conveniente para acortar el tiempo de interrupción, tener conocimiento de la localización del equipo y personal que efectúa trabajos como los enunciados en zonas alimentadas por el sistema.

En ocasiones pueden ser determinados los lugares de falla mediante la recepción de quejas de los usuarios, lo cual acorta notablemente la duración de las maniobras para la localización de las mismas y el restablecimiento del servicio.

Poco es lo que puede decirse respecto a la forma de operar en condiciones de emergencia, ya que estos casos quedan limitados por las condiciones de operación del sistema, los tipos de servicio que proporciona el alimentador en falla, el momento en que se origina la misma, la ubicación del personal de campo disponible para atender el disturbio, etc., sin embargo pueden tomarse como base los siguientes puntos:

- 1.- Probar en vacío el equipo interior del alimentador y simultáneamente enviar al personal de campo al lugar adecuado para efectuar la primera maniobra, de ser posible siguiendo la trayectoria del alimentador.
- 2.- Si la prueba del equipo interior es correcta y no se observa ninguna anomalía en la ruta del alimentador que haya originado la falla, se sitúa al personal de campo en el interruptor seccionador de la troncal, para desconectarla del o los cables con que esté conectada y hacer una primera prueba.
- 3.- Si la prueba es negativa, se dejará aislado el cable y se procederá a tomar la carga perdida, por los alimentadores en servicio que tengan interconexiones -- con el que tuvo disturbio. Si dicha prueba resulta -- positiva, con libramientos se proseguirá efectuando pruebas conectando primero una y después otra vía, -- hasta determinar el tramo dañado, dejando al alimentador con la carga que haya asimilado.

IV.6 OPERACION DEL SISTEMA DE RED AUTOMATICA.

Un Sistema de Red Automática, está capacitado para conducir la energía de la fuente a la red, siempre que el primario de la misma se encuentre trabajando en condiciones normales, -- pero si se presenta una falla en este sitio, el interruptor de la subestación al detectarla opera interrumpiendo la corriente. Sin embargo debido a que la red no queda desenergizada, da origen a una tendencia de circulación de corriente en sentido inverso, o sea de regreso de la malla al primario, la cual es detectada por el protector que opera por apertura con la presencia del regreso de energía.

Dicho protector cuenta también con fusibles que permiten asegurar el aislamiento entre la alta y baja tensión, cuando -- los protectores no operan correctamente (falla o desajuste del motor, etc.).

Consideremos ahora un Sistema de Red Automática y supongá moslo constituido por cuatro alimentadores primarios como lo indica la Fig. N^o I. 9

Como puede observarse, todos los alimentadores primarios salen de un mismo bus como habíamos mencionado y conectan con una red sólidamente amarrada a través de los transformadores de distribución.

En contraposición con los Sistemas Radiales los de Red Automática generalmente no tienen interconexiones en alta tensión en sus alimentadores siendo ésta lograda a través de la Red de Baja Tensión.

IV.7 MANIOBRAS DE OPERACION NORMAL EN SISTEMAS DE RED AUTOMATICA

Los Sistemas de Red Automática que operan en condiciones normales, no presentan mayores dificultades para efectuar en -- ellos maniobras, ya que es posible según sus características -- aceptar la desconexión de uno o más de sus alimentadores.

Los libramientos de alimentadores troncales para hacer -- trabajos de mantenimiento, se preparan desconectando el interruptor de la subestación principal, con lo cual quedará libre todo el alimentador; para un ramal del mismo se procede de igual forma, pero desconectándose en el interruptor seccionador del ramal correspondiente y asegurándose de que la relación entre la carga del cable en licencia y la total del alimentador sea adecuada.

Las maniobras de operación en ambos casos son las siguientes:

- 1.- Se abre el interruptor de la subestación principal -- correspondiente al alimentador por librar, verificando que pierda carga con lo cual se comprobará también que el equipo interior de la subestación opera correctamente.
- 2.- Se comprueba que dicho alimentador carezca de energía inversa, ya que de lo contrario uno o más de los protectores conectados al mismo, no estarán operando -- correctamente, por lo que se deberá proceder de inmediato a la localización del o de los que quedaron -- cerrados con la ayuda del personal de campo, quien -- deberá abrirlos a mano y asegurarlos tomando datos -- para su operación posterior con lo cual dicho alimentador quedará libre.

Si la licencia es para una vía de dicho alimentador, y -- ella cuenta con medios de seccionamiento convenientes para ais-- larlo del mismo, sin afectar sus condiciones de operación; ade-- más de las maniobras ya mencionadas, deberá efectuarse una de -- seccionamiento del ramal en licencia y una más para conectar nue-- vamente el alimentador con la parte que deberá quedar en opera-- ción.

IV.8 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIA EN SISTEMAS DE RED AUTOMATICA

Cuando un alimentador de un Sistema de Red Automática sale de operación normal causando disturbio, el operador de la subestación reporta de inmediato proporcionando los datos correspondientes de los dispositivos que operaron, al operador del sistema, quien a partir de ese momento se encargará de tomar las medidas necesarias para localizar la causa del disturbio y mantener la continuidad del servicio.

En estos casos el primer punto que debe tomarse en cuenta es las condiciones en que se encuentra operando el sistema, ya que es posible que al presentarse la falla uno o más de los alimentadores de la misma se encuentren en licencia, lo cual con la presentación de la falla crearía condiciones críticas, sobre todo si el número de alimentadores, por razones ajenas a la falla, entren en servicio a la brevedad posible, cancelando las licencias si aún no se han iniciado los trabajos correspondientes o -- tratando que el personal que la solicitó active los mismos, ya -- que de lo contrario por la posibilidad del peligro del equipo de la misma, tendría que dejarse fuera de operación toda la red, -- con la consiguiente interrupción de los servicios conectados a -- ella.

Simultáneamente y de acuerdo con el reporte del operador de la subestación, deberán efectuarse las pruebas correspondientes al alimentador en disturbio, las que consistirán en seccionar éste en los lugares adecuados hasta la localización de la falla, para lo cual deberán efectuarse las siguientes maniobras:

- 1.- Probar en vacío el equipo interior del alimentador en la subestación principal.
- 2.- Simultáneamente se prepara al personal de campo en el interruptor seccionador más próximo a la subestación, para abrir el troncal y efectuar una primera prueba, de ser posible se recorrerá la ruta del alimentador, con el objeto de encontrar posibles daños en tramos aéreos, o en lugares donde trabaje personal ajeno o de la empresa.
- 3.- Si la prueba del equipo interior del alimentador es correcta, se secciona el cable de salida y se efectúa una prueba a dicho cable.
- 4.- Si la prueba resulta positiva, se cierra una de las vías restantes con la recién probada previamente des conectando el alimentador de la subestación principal y se efectúa una segunda prueba, prosiguiendo en estas condiciones con libramientos efectuando las pruebas necesarias, hasta determinar la localización del tramo de cable o equipo defectuoso.

Una vez determinada la vía en que se localiza la falla y seccionada ésta o el alimentador según sea el caso, se procederá a su localización; primero mediante un recorrido ocular del cable en todos los pozos de visita, en los cuales podrá advertirse por un olor característico de los cables quemados, la situación del tramo o equipo defectuoso y en caso de no encontrar esta manifestación, las pruebas posteriores se efectuará con el equipo de localización de fallas.

Si las fallas se presentan en los transformadores de distribución o en los protectores de los alimentados, también librarán por disparo en el interruptor de la subestación principal, así como por la operación de los protectores de red, los cuales tenderán a botarse dejando seccionado el alimentador de la misma que se haya afectado con la falla.

Las fallas en el lado de baja tensión o red generalmente no interrumpen la continuidad, ya que como quedó dicho con anterioridad, éstas son aisladas automáticamente debido a la magnitud de la corriente de corto circuito, originada por la combinación de las subestaciones, la cual extingue el cable en una longitud reducida y en un tiempo sumamente corto. Se presenta un solo caso en el que la interrupción es inevitable y será cuando la falla se localice en la acometida del usuario, en la cual se procede a la reparación inmediata después de la queja del cliente, y si es un servicio de importancia, se tratará de dar alimentación por otra vía si la hubiera, inclusive por baja tensión o bien mediante la instalación de equipo de emergencia.

Las reparaciones de las fallas originadas en baja tensión de los Sistemas de Red Automática, no presentan gran dificultad, ya que las empresas generalmente cuentan para estos casos con personal especializado que efectúa dichas labores con potencial en los servicios, sin tener necesidad de causar interrupción a los usuarios.

Los únicos casos en que los Sistemas de Red Automática no mantienen la continuidad del servicio y los cuales son poco frecuentes, son los siguientes:

- a).- Falla en la acometida del usuario.
- b).- Interrupción en subestación de potencia o centro de repartición de carga.
- c).- Siniestro grave en algún lugar del sistema que obligue a sacar de operación al mismo.

IV.9 OPERACION DE PROTECTORES.

El Protector de los Sistemas de Red Automática, es un dispositivo cuya función es desconectar la alta tensión de la malla, cuando se origina una falla en el primario o bien cuando se presentan condiciones de sobrecorriente. Su funcionamiento no requiere del empleo del Hilo Piloto, ya que la operación del Protector se logra por la diferencia de potencial equivalente, que existe entre el primario y el secundario, o la corriente inversa de magnetización originada por una falla.

El Circuito de Apertura está constituido por una bobina de disparo cuya función es permitir la desconexión violenta del Protector, mediante la energización de una bobina que activa un seguro y lo destraba de su posición original; cuenta además este circuito con un switch, que una vez abierto el interruptor del Protector, deja fuera de servicio a la bobina mediante su apertura.

El Circuito de Cierre está constituido por un relevador - denominado de control, al cual rigen los relevadores maestro y de fases; dicho relevador de control cuenta con un switch giratorio, que lo conecta y pone fuera de servicio en el momento necesario, para permitir el cierre del Protector mediante la excitación del motor. Cuenta también con un switch de dos polos que está conectado mecánicamente al interruptor y lo abre o cierra según sea el caso.

La Fig. IV.3 ilustra un Diagrama Simplificado de Apertura y Cierre de los Protectores General Electric Tipo MG-8 y MG-9, los cuales efectúan sus operaciones a través de una serie de dispositivos cuya descripción damos a continuación:

- a) Switch Auxiliar Abierto cuando el Protector está abierto.
- b) Switch Auxiliar Cerrado cuando el Protector está abierto.
- c) Switch Auxiliar Cerrado cuando el Protector está en automático.
- e) y G) Contactos de apertura y cierre del relevador maestro.

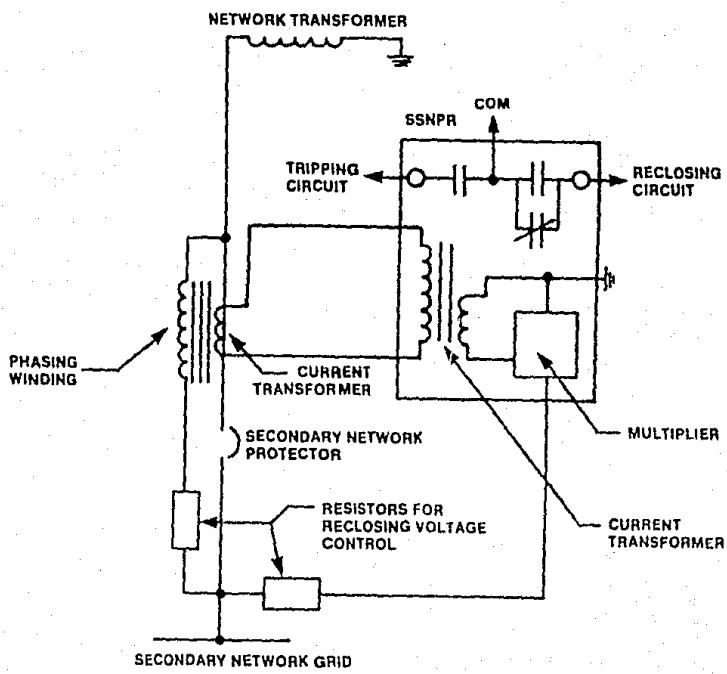


FIG. IV. 3

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ING. MECANICA Y ELECTRICA

JORGE CRUZ MONTES
JORGE GONZALEZ ESCOBAR

1990

f) Contacto de cierre del relevador de fases.

K), L) y D) Switches y Terminales de prueba potencial.

CIERRE.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones y suponiendo que el Protector está en punto automático, la operación de Cierre se efectúa de la siguiente manera:

- 1.- Al ser energizado el alimentador al que pertenece el Protector que ha quedado fuera de servicio, éste recibe energía a través de las Terminales K y L, que al ser detectada por los relevadores maestro y de fases los opera por cierre, con lo cual es energizada la bobina del relevador de control, que cierra su contacto para dar excitación de 216.5 Volts al motor.
- 2.- Al iniciar la marcha del motor, comienza también la operación de cierre del Protector, el cual una vez cerrado totalmente conecta un switch que deja fuera de servicio a los relevadores maestro, de fase y al switch "b" con lo cual se alimenta también la excitación de la bobina del relevador auxiliar, que abre su contacto e interrumpe la alimentación al motor.

APERTURA.

Para las mismas condiciones del caso anterior, suponiendo en servicio los alimentadores de la Red y una falla en el primario del sistema, la circulación de la corriente en el sentido normal, quedará suspendida con la apertura del interruptor de la subestación primaria, pero tomando en cuenta que el Protector está interconectado entre el transformador y los cables de baja tensión, existirá una tendencia de regreso de energía de la malla a éste, que captada por el relevador maestro, opera su contacto de disparo excitando la bobina que desconecta violentamente al protector. Dicha operación de apertura, es lograda a través de una armadura activada por la bobina de disparo, que a su vez destraba a un seguro y deja aislada la falla.

De lo antes visto podemos resumir la operación de los Protectores a los siguientes casos:

- 1.- Un corto circuito en el alimentador hará que todos los Protectores conectados a él, operen por apertura.
- 2.- Mediante cierre del interruptor de la subestación -- primaria con el alimentador en buenas condiciones, todos los protectores conectados a él cerrarán automáticamente, mediante la apertura todos abrirán.
- 3.- Si el voltaje de alimentación es menor que el de la red el Protector no opera.
- 4.- Si las fases de los cables se invierten el Protector no opera.
- 5.- Si la Red se encuentra sin carga (Red Muerta) el Protector no opera.

IV.10 ORGANIZACION DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

La eficiente operación de los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica por Cables Subterráneos, es el resultado de una adecuada instalación y una bien realizada obra previa; sin embargo existen una serie de factores ajenos a estos puntos que al presentarse originan fallas en las mismas, ocasionando trastornos en algunas de sus partes que pueden afectarlos ya sea -- parcial o totalmente en su operación, dejando fuera de servicio la parte del sistema que ha sido dañado, y aunque en la mayoría de los casos puede ser reducida su magnitud ya que en estos sistemas se cuenta con la suficiente flexibilidad para ello, no dejan de presentar un problema, el que deberá haber sido previsto para proveerlos de los medios necesarios para evitarlo.

Para lograr la eficiente operación en los sistemas tanto en condiciones normales como en las situaciones imprevistas, se hace necesario contar con un equipo bien organizado de personas que conozcan perfectamente la parte del sistema en que les corresponda realizar sus funciones, además de tener amplias nociones del sistema en general.

Dicho equipo queda constituido de la siguiente manera:

- a) Operador de cables subterráneos.
- b) Coordinadores.
- c) Transmisores.
- d) Recepcionistas.
- e) Personal de campo.
- f) Personal de pruebas.

De los cuales, los cuatro primeros realizan sus funciones en el tablero de control y oficinas y los dos restantes las -- llevan a cabo en el campo; siendo sus funciones las siguientes:

Operador: Es la persona cuya labor consiste en vigilar -- constante y eficazmente la operación del sistema a su cargo.

Coordinador: Persona que se encarga de organizar y distribuir las quejas de los usuarios, recibidas por los Recepcionistas; con objeto de atenderlas -- eficientemente.

Transmisores: Persona que se encarga de girar las quejas -- recibidas del Coordinador al Personal de Campo, y de establecer contacto por radio entre éstos -- y los Operadores.

Recepcionista: Persona encargada de atender las quejas y reportes de los usuarios, las cuales sirven de pauta al Operador para conocer la magnitud y el lugar de la interrupción provocada por alguna -- falla en el sistema.

Personal de Campo: En combinación con los Operadores, tienen como función atender y normalizar los sistemas afectados por las fallas ocurridas en el -- sistema, así como realizar maniobras de libramiento de cables y equipo para su reparación y -- revisión.

Personal de Pruebas: Es el encargado de realizar las pruebas en los cables y equipo del sistema, ordenadas por el Operador o el Ingeniero responsable de estas funciones, cuando exista duda de posibles fallas o sobrecargas en algunas partes del mismo; así como las correspondientes a los programas de mantenimiento.

La parte correspondiente a la operación en cualquier Sistema de Distribución, es la más importante y vital en cuanto a la continuidad del servicio, ya que de la pericia del Operador y sus colaboradores depende el buen funcionamiento del Sistema y en caso de presentarse alguna anomalía en él, dar la solución adecuada e inmediata para conservarlo trabajando en condiciones óptimas.

La principal finalidad de la operación de los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica, es lograr satisfacer los siguientes puntos:

- a).- Dar mayor continuidad al servicio.
- b).- Reducir al mínimo el tiempo de las interrupciones presentadas por fallas en el Sistema, así como el número de maniobras realizadas para evitarlas conservando la estabilidad del mismo.
- c).- Evitar accidentes tanto del personal como del equipo propio del Sistema.

- d).- Proporcionar licencias cuando se le soliciten, para realizar los trabajos de operación y mantenimiento, atendiendo los intereses de los usuarios, así como la eficiencia con que se realicen dichos trabajos.
- e).- Estudiar, proponer y realizar las modificaciones requeridas por los alimentadores, para facilitar su operación eficiente, ordenando efectuar pruebas de carga en los lugares dudosos o necesarios y estudiar la repartición de las mismas en los alimentadores del Sistema.
- f).- Satisfacer de una manera eficiente las necesidades de los usuarios en general.

Todos los trabajos correspondientes a la operación son controlados, dirigidos y supervisados por el Operador del Sistema a través de sus colaboradores, siendo algunas de sus más importantes funciones las siguientes:

- 1.- Atender disturbios, entendiéndose por disturbio la alteración, por lo general breve y de peligro en las condiciones normales del Sistema.
- 2.- Ordenar las maniobras que deberán realizarse para conceder licencias, denominándose de esta manera a la interrupción voluntaria y temporal de algún cable en servicio para efectuar en él o en su equipo, siendo concedida únicamente a personas autorizadas para ello.

- 3.- Prever las operaciones necesarias a realizar en el Sistema, para evitar sobrecargas en cualquiera de sus partes.

IV.11 IMPORTANCIA DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION .

Para tener una idea más precisa de la importancia que tiene la eficiente operación de los Sistemas de Distribución, a continuación se dan una serie de ejemplos de los problemas que ocasionan pequeñas interrupciones en los mismos.

- a).- Una falla en un cable al cual esté conectada la acometida que suministra energía a un hospital, que no cuenta con alimentación de emergencia, puede ocasionar la muerte de pacientes que en ese momento se encuentren en intervenciones que requieran el uso de equipo o dispositivos accionados por energía eléctrica.
- b).- Una falla en un cable que alimenta una fábrica de textiles, si es demasiado prolongada, ocasiona grandes pérdidas de la materia prima que se ve sometida a contacto con ácidos de aseo durante lapsos demasiado grandes. La interrupción en la operación de los hornos afecta los refractarios de los mismos en otras y la paralización del personal en cada una de ellas, causa enormes pérdidas a los preparatorios.

- c).- Fluctuaciones anormales de tensión afectan al equipo y aparatos de procesos de las industrias y fábricas, así como a la de usuarios particulares.

Las causas mencionadas en los incisos anteriores provocan una serie de reclamaciones de los usuarios, por lo que las empresas suministradoras se ven precisadas a atender y proporcionar servicios cada vez más eficientes; siendo logrado esto mediante la aplicación de los más modernos sistemas de distribución en las instalaciones, así como los más eficientes medios para mantener una continuidad de servicio constante lo cual es posible lograr mediante la ejecución de los puntos siguientes:

- 1).- Seleccionar el equipo más adecuado para el Sistema efectuando una instalación que satisfaga todas sus necesidades.
- 2).- Proporcionando la energía en los puntos más importantes y estratégicos del mismo.
- 3).- Evitando las sobrecargas en los alimentadores y equipo.
- 4).- Dando la protección debida a las instalaciones.
- 5).- Llevando a cabo los programas de mantenimiento propios para el tipo de instalación con que se cuente.
- 6).- Evitando las instalaciones inútiles mediante la conexión de equipo de emergencia.

La eficiencia en la operación de este tipo de Sistemas -- está basada en un Reglamento editado para el personal de dicho Departamento, el cual se rige por las Normas fijadas en ellos, y las que han sido establecidas con el objeto de lograr la mayor calidad y seguridad en lo referente a los trabajos realizados por el personal correspondiente a sus Departamentos colaboradores, y evitar las equivocaciones o errores originados por la falta de un Plan Directivo.

En el Reglamento de Normas, se indica la forma en que se debe proceder en los diversos casos que puedan presentarse en la operación de ellos, entre los cuales podremos mencionar las siguientes:

- 1).- Accidente de personal y trabajo.
- 2).- Atención de quejas y pruebas de alimentadores en -- disturbio.
- 3).- Definiciones, designaciones y términos.
- 4).- Denominaciones nuevas del equipo del Sistema
- 5).- Forma de operación de equipo.
- 6).- Forma de proporcionar y recibir licencias.
- 7).- Funciones administrativas.
- 8).- Medidas para garantizar la continuidad del servicio.

- 9).- Nomenclatura de equipo.
- 10).- Pruebas de fallas de cables.
- 11).- Pruebas y fallas en la operación de los Protectores de Red Automática.
- 12).- Recepción y prueba de equipo.
- 13).- Reportes de falla de equipo.
- 14).- Trámite para reconexión de servicio.

IV.12 DESCRIPCION DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

La Distribución de Energía Eléctrica por Cables Subterráneos en la Ciudad de México, se lleva a cabo principalmente en la Zona Central del Distrito Federal, por medio del Sistema -- Radial y de Red Automática. En la actualidad se están extendiendo en sus límites, principalmente en lo referente a Unidades - Habitacionales.

Dichos Sistemas operan en zonas diferentes, aún cuando en ocasiones se localizan dentro de una misma zona, operando independientemente desde luego, aunque con la posibilidad de interconectarse en los límites, con el objeto de dar flexibilidad - al Sistema.

En el Sistema Radial la energía es suministrada por las Subestaciones: Condesa, Indianilla, Jamaica, Nonoalco, San Lázaro, Tacubaya y la nueva Subestación Campo O, siendo la capacidad instalada en sus alimentadores y los números de Centros de Carga los indicados en la Tabla 1.

El Sistema de Red Automática queda alimentado por las Subestaciones: Jamaica, Nonoalco y Verónica, quedando constituido por las redes: Central, Jamaica, Nonoalco, Reforma y Verónica, de las cuales la primera y la última se encuentran operando parcialmente, estando por entrar en operación o en proyecto la Indianilla, que será conectada a la Subestación del mismo nombre y que como la Central contará con un voltaje de operación de 23,000 Volts. La Tabla 2 de Redes nos muestra las capacidades y número de alimentadores de cada una, así como los centros de carga correspondientes.

Respecto a las características constructivas y de operación de los Sistemas Radiales y Redes de 6 KV., son semejantes a las vistas con anterioridad por lo que para concluir con este trabajo será necesario tratar las Redes de 23 KV.

IV.13 RED CENTRAL AUTOMATICA DE 23 KV.

La Red Central de 23 KV, de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza del Centro, S.A., será limitada por las siguientes calles:

Al Norte: Belisario Domínguez, Venezuela y Sn. Idelfonso.

Al Sur: República Del Salvador y Mesones.

Al Ote.: Correo Mayor.

Al Pte.: Aquiles Serdán y Eje Lázaro Cárdenas.

En la actualidad está alimentada por la Subestación Nonoalco y en un futuro lo hará desde la Subestación Pensador Mexicano. Sus características constructivas son las siguientes:

- a).- Tensión de Operación: 23,000 Volts.
- b).- Alimentadores Primarios: Cuatro alimentadores troncales monofásicos instalados cada uno en ductos de asbesto cemento de 5" hasta los Seccionadores RAC - en los cuales se efectúa una conexión en anillo con cable de amarre, los que son instalados en número - de tres por cada ducto. Sus secciones son de - - 250 mm² y su aislamiento de papel impregnado en - - aceite. Se instalan dentro de los pozos con asbesto cemento. Los Switches Seccionadores "RAC" están situados en Aquiles Serdán y Belisario Domínguez, conectando los alimentadores 51 y 52 y los otros en - la Av. Hidalgo y Aquiles Serdán con los números 53- y 54.
- c).- Transformadores de Distribución: 103 Transformadores de Distribución de 750 KVA., 23-20/0.220-0.127 5 KV., 55°C, cuentan con Seccionadores en el primario con posiciones abierto, cerrado y tierra y Protector Automático Secundario para 2,250 Amps. Las derivaciones a los transformadores se efectúan por medio de cajas de diseño especial de tres o cuatro salidas en 23 KV.

- d).- Interruptores: La Subestación Primaria cuenta con interruptores de gran volumen de aceite en cada alimentador, con cuchillas de seccionamiento de doble tiro para conexión de bus auxiliar a la salida de los mismos.
- e).- Alimentadores Secundarios: Los cables secundarios son trifásicos y forman una red que conecta a los Transformadores de Distribución, a través de los buses blindados instalados en sus salidas con placas de cobres para 2,500 Amps. La eliminación de fallas es por autoextinción.

OPERACION DE RED AUTOMATICA DE 23 KV
EN CONDICIONES NORMALES

La alimentación parte de la Subestación Primaria por los cables troncales 51-00, 52-00 y 54-00, hasta los Switches Seccionadores "RAC" que tienen las posiciones de operación abierto, cerrado y tierra, en cada uno de sus cables, exceptuando el de las vías 02 que carecen de la posición cerrado, (Ver. -- Fig. 18).

La conexión de tierra de los Switches "RAC" se usó como enlace entre los alimentadores durante el periodo de transición de este Sistema y en la actualidad se sigue empleando, debido a que el proyecto definitivo no ha quedado terminado y también a que durante los acontecimientos que recientemente se verificaron en esta ciudad, (Olimpiada y Campeonato de Fut-Ball) requería garantizar una continuidad de servicio rigurosa.

La posición normal de las palancas en los Seccionadores - en estas condiciones, es cerradas entre sí las vías 02, 00 y - 01 y abierta la 03, exceptuando a una de ellas que dará excita ción a las restantes e igual designación mediante conexión en sus cajas seccionadoras. Dichas vías 03 permiten tomar la carga de los troncales de otros alimentadores cuando tengan que - salir de servicio.

Supóngase la necesidad de sacar de operación la troncal - de uno de los cuatro alimentadores (51-00) deseando que la con tinuidad no solo se mantenga en la red, sino en el anillo de - alta tensión. Esto puede lograrse cerrando las vías 51-01, -- 51-02 y 51-03 en posición bus y abriendo la vía 51-00, con lo - cual el anillo recibirá alimentación por la vía 03 que se en-- cuentra excitando a las de igual designación. Desde luego estas operaciones sólo se efectuarán en condiciones sumamente críti- cas, ya que provocaría problemas de desbalanceo en los alimen- tadores, siendo en ocasiones más conveniente sacar de operación un segundo troncal para tener las mismas condiciones en dos -- que permanecen en servicio.

Todas las maniobras de seccionamiento en la red se efec-- túan sin potencia, por lo que al llevarlas a cabo deberán des- conectarse los alimentadores con los que se hagan la maniobra, lo cual evita exponer al personal que las efectúa.

IV.14 MANIOBRAS DE OPERACION DE EMERGENCIA.

Supóngase fuera de servicio por disturbio un alimentador (51-00) y la falla en el troncal.

- 1.- Deberá comprobarse la ausencia de regreso de energía en el alimentador pues en caso contrario existirá falla simultánea en la alta tensión y el Protector.
- 2.- Verificada la ausencia de regreso y abiertas las cuchillas de salida "S" al alimentador correspondiente se efectúa una prueba de su equipo interior en vacío.
- 3.- Con personal de campo se abren las vías 51-00, - - 51-01 y 51-02 para hacer una prueba de la troncal y determinar si la falla se encuentra en el mismo.
- 4.- Si la prueba es negativa, la falla estará en dicho alimentador y en estas condiciones previamente asegurada la palanca correspondiente en el Switch RAC, así como abiertas las cuchillas de salida "S" en la subestación, se procederá a tomar la carga de la troncal a través de su vía 03 como se mencionó anteriormente; debiendo estar el alimentador correspondiente (53-00), para efectuar las maniobras en el RAC del alimentador (51-00 con falla).

- 5.- Sin potencial se cierran a posición bus las vías -- 51-01, 51-02, 51-03 y se conectan el alimentador - 53-00 con lo cual quedará tomada la carga del anillo del alimentador (51-00 con falla).

Si la prueba es correcta en la troncal, la falla podrá localizarse en las vías 51-01 ó 51-02, pero su localización ya no se hará con pruebas de potencial al alimentador, sino mediante inspección ocular, de equipo Balteau o Megger; según sea la naturaleza de la falla; debido al peligro de arqueo entre plomos de los cables y contaminaciones ocasionadas cuando se efectúan con potencial. Es necesario en estos casos dejar fuera de operación el alimentador hasta la localización de la falla, la cual deberá quedar totalmente aislada para poner en operación el alimentador correspondiente, o bien con la palanca de la vía 51-00 abierta manteniendo excitado el alimentador. Es necesario también como vía de seguridad abrir los Seccionadores de alta tensión de los Transformadores.

Una vez localizada la falla en cualquiera de las vías mencionadas 51-01 ó 51-02, se seccionará aquella en que se localice la falla y se tomará la carga por la que se encuentre en buen estado, dejando abierta la palanca de la vía con falla, así como en el primer Switch Seccionador con que se conecte la misma y asegurándola en ambos puntos y colocándole el símbolo que indique su condición de operación.

Las fallas en los ramales del alimentador se localizan y normalizan en forma semejante al caso anterior, pudiendo existir alimentación por ambas vías mediante el seccionamiento del tramo defectuoso, si éste se localiza entre ambas o bien por las cajas seccionadoras (23-3-500, 23-4-500).

IV.15 FALLA DE DOS TRONCALES DE ALIMENTADOR.

Supóngase una falla en dos troncales 51-00 y 52-00, en -- este caso es conveniente hacer consideraciones como las vistas en los de 6 KV.

Dos de los factores más importantes son: El momento en -- que se presentó la falla y las condiciones de operación del -- Sistema en el momento de la misma, para poder tomar las medidas necesarias y así normalizar el servicio.

Tomando en cuenta las características de construcción de las redes, lo más conveniente será sacar de operación las dos redes restantes 53-00 y 54-00 para efectuar las siguientes maniobras:

- 1.- Una vez comprobado correcto el equipo interior en -- vacío y determinada la falla en las troncales, se -- procederá a cerrar las palancas de las vías 53-03 y 54-03 en los Switches RAC correspondientes.
- 2.- Se conectan las palancas de las vías 51-01, 51-02, -- 51-03, 52-01 y 52-03 al bus y se abren las 51-00 y 52-00 asegurándose con tarjetas de licencia.
- 3.- Se conectan los alimentadores 53-00 y 54-00 con lo -- cual quedará tomada la carga de los 51-00 y 52-00.

En estas condiciones podrán probarse y repararse los troncales de los alimentadores afectados, debiendo normalizarse en los momentos de menor carga, de ser posible en madrugada, ya que ésto requiere la interrupción total de los servicios por la desconexión de todos los alimentadores de la red.

Como puede observarse la elasticidad con que cuentan estas redes es muy superior a las de 6 KV., pues a pesar de ser menor su número de alimentadores, puede operar sin alteraciones con la mitad de ellos mediante las maniobras mencionadas antes, -- desde luego suponiendo que los troncales tengan capacidad para ello.

IV.16 MEDIOS DE COMUNICACION.

Los Operadores de los sistemas de las empresas eléctricas, deberán contar con diversos medios de comunicación, que los mantenga en contacto directo con el personal que con ellos labora en todo momento, ya que en combinación con él, es como lo logrará mantener al sistema trabajando en óptimas condiciones, -- siendo los más empleados el teléfono para el personal de Subestaciones y radio para el de Campo.

Cuando el personal labora en el campo, el radio es instalado en las unidades de transporte, siendo de esta manera como se efectúa una comunicación más rápida y segura, pues facilita enormemente el trato directo con el personal y evita las pérdidas de tiempo originadas por emplear otros medios de comunicación.

El equipo de comunicación deberá contar con características tales, que les permitan en todo momento recibir y enviar - señales claras y que en ningún instante exista posibilidad de duda en la comprensión del contenido de los mensajes, dada la importancia que tiene la exactitud de la interpretación de los mismos, pues un error en su comprensión podría ser fatal.

La comunicación debe ser clara y concisa para evitar mensajes que pudieran crear confusión al personal que los recibe, los cuales serán repetidos por ellos para mantener la seguridad que han sido comprendidos correctamente.

En los casos en que se desea tener una comunicación constante y el equipo instalado en las unidades no es adecuado para hacerla, puede efectuarse ésta por medio de radios portátiles, a través de los cuales se podrá efectuar desde cualquier punto; dichos radios se encuentran instalados en un equipo que los mantiene en condiciones de ser empleados en cualquier momento, y su única limitación es su corto alcance.

IV.17 EQUIPO DE EMERGENCIA.

Es conveniente contar con equipo de emergencia que permita a las empresas suministradoras, que por las condiciones de operación del sistema puedan verse afectados al efectuar trabajos de mantenimiento, la presentación de falla en alguna parte del sistema, o bien la prevención contra un posible disturbio durante algún acontecimiento de trascendencia.

Algunos de los métodos más empleados para evitar estas interrupciones, son las plantas de emergencia móviles, que situadas en los lugares requeridos, proporcionan la energía mediante generación a base de motores de combustión interna diesel - de diversas capacidades, según sea la magnitud de la carga por alimentar.

Su aplicación consiste en conectar al interruptor correspondiente al servicio, las guías de la máquina generadora haciéndola operar en el momento que se presente la interrupción, o bien efectuando un cambio en el interruptor de la misma, para absorber la carga inmediatamente después de retirarla por la línea de alimentación y mantenerla operando mientras la suspensión subsiste.

Para llevar a cabo estos cambios se cuenta con interruptores diseñados con este fin, los cuales son instalados en los correspondientes de los servicios que lo ameritan, ya que en la práctica es tan pequeña la interrupción al efectuar el cambio de alimentación, que no se justifica efectuar sincronizaciones de este equipo en el Sistema.

TABLA 69 - 1

CAPACIDAD INSTALADA EN LOS CABLES ALIMENTADORES RADIALES
Y NUMERO DE CENTROS DE CARGA

SUBESTACION	ALIMENTADOR	AMPS.	KVA.	Nº CENTROS DE CARGA
SAN LAZARO	Kennedy	350	3 400	11
	Circunvalación	350	3 300	9
	Peralvillo	300	3 000	7
	Santísima	300	3 200	6
	Izazaga	300	3 000	8
	Salvador	300	3 870	8
	San Jerónimo	300	3 090	10
JAMAICA	Netzahualcóyotl	300	3 485	7
INDIANILLA	Lucio	300	58 785	9
	Coahuila	300	800	1
	Dinamarca	300	3 380	8
CONDESA	Internacional	300	7 830	15
	Paseo	300	40 100	6
	Bosque	350	3 200	4
	Castillo	350	3 000	23
NONOALCO	Brasil	300	3 500	8
	Rosales	300	4 465	12
	Mina	300	4 290	11
	Degollado	300	4 300	12
	Hidalgo	300	5 190	13
	Bucareli	300	4 850	6
	Santa María	300	5 140	12
	Fresno	300	4 675	10
	Lerdo	300	5 765	13
	Tlatelolco II	350	8 750	18
	Tlatelolco III	350	7 000	19
	TACUBAYA	Museo	350	- 0 -
Tolteca 1-2		200	1 250	1
Tolteca 3		200	1 250	1
Museo		350	3 350	5

CAPACIDAD INSTALADA EN CABLES ALIMENTADORES DE RED AUTOMATICA Y
NUMERO DE CENTROS DE CARCA.

JAMAICA 6 KV ALIMENTADOR	S.E. JAMAICA AMP.	KVA.	No. CENTROS DE CARGA
11	300	3 900	9
12	300	3 200	9
13	300	2 550	7
14	300	3 000	8
15	300	4 500	10
16	300	2 950	7
17	350	3 150	7
RED AUTOMATICA CENTRAL			
23 KV. ALIMENTADOR.	S.E. NONOALCO		
51	300	11 250	15
52	300	10 500	14
53	300	8 250	11
54	300	8 250	11
55	300	8 250	11
56	300	8 250	11
RED NONOALCO 6 KV			
ALIMENTADOR	S.E. NONOALCO		
3	300	3 800	11
4	300	3 550	11
5	300	4 000	11
6	300	3 800	11
RED REFORMA 6 KV			
ALIMENTADOR	S.E. NONOALCO		
21	300	4 600	14
22	300	4 600	14
23	300	4 600	14
24	300	3 950	11
25	300	6 950	14
26	300	4 200	11

VI.18 ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA
RED SUBTERRANEA Y AEREA .

GENERALIDADES:

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

Es por lo tanto necesario realizar toda clase de estudios que permitan conocer el comportamiento de las redes, tomando en cuenta todas las restricciones impuestas por el compromiso de mantener un servicio técnicamente satisfactorio a un costo razonable.

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

Dada la importancia que tienen las redes subterráneas, la planeación de los sistemas de distribución subterráneas, deben ser bien planeadas debido a su elevado costo de instalación y mantenimiento.

Los factores que se toman en cuenta en un estudio son los siguientes:

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

Se tienen otros factores que forman parte integral del estudio pero que no pueden ser cuantificadas o bien ser expresados en la unidad económica seleccionada para poder tomarlos en cuenta se hace nece-

sario introducir algunas reglas y restricciones, como son las siguientes.

Los aspectos de seguridad, los sociales y políticos, los estéticos y otros extraeconómicos, se toman en cuenta observando las recomendaciones y disposiciones de tipo legal contenidas en los reglamentos en vigor. Se consideran también, los criterios establecidos por la experiencia, así como suposiciones y postulados y las informaciones sobre el estado físico de las instalaciones.

Es siempre necesario definir límites geográficos y para ello, el problema de fronteras debe ser examinado de manera exhaustiva. Encomenarse a escoger fronteras de uso común, ya sean eléctricas o administrativas, pueden conducir a ignorar algún elemento susceptible de tener una influencia no despreciable dentro del estudio.

ESTUDIOS COMPARATIVOS DE REDES SUBTERRANEAS.

Los cambios en las características de la carga han conducido a nuevos conceptos en sistemas de distribución.

Estos cambios requieren de un estudio y revisión constante de los métodos empleados en el diseño, construcción y desarrollo de redes de distribución. Se requieren técnicas para la evaluación y comparación de alternativas, con el fin de decidir cual es el tipo de red -- que resulta mas conveniente implantar y desarrollar en una zona determinada. El método empleado es el de actualización o sea el del calor presente, que es más preciso que el de análisis de costos capitalizados, para evaluar situaciones de cargas crecientes, que representan inversiones escalonadas en el tiempo.

Toda solución puede expresarse bajo la forma de una serie cronológica de trabajos que tienen por efecto modificar las características de una red existente en el año inicial del estudio.

de distribución de energía eléctrica tiene gran importancia porque puede presentarse desde una falla en un cable y que no cause interrupción, hasta un incendio o explosión de un equipo que ponga en peligro la vida de las personas y a las mismas instalaciones.

- 6.- En un departamento como lo es Cables Subterráneos, todo el personal de mantenimiento correctivo tiene una gran responsabilidad por la importancia de los trabajos que atienden ya que una falla se puede presentar en cualquier momento de las 24 hrs. de todos los días del año.
- 7.- Podemos resumir que un buen mantenimiento correctivo se obtiene; con la previsión y preparación de materiales y accesorios los equipos de trabajo y de seguridad organización, planeación, dirección y supervisión de los trabajos y del personal.

C O N C L U S I O N E S .

Una vez desarrollado el presente estudio, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- 1.- El sistema subterráneo de distribución de energía eléctrica es el que ofrece la más alta confiabilidad y mejor continuidad del servicio, sin embargo, al presentar se alguna falla o contingencia en algún punto del sistema, su reparación puede ser costosa y requiere de un tiempo considerable para restablecer el servicio.
- 2.- Con el sistema subterráneo se han podido solventar las necesidades de carga requeridas en la Ciudad de México que tiene la mayor "densidad de carga" sobre todo en el primer cuadro con más de 30 MVA/Km^2 .
- 3.- El diseño de los sistemas subterráneos de distribución supera los problemas de interrupción por rayos, tormentas, choques de vehículos en postes, sismos, etc., que tienen actualmente las redes aéreas y a pesar de no llegar a ser confiables en un 100%, su diseño, construcción y operación debe basarse en los siguientes propósitos: Seguridad, rápida localización de fallas y reparación - aislamiento manual o automática para los servicios no afectados y accesibilidad al equipo y calidad de reparación.
- 4.- El mantenimiento preventivo es importante para conservar en óptimas condiciones originales de eficiencia y seguridad, y de esta manera reducir relativamente el mantenimiento correctivo.
- 5.- El mantenimiento correctivo en el sistema subterráneo -

El análisis de alternativas, mediante el método del valor presente permite conducir los costos totales a una misma época y a la vez homogenizarlos para poder comparar las inversiones que representan los trabajos que se realizarán sobre la red en estudio y poder decidir cual es la alternativa que a igualdad de calidad de servicio presenta la menor inversión total.

RECOMENDACIONES PARA LA SELECCION DE UNA SOLUCION.

El criterio general de selección es: Minimizar el costo actualizado para una calidad de servicio dada para esto es importante no perder de vista que la búsqueda de la solución óptima se efectúa sobre un modelo que ha sido establecido con ciertas limitaciones, es decir despreciando algunos elementos en los que es necesario considerar la influencia que tienen, al menos de una manera cualitativa, ante la imposibilidad de hacerlo en forma cuantitativa.

Deben también ser tomados en cuenta otros aspectos como son los impuestos por razones de seguridad, estética y restricciones urbanas, la evolución tecnológica y en algunos casos, ciertas consideraciones de política general.

A continuación se muestra una tabla comparativa del costo de una red subterránea y una aérea.

C O N C E P T O	COSTO POR DEPARTAMENTO O CASA HABITACIÓN	R E L A C I O N AEREO-SUBTERRÁNEA.
EDIF. DE DEPTOS.	1,500.00 ~ 3,000.00	1:2
FRACC. CLASE MEDIA	4,000.00 ~ 5,000.00	1:4
FRACC. RESIDENCIAL	8,000.00 ~ 10,000.00	1:6

C.S. 678'685,720 \$/Km.

L.A. 65'631,774 \$/Km.

Relación de 1:10

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

- | | |
|--|--|
| ESTRUCTURAS FUNDAMENTALES DE REDES SUBTERRANEAS | ING. ARTURO VENDERLL LEZAMA |
| CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN CABLES AISLADOS | F. HAWLEY |
| DISTRIBUTION SYSTEMS BY ELECTRIC UTILITY ENGINEERS | WESTING HOUSE |
| ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA | WILLIAM D. STEVENSON |
| NORMAS DE MATERIALES DE CABLES SUBTERRANEOS | CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. |
| INSTRUCTIVO DE CABLES AISLADOS DE ENERGIA, EN MEDIANA TENSION | EDITORIAL CONDUMEX |
| REDES ELECTRICAS | ING. JACINTO VIQUEIRA L. |
| LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES - SUBTERRANEOS | ING. A. VENDRELL LEZAMA |
| REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA DIRECCION FEDERAL DE ELECTRICIDAD | |
| ARTICULOS SOBRE DISTRIBUCION SUBTERRANEA DE ENERGIA ELECTRICA. | INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS. |