

ESTUDIO DE LAS REDES SUBTERRANEAS DE
DISTRIBUCION ELECTRICA:

Tesis previa a la obtención del Título de Inge-
niero en la especialización de Electrotecnia de
la Escuela Politécnica Nacional.

RAUL G. VITERI P.

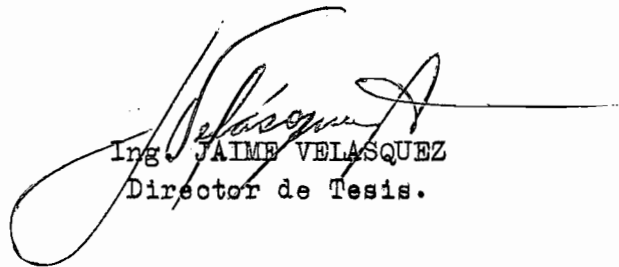
Quito, Mayo de 1.973

A MI MADRE

DEDICATORIA: MI ESPOSA

MIS HIJOS

CERTIFICO QUE LA PRESENTE TESIS
FUE REALIZADA POR EL SEÑOR
RAUL G. VITERI P.



Ing. JAIME VELASQUEZ
Director de Tesis.

ESTUDIO DE LAS REDES SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA

INDICE GENERAL

I INTRODUCCION

	Pag.
II Que son las redes subterráneas de distribución eléctrica	4
III Ventajas de la red subterránea	6
a) Ornato	6
b) Seguridad	7
c) Capacidad	8
d) Fallas	10
IV Planificación de las redes eléctricas de distribución subterráneas	13
a) Requisitos	13
b) Asignación de cargas	14
1.- En una zona sin electrificación	14
2.- En una zona a cambiarse o reformarse las redes	17
c) Tipo de materiales	18
V Analisis de varios tipos de redes de distribución	20
1.- Sistema Primario	20
2.- Sistema Secundario	20
a) Radial simple	21
b) Radial con circuito de enlace	23
c) Alimentador expreso al centro de carga	25
d) Disposición en áreas por fase	26
e) Disposición radial en lazos	27
f) Red banqueada	30
1.- Descripción	30
2.- Criterios que se debe tomar en cuenta en el diseño	31
3.- Ventajas	32
4.- Métodos para protección de fallas	33
5.- Método de cálculo	35
g) Red mallada	44
Descripción	45
1.- Circuitos alimentadores primarios	46
2.- Unidad de malla	47
3.- Malla secundaria	51
Planificación	54

	Pag.
1.- Localización y tamaño de las cargas	54
2.- Circuitos primarios	55
3.- Fuente de potencia o subestación	55
4.- Estudio de las facilidades existentes	56
5.- Ruta de los circuitos	56
6.- Normalización	56
 Diseño Preliminar	 56
1.- Disposición del secundario principal	57
2.- Concentración de cargas	57
3.- Número y capacidad de transformadores	57
4.- Consideraciones sobre Feeder Primario	59
5.- Consideraciones sobre el protector de red	60
6.- Consideraciones sobre el secundario principal	61
 Representación del sistema en un analizador de redes.	 63
1.- Cálculo de impedancia en Ohmios del transformador	63
2.- Cálculo de impedancia en ohmios de los circuitos.	63
3.- Selección de multiplicador	63
4.- Cálculo de impedancia en Ohmios de la carga	63
5.- Selección de voltaje	65
6.- Estudio de flujo de carga	65
7.- Estudio de cortocircuito	66
8.- Uso de transformadores de diferentes capacidades en el sistema mallado	 69
9.- Carga y desarrollo de los sistemas mallados	70
 h) Diseño de cámaras de transformación	 72
1.- Caseta de Urbanizaciones	73
2.- Cámara para red mallada	77
3.- Cámara para instalación de equipo sumergible	78
4.- Cámara con medición en alta tensión	80
5.- Cámara con celdillas	81
 i) Recomendaciones	 82
 VI Análisis de los equipos y materiales que se utilizan en redes subterráneas de distribución	 85
a) Cables de alta tensión	85
1.- Cables tripolares	85
1a.- Cables con aislamiento de protodur de tres conductores	 88
1b.- Cable tripolar armado aislamiento de papel impregnado en aceite a prueba de migración.	 88

	Pag.
1c.- Cable tripolar aislamiento de papel impregnado en aceite funda de PVC	90
2.- Cables Unipolares	91
2a.- Cables protodur 1 conductor	91
2b.- Cables protothen 1 conductor	93
2c.- Cable apantallado Butyl neopreno	94
b).-Cables de baja tensión.	94
1.- Cables multipolares	95
1a.- Cables protodur sin recubrimiento metálico	95
1b.- Cables protodur y envoltura plomo	96
1c.- Cables protodur con conductor concéntrico	97
1d.- Cables aislamiento papel y funda de plomo	97
1e.- Cables aislamiento papel y envoltura de aluminio	98
2.- Cables Unipolares.	98
2a.- Cable aislamiento Butyl neopreno	98
c).- Cables de Alumbrado Público.	99
d).- Accesorios para cables de alta tensión	100
1.- Pruebas.	100
2.- Terminales	100
2a.- Cierre extremos protolin	100
2b.- Terminal vertical para cable tripolar armado interior	103
2c.- Cierre extremo protolin intemperie	108
2d.- Terminal invertido para cable tripolar armado intemperie	110
3.- Uniones.	111
3a.- Uniones o manguitos de unión protolin	111
3b.- Uniones para cables de alta tensión con aislamiento de papel	113
e).- Accesorios para cables de baja tensión.	116
A.- Terminales y accesorios para cables multipolares	117
a1.- Cajas terminales cilíndricas	117
B.- Uniones.	119
b1.- Empalme recto para cable armado aislamiento papel y funda de plomo	119
b2.- Empalmes en T	119
C.- Accesorios para cables unipolares.	120
c1.- Uniones y derivaciones Scotchcast	120
c2.- Uniones Scotchcast con resina a presión	121
c3.- Empalmes en Scotchcast con resina a presión.	123

	Pag.
f)- Accesorios para cables de alumbrado público.	124
g)- Transformadores.	124
Generalidades	125
1.- Normal	125
2.- Potencia nominal	126
2a.- Definición	126
2b.- Altura sobre el nivel del mar	127
2c.- Temperatura ambiente	128
3.- Sobrecarga.	128
4.- Pérdidas	130
5.- Rendimiento	130
6.- Variación de tensión	130
7.- Grupo de conexiones	131
8.- Accesorios	131
Descripción de transformadores	132
a.- Sumergibles	132
b.- Tipo seco	134
c.- Rellenos de insertin o askarel	135
h)- Equipos de protección en alta tensión	136
a.- Cortacircuitos tipo abierto	136
b.- Seccionador cortacircuito tripolar tipo abierto	139
c.- Portafusible seccionador en caja de porcelana.	140
d.- Interruptor seccionador de potencia	141
e.- Interruptor hidrodinámico	145
i)- Equipos de protección en baja tensión	148
1.- Cartuchos fusibles tipo NH.	148
2.- Fusible limitador	150
j)- Conclusiones	153

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 Red radial simple sistema primario.
- Fig. 2 Red radial simple sistema secundario.
- Fig. 3-A Fallas en la red radial simple sistema primario.
- Fig. 3-B Fallas en la red radial simple sistema secundario.
- Fig. 4-A Sistema radial con circuitos de enlace primario.
- Fig. 4-B Sistema radial con circuitos de enlace secundario.
- Fig. 5-A Fallas en sistema radial con circuitos de enlace primario.
- Fig. 5-B Fallas en sistema radial con circuitos de enlace secundario.
- Fig. 6 Sistema alimentador expreso hasta el centro de carga.
- Fig. 7-A y 7-B Sistema disposición en áreas por fase.
- Fig. 8-A y 8-B Sistema disposición radial en lazos.
- Fig. 9 Variante del sistema radial con lazos.
- Fig. 10 Sistema red banqueada en línea recta.
- Fig. 11 Sistema red banqueada en anillo.
- Fig. 12 Eliminación del parpadeo.
- Fig. 13-A; 13B; 13C Tipos de protección en red banqueada.
- Fig. 14 Diagrama eléctrico de un transformador C S P B.
- Fig. 15 Concentración de cargas en una parte de la zona a electrificarse.
- Fig. 15-A Ubicación de transformadores.
- Fig. 16 Diagrama esquemático de la red de distribución mallada.
- Fig. 17 Curvas de factor de aplicación.
- Fig. 18 Una zona y sus cargas.
- Fig. 19 Secundario principal.
- Fig. 20 Concentración de cargas.
- Fig. 21 Localización de transformadores.
- Fig. 22 Recorrido de feeder primario.
- Fig. 23 Estudio de fallas.
- Fig. 24 Modificación de la capacidad en unidad de malla.
- Fig. 25 Cable protodur de tres conductores para una tensión de 5.8/10 KV.
- Fig. 26 Cable tripolar con aislamiento de papel impregnado.
- Fig. 27 Cable tripolar armado 8 KV, aislamiento papel envoltura de plomo y PVC.
- Fig. 28 Cable protodur de 1 conductor provistos de pantalla con flejes de cobre y estructura excenta de efluvios hasta 20 KV.
- Fig. 29 Cables de protothen de 1 conductor provistos de pantalla de flejes de cobre y estructura excenta de efluvios hasta 20 KV.

- Fig. 30 Cable apantallado de 1 conductor aislamiento de Butyl y neopreno PVC.
- Fig. 31 Cable con aislamiento protodur y envoltura de plomo.
- Fig. 32 Cables protodur con conductor concéntrico.
- Fig. 30-A Cable protodur sin recubrimiento metálico con conductores de cobre.
- 30-B de cobre.
- 30-A con conductores redondos.
- 30-B con conductores en forma de sector.
- Fig. 33 Cables con aislamiento papel y envoltura de aluminio.
- Fig. 34 Cables de cobre aislamiento de Butyl y funda de neopreno para 1 KV.
- Fig. 35 Cierre extremos protolín para interior.
- Fig. 36 Casquillos terminales.
- Fig. 36-A Terminal vertical para cable tripolar armado.
- Fig. 37 Detalle constructivo para terminal vertical.
- Fig. 38 Cierres extremos protolín para intemperie conductores en forma de abanico.
- Fig. 39 Cierres extremos protolín para intemperie conductores paralelos.
- Fig. 40 Terminal de cable invertido para intemperie.
- Fig. 41 Manguitos de unión protolín.
- Fig. 42 Unión para cables con aislamiento de papel y funda de plomo.
- Fig. 43 Detalle constructivo de un empalme recto.
- Fig. 44 Cajas terminales cónicas.
- Fig. 45-A Cajas terminales de casquete de PVC.
- 45-B
- Fig. 46 Cierres de extremos protolín para cables de protodur.
- Fig. 46-A Uniones y derivaciones Scotchast.
- Fig. 47 Preparación de cable para unión o derivación.
- Fig. 48 Unión Scotchcast de resina a presión.
- Fig. 49 Derivación Scotchcast con resina a presión.
- Fig. 50 Curva de temperatura en transformadores.
- Fig. 51 Hojas 1,2 y 3. Grupo de conexiones de transformadores trifásicos.
- Fig. 51 Hoja 4. Grupos de conexiones para transformadores monofásicos.
- Fig. 52 Transformadores de distribución relleno de aceite.
- Fig. 53 Transformadores sumergibles para red mallada.
- Fig. 54 Cartuchos fusibles.
- Fig. 55 Soportes unipolares de cortacircuitos.
- Fig. 56 Soporte tripolar de cortacircuito.
- Fig. 57 Curvas de fusibles.
- Fig. 58 Curvas de fusibles.
- Fig. 59 Desconectador tripolar de cortacircuitos con interruptor auxiliar.

- Fig. 60 Portafusibles de porcelana.
- Fig. 61 Interruptor seccionador de potencia.
- Fig. 62 Interruptor hidrodinámico.
- Fig. 63 Curva de característica corriente tiempo.
- Fig. 64 Cartuchos fusibles
- Fig. 65 Bases portafusibles.
- Fig. 66 Terminales para bases portafusibles.
- Fig. 67 Manilla de operación de cartuchos fusibles.
- Fig. 68 Mangas multiconductoras.
- Fig. 69 Fusible limitador.
- Fig. 70 Manga limitadora.
- Fig. 71 Bushins terminales de manga limitadora.
- Fig. 72 Casquillo y tuerca de ensamble cono de compresión.
- Fig. 73 Terminal de ajuste.
- Fig. 74 Base limitadora.
- Fig. 75 Cartucho fusible.

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Cámara de transformación para urbanizaciones Proyecto, estructural, eléctrico.
Plano 2	Caseta de transformación para red mallada.
Plano 3	Cámara bajo el nivel del suelo en red mallada.
Plano 4	Cámara de transformación con equipo sumergible.
Plano 5 Hojas 1 a 4.	Cámara de transformación con medición en alta tensión.
Plano 6	Cámara de transformación con celdilla

--- o ---

INDICE DE CUADROS O TABLAS

Tabla 1	Relación entre la capacidad de transformadores y la carga pico en un sistema de secundario de red mallada.
Tabla 2	Capacidad de conducción de corriente en un simple conductor de 600 V en un ducto.
Tabla 3	Corriente mínima requerida para quemar un cable de simple conductor en el punto de falla, determinada por prueba de laboratorios.
	-Cuadro de tipos de cables de alta tensión.
Tabla 4	Características y dimensiones de los cables para A.T. con aislamiento de protodur.
Tabla 5	Características y dimensiones para cables de A.T. con aislamiento de papel y funda de plomo.
Tabla 6	Característica de cable tripolar aislamiento de papel funda de plomo y cubierta de PVC.
Tabla 7	Características y dimensiones para cables de protodur 1 conductor.
Tabla 8	Características y dimensiones cables de protothem.
Tabla 9	Características del cable apantallado para 8 KV aislamiento Butyl neopreno.

CUADRO DE TIPOS DE CABLES DE BAJA TENSION

Cuadro 10-A;10-B	Características de cables de protodur sin recubrimiento metálico. 10-A Conductores redondos. 10-B Conductores en forma de sector.
Cuadro 11	Características y dimensiones de cables con aislamiento de protodur y envoltura de plomo.
Cuadro 12	Características y dimensiones de cables de protodur - con conductor concéntrico en forma de sector.
Tabla 13	Características de cables con aislamiento de papel y envoltura de plomo.
Tabla 14	Cables con aislamiento de papel y envoltura de aluminio.
Tabla 15	Cables con aislamiento de Butyl y funda de neopreno
Cuadro 15-a	Tipos de accesorios para cables de alta tensión.
Tabla 16	Prueba de los terminales y uniones de cables.
Cuadro 17	Dimensiones de cierre de extremos protolín para interior.
Cuadro 18	Dimensiones de casquillos terminales.
Cuadro 18-a	Dimensiones de terminal vertical.
Cuadro 19	Dimensiones para montaje de terminal vertical.
Tabla 19-a	Dimensiones de cierres de extremos protolín para exterior.

Cuadro 20	Dimensiones de terminal de cable tripolar de intemperie.
Cuadro 21	Dimensiones de uniones o manguitos de unión de protolín.
Cuadro 22	Características y dimensiones de las uniones para cables con aislamiento de papel y funda de plomoñ
Cuadro 23	Abrazaderas de fijación para cajas terminales cilíndricas.
Cuadro 23-a	Pesos y dimensiones de las cajas terminales cilíndricas.
Cuadro 25	Pesos y dimensiones de las cajas terminales de casquete de EPV.
Cuadro 26	Características de uniones y derivaciones Scotchcast.
Cuadro 27	Propiedades de la resina # 4 Scotchcast.
Cuadro 28	Dimensiones y cantidades de materiales de la unión Scotchcast con resina a presión.
Tabla 29	Dimensiones y cantidades de materiales de la derivación Scotchcast con resina a presión.
Cuadro 30	Calentamientos admisibles para transformadores en baño de aceite.
Cuadro 31	Dimensiones de cortacircuitos.
Cuadro 32	Dimensiones de soportes unipolares de cortacircuitos.
Cuadro 33	Dimensiones de soportes tripolares de cortacircuito.
Cuadro 34	Dimensiones de desconectador tripolar de cortacircuito con interruptor auxiliar.
Cuadro 35	Características de portafusibles de porcelana.
Cuadro 36	Capacidad de corriente de un eslabón fusible.
Cuadro 37	Dimensiones y características de los cartuchos y fusibles NH.
Cuadro 38	Dimensiones de bases portafusibles.
Cuadro 39	Cuadro para escoger bases portafusibles.
Cuadro 40	Características de fusible limitador.
Cuadro 41	Características de casquello y tuerca de ensamble y cono de compresión.
Cuadro 42	Características de terminal de ajuste.
Cuadro 45	Características de cartucho fusible.

" ESTUDIO DE LAS REDES SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA "

I.- INTRODUCCION:

La presente tesis tiene por objeto fundamental o finalidad, estudiar las redes subterráneas de distribución eléctrica en general. Este estudio lo hago tratando de aplicarlo a las necesidades de Quito o de cualquier otra Ciudad del Ecuador.

En la época moderna se tiende a cambiar en todo el mundo las redes aéreas de distribución eléctrica, con las subterráneas, en las grandes Urbes o Ciudades de importancia, y en las nuevas zonas residenciales o comerciales de primera importancia, se construyen las redes eléctricas de tipo subterráneo. Es por esto que hemos visto que en Quito se han incrementado este tipo de redes en gran escala y tenemos que todo el centro de la ciudad las tiene y la mayoría de las nuevas Urbanizaciones del Norte, se están construyendo con redes subterráneas. Igual cambio podemos apreciar en otras ciudades del Ecuador, como en Ambato e Ibarra.

En este trabajo analizaremos concatenadamente, los puntos principales de las redes subterráneas y por lo tanto iniciaremos el presente estudio, con una descripción general de lo que son este tipo de redes; luego anotaremos las ventajas principales que se consiguen al instalarlas, por: el ornato de la Ciudad, la seguridad que presenta para los ciudadanos y el personal que trabaja con ellas, la mayor ca

pacidad de carga instalada y la disminución de fallas. Terminando esta parte propiamente descriptiva, estudiaremos la planificación, analizando los requisitos que debe reunir la zona a electrificarse, como se asigna la carga a los lotes o si es el caso de cambio de redes, como se debe efectuar los censos de carga respectivos; luego como un punto principal de la planificación, se debe escoger el tipo de materiales que se usarán, tanto en cables, transformadores, equipos de protección, postes, etc., anotando que este punto estará íntimamente ligado con el diseño de las redes, las facilidades o equipos existentes y las normas que mantiene la Empresa Eléctrica, para este tipo de redes. Ya que es necesario tener varios tipos de cámaras de transformación, para que luego de hacer el diseño de las redes se pueda escoger el más conveniente, presentaré algunos diseños de cámaras de transformación, indicando y recomendando los mejores de acuerdo a la técnica, economía y seguridad.

Como capítulo de gran importancia en esta tesis analizaré, varios tipos de redes de distribución eléctrica, dando mayor énfasis a los que son más adecuados para la red subterránea como son: radial simple, red banqueada y red mallada. De este estudio sacaremos varias conclusiones y recomendaciones.

Para finalizar este trabajo entraremos al capítulo de Análisis de

Equipos y Materiales que se usan en la red subterránea, en éste estudiaremos varios tipos de cables de alta tensión, baja tensión y alumbrado público, con sus respectivos accesorios, como son: terminales, uniones y derivaciones, indicando sus cualidades físicas y eléctricas y brevemente la forma de instalarlos y el mantenimiento que requieren, a continuación y en igual forma estudiaremos: transformadores, equipos de protección, otros accesorios y materiales aislantes. De este punto que creo será uno de los más importantes de esta tesis, sacaremos conclusiones y recomendaciones.

En el desarrollo de este tesis, tendré como norma principal, que la continuidad y calidad de servicio es la mejor carta de presentación de una buena instalación eléctrica.

II.- QUE SON LAS REDES SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA:

Las redes subterráneas de distribución eléctrica son aquellas instalaciones que sirven para repartir la energía eléctrica, directamente a los clientes a un voltaje adecuado o solicitado dentro de las normas que mantiene la Empresa Eléctrica suministradora de energía, y son en cuanto a los cables de alta tensión, baja tensión y alumbrado público enterrados directamente en el suelo o instalados en ductos o tubos de cemento y en cuanto a los transformadores y equipos de protección en alta y baja tensión, instalados en ambientes cerrados sean en casetas sobre el nivel del suelo o bajo las aceras y que son comunmente llamadas cámaras de transformación.

Todo este tipo de red está oculto a la vista de la gente, desde su punto de iniciación, o sea, que desde el disyuntor general - montado en una cabina de una subestación, sale el primario de alta tensión, que alimentará en su recorrido a varios transformadores instalados en las cámaras de transformación, con cables de aislamiento apropiado para la tensión normalizada por la Empresa (6.3 KV, en el caso de Quito) y para ser enterrados directamente en el suelo, en el caso de aceras y en tubos o ductos de cemento en el caso de cruce de calzadas o en los sitios en los que haya paso de vehículos. Debemos anotar que las uniones de estos cables deben reunir, especial

les para ser enterrados directamente en el suelo.

También los equipos de protección de alta tensión, baja tensión y alumbrado público, transformadores, terminales de cables y demás accesorios que forman la cámara de transformación, tienen que tener una construcción especial para interior en donde se tenga temperaturas altas, poca ventilación, etc., debemos anotar que la ventilación es necesaria. Anotaremos también que para la instalación de cámaras de transformación, se utilizan equipos sumergibles, de acuerdo a las necesidades dadas por el diseño general de la red, pero que se las trata de evitar por el precio considerable que estas tienen.

Los cables de baja tensión que partiendo de los transformadores de distribución, en su recorrido alimentan a los consumidores, son como los de alta tensión, con aislamiento adecuado para ser enterrado directamente en el suelo, pero para una tensión, en el caso de Quito, 210 voltios entre fases y 121 voltios de fase a neutro. Las acometidas de baja tensión para servicio de los clientes, también son subterráneas, trifásicas y con cables de igual características que los de baja tensión y son conectados a éstos, con una derivación o empalme en "T" especial. Para la instalación de la red de alumbrado público, se utilizan cables con aislamiento de iguales características, a los que se instalan en la red de baja tensión.

III.- VENTAJAS DE LA RED SUBTERRANEA.

Muchas son las ventajas que tiene la instalación de la red subterránea, para la distribución de la energía eléctrica, que hace una Empresa encargada de este negocio, entre los consumidores o clientes, pero de estas analizaremos a continuación cuatro, que creo son las principales: Ornamento de la Ciudad, seguridad para habitantes y trabajadores, gran capacidad de carga instalada y disminución de fallas.

a).- ORNATO:

Al recorrer una ciudad con instalaciones eléctricas subterráneas, como las hay en el centro y varias urbanizaciones de Quito, se puede apreciar que estas instalaciones no se las vé, y por lo tanto en los edificios se puede mirar sus fachadas, sin que varios alambres o conductores obstaculicen la visión, no existe los transformadores instalados en los postes, que forman una estructura de mal aspecto en la ciudad, ya que estos son instalados en sitios o locales cerrados o bajo una acera. Por esto las instalaciones subterráneas brindan una gran ayuda al ornato de la ciudad, especialmente comparandolas con las aéreas. Por todo lo expuesto los Municipios en sus Ordenanzas, exigen que se monten este tipo de redes, en las urbanizaciones de primera clase y por esto también las Em -

presas Eléctricas de Quito y de otras ciudades del Ecuador las han instalado y continuarán haciéndolo en los lugares de primera importancia.

b).- SEGURIDAD:

Otra de las grandes ventajas que tienen la instalación de las redes motivo del presente trabajo, lo encontramos en el aspecto seguridad, ya que estas producen una disminución considerable de accidentes, especialmente entre los ciudadanos que muy difícilmente podrían ponerse en contacto con cables o equipos que tengan corriente eléctrica, especialmente de alta tensión. Al tener conductores generalmente desnudos, cerca de una ventana, como hay en la red aérea de distribución eléctrica, es muy fácil que se llegue a ponerse en contacto con ellos, pero en las instalaciones subterráneas es muy difícil, ya que son aislados, enterrados con la protección de un ladrillo, o instalados en ductos, a lo largo de todo un recorrido, que hace que la persona que abra un hueco tenga más cuidado al encontrarlo.

También para el personal que trabaja con ellas ofrece seguridad siempre que se cumplan varios requisitos que indico a continuación:

- 1.- Al instalar las redes se debe hacer un plano exacto del recorrido de los cables.

- 2.- Que se normalice las profundidades a las que se deben enterrar los cables y si el caso lo requiere se indique en forma exacta y clara en los planos la profundidad a la que se encuentran los cables.
- 3.- Que la instalación de los cables se realice siguiendo las normas de la E.E.Q.S.A., de la siguiente manera: al fondo de la zanja sobre una capa de arena amarilla y a una profundidad de por lo menos ochenta centímetros se tienden los conductores de alta tensión, luego viene una capa de arena y sobre esta un ladrillo que cubra completamente al cable, sobre este ladrillo se pone una capa de arena, para que los cables de baja tensión y alumbrado público se asieten en ella, sobre los cables irá una capa de arena, un ladrillo, para luego tapar la zanja con tierra.
- 4.- Que el personal que trabaja con estas instalaciones las conozca en la mejor forma.
- 5.- Que las cámaras de transformación, todos los equipos terminales de cable y cables, tengan una adecuada puesta a tierra.
- 6.- Que el personal tenga una buena instrucción sobre las normas de seguridad, que se deben observar fielmente, como son el uso de pétigas, guantes, cascos etc.

c).- CAPACIDAD:

Una ventaja fundamental en el aspecto eléctrico se consigue al *dr*

instalar las redes subterráneas y es la mayor capacidad, que se tiene en cables, transformadores, para poder servir mayores demandas de energía de los clientes, en comparación con las instalaciones aéreas.

La red de distribución de baja tensión, que provee directamente al consumidor de energía eléctrica, puede ser instalada con cables de diámetros mayores que los aéreos y por lo tanto tienen mayor capacidad de conducción de corriente, a más de esto los cables de un diámetro relativamente grande como el 4/0 a más, pueden ser más fácilmente tendidos en zanjas que en postes en forma aérea, ya que por su peso se necesitan estructuras muy fuertes, que a más de dar un mal aspecto a la ciudad, ocupan mucho espacio. Por el mayor calibre de conductores se puede servir, directamente desde la red de baja tensión, cargas considerables, que en la red aérea requerirían de un transformador independiente.

Cuestión más

Los transformadores de una red subterránea son de mayor capacidad que los de la aérea, ya que por su peso no se los puede instalar en postes; además el número de transformadores es menor que en la red aérea, ya que para servir una área que requeriría unos 300 KVA, podemos instalar un sólo transformador, en la aérea se deberían instalar tres de 100 KVA.

|

Para la industria es aún más ventajoso la instalación de la red subterránea, ya que por la cantidad de energía que requieren, se necesita un transformador de capacidad elevada y estos a más de ser de considerable volúmen, necesitan de una excelente protección, que pueden dar equipos como los disyuntores, que no son pequeños y no se los puede montar en postes, ya que sería necesario hacer una estructura complicada y que tendría que estar alejada de la fábrica por protección del personal y del equipo, en cambio en una instalación subterránea, a más de las consideraciones anteriores, se evita los accidentes para el personal que labora en la fábrica ya que los cables son aislados y el transformador y equipo está alojado en un lugar cerrado, y a más de esto la energía eléctrica está localizada en el centro de carga o muy cercano a él, lo que favorece al mejor trabajo de motores y otros equipos instalados en la fábrica, ya que no tendrían una considerable caída de tensión.

d).- FALLAS:

Otra de las grandes ventajas de éstas instalaciones es la disminución considerable de fallas en comparación con las que se producen en las instalaciones aéreas, ya que, los conductores y equipos, no están a la intemperie y por lo tanto disminuyen considerablemente los motivos de fallas. En la Red aérea, las líneas pueden ser cor

tadas por la caída de una rama o un árbol, por el choque de vehículos en los postes que la sostienen, además son fácilmente accesibles para que sean cortocircuitadas al toparlas con un alambre o una varilla de hierro, o al enredarse un hilo de una cometa, que con la lluvia se hacen conductores de corriente eléctrica, etc., otro daño que se tiene comunmente en la red aérea es la rotura de los aisladores por diversas y variadas razones, en general hay innumerables motivos que ocasionan fallas en las redes de distribución aérea. En cambio en las redes subterráneas las fallas se producen por ejemplo, al picar un cable, lo cual no es muy común, ya que los cables están enterrados y llegar a ellos requiere de algún trabajo mayor, así como es te hay otros motivos, pero que no son comunes.

Por las razones expuestas, se ve que la instalación de las redes subterráneas dan una gran utilidad, para que el servicio que ven de una Empresa Eléctrica, tenga la mayor continuidad. Además la experiencia indica que las fallas que se presentan en la red aérea son en mucho mayor número que las que se presentan en red subterránea. Debemos aclarar eso si, que el encontrar y reparar una falla en la red aérea, es más fácil que en la red subterránea, esto principalmente en nuestro País, ya que las Empresas Eléctricas, no tienen aparatos adecuados que detecten las fallas de un cable en una forma rápida.

da y sencilla, como los hay en otras naciones. En cuanto al arreglo de la falla, en la red subterránea, no es rápida ni sencilla ya que hay que tender nuevos cables o hacer uniones, que requieren de varias horas para realizarlo. ✓

Los puntos que hemos analizado anteriormente, como ventajas que tienen las instalaciones motivo de esta tesis, son los principales y los que hacen que actualmente se las prefiera para los sitios de gran importancia en una ciudad, pese a que el precio es mucho mayor que el de las instalaciones aéreas. ✓

IV.- PLANIFICACION DE REDES ELECTRICAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

En la planificación de una red de distribución subterránea, se deben poner las bases necesarias, para que el diseño de las redes y la construcción de las mismas sean bien realizadas. Analizando los requisitos que la zona a electrificarse debe cumplir, para sentar las bases, con la asignación de las cargas, tipo de materiales, tipo de la red y diseño de las cámaras de transformación que se deben utilizar.

a).- REQUISITOS:

Para la planificación de este tipo de redes, se estudia si la zona en las que se instalará, reúne los requisitos siguientes:

- 1.- Si la Empresa proveedora de energía eléctrica está en posibilidad de atenderla, por esto, si es una compañía particular, la que se encargará del proyecto en una zona, debe enviar una comunicación a la Empresa Eléctrica respectiva, pidiendo disponibilidad de servicio, la Empresa por su parte estudiará la planificación general de redes, y en base de este estudio indicará si se puede o no hacer la instalación.
- 2.- Que la zona a electrificarse, sea de primera importancia comercial o residencial, o que la Ordenanza Municipal, de acuerdo con la Empresa Eléctrica, indique que la zona es de primera clase y que por

lo tanto se debe instalar redes subterráneas para la distribución de energía eléctrica.

3.- Que los edificios comerciales o residenciales, que se construyan en esa zona, tengan una demanda de energía fuerte, o que el ornato así lo requiera. Iguales razones nos harían cambiar el tipo de redes en zonas con edificios ya construidos.

4.- Que la zona sea limitada y lotizada.

b).- ASIGNACION DE CARGAS:

Un punto fundamental en la planificación de redes de cualquier tipo, es la asignación de cargas, ya que es la base para entrar en el diseño de las redes. Si la asignación de cargas es bien realizada el diseño y construcción bien hecho, las redes servirán para el efecto para el cual se las requería. La asignación de cargas se realiza como se indica a continuación:

1.- En una zona sin electrificación

Para la asignación de cargas en esta zona se debe estudiar de acuerdo a la Ordenanza Municipal:

1-a.- El tipo de edificios que van a construir.

1-b.- El número de metros cuadrados de los lotes.

1-c.- La ubicación del lote, ya que a los lotes que tienen frente a una avenida o calle principal, o a los esquineros se

les asignará mayor carga. Con estos puntos la determinación de la demanda por zonas:

- 1.- Zona especial: Esta es una zona mixta comercial y residencial con concentración de carga y demanda alta.
- 2.- Zona de primera: Pertecene al sector a la zona residencial con gran demanda simultánea, generalmente pertenecen a este grupo - personas pudientes económicamente

Para cada una de estas categorías se ha establecido:

- a: La carga instalada unitaria media.
- b: La máxima demanda unitaria a la hora de mayor consumo residencial.
- c: Factor de diversidad para un grupo de 30 clientes.
- d: La máxima demanda unitaria coincidente para grupos de 30 usuarios a la hora de mayor consumo residencial.
- e: Igual que d, con 25%.
- f: Para cálculo de conductores, los KVA unitarios, a base de grupos de 10 usuarios.
- g: Los KVA para la determinación de la capacidad nominal de los transformadores de distribución, tomando en cuenta una posibilidad de sobrecarga del 20% en dos horas.

La demanda coincidente total de baja a alta tensión de una zona dividida para el área de la zona, nos proporciona la unidad de carga

en esa zona, que se expresaría en VA/m².

En igual forma, la demanda coincidente de grupo por lote dividido para los metros de frente promedio de lote, nos dará otra cifra que normalmente la utilizamos para el cálculo, los VA/ m. de acera y se multiplica por 2, se obtiene los VA/m., con cualquiera de las cifras se podrá determinar el área a servirse por subestaciones y ubicarlas adecuadamente.

Zona especial:

a: 60 KVA que se descomponen así:

Alumbrado 5.0 KVA

Plancha 3.0 KVA

Calentador de agua 3.0 KVA

Cocina 30.0 KVA

otros 19.0 KVA

b: 15.40 KVA

c: 5.0 KVA

d: 7.04 KVA

e: 8.80 KVA

f: 11.0 KVA

g: 8.80 KVA

Zona primera:

a: 25.6 KVA que se descomponen así:

Alumbrado 3.20 KVA

Plancha 1.60 KVA

Calentador de agua 2.40 KVA

Cocina 16.00 KVA

otros 2.40 KVA

b: 8.8 KVA

c: 4.0 KVA

d: 3.2 KVA

e: 4.0 KVA

f: 4.8 KVA

g: 4.0 KVA

2.- En una zona que se cambiará o reforzará la red

Si es una zona construida con redes aéreas y que se requiere cambiarlas a subterráneas, con una razón justificada; o si es una red subterránea, que se necesita rectificarla por incrementos de carga no provistos por la actual red; la asignación de cargas se hará así:

2a.- Realizando un censo de carga, el que se lo puede ejecutar siguiendo los dos métodos siguientes:

2a1.- Por medio de las cartas de consumo mensual de todos los abonados, que existan en la zona, las cuales se obtiene de las lecturas mensuales de los medidores, con esto tenemos que los

KVA reales consumidos o la demanda actual. Debemos anotar que , es necesario tener los datos de consumo de un año para tomar el promedio total de toda la carga, a este total se aumentará un 20% que servirá para futuros incrementos.

2a2.- También podemos encontrar la carga total máxima de la zona, haciendo un censo de todas las cargas que tengan o puedan instalar los clientes servidos dentro de los límites de la zona en la que se modificará las redes, con lo que tendría la carga máxima que puede estar instalada en la zona. A esta carga la incrementamos en un 10% a 15%, para tener una reserva.

2b.- También podemos encontrar la carga máxima existente en la zona, tomando las lecturas de corrientes de todos los transformadores instalados, dentro de los límites de la zona a cambiarse de redes, en la hora pico, estas lecturas se deben tomar en varios días del mes, que por experiencia, se tenga el mayor pico de carga en el año. Las Lecturas se sumarán cada día y se sacará un promedio, a este dato, incrementaremos un 10 a 15% para ~~reserva~~ futura.

Con lo indicado en los dos casos analizados, llegaremos a tener los KVA totales necesarios, para poder realizar el diseño de las redes.

c).- TIPO DE MATERIALES:

Teniendo los KVA necesarios para servir la zona motivo de la pla

nificación, se escogerá:

c1.- Los tipos de cables de alta y baja tensión y los de alumbrado público, que se utilizarán en la construcción de la red.

c2.- El tipo de transformador y su capacidad de acuerdo a los KVA, que requiera la zona, debemos anotar que la capacidad de los transformadores, pueden sufrir variación de acuerdo a las necesidades del diseño.

c3.- El tipo de los equipos de protección de alta y baja tensión y los del accionamiento del alumbrado público.

c4.- El tipo de postes.

c5.- Luminarias necesarias para el alumbrado público.

Debemos anotar que en los puntos anteriores, se debe seguir , las regulaciones que mantiene la Empresa suministradora de energía para estas instalaciones.

c6.- El tipo de cámaras de transformación y cajas de interconexión, de acuerdo a los equipos que alojarían. Si la Empresa no tiene diseñado varios tipos de cámaras de transformación standard, se procederá al diseño respectivo de las mismas.

V.- ANALISIS DE VARIOS TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCION.

Para analizar los diversos tipos de redes que podemos diseñar en la distribución de energía eléctrica, debemos dividir la red en dos partes principales, que son:

1.- SISTEMA PRIMARIO:

Es aquella parte de la red de distribución, que vá desde las subestaciones hasta los transformadores de distribución, llamado comunmente red de alta tensión y se compone de los llamados circuitos primarios, alimentadores primarios o simplemente alimentadores (feeders). Un circuito primario se compone de un cable generalmente trifásico, principal o troncal, del cual dependen o pueden haber derivaciones o circuitos laterales y de estos pueden haber circuitos sublaterales, los circuitos laterales y sublaterales pueden ser trifásicos o monofásicos, pero el circuito principal siempre deben ser trifásicos, a todos estos circuitos se unen los transformadores de distribución a travez de fusibles, estos pueden ser de tres fases o de dos fases. Anotando que en Quito solo se utiliza la red trifásica para la distribución subterránea de la energía eléctrica, a excepción de las redes especiales para alumbrado público que pueden ser monofásicas.

2.- SISTEMA SECUNDARIO:

Que es aquella parte de la red de distribución que va desde los circuitos primarios hasta el punto de alimentación de los clientes. Consta de los transformadores de distribución, los circuitos secundarios, acometidas a los clientes y contadores o medidores de KWH. Debemos anotar que hay casos especiales en los que se omite los circuitos secundarios, ya que, desde el transformador se hace la acometida directamente para el cliente.

En las redes de distribución subterráneas, los circuitos secundarios y acometidas de baja tensión, según las normas que mantiene la Empresa Eléctrica Quito, son trifásicos aún cuando el cliente no utilice la trifásica. El voltaje secundario que mantiene la Empresa de Quito, es de 210/ 121 voltios.

Con estas consideraciones anotadas entraré directamente al análisis y estudio de los diversos tipos de redes, en cuanto al diseño.

a).- **RADIAL SIMPLE:**

Tanto en el sistema primario, como en el secundario, este tipo de redes es el que tiene un sólo camino de suministro de energía eléctrica, o sea que la parte primario va directamente desde la subestación a los transformadores de distribución, sin que estos tengan la posibilidad de otra alimentación; en la parte del sistema secundario, la corriente eléctrica va desde el transformador de

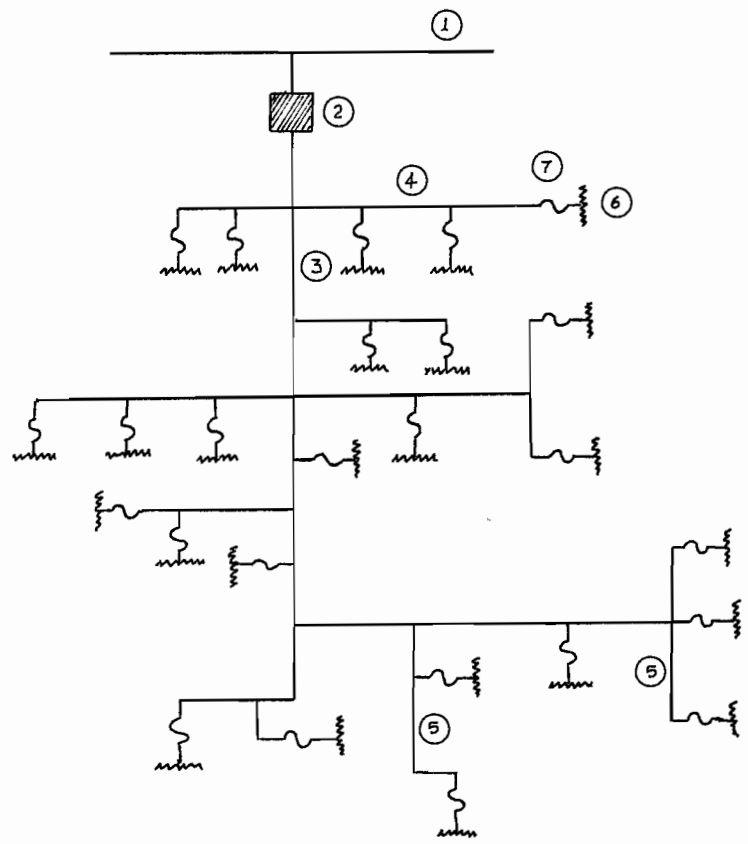
distribución, al punto de alimentación del cliente. Para una mejor visualización de este tipo de redes, ver los gráficos 1 y 2.

Debemos anotar que el sistema radial simple es el que tiene el menor costo inicial y su mantenimiento y operación es muy sencillo y económico.

La corriente es máxima a la salida de la subestación y va disminuyendo a medida que se alimentan los transformadores o se derivan los primarios laterales o sublaterales y por esto según la corriente disminuye, se puede disminuir el calibre del conductor del alimentador, pero como el factor predominante es la caída de tensión y no la capacidad de conducción de la corriente, el alimentador en todo su recorrido se mantiene con un sólo calibre y solo los circuitos laterales, son de un diámetro de conductor menor, el conductor del primario se lo debe calcular para toda la capacidad en transformadores que tenga el sistema, con una caída de tensión de 1% al final de la línea, los ramales laterales y sublaterales, se calcularán de acuerdo a la capacidad de los transformadores que alimentan, con la misma condición de caída de tensión del circuito principal.

En el sistema secundario se siguen los mismos conceptos que en el primario, pero teniendo en cuenta que la máxima caída de tensión admisible, debe ser el 3% al final de la línea.

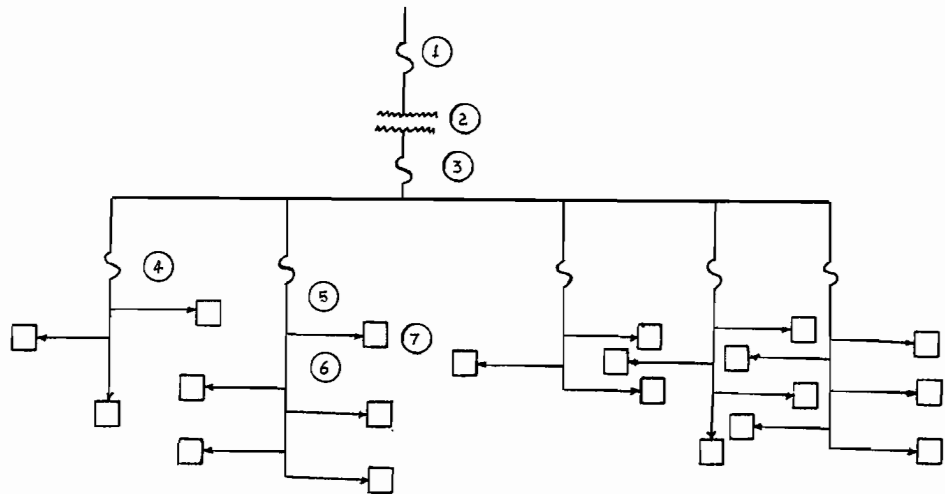
FIG-1



- ① BARRAS DE SUBESTACION
- ② DISYUNTOR
- ③ ALIMENTADOR PRINCIPAL
- ④ CIRCUITO LATERAL
- ⑤ CIRCUITO SUBLATERAL
- ⑥ TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.
- ⑦ FUSIBLES

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
RED RADIAL SIMPLE	
SISTEMA PRIMARIO	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG 1
APROBO	FECHA

FIG-2



- ① FUSIBLE DE A.T.
- ② TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- ③ FUSIBLE DE B.T. GENERAL
- ④ FUSIBLE DE B.T. PARCIAL
- ⑤ CIRCUITO SECUNDARIO
- ⑥ ACOMETIDA DE B.T. DIRECTAMENTE PARA SERVICIO DEL CLIENTE.
- ⑦ MEDIDOR DE K.W.H.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
RED RADIAL SIMPLE	
SISTEMA SECUDARIO	
PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG 2
APROBO	FECHA

El sistema radial simple en distribución tiene un defecto básico, el cual es que tiene solo un punto de alimentación y por lo tanto una falla en este sistema, acarrea la falta de servicio a muchos clientes, como se demuestra en el gráfico 3a y 3b. La coordinación de fusibles en forma adecuada en este sistema es fundamental, para que una falla afecte al menor número de clientes.

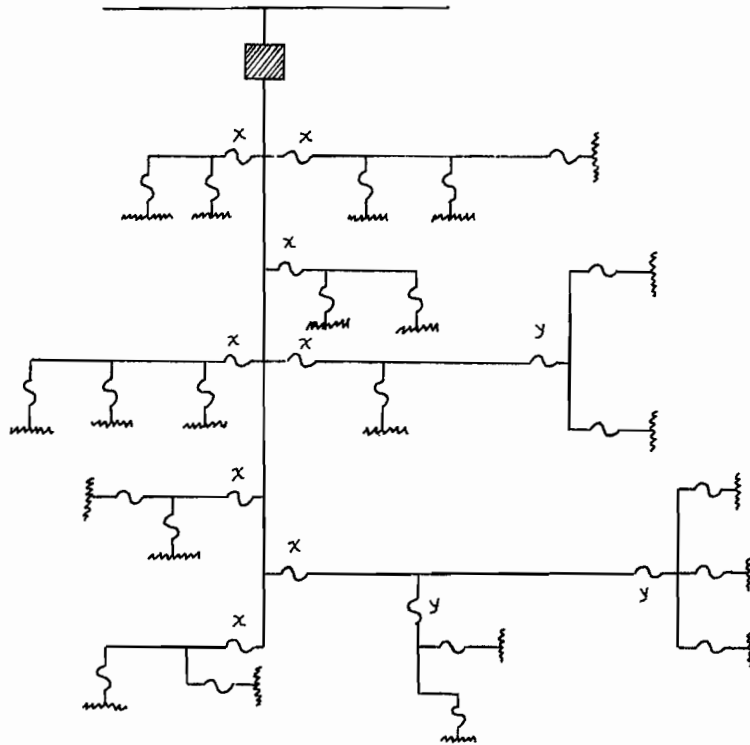
Es necesario anotar, que en todo diseño de una red de distribución eléctrica, se debe tener en cuenta dos puntos principales que, son la continuidad y la calidad de servicio lo cual no se consigue adecuadamente en este sistema.

b).- RADIAL CON CIRCUITO DE ENLACE:

Este sistema es el mismo radial simple, pero en el que se han introducido una mejora notable, la cual es instalar circuitos de enlace entre alimentadores adyacentes en diferentes puntos a lo largo de los primarios, con lo cual se mejora las condiciones de servicio la conexión de estos circuitos de enlace se hace mediante suiches - desconectores, los que permanecen normalmente abiertos, como se - demuestra en los gráficos 4a y 4b.

Este sistema requiere que el cálculo de los alimentadores, se los debe hacer preveyendo que, si sucede una falla en un primario o alimentador adyacente, el que queda con servicio, puede tomar to-

FIG. 3-A



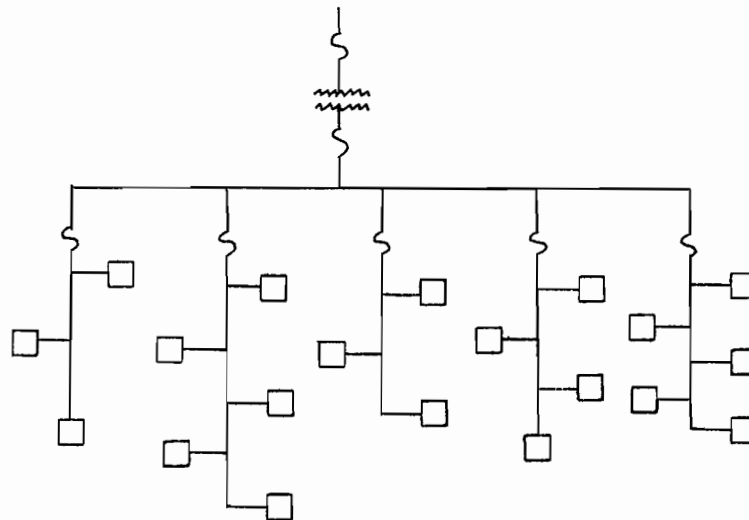
- 1 DERIVACIONES DE LOS CIRCUITOS LATERALES Y SUBLATERALES SIN FUSIBLES NI SECCIONADORES DE BARRA
- UN DAÑO EN CUALQUIER PUNTO DE LOS ALIMENTADORES PRINCIPAL, LATERAL O SUBLATERAL O EN EL DISYUNTOR, TODO EL SECTOR QUEDA SIN SERVICIO HASTA ARREGLA LA FALLA (VER FIG. 1)
- 2 DERIVACIONES DE LOS CIRCUITOS LATERALES O SUBLATERALES CON FUSIBLES.
 - A FALLA EN EL DISYUNTOR O EN EL FEEDER, TODA LA ZONA QUEDA SIN SERVICIO.
 - B FALLA EN UN CIRCUITO LATERAL SI HAY UNA ADECUADA COORDINACION DE FUSIBLES SE DEBEN QUEMAR EL FUSIBLE "X" CORRESPONDIENTE AL TRAMO FALLOSO, QUEDANDO SIN SERVICIO SOLAMENTE LOS ABONADOS CONECTADOS A LOS TRANSFORMADORES DE ESTE TRAMO.
 - C SI LA FALLA SE PRESENTA EN UN CIRCUITO SUBLATERAL SE DEBE QUEMAR EL FUSIBLE "Y" CORRESPONDIENTE.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELÉCTRICA
TESIS DE GRADO

FALLAS EN LA RED RADIAL SIMPLE
SISTEMA PRIMARIO

PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG 3-A
APROBO	FECHA

FIG. 3-B



- ① UNA FALLA EN EL TRANSFORMADOR GENERAL SE QUEMA EL FUSIBLE DE A.T. Y TODO QUEDA SIN SERVICIO
- ② UNA FALLA O SOBRECARGA EN UN CIRCUITO SECUNDARIO SE DEBE QUEMAR EL FUSIBLE PARCIAL CORRESPONDIENTE Y QUEDA SIN SERVICIO EL CIRCUITO FALLOSO
- ③ UNA FALLA EN UNA ACOMETIDA DE B.T. SE QUEMA EL FUSIBLE PARCIAL CORRESPONDIENTE AL CIRCUITO SECUNDARIO EN EL CUAL ESTA LA ACOMETIDA

NOTA: ES NECESARIO QUE LOS FUSIBLES ESTEN PERFECTAMENTE CALIBRADOS Y EL CALCULO DE LA RED SEA BIEN REALIZADO.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

FALLAS EN LA RED RADIAL SIMPLE
SISTEMA SECUNDARIO

PROYECTO

ESC

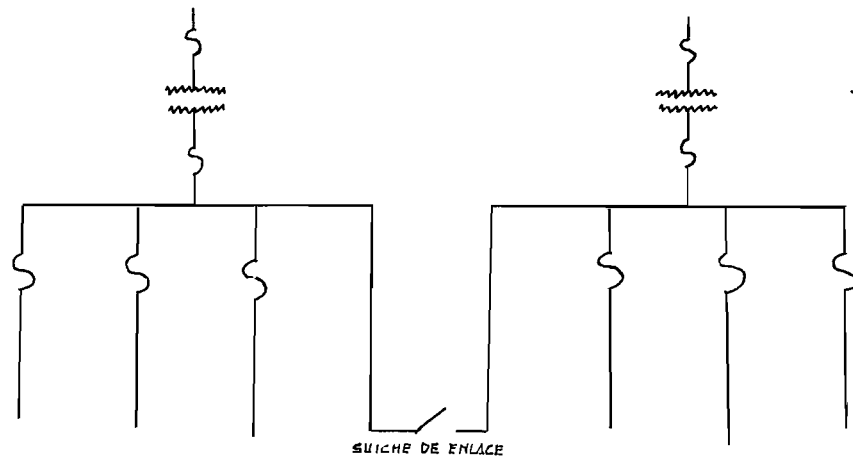
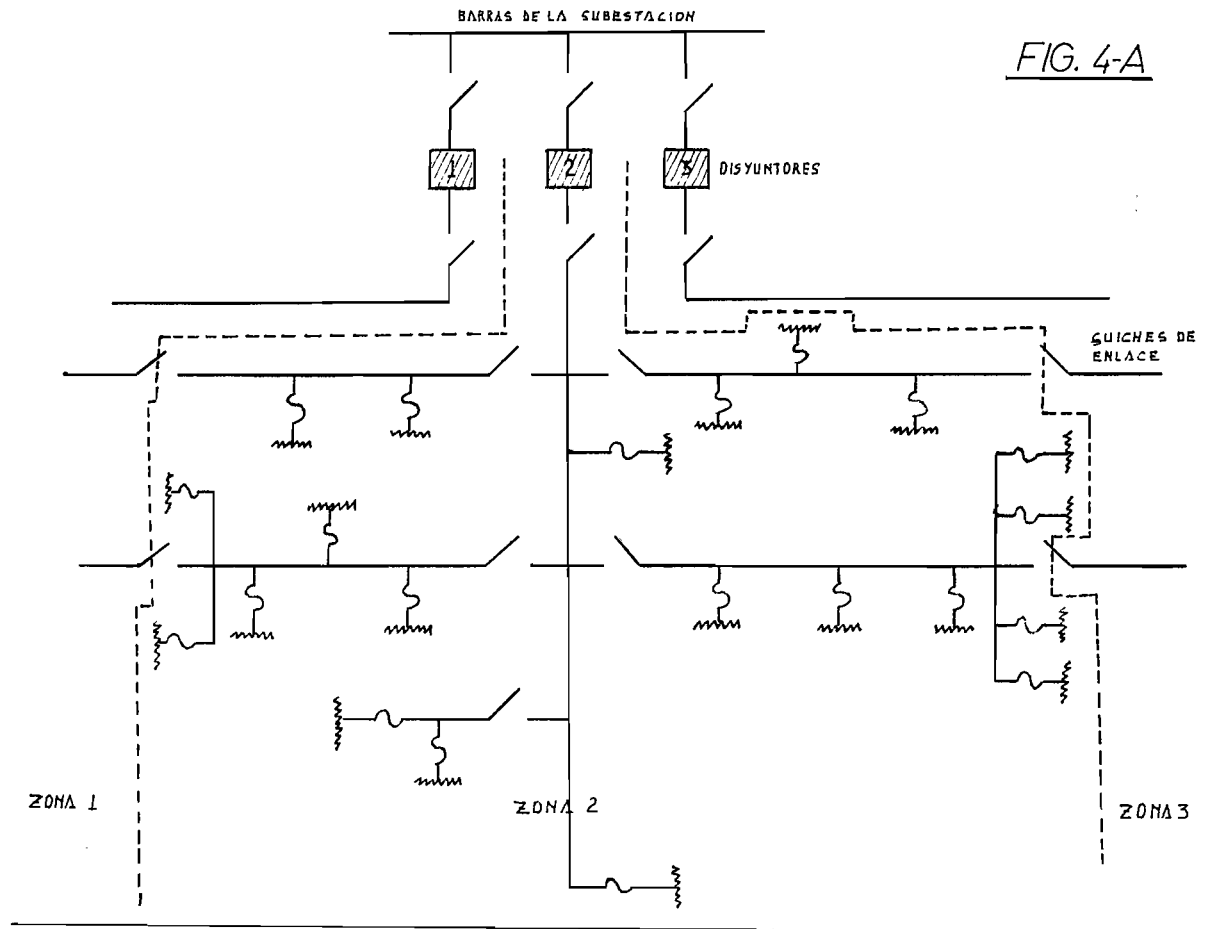
DIBUJO

REVISO

FIG 3-B

APROBO

FECHA



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO
 SISTEMA RADIAL CON CIRCUITOS
 DE ENLACE

PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG 4-A — 4-B
APROBADO	FECHA

da la carga, correspondiente al sistema falloso, cuidando además, que no haya caída de tensión excesiva o inadmisibles al extremo de la red en estos casos de emergencia, además, no se deben producir desbalanceamientos excesivos de las fases, bajo las condiciones de transferencias y debe en el sitio de enlace conservarse el paralelo.

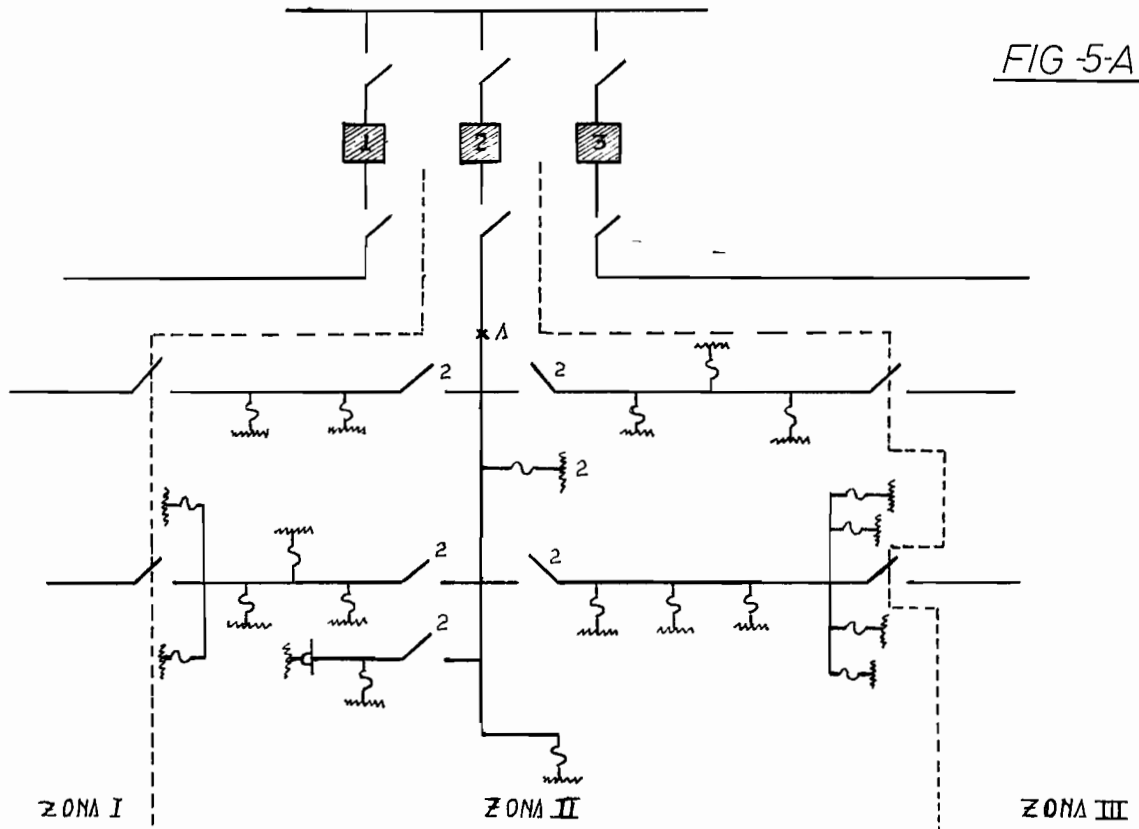
Debemos anotar que para un mejor funcionamiento de este sistema, es necesario tener de uno a cuatro puntos de enlace entre dos alimentadores.

Para una mejor explicación de la operación en caso de falla en este sistema, en los gráficos 5a y 5b, veremos algunos tipos de fallas y las operaciones que se deben realizar para un pronto restablecimiento del servicio.

En el sistema secundario, también podemos tener circuitos de enlace, pero entre dos transformadores con las condiciones siguientes:

- 1) Que el circuito de enlace sea dimensionado, para soportar la carga del transformador, que queda fuera de servicio.
- 2) Que no haya una caída de tensión excesiva, al extremo de la línea en el caso de emergencia.
- 3) Que el transformador que toma la carga del otro en caso de falla no se sobrecargue, hasta ponerse en peligro de quemarse.
- 4) Que no haya desequilibrio de fases.

FIG 5-A



- ① FALLA A: SE ABRE EL DISYUNTOR 2, QUEDANDO TODA LA ZONA II SIN SERVICIO, PARA RESTABLECER EL EL SERVICIO, OPERAMOS EN LA SIGUIENTE FORMA: ABRIMOS LOS SECCIONADORES 2 Y CERRAMOS LOS SUICHES DE ENLACE, SIEMPRE QUE ESTOS SEAN PARA OPERAR CON CARGA, SI NO SON ASI, DEBEMOS DESCONECTAR LOS DISYUNTORES 1 Y 3 ANTES DE OPERAR LOS SUICHES DE ENLACE, OPERADOS ESTOS DEBEMOS VOLVER A CONECTAR LOS SUICHES 1 Y 3, CON LO QUE QUEDA RESTABLECIDO EL SERVICIO EN LA ZONA II A EXCEPCION DE LOS TRANSFORMADORES II CONECTADO DIRECTAMENTE AL FEEDER PRIMARIO.
- ② Si LA FALLA OCURRE EN UN CIRCUITO LATERAL O SUBLATERAL, OPERAMOS EL CIRCUITO COMO EN EL CASO DE RADIAL SIMPLE.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

SISTEMA PRIMARIO

PROYECTO

EJC

DIBUJO

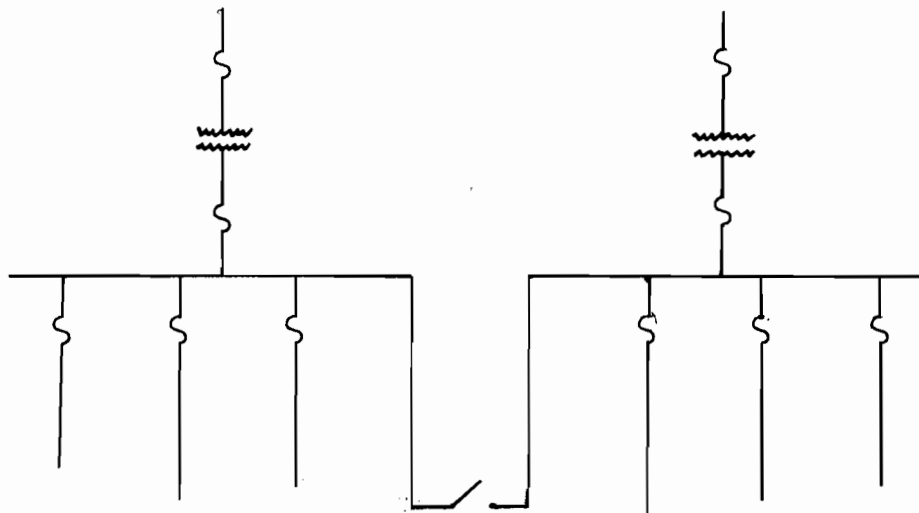
REVISO

FIG: 5-A

APROBO

FECHA

FIG -5-B



- ① AL PRODUCIRSE UNA FALLA EN UNO DE LOS DOS TRANSFORMADORES, O EN LA ALIMENTACION EN A.T. A UNO DE ESTOS, PARA RESTABLECER EL SERVICIO, ABRIREMOS LOS FUSIBLES DE A.T. Y B.T. DEL TRANSFORMADOR Y CERRAREMOS EL SUICHE DE ENLACE, CON LO QUE SE RESTABLECERÁ EL SERVICIO
- ② SI LA FALLA OCURRE EN UN CIRCUITO SECUNDARIO O EN UNA ACOMETIDA, SE QUEMARAN LOS FUSIBLES CORRESPONDIENTES A ESTE RAMAL Y SOLO PODREMOS RESTABLECER EL SERVICIO, CUANDO SE ARREGLE LA FALLA.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

SISTEMA SECUDARIO

PROYECTO

eJC

DIBUJO

REVISO

FIG 5-B

APROBO

FECHA

5) Que los fusibles estén adecuadamente dimensionados.

c).- ALIMENTADOR EXPRESO HASTA EL CENTRO DE CARGA:

En el sistema primario, también podemos considerar el tipo de red que se denomina " Alimentador expreso hasta el centro de carga", el cual lo analizaremos a continuación

Aún cuando, este sistema no es utilizado en la construcción de redes subterráneas, por el alto costo que ocasionaría llegar con un primario al centro de carga, lo estudiamos porque se puede utilizar en redes mixtas construyendo el alimentador expreso con red aérea.

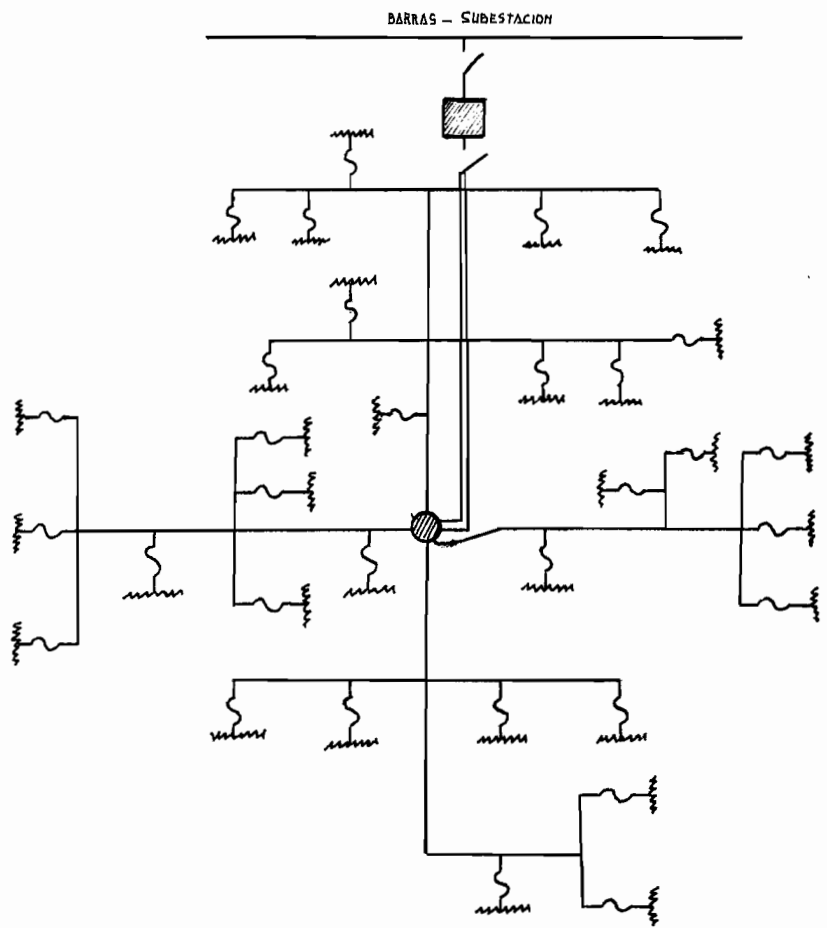
Fundamentalmente consiste este sistema, en llevar desde la sub estación, un primario troncal hasta el centro de gravedad de la car ga, en la zona materia del diseño y desde este punto se distribuye en cuatro ramales, uno de estos regresa a la subestación, debemos - anotar que en el primario troncal, no se conecta ningún transforma- dor de distribución

En el gráfico 6, se indica la red de distribución primaria con este tipo de diseño.

Este sistema se aplica en zonas ya formadas y edificadas, en tal forma que, el centro de carga sea estable. Además este sistema es útil, cuando la subestación está fuera de la zona a electrificar se y no hay cargas importantes cercanas a la subestación. Se puede

001629

FIG.- 6



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
ALIMENTADOR EXPRESO HASTA EL CENTRO DE CARGA	
PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG: 6
APROBADO	FECHA

utilizar este sistema en zonas de densidad de carga media, como en zonas residenciales de primera clase o en comerciales ligeras.

Las principales ventajas de esta red son:

- 1) Permite servir una zona más extensa que el sistema radial sin expreso.
- 2) Se puede tener un voltaje más alto en la subestación, con lo que la regulación en los ramales de distribución son menores.
- 3) Permite tener un ahorro en conductores.

Para terminar con el estudio de este sistema anotaremos que , en caso de falla se puede actuar con el sistema radial simple, indicando que si el expreso es el que falla nada se puede hacer para dar el inmediato servicio a una parte de la zona, sino que se dará servicio a toda la zona al arreglar la falla.

d) DISPOSICION EN AREAS POR FASE:

En el sistema primario de distribución eléctrica, el tipo de red denominado, " Disposición en áreas por fase ", se puede utilizar en zonas rurales o en netamente residenciales pero no es frecuente, más aún en red subterránea, no se los utiliza por la cual en Quito, no se ha construído redes de acuerdo a este diseño, pero como es un tipo de red lo indicaremos a continuación: este tipo de red consiste en asignar una fase desde el disyuntor de la subesta-

ción o desde un alimentador trifásico a una área de la zona que se va a electrificar, como se indica en los gráficos 7a y 7b.

Practicamente no le veo ninguna ventaja a este sistema, más bien tiene desventajas, ya que no se puede equilibrar las tres fases en la subestación, no se puede servir la demanda trifásica en cualquier punto sin hacer grandes cambios en el sistema y especialmente no es técnico y económico aplicarle a la red subterránea materia de este trabajo.

En cuanto a las fallas de orden eléctrico en este sistema tiene la desventaja de que no se puede restablecer el servicio, sino se elimina la falla, para permitir al disyuntor trifásico instalado en la subestación que pueda volver a conectarse. Aún si el disyuntor trifásico se reemplaza con tres monofásicos, desequilibraría toda la subestación, con los consiguientes problemas que esto acarrearía.

e) DISPOSICION RADIAL EN LAZOS:

En el sistema primario de distribución, encontramos otro tipo de diseño llamado " Disposición radial en lazos " que lo podemos describir en la siguiente forma: es un sistema radial que consta de dos circuitos primarios que parten desde la subestación y tienen posibilidad de conectarse en un punto lejano, desde la subestación los primarios pueden salir protegidos con uno o dos interruptores auto-

FIG. 7-A

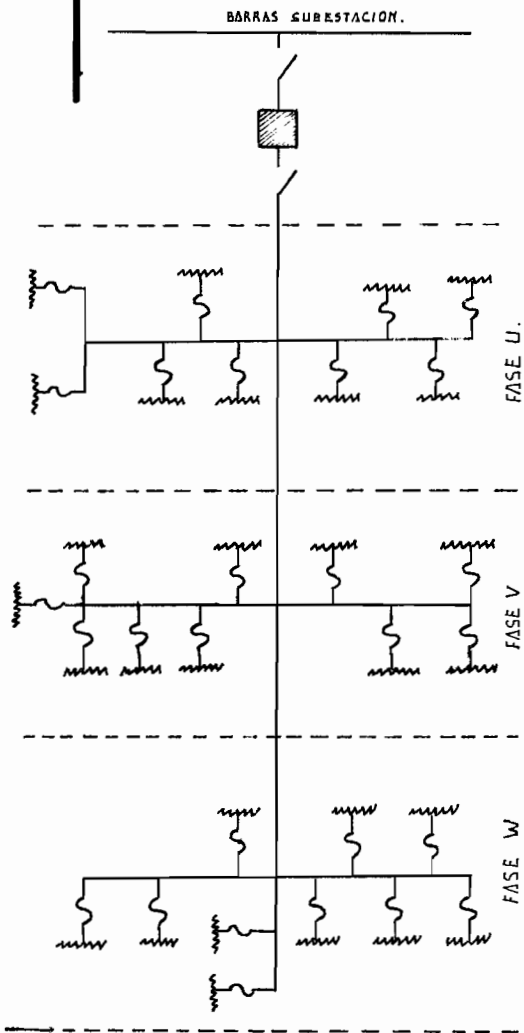
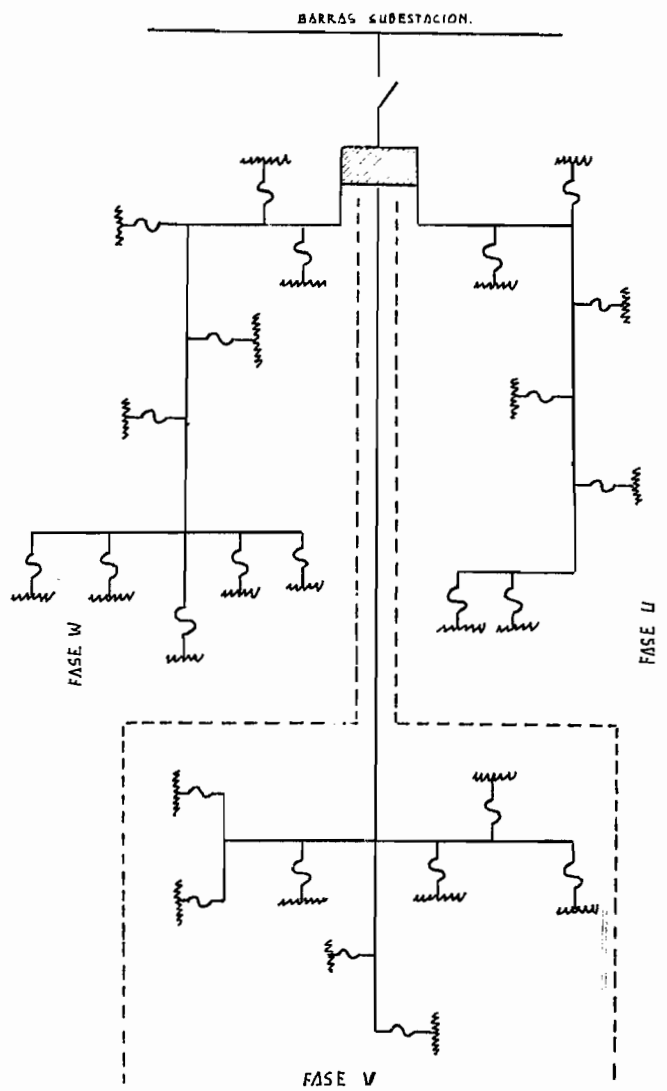


FIG. 7-B



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

DISPOSICION EN AREAS POR FASE

PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG 7-A -- 7-B
APROBADO	FECHA

máticos y se pueden interconectarse con suiches desconectadores o con un interruptor automático, que pueden estar abiertos o más común cerrados.

De los primarios troncales salen los circuitos laterales para cubrir toda la zona a la que se quiere dar el servicio de energía eléctrica. Debemos anotar que cada primario, debe estar diseñado para que pueda llevar su carga normal y la del otro circuito en caso de falla. Para aclarar estos conceptos consta en hoja aparte los gráficos 8a y 8b.

Este sistema se usa con mucha frecuencia en Urbanizaciones, pero con la siguiente variante: el lazo se forma con un circuito lateral del primario y no con primarios que salen directamente desde la subestación, este circuito lateral se une al primario, con reconectadores automáticos, seccionadores o fusibles, y en el punto de enlace se usan suiches seccionadores normalmente abiertos, cada transformador o grupo de transformadores de distribución se unen al circuito lateral con fusibles, debemos anotar que en general el circuito de enlace puede ser trifásico o monofásico, pero en la red subterránea solo se utilizan los trifásicos, esta variación del sistema queda indicada en el gráfico 9.

Para operar estas redes en caso de falla se actúa como se indica a

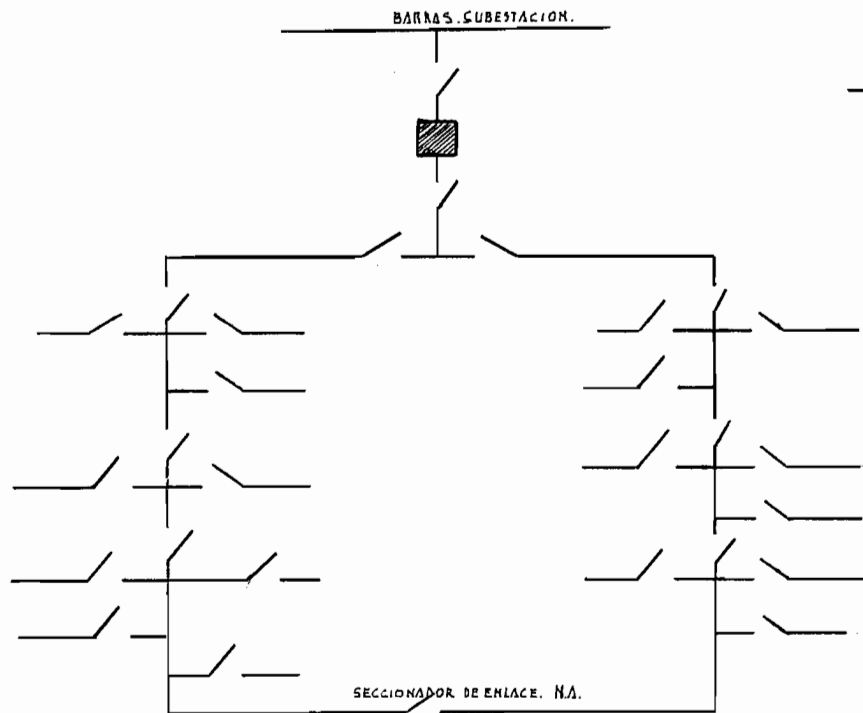


FIG. 8-A

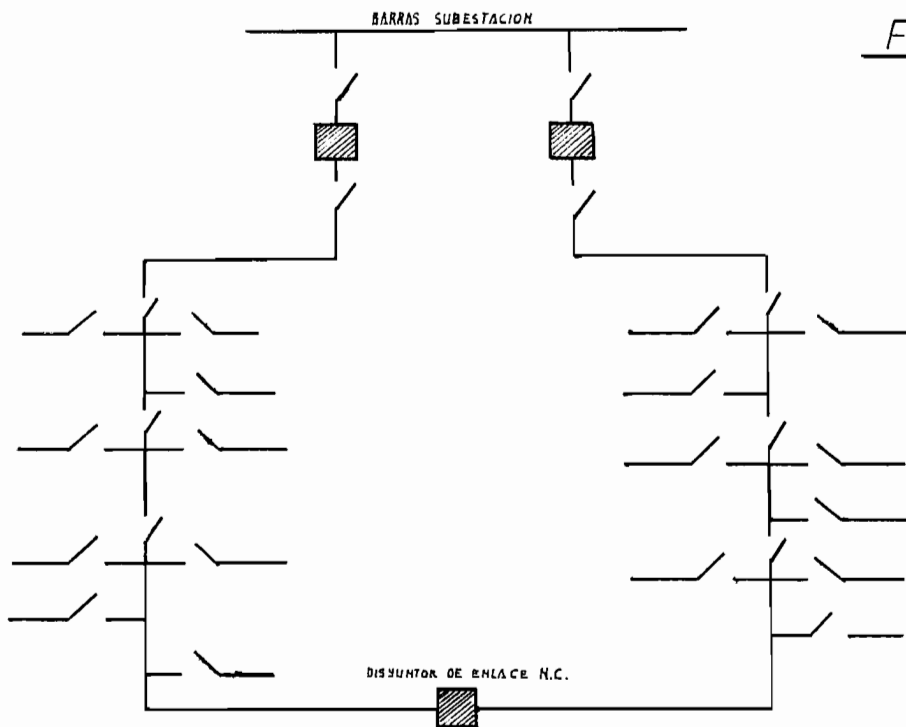
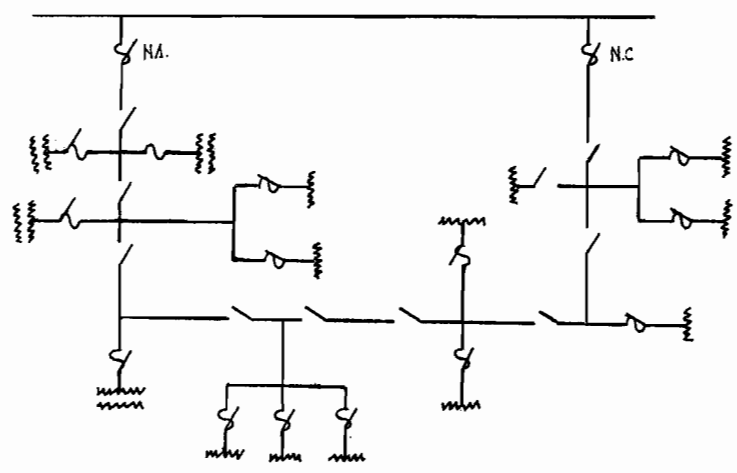


FIG. 8-B

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO	
<i>DISPOSICION RADIAL EN LAZOS</i>	
PROYECTO	εsc
DIBUJO	
REVISO	FIG: 8-A — 8-B

FIG.-9

CIRCUITO PRIMARIO



⊞ N.C. RECONECTADOR AUTOMÁTICO, SECCIONADOR O FUSIBLE NORMALMENTE CERRADO

⊞ N.A. RECONECTADOR AUTOMÁTICO, SECCIONADOR O FUSIBLE NORMALMENTE ABIERTO.

- ⌋ SECCIONADORES
- ⌋ FUSIBLES
- ⌋ TRANSFORMADOR.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
VARIANTE DEL SISTEMA RADIAL CON LAZOS	
PROYECTO	ejc
DIBUJO	
REVISO	FIG
APROBO	FECHA

continuación:

- 1).- Si se opera el sistema representado en el gráfico Ba, o sea el que tiene el lazo normalmente abierto, al producirse la falla, el disyuntor automático de la subestación se abre y toda la zona queda sin servicio, para restablecerlo, se localiza la falla, se abre los seccionadores adyacentes a la misma y se cierra el suiche de enlace y el disyuntor de la subestación.
- 2).- Si en cambio se opera el sistema con el disyuntor de enlace cerrado o sea el representado en el gráfico 8b, al producirse la falla se abre uno de los disyuntores de la subestación y el de enlace, si la operación de los tres disyuntores está debidamente diseñada y equilibrada para que esto suceda, con lo que no toda la zona queda sin servicio, luego para restablecer todo el servicio, se localiza la falla, se abren los seccionadores adyacentes a la misma y se cierran los disyuntores, y se inicia la reparación de la falla.

Como se ve el segundo de estos sistemas es el mejor ya que no queda al momento de producirse la falla toda la zona sin servicio, además tiene el mínimo de caída de tensión y de pérdidas, pero entraña un grave peligro, al suministrar energía eléctrica por dos lados a cualquier punto del sistema.

La experiencia ha demostrado que se obtiene beneficios substanciales del sistema de lazo, para justificar el aumento de costo, -

con respecto al sistema radial simple, sobre todo si el lazo es operado normalmente cerrado.

Finalmente para reducir al mínimo el número de los clientes afectados, al producirse un daño, se usa en lugar de los suiches seccionadores, disyuntores, pero el costo de estos hace que este sistema no sea usado más comunmente.

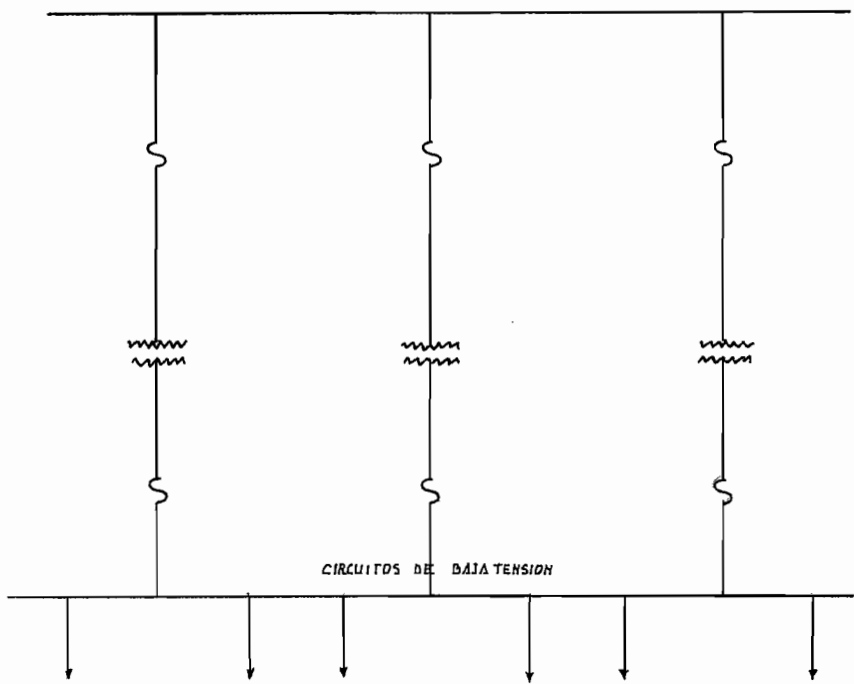
f).- RED BANQUEADA:


Descripción


En el sistema secundario de distribución tenemos un tipo de red muy utilizado y que lleva el nombre de "red banqueada", la que consiste en lo siguiente: varios transformadores de distribución, se conectan al mismo primario y se interconectan los secundarios, como se demuestran en las figuras o gráficos 10 y 11.


La red de baja tensión en este sistema puede adoptarse dos formas, la primera en línea recta de acuerdo a la fig. 10' o en anillo o malla, indicada en el gráfico 11, similar a la red mallada que estudiaremos luego. La diferencia entre la red mallada y la banqueada en forma de anillo es la siguiente, la red mallada requiere de dos o más primarios de alimentación en la alta tensión y la red banqueada requiere de un sólo primario, además en la red mallada se instalan protectores de red en la baja tensión, lo que no sucede en la -

FIG:10



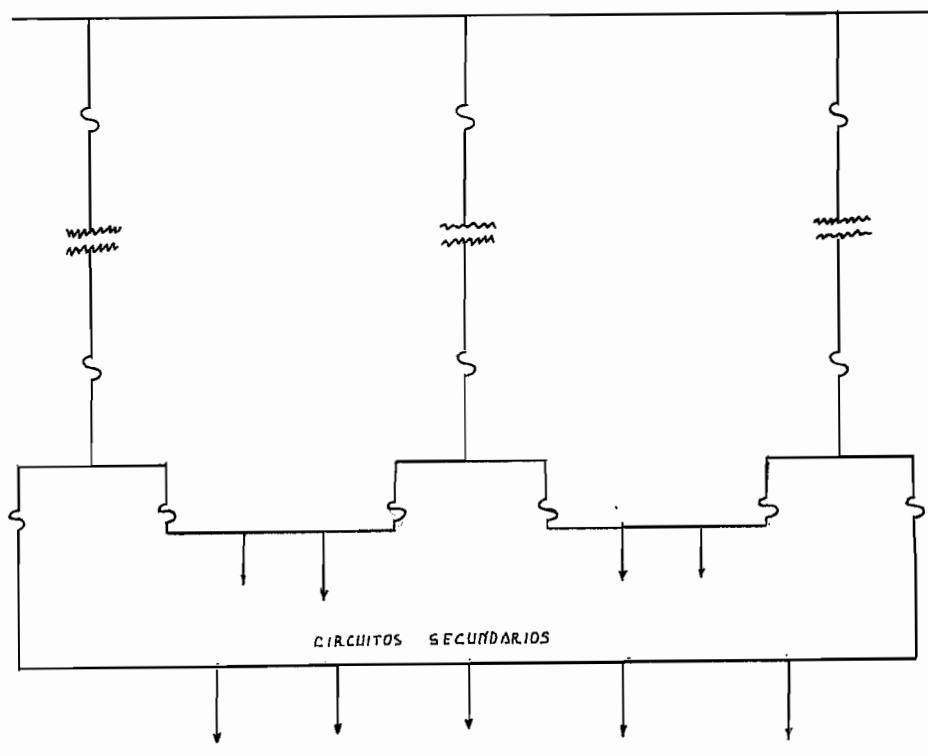
 FUSIBLE.


 TRANSFORMADOR.


 CARGAS.


ES CUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
RED BANQUEADA EN LINEA RECTA	
PROYECTO	esc
DIBUJO	
REVISO	FIG 10
APROBO	FECHA

FIG-11



 FUSIBLES.

 TRANSFORMADORES.

 CARGAS.

ESCULA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
RED BANQUEADA EN ANILLO	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG: 11
APROBO	FECHA

banqueada, que tiene sólo fusibles.

La red radial simple puede transformarse en banqueada si inter conectamos los secundarios de los transformadores de distribución e instalamos los fusibles secundarios o disyuntores.

2).- Criterios que se deben tomar en cuenta en el diseño

Para é diseño de este tipo de red, debemos tomar en cuenta los siguientes criterios: la red banqueada es frecuentemente utilizada - en zonas residenciales y en comerciales de baja densidad de carga. Estas redes pueden ser trifásicas o monofásicas de acuerdo a la importancia y necesidades de la zona que se va a electrificar. El campo de utilización de esta red va desde los 2.2 hasta los 50 KVA por cada 100 metros. Además debemos suponer que en las redes de límites inferiores (6.5 KVA) se pueden arrancar motores de $\frac{1}{8}$ de HP y en las del límite superior (150 KVA) se pueden arrancar motores de 5 HP y 220 voltios, por cada cliente. El límite de capacidad de un banco es tá limitado por la capacidad del alimentador, pero practicamente po demos diseñar bancos de hasta 200 KVA para poder transferir cargas de un primario a otro en caso de falla o emergencia. En cada banco debe haber por lo menos tres transformadores, para conseguir buenas condiciones de voltaje y para que al salir un transformador de ser vicio, los restantes que toman su carga no se sobrecarguen excesiva.

mente.

3).- Ventajas:

La red banqueada tiene muchas ventajas de las cuales vamos a anotar algunas:

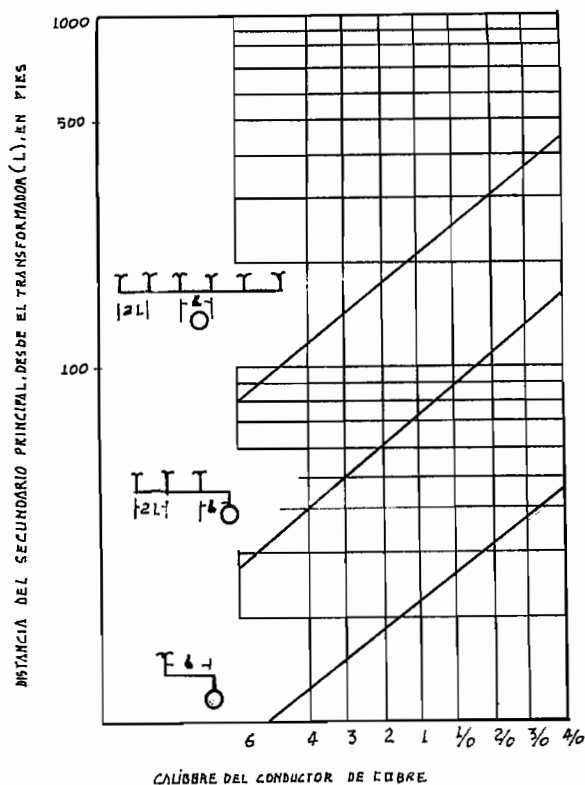
3a).-Reduce las depresiones de voltaje debido al arranque de los motores, ésta indudablemente que es la mejor ventaja ya que en muchos casos es suficiente el banqueo de los transformadores para eliminar el parpadeo, sin aumentar ni transformadores, ni secundarios, como se demuestra en la fig. 12. En este sistema se obtiene disminuciones en las depreciones de voltaje entre el 40 y 70% de lo que se obtiene en el sistema radial simple.

3b).-Mejora las condiciones normales de voltaje, porque todas las cargas mayores tienden a alimentarse desde dos transformadores.

3c).-Permite la reducción de KVA en transformadores y una disminución de calibres en los circuitos secundarios ya que la diversificación de la carga se hace sobre un número mayor de consumidores. Los ahorros en capacidad de transformadores van desde el 5 al 35%.

3d).-Provee un sistema de despeje rápido y por si sólo de las fallas en los circuitos secundarios, ya que en un sistema banqueado a diferencia del radial simple, tiene varios caminos de paso de corriente hacia el punto de circuito.

FIG.12



DISTANCIA DEL SECUNDARIO PRINCIPAL PERMISIBLE QUE LIMITA LA CAIDA DE TENSION EL 2.5 % CUANDO ARRANCA UN MOTOR DE 5 H.P. A 230 VOLTIOS, PARA VARIAS COMBINACIONES DE CIRCUITOS SECUNDARIOS
 LA CORRIENTE DE ARRANQUE ES 100 AMPERIOS, CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 92.5 %

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
 INGENIERIA ELECTRICA
 TESIS DE GRADO
 ELIMINACION DE PARPADEO

PROYECTO	ejc
DIBUJO	
REVISO	FIG: 12
APROBO	FECHA

3e).-Se tiene una mejor sensibilidad para atender a las nuevas cargas.
gas.

3f).-Mejora las condiciones generales de suministro.

4).- Métodos para la protección de fallas:

En este sistema para la protección de las fallas y la secciona-
lización, se puede utilizar tres métodos que lo estudiaremos a con-
tinuación, con la ayuda de los gráficos 13a, 13b y 13c. En todos ,
estos métodos se instalan fusibles de alta tensión en cada transfor-
mador, los que se quemarían solo con una falla interna del transfor-
mador, la diferencia la encontramos en el tipo y localización de la
protección de los circuitos secundarios.

El método primero; está indicado en la fg. 13a, y se basa en
que las fallas se despejan por si solas al quemarse los conductores
en el punto de falla y quedar aislados para lo cual los fusibles de
protección de los circuitos de baja tensión de tipo lento. Este mé-
todo tiene la siguiente desventaja: en algunas fallas no alcanzan
a despejarse por si solas, entonces se queman varios o todos los fu-
sibles de baja tensión, y si estos no se queman quedan uno o más -
transformadores soportando el cortocircuito, pudiendo llegar a que-
marse.

El método segundo; que se representa en la fg. 13b, tiene los

transformadores sólidamente conectados con la red de baja tensión ; más bien dicho con los circuitos secundarios, pero en puntos intermedios de estos circuitos, están colocados fusibles seccionadores. Este método tiene la siguiente ventaja sobre el descrito anteriormente; al producirse la falla, esta no se despeja por si sola, al quemarse los conductores sino que se queman los fusibles de baja tensión y uno de alta adyacente al punto de falla, con lo que quedan sin servicio la parte de los clientes conectados al circuito con daño, esto sucede si la coordinación de los fusibles es adecuada.

Método tercero; se representa en el gráfico 13c, se usa como protección de baja tensión disyuntores o interruptores automáticos, con lo que se obtiene mayor seguridad en el despeje de las fallas , afectando al mínimo de clientes.

Es conveniente indicar que en los EE.UU., se fabrican y usan , para las redes banqueadas los transformadores tipo C.S.P.B., los que incluyen en una unidad o equipo integral lo siguiente: en eslabón fusible primario, dos disyuntores secundarios, que pueden ser operados desde afuera, luces de señalización para indicar que la sobrecarga llega al límite permisible, antes de que operen los disyuntores y protección contra rayos. Con el uso de este tipo de transformadores se elimina el problema de coordinación de fusibles. En el

FIG. 13-A

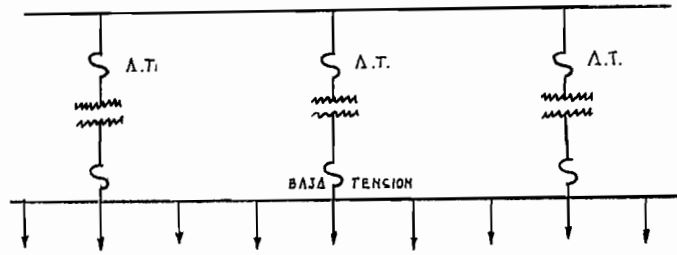


FIG. 13-B

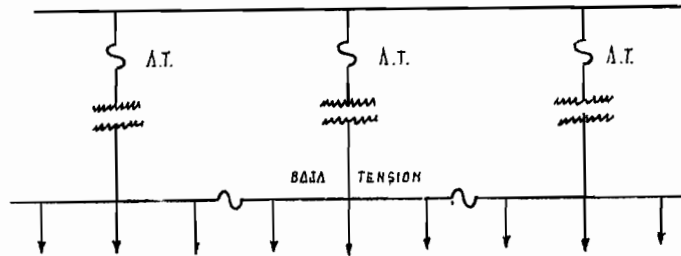
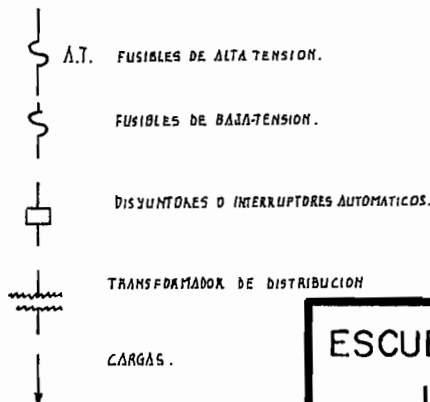
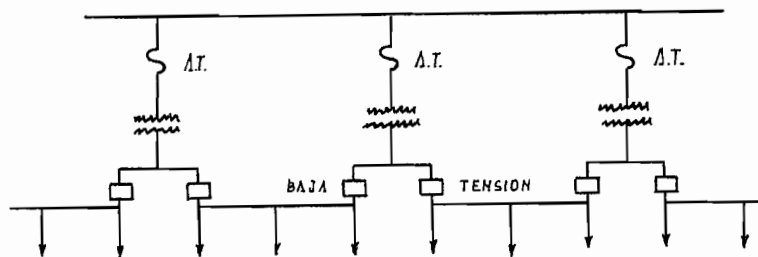


FIG. 13-C



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL

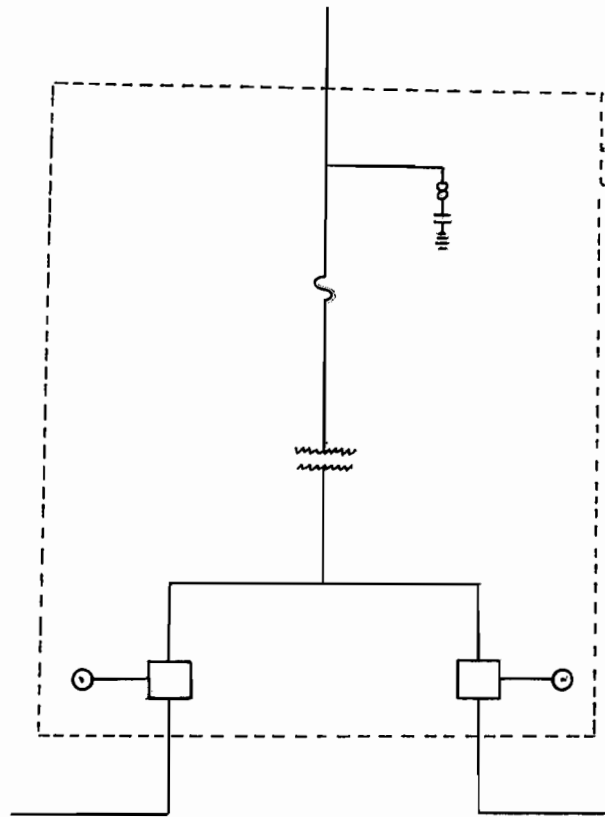
INGENIERIA ELECTRICA

TESIS DE GRADO

TIPOS DE PROTECCION EN
RED BANQUEADA

PROYECTO	ejc
DIBUJO	
REVISO	FIG 13-A — 13-B — 13-C
APROBADO	FECHA

FIG.14



- PARARRAYO
- FUSIBLE DE ALTA TENSION
- TRANSFORMADOR
- DISYUNTOR O INTERRUPTOR AUTOMATICO
- LUCES DE SEÑALIZACION.

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
DIAGRAMA ELECTRICO DE UN TRANSFORMADOR C S P B	
PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG: 14
APROBADO	FECHA

gráfico 14, se representa el diagrama eléctrico unifilar de los transformadores C.S.P.B.

5).- Método de calculo:

El cálculo de este tipo de redes se hace de la siguiente forma:

Primero: Se analiza los puntos indicados en el capítulo de esta tesis titulado " Planificación de redes eléctricas de distribución - subterránea ", y se inicia en base de estos cálculos o diseño de las redes.

Segundo: Se coloca la carga diversificada en cada acometida de baja tensión o sea en cada lote.

Tercero: Se suma las demandas diversificadas, lo que nos dá la demanda máxima de la zona a electrificarse.

Cuarta : Encontrar los KVA necesarios en transformadores para lo cual nos basamos en la relación siguiente: capacidad en transformadores - sobre demanda máxima, es igual a 0.8 para la instalación inicial con lo que tenemos una amplia reserva para el crecimiento de la demanda.

Quinta: Con la capacidad total de transformadores podemos calcular el calibre de conductores, que servirá como alimentador teniendo en cuenta que la caída de tensión no sea mayor del 1% en cualquier punto de la línea.

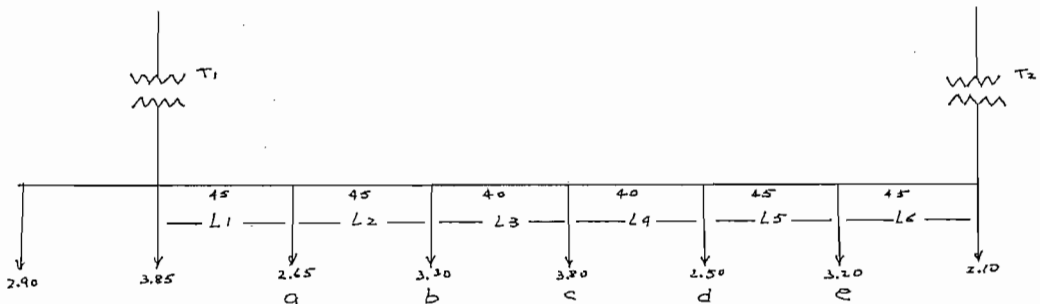
Sexto : Con la carga total de la red podemos tener un cálculo aproximado del calibre de los conductores de baja tensión con una caída de

tensión no mayor del 3% en cualquier punto de la línea.

Septimo: Teniendo estos puntos ya ponocidos, podemos buscar una combinación adecuada entre el número y capacidad de los transformadores y el calibre de los conductores que forman el circuito secundario.

La distribución de carga entre los transformadores se puede - hacer de dos formas: la primera mediante localizaciones tentativas y estudios en el analizador de redes, la segunda por cálculo direc- to, encontrando el punto de mínima y calculando los KVA-mts. en ca- da lado del transformador, como se indica en el cálculo y gráfico - siguiente:

Para explicar este cálculo, supondremos que en una área a elec- trificarse, ya están realizados los estudios de planeamiento previos y que se ha comenzado el diseño y ya que tenemos las cargas concen- tradas, localizamos tentativamente los transformadores, como se in- dica en el gráfico siguiente que puede ser una parte del área que se está estudiando



Descripción del método

1) Cálculo de los KVA-mts (suma de momentos) del transformador T1 en la siguiente forma:

carga a x long. L1 = t1 KVA/ mts.

carga b x long. L1+L2 = t2 KVA/mts.

una parte de la carga C (x1) x long. L1+L2+L3 = t3 KVA/mts.

Damos un valor a x1 que sea parte de la carga C y calculamos t3 (KVA/ mts.)

c Sumamos t1 + t2 + t3 y nos dá un valor T1 de KVA/ mts.

sumamos las cargas a + b + x1 = CT1

2) Calculamos los KVA/mts. del transformador T2 a su izquierda así:

carga e x long L6 = t4 KVA/mts.

carga d x long L6+L5 = t5 KVA/mts.

carga (x2) x long. L6+L5+L4= t6 KVA/mts.

siendo x2 = C-x1 : Sumamos t4+t5+t6 = T2 KVA/mts.

sumamos las cargas a + b + x2 = CT2. (A)

3).Comparamos los cálculos 1 y 2 de la siguiente forma

Si T1 = T2 y CT1 = CT2. (A)

La ubicación de los transformadores es correcta y no tenemos que continuar el cálculo; sino se cumple la condición (A) damos otro valor a x1 y volvemos a calcular T1, T2, CT1 y CT2.

4) Si luego de dar algunos valor a x1 vemos que no se puede cumplir

la condición (A) se debe reubicar los transformadores.

A continuación hacemos un ejemplo:

KVA/mts. del transformador T1 a su derecha

2.65 x 45 = 119.25	con x1 igual a 1.5; T1 igual a 611.25
3.30 x 90 = 297.00	" " " " 1.6; " " " 624.00
x1 x 130 = -----	" " " " 1.75 " " " 643.75
T1 =	" " " " 1.7 " " " 637.25
	" " " " 1.72 " " " 639.85

KVA/mts. del transformador a su izquierda.

3.20 x 45 = 144.00	con x2 igual a 2.30; T2 igual a 668.00
2.50 x 90 = 225.00	" " " " 2.20 " " " 655.00
x2 x 130 = -----	" " " " 2.05 " " " 635,50
T2	" " " " 2.10 " " " 642.00
	" " " " 2.08 " " " 639,40

$$639.85 \approx 639,40$$

$$2.65 + 3.30 + 1.72 = 7.67$$

$$3.20 + 2.50 + 2.08 = 7.78$$

$$7.67 \approx 7.78$$

Este procedimiento se sigue en todos los transformadores, con lo que se obtiene la carga máxima en todos y cada uno de los transformadores. Si las cargas máximas son aproximadamente iguales entre los transformadores de igual capacidad, se puede decir que la loca-

lización de los transformadores es la correcta, pero sino sucede a sí, habría que relocalizarlos y reiniciar el cálculo ya indicado.

Luego teniendo la carga máxima en los transformadores y los KVA/mts. en cada transformador, podremos calcular el calibre de los conductores que se requieren en la red de baja tensión, teniendo en cuenta que la caída máxima quede en 3% en el extremo de la línea en condiciones normales de operación y para AT. el 1%. Para el cálculo de los calibres en AT. y BT. nos servimos de una tabla similar a la preparada por la E.E.Q.S.A. que consta en el cuadro No. 1-A, para lo cual encontraremos la corriente que circulará en el conductor, con lo que escogeremos el calibre, luego por suma de momentos y la caída de tensión permisible, veremos si el calibre del conductor es adecuado o nó.

A continuación se debe comprobar que la depresión de voltaje debida al arranque de los motores, no sea excesiva, para lo cual se debe calcular la impedancia desde el punto de aplicación del motor hasta la fuente de energía, pero este cálculo es complicado, ya que, hay varios transformadores y la red está formada por anillos o hay varios tramos interconectados en varios nudos, por lo cual hay que recurrir al analizador de redes de corriente continua, para obtener una adecuada aproximación para el cálculo de la impedan

cia, tomando tres transformadores a cada lado del motor. Con este cálculo de la impedancia se puede obtener las corrientes y con estas la caída de tensión.

Para finalizar con el estudio de este tipo de diseño de la red de distribución eléctrica haremos a continuación un ejemplo de cálculo, de la red banqueada, hasta llegar a la concentración de cargas.

Supongamos que en una zona en la que vamos a diseñar la red de distribución eléctrica, hemos considerado que utilizaremos la red banqueada, para su instalación, y por análisis anteriores de este trabajo, hemos encontrado que tenemos: 200 clientes que tienen luz y aparatos domésticos; el 40% de estos tienen además cocinas o sea 80 abonados; el 60% tienen tanque de agua caliente o sea 120 abonados; y, el 90% tienen refrigeradoras o sea 180 abonados. Teniendo ya estos datos nos valemos de tablas adecuadas, para encontrar la demanda diversificada por cliente que es la siguiente:

0.165 para abonados con luz y aparatos domésticos 200 abonados.

0.870 para abonados con luz y aparatos domésticos y cocinas, 80 abn.

0.062 para abonados con luz, aparatos domésticos y refrigerados, 180 abonados, y,

0.610 para abonados con luz, aparatos domésticos y tanque de agua caliente, 120 abonados.

Luego estas demandas diversificadas, elaboramos el siguiente -

cuadro para encontrar la demanda diversificada total:

Clientes	Luz	Refrigeradora	Tanque	Cocina	KVA/c	KVA
20	si	--	--	--	0.165	3.30
60	si	si	--	--	0.227	13.62
40	si	si	si	--	0.837	33.48
80	si	si	si	si	1.707	136.56
200	200	180	120	80		
	100%	90%	60%	40%		
KVA diver.	0.165	0.062	0.610	0.870		
KVA total	33.00	11.16	73.20	69.60		186,96

Demanda diversificada total: 186.96 KVA 187.00 KVA

Capacidad en transformadores: 187x0.8 149.6 150 KVA

Si utilizamos transformadores de 30 KVA, necesitaríamos cinco.

El siguiente paso es asignar cargas a los lotes según el % de saturación, que se obtiene con los datos proporcionados por la tabla. Así todos los lotes tendrían: 0.165 por luz; 9 de cada 10 lotes tendrán 0.227 por refrigeradora; 6 de cada 10 lotes tendrán 0.837 por tanque y 4 de cada 10 lotes tendrán 1.707 por cocina.

A continuación indicaremos la asignación de cargas en los lotes, en forma gráfica:

Lote	1	2	3	4	5	6	7	8
Luz	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165
Ref.	0.227	0.227	--	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227
Tan.	0.837	--	0.837	--	0.837	--	0.837	--
Coc.	1.707	--	--	--	1.707	--	1.707	--
Tot.	2.936	0.392	1.002	0.392	2.936	0.392	2.936	0.392

Lote	9	10
Luz	0.165	0.165
Ref.	0.227	0.227
Tan.	0.837	0.837
Coc.	1.707	--
Tot.	2.936	1.229

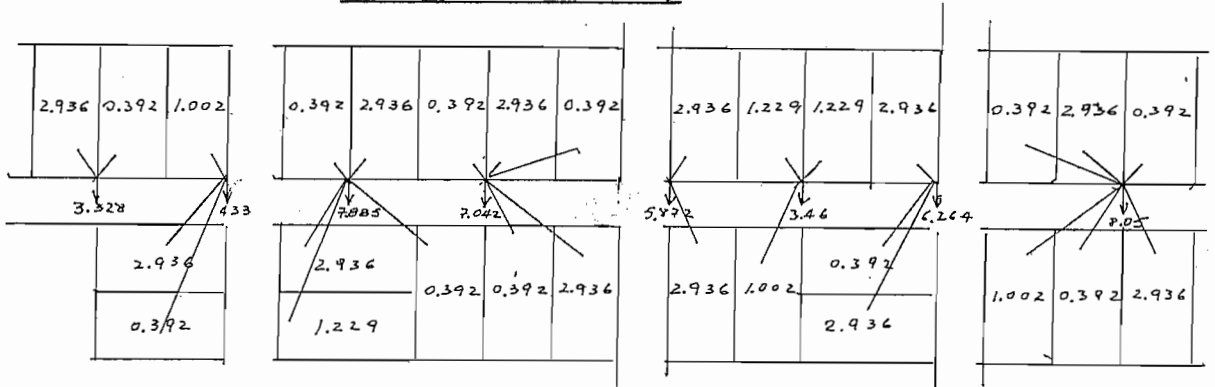
Teniendo estos datos ubicaremos las cargas concentradas a unos 35 o 40 metros, como se indica en la figura siguiente:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.936	0.392	1.002	0.392	2.936	0.392	2.936	0.392	2.936	1.229
20	20	20	18	20	19	25	18	20	20
2.936	1.394	3.328	3.328	3.328	1.229				

A continuación indicaremos en el gráfico 15 la concentración de cargas para una parte de una zona a electrificarse.

Concentración de cargas en una parte de la zona a Electrificarse:

Gráfico No. 15

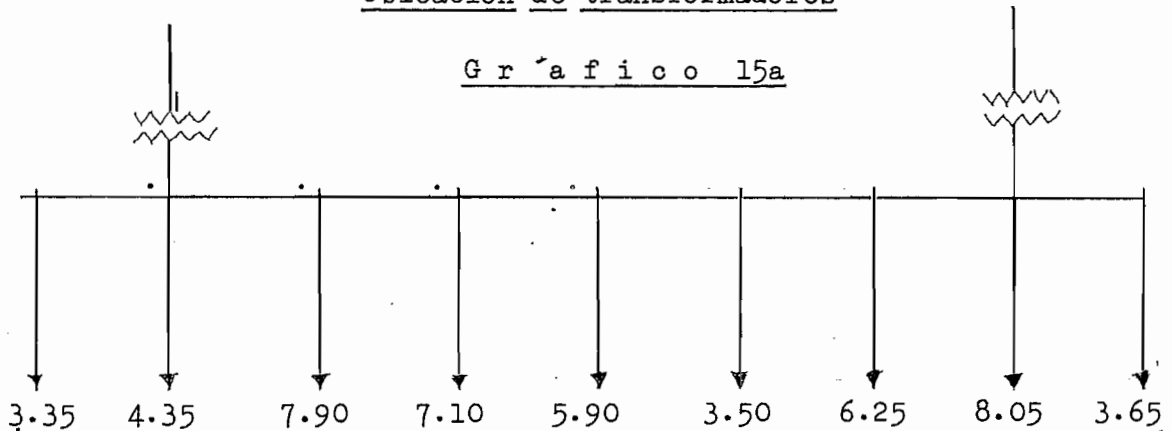


Según Fig. 15a ubicaremos tentativamente los transformadores en tal forma que cada uno de ellos tengan a cada lado aproximadamente 18 KVA o sea que cada uno tendría un 20% más de la capacidad, con estos datos, ubicaremos definitivamente los transformadores siguiendo el método indicado anteriormente, en tal forma que las cargas sean equilibradas en cada uno de los transformadores

A continuación calcularemos el calibre de los cables de B.T. y el recorrido y calibre de los cables de A.T.

Ubicación de transformadores

Gráfico 15a



g).- RED MALLADA:

Sistema Primario

Este tipo de red no es favorable para el sistema primario por las siguientes razones:

- 1.- No es usado generalmente en sistemas de distribución eléctrica
- 2.- Es más complicado en diseño y operación.
- 3.- Tiene mayor costo que cualquiera de los otros sistemas o tipos de red ya estudiados.
- 4.- Para un mismo costo, el sistema mallado no dá mucha calidad de servicio que un radial simple o en lazo.

(El sistema mallado primario se forma por la interconexión, de varios alimentadores primarios, los cuales son servidos de varias subestaciones. Las subestaciones de malla son unidades de 1.000 a 3.000 KVA, que llevan un transformador y un disyuntor equipado con relés de sobrecorriente y relés de malla, estos últimos tiene por objeto disparar el disyuntor cuando hay corrientes inversas, es decir las corrientes que tratan de fluir desde la malla hacia el transformador, cuando se produzca una falla en el transformador o en la subtransmisión, además desconecta el disyuntor cuando vuelva el voltaje por el lado de subtransmisión

Los disyuntores de los alimentadores llevan relés de recierre. Deben haber dos o más circuitos de subtransmisión independien-

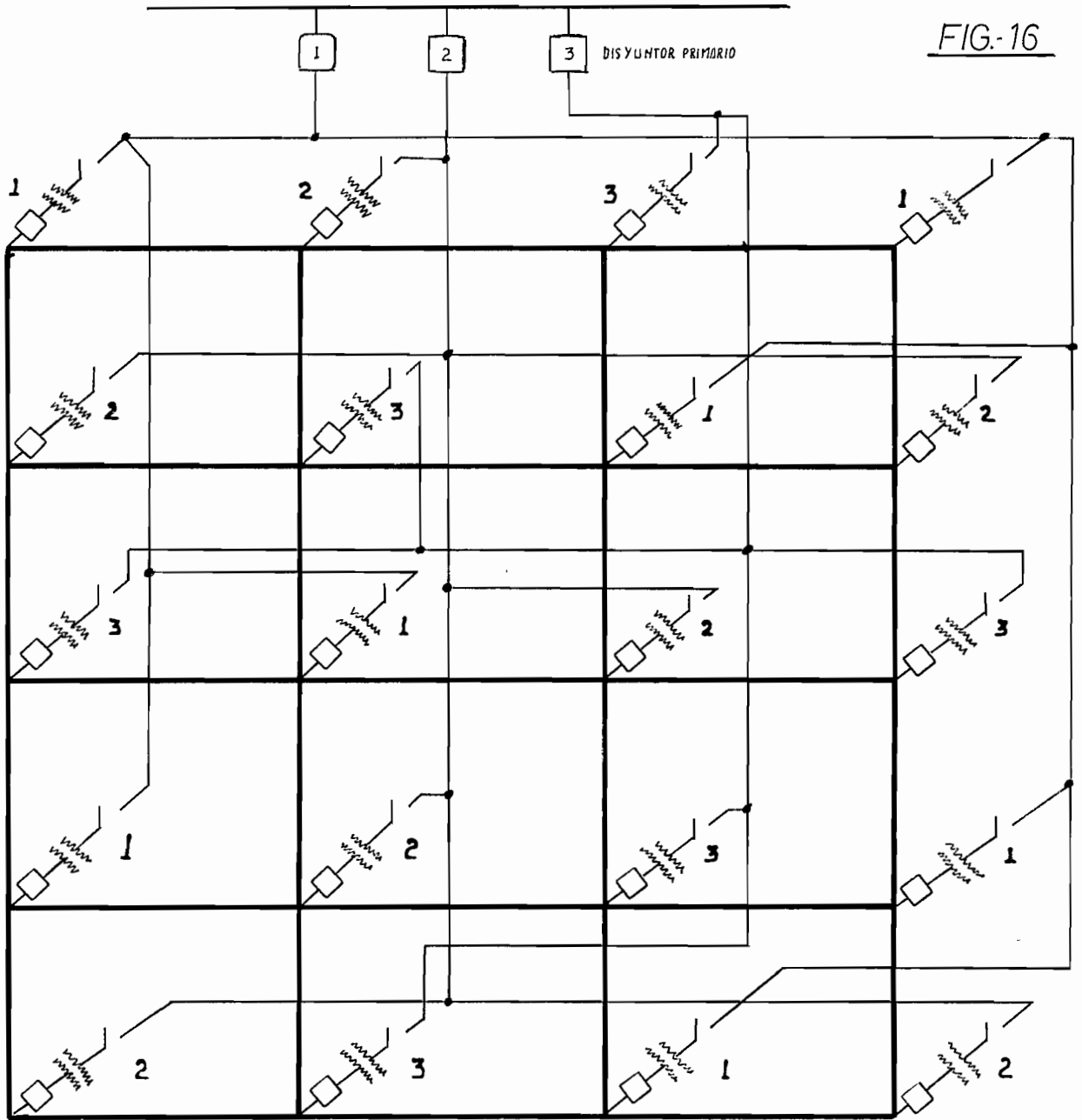
tes para alimentar las subestaciones de la malla.

Sistema secundario

Descripción:

En principio la red mallada secundaria, consiste de un grupo de circuitos secundarios interconectados en los nudos de malla, operando a un mismo voltaje de utilización y alimentados con transformadores conectados a varios circuitos primarios de una misma subestación, procurando que los nudos adyacentes no sean alimentados del mismo primario. La protección de la red viene dada por los disyuntores en los alimentadores y los protectores de red en los circuitos secundarios, como se indica en la figura 16.

En este sistema como se indica anteriormente hay varios circuitos primarios que alimentan cada uno a varios transformadores de distribución, con lo cual mejora el servicio, ya que si falla un primario o un transformador, los otros primarios y transformadores toman la carga de los elementos fallosos anotando que si hay una falla en el cable del primario este se debe aislar automáticamente, lo cual se consigue con el disparo del disyuntor de la subestación y la desconexión de los protectores de red correspondientes a ese primario; el disyuntor de la subestación se abre por sobrecorriente y los protectores de red se disparan por corriente inversa; si la falla se presenta en los circuitos secundarios, se quemarán los fusibles co-



- DISYUNTOR DE LOS ALIMENTADORES
- | SECCIONADOR DE BARRA
- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- PROTECTOR DE RED
- ALIMENTADORES PRIMARIOS
- CIRCUITOS SECUNDARIOS

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA RED DE DISTRIBUCION MALLADA	
PROYECTO	EJC
DIBUJO	
REVISO	FIG. 16
APROBO	FECHA

respondientes al circuito falloso.

Los elementos principales en una red mallada son:

- 1.- Los circuitos alimentadores primarios
- 2.- La unidad de malla
- 3.- La malla secundaria.

Circuitos alimentadores primarios:

Los circuitos alimentadores primarios está formado por los cables que desde la subestación de distribución, recorren una parte del área motivo del estudio, alimentando los transformadores de distribución asignados a este primario; este alimentador forma un sistema radial simple y tiene seccionamiento antes de los transformadores, como se indica en la figura 16

Los ramales laterales y sublaterales también deben tener seccionamiento al iniciarse.

Los primarios son protegidos por un disyuntor ubicado en la subestación. Los circuitos primarios deben ser dimensionados para la capacidad de los transformadores que van a servir o sea los asignados a este primario y los que pueden servir caso de falla de otro primario y que la caída de tensión al final de la línea sea mínima, o sea del 1%. El cable adecuado para este circuito se escogerá de los diferentes tipos que analizaremos en el siguiente capítulo de esta tesis. La tensión de servicio usada en Quito para estos primarios

es de 6.3 KV.

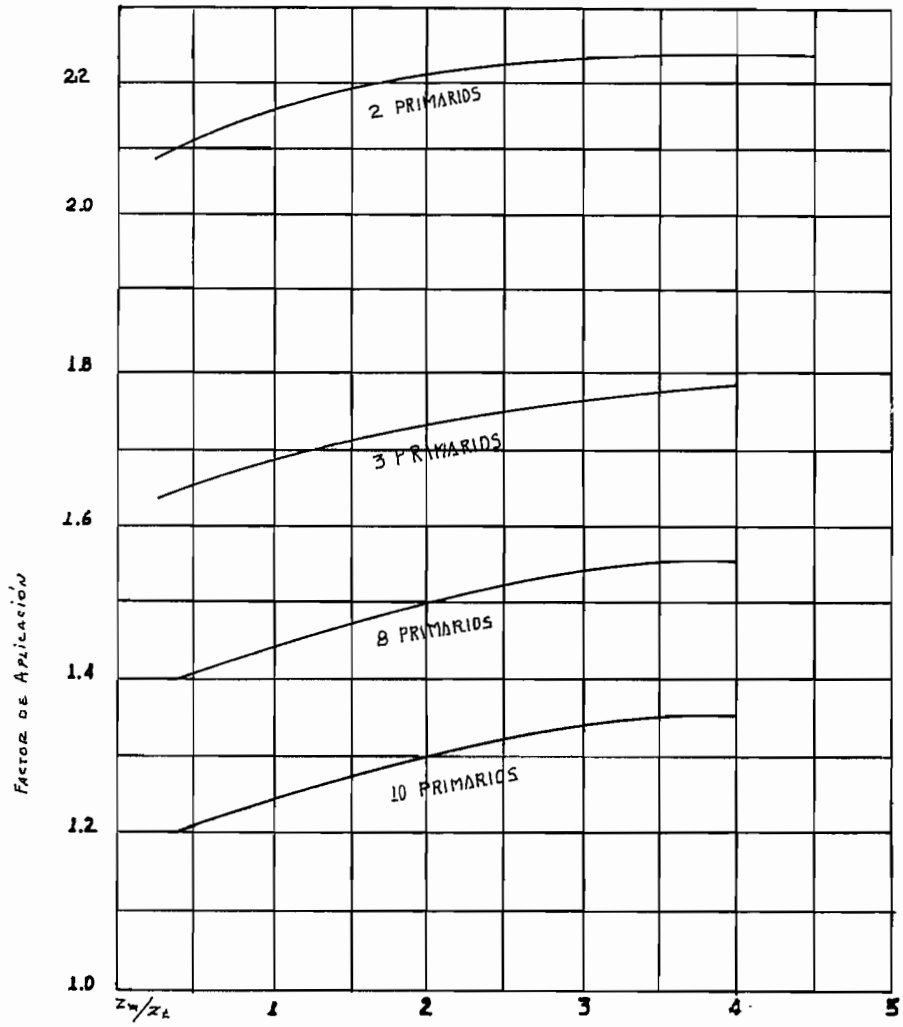
El diseño de estos primarios está determinado por la capacidad de los transformadores y de la de los circuitos de la red de B.T.,- mediante la relación llamada Factor de Aplicación, que es la relación que existe entre la capacidad instalada entre transformadores y la carga. El factor de aplicación existe cuando hay posibilidad de que uno de los alimentadores primarios queden fuera de servicio, por lo tanto el factor de aplicación depende de el número de primarios, de la relación Z_m/Z_t (impedancia de un tramo de cable de B.T. sobre impedancia del transformador) y de la uniformidad de la distribución de la carga.

En la figura 17 se indica las curvas que dan el factor de aplicación y con este la capacidad de los transformadores para servir - una carga dada, cuando se conoce el número de alimentadores y la relación Z_m/Z_t , basándose en un entrelazamiento ideal de los primarios y una distribución uniforme de la carga.

Unidad de malla:

La unidad de malla consiste, de el transformador de bajada y el protector de red respectivo, estos dos equipos y todos los accesorios necesarios para su montaje y conexión, se ubica en un recinto cerrado que denominamos cámara de transformación, que puede ser de diferente diseño de acuerdo al sitio y al tipo de equipo que alojará.

FIG.-17



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO	
CURVAS DE FACTOR DE APLICACION	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG. 17
APROBO	FECHA

Las unidades de malla se fabrican asociados en un solo conjunto como en los EE.UU. o separados o sea que tanto el transformador como el protector de red cumplen su función sin estar incorporados físicamente, como se los fabrica en Europa. Debemos anotar que técnicamente los mencionados en primer lugar tienen la siguiente ventaja sobre los indicados en segundo lugar, los cables de conexión entre los dos elementos de la unidad de malla, dá lugar a un punto débil en el sistema y una falla allí es prácticamente equivalente a una en los bornes del transformador, para evitar este inconveniente las unidades de malla formadas por un equipo unitario, tienen el protector de red directamente montado sobre el transformador y la conexión se hace sólidamente a los bushings del transformador en una garganta que se forma en las chapas de acero.

Para una mejor explicación de este punto estudiaremos separadamente los dos componentes de la unidad de malla:

2a.- Transformador: El transformador de redes malladas cumple la función de bajar el voltaje y, además tiene las características especiales para adaptarse a su aplicación, ya que el espacio en las cámaras de transformación es muy reducida, no es fácil la ventilación y hay posibilidad de inundación, los transformadores se fabrican trifásicos para que se facilite el montaje y el espacio requeri

do sea menor, además son diseñados para que las pérdidas sean menores, que en los de la red aérea, con lo que se disminuye el problema de la ventilación, en el caso de que el sitio de la cámara de transformación sea fácilmente inundable, se construye un tipo especial de transformador llamado sumergible, este y otros tipos estudiaremos más adelante.

2b.- Protectores de red: Los protectores de red son disyuntores o interruptores automáticos de baja tensión, eléctricamente operados mediante relés incorporados, La operación de estos equipos que son parte fundamental de la unidad de red mallada es la siguiente:

1.- El objeto principal de los protectores de red es sacar del servicio al transformador de distribución acoplado a la red mallada, cuando se ha suprimido la alimentación por el lado primario del transformador, y, luego una vez restablecido el servicio en el primario vuelve a acoplar el transformador a la red.

2.- Debemos anotar que la desconexión del primario puede ser debido a una falla del cable de alta tensión o a una desconexión voluntaria del disyuntor de la subestación.

3.- También debemos aclarar que al desconectarse el disyuntor de la subestación, por una falla del cable o voluntariamente, todos los protectores de red correspondientes a este primario, tienen que operar

sacando de servicio a los transformadores correspondientes y cuando se restablece el servicio en el primario todos los protectores actúan ligando a los transformadores con la red mallada secundaria.

Para cumplir con estos tres puntos los protectores de red tienen tres funciones que son:

- x.- Aislan automáticamente la falla en el primario o en un transformador, con la operación del relé maestro, que es un relé trifásico de potencial diferencial el cual dispara al interruptor automático, cuando la energía fluye en sentido inverso es decir desde la malla en baja tensión hacia la falla en el primario o en el transformador.
- y.- Actúa disparando el interruptor automático con la pequeña corriente de magnetización del transformador que circula en sentido inverso cuando se desconecta a mano el interruptor del primario de la subestación. Esta cualidad permite controlar la correcta operación de los protectores de red.
- z.- Conecta el transformador con la red, cuando el voltaje en los bornes del transformador es ligeramente mayor y está en fase con el voltaje de la red. Esto permite poner en servicio al primario y a los transformadores asociados, con solamente cerrar el disyuntor de la subestación, y por otro lado, impide la conexión si la fase no coinciden correctamente.

En el protector de red encontramos un fusible por cada fase a los bornes de salida, con el objeto de proveer una protección de resguardo, en el caso que se produzca una falla en el primario y dejase de operar el relé maestro, para impedir el paso de la corriente desde la malla hacia el primario.

3.- Malla Secundaria:

La malla secundaria consta de los circuitos secundarios, interconectados en los nudos, estos circuitos son trifásicos o sea tres conductores para las fases y un conductor para el neutro, el voltaje nominal normalizado en Quito es de 210/121 voltios, en los transformadores, mientras que en el punto de entrega a los clientes es de aproximadamente 200/116 voltios, con lo cual las cargas de luz se conectan a 116 voltios y las de fuerza a 200 voltios en las tres fases. En la práctica moderna se usan cables de un sólo conductor, generalmente con el aislamiento sintético, como el Butyl-neopreno, PVC, politileno, etc., los cuales los analizaremos luego en el desarrollo de esta tesis. Los circuitos secundarios corren por todas las calles que hay, y de ellos se derivan directamente las acometidas para los clientes. Para los empalmes y derivaciones se usan diferentes materiales, de acuerdo a las características del cable.

El calibre de los cables de baja tensión, dependen principal -

mente de la corriente que deben soportar, y además se debe tomar en cuenta que la caída de tensión no se debe pasar del 3%, bajo las condiciones normales de operación. La capacidad de conducción de los cables principales se hace igual a la mitad o $2/3$ de la del transformador de capacidad predominante y esto es suficiente, ya que cada transformador de capacidad alimenta por lo menos en dos direcciones y hay varias cargas que derivan directamente de él.

Hasta hace poco todas las mallas se construyeron sólidamente - interconectadas en los nudos y en el caso de una falla se basaban en el principio de que, al producirse un cortocircuito, este se despejaba por sí solo, mediante la combustión completa del cable en el punto de falla, hasta quedar asiladas las fases, esto en el caso de que el voltaje sea suficientemente bajo y la corriente suficientemente alta para el calibre en cuestión, pero en muchísimos casos los cables se queman con corrientes menores, que las normales para la combustión y el aislamiento de las fases. En una falla, si se presentarán las condiciones que exige esta corriente y el sistema no fuera capaz de alimentarlo, se daría el caso de que la falla no se despejará y entonces se produce el recalentamiento de los cables en grandes extensiones, dañándose zonas completas de red. Este problema de quemar los cables, hasta que se despeje la falla influye en el diseño de la red de baja tensión, porque se tiende a limitar el

calibre de los conductores, para que no se requiera corrientes de cortocircuito muy elevadas. Como se vió antes el calibre de los conductores depende principalmente de la capacidad de los transformadores, cuando por un lado se necesita una capacidad tal de conducción de corriente en los cables, y por otro lado, no se dispone de corriente suficiente para la combustión, no queda otro remedio que poner varios cables en paralelo, los cuales se interconectan en varios puntos principalmente en las derivaciones de los clientes, pero esto dificulta la operación y mantenimiento de la red y eleva el costo de la misma.

Para evitar estas dificultades en la red mallada secundaria, se usan los llamados fusibles limitadores, que se instalan al extremo - del tramo de cable de B.T. o sea en todos los nudos, como cámaras de transformación y cajas de interconexión, este método es mucho más - moderno, técnico y de fácil mantenimiento y operación de la red, ya que al producirse una falla en el cable de B.T., se queman los fusibles limitadores, instalados a los extremos de los conductores con - lo que se evita que, si no hay corriente de combustión suficiente, - se quemen grandes extensiones de cables con la consiguiente interrupción de servicio, que afectan a muchos clientes.

Debemos indicar que los fusibles limitadores no tienen la fun -

ción de limitar, la corriente de falla si no de dar la protección adecuada al aislamiento del cable.

Los fusibles se forman mediante una reducida sección de cobre encerrado en una cápsula de material refractario aislante del calor se construyen y especifican en función del cable al cual se aplican es decir se coordina entre la corriente de fusión del limitador y la corriente que pueda dañar al cable.

Para terminar con el estudio de este tipo de red, indicaremos a continuación paso a paso, el sistema de planeamiento y diseño de una red mallada de B.T. por medio de un ejemplo que nos sirve para fines de información

Planificación

Requerimientos básicos para la planificación de una red mallada secundaria:

1.- Localización y tamaño de las cargas:

La localización y tamaño de las cargas deben ser conocidas, especialmente para deducir la gran carga o carga máxima en la zona que se quiere electrificar o la zona en la que se va a cambiar la red.

Si la zona no es electrificada, asignaremos las cargas de acuerdo al criterio indicados anteriormente sobre este punto.

Si la zona ya es electrificada, se puede estimar la carga total

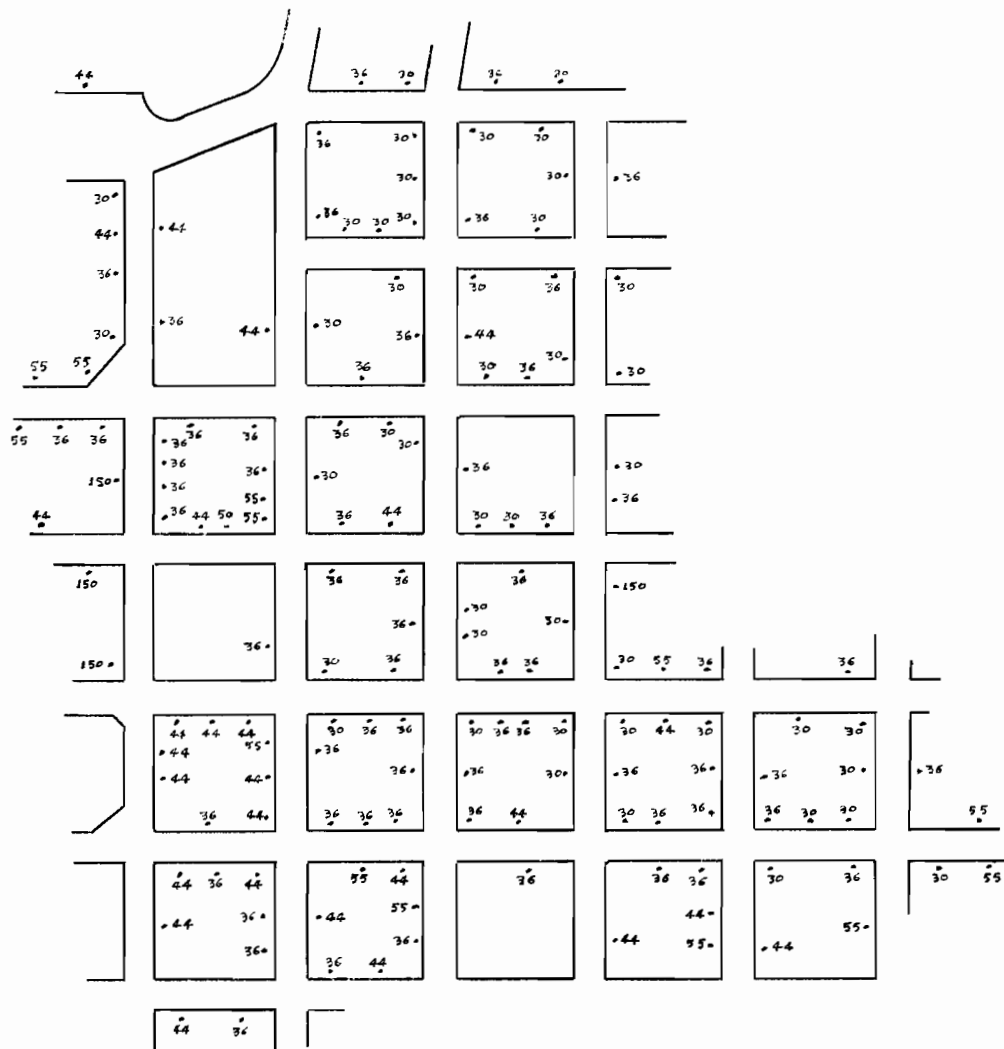
máxima de la zona, en base de la localización y capacidad de los transformadores ya existentes; pero, la medición de las cargas actuales es un dato más correcto, para conocer la carga máxima total que requiere la zona, Debemos anotar que las cargas deben ser tomadas o basadas en el pico de la demanda diversificada en KVA. Estas cargas deben ser concentradas y multiplicadas por una rata de crecimiento - que puede ser de un 20 a 25%. En la fig. 18 se muestra la zona con la indicación de las cargas, la suma de todas estas cargas es de 6.229 KVA. La densidad de carga de la zona, se encuentra dividiendo el total de KVA, para el área de la zona.

2.- Circuitos primarios:

El número, sección, voltaje, longitud y capacidad de corriente de los feeders, que alimentan a la red mallada secundaria debe ser conocido. El número de feeders tiene una relación directa, con la reserva necesaria de capacidad de los transformadores de la malla, como se indica en la fig. 17 y tabla 1 y su explicación. Para que, la regulación de voltaje en un feeder sea satisfactorio, se debe escoger el tipo y tamaño del conductor de acuerdo al voltaje aplicado en el feeder. La capacidad de conducción de corriente de todos los alimentadores, debe ser tal que, si uno de ellos queda fuera de servicio, los otros tomen la carga total de la malla.

3.- Fuente de Potencia o subestación:

FIG-18



$C_T = 6.129 \text{ kW}$

ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

ZONA Y SUS CARGAS

PROYECTO:	ESC :
DIBUJO:	
REVISO:	FIG :
APROBO:	FECHA :

TABLA N° 1

Relación entre la capacidad de transformadores y la carga pico en un sistema secundario de la red mallada:

Número de feeders.	% de la carga pico de la capacidad de transformadores:	
	ideal	normalmente obtenible
666 2	0.50	0.40
3	0.67	0.54
4	0.75	0.58
5	0.80	0.60
6	0.83	0.61

La localización y capacidad de la subestación disponible, para alimentar los feeders de una malla debe ser conocida. Es deseable que todos los alimentadores originen de una sola subestación, teniendo ésta la capacidad suficiente para alimentar la carga de toda la malla. Esto es necesario ya que, si hay varias fuentes de potencia, que alimentan a los feeders hay el peligro de retorno de corriente.

4.- Estudio de las facilidades existentes:

En el caso de las zonas ya electrificadas, en las que se va a cambiar de sistema de distribución, adoptando el de red mallada, el estudio de los primarios, cámaras de transformación, circuitos de B.T., ductos, etc., es necesario ya que facilmente se los puede incluir en el nuevo sistema.

5.- Ruta de los circuitos:

También como en el punto anterior es preferible aprovechar las rutas de los primarios y secundarios existentes.

6.- Normalización:

Se deben escoger los equipos y conductores de acuerdo a las normas que mantiene la Empresa Eléctrica, que vá a suministrar la energía, ya que esta será la que haga el mantenimiento de estas redes.

Diseño Preliminar:

Un sistema secundario mallado, consiste de un número de compo-

hentes funcionales (alimentadores, unidades de malla, secundarios) operando en una manera coordinada. Esta coordinación debe ser proyectada en el mismo sistema, consecuentemente cada componente, no puede ser diseñado independientemente de los otros.

Basando el ejemplo ilustrado, para proceder al diseño preliminar se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1.- Disposición del secundario principal:

Dadas las cargas y calles indicadas en la fig. 18 y tomando como referencia las facilidades existentes, el secundario principal puede ser trazado, como se indica en la fig. 19.

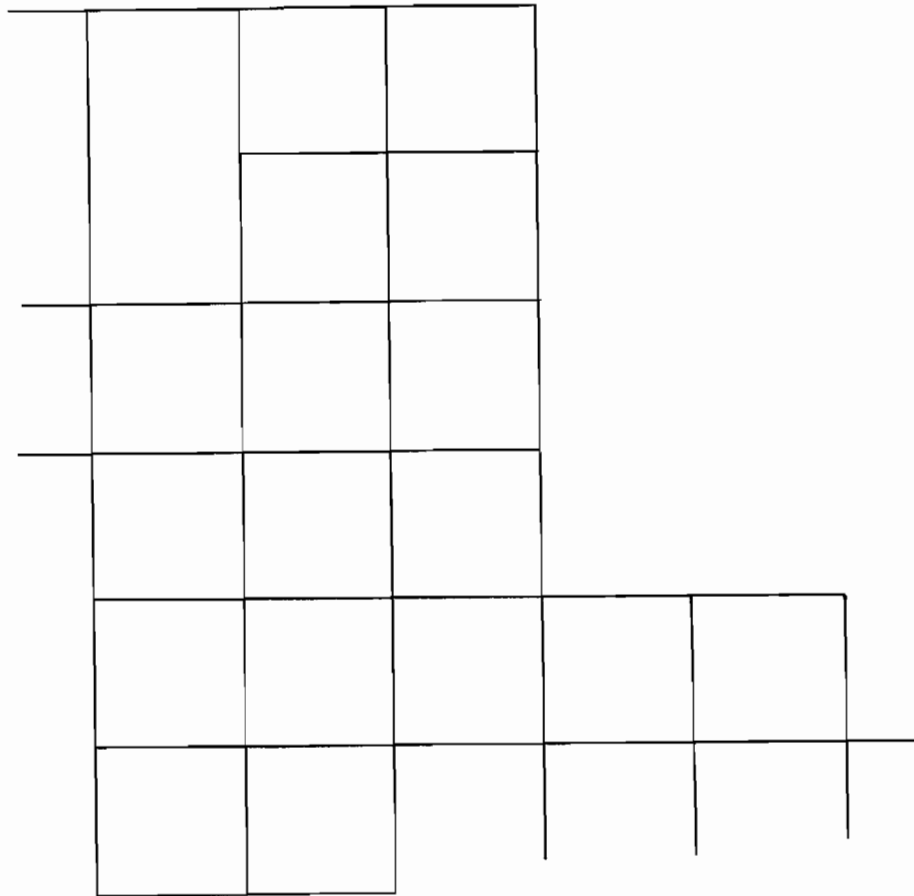
2.- Concentración de cargas:

Hecha la disposición del secundario principal, también debemos combinar y concentrar las cargas, como se indica en la fig. 20, por dos razones principales: las cargas adyacentes a las esquinas de las calles, pueden ser consideradas, como conectadas al mismo nudo o punto eléctrico en el trazado de la malla (unión en muchos casos). Las cargas ubicadas en el medio de la cuadra, pueden también ser combinadas y concentradas, con lo que se reduce el número total de cargas a un valor, que, puede ser adecuado para introducirlo en el analizador de redes, cuya aplicación será discutida luego.

3.- Número y capacidad de los transformadores:

Como en muchos otros aspectos, el diseño de la red mallada se-

FIG:19



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
SECUNDARIO PRINCIPAL	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG
APROBO	FECHA

secundaria, muestra que no hay una fórmula exacta, para la aplicación de este punto, pero en principio talvez es deseable instalar una unidad de malla por unión del secundario principal, porque permite que la carga sea mejor repartida entre los transformadores y generalmente inferior corriente y caída de tensión en los circuitos secundarios. Las excepciones son comunmente encontradas, donde las grandes cargas son localizadas en mitad del bloque, y en estos casos uno o más transformadores, pueden ser localizados en tales puntos.

En orden a evitar la excesiva carga de la unidad de malla, cuando un feeder primario queda fuera de servicio, el total de la capacidad de la unidad de malla referida, puede exceder al pico de la carga. La capacidad instalada necesaria depende del número de feeders y de la carga dividida entre las unidades de malla, particularmente cuando un feeder está fuera de servicio. Este último criterio puede ser medido por la relación de dos impedancias: la impedancia del cable secundario entre transformadores y la impedancia de los transformadores, esta relación es llamada Z_m/Z_t , cuando esta es pequeña la distribución de carga entre transformadores mejora. Bajo condiciones ideales será necesario tener cerca de dos veces, como mucho la capacidad de transformadores, como carga total en una malla servida con dos feeders primarios, con tal, que la unidad de malla servida con -

feeder, puede tomar el total de carga, cuando el otro feeder queda fuera de servicio, lo cual queda indicado en la fig. 17 y tabla 1.

Una posible distribución de los transformadores de malla de 150 KVA que alimenta a la carga total de 6.229 KVA, es mostrada en la fig. 21. Veintitres transformadores son usados asumiendo que el máximo tolerable de carga en cada transformador es de 150 KVA. La relación admisible de capacidad instalada en transformadores, a carga pico en KVA es:

$$\frac{3450}{6229} = 0.57$$

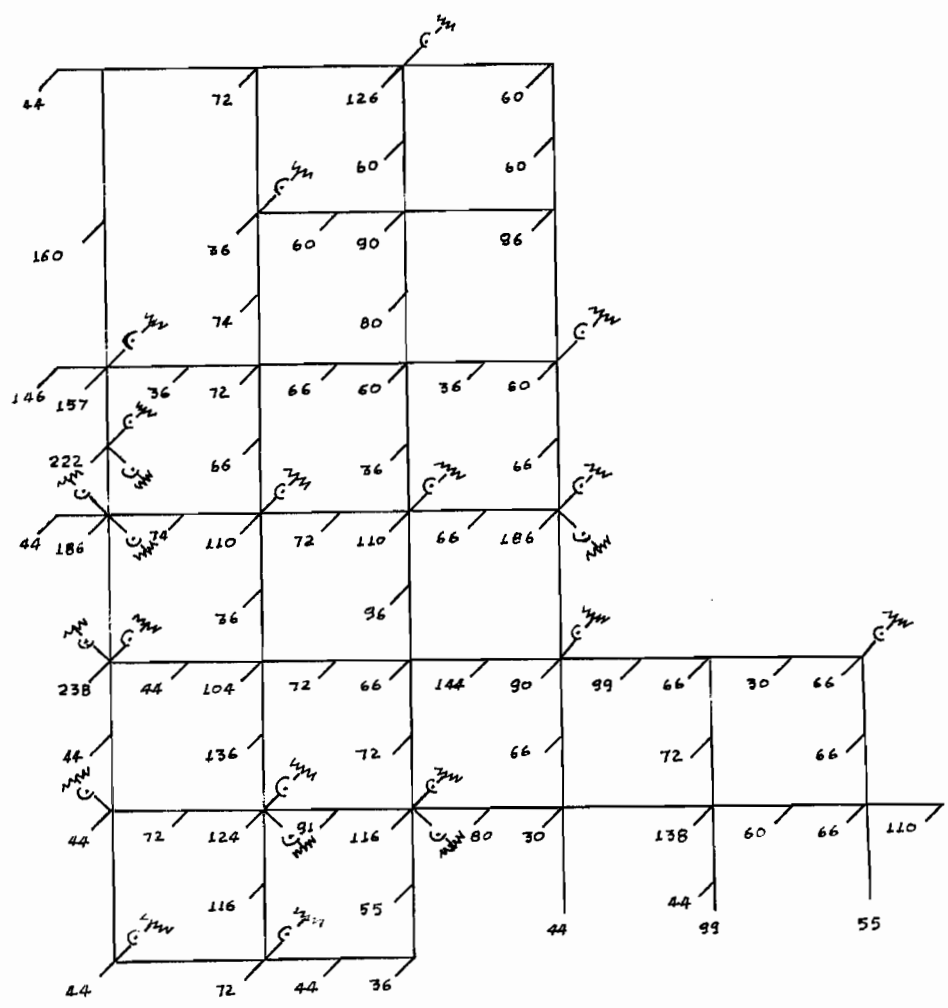
Debemos tomar en cuenta que en la unidad de malla, el protector tiene una corriente nominal mayor que la del transformador.

4.- Consideraciones sobre el feeder primario:

A causa de la natural interrelación de las feeders primarios, unidades de malla y circuitos secundarios es necesario examinar algunas consideraciones sobre el feeder que afectan a las otras partes de un sistema de red mallada.

En la fig. 21, se indica el uso de 23 transformadores de malla de 150 KVA, sirviendo a 6229 KVA de carga. En la tabla 1, se muestra que cuatro feeders primarios son prácticamente el número a emplearse y cada uno lleva 1.557 KVA del pico de carga, pero si uno de los feeders queda fuera de servicio, los otros tres llevarán 2.076 KVA cada

FIG-21



<p>ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO</p>	
<p>LOCALIZACION DE TRANSFORMADORES</p>	
<p>PROYECTO</p>	<p>ESC</p>
<p>DIBUJO</p>	
<p>REVISO</p>	<p>FIG: 21</p>
<p>ARROBO</p>	<p>FECHA</p>

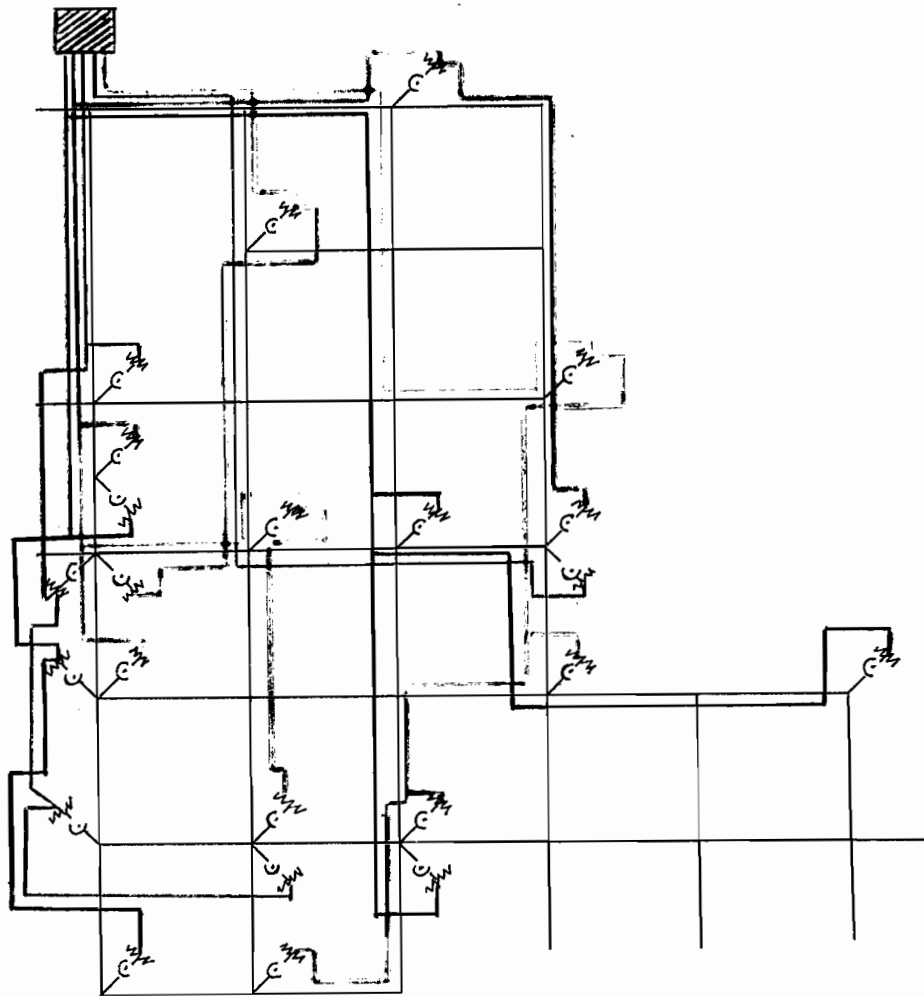
uno. Los cuatro feeders primarios, pueden ser intercalados dentro de la malla en tal forma, que los transformadores adyacentes sean servidos de diferentes feeders, como así se lo indica en la fig. 22. Hay que anotar que dos transformadores son localizados, sobre la carga - relativamente más alta. Como se indica en la fig. 22 el feeder que alimenta a cinco transformadores, mientras que los feeders 2.3 y 4 alimentan a seis transformadores cada uno.

5.- Consideraciones sobre el protector de malla:

Como ya hemos indicado anteriormente, la unidad de malla consiste de un transformador y de un protector de malla. La corriente nominal de un protector de malla, es mayor que la del transformador, por ejemplo para un transformador de 500 KVA con una tensión en el lado secundario de 216/125 voltios, se usa un protector de red de 1.600 amperios, siendo la corriente nominal del transformador, al voltaje indicado de 1.340 amperios y en el caso del ejemplo se usa, protecto-res de red de 600 amperios, para una corriente nominal de 413 ampe-rios y una tensión de 210/121 voltios en el lado secundario de transformador.

Dependiendo de la duración del pico de carga, temperatura am-biente y ventilación del transformador, puede sobrecargarse, el 120 % de su valor nominal, pero esto disminuye la vida del transformador.

FIG.22



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL
INGENIERIA ELECTRICA
TESIS DE GRADO

RECORRIDO DE FEEDERS PRIMARIOS

PROYECTO

ESC

DIBUJO

REVISO

FIG 22

APROBO

FECHA

6.- Consideraciones sobre el secundario principal:

Escogiendo dos conductores de sobre No. 1/0 AWG por fase según la tabla 2, la relación de capacidad de corriente del secundario sobre la del transformador es:

$$\frac{300}{413} = 0.72$$

Una regla frecuentemente usada es que los secundarios principales estarían llevando $\frac{1}{3}$ o $\frac{2}{3}$ de la capacidad nominal del transformador predominante. En el caso de este ejemplo, eventualmente el crecimiento de carga, necesitaría la instalación una unidad de malla adicional, sobre las uniones del secundario principal. Esta práctica resultará al aprovechar, la capacidad de los transformadores sobre las uniones principales de la red secundario, con un feeder primario fuera de servicio. También una relativa carga mayor emplearían los secundarios con respecto a la carga transferida, cuando un feeder sale fuera de servicio.

Ya que, fundamentalmente para el cálculo de redes que estamos analizando, se utiliza el analizador de redes de corriente continua, estudiaremos este equipo y sus resultados a continuación:

Uso del analizador de redes de corriente continua:

El analizador de redes de corriente continua, fundamentalmente es un computador análogo, Aunque hay diferentes construcciones de es-

T A B L A No 2.

Capacidad de conducción de corriente de un simple conductor de 600 V
en un ducto.

Cables Nos. por fase y tamaño.	Capacidad de conducción en amperios.	Cables Nos. por fase y tamaño.	Capacidad de conducción en amperios
1 1/0	180	1 4/0	315
2 "	300	2 "	594
3 "	486	3 "	843
4 "	628	4 "	1072
5 "	755	5 "	1265
6 "	871	6 "	1440
1 2/0	243	1 250 MCM	346
2 "	450	2 "	652
3 "	651	3 "	921
4 "	815	4 "	1179
5 "	960	5 "	1390
6 "	1090	6 "	1580
1 3/0	276	1 300 MCM	382
2 "	518	2 "	720
3 "	741	3 "	1020
4 "	935	4 "	1264
5 "	1090	5 "	1480
6 "	1254	6 "	1660

1	350 MCM	418	1	750 MCM	641
2	"	786	2	"	1192
3	"	1107	3	"	1674
4	"	1417	4	"	2080
5	"	1655	5	"	2420
6	"	1860	6	"	2680

1	400 MCM	451	1	1000 MCM	747
2	"	846	2	"	1384
3	"	1194	3	"	1938
4	"	1492	4	"	2450
5	"	1745	5	"	2869
6	"	1960	6	"	3150
1	500 MCM	514	1	1250 MCM	845
2	"	960	2	"	1562
3	"	1350	3	"	2175
4	"	1700	4	"	2765
5	"	1985	5	"	3220
6	"	2230	6	"	3660
1	600 MCM	568	1	1500 MCM	926
2	"	1058	2	"	1710
3	"	1488	3	"	2373
4	"	1874	4	"	2890
5	"	2190	5	"	3330
6	"	2480	6	"	3630

tos equipos, todos ellos operan en base de iguales principios básicos.

En el analizador de redes, las impedancias de transformadores, circuitos y cargas son representadas con reóstatos que son equipados con terminales fácilmente accesibles y son conectados a su vez, por medio de conductores aislados con plástico, de resistencia despreciable, cada reóstato puede ser ajustado en tal forma que, su resistencia en ohmios, sea un múltiplo de la impedancia del elemento que representa, Como en el sistema las impedancias de carga son más grande, que las de los transformadores y circuitos secundarios, varios analizadores son equipados con reóstatos de dos tamaños, uno que representa la impedancia de un circuito o un transformador y el otro 100 veces mayor que representa la impedancia de la carga.

Hace muchos años, cuando el analizador de redes fué por primera vez adoptado, para el estudio de los sistemas secundarios mallados de corriente alterna, se hicieron extensivas investigaciones para determinar si el sistema análogo de corriente directa, permite una representación suficientemente verdadera del sistema de corriente alterna; el resultado de estas investigaciones muestran, que para el propósito de obtener corriente de distribución en flujo de KVA, en un sistema mallado para los estudios de carga y cortocircuito, el analizador muestra una sorprendente precisión.

Representación del sistema de un analizador de redes:

Para la representación del sistema de un analizador de redes se lo hace siguiendo los siguientes puntos:

1.- Cálculo de impedancia en ohmios del transformador. Para calcular la impedancia en ohmios del transformador de malla típico, conociendo el % de impedancia, para este cálculo se aplica la siguiente fórmula

$$Z_{\text{ohm}} = \frac{\% Z(10) (KV)^2}{KVA.}$$

Cálculo de la impedancia en ohmios de un transformador de 150 - KVA, usado en la red subterránea de Quito, con 4.9 de % de impedancia.

2.- Cálculo de la impedancia en ohmios de los circuitos

$$Z_{\text{ohm}} = \frac{4.9(10)(0.210)^2}{150} = 0.0144$$

3.- Seleccionar un conveniente multiplicador para convertir los ohmios del sistema a ohmios del analizador, por ejemplo, si el multiplicador es 1.000, el reóstato que representa cada transformador de 150 KVA se fijará en un valor de 14.4 ohmios. La selección del multiplicador depende de los valores ohmicos de los reóstatos del analizador y la exactitud con la cual ellos pueden ser fijados, particularmente los valores bajos.

4.-- Cálculo de la impedancia en ohmios de las cargas.

Puesto que la resistencia ohmica de 14.4 en el analizador es equivalente al 4.9 % de impedancia en 150 KVA, de base el 100% en base

de 1000 será:

$$14.4 \frac{100}{4.9} = 294$$

Luego la carga de 150 KVA, puede ser representada por una resistencia de 294 ohmios.

Para continuar el proceso, se hace la tabulación de los valores en KVA de las cargas, para tener la correspondiente representación ohmica en el analizador. Una carga de 15 KVA tendrá un reóstato inicial de 2.940 ohmios.

En caso de que la inicial selección del multiplicador en el sistema, haga que en el analizador no se mida valores resistencia, dentro del rango de los reóstatos, es factible algunas veces, la combinación de reóstatos en serie o en paralelo para obtener los correctos valores ohmicos, Si muchas combinaciones de resistencia son requeridas, debe ser seleccionado un nuevo multiplicador.

5.- Selección de un conveniente valor de voltaje:

Este voltaje es impreso entre las barras positivas y negativas del analizador. Asumiendo 21.0 voltios como el votaje para el ejemplo propuesto, el multiplicador que convierte, los amperios del analizador, a los amperios del sistema, es obtenido de la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \frac{I_{\text{resis.}}}{I_{\text{anal.}}} &= \frac{E_{\text{sist.}}}{E_{\text{anal.}}} \times \frac{R_{\text{anal.}}}{Z_{\text{sist.}}} \\ &= \frac{210}{21} \times \frac{1000}{1} = 1 \times 10^4 \end{aligned}$$

Por lo tanto un miliamperio en el analizador es equivalente a 10 amperios en el sistema.

El voltaje en el analizador no puede ser fijado muy alto porque la corriente que llevan los reóstatos será excesiva; el reóstato que tiene la mayor carga lleva una corriente aproximadamente igual al voltaje del analizador, dividida para la resistencia que representa la mayor carga en KVA, el arreglo del reóstato de carga es usualmente requerido, en tal forma que la corriente de carga del analizador sea equivalente a los valores deseados de la corriente de carga en KVA, estos ajustes son tolerables, por caídas de tensión en los circuitos secundarios; algunas veces es deseable leer flujo en KVA, tal como corrientes en tal caso se debe usar otro multiplicador que permita la lectura de los KVA en el amperímetro del analizador.

6.- Estudio del flujo de carga:

La representación del sistema en el analizador es completa cuando de las cargas se sacan las corrientes correctas y todos los circuitos y reóstatos de los transformadores son colocados correctamente.

El siguiente paso es comunmente llamado estudio de carga y consiste en obtener el flujo de corriente en la malla bajo varias condiciones de operación del sistema, para lo cual se analiza la distribución de corriente, sacando de servicio un alimentador y anotando las

corrientes respectivas, luego se conecta ese alimentador y se saca otro, se anota las corrientes respectivas y así se continúa hasta que se tengan todas las corrientes al momento de retirar uno de los feeder de servicio. En el caso de que en una sección de la red secundaria lleve una corriente mucho más baja que la capacidad del conductor, varias atenciones se deben tomar, tal como, la reducción de la sección del conductor en esa parte de la red. Algunas veces es posible el uso de conductores de pequeños diámetros, en alguna sección de la red, pero la estandarización del calibre de los conductores es lo deseable.

El estudio de carga es realizado para determinar la mejor combinación de la capacidad de los transformadores de malla y su localización, el recorrido de los circuitos principales, tamaño de los conductores y número de fase. Cambios en solo uno o más de estos planes y factores de costo, pueden ser hechos rápidamente, por cambios en los reóstatos y circuitos del analizador de redes.

7.- Estudio del cortocircuito:

El analizador de redes de corriente continua es también empleado en el estudio del cortocircuito. El propósito de este estudio es determinar si las fallas en los conductores secundarios, pueden ser despejadas por sí mismo, o que límites son requeridos, para que la -

falla en el secundario se despeje. En sistemas que son totalmente limitadores, el estudio del cortocircuito, sirve para obstaculizar la coordinación de recursos en sistema de sobrecorriente, por ejemplo limitadores con limitadores, limitadores con fusibles del protector de malla.

Las cargas pueden ser desconectadas o quedar en la malla cuando el estudio del cortocircuito es hecho, generalmente la corriente de falla es alta en los contornos de la falla y la caída de voltaje en el secundario es alta, pero la contribución de carga a la corriente del sistema es pequeñísima dentro de las condiciones de falla.

El punto práctico particular donde, una falla será asumida es conectada directamente a la barra negativa del analizador y es deseable que la impedancia de falla sea introducida.

Teóricamente el número de los puntos del sistema secundario es infinito, la distribución de la corriente de falla en la malla será diferente para cada falla, es necesario sin embargo para cualquier falla el ser despejada. En los grandes sistemas que tienen suficiente capacidad de transformadores de malla, hay que asegurar la fundición del conductor y la vaporización necesaria para despejar la falla por si mismo: en pequeñas mallas no suplen la suficiente corriente a la falla para asegurar el despeje por si misma, por lo

cual al escoger un gran número de conductores de pequeño diámetro por fase es deseable, en estos casos los limitadores son empleados a los dos extremos del cable, o secciones, donde el despeje de la falla no es seguro, estos limitadores son un tipo especial de fusible, con una sustancia aislante, que es dañada por sobrecorriente y sirve para proteger al cable.

El primer caso del estudio del cortocircuito en el analizador es el de una falla en una simple fase, empleando el punto eléctrico en la red secundaria, donde ocurre el máximo de corriente de falla.

La localización de la máxima corriente de falla puede ser encontrada por inspección de la combinación de los transformadores de malla y los circuitos secundarios principales.

La determinación de que si una falla es despejada por si mismo, se hace consultando la tabla 3, en la que se muestra la corriente mínima determinada por prueba de laboratorios, la cual es requerida para quemar claramente un cable de simple conductor en la falla, estos amperios que se indican en la tabla indicada son los mínimos requeridos que lleguen a la falla de cualquier lado.

Es mejor la investigación de la falla en un simple conductor, en una barra asociada sobre una fase, que en todos los conductores, por lo cual el alambrado del analizador es extendido para incluir e

T A B L A No 3.

Corriente mínima requerida para quemar un cable de simple conductor en el punto de falla, determinada por prueba de laboratorios.

Calibre	circuito aéreo	circuito subterráneo
1	1.000	1.600
1/0	1.200	1.800
2/0	1.400	2.100
3/0	1.700	2.500
4/0	2.100	2.900
250 MCM	2.300	3.200
350 MCM	3.000	4.000
500 MCM	4.000	5.000

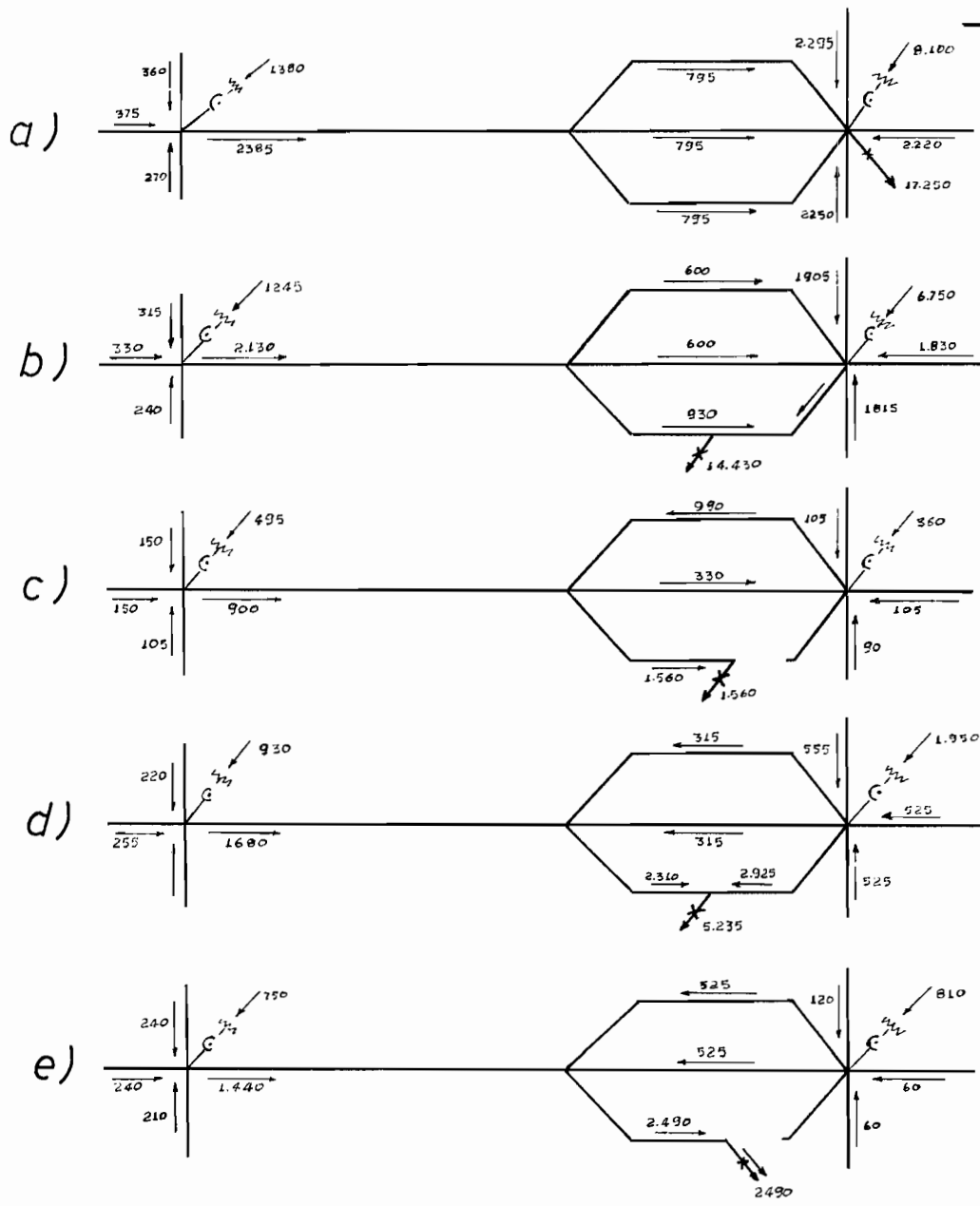
circuitos individuales, que representan cables de un simple conductor en las vecindades de la falla. La fig. 23 es un ejemplo de este tipo de estudio mostrando una parte de la falla, en la mitad de una sección del secundario principal para tres conductores simples por fase. Una falla de impedancia cero es movida en un conductor 4/0AWG y se observa el cambio de la distribución de corriente con el cambio de la localización de la falla.

El despeje por quemación del conductor, sobre el punto de falla o el estallido del limitador en los terminales del conductor, ocurre continuamente, teniendo en cuenta que el lado de la falla, donde la corriente es más alta se despeja primero, al producirse la abertura en un lado de la falla, se cambia la corriente de distribución en la malla, con lo que resulta una corriente alta en el conductor al otro lado de la falla, con lo que se despeja allí velozmente.

8.- Uso de transformadores de diferentes capacidades en el sistema mallado:

En el ejemplo de discusión, encontramos cargas de la malla secundaria de diferente tamaño de KVA, sobre un amplio margen y ciertamente las cargas localizadas de mayor capacidad aunque pocas en número son un importante porcentaje de la carga total del sistema; en el sis

FIG.23



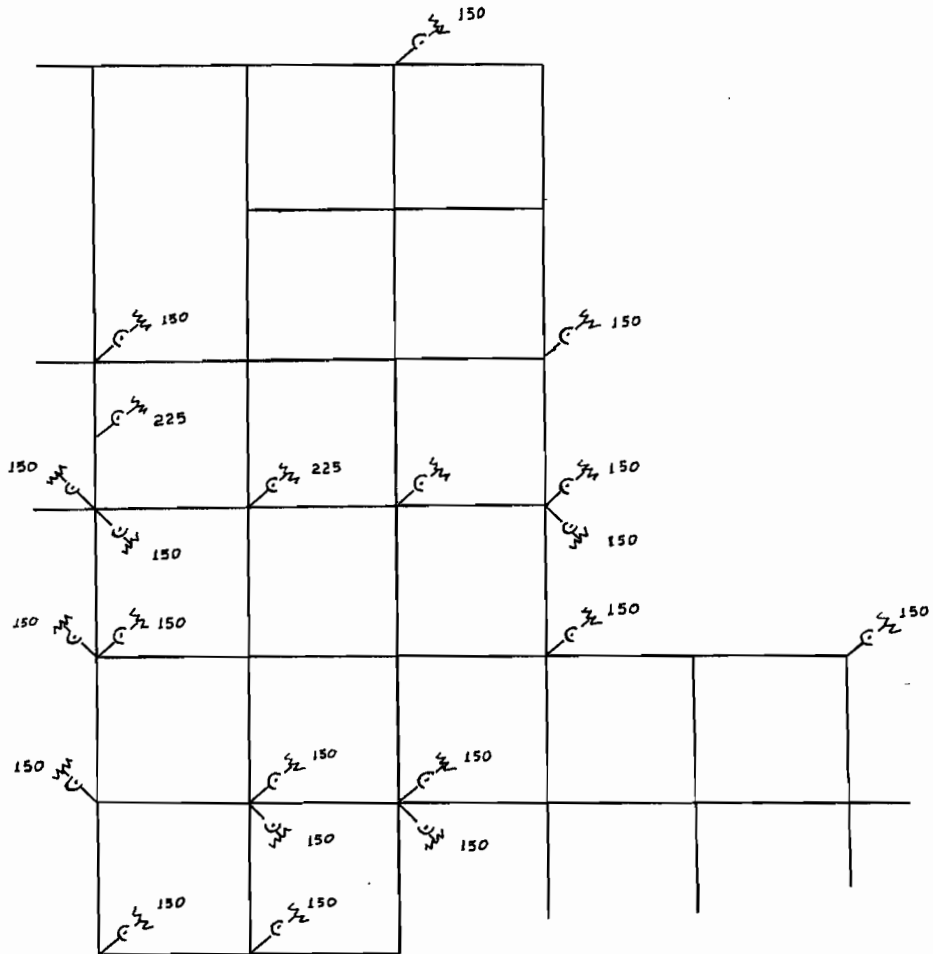
ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
ESTUDIO DE FALLAS	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG
APROBO	FECHA

tema indicado en las figs. 20 a 22, las grandes cargas localizadas son admitidas para la instalación de dos unidades de malla, en tal localización, Durante el daño de un feeder primario, por lo menos una de las unidades puede quedar siempre en servicio, presindiendo del feeder afectado, aunque esta práctica es altamente deseable, hay que tomar en cuenta, que a travez de los años, las cargas seguirán desarrollándose y tendremos que muchas cámaras de transformación contendrán instalaciones de transformadores múltiples y aún habrá el caso de que, se tienen que cambiar la capacidad de los mismos, por eso sería más conveniente usar transformadores de dos capacidades, en la fig. 24 muestra el sistema que estamos analizando con la modificación de la capacidad de la unidad de malla, en la vecindad de la carga más fuerte del sistema. Esta modificación emplea dos cámaras conteniendo transformadores de 225 KVA que reemplazan a tres unidades de 150 KVA, originalmente localizadas, dos unidades en una cámara y una en la otra. Los transformadores de 225 KVA son combinados con protectores de malla de 1.200 amperios, por tanto los transformadores son cargados al 93.76% de su valor nominal, cuando los protectores llevan esa corriente.

9.- Carga y desarrollo de los sistemas mallados.

La verdadera prueba de una planificación, es el éxito ante el requerimiento de nuevas cargas o del crecimiento de otras. Aunque

FIG. 24



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
MODIFICACION DE LA CAPACIDAD	
EN UNIDAD DE MALLA	
PROYECTO	ESC
DIBUJO	
REVISO	FIG
APROBO	FECHA

el analizador de redes es un sistema altamente flexible, para en -
contrar el crecimiento de la carga futura, la magnitud y localiza-
ción de estas cargas son dudosas, la naturaleza del crecimiento de
la carga en las áreas comerciales de una ciudad, han sido caracte-
rísticas de los últimos años por dos tendencias: un incremento exce-
sivo en la densidad de carga y un incremento más marcado en el desa-
rrollo relativamente grande las cargas localizadas. La primera ten-
dencia es debido, a la general mejora en la iluminación de tiendas-
y oficinas, en el uso de aparatos eléctricos, tales como: condiciona-
dores de aire, escaleras eléctricas, etc., la segunda tendencia es
más significativa desde el punto de vista de planificación del sis-
tema y esta es debida a la construcción y renovación de almacenes ,
apartamentos y edificios de oficinas. Estas nuevas edificaciones son
equipadas, con más equipos eléctricos y en general un nivel de ilu-
minación más alto.

Durante el tiempo de instalación de la red pueden aparecer nue-
vas cargas concentradas e incrementos en otras, tales cargas repre-
sentan la instalación de nuevos equipos eléctricos en almacenes y -
oficinas, por esta razón el estudio y diseño de la red mallada, de-
be tomarse la información más exacta del futuro incremento de carga.
En caso de que tal información no se puede obtener, toda carga de la

·malla inicial, se debe multiplicar por un mismo porcentaje, para obtener una nueva carga modelo, que prevea la expansión imprevista y futura de la carga. Tomando en consideración lo indicado anteriormente, se debe desarrollar un nuevo sistema, que se lo debe estudiar - nuevamente en el analizador de redes de corriente continúa

H.- Para completar el estudio de los diversos tipos de redes he creido conveniente analizar el diseño de cámaras de transformación.

a) pasos que se deben seguir:

- 1.- Estudiar las características y dimensiones de él o los transformadores, equipos de protección y terminales de cables de acuerdo al diseño general de la red.
- 2.- Estudiar el espacio que podemos utilizar para la instalación.
- 3.- Ubicar los equipos teniendo en cuenta los siguientes puntos:
 - a) Los equipos de A.T. y B.T. tienen que estar separados físicamente.
 - b) Los equipos deben ser fácilmente operables y con seguridad para el personal
- 4.- Dimensionar y escoger el tipo de los conductores con los que se harían las conexiones en A.T. y B.T.
- 5.- Escoger y ubicar los soportes para los diversos cables.
- 6.- Dimensionar los circuitos de puesta a tierra y ubicarlos adecuadamente.

7.- Diseñar el alumbrado de la cámara.

b).- Ejemplos de cámaras de transformación:

1.- Caseta apropiada para Urbanizaciones (equipo normal).

En el plano No. 1 se indica el diseño para la instalación de una cámara de transformación, utilizada normalmente para urbanizaciones de primera clase; como podemos ver en el plano en referencia cada puerta dá acceso al equipo de alta tensión o al de baja tensión Este tipo de cámara debe ser localizada, de acuerdo al diseño de las redes, pero normalmente en el límite de dos lotes. El montaje se hace de acuerdo al diagrama unifilar, indicado en el plano No. 1 y siguiendo el diseño que consta en el mismo plano, o sea, que en el lado de alta tensión se instalarán los terminales de cable de entrada y salida de la corriente, los portafusibles de protección para el transformador y los seccionadores para corte de corriente. Las conexiones en el lado primario del transformador se hacen con cable de cobre aislado y con la pantalla puesta a tierra, y con la terminación de las puntas adecuada y la que se realiza con cintas aislantes para la tensión de servicio de estos cables o sea 6.3 KV. En el lado secundario se instalan las barras de baja tensión como se indica en el plano No. 1, cada una de estas barras, que son fases del transformador, consta de los siguiente: una pletina de cobre, bases portafusibles con cartuchos portafusibles tantos como circuitos de baja ten-

sión salgan de la cámara y una general de capacidad de corriente, dada por la nominal del secundario del transformador y para una tensión de 500 voltios, la capacidad de los cartuchos fusibles de las demás bases, están de acuerdo al calibre de los circuitos de baja tensión. Además para la baja tensión se debe montar una barra de cobre para neutros que será conectada directamente al circuito de puesta a tierra, a esta barra se conecta el neutro del transformador y los cables neutros de los circuitos de baja tensión. Dos puntos necesarios en la buena instalación de una cámara son: una adecuada puesta a tierra y el alumbrado interior, para el primer punto se tiene una varilla de copperweld, a la que llega un cable que conecta a tierra el transformador, los terminales del cable armado de alta tensión y los cables apantallados, para el segundo punto, se instalan un foco con su interruptor y un tomacorriente.

Todos los materiales y equipos que se instalan en la cámara, deben estar de acuerdo con las normas que la Empresa Eléctrica suministradora de energía mantiene para este montaje, ejemplos de por lo menos de las ciudades de Quito y Guayaquil.

Normas de diseño Emelec " Electric Distribution Systems Engineering Manual " editado por " Ebasco Services Incorporated " con sede en New York.

Caídas de voltaje permisible: Primario 3%; Secundario 6%; Acometida 1%.

Normas para diseño en la E.E.Q.S.A. en alta tensión:

cable armado aislamiento de papel impregnado en aceite, 8 KV conductor de ϕ mínima sección 3x4 AWG, enterrado directamente en el suelo cruce de calzadas en tuberías, instalación eléctrica radial con interconexión con otro primario para fines de continuidad de servicio y para transferencia de cargas.

Protección disyuntor automático y fusibles 7.8 KV 50-100 amperios - caída de voltaje máximo 1%. Cabe aclarar que se trata de evitar caídas mayores en alta tensión del 5% en el alimentador respectivo hasta el radial más distante.

Transformación: capacidad promedio en la zona central (residencial-comercial) 150 KVA en la zona residencial de lra. clase de 75 a 100 KVA trifásicas Δ/Y , tipo distribución alojadas en casetas diseñadas para el objeto, tipo convencional en baño de aceite autorefrigerado, impedancia promedio 4%, tipo de conexión según ASA-NEMA DY5, 6.100/ - 210/121 voltios, con derivaciones en el primario de I 5%, con neutro en el secundario sacado al exterior.

Protección en A.T. portafusibles seccionadores 7.8 KV 50 amp. y en el secundario fusible tipo europeo NH.

Distribución promedio entre transformadores, 180 mt.

Red de baja tensión: Conductores unipolares de cobre, aislamiento caucho butyl con funda externa de neopreno para 1 KV, para las 3 fases,

nestro desnudo, preferentemente estañado de igual sección que para las fases, enterrado directamente en el suelo, conjuntamente con los circuitos de alta tensión, cruces de calzada en tubería, mínima sección 1/0 AWG, máxima caída de tensión 3% en cualquier punto de la red.

Red de Alumbrado Público: luminarias de vapor de mercurio de color y factor corregidos. Diferenciando tipos de calzadas, avenidas de doble circulación con uso de lámparas de 250 W o 400 W de acuerdo al tránsito, con disposición lateral de las luminarias e disposición alterna y opuesta con postes ornamentales de hormigón de 10.5 mts. brazos de hierro tubulares de 2" de diámetro y 2 mts. de longitud. Altura promedio de la luminaria a la calzada 9 m, espaciamiento entre lámparas 35 a 40 m. Calzadas secundarias menores a 12 m. de ancho con luminarias de 175 W a 125 W a un sólo costado sobre postes similares a los descritos pero de 9 m. brazos tubulares de 1 1/2" y 15 m. de altura de la luminaria sobre la calzada, 8 m. promedio, separación de lámparas 35 a 40 mt.

Tipo de control automático, célula fotoeléctrica, comanda relés de contacto normalmente abiertos, dispuestos en cada red, independiente de la fuerza 2x No.6 AWG mínimo aislamiento PVC, enterrado conjuntamente con red de A.T. y B.T. a 210 v, con caída de tensión permisible 1%.

Debemos anotar que es un requisito fundamental, para la operación de

la red subterránea, que en la cámara de transformación, cada cable de alta tensión o baja tensión que entre en la cámara debe tener una identificación clara de su calibre, recorrido y señalización.

2.--Cámaras para instalación de equipo de red mallada normal sobre el nivel del suelo.

Este tipo de cámara se montará de acuerdo al diseño y diagrama unifilar que consta en el plano No. 24.

Tienen normalmente una sola puerta de entrada de hierro con ventananas de malla adecuadas para la ventilación, a más de dos o más ventananas de ventilación que se pondrán de acuerdo a la distribución del equipo que se montará en la cámara.

Estas cámaras se puede diseñar para uno o dos transformadores y normalmente servirá como puntos de seccionamiento para la red de A.T.

En el lado primario del transformador se instalarán los mismos equipos que en el caso anterior.

En el lado de baja tensión se montará un protector de red para formar con el transformador la unidad de malla y los fusibles limitadores, un juego por cada circuito de baja tensión que salga de la cámara. Las conexiones entre los terminales del secundario del transformador y los terminales del protector se harán con conductor aislado, para las fases, de calibre dimensionado, de acuerdo a la corrien

te nominal del transformador en el lado secundario.

El neutro del transformador y los neutros de los circuitos de baja tensión, se conectarán a una barra de cobre que será parte del - circuito de puesta a tierra de la cámara.

También como en el caso anterior a más del circuito de puesta a tierra con dos varilla de copperweld, un circuito para la instalación de alumbrado interior de la cámara.

Para la instalación de los cables de alta y baja tensión, se utiliza rack de porcelana en alta tensión o de madera, en el lado secundario, estos últimos tienen un diseño diferente de acuerdo a la utilidad que se los dé.

Hay cámaras similares a la descrita anteriormente en cuanto al equipo usado pero diferentes, en la parte estructural ya que son instalaciones bajo el nivel de la acera, con la entrada para el personal, a través de una rejilla de hierro móvil y para el equipo con una losa fija, pero que se la puede alzar si el caso así lo requiere. Todos - los detalles de montaje de esta última cámara se lo encuentra en el plano No. 3.

3.- Cámara para instalación de equipo sumergible:

El tipo de diseño de cámara que vamos a describir se lo instala- siguiendo el plano No. 4.

Como se indica en el plano de referencia, estas cámaras están bajo la acera y tienen una rejilla de hierro para la entrada del personal y otras para el equipo y ventilación como se vé estas son facilmente inundables y por esta razón el equipo que se instala debe ser especial.

Como en los casos anteriores para su descripción nos basamos en el diagrama eléctrico unifilar, que consta en el plano No. 4 para mayor claridad iniciamos esta descripción con la unidad de malla, que consta de las siguientes partes: una caja terminal de cable, diseñada para la entrada de uno o dos cables de alta tensión, es rellena con una masa especial, las barras de esta caja están conectadas a un seccionador en aceite de tres posiciones, conectado, desconectado, desconectado puesto a tierra, de este seccionador y a través de aisladóres de paso se lleva la corriente al lado primario del transformador, del secundario y también con aisladores de paso llega la corriente al protector de red. Debemos anotar que todos estos elementos están acoplados directamente, formando un sólo bloque, con mayor detenimiento analizaremos este equipo, más adelante en otro capítulo de esta tesis.

Directamente, acoplados al protector de red encontramos los fusibles limitadores y conectados a estos los cables que forman los cir-

cuitos de la red secundaria. Para los neutros se instala una barra de cobre.

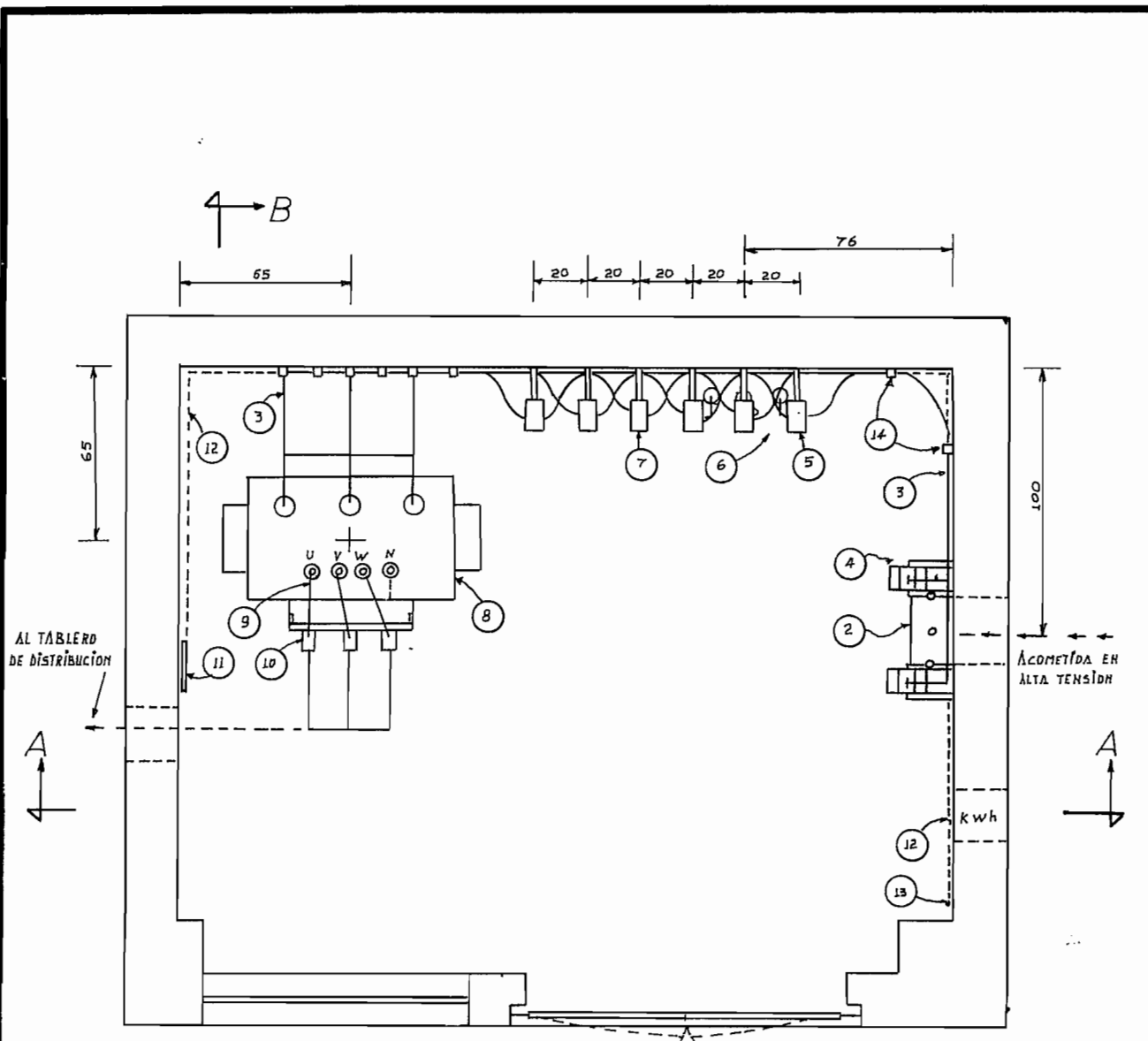
Como puntos complementarios de esta instalación están los circuitos de puesta a tierra y del alumbrado interior de la cámara. Además se debe indicar que para el montaje es necesario utilizar soportes adecuados para la instalación de los cables de alta y baja tensión. No debemos olvidar que todos los cables que salgan de la cámara deben tener la identificación clara y precisa.

Los cuatro diseños anteriores son los más usados en redes subterráneas de distribución eléctrica, pero como en las fábricas también se instalan las cámaras de transformación, indicaremos dos diseños, que creo que son los principales, anotando que de acuerdo a las características del local pueden haber otros.

4.- Cámara en un solo local o cuarto y la medición en alta tensión:

Según las necesidades pueden ser instaladas en una caseta sobre el nivel del suelo o en un cuarto bajo el nivel del suelo, pero aunque cambie la construcción estructural de la cámara, la ubicación y distribución de los equipos es igual.

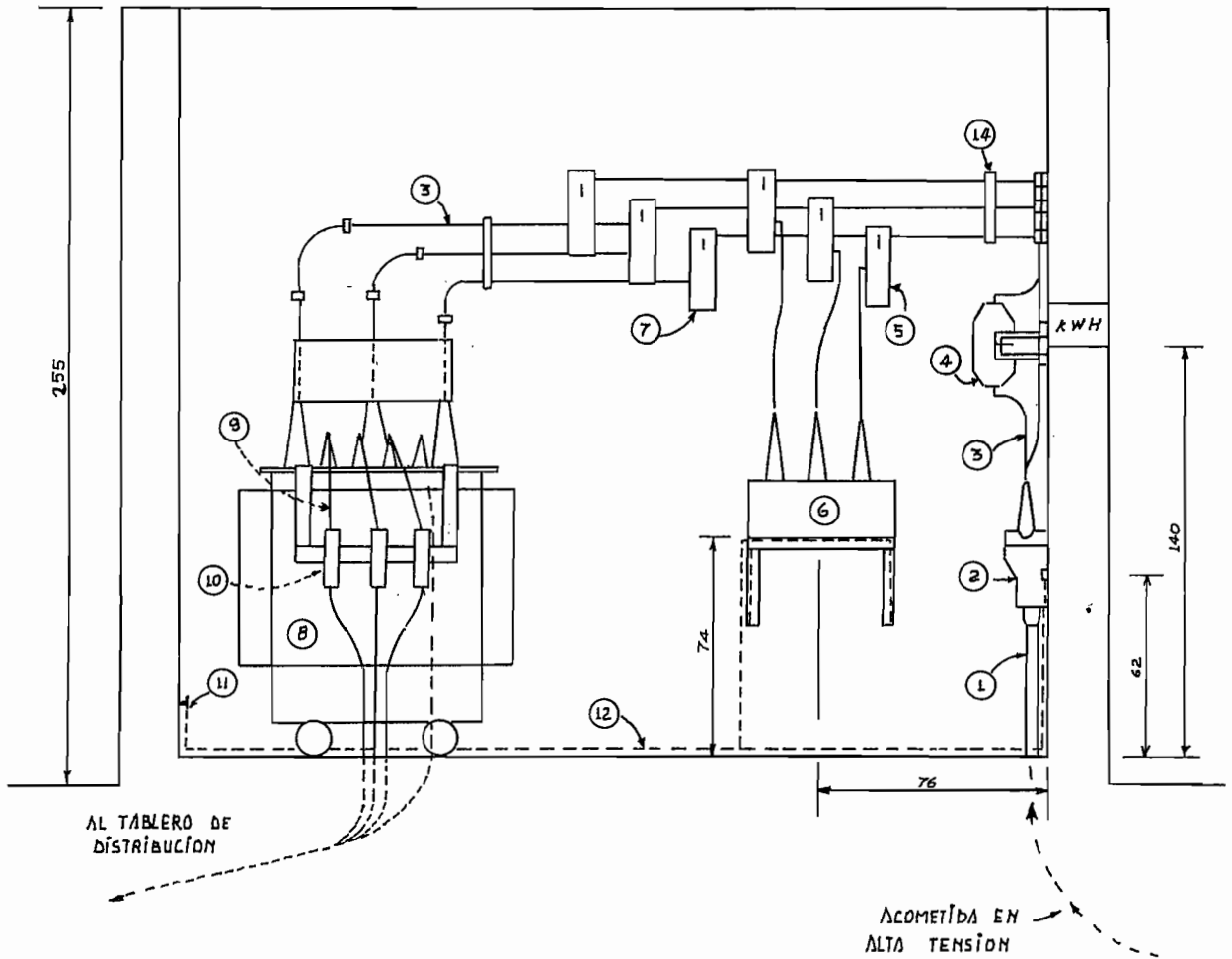
Para la descripción de este tipo de cámara, utilizaremos el plano No. 5 en el que constan el diseño y el diagrama eléctrico unifilar respectivo: la instalación consta de el terminal de cable armado, dos



PLANTA

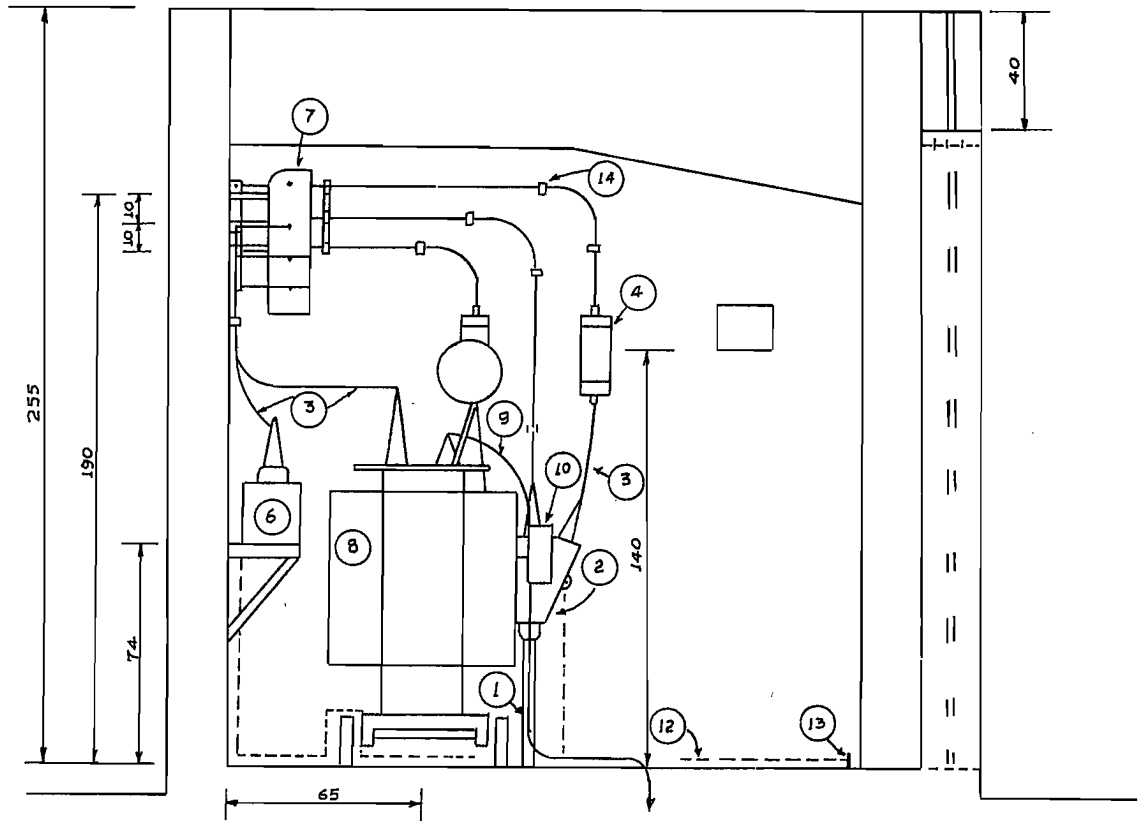
ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO	
PROYECTO	ESC 1:25
DIBUJO	HOJA # 1 DE 4
REVISO	PLANO # 5
APROBO	FECHA

CORTE A-A



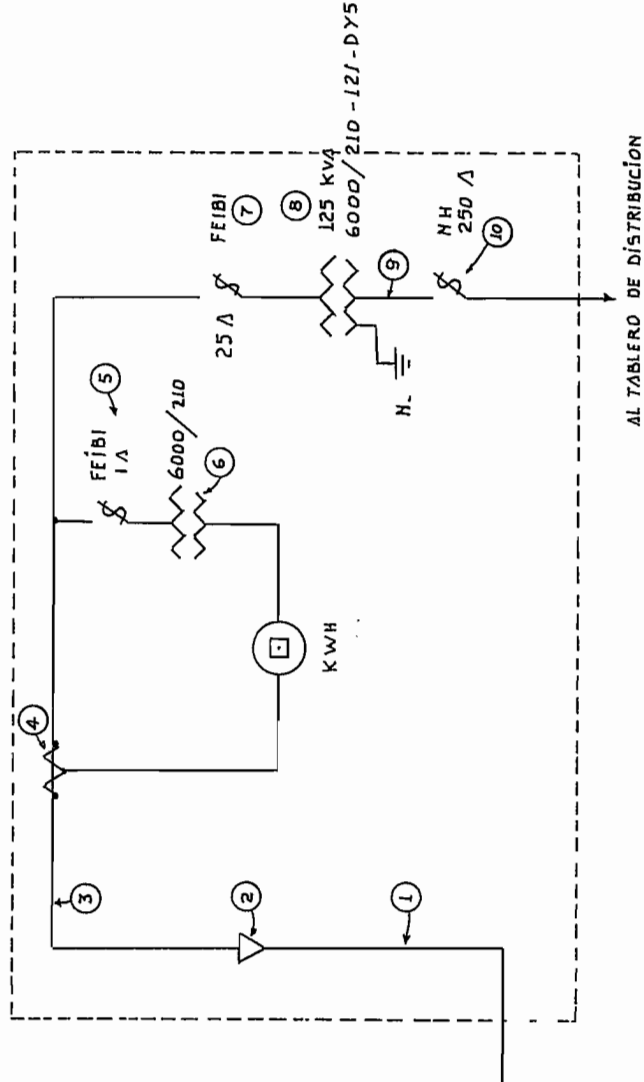
ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
PROYECTO	EJC 1:25
DIBUJO	HOJA # 2 DE 4
REVISO	PLANO # 5
APROBO	FECHA

CORTE B-B



ESCUELA-POLITECNICA- NACIONAL	
INGENIERIA ELECTRICA	
TESIS DE GRADO	
<i>PROYECTO</i>	<i>EJC 1:25</i>
<i>DIBUJO</i>	<i>HOJA # 3 DE 4</i>
<i>REVISO</i>	<i>PLANO # 5</i>
<i>APROBO</i>	<i>FECHA</i>

DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR



ESCUELA-POLITECNICA-NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA TESIS DE GRADO

PROYECTO

EJC 1:25

DIBUJO

HOJA # 4 DE 4

REVISO

PLANO

APROBO

FECHA

transformadores de corriente para bajar la intensidad a 5 amperios que es el máximo admisible en los medidores en el caso de la Empresa Eléctrica Quito S.A., a continuación se instalarán los transformadores de tensión 6.000/100 o 110 voltios, dos monofásicos conectados en V o un trifásico, con la protección de cajas protafusibles de porcelana - 7.8 KV, 50 amperios, con fusible de 1 amperio, a continuación nos encontramos con los portafusibles, similares a los anteriores pero con fusible adecuado para la protección del transformador, luego irá el transformador con la protección adecuada de fusibles seccionadores.

Las conexiones en alta tensión, se hacen con cable unipolar apantallado con aislamiento para 8 KV.

En baja tensión el transformador deberá estar protegido con fusible de B.T. o con un disyuntor cuyas características se ajusten a los cálculos de las necesidades que se tenga.

Las conexiones en baja tensión se harán con cables aislados para 1 KV para las fases y con desnudos para el neutro, de calibre dado por la corriente nominal del secundario del transformador.

Como en los casos anteriores es necesario instalar un circuito de puesta a tierra y uno para el alumbrado interior de la cámara.

5.- Cámara con celdillas tipo abierto.

También en fábricas se puede instalar este tipo de diseño, que se indica en el plano No. 6.

Como se mira en el plano, hay dos cuartos completamente independientes, que tienen cada uno su puerta de acceso, en el primero encontramos celdas con puertas de malla, una para el equipo de protección del transformador, este tienen conexión con el otro cuarto a través de aisladores pasamuros, y la otra para el equipo de medición si el caso lo requiere hay otra celda para la instalación de un disyuntor general, En el otro cuarto están él o los transformadores con las adecuadas protecciones en baja tensión.

Las conexiones en el lado primario se hacen con barras desnudas, apoyadas en aisladores soporte, para 6.3 KV

Las conexiones en baja tensión, se pueden hacerlas con cables aislados o con barras de cobres desnudas.

En los dos cuartos deben haber circuitos de puesta a tierra y de alumbrado interior.

De las instalaciones descritas anteriormente, ésta última es la que más peligro presenta, para el personal que hace la operación y el mantenimiento, por esta razón en Quito no se las utiliza con frecuencia.

Deniendo ya estos diseños de cámaras que podemos llamarlos básicos se pueden hacer muchos otros, con pequeñas reformas de estos.

I.- RECOMENDACIONES:

Luego del estudio de todos los tipos de redes o diseños de redes ,

que hemos indicado anteriormente, he creído necesario dar algunas recomendaciones, que indicaré a continuación.

Para las zonas centrales de una ciudad, en que el movimiento comercial es de primera importancia, los edificios tienen una elevada importancia de demanda de energía eléctrica y la continuidad y calidad del servicio es de primera clase, la red de distribución debe ser mallada, ya que esta distribución de la energía eléctrica es la que más se acomoda con los requerimientos anotados anteriormente, por lo tanto yo creo que la Empresa Eléctrica "Quito" S.A., ha tenido un gran acierto, al instalar en todo el centro de la ciudad de Quito, las redes eléctrica de distribución subterránea del tipo " Red Mallada ".

Todas las ventajas de este tipo de diseño que lo hemos analizado en el estudio anterior y por esto hacemos esta primera recomendación.

Para redes residenciales de primera clase, como son varias urbanización del norte de Quito, es recomendable usar la red de distribución eléctrica subterránea el tipo de red banqueada, ya que a más de tener menor costo que la red mallada, tienen excelentes ventajas para la calidad y continuidad de servicio según se desprende de las ventajas de este tipo de red.

En general de todos los sistemas de distribución ya analizados,

para el caso de redes subterráneas, los más usados son: radial simple, radial con lazo, red banqueada y red mallada.

.VI.- Análisis de los equipos y materiales que se utilizan en las redes subterráneas de distribución eléctrica.

Clasificación para el análisis:

- a.- Descripción física, con las indicaciones de sus componentes, di mensiones, etc.
- b.- Descripción eléctrica, por medio de las características y la in dicación de las normas que se sigue en la construcción del equi po o material.
- c.- Análisis detallado de su uso.

A).- Cables de alta tensión:

Las características principales para los diversos tipos de cables de alta tensión, que se usan en las redes subterráneas de dis tribución, son las siguientes:

- a.- Unipolares o tripolares.
- b.- La tensión de servicio de acuerdo a la usa la compañía suminis tradora de la energía.
- c.- Adecuado para ser enterrado en el suelo directamente.
- d.- Pueden ser de cobre o de aluminio.

Tipos de cables:

De los diversos tipos de cables que existen estudiaremos algunos que indicamos en el cuadro y que describiremos a continuación.

- 1).- Cables tripolares:

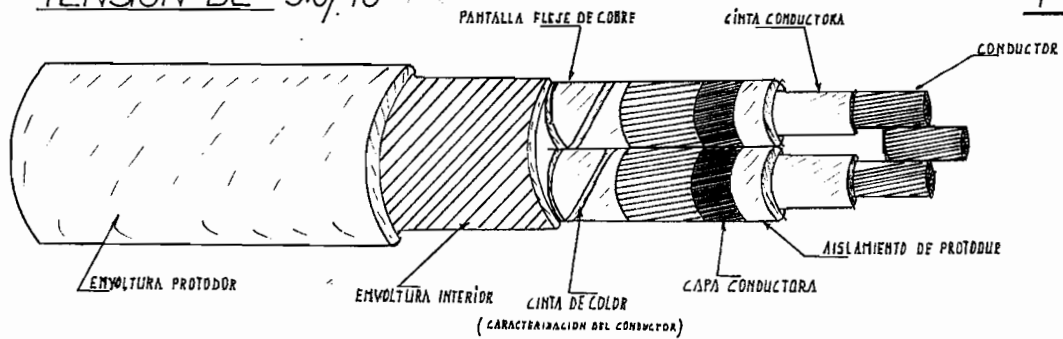
la.- Cables con aislamiento de protodur de tres conductores.-

En estos cables se utiliza conductores de cobre redondos, para el transporte de energía eléctrica, con corriente alterna, la configuración es de cables de camisa, y pueden ser tendidos en tierra, - agua, a la intemperie, en ductos y en recintos cerrados o interiores.

Estos cables como se indica en la fig. 25, se compone de los siguientes elementos: el conductor de cobre, que está formado por varios conductores de calibre # 10 AWG (el número de conductores, - que se utiliza depende del calibre que se requiere), sobre el conductor de cobre, aparece una cinta conductora que está envuelta, sobre cada conductor unipolar, sobre esta cinta, aparece el aislamiento de protodur cuyo espesor depende del calibre del conductor y que se indica en la tabla # 4 , luego tiene alrededor del aislamiento - de protodur una capa conductora, sobre esta aparece nuevamente la - cinta conductora, sobre esta se envuelve una cinta de cobre (pantalla o fleje de cobre), junto con una cinta o papel de color que diferencia cada fase, o sea, que cada conductor unipolar viene de distinto color, normalmente se utiliza el rojo, el azul y el café; hay cables que en lugar de la cinta de papel de colores, tienen cintas de papel con los números 1, 2, y 3; sobre los tres conductores que se unen para formar el cable tripolar, aparece la llamada envoltura interior, que normalmente es de protodur o cualquier otro caucho -

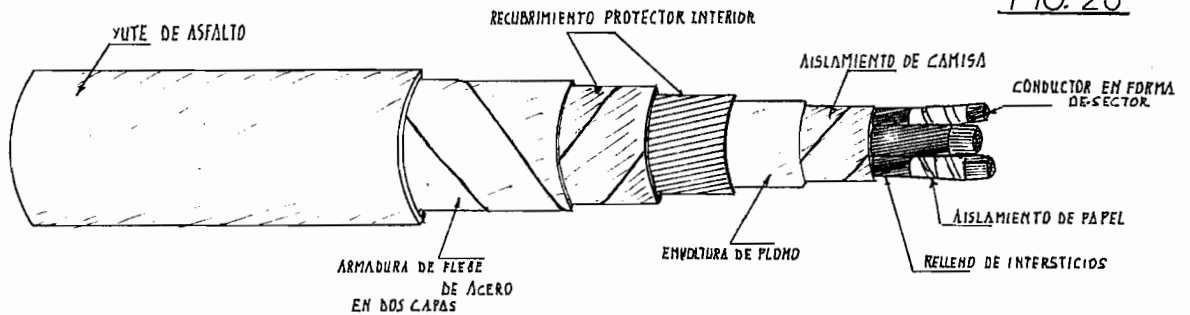
CABLE DE PROTODUR DE 3 CONDUCTORES PARA TENSION DE 5.8/10

FIG. 25



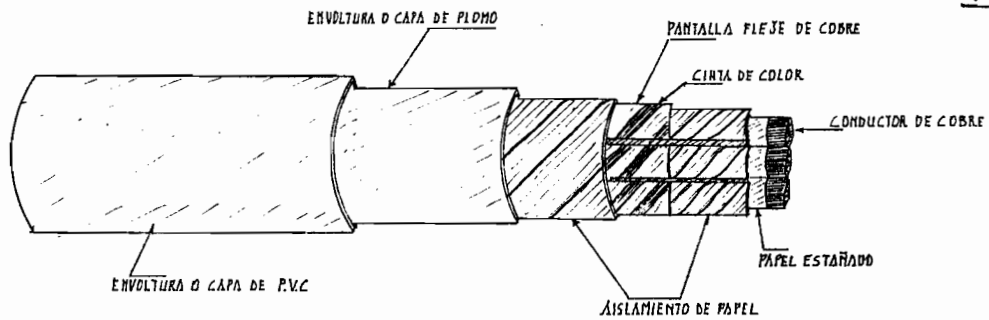
CABLE TRIPOLAR CON AISLAMIENTO DE PAPEL IMPREGNA

FIG. 26



CABLE TRIPOLAR ARMADO PARA 8KV CON AISLAMIENTO DE PAPEL ENVOLTURA DE PLOMO Y CAPA DE P.V.C.

FIG. 27



CABLES PROTODUR DE 1 CONDUCTOR PROVISTOS DE PANTALLA DE FLESES DE COBRE Y ESTRUCTURA EXENTA DE EFLUVIOS HASTA 20KV.

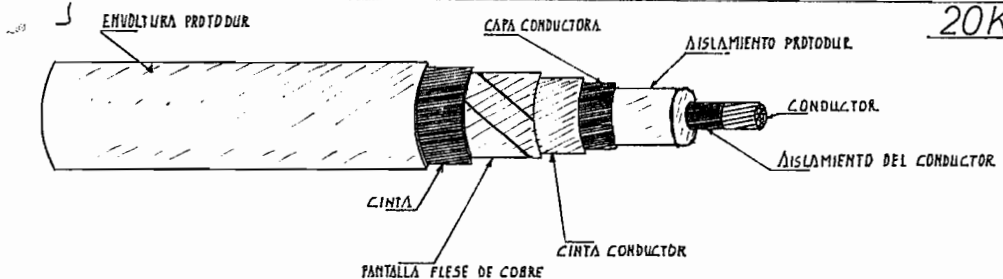


FIG. 28

Características y dimensiones de los cables para A.T. con aislamiento
de Protodur de 3 conductores 5.8/10 KV

Número de conductores y sección nominal en mm ²	Peso del cobre por 1.000 mt. en Kg.	Peso neto aproximado del cable en Kg.	Diámetro exterior aproximado en mm.	Espesor de la pantalla en mm.	Espesor del aislamiento del conductor en mm.	Espesor de la envoltura de protodur en mm.
3 x 10	480	1.900	36	2	4.5	2.2
3 x 16	660	2.210	37	2	4.5	2.2
3 x 25	960	2.855	42	2	4.5	2.7
3 x 35	1260	3.400	45	2	4.5	2.7
3 x 50	1710	4.045	47	2	4.5	2.6
3 x 70	2340	4.960	51	2	4.5	2.8
3 x 95	3120	6.045	55	2	4.5	2.8
3 x 120	3870	7.070	58	2	4.5	3.0
3 x 150	4800	8.260	62	2	4.5	3.2
3 x 185	5850	9.805	66	2	4.5	3.2
3 x 240	7530	12.580	76	2	4.5	3.6

666

sintético de acuerdo con la casa fabricante y finalmente aparece una capa exterior o envoltura de protodur. Las dimensiones y características de este cable se indica en la tabla N° 4.

Estos cables tripolares con aislamiento de protodur que estamos analizando, son construidos según las normas VDE 0271 y son -
construidos para una tensión de servicio de 5.8/10.0 KV. A conti-
nuación analizaremos desde el punto de vista eléctrico y para que
sirve cada uno de los componentes del cables que estamos estudiando.

El conductor de cobre, como su nombre lo indica, es el que con
duce la energía eléctrica. Las capas y cintas conductoras, son las
que están unidas íntimamente, a la superficie del aislamiento y li
mitan al campo eléctrico hacia afuera o sea que dá al cable la protección
contra los efluvios. La capa llamada aislamiento protodur,
es de un material sintético que provée al cable, fundamentalmente -
del aislamiento para la tensión indicada. La pantalla o fleje de co
bre es una cinta de cobre, cuyo espesor se indica en la tabla N. 4
de acuerdo al calibre del conductor, ésta a ser posible se debe co-
nectar a tierra en los dos extremos y sirve como protección contra
contactos eléctricos, preferentemente se utiliza en cables de la red
de alta tensión, no conectada a tierra rígidamente. Las envolturas -
de papel de color o con número, sirven para identificar las fases de
cada uno de los conductores unipolares, normalmente se utiliza el co

lor rojo (1) para la U, el azul (2) para la V, y el café (3) para la W. Las capas o envolturas interior y exterior son elaboradas, con materiales sintéticos, que a más de proveer de aislamiento al conduc -
tor, provee de una adecuada protección mecánica.

Estos cables se utilizan en la instalación de los primarios o -
alimentadores y en los circuitos laterales y sublaterales de la red
primaria. Además se utiliza en las acometidas de alta tensión a las
cámaras de transformación de clientes particulares. También se las
utiliza en las interconexiones subterráneas entre redes aéreas de al
ta tensión, cuando el caso así lo requiere.

lb.- Cable trifásico con aislamiento de papel impregnado a prueba de
migración de aceite y armado.

Este tipo de cables, se construyen con conductores de cobre^o de
aluminio, son utilizados para el transporte de energía eléctrica pa
ra corriente alterna, los conductores tienen forma de sector y la -
configuración es de cable de camisa, son adecuados para ser enterra
dos directamente en la tierra, dentro de ductos o en recintos inte
riores.

Para el estudio de este tipo de cable se ha realizado la fig. 26
en la que se visualiza sus componentes que analizaremos a continuae
ción: el conductor de cobre o de aluminio formado por un número de -
conductores # 10 (de acuerdo al calibre) que dan la forma de sector

al conductor unipolar, sobre estos conductores se presenta el aislamiento de papel impregnado en aceite, en forma de tiras que se envuelven sobre el conductor, la última capa de papel es de un color o número diferente para cada conductor o sea para cada fase, otro elemento que aparece junto con el aislamiento de papel es el relleno de interticio (yute), que da la forma al cable tripolar luego encerrado a estos tres cables, aparece el llamado aislamiento de camisa, que no son otra cosa que tiras de papel que forman una envoltura, sobre esta está la capa de plomo, cuyo espesor difiere de acuerdo al calibre del cable, como se indica en la tabla # 5 sobre la capa de plomo este tipo de cables llevan envueltas tiras de papel asfaltado y sobre éste materiales textiles también asfaltados, estos dos elementos forman el llamado recubrimiento protector interior, a continuación aparece la armadura de fleje de acero en dos capas, esta armadura consiste en dos cintas de acero, que se envuelven sobre el recubrimiento protector interior y por último aparece una capa de yute asfaltado, Las dimensiones y características físicas se indican en la tabla # 5.

Los cables que estamos estudiando son construidos según las normas VDE 0255, se fabrican para tensiones nominales hasta 30 KV, pero lo que nos interesa para la distribución de Quito, son los del rango de hasta 5.8/ 10 KV. A continuación indicaremos las características

T a b l a # 5.

Características & dimensiones de los cables para A.T. con aislamiento
de papel y funda de plo.5.8/10 KV.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 x 10	2750	--	1270	6.4	3.7	1.4	25.5	2x05	34
3 x 16	3150	--	1370	6.4	3.7	1.4	27.5	2x05	36
3 x 25	3750	--	1610	6.4	3.7	1.5	30	2x05	38
3x 35	4050	--	1670	6.4	3.7	1.5	30	2x05	38
3 x 50	4700	3750	1780	6.4	3.7	1.5	32.5	2x05	41
3 x 70	6200	4850	2090	6.4	3.7	1.6	35.5	2x08	46
3 x 95	7400	5700	2420	6.4	3.7	1.7	39	2x08	49
3 x 120	8550	6350	2730	6.4	3.7	1.8	41.5	2x08	52
3 x 150	9950	7150	3110	6.4	3.7	1.9	45	2x08	55
3 x 185	11500	8000	3510	6.4	3.7	2.0	48	2x08	58
3 x 240	13950	9450	4250	6.4	3.7	2.2	52.5	2x08	62

- | | |
|---|--|
| 1 número de conductores y sección nominal en mm ² . | 6 Espesor del aislamiento de papel en mm. |
| 2 Peso neto aproximado por 1000 mts. en kg. con conductor de cobre. | 7 Espesor de la envoltura de Pb. en mm. |
| 3 Peso neto aproximado por 1000 mt. en kg. con conductor de aluminio. | 8 Diámetro sobre la envoltura de plomo aproximada en mm. |
| 4. Peso del plomo por 1000 mts. en kg. | 9 Fleje de acero No. y espesor en mm. |
| 5 Espesor del aislamiento de camisa en mm. | 10 Diámetro exterior aproximado en mm. |

ticas eléctricas, de cada uno de los elementos que forman el cable y que están indicados anteriormente.

El conductor de cobre o de aluminio es el encargado de conducir la energía eléctrica, dimensionado de acuerdo a la cantidad de corriente que deba conducir. Las cintas de papel impregnadas de aceite, son adecuadamente tratadas para desempeñar la función de aislamiento para la tensión que se especifica. La última capa de papel de color o número identifica a que fase corresponde al conductor unipolar, según se indicó en el cable estudiado anteriormente. La envoltura de plomo se emplea como el punto de puesta a tierra del sistema y tiene que estar dimensionado junto con el aislamiento del conductor, para el caso de que la capa de plomo quede en contacto con la tierra, el cable pueda permanecer varias horas sin dañarse. Las siguientes capas que componen el cable o sea: el recubrimiento protector, interior la armadura de fleje de acero y la capa de yute asfaltado, proveen al cable de una adecuada protección mecánica contra agentes exteriores que puedan dañar al conductor. Estos cables se utilizan en igual forma que los anteriormente estudiados.

lc.- Cable tripolar para 8 KV, con aislamiento de papel impregnado a prueba de migración de aceite, capa de plomo y envoltura de PVA.

Este tipo de cable es muy similar al anterior, pero se diferencia, en que este no tiene, la armadura o fleje de acero, ni el recu-

brimiento interior, pero tiene la pantalla o fleje de cobre, además en lugar de la capa de yute asfaltado, tiene una envoltura o capa de caucho sintético de cloruro de polietileno o PVC, los componentes de este cable son similares a los de los estudiados anteriormente, razón por la cual no los analizaremos detenidamente.

El cable hasta la funda de plomo, seguirá las normas AIEC 9a, edición de 1.954, la cubierta termoplástica, en todas sus características estará de acuerdo a las normas IPCEA S-1981, apéndice j de la sección 8.

Todos los elementos componentes de este cable, están indicados en la Fig. 27 y las características y dimensiones constan en la tabla #. 6.

Debemos indicar que este tipo de cable es muy utilizado hasta el calibre # 2 AWG, para calibres mayores se utilizan los del tipo armado con aislamiento de papel.

Los diferentes tipos de cables indicados considero que son los más importantes y conocidos en Quito, para el tendido de la red de alta tensión subterránea y por esta razón los únicos tipos de cables tripolares que citaremos.

2).- Cables unipolares:

2a.- Cables protodur de un conductor, provistos de pantalla de fleje de cobre y estructura exenta de efluvios con una tensión nominal de

! TABLA # 6

Características de cables aislados de papel

Voltaje: 8 KV, neutro puesto a tierra

Son tripolar armado.

: Sección del cable	3x4 AWG	3x2	3x1/0	3x4/0
: Espesor del papel				
; a) entre conductores	5,34mm	5.34mm	5.34	5.34mm
b) entre conductores/plomo	4.10mm	4.10mm	4.10	4.10mm
: Espesor del plomo	2.4 mm	2.4 mm	2.67mm	2.8 mm
: Espesor de la filástica yute	--	--	1.5 mm	1.5 mm
: dimensiones de la armadura	--	--	0.8x45m	0.8x45mm.
: Espesor de la envoltura PVC	2.4 mm	2.4 mm	--	--
: Espesor de yute exterior	--	--	1.5 mm	1.5 mm.
: Diámetro exterior del cable	37 mm	40.5mm	51 mm	59.8mm.
: Pesor neto del cable/Km.	4250Kg.	5080Kg.	7850Kg.	11140Kg.
: Peso del cobre/Km.	580Kg.	929Kg.	1465Kg.	2945Kg.
: Peso del plomo/Km.	2580Kg.	2880Kg.	3620Kg.	4670Kg.
: Radio mínimo de curvatura (15 x diámetro)	55.50m.	60.70m.	76.50m.	89.70m.

DDB161268 Ref: LES CABLES DE LYON (Mayo 16/68)

hasta 20 KV.

En la fig. 28 se visualiza a este tipo de cable con todos sus componentes, que los analizaremos a continuación:

El cable motivo de este estudio esta compuesto del conductor de cobre formado por varios conductores de calibre No 10 AWG, que se unen para formar el calibre necesario para conducir la corriente necesaria o requerida, sobre el conductor aparece una cinta aislante y sobre esta tenemos la capa o aislamiento protodur de espesor apropiado para cada calibre, el siguiente elemento componente del cable es una capa de un material conductor y sobre ésta se envuelve una cinta fabricada especialmente, para que tenga la propiedad de ser conductora; envolviendo a esta cinta tenemos la pantalla o fleje de cobre, compuesta por una cinta de cobre con una acción activa mayor o igual a 6mm^2 de cobre, para protección de esta pantalla en este tipo de cable, encontramos una cinta de material textil y por último tenemos la envoltura de protodur. Las dimensiones y características físicas de este cable se encuentran en la tabla # 7.

Este tipo de cable es fabricado según las normas VDE 0271, para una tensión nominal de hasta 20 KV. Las características eléctricas de cada uno de los componentes que forma el cable son los siguientes:

El conductor de cobre es el que conduce la corriente la cinta aislante y la capa de protodur son el aislamiento propio del conduc

T A B L A 7

Características y dimensiones para los cables protodur de 1 conductor hasta 20 KV

Número de conductores y sección nominal en mm.	Peso del cobre en 1.000 mt. en Kg.	Peso neto por 1.000 mts. en Kg.	Diámetro exterior aproximado en mm.	Espesor de la capa de protodur en mm.	Espesor de la envoltura de protodur en mm.	Sección de pantalla en mm ²
1 x 25	385	1020	27	6.0	2.0	6
1 x 35	500	1150	28	6.0	2.0	6
1 x 50	655	1320	29	6.0	2.0	6
1 x 70	870	1600	31	6.0	2.0	6
1 x 95	1130	1880	33	6.0	2.2	6
1 x 120	1470	2250	35	6.0	2.2	6
1 x 150	1790	2600	37	6.0	2.2	6
1 x 185	2160	3100	39	6.0	2.2	6
1 x 240	2730	3800	42	6.0	2.4	6

866

tor fabricado especialmente para la tensión requerida, la capa y la cinta conductora sirven para que unidas directamente a la superficie del aislamiento, limiten el campo eléctrico hacia afuera o sea que sirven de protección contra efluvios y por último la cinta de material textil y capa de protodur, sirven como protección mecánica contra los agentes externos que puedan destruir al cable.

La utilidad que se dá a este conductor es la siguiente: para uniones cortas e instalaciones de maniobra en centrales eléctricas, para las conexiones en cámaras y subestaciones de distribución, etc, Estos cables son fabricados para conducir la corriente alterna y son instalados en tierra, agua a la intemperie, en ductos o tubos de cemento y en recintos interiores.

2b.- Cables de protothen del conductor protegidos de pantalla de fleje de cobre y estructura exenta de efluvios.

En la Fig. 29, se demuestra los componentes y la forma de un cable protothen, el cual como se ve es similar al de protodur, teniendo la única diferencia, es que la capa de aislamiento no es de protodur, sino de protothen, por esta razón este tipo de cable, no lo analizaremos sino solo indicaremos, que las características físicas y dimensiones se encuentran en la tabla # 8 y que se usan preferentemente para cables de red, cables colgantes, para transmisión de alta corriente, así como para temperatura ambiente elevada. Temperatura -

T A B L A 8

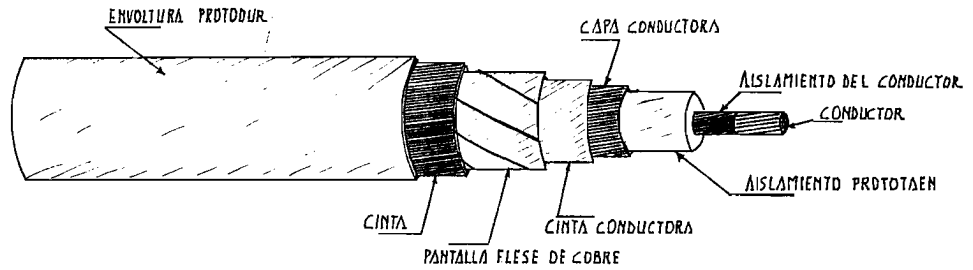
Número de conductores y sección nominal en mm.	Peso del cobre en 1.000 mt.mt. en Kg.	Peso neto en 1.000 Kg.	Diámetro exterior aproximado en mm.	Espesor de capa de protodur en mm.	Espesor de envoltura de protodur en mm.	Sección activa de la panta-lla en mm.
1 x 25	340	750	23	4.0	2.0	6
1 x 35	440	850	24	4.0	2.0	6
1 x 50	590	1000	25	4.0	2.0	6
1 x 70	790	1200	26	4.0	2.0	6
1 x 95	1000	1500	28	4.0	2.0	6
1 x 120	1320	1800	31	4.0	2.2	6
1 x 150	1620	2150	33	4.0	2.2	6
1 x 185	1980	2300	35	4.0	2.2	6
1 x 240	2540	3200	38	4.0	2.2	6

Y

Características y dimensiones para los cables protothen de un conductor hasta 20 KV.

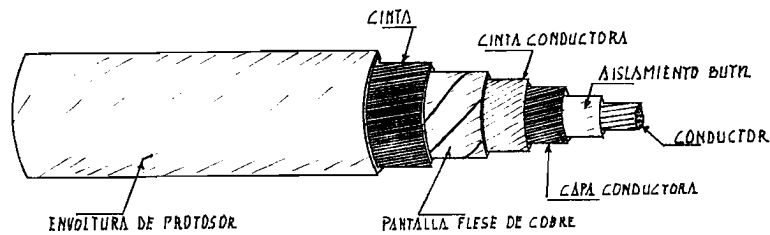
CABLES PROTODUR DE 1 CONDUCTOR PROVISTOS DE PANTALLA DE FLESES DE COBRE Y ESTRUCTURA EXENTA DE EFLUVIOS HASTA 20KV.

FIG. 29



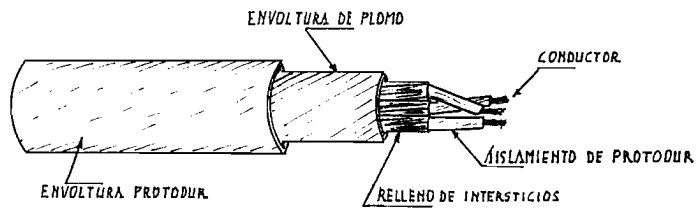
CABLE APANTALLADO DE 1 CONDUCTOR AISLAMIENTO DE BUTYL Y NEOPRENO. 8KV.

FIG. 30



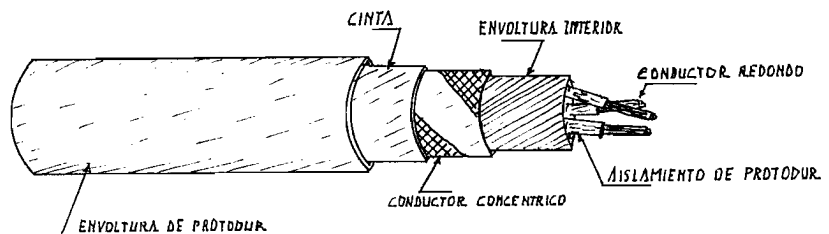
CABLE CON AISLAMIENTO PROTODUR Y ENVOLTURA DE PLOMO.

FIG. 31



CABLES PROTODUR CON CONDUCTOR CONCENTRICO.

FIG. 32



máxima de los conductores 85° C.

3c.- Cable apantallado de un conductor, aislamiento de Butyl y neopreno.
no.r

También como el anterior y como se indica en la Fig. 30, es similar al cable de protodur, con la diferencia de que en lugar de la envoltura y capa de aislamiento de protodur hay una envoltura de neopreno y una capa de aislamiento de butyl respectivamente. Son fabricados para una tensión de 8 KV siguiendo las normas IPCEA S-19-81, para el espesor y características del aislamiento. Las características física y dimensiones se encuentran anotadas en la tabla # 9.

B).- Cables de baja tensión:

Los cables de baja tensión que se usan en la red de distribución eléctrica subterránea, como en el caso de los de alta tensión, vamos a anotar las características principales siguientes:

a).- Pueden ser unipolares o tetrapolares (tres conductores para las fases y un conductor para el neutro), debemos anotar que hay cables multipolares, que a más de los conductores para las fases y para el neutro, tienen un conductor para el control del alumbrado público.

b).- Pueden ser de cobre o de aluminio.

c).- El aislamiento de los cables deben ser adecuadamente dimensionados, para ser enterrados directamente en el suelo o ductos o tubos de cemento.

T A B L A # 9

Cable apantallado de un solo conductor con aislamiento de Butyl y funda de neopreno, para 8 KV.

Espesor del aislamiento.

Cable # 6 AWG a 1.000 MCM. 250 milésimas de pulgada.

Cable superior a 1000 MCM 266 milésimas de pulgada.

Espesor de la funda de neopreno.

Cable # 6 AWG a 500 MCM. 80 milésimas de pulgada

Cable 600 MCM a 1000 MCM 110 milésimas de pulgada.

d).- La tensión nominal que deben soportar es de 210/121 voltios, o sea 210 voltios entre las fases y 121 entre fase y neutro, pero la tensión de prueba de los cables que se usan normalmente en la construcción de las redes subterráneas de distribución eléctrica es de 0.6 a 1.0 KV.

De los diversos tipos de cables subterráneos para baja tensión que existen, analizaremos brevemente algunos que se indican en el cuadro y que describiremos a continuación:

1.- Cables multipolares:

1a.- Cables de protodur sin recubrimiento metálico.

Este tipo de cables vienen diseñados con conductores redondos o con conductores en forma de sector, de los primeros encontramos cables de uno a cinco conductores y de los en forma de sector de tres a cuatro conductores. Estos cables son diseñados, para el transporte de la energía eléctrica alterna y continua y pueden ser tendidos en tierra, agua o a la intemperie, pero se utilizan preferentemente en canales de cables o en instalaciones interiores.

En las figs. 30-A y 30-B, se indica la forma y los componentes de este tipo de cables y que son los siguientes: el conductor de cobre, el aislamiento de protodur, diseñado especialmente para ser enterrado en el suelo y para una tensión de 0.6 a 1 KV, una envoltura interior, que puede ser de cinta de algodón y por último tiene una

CABLES PARA BAJA TENSION

CABLE PROTODUR SIN RECUBRIMIENTO METALICO CON CONDUCTORES DE COBRE

FIG. 30-A

CON CONDUCTORES REDONDOS

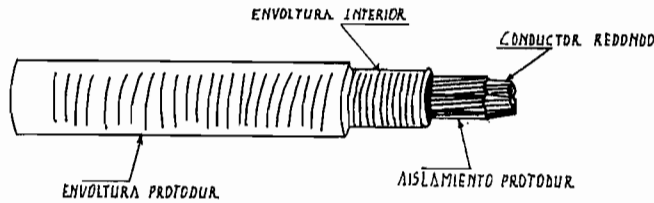
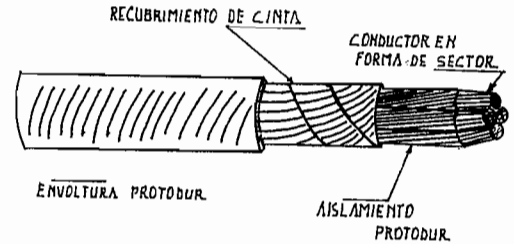


FIG. 30-B

CON CONDUCTORES EN FORMA DE SECTOR



CUADRO 10-A
CONDUCTORES REDONDOS

# DE CONDUCTORES Y SECCION NOMINAL EN m. m. ²	PESO NETO APROXIMADO POR 1000 CM. KG.	Ø EXTERIOR APROXIMADO EN m. m.	ESPESOR		# DE CONDUCTORES Y SECCION NOMINAL EN m. m. ²	PESO NETO APROXIMADO POR 1000 CM. KG.	Ø EXTERIOR APROXIMADO EN m. m.	ESPESOR	
			DEL AISLAMIENTO EN m. m.	DE LA ENVOLUTURA EN m. m.				DEL AISLAMIENTO EN m. m.	DE LA ENVOLUTURA EN m. m.
1 x 1	120	9	1.5	1.8	4 x 4	400	16	1.0	1.8
1 x 6	150	9.5	1.5	1.8	4 x 6	510	17	1.0	1.8
1 x 10	200	10	1.5	1.8	4 x 10	710	19	1.0	1.8
1 x 16	260	11	1.5	1.8	4 x 16	1050	22	1.0	2.0
1 x 25	380	13	1.5	1.8	4 x 25	1650	28	1.2	2.0
1 x 35	490	14	1.5	1.8	4 x 35	2200	31	1.2	2.2
1 x 50	660	16	1.5	1.8	4 x 50	3100	36	1.4	2.2
1 x 70	870	18	1.5	1.8	4 x 70	4100	41	1.4	2.4
1 x 95	1150	20	1.6	2.0	4 x 95	5450	47	1.6	2.6
1 x 120	1400	22	1.6	2.0	4 x 120	6650	51	1.6	2.8
1 x 150	1720	24	1.8	2.0	4 x 150	8200	57	1.8	3.0
1 x 185	2100	26	2.0	2.0	4 x 185	101000	63	2.0	3.2
1 x 240	2200	29	2.2	2.0	4 x 240	130.000	71	2.2	3.4
1 x 300	2350	32	2.4	2.2					
3 x 25/16	1.540	27	1.2/1.0	2.0					
3 x 35/16	1.900	29	1.2/1.0	2.0					
3 x 50/25	2.800	35	1.4/1.2	2.2					
3 x 70/35	3.650	38	1.4/1.2	2.2					
3 x 95/50	4.850	44	1.6/1.4	2.4					
3 x 120/70	6.050	49	1.6/1.4	2.6					
3 x 150/70	7.250	53	1.8/1.4	2.8					
3 x 185/45	9.050	59	2.0/1.6	3.0					
3 x 240/120	11.500	66	2.2/1.6	3.2					

25/16

25 SECCION DE LAS FASES
16 SECCION DEL NEUTRO

envoltura de protodur, que a más de las condiciones aislantes necesarias, tiene otras propiedades físicas, que permite ser atendido en el suelo (tierra) agua, etc., en los cuadros 10ay 10b, se indican algunas características de estos cables según la sección nominal. Estos cables son fabricados según las normas VDE 0265.

1b.- Cables con aislamiento de protodur y envoltura de plomo.

Para analizar este cable nos ayudamos con la fig. # 31, en la que se ve la forma del cable y los elementos que lo componen. En el cuadro 11 se tiene las características físicas y las dimensiones.

Los elementos que componen este cable son los siguientes: el conductor de cobre de calibre calculado para la función que va a cumplir o sea la cantidad de amperios que va a llevar; el aislamiento de protodur, adecuadamente elaborado para una tensión de 0.6/1 KV, el relleno de intersticios que son de material sintético para dar la forma al cable; la funda de plomo que dá protección contra la entrada de humedad, este debe ser puesto a tierra en los dos extremos del cable; y por último la envoltura de protodur que dá la protección mecánica.

Estos cables se construyen de acuerdo a las normas VDE 0265, y se les instalan en lugares con combustibles, aceites disolventes etc, especialmente en gasolineras. Estos cables se los tiende en tierra, agua, intemperie, recintos interiores.

C U A D R O # 10-A
Con conductores redondos

# de conduc- tores y sec- ción nominal en mm ² .	Peso neto aproxima- do por 1000 mts. en Kg.	Diámetro aproxima- do en mm.	E s p e s o r	
			del aislamien- to en mm.	de la envól- tura en mm.
1 x 2	120	9	1.5	1.8
1 x 6	150	9.5	1.5	1.8
1 x 10	200	10	1.5	1.8
1 x 16	260	11	1.5	1.8
1 x 25	380	13	1.5	1.8
1 x 35	490	14	1.5	1.8
1 x 50	660	16	1.5	1.8
1 x 70	870	18	1.5	1.8
1 x 95	1150	20	1.6	2.0
1 x 120	1400	22	1.6	2.0
1 x 150	1720	24	1.8	2.0
1 x 185	2100	26	2.0	2.0
1 x 240	2700	29	2.2	2.0
1 x 300	3350	32	2.4	2.2
3 x 25/10	1540	27	1.2/1.0	2.0
3 x 35/16	1900	29	1.2/1.0	2.0
3 x 50/25	2800	35	1.4/1.2	2.2
3 x 70/35	3650	38	1.4/1.2	2.2
3 x 95/50	4850	44	1.6/1.4	2.4
3 x 120/70	6050	49	1.6/1.4	2.6
3 x 150/70	7250	53	1.8/1.4	2.8
3 x 185/95	9050	59	2.0/1.6	3.0
3 x 240/120	11500	66	2.2/1.6	3.2

sigue---

--viene--

#. de conductores y sección nominal en mm ² .	Peso neto aproximado por 1000 mt. en Kg.	Diámetro aproximado, exterior en mm.	Espe- sor del aisla- miento en mm.	Espe- sor de la en- voltura en mm.
4 x 4	400	16	1.0	1.8
4 x 6	510	17	1.0	1.8
4 x 10	710	19	1.0	1.8
4 x 16	1.050	22	1.0	2.0
4 x 25	1.650	28	1.2	2.0
4 x 25	2.200	31	1.2	2.2
4 x 50	3.100	36	1.4	2.2
4 x 70	4.100	41	1.4	2.4
4 x 95	5.450	47	1.6	2.6
4 x 120	6.650	51	1.6	2.8
4 x 150	8.200	57	1.8	3.0
4 x 185	101.000	63	2.0	3.2
4 x 240	130.000	71	2.2	3.4

25/16 = 25 sección de las fases.
16 sección del neutro.-

C U A D R O # 10-B

Con conductores en forma de sector: -

#. de conductores y sección nominal en mm ²	Peso neto aproximado por 1.000 - mts. en Kg.	Diámetro exterior aproximado en mm.	E s p e s o r del aislamiento en mm.	de la envoltura en mm.
3 x 35 / 16	1.520	25	1.2/1.0	2.0
3 x 50 / 25	2.200	30	1.4/1.1	2.2
3 x 70 / 35	2.900	32	1.4/1.1	2.2
3 x 95 / 50	3.850	36	1.6/1.3	2.2
3 x 120 / 70	4.800	39	1.6/1.4	2.2
3 x 150 / 70	5.800	43	2.0/1.6	2.4
3 x 185 / 95	7.200	48	2.0/1.6	2.6
3 x 240 / 120	9.250	54	2.2/1.4	2.8
4 x 35	1.740	26	1.2	2.0
4 x 50	2.450	30	1.4	2.2
4 x 70	3.250	33	1.4	2.2
4 x 95	4.450	38	1.6	2.2
4 x 120	5.350	41	1.6	2.4
4 x 150	6.600	46	1.8	2.4
4 x 185	8.100	50	2.0	2.6
4 x 240	10.400	56	2.2	2.8

C U A D R O # 11

Características físicas y diemnsiones de cables con aislamiento de .
protodur y envoltura de plomo:

#.de conduc- dor, sección nominal en mm ² .	1000 mts.		Diámet. exterior aproxim. mm.	aislamien. conductor .	E s p e s o r	
	peso Pb. Kg.	peso neto Kg.			envoltura Pb.	envoltu. proted.
2 x 1.5	400	530	12.3	0.8	1.2	1.0
2 x 2.5	450	630	13	0.9	1.2	1.0
3 x 1.5	420	580	13	0.8	1.2	1.0
3 x 2.5	480	690	14	0.9	1.2	1.0
4 x 1.5	460	630	13	0.8	1.2	1.0
4 x 2.5	520	770	15	0.9	1.2	1.0
4 x 4	600	905	16.5	1.0	1.2	1.0
4 x 6	650	1060	17.5	1.0	1.2	1.0
4 x 10	800	1340	20.5	1.0	1.2	1.0
4 x 16	950	1860	23.0	1.0	1.3	1.1
4 x 25	1300	2000	30.5	1.2	1.2	1.2

1c.- Cables protodur con conductor concéntrico.

En la fig. 32, se indica la forma y los componentes que tiene este cable. En el cuadro # 12, se indican las características físicas y las dimensiones.

Los elementos que forman este cable son los siguientes: el conductor de cobre, el aislamiento de protodur, para una tensión de 0.6/1 KV, a continuación viene la envoltura interior normalmente del mismo material del aislamiento, que forma el cable multifilar, inmediatamente aparece el conductor concéntrico formado por alambres de cobre y una espiral conductora transversal, que además de dar una protección mecánica al cable, conectado a tierra ofrece una protección contra contactos eléctricos muy buena; sobre el conductor concéntrico se encuentra una cinta de material textil, y por último aparece una envoltura de protodur, principalmente para protección mecánica. Debemos indicar que los conductores concéntricos se dimensionarán de forma que puedan ser conductores de protección o centrales.

1d.- Cable con aislamiento de papel y funda de plomo:

Estos cables son construidos de acuerdo a las normas VDE 0255, y son similares a los de alta tensión ya estudiados y por esta razón para el análisis de estos nos valdremos de la fig. 26; en cuanto a la forma son iguales solo cambia en las características de los elementos que los constituyen y que se indican en la table 13. Estos cables son

T A B L A # 12

Cables protodur con conductor concéntrico:

#. de conduc- tores, sección nominal en mm ² .	1000 mts.		Diámetro exterior aproxima- do en mm.	E s p e s o r Aislamiento del conduc- tor en mm.	E n v o l t u r a protodur en mm.
	Peso Cu Kg.	Peso neto Kg.			
2 x 1.5/1.5	58	200	12	0.8	1.8
2 x 2.5/2.5	88	270	14	0.9	1.8
2 x 4/ 4	133	350	15	1.0	1.8
2 x 6/ 6	195	440	16	1.0	1.8
2 x 10/10	325	600	18	1.0	1.8
2 x 16/ 16	510	860	20	1.0	2.0
3 x 1.5/1.5	73	230	13	0.8	1.8
3 x 2.5/2.5	113	300	14	0.9	1.8
3 x 4/ 4	173	400	16	1.0	1.8
3 x 6/ 6	255	510	17	1.0	1.8
3 x 10/ 10	425	710	19	1.0	1.8
3 x 16/ 16	670	1020	21	1.0	2.0
3 x 25/ 16	940	1540	27	1.2	2.0
3 x 35/ 16	1240	1920	30	1.2	2.2
3 x 50/ 25	1795	2800	35	1.4	2.2
3 x 70/ 35	2510	3650	39	1.4	2.2
3 x 95/ 50	3430	4850	44	1.6	2.4
3 x 120/ 70	4410	6050	49	1.6	2.6
3 x 150/ 70	5310	7250	53	1.8	2.8
3 x 185/ 95	6650	9050	59	2.0	3.0
3 x 240/120	8580	11500	60	2.2	3.2
4 x 1.5/1.5	88	255	14	0.8	1.8
4 x 2.5/2.5	138	345	15	0.9	1.8

sigue—

viene tabla 12:

4 x 4 / 4	213	460	17	1.0	1.8
4 x 6 / 6	315	595	18	1.0	1.8
4 x 10 / 10	525	855	20	1.0	2.0
4 x 16 / 16	830	1250	24	1.0	2.0
4 x 25 / 16	1190	1850	29	1.2	2.0
4 x 35 / 16	1590	2370	32	1.2	2.2
4 x 50 / 25	2295	3370	38	1.4	2.2
4 x 70 / 35	3210	4490	43	1.4	2.4
4 x 95 / 50	4380	6020	49	1.6	2.6

Todo lo anterior con conductores redondos:

Con conductores en forma de sector:

3 x 35/ 16	1240	1540	25	1.2	2.0
3 x 40/ 25	1795	2150	28	1.4	2.0
3 x 70/ 35	2510	2900	32	1.4	2.2
3 x 95/ 50	3430	3850	36	1.6	2.2
3 x 120/ 70	4410	4800	39	2.0	2.2
3 x 150/ 70	5310	5800	43	1.8	2.4
3 x 185/ 95	6650	7150	48	2.0	2.6
3 x 240/120	8580	9150	53	2.2	2.8
3 x 35/ 35	1460	1720	26	1.2	2.0
3 x 50/ 50	2080	2400	29	1.4	2.0
3 x 70/ 70	2910	3250	33	1.4	2.2
3 x 95/ 95	3950	4300	38	1.6	2.2
3 x 120/120	4980	5350	41	1.6	2.4
3 x 150/150	6210	6600	45	1.8	2.4
3 x 185/185	7660	8050	49	2.0	2.6
3 x 240/240	9940	10350	56	2.2	2.8

sigue--

---viene tabla 12)

4 x 35/ 16	1590	1950	28	1.2	2.0
4 x 50/ 35	2295	2750	33	1.4	2.2
4 x 70/ 35	3210	2650	36	1.4	2.2
4 x 95/ 50	4380	4800	41	1.6	2.4

T A B L A # 13

Cables con aislamiento de papel y envoltura de plomo

#.de conductores sección nominal en mm ² .	1.000x1.000 mts.			E S p e s o r	
	cobre pe so aproxi mado en Kg.	aluminio peso neto aprox. Kg.	plomo en- voltura peso Kg.	aislamiento conduc- tor mm.	cable mm.
3 x 25 / 16	2600	—	990	1.8	1.5
3 x 35 / 16	2950	0-	1210	1.8	1.5
3 x 50 # 25	3750	2660	1350	1.8	1.5
3 x 70 / 35	4650	3100	1610	1.8	1.5
3 x 95 / 50	5900	3800	1940	1.8	1.5
3 x 120/ 70	7600	4900	2150	1.8	1.5
3 x 150/ 70	8900	5650	2700	2.2	1.7
3 x 185/ 95	10700	6700	3140	2.2	1.7
3 x 240/120	13550	8300	4160	2.4	2.0
4 x 16/	2150	--	820	1.6	1.2
4 x 25	2700	--	990	1.8	1.5
4 x 35	3250	--	1210	1.8	1.5
4 x 50	4100	2850	1350	1.8	1.5
4 x 70	5200	3450	1610	1.8	1.5
4 x 95	6450	4100	1940	1.8	1.5
4 x 120	8250	5200	2150	1.8	1.5
4 x 150	9950	6200	2700	2.2	1.7
4 x 185	11800	7200	3140	2.2	1.7
4 x 240	15100	9100	4160	2.4	2.0
3 x 25/ 16					

. Tabla 13 (contin.)

#. de conductores sección nominal - mm ² .	Espesor envoltu- ra plomo mm.	Diámetro sobre en- voltara plomo apro- ximado mm.	fleje acero # y espesor en mm.	diámetro exterior aproxima- do en mm.
3 x 25 / 16	1.3	20.5	2 x 0.5	29
3 x 35 / 16	1.3	21.5	2 x 0.5	30
3 x 50 / 25	1.4	24.5	2 x 0.5	33
3 x 70 / 35	1.4	27.5	2 x 0.5	36
3 x 95 / 50	1.5	31.0	2 x 0.5	39
3 x 120 / 70	1.6	34.0	2 x 0.8	44
3 x 150 / 70	1.6	38.0	2 x 0.8	48
3 x 185 / 95	1.8	41.5	2 x 0.8	52
3 x 240 / 120	2.0	47.5	2 x 0.8	58
4 x 16	1.3	18.5	2 x 0.5	27
4 x 25	1.3	20.5	2 x 0.5	29
4 x 35	1.3	23.0	2 x 0.5	31
4 x 50	1.4	26.0	2 x 0.5	34
4 x 70	1.5	29.0	2 x 0.5	37
4 x 95	1.5	32.5	2 x 0.5	41
4 x 120	1.6	35.5	2 x 0.8	46
4 x 150	1.7	40.0	2 x 0.8	50
4 x 185	1.8	44.0	2 x 0.8	54
4 x 240	2.1	50.0	2 x 0.8	60

construidos para una tensión de 0.6/1.0 KV.

le.- Cables con aislamiento de papel y envoltura de aluminio.

Este tipo de cables son construidos de acuerdo a la forma que se presenta en la fig. 33, en la que se pueden ver los elementos que lo constituyen. Para las características físicas y dimensiones ver el cuadro o tabla # 14.

Son construidos de acuerdo a las normas VDE 0255 para una tensión de 0.6/1.0 KV por lo tanto se los puede utilizar para el montaje de las redes subterráneas de distribución eléctrica en el lado secundario.

La diferencia que tiene este cable con respecto a los cables de camisa anteriormente estudiados es que este tiene la envoltura de aluminio, que, se puede instalar como conductor central puesto a tierra, lo que hace que se puedan instalar estos cables de tres conductores - en lugar de los hasta ahora normales con aislamiento de papel y funda de plomo de 3 o 4 conductores, con un ahorro en el costo de un 20 y 25%.

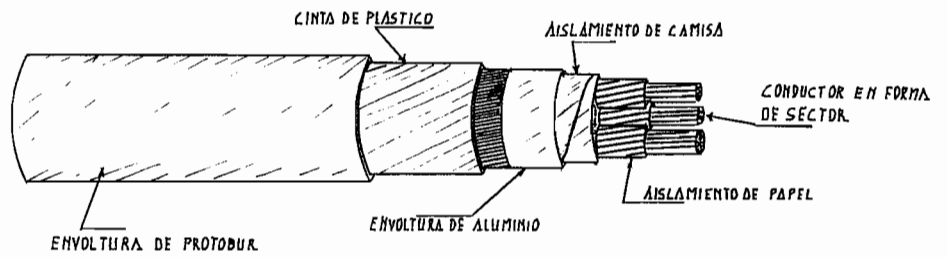
2).- Cables unipolares:

2a.- Cables con aislamiento de butyl y funda de neopreno.

Estos cables son construidos como se indica en la fig. 34, y de acuerdo a las normas IPCEA No S-19-81 3a, edición y con el NEMA No WC-3-1.959; Marzo/59, las espesores del aislamiento y funda de neopreno, se encuentran indicados en la tabla 15.

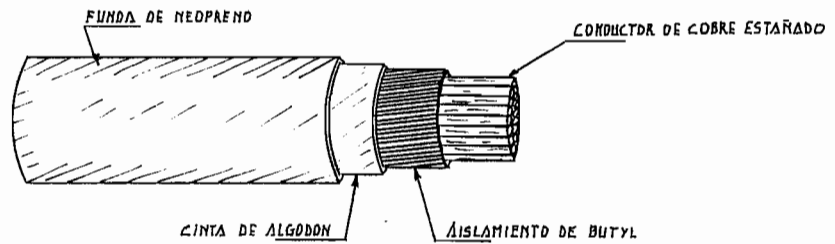
CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL
Y ENVOLTURA DE ALUMINIO.

FIG 33



CABLE DE COBRE AISLAMIENTO DE BUTYL
Y FUNDA DE NEOPRENO PARA 1KV.

FIG 34



T A B L A # 14.

Cables con aislamiento de papel y envoltura de aluminio

#.de conductores sección nominal en mm.	1.000 mts.		peso en volutura alum. Kg.	E s p e s o r	
	Peso neto aproximado cobre Kg.	aluminio Kg.		aislamiento por línea mm.	armado mm.
3 x 35	1520	800	185	1.8	1.5
3 x 50	1940	1000	240	1.8	1.5
3 x 70	2600	1300	260	1.8	1.5
3 x 95	3450	1500	320	1.8	1.5
3 x 120	4200	1950	350	1.8	1.5
3 x 150	5200	2400	450	2.2	1.7

Envoltura de aluminio			Sección de Cu.	Diámetro
Espesor en mm.	diámetro sobre envoltura alum. aprox. en mm.	Sección aproxim. en mm.	de equivalente coefic. conduc- tividad aprox. en mm ² .	exterior aproxima- do en mm.
1.0	20.5	63	37	24
1.0	22.0	81	48	26
1.1	25.5	88	52	29
1.2	29.0	1.07	63	33
1.2	31.5	118	70	36
1.3	35.5	140	87	40.

T A B L A # 15

Cables de cobre con aislamiento de Butyl y funda de neopreno p' 1 KV.

Espesor del aislamiento

Cable # 14 AWG a # 8 AWG	62 milésimas de pulgada.
" " 7 " " " 2 "	78 " " "
" " 1 " " " 4 "	94 " " "
" " 225 MCM a 500 MCM	109 " " "
" " 525 " " 1000mMCM	125 " " "
" superior a " "	141 " " "

Espesor de la funda de neopreno

cable # 14 AWG a # 9 AWG	15 milésimas de pulgada
" " 8 " " " 4 "	30 " " "
" " 2 " " " 3/9"	45 " " "
" " 4/0 a 1000 MCM	65 " " "
" 1250 MCM 2000 MCM	95 " " "

Los componentes de este tipo de cables son: conductor de cobre multifilar, redondo, normalmente estañado, aislamiento de caucho sintético Butyl, diseñado para una tensión nominal de 1 KV para ser enterrado directamente en el suelo, una cinta de algodón envuelta directamente sobre el aislamiento y la envoltura de neopreno, diseñada adecuadamente para cumplir su cometido o sea para darle protección mecánica al cable contra agentes exteriores.

Similares a estos cables son los de aislamiento de doble capa de PVC, tipo TW, que son construidos por la fábrica Cablec en Quito.

6).- Cables de alumbrado público:

Los cables para la instalación de la red subterránea deben tener las características siguientes:

- a.- Son unipolares.
- b.- En la red de alumbrado público la tensión de servicio es de 220 voltios y los cables son probados para una tensión de 600 voltios.
- c.- Son adecuados para ser enterrados directamente en el suelo.
- d.- Son de cobre o de aluminio.

De acuerdo a estas características, se ve claramente que se pueden utilizar los cables unipolares analizados en el punto anterior, ya que estas son iguales, por lo tanto no analizaremos cables para la red de alumbrado público. Además ya indicamos en varios tipos de cables de baja tensión, que estos tienen un quinto alambre, que sirve

como hilo piloto, en el montaje de la red subterránea de alumbrado.

D).- Accesorios para cables de alta tensión.

Entre los accesorios para cables de alta tensión, estudiaremos las cajas terminales, terminales, uniones y materiales necesarios para el montaje que se reúnen en el cuadro No. 15a; debemos indicar que los materiales que analizaremos, están ligados íntimamente con los cables ya estudiados.

1.- Pruebas:

Los accesorios para los cables contruidos con las normas VDE, están sometidos a varias pruebas, según la tabla # 16, en la que las tensiones de prueba, corresponden a las normas VDE 0111/2.61, tablas 1 y 3, o bien a VDE 0255/6.64 y VDE 0271/10.63. Los valores indicados en la tabla # 16, en la columna " tensión alterna de prueba" rigen para los aisladores de las cajas terminales, en instalaciones para recintos interiores secos y para los de las cajas terminales en instalaciones a la intemperie, bajo lluvia (prueba según VDE 0446/3.63.) La descarga en estas cajas terminales en estado seco, solo tendrá lugar, cuando la tensión sea superior a un 10%, como mínimo, al valor de la tensión alterna de prueba.

2.- Terminales:

2a.- Cierres extremos Protifin.

Los terminales para cables trifásicos de alta tensión con aisl

T A B L A # 16.

Pruebas de los terminales y uniones de cables (normas VDE).

Tensión nominal		Cajas terminales para instalación interior a la in- temperie.			
V _o KV	U KV	Tensión de servicio máx. admisible permanente KV.	tensión de prueba (cresta) tensión de choque soportada con 1/50 M seg/ YKV.	choque de onda corta KV	tensión alterna de prueba 50 c/s. KV.
0.6	1	1.15	20	23	10
3.5	6	7.00	60	70	35
5.8	10	11.50	75	85	40
8.7	15	17.50	95	110	55
11.6	20	23.00	125	145	65
17.3	30	35.00	170	195	85

Uniones de cables	Tensión con-	
tensión de serv. máxi. admisible permanente KV.	tensión alterna de prueba. KV.	
	Tensión continua de prueba en instalaciones de cables montados KV.	
1.15	4	3.5
7.00	11	21.0
11.50	17	35.0
17.50	24	52.0
23.00	32	70.0
35.00	46	104.0

lamiento de protodur, o de protilín, se llaman "cierres extremos protilín", porque el principal componente es la llamada resina sintética protolín.

Los cables de protodur no necesitan este tipo de terminales si su tensión nominal es menor que 3.5/6 KV, pero para cables de tensión nominal mayor, que el límite indicado, necesitan de estos terminales. En los conductores trifásicos con tensión nominal 3.5/6 KV se necesita un solo cierre extremo, pero los cables con tensión nominal entre 3.5/6 y 17.3/30 KV, se necesitan de tres cierres extremos uno por cada conductor.

Estos terminales de cable son armados en el sitio de trabajo, ya que la casa fabricante, suministra los materiales necesarios para su construcción, los cuales son los siguientes:

1.- Molde: es un recipiente de plástico con un orificio, en la parte inferior, adecuado para la entrada del cable, este orificio estará dimensionado de acuerdo al calibre del conductor con el que se trabaja, en la parte superior lleva tres orificios, por los cuales deben salir los conductores unipolares que llevan solo el aislamiento de protodur.

2.- Resina sintética protolín: es una mezcla de resinas sintéticas, que se solidifican con el frío, normalmente se suministra en dos partes; la resina base y el endurecedor, que se mezcla en el lugar del

montaje, en proporciones que indica la casa fabricante, esta mezcla se convierte en el molde, que contiene el cable ya preparado y se solidifica en un tiempo comprendido entre dos y seis horas, esta mezcla tiene las siguientes propiedades: insensible a la humedad, resistente a la corrosión, no permite la entrada de microbios, polvo, etc. puede ser usada en interiores, a la intemperie, en agua o enterrado en tierra.

3.- Aglutinante VH-40: es el material pegajoso que permite la unión perfecta, entre el protodur del cable y la resina protolín, se usa en la siguiente forma: luego de limpiar el cable protodur, en la parte - que quedará dentro del molde, se aplica una fina capa de este aglutinante, debemos anotar que seca rápidamente.

4.- Masilla de obturación: este material se puede usar con la mano y sirve para sellar las entradas de los cables en el molde.

5.- Anillo de latón y abrazadera de sujeción: se utiliza para fijar el cable y el molde a la pared y otro lugar en el que se instala.

6.- Cable puesta a tierra.

7.- Cinta y el cordón de PVC: se los utiliza sobre los cables unipolares que salen del terminal o cierre extremo, con lo cual se refuerzan el aislamiento protodur.

8.- Tres casquillos terminales: se sueldan a las puntas de los cables unipolares que quedan desnudas, en la fig. 36 y cuadro # 18 se indica

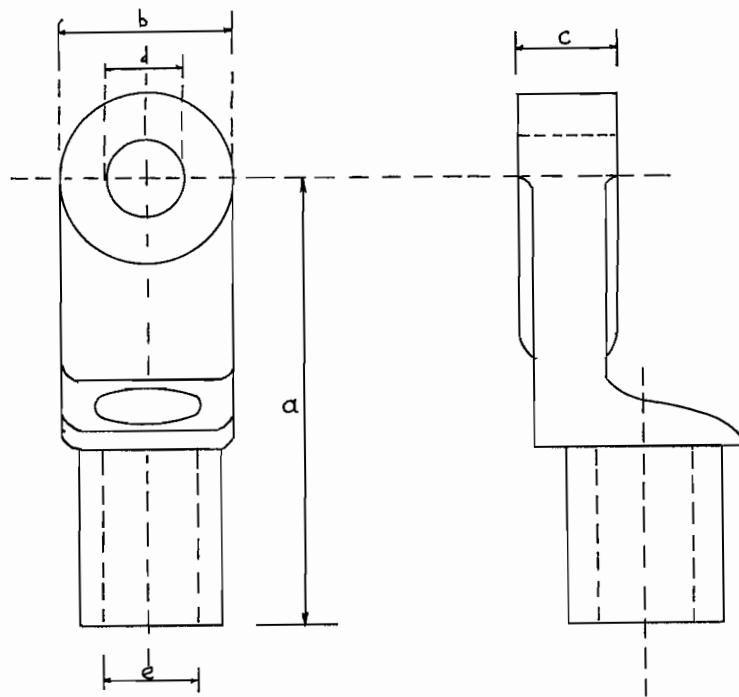


FIG. 36

CUADRO 18

SECCION DEL CONDUCTOR EN M.M. ²	MEDIDAS EN MILIMETROS				
	c1	b	c	d	e
4	39	19	4	8.5	2.5
6	39	19	4	8.5	3
10	39	19	4	8.5	4.5
16	39	19	4	8.5	6
25	39	19	4	8.5	8
35	39	19	4	8.5	9
50	39	19	4	8.5	10.5
70	44	22	5	8.5	12
95	47	24	5.5	10.5	14
120	55	29	6	13.5	16
150	57	30	6.5	13.5	18.5
185	61	32	7.5	13.5	20
240	70	36	9	17	24
300	75	36	9.5	17	26
400	84	39	11.5	17	30
500	97	46	13	20	33

la forma de estos y las dimensiones de acuerdo al calibre del conductor.

9.- Los casquillos terminales estampados y disolventes: son complementos del cable para la adecuada puesta a tierra.

10.- Material de soldadura blanda:

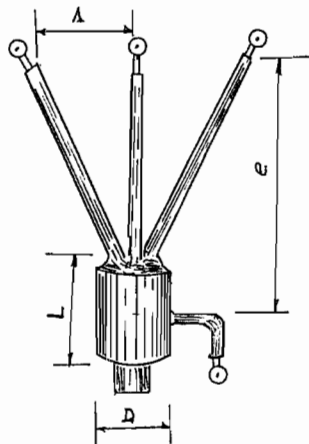
La forma y dimensiones se indican en la fig. 35 y cuadro 17.

Estos terminales de cable son necesarios, ya que, a más de proteger al cable de la entrada de polvo y humedad, da una elevada resistencia mecánica contra las fuerzas dinámicas, que se presentan en el caso de las corrientes de choque de un cortocircuito, por lo cual los terminales se dimensionan para corrientes de choque de cortocircuitos de hasta 50 KA de valor de cresta, con una longitud libre de conductor de hasta 250 mm y de hasta 25 KA de valor de cresta, cuando la citada longitud es superior a los 250 mm. En caso de corrientes de choque de cortocircuito más elevadas hasta 100 KA de valor de cresta, los conductores se deben asegurar adicionalmente contra solicitudes dinámicas.

2b.- Terminal vertical para cable tripolar armado, para interior

El terminal que se requiere para los cables tripolares armado con aislamiento de papel impregnado a prueba de migración de aceite, con funda de plomo, es el que se muestra en la fig. 36a, y cuyas dimensiones se indican en el cuadro # 18a, este tipo de terminal se lo men-

FIG. 35



CUADRO 17

SECCION DE CONDUCTORES m. m. ²	PESO INCLUIDOS ACCESORIOS Y MATERIALES DE MONTAJE. NETO APROXIMADO kg.	MEDIDAS			
		A m. m.	e m. m.	D m. m.	L m. m.
6	2.2	90	350	82	190
10	2.2	90	350	82	190
16	2.2	90	350	82	190
25	2.2	90	350	82	190
35	2.2	90	350	82	190
50	2.2	90	350	82	190
70	2.6	90	365	90	200
95	2.6	90	365	90	200
120	2.6	90	365	90	200
150	3.7	90	380	115	220
185	3.7	90	380	115	220
240	4.5	90	400	125	245

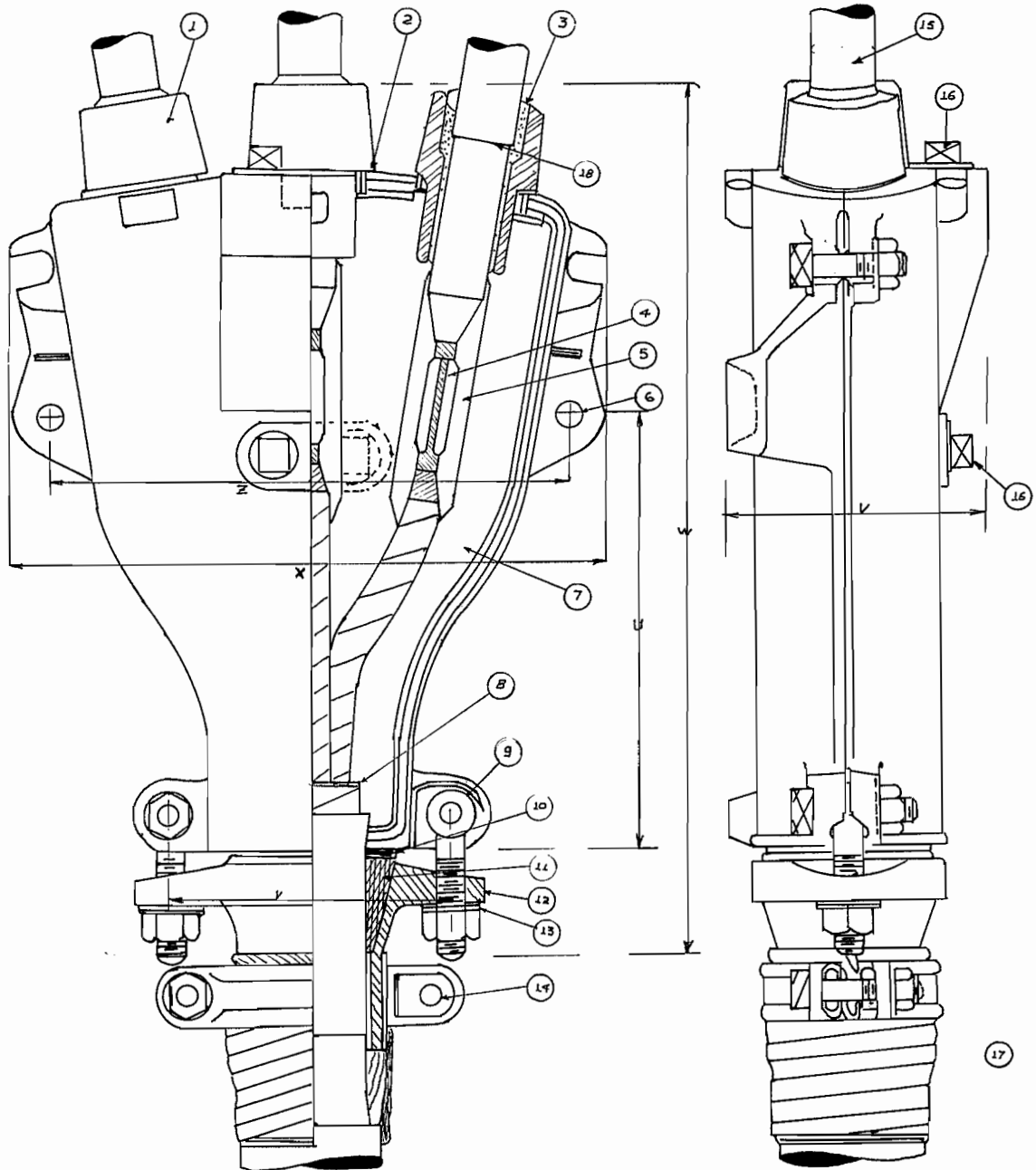
.ta en el sitio de trabajo con los materiales que a continuación indicamos; valiéndonos de la fig. 36_a y que son:

- 1.- Aislador de porcelana.
- 2.- Empaque de caucho.
- 3.- Masa aislante compaund, Novoid C.
- 4.- Manguito de unión.
- 5.- Cinta de algodón impregnada en brea.
- 6.- Orificio de 2" de diámetro.
- 7.- Caja de hierro fundido.
- 8.- Envoltura de cinta de algodón.
- 9.- Perno de ojo de acero dulce.
- 10.- Empaque de metal suave.
- 11.- Cono de plomo.
- 12.- Cono de bronce.
- 13.- Arandela de presión.
- 14.- Abrazadera de hierro fundido.
- 15.- Forro exterior del conductor de salida.
- 16.- Tapón de relleno.
- 17.- Soldadura del cono de bronce con la funda de plomo.
- 18.- Envoltura interior del conductor de salida.

Para los terminales de cables de 8 KV.

La elaboración de esta pieza se la realiza como se indica a con

FIG. 36a



TERMINAL DE CABLE VERTICAL PARA CABLE
TRIPOLAR ARMADO CON AISLAMIENTO DE PAPEL Y FUNDA DE PLOMO
PARA 8 KV.

Continuación:

Para mayor facilidad y claridad en este montaje ver fig. 37 y cuad. 19.

Iniciamos este trabajo preparando las puntas de los cables unipolares apantallados, en la siguiente forma: quitamos la funda exterior en una longitud de 159 mm más la longitud del conductor que se introduce en el manguito (mitad de la longitud del manguito); luego hacemos un amarre con un cordón de lino a 28 mm del extremo de la funda exterior y retiramos hasta este punto, la pantalla de cobre, luego desde el extremo de la pantalla medimos 108 mm y desde allí retiramos el caucho butyl formamos un cono como se indica en la fig. 37 de 22 mm de longitud, utilizando una lija fina, Este proceso realizamos en los tres conductores unipolares.

Para continuar con la elaboración de este terminal de cable, preparamos la punta del cable tripolar en la siguiente forma: a 440 mm. más la mitad de la longitud del conductor, desde el extremo del cable hacemos un amarre con alambre galvanizado y desde allí retiramos la envoltura de yute, medimos 50 mm y hacemos otro amarre con alambre galvanizado y desde este punto retiramos la armadura de acero; para continuar con el proceso colocamos el cono de bronce en el cable; luego medimos desde el extremo de la armadura de acero 205 mm y realizamos el corte de la funda de plomo, retirandola desde ese punto, junto con la cinta de algodón impregnada en aceite que hay a continuación,

con un pedazo de esta cinta hacemos un amarre al extremo de la funda de plomo, debemos indicar que para el corte y retiro de la funda de plomo, utilizamos una sierra especial graduable que permite que el corte no llegue a la cinta de cobre, peor al papel, a continuación medimos desde el extremo de la funda de plomo 60 mm. y desde allí retiramos la pantalla de cobre, junto con el papel de color (o con numeración), de este último se deja un pedazo que identifique a la fase luego sobre el extremo de la pantalla de cobre en una longitud de 13 mm. y al principio del papel en una longitud de 6 mm. se envuelve un alambre de plomo, que como se indica en la fig. 37 (13) llega a la funda de plomo los dos extremos del alambre de plomo que sueldan el uno a la pantalla de cobre y el otro a la funda de plomo, además para mayor seguridad se pone varios puntos de sueldā, uniendo el alambre de plomo con la funda o con la pantalla; continuando con la preparación de la punta del cable, desde el extremo de la envoltura con alambre de plomo, tomamos en el aislamiento de papel la longitud de 80 mm. y realizamos un amarre con hilo de lino, y retiramos hasta el extremo del cable un tercio de las envolturas de papel; desde el amarre anteriormente indicado tomamos la longitud de 11 mm y realizamos otro amarre, para a continuación retirar otro tercio de las envolturas de papel; tomamos nuevamente 11 mm, hacemos un nuevo amarre y retiramos el resto de las envolturas de papel, aún el papel estañado, dejando al conduc

tor de cobre desnudo; estos últimos pasos los realizamos como se puede apreciar en la fig. 37 sobre cada uno de los conductores unipolares a continuación se suelda la funda de plomo con la armadura de acero - formado la figura y con las dimensiones que se indica con el número 5 de la fig. 37; al hacer esta soldadura se debe tener cuidado para que la temperatura del solpote no afecte al aislamiento de papel, para realizar este último trabajo se emplea; suelda preparada, un solpote y un pedazo de cuero, todo el trabajo se lo realiza manualmente, por lo tanto el trabajador que lo realiza debe tener un adecuado entrenamiento para que la soldadura sea bien realizada; para terminar con la preparación de la punta del cable, tripolar armado se suelda el cono de bronce con la funda de plomo, siguiendo la fig. 37, Nos. 8,9,10 y 11 en la que se indica la forma y dimensiones de la soldadura. Continuando con la preparación del terminal de cable se procede a empalmar las puntas de los seis cables unipolares preparados, por medio de adecuados manguitos de unión, pero antes se debe colocar en los pernos empotrados con anterioridad en la pared, donde se quiere colocar el terminal de cable, la una tapa de la caja de hierro fundido, se instalan los aisladores, en los que se pasa el cable unipolar apantallado, se coloca la punta preparada del cable tripolar, asegurando adecuadamente el cono de bronce sobre la tapa de la caja de hierro fundido, como se muestra en la fig. 37. Ya realizado los empalmes con los manguitos ;

se procede a aislar las partes de los cables que quedan desnudos con una cinta de algodón embreada o con otra cinta aislante para 8 KV, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La forma como debe quedar este aislamiento se muestra en la fig. 37.

En todo este último proceso hay que tener muchos cuidados de que el papel no se trice, porque esto ocasionaría una falla, este cuidado se hace mucho mayor si para tener el paralelo exacto se tiene que hacer cruces, en los cables unipolares componentes del tripolar.

Por último para terminar la preparación de este terminal de cable. se coloca la otra tapa completando la caja de hierro fundido asegurando que quede herméticamente cerrada; luego por un agujero, localizado en la parte superior de la caja, la masa novoid C, que se lo prepara previamente, calentándola hasta una temperatura de 130°C , se espera que la masa baje y se la rellena nuevamente, hasta que la masa no baje, este proceso se lo realiza por el tiempo aproximado de una hora y media o dos; a continuación se coloca el tapón y se sella la caja con masa. Aproximadamente en estos terminales entra dos y medio galones de masa.

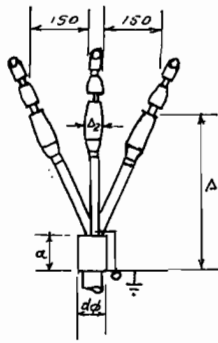
2c.- Cierres de extremos protolín, con campanas protectoras para la lluvia.

Estos terminales son apropiados, para los cables de protodur con una extensión nominal de hasta 5.8/ 10 KV y pueden ser utilizados para

los cables de aislamiento de Protothen, con igual tensión.

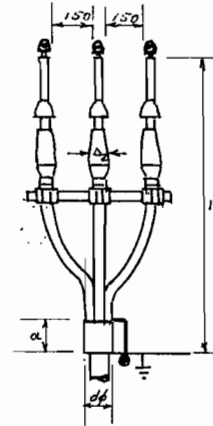
Estos cierres de extremos, pueden ser instalados en dos formas , una con la distribución de los conductores en forma de abanicos, como se muestra en la fig. 38 y la otra con distribución paralela de los conductores como se indica en la fig. 39. La principal cualidad de estos terminales es dar a alos conductores de protodur, la prátección - contra la entrada de polvo y humedad que dañarían al cable y produci-rían las fallas con las consiguientes molestias de orden técnico y económico. Además el campo eléctrico se manda a través del cierre de ex-tremos, con lo que el extremo del cable recibe una elevada resisten-cia mecánica, contra fuerzas dinámicas, que se presentan conlas corrientes de choque de cortocircuito. Debemos indicar que sobre cada conduc-tor del cable tripolar se monta una campana prefabricada de protolín , protector contra la lluvia. Como en los casos anteriores, también en este caso se elabora el terminal en el sitio del trabajo, con los ma-teriales fabricados especialmente para este objeto y que son: tres moldes, pegamento para mólde, resina sintética protolín, aglutinante VH-40 masa de obturación, cable de puesta a tierra, cinta PVC, alambre de cobre, con tubo de plástico, papel carbón, tres casquillos terminales, - un casquillo terminal estañado, tres campanas protectoras contra la -lluvia, disolvente, cinta de siliona, manguera de plástico, y resina-de barniz; como accesorio para la instalación de los cierres de extre

CIERRES DE EXTREMOS PROTOLIN CON CAMPANAS PROTECTORAS PARA LA LLUVIA PARA CABLES PROTODUR DE HASTA 5.8/10 KV



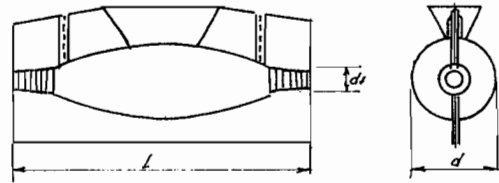
DISTRIBUCION DE LOS CONDUCTORES EN FORMA DE ABANICO

Fig 38



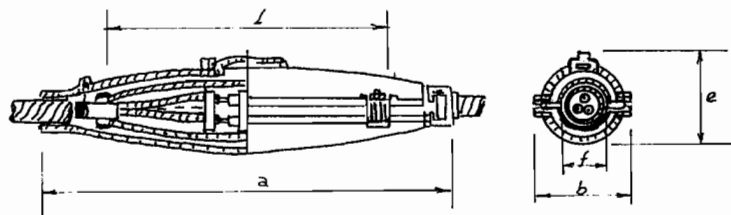
DISTRIBUCION DE LOS CONDUCTORES EN FORMA PARALELA

Fig 39



MANGUITOS DE UNION PROTOLIN PARA TENSIONES NOMINALES DE 3.5/6 Y 5.8/10 KV.

Fig 41



UNION PARA CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL Y FUNDA DE PLOMO. TENSION NOMINAL 5.8/10 KV

Fig 42

mos, con distribución paralela de los conductores, necesitamos: tres abrazaderas de material amagnético y una barra metálica de fijación. Como vemos la mayoría de materiales también se usan en la elaboración del terminal o cierre de extremo protálin estudiado anteriormente, en este terminal como se puede apreciar en la figs. 38 y 39, requieren - de los otros materiales indicados y que sirven para protección de los cables unipolares contra los agentes propios de la intemperie, que es donde se los instalan.

Las dimensiones y demás características físicas de este tipo de cierres de extremos se los indica en la tabla # 19a.

2d.- Terminal invertido para cable tripolar armado, para la intemperie:

Este tipo de terminal, se requiere para la punta que se instala - a la intemperie del cable tripolar armado, con aislamiento de papel a prueba de migración de aceite, con funda de plomo, para 8 KV, este tipo de terminal se lo muestra en la fig. # 40 y las dimensiones constan en el cuadro # 20.

Como en los casos anteriores este terminal se lo realiza en el - sitio de trabajo, en la siguiente forma: se coloca la caja de hierro fundido, en el sitio que se la requiere sea este en un poste, en el - caso de la derivación se hace de la red de distribución aérea, en una estructura de hierro, si la derivación se la hace por ejemplo dentro - de una subestación; se pasa el extremo del cable en un tubo de hierro

T A B L A # 19. a

Sección del conduc- tor en mm 2.	Cierres Cierres de fig. de fig. Peso incluido ac cesorios y mate- riales de monta- je neto aproxim. en Kg.		M E D I D A S				
	A	B	D2	a	d		
	mm.	mm.	mm	mm.	mm.		
10	8	8.5	650	720	50	110	60
16	8	8.5	650	720	50	110	60
25	8	8.5	650	720	50	110	60
35	8	8.5	650	750	50	110	60
50	8	8.5	680	775	50	110	60
70	8	8.5	680	805	50	120	90
95	8	8.5	680	805	50	120	90
120	8	8.5	680	835	56	120	90
150	8	8.5	680	825	56	140	110
185	12	12.5	700	880	56	140	110
240	12	12.5	700	880	56	120	110

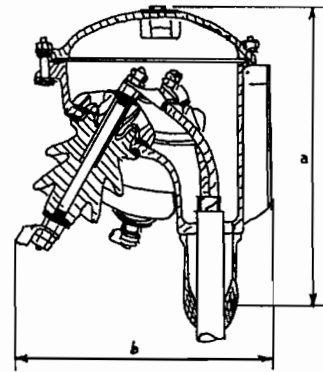
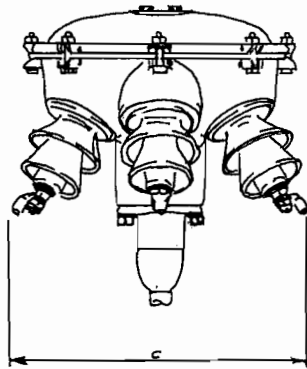


FIG 40

TERMINAL EXTERIOR DE CABLE
ARMADO

CUADRO 20

REFERENCIA	DIMENSIONES					
	a		b		c	
	mm	"	mm	"	mm	"
BC 71963-06	415	16 ⁵ / ₁₆	360	14 ¹ / ₄	490	19 ³ / ₈
BC 71963-08	475	18 ⁵ / ₈	415	16 ¹ / ₄	565	22 ¹ / ₄
BC 71963-13	500	20 ¹ / ₈	520	20 ¹ / ₂	760	30

galvanizado, para dar protección al cable en la parte de este que queda a la intemperie y que no dificulte la elaboración del terminal luego se procede a preparar la punta del cable en igual forma de la que se indica en el terminal vertical; se sueldan terminales planos, en las puntas desnudas de los cables unipolares; luego se sube el cable, cuidando que no se lo maltrate hasta colocarlo en la caja de hierro fundido donde se lo asegura y se empalma los conectores terminales planos al perno de paso de los aisladores y por último se procede a rellenar la caja de hierro fundido con la masa Compound Novoid C en la misma forma que el terminal vertical, teniendo especial cuidado de que no entre humedad.

3x.- Uniones:

3a.- Uniones o manguitos de unión de protolín.

Este tipo de uniones se utilizan para los cables de protodur o de protothen, con tensiones nominales de 3.5/6 a 5.8/10 KV, estos son unos manguitos especiales con resina sintética protolín y no necesitan ninguna otra protección de caja de hierro fundido, con lo cual se obtiene puntos de unión mucho más pequeños, estos pueden ser instalados en agua o en tierra, y son altamente resistentes al envejecimiento e, insensibles a las influencias químicas.

Los manguitos de unión protolín son apropiados para las siguientes corrientes de choque de cortocircuito: sección de conductor desde

95 mm², hasta 50 K~~M~~ de valor de cresta, desde 185 mm² de sección de conductores hasta 100 KA de valor de cresta.

Los conductores se unen con casquillos de soldadura y se los separa de acuerdo a la tensión nominal a la que están expuestos y no se los aísla. En caso de los cables que tienen envoltura de plomo, se suelda un anillo de latón a la envoltura, antes de unir los conductores y sobre este anillo se enrolla una cinta especial de goma, que actúa como cojín elástico entre la resina sintética y las partes metálicas. Los materiales necesarios para realizar este tipo de unión que se lo realiza en el sitio de trabajo son los siguientes: molde, pegamento para molde, resina sintética protolín, aglutinante VH - 40, masa de obturación, casquillos de soldadura, anillos de latón estañado (solo para los cables con envoltura de plomo), cinta especial de goma, cable de puesta a tierra, cinta de CPV, alambre de cobre, protección contra contactos, papel carbón, disolvente y material de soldadura blanda. En la fig. 41 y tabla 21, se indican las características físicas y de este tipo de unión.

3b.- Uniones para cables de alta tensión con aislamiento de papel:

Estos empalmes son construidos según las normas DIN-47600 y sirven para cables de alta tensión, con aislamiento de papel y con una tensión nominal de hasta 5.8/10 KV.

En la fig. 42, se muestra un empalme de este tipo debiéndose in-

C U A D R O # 21.

Sección de con- ductores en mm 2.	Peso neto aproxi- mado en - Kg.	M E D I D A S		
		l mm.	d mm.	d1 diámetro del ca- ble a introducir en mm.
10	6.7	500	90	57
16	6.7	500	90	57
25	6.7	500	90	57
35	7.7	520	100	64
50	7.7	520	100	64
70	7.7	520	100	64
95	10.4	560	110	74
120	10.4	560	110	74
150	12.5	600	120	82
185	12.5	600	120	87

dicar, de que si el terreno en el que se va a enterrar esta unión es muy húmedo, como en la orilla de un río, terrenos pantanosos o zonas de inundación a más de la caja de empalme de hierro fundido, se debe emplear como protección un manguito anterior adicional de plomo, con el que se garantiza un cierre completo del punto de unión contra la humedad. Las uniones como todos los materiales estudiados anteriormente, para la instalación de los cables de alta tensión en la red de distribución eléctrica subterránea, se los construye en el sitio de trabajo, con los materiales preparados especialmente para este fin. Los materiales necesarios para realizar una unión del tipo que estamos analizando son los siguientes: caja de hierro fundido de diseño VS; en ciertos casos como ya lo hemos indicado anteriormente se usa el manguito interior de plomo; masa de relleno SP, cartón impregnado cordón de juntas, papel de enrollado, cordón de amianto, cinta aislante, alambre de hierro, alambre de cobre, hilo trenzado, cable de puesta a tierra, casquillos de unión y soldadura. En la fig. 42 y en el cuadro 22, se indican las características físicas principales y las dimensiones de este tipo de unión.

La utilidad de los materiales mencionados y la forma de realizar esta unión se indica a continuación:

Vamos a indicar el empalme recto, para cable de alta tensión (8 KV) tripolar armado, con funda de plomo y aislamiento de papel, en base

C U A D R O # 22.

Características físicas de las uniones para cables con aislamiento
de papel y funda de plomo, tensión nominal 5.8/10 KV.

Sección conduc- tores en mm 2.	P E S O		M A S A		M E D I D A S					
	con acces. y mater. de montaje.		de relleno		a	b	d	c	f	i
	con mang. inter. de plomo Kg.	sin mang. inter. de plomo Kg.	con man. de plomo Kg.	sin man. de plomo Kg.						
6	14	12	2.5	2.5	550	140	37	129	76	352
10	14	12	2.5	2.5	550	140	37	129	76	352
16	20.5	17	4	4	655	154	45	154	90	442
25	20.5	17	4	4	655	154	45	154	90	442
35	20.5	17	4	4	655	154	45	154	90	442
50	20.5	17	4	4	655	154	45	154	90	442
70	28.5	24	6	6	765	196	54	166	103	532
95	28.5	24	6	6	765	196	54	166	103	532
120	28.5	24	6	6	765	196	54	166	103	532
150	41	35	9	9	880	212	64	180	118	614
185	41	35	9	9	880	212	64	180	118	614
240	54	45	12	12	1000	220	75	195	131	696
300	54	45	12	12	1000	226	75	195	131	696

de la fig. 43, en la que se indica también las dimensiones.

La preparación de las puntas de los cables que se van a empalmar se preparan exactamente iguales, por lo tanto haremos la descripción solo de una de ellas. La preparación de la punta se indica, tomando desde el extremo la longitud de 387 mm y realizamos un amarre con alambre galvanizado y desde este punto retiramos la envoltura exterior de yute; luego desde el extremo de la envoltura de yute tomamos la longitud de 51 mm y realizamos un nuevo amarre con alambre galvanizado y desde allí retiramos la armadura de acero; a continuación desde la punta del cable tomamos la longitud de 209.5 mm y realizamos allí el corte de la funda de plomo que la retiramos haciendo un corte a lo largo; antes de continuar debo indicar que las herramientas que se utilizan hasta este punto son: navaja para cortar la envoltura exterior de yute; sierra graduable para la armadura de acero y un cuchillo especial, para cortar la funda de plomo, sin que se maltrate al aislamiento de papal; continuando con la preparación de la punta del cable tripolar armado, retiramos la cinta de algodón con hilos de cobre impregnada en aceite, dejando un pedazo con el que se hace un amarre como se indica en el punto 5 de la fig. 43, luego, desde el extremo de la funda de plomo, tomamos la longitud de 49.5 mm y hacemos un amarre con hilo de lino para retirar desde este punto la cinta de cobre, a continuación desde el extremo de la pañ-

talla de cobre tomamos la longitud de 93 mm y hacemos un amarre con hilo de lino y retiramos un tercio de los papeles impregnados en aceite; desde este punto tomamos la longitud de 19 mm y hacemos otro amarre con el hilo de lino y retiramos otro tercio de papeles, tomamos nuevamente la longitud de 19 mm, hacemos otro amarre con hilo de lino y retiramos el resto de papeles hasta que el conductor de cobre quede desnudo, por último si el empalme no requiere de una funda de plomo extra, sobre la funda de plomo propia del cable, enrollamos el extremo de un pedazo de conductor de puesta a tierra a 20 mm del extremo de la armadura de acero y lo soldamos cuidadosamente para no dañar al cable; si en cambio la unión requiere de la funda extra de plomo, colocamos ésta en uno de los cables tripolares; y a continuación en cualquier de los casos descritos anteriormente, procedemos a unir los conductores de cobre desnudos unipolares, por medio de los manguitos de unión, cuidando que el paralelo sea correcto y que la separación entre manguitos sea de por lo menos 25.5 mm; inmediatamente pasamos a aislar los cables unipolares, enrollando una cinta especial para la tensión nominal que soportará la unión y que no pierda sus cualidades con la temperatura de 130° C, este aislamiento se lo asegura haciendo varios amarres con hilo de lino; como se requiere que haya continuidad de la pantalla de cobre en la unión, se enrolla una cinta especial de cobre estañado soldando los extremos en las pantallas de cobre de cada cable

para asegurar esta pantalla, se hace una soldadura en hilo a lo largo de ella; a continuación se la unión lo requiere se coloca la funda extra de plomo, soldando sus extremos a las fundas de plomo propias de los cables y abrimos unos dos orificios en la funda extra de plomo, que sirven para que por allí se haga el relleno de la funda de plomo con una masa especial que requiere se lo caliente a unos 100°C aproximadamente, luego de que se enfríe, lo cual se hace aproximadamente después de una hora, se procede a sellar la funda de plomo con suelda con lo cual la unión queda lista para colocarla dentro de la caja de hierro fundido, en el caso de que no se requiera la funda de plomo extra, la unión queda lista para colocarla dentro de la caja de hierro fundido, cuidando que el cable de puesta a tierra quede fuera de la caja por los pernos de paso colocados para este fin. Luego que la caja de hierro fundido, está perfectamente ajustada, se procede a rellenarla con la masa compaund novoid C, previamente preparada, el relleno se lo realiza como en el caso del terminal vertical o el terminal invertido, por último se sueldan las puntas del cable de puesta a tierra para que haya la continuidad de la funda de plomo y se sella la unión con la masa novoid.

E).- Accesorios para cables de baja tensión:

Sólo indicaremos los accesorios para los cables estudiados que resumimos en el cuadro #. 22a

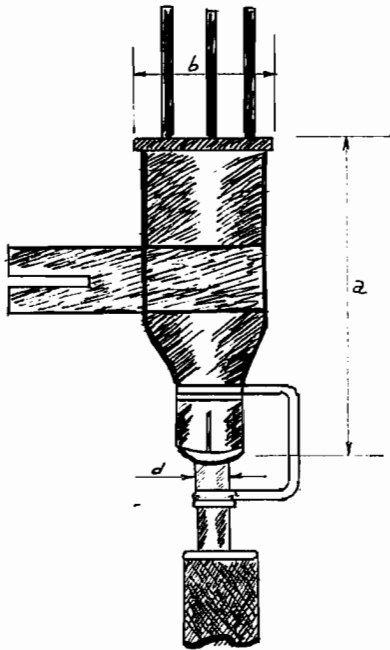
A).- Terminales y accesorios para cables multipolares:

Los terminales para cables con aislamiento de papel, para instalaciones interiores o a la intemperie tienen las siguientes características generales: tensión nominal o igual a 0.6 KV (fase a neutro), U igual a 1.0 KV (fase a fase), tensión de servicio máxima admisible permanente 1.15 KV; tensión de choque de prueba (valor cresta), soportada con 1/50 m.seg, 20 KV, con una onda corta 23 KV, tensión alterna de prueba a 50 c/s, 10 KV.

a1.- Cajas terminales cilíndricas:

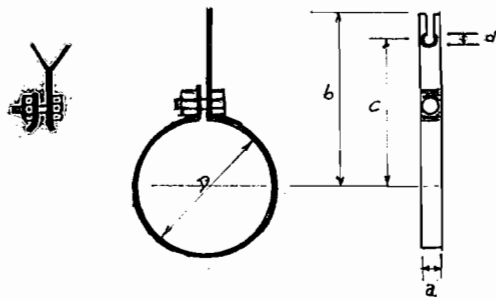
Este tipo de terminales son construidos para intensidades de choque de cortocircuito de hasta 25 KV de valores de cresta y cumplen con las demás características generales indicadas anteriormente. Son de pequeñas dimensiones y reducido peso y son para montaje vertical e introducción de los cables por debajo, fundamentalmente se componen de una caja de chapa de acero emplomada, con tapa de plástico por lo que se conduce al exterior los conductores unipolares del cable, la caja se rellena de masa.

Estos terminales se muestra en sus características físicas y dimensiones en la fig. 44 y tabla 23. Se los elabora en el sitio de trabajo con los siguientes elementos que lo componen: Caja con tapa, masa de relleno, cartón aislante, cable de puesta a tierra, cinta de materia sintética, cinta de aislamiento, alambre de cobre y de hierro, -



CAJAS TERMINALES CILINDRICAS

FIG 44



ABRAZADERAS PARA FIJACION

C U U A D R O # 23.

Abrazaderas de fijación para cajas terminales cilíndricas. Para anclaje directo en mampostería o para el atornillado en estructuras metálicas etc.

Para cables de camisa con 3 conductores y sección de mm 2.		4 conductores conductores de mm. 2.	Peso ne to apro ximado en Kg.	M E D I D A S				
				a mm	b mm	c mm	D mm	d mm.
25 a 50		16 a 35	0.13	20	122	86	72	9
70 a 120		50 y 70	0.14	20	128	92	82	9
150 y 185		95 y 120	0.19	25	144	104	92	11
240 y 300		150 y 185	0.20	25	148	108	102	11

CUADRO # 23a

Peso y dimensiones de las cajas terminales cilíndricas.

Para cables de camisa c o n		Peso incluído do accesorio. y mater. de montaje neto aprox. Kg.	M E D I D A S			Masa de re- lleno nece- sario aprox. Kg.
3 conduc. sección mm 2.	4 conduc. sección mm 2.		a mm.	b mm.	d mm.	
25 a 50	16 a 35	1.6	185	80	32	1
70 a 120	50 a 70	1.8	225	90	44	1
150 y 185	95 y 120	3.0	260	102	53	2
240 y 300	150 y 185	3.2	290	116	66	2

CUADRO # 24

Peso y dimensiones de las cajas terminales de casquete de CPV.
Para cables de camisa a conductores.

Sección conduc. en mm2.	Peso sin mater. de montaje - neto Kg.	Peso del material de monta- je neto Kg.	M E D I D A S			
			e	d1	d2	h
1.5 a 6	0.013	0.33	16	5	15	64
10 y 16	0.018	0.34	19	7	18	78
25 y 35	0.037	0.34	25	10	25	105
50	0.050	0.35	29	12	28	118
70 y 95	0.080	0.37	48	15	37	148
120	0.100	0.38	48	17	42	158
150	0.130	0.40	48	19	48	169
185	0.160	0.40	52	21	54	178
240	0.190	0.50	55	24	61	190

cordón de amianto, hilo trenzado, casquillos terminales, material de soldadura blanda y abrazadera de fijación.

Con estos materiales se elabora el terminal en una forma muy similar al terminal vertical para cables de alta tensión ya descrito, con la diferencia de la caja y que se sale con el mismo cable.

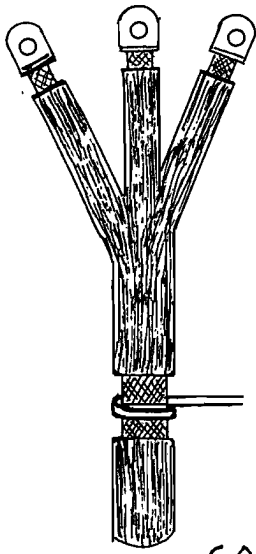
a2.- Cajas terminales de casquete de CPV o cloruro de polovinilo.

Estos terminales también se los usa para los cables con aislamiento de papel impregnado en aceite y son dimensionados para las características generales indicados, y para una intensidad de choque de cortocircuito de hasta 25 KA de valor de cresta. Este tipo de cajas terminales se pueden utilizarlas en las redes de distribución, pero son de mayor utilización en la distribución de la energía eléctrica en una fábrica. Los materiales necesarios para la elaboración de este terminal, que se lo realiza en el sitio de trabajo son los siguientes: un casquete de cloruro de polovinilo, alambre de hierro, alambre de cobre, cable de puesta a tierra estañado, cinta de aislamiento, cinta de plástico, cordón de amianto, cordel de cañamo, hilo trenzado, barniz especial, casquillos terminales y material de soldadura blanda.

Las características físicas y dimensiones de estas cajas terminales están indicadas en la fig. 45 a y b, y, en la table # 24.

a3.- Cierres de extremos Protolín:

Estos cierres de extremo, protege al punto de repartición de los conductores de los cables contra la entrada de polvo y humedad, son --



CAJAS TERMINALES DE CASQUETE DE PVC

FIG 45a

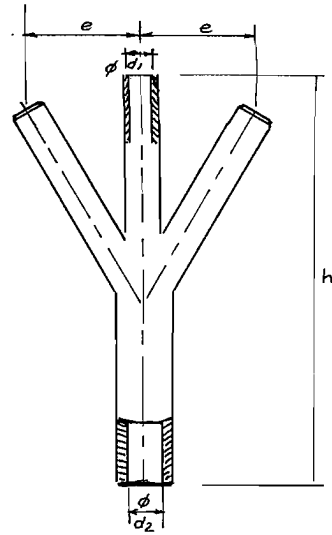
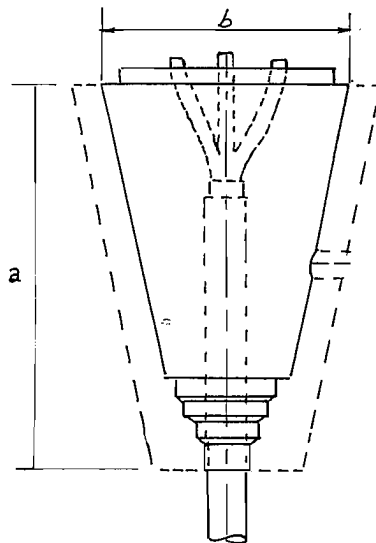


FIG 45b



CIERRE DE EXTREMOS PROTOLIN PARA CABLES DE PROTODUR

FIG 46

elaborados en el sitio de trabajo, con los siguientes materiales diseñados y fabricados para este objeto: molde, pegamento para molde, resina sintética protolín, alglutinante, masa de obturación, cinta CPV casquillos terminales, material de soldadura blanda y resina líquida. Para completar este análisis ver la fig. 45 y el cuadro 25, en los que se muestra las características físicas y dimensiones de este tipo de terminales.

B).- Uniones:

b1.- Empalme recto, para cable armado con aislamiento de papel y funda de plomo de 1.0 KV.

Este tipo de unión es muy similar a la que se utiliza para los cables de papel de alta tensión (8 KV), con las siguientes diferencias: las dimensiones son más reducidas en la caja de hierro fundido, por lo tanto las longitudes que tomabamos para preparar la punta del cable para 8 KV también se viene a reducir; fundamentalmente no se requiere para esta tensión la funda de plomo extra; las cintas de aislamiento son apropiadas para una tensión de 1.0 KV.

b2.- Empalmes en T:

Para los cables con aislamiento de papel, también tenemos los empalmes en T, este tipo son similares a las uniones ya que solamente cambia en la forma de la caja de hierro fundido y en la utilización, pero la elaboración aun que es más larga, ya que hay que preparar tres

C U A D R O # 25

Cierres extremos protblín para cables protodur tensión nominal 0.6/1.0 KV

Sección de conductor. en mm ² .	Peso incluido acces. y material de montaje neto aprox. Kg.	M E D I D A S	
		a	b
<u>PARA CABLES DE TRES CONDUCTORES</u>			
1.5 a 6	0.6	78	45
10.0 a 35	0.8	100	60
50 a 95	1.2	150	80
120 a 150	1.4	165	90
185 a 240	1.9	180	100
<u>PARA CABLES DE CUATRO CONDUCTORES</u>			
1.5 a 4	0.6	78	45
6 a 25	0.8	100	60
35. a 70	1.2	150	80
45 a 120	1.4	165	90
150 a 185	1.9	180	100
240	2.3	230	120

puntas en lugar de dos, esta preparación es igual a la necesaria para los empalmes rectos.

2).- Accesorios para cables unipolares:

2a.- Uniones y derivaciones marca "Scotchcast", con moldes y resina.

Estas uniones y derivaciones Scotchcast, se muestran en su forma física en la fig. 46a y sus dimensiones en el cuadro # 26.

Para la elaboración de este tipo de piezas que se las realiza en el sitio de trabajo, se requiere de lo siguiente; un lote de materiales Scotchcast compuesto de: un molde de plástico especial, dos boquillas, un pedazo de cinta con pegamento para sellar el molde y una bolsa de plástico que contiene los dos componentes de la resina; un manguito de unión, suelda preparada y un pliego de lija de grano fino. Ya que el principal componente para este tipo de trabajo en la parte eléctrica es la resina, indicamos de esta sus características principales en el cuadro # 27.

La elaboración de la pieza se la realiza en la siguiente forma: se prepara la puntas de los cables con los que se va a trabajar, como se indica en la fig. 47, con las dimensiones a y b de acuerdo al calibre y al tipo de pieza que se va a elaborar, en el punto c, de la fi. 47 - se hace un cono con tiras del papel de lija, todo el cable que quedará dentro del molde debe ser lijado y limpiado para que haya una buena adherencia de la resina, luego preparar las puntas del cable se -

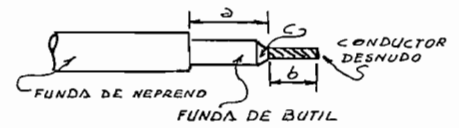
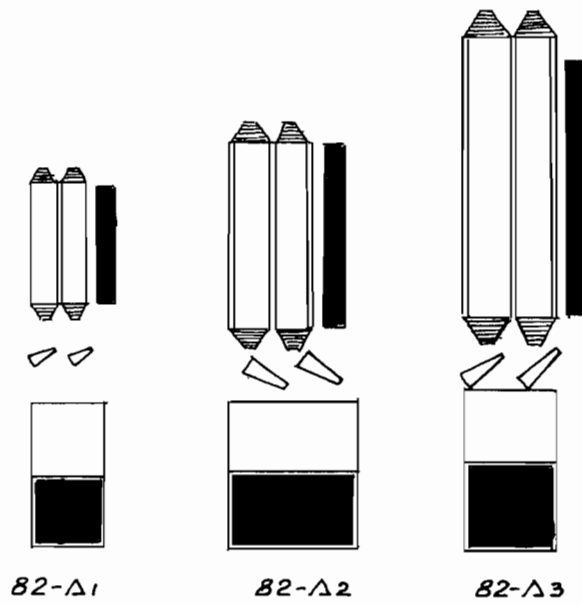


FIG 47

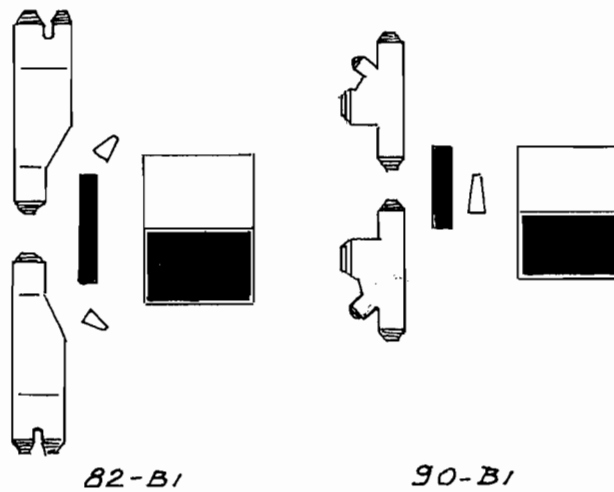


FIG 46 A

TIPO DE MOLDES MARCA SCOTCHCAST PARA UNIONES O DERIVACIONES DE ACUERDO AL DIAMETRO EXTERIOR DEL CABLE

C U A D R O # 26

Tipo de moldes marca Scotchcast para uniones o derivaciones de
acuerdo al diámetro exterior del cable.

Tipo	Feeder		Derivación	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
82- A	1/4"	3/4"	--	--
82- A1	1/4"	5/8"	--	--
82- A2	5/8"	1"	--	--
82+ A3	1"	1- 3 /16"	--	--
82- B1	1/4"	5/8"	1/4"	5/8"
83- A2	--	1-5/8"	--	--
90- B1	1/2"	13/16"	3/8"	13/16"

C U A D R O # 27

Propiedades pr medio de la resina # 4 marca Scotchcast.

Energía eléctrica	ASTM-D-149-44 voltios/ milla prueba 1/8"	
Constante dieléctrica	ASTM-D-150-54T K 60 ciclos 50% RH	
	30° C.	3.37
	60° C.	3.77
	70° C.	4.40
Factor de disipación	ASTM-D-154-54T D, 60 cilcos 50% RH	
	30° C.	.0038
	60° C.	.023
	70° C.	.058
Resistividad por volúmen	ASTM-D-257-54T Ohm-cm. 50% RH	
	30° C.	2.8×10^{15}
	60° C.	1.7×10^{15}
	70° C.	4.8×10^{13}
Absorción del agua	ASTM-D-570-42 % 24 hrx.	
	23° C	.193
	53° C.	.62
Energía de tensión	ASTM-D-638-42T PSI	8.070
Elongación	%	2.4
Corrosión electrolítica	Ratio D-1000	1.0
Recureración durante el envejecimiento.	%	1/2 al 1½
Resistencia al agua		Excelente.
Resistencia al aceite		Excelente.

Resistencia al solvente		Insoluble.
Resistencia a la intemperie	ASTM-D-635-44	Se extingue a si mismo.
Coefficiente de expansión pulgadas/pulgada/grado C	ASTM-D-696-44	1.5×10^{-4}

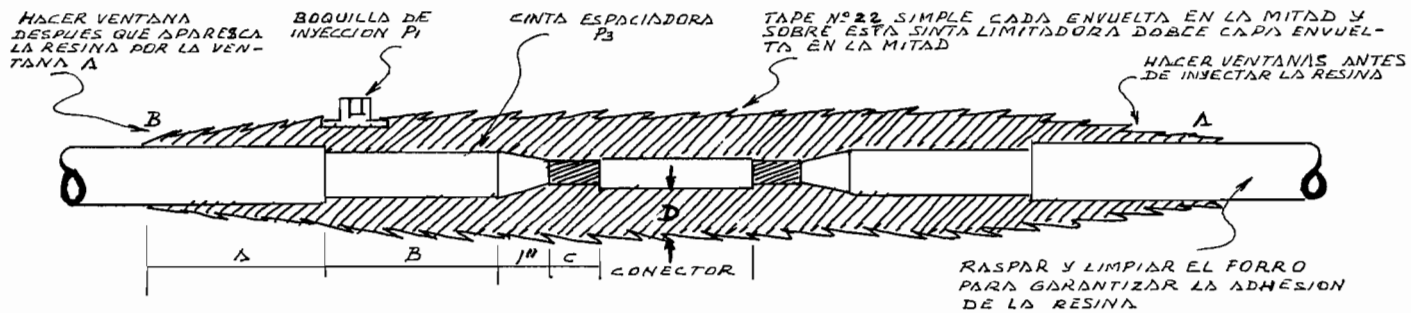
se procede a unir los conductores de cobre desnudos con el manguito de unión o con el de derivación de acuerdo a la pieza a realizar, a continuación se coloca el molde cubriendo simétricamente las puntas que se han empalmado y por último se rellena el molde con la resina que se vierte a través de las boquillas, la resina se debe preparar en la siguiente forma: se unen los dos componentes, al separar en la bolsa de plástico en el punto de separación, luego se frota fuertemente la bolsa de plástico hasta que la resina adquiera temperatura y con la cual está lista para el relleno del molde. Luego de enfriarse la resina se solidifica y se puede proceder a enterrarla. Todo este proceso se hace sin quitar la tensión al cable, por lo tanto el empalmador debe prever todas las medidas de seguridad que se requieran.

2b.- Uniones Scotchcast con resina a presión:

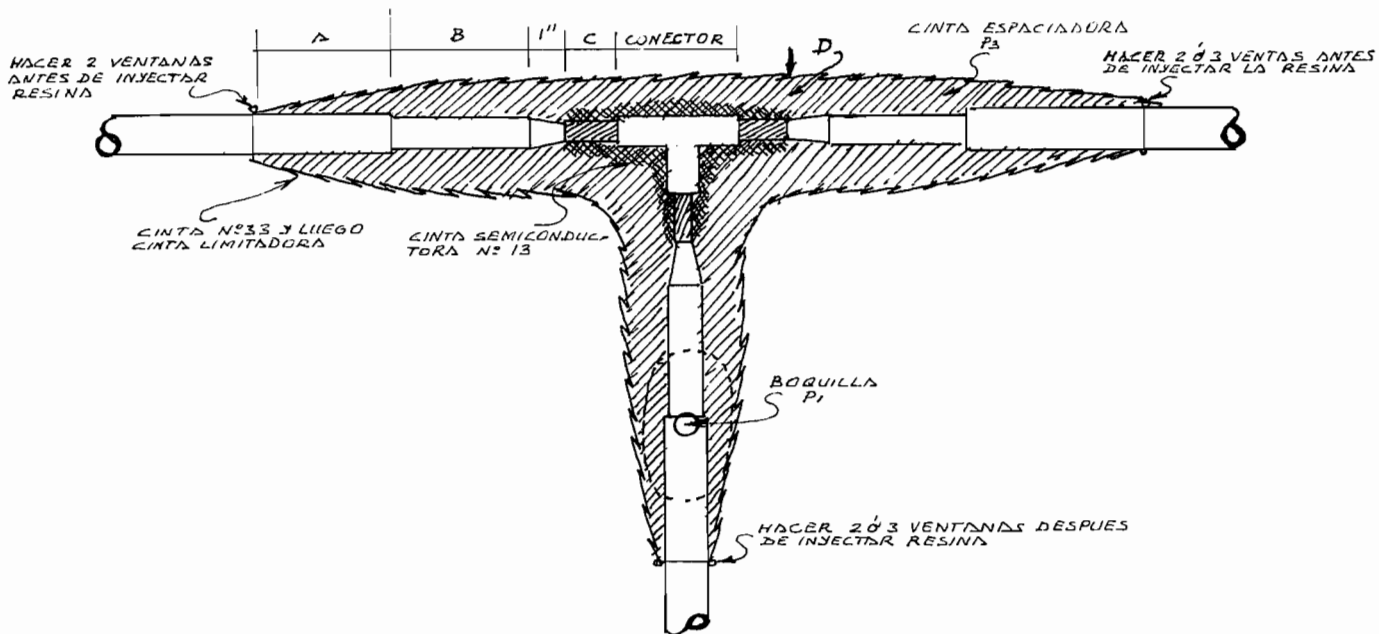
Para poder hacer una descripción de este tipo de unión nos valemos de la fig. 48 y del cuadro 28.

Los materiales que se requiere para la elaboración de estas uniones son los siguientes: un manguito de unión, suelda preparada (si el manguito utilizado así lo requiere), rollos de cinta espaciadora P3 , cinta Scotch # 22, cinta limitadora Scotchcast P-4, una boquilla de inyección P-1, una aguja de plástico inyector P-5, una bomba manual para inyectar la resina a presión y una funda de resina Scotchcast No. 4.

Con los materiales anteriormente indicados, se procede en el sitio



UNION SCOTCHCAST DE RESINA A PRESION
FIG 48



DERIVACION SCOTCHCAST CON RESINA A PRESION
FIG 49

C U A D R O # 28

Dimensiones y cantidades de material de la unión Scotchcast con resina a presión.

Tamaño cable.	Diám. aprox	en pulgadas	Dimensiones en pulgadas	A	B	C	D	A	Ø	P3 rollos	pies	P4 rollos	P5	Molde Unipack	Boquilla de inyección.
# 4 AWG	.65	3	3-1/8	1/2	3/8	1	1	1	1	8	1/2	1	1		
# 2 "	.72	3	3-1/8	1/2	3/8	1	1	1	1	8	1/2	1	1		
# 1 "	.75	3	3-1/8	3/4	3/8	1	1	1	1	8	1/2	1	1		
1/0 "	.79	3	3-1/8	3/4	3/8	1	1	1	1	8	1	1	1		
2/0 "	.84	3	3-1/8	3/4	3/8	1	1	1	1	8	1	1	1		
3/0 "	.89	3 1/4	3 1/4	3/4	3/8	1	1	1	1	10	1	1	1		
4/0 "	.98	3 1/4	3 1/4	3/4	7/16	1	1	1	1	10	1	1	1		
250 MCM	1.06	3 1/4	3 1/4	1	7/16	1	1	1	1	10	1	1	1		
300 "	1.11	3 1/2	3 1/2	1	7/16	1	1	1	1	12	1	1	1		
350 "	1.16	3 1/2	3 1/2	1	7/16	1	1	1	1	12	1	1	2		
400 "	1.21	3 1/2	3 1/2	1	7/16	1	1	1	1	15	1	1	2		
500 "	1.30	3-3/4	3 1/2	1	7/16	1	1	1	1	15	1 1/2	1	2		

de trabajo a realizar la elaboración de la pieza en la siguiente forma: se prepara en primer lugar las puntas de los cables que se van a empalmar, siguiendo las dimensiones indicadas en el cuadro # 28, se procede a retirar primero la capa de neopreno, luego la capa de butyl a continuación se hace el cono en el extremo de la capa de butyl, (- con tiras de pliego de lija), se limpia y lija la parte del cable que quedara dentro de la unión, este proceso se realiza para una buena adherencia de la resina, terminado de preparar las puntas se realiza la unión de los conductores de cobre desnudo, por medio del manguito de unión, ya realizada esta unión, se envuelve la cinta espaciadora, de un extremo al otro hasta dar la forma indicada en la fig. 48, se coloca la boquilla de inyección P-1, en el lugar que se indica en la fig. y se la asegura; a continuación se envuelve de un extremo al otro la cinta No. 22 cuidando que cada vuelta quede sobre la mitad de la vuelta anterior, de esta cinta solo se pone una capa; continuando con la preparación de la pieza, se envuelve en igual forma que la cinta anterior la limitadora P-4, pero de ésta se pone dos capas, por último se hace un orificio o ventana al otro extremo del que se coloca la boquilla, con esto la pieza queda lista para inyectar la resina a presión. Antes de realizar la inyección se realiza los siguientes pasos: 1) se mezcla los dos componentes de la resina como ya se indicó anteriormente. 2) Se coloca sobre la bolsa de resina la aguja inyectora que se la asegura fir-

amente. 3) Se coloca la bolsa de resina dentro de la bomba inyectora, dejando la aguja fuera, y se comienza a accionar la bomba hasta que la resina aparezca por la aguja, se coloca en la boquilla y se inyecta la resina hasta que aparezca por la ventanilla, inmediatamente se hace otra ventanilla al otro extremo; si en esta última aparece la resina, se retira la bomba y la pieza queda lista, pero si en cambio no aparece, se debe seguir inyectando, hasta que se produzca este efecto. Como la pieza adquiere temperatura se espera que se enfríe para enterrarla.

2c.- Empalmes en "T", Scotcheast, con resina a presión:

El empalme que trataremos en este punto se indica en la fig. 49, y las dimensiones características y cantidades de materiales que se requieren para realizar este empalme en "T" quedan indicados en el cuadro # 29.

Los materiales que se requieren en la elaboración de esta pieza son los siguientes: manguito en T, suelda preparada. Cinta semiconductor ra "Scotch" No. 13, cinta espaciadora P-3 cinta Scotch # 33; cinta limitadora P-4, boquilla de inyección P-1 aguja y bomba inyectora.

El proceso de elaboración de esta pieza es similar a la unión, e con la diferencia de que antes de usar la cinta espaciadora se envuelve en la parte libre de aislamiento la cinta semiconductor a # 13, y que en lugar de usar la cinta Scotch 22, se usa la 33.

TABLE # 29

Dimensiones y cantidades de materiales de la derivación Scotchcast con resina a presi-

Diámet.

Tamaño aprox. cable pulgad.

Dimensiones en pulgadas

A B C D

Materiales que se requiere para cada I

4 AWG .65

Resina Cinta Cinta Cinta Tar

2 AWG .72

Unipak espac. tape # limit. #.1

1 " .75

B C P3 roll. 22 pías. P4 roll. pie

1/0 " .79

2/0 " .84

3/0 " .89

4/0 " .98

250 MCM 1.96

300 " 1.11

350 " 1.16

400 " 1.21

500 " 1.30

	A	B	C	D											
# 4 AWG .65	3	3 1/8"	1/2	3/8	1	1	8	1/2	1.1						
# 2 AWG .72	3	3 1/8	1/2	3/8	1	1	8	1/2	1.1						
# 1 " .75	3	3 1/8	3/4	3/8	1	1	8	1/2	1.1						
1/0 " .79	3	3 1/8	3/4	3/8	1	1	8	1	1.1						
2/0 " .84	3	3 1/8	3/4	3/8	1	1	8	2	1.1						
3/0 " .89	3 1/4	3 1/4	3/4	3/8	1	1 1/8	10	1	1.1						
4/0 " .98	3 1/4	3 1/4	3/4	7/16	1	1 1/8	10	1	1.1						
250 MCM 1.96	3 1/4	3 1/4	1	7/16	1	2	10	1	1.1						
300 " 1.11	3 1/4	3 1/4	1	7/16	1	2	12	1	1.1						
350 " 1.16	3 1/4	3 1/4	1	7/16	1	2	12	1	1.1						
400 " 1.21	3 1/4	3 1/4	1	7/16	1	2 1/8	15	1	1.1						
500 " 1.30	3 3/4	3 3/4	1	7/16	1	2 1/8	15	1 1/8	1.1						

Para la elaboración de todas las piezas que hemos indicado anteriormente, se debe tener personal con conocimientos, habilidad manual y experiencia.

F.- Accesorios para cables de alumbrado público:

Como la red de alumbrado público en muchos de los casos es parte de la red de baja tensión, ya que al usar cables con cinco conductores, el quinto alambre es el hilo piloto para la red de alumbrado público, el mismo accesorio para la red de baja tensión sirve para esta red, por lo tanto trataremos aquí de las uniones y derivaciones, en los cables unipolares de la red de alumbrado público.

Las uniones y derivaciones en esta red, con cables unipolares con aislamiento de doble forro de PVC, se las realiza en dos maneras: la primera usando manguitos de unión o derivación y cintas aislantes que reemplacen a los materiales del aislamiento del cable, segunda, entorches soldados de los cables y las cintas aislantes que den al empalme las mismas características que los cauchos sintéticos al cable.

G.- Transformadores:

El transformador en si mismo cumple la función de bajar el voltaje y, además, tiene características especiales para adaptarse a su aplicación.

Como este estudio, es sobre redes subterráneas, trataremos por lo tanto de los transformadores apropiados para este efecto.

El espacio en las cámaras es reducido, la ventilación no es fácil y en varios casos sufren inundaciones, por lo tanto las características de cada uno de los transformadores que analizaremos tienen que tener características especiales de acuerdo al diseño de cada una de las cámaras.

Se utilizan generalmente los transformadores trifásicos, ya que se facilita el montaje y se requiere menor espacio, hay pocos casos - en los cuales se usan transformadores monofásicos, especialmente cuando las cámaras están ubicadas dentro de edificios y no se desean cargas concentradas muy grandes o si no se puede meter un transformador trifásico a travez de los pasillos.

En general, los transformadores para redes subterráneas, se diseñan y construyen, para que tengan menores pérdidas, que los transformadores para redes aéreas, con lo cual se disminuyen los problemas de ventilación.

Para tratar más específicamente del punto que nos interesa, trataremos en primer lugar de todas las generalidades en un transformador y para esto tomaremos como ejemplo un transformador en baño de aceite con los siguientes puntos:

Generalidades:

1.- Normas: Las normas que se utiliza para la fabricación de esta clase de equipos son las siguientes: IEC, internacionales las alemanas -

NDE/ DIN y las norteamericanas ASA/NEMA.

Según las normas indicadas anteriormente los transformadores normales, se fabrican con un conmutador de derivaciones en el lado primario, el cual solo se puede accionar suspendiendo la tensión, este conmutador está conectado a derivaciones de los devanados de tal forma que, conectado o desconectado algunas espiras, es posible variar la tensión, para ajustarse a la que se requiere en la red de distribución de baja tensión, las derivaciones normales, con la que se suministra la mayoría de transformadores que utilizamos en las redes de distribución son para $\pm 2 \times 2.5\%$. La ubicación de este conmutador de devanados es diferente de acuerdo al fabricante; hay conmutadores localizados en la tapa del transformador, con acción exterior; en otros se localiza en la carcasa del transformador y en otros es necesario levantar la tapa superior, ya que los conmutadores están directamente sobre los devanados dentro del aceite puede ser un tap para los tres devanados, o uno por cada devanado.

Para elevar la seguridad del servicio, mediante una vigilancia de temperatura, llevan los transformadores un termómetro indicador o de contacto.

2.- Potencia nominal: La potencia nominal que se indica en el transformador, depende de los siguientes factores:

2a.- Definición de la potencia nominal: La potencia nominal no se la -

define, como una dimensión física, sino sólo como un valor de cálculo, por lo tanto la potencia nominal en KVA de un transformador se define como el producto de la tensión nominal la intensidad nominal y el factor de composición de corriente trifásica $\sqrt{3}$.

25.- $P = \sqrt{3} V \times I$ P en KVA; V en KV; I en amperios

26.- La altura sobre el nivel del mar del montaje del transformador.

Los transformadores son construidos para la altura sobre el nivel del mar, en los que se va a utilizarlos ya que a mayores alturas de instalación se reduce la potencia, debido a la poca densidad del aire y la disipación de calor del tanque es menor. Por el contrario la potencia, alcanza valores mayores, para alturas menores.

Por ejemplo si un transformador se construye para una altura de montaje sobre el nivel del mar de 1.000 mts, el aumento de nivel de altura de instalación de este transformador, produce un factor de reducción de la potencia como se indica a continuación:

Factor de reducción	altitud en metros.
1.00	1.000
0.99	1.200
0.98	1.500
0.96	1.800
0.95	2.100
0.93	2.400
0.92	2.700
0.90	3.000
0.87	3.600
0.83	4.200

Por lo tanto si en Quito se instala este transformador la potencia

cia nominal se reduce así: $50 \text{ KVA} \times 0.91$ igual 45.5 KVA . o sea que en un transformador de 50 KVA se reduce 4.5 KVA .

2c.- Temperatura ambiente: ya que si un transformador es construido, para una temperatura ambiente de 40° , si esta disminuye se incrementa la potencia nominal del transformador y por el contrario si aquella aumenta, disminuye la potencia. Por esta razón, si un transformador es instalado en un lugar cerrado, como es una cámara de transformación, se debe tomar muy en cuenta que la ventilación sea suficiente.

En el gráfico de la Fig. 50, se ve la curva de dependencia entre la potencia nominal (porcentual), con la temperatura ambiente (en $^{\circ} \text{C}$), para un transformador construido para 40 grados $^{\circ} \text{C}$. de temperatura ambiente.

Con el cambio de temperatura ambiente, la potencia varia de conformidad con la tabla siguiente:

Factor de variación	Temperatura en $^{\circ} \text{C}$.
0.96	45
1.00	40
1.04	35
1.075	30
1.11	25

Por ejemplo si el transformador construido para un medio ambiente de 40°C , se instala en Quito, con una media ambiente de 30°C , la potencia aumenta así: $50 \text{ KVA} \times 1.075 = 53.75$ o sea que aumenta 3.75 KVA .

3.- Sobrecarga: En la mayoría de los casos los transformadores no tra

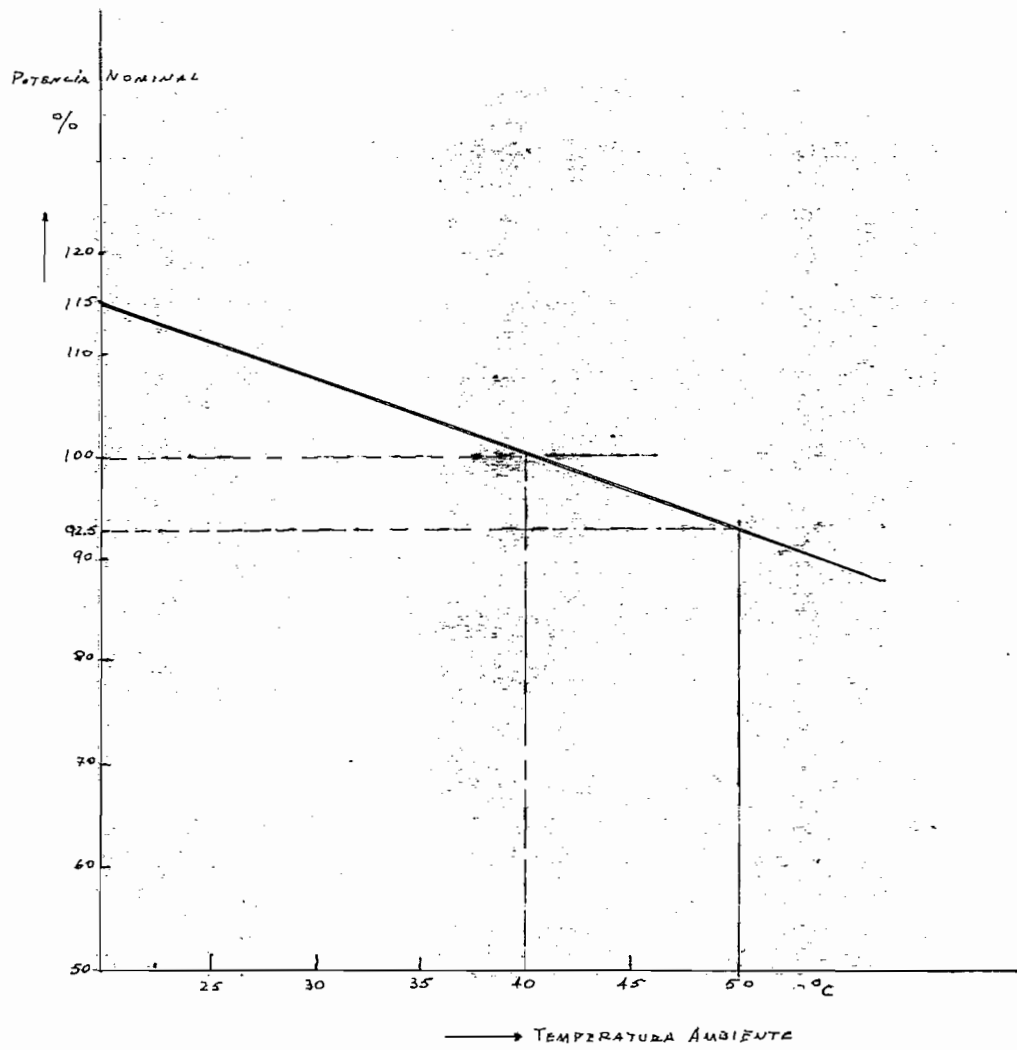


FIG 50

bajan a plena carga, sino que, en su empleo normal y práctico tienen una carga variable y en muchos de los casos tienen aún una sobrecarga durante un tiempo limitado, lo cual es admisible.

La estimación diferente de la potencia de un mismo transformador según la norma que se toma como base determina naturalmente una capacidad de sobrecarga diferente con respecto a la potencia nominal.

En la tabla siguiente, se encuentra la duración admisible de la sobrecarga de un transformador a las condiciones de las normas VDE-0532:

Pot. Cont. anterior en % de la Pot. - nominal (KVA)	Temperinicial del aceite ° C. con temp. ambi. de 25 C.	Duración admisible de la sobrecar ga en % de la potencia nominal.				
		10 %	20 %	30 %	40 %	50%
50	55	3h	90'm.	60m.	30'm.	15'm.
75	68	2h	60'm.	30'm.	15'm.	8'm.
90	78	1h	30'm.	15'm.	8'm.	4'm.

Debemos anotar que antes de someter al transformador a sobrecargas, debe trabajar, al menos 15 minutos con una potencia igual o menor que la nominal, transcurrido ese tiempo, durante el cual tiene lugar el intercambio de calor entre devanados y aceite, puede determinarse con ayuda de la tabla precedente, si es admisible otra sobrecarga y durante cuanto tiempo, ya que el equilibrio de las temperaturas del transformador, depende del intercambio de calor entre el aceite y los devanados. Veremos en el cuadro # 30 los calentamientos admisibles de un transformador en baño de aceite, según las normas internacionales más importantes.

4.- Pérdidas: Las pérdidas en el hierro con una frecuencia de 60 c/s. son prácticamente constantes con cualquier cargas, se denominan también pérdidas en vacío.

Las pérdidas en el cobre, varían directamente proporcional al cuadro de la intensidad.

Las pérdidas se determinan por medio de vatímetros.

5.- Rendimiento: El rendimiento se lo puede determinar por dos métodos: el primero conociendo la potencia activa, administrativa por el transformador (KW) (Pa) y la suma de las pérdidas totales en el hierro y en el cobre (KW) (Pt) y aplicando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Pa}{Pa + Pt} 100\%$$

Para el segundo método se aplica la fórmula siguiente:

$$N = \frac{Po + a^2 \cdot Pc}{a P \cos \phi + Po} 100 \%$$

en la cuál:

N = es el rendimiento en %
Po = pérdidas en el hierro (KW)
 $\cos \phi$ = factor de potencia.

P = Potencia nominal en KVA
Pc = pérdidas en el cobre (KW)
a = factor de carga.

6.- Variación de tensión:

La variación de tensión o caída de tensión en los transformadores (U) (%) se obtiene de la tensión nominal de cortocircuito (Uz) (%) y de la caída ~~ahmica~~ de tensión (Ur) (%); para lo cual nos servimos de la fig. 51 y de las fórmulas siguientes:

$$Ur = \frac{Pc}{Pn} 100\%$$

$$Ux = \sqrt{Uz^2 - Ur^2}$$

En las cuales:

U_r = Caída de tensión por resistencia.

U_x = caída de tensión por reactancia.

U_z = tensión nominal de cortocircuito.

P_c = pérdidas en el cobre

P_n = potencia nominal.

7.- Para completar el análisis de las generalidades de un transformador veremos: Grupo de conexiones:

Este punto se puede ver claramente en la fig. 51 y en las notas, que se adjuntan a la figura.

8.- Accesorios:

Los accesorios standard, que se utilizan para los transformadores trifásicos son los siguientes:

- tanque de expansión.
- indicador del nivel de aceite
- dispositivo de purga de aceite.
- tornillo de conexión a tierra.
- placa de características.
- ruedas orientables.

Los accesorios, que si requieren se piden expresamente al fabricante son:

- termómetros
- relé Buchholz
- secador de humedad silica-gel.

Descripción de un transformador según la E.E.Q.S.A. -

Transformador trifásico de KVA, voltaje de servicio: 6.300 voltios frecuencia 60 c/s. Relación de transformación 6.000/210/121 voltios. Arrollamiento en alta tensión: conexión triángulo, con derivaciones para $\pm 2.5\%$ y $\pm 5.0\%$ del voltaje nominal. Arrollamiento en baja tensión: estrella con neutro sacado al exterior, será la conexión. Impedancia: 4% . Sobreelevación de temperatura: 55°C en el arrollamiento con una media ambiente de 30°C , según las normas ASA. El transformador será adecuado para interior, autorefrigerado, sumergido en aceite, para servicio continuo con su capacidad nominal a 3.000 mt. de altura sobre el nivel del mar. El transformador estará equipado con todos los accesorios normales, de acuerdo a las normas ASA-C5712-1.956. El tanque del transformador deberá estar montado sobre ruedas, cuyos ejes puedan girar 90° Fig. 52.

Para terminar con este análisis sobre los transformadores para redes subterráneas, describiremos brevemente los transformadores sumergibles, los de tipo secos y los con askarel.

(a). Tipo sumergibles.-

Entre los transformadores, para red mallada hay varios tipos que forman la unidad de malla sólidamente unida, y estos pueden ser rellenos con líquidos, sea aceite o mercteen; tipos secos, ventilados con aire, o rellenos con nitrógeno o gas C_4F_2 ; todos estos pueden ser su

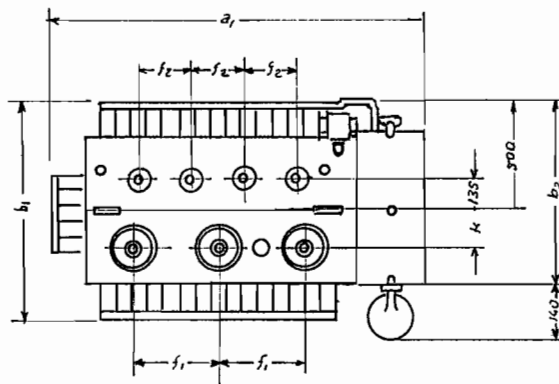
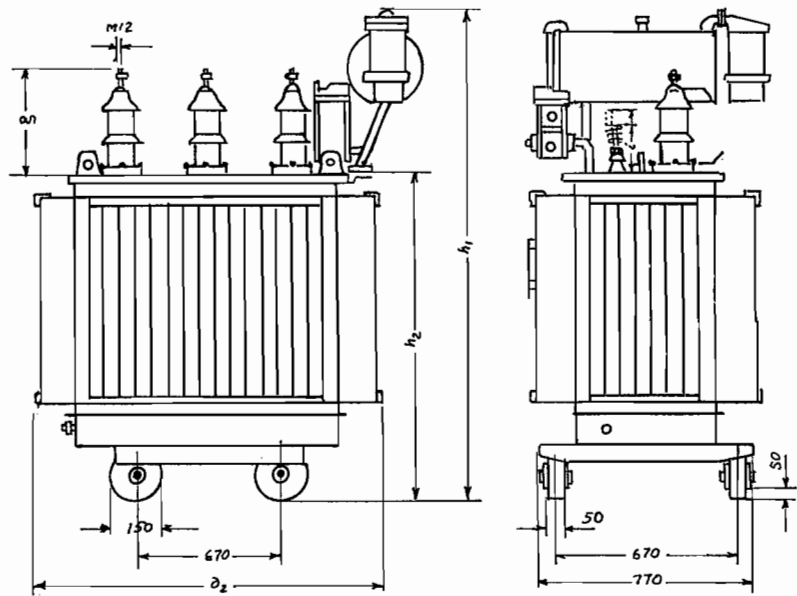
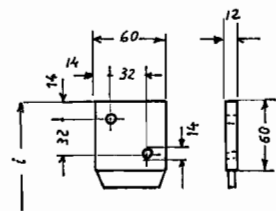
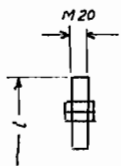


Fig 52

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
RELLENOS DE ACEITE

sumergibles o no sumergibles, los primeros, que se instalan en sitios que son fácilmente rellenos de agua y de los cuales haremos una descripción, tomando para esto los rellenos de aceite.

Los transformadores sumergibles para red mallada, rellenos de aceite, se grafizan en la fig. 53, son completamente sellados y en cuanto a las características eléctricas generales se ajustan a las ya indicadas anteriormente. Estos transformadores están compuestos fundamentalmente de las siguientes partes que se ven claramente en la Fig. 53: caja terminal para el cable de alta tensión de llegada y en muchos casos también para el de salida, que está relleno de una masa especial; unido directamente a este terminal encontramos una cámara que contiene un suiche de tres posiciones: abierto, cerrado y puesto a tierra, que se lo opera desde el exterior por medio de una palanca, esta cámara - esta rellena de aceite y tiene su respectivo medidor del nivel del aceite, orificio de relleno con tapón y orificio de vaciado con válvula y tapón; unidos sólidamente al terminal de cable y cámara del suiches está el transformador, relleno de aceite, que tiene los siguientes accesorios: aletas de ventilación, gancho para alzar solamente la tapa del tanque, ganchos para alzar toda la unidad de malla, orificio con tapón para la conexión de la prensa filtro para el relleno con aceite, válvula y tapón para el vaciado del tanque del transformador, medidor del nivel del aceite, termómetro, cambiador de taps, lla

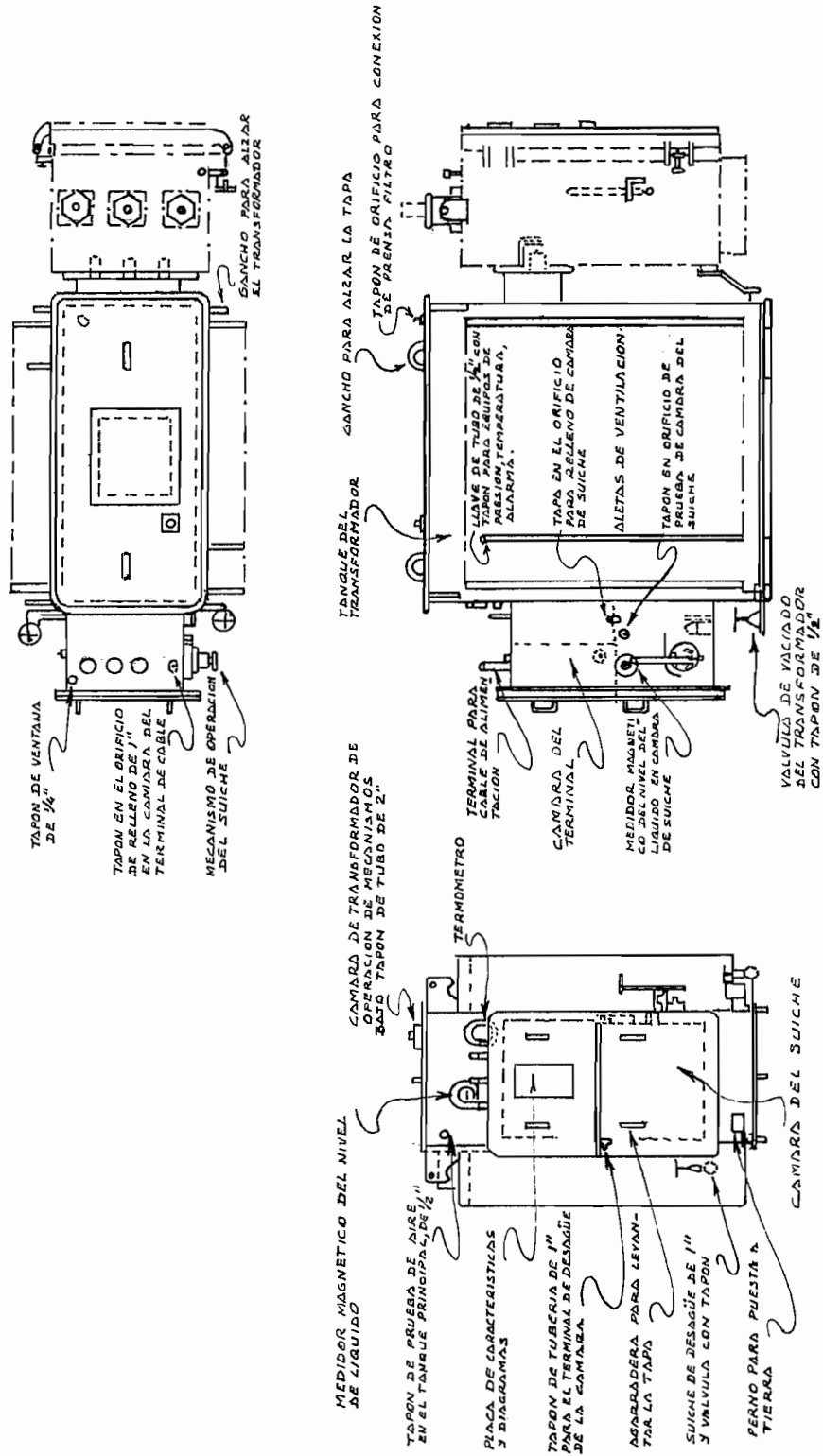


Figura 53

TRANSFORMADORES SUMERGIBLES PARA RED MALLADA RELLENOS EN ACEITE

ve de tubo de $\frac{1}{2}$ " con tapón, para instalar si se requiere, equipos de presión, temperatura y alarma. Por último sólidamente unido al transformador encontramos el protector de red, también herméticamente sellado. La gran desventaja de este equipo es el aspecto económico ya que son de un elevado costo para nuestro medio.

(b). Transformadores de tipo seco:

Los transformadores tipo seco son ideales para la instalación en el interior y ofrece muchas ventajas, sobre los transformadores rellenos de líquidos; estos pueden ser instalados en locales interiores, siempre que la cámara no tenga posibilidades de inundación o alta concentración de gases destructivos.

El asilamiento y el enfriamiento por recorrido natural del aire, hacen que estos equipos, sean seguros, ya que, no pueden estallar, no hay escape de gases tóxicos y los riesgos de fuego son poquísimos.

Son especialmente deseables, porque eliminan los riesgos principales de los transformadores rellenos de líquidos, en las instalaciones de hospitales, hoteles, teatros, escuelas y otras áreas de trabajo, donde grandes grupos de gente están presentes. En general se usan en los sitios donde hay limitaciones de espacio o en los que las regulaciones de seguridad prohíben el uso de los transformadores rellenos de líquido.

Los transformadores de este tipo son construidos por ejemplo por --

Westinghouse con las normas ASA C89, NEMA ST1-4 y ASA C-57-12. Un ejemplo de este tipo de transformadores consta en el fig. 54.

Normalmente estos transformadores se construyen con aislamiento de clase B, F y H, en los que las temperaturas son las siguientes:

Aislamiento	Temperat. ambiente	incremento máximo.	punto caliente	temperatura funcionam.
Clase B	40 C	80 C	110 C	100 C.
Clase F	" "	115 C	145 C	135 C.
Clase H	" "	150 C	180 C	170 C.

La clase H. es preferible debido a las ventajas en tamaño, peso y superior carga.

c.- Transformadores con relleno de Ineertin o de Askarel:

En toda su construcción y características este tipo de transformador es completamente igual a los transformadores con relleno de aceite; con la diferencia de que estos son con relleno de un líquido especial Ineertin o Askarel. La razón para la utilización de este tipo de transformadores es la siguiente:

El aceite por su constitución física es combustible y por lo tanto siempre existe el peligro potencia, de que se produzca un incendio una vez que fallare el tanque, como consecuencia de un cortocircuito interno. En cambio los líquidos mencionados anteriormente no son combustibles, y por lo tanto eliminan la posibilidad de fuego, pero no la posibilidad de una explosión en el tanque, por un cortocircuito inter-

ho, por lo tanto estos transformadores, tienen un sistema de protección automática de alivio de presión. Debemos anotar que las propiedades aislantes de estos líquidos, son tan buenas como las del aceite.

Un peligro que existe al utilizar transformadores con relleno de los líquidos aislantes mencionados, es que estos producen gases tóxicos, por lo cual para el mantenimiento se debe tener especial cuidado como el uso de mascarillas, al poner estos líquidos al contacto del aire.

H.- Equipos de protección en alta tensión:

De los muchos equipos de accionamiento y protección que hay para la instalación de la red de distribución subterránea, en alta tensión analizaremos varios:

a).- Cortacircuitos, tipo abierto, de accionamiento, unipolar o tripolar.

De estos cortacircuitos, como ejemplo, analizaremos los fabricados por la casa alemana AEG, con la denominación HHC, estos son de accionamiento tripolar.

Los cortacircuitos tienen la misión de interrumpir el paso de una corriente a un circuito, por fusión de un conductor fusible, al producirse en el circuito corriente de excesiva intensidad o de cortocircuito.

Los cortacircuitos que analizaremos están mostrados en la figs.

54, 55 y 56 y los cuadros de dimensiones #. 31, 32 y 33 son de gran capacidad y el fusible viene encerrado en una capsula extintora de material granulado.

Los fusibles son de cono doble, que, a merced al escalonamiento racional de sección, no se desintegra al mismo tiempo por toda la longitud, cuando aparecen los cortocircuitos. La tensión de ruptura queda así en todos los casos por debajo del doble del valor máximo de la tensión nominal y tampoco pasa de este valor, aunque la tensión de régimen llegue al valor máximo admisible de la tensión nominal (1.15 Un).

La sección mínima de los conductores fusibles, está determinada por el calentamiento admisible de los cortacircuitos y por la selectividad exigida. Los cortacircuitos deben ajustarse a la tensión de régimen y sus soportes a la de serie.

Muchas veces estos cortacircuitos se los construye combinándolos con desconectores de potencia o en carga.

Estructura y funcionamiento:

Los conductores fusibles van metidos en un tubo de porcelana, cuyos extremos, están tapados por casquetes de contacto y son de plata fina, que están arrollados en forma de espiral alrededor de un soporte cerámico y están recubiertos en toda su longitud, con arena de cuarzo de cierto tamaño de grano y de gran pureza.

Quando aparecen sobreintensidades, los fusibles se desintegran -

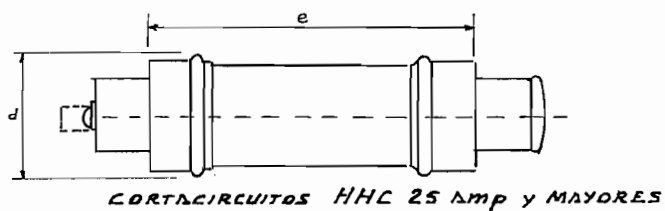
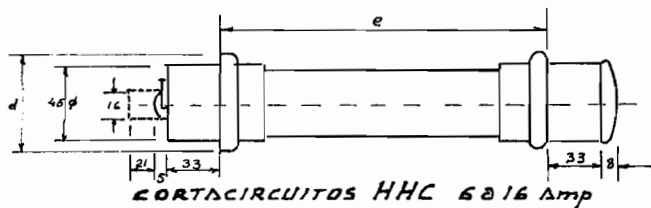


FIG 54

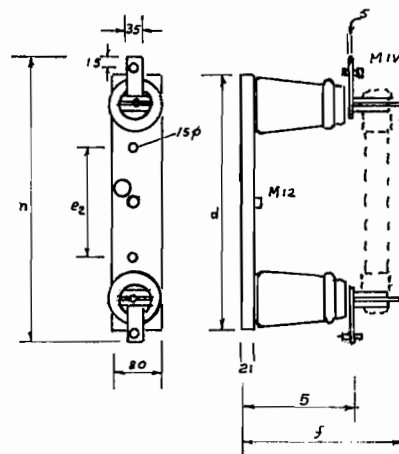


FIG 55

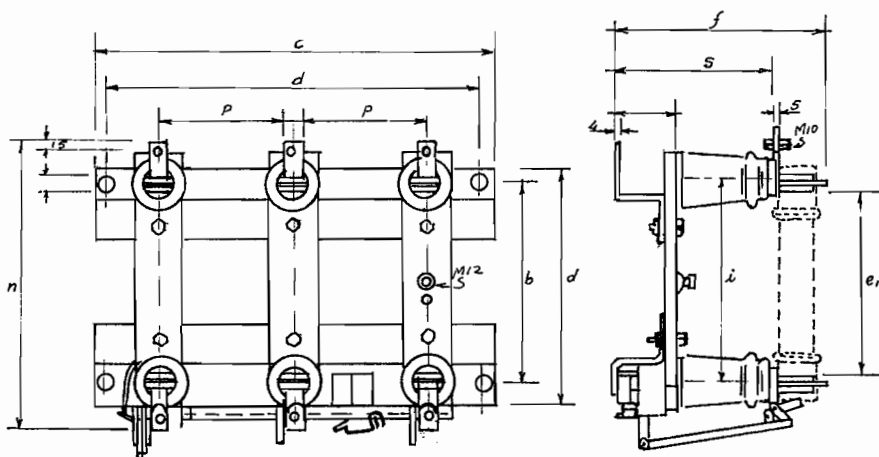


FIG 56

CUADRO # 31

Cortacircuitos dimensiones medidas en milim.

Tensión nominal KV.	Intensid. nominal A	I Nr.	d	c
6	6	2206 - 12808	56	292
	10	2206 - 12809	56	292
	16	2206 - 12810	56	292
	25	2206 - 12811	74	292
	40	2206 - 12828	85	292
	63	2206 - 21417	88	292
	100	2206 - 21405	88	292
	160	2206 - 21413	88	292
	200	2206 - 21414	88	292
10	16	2206 - 12842	56	292
	10	2206 - 12843	56	292
	16	2206 - 12844	56	292
	25	2206 - 12845	74	292
	40	2206 - 12846	85	292
	60	2206 - 12847	85	292
	100	2206 - 21307	88	292
	100	2206 - 12848	88	442
	160	2206 - 21415	88	442
200	2206 - 21316	88	442	
20	6	2206 - 12862	56	442
	10	2206 - 12863	56	442
	16	2206 - 12864	56	442
	25	2206 - 12865	74	442
	40	2206 - 12866	85	442
	63	2206 - 21409	88	442
	100	2206 - 21310	88	442
30	6	2206 - 12882	56	537
	10	2206 - 12883	56	537
	16	2206 - 12884	56	537
	25	2206 - 12885	74	537

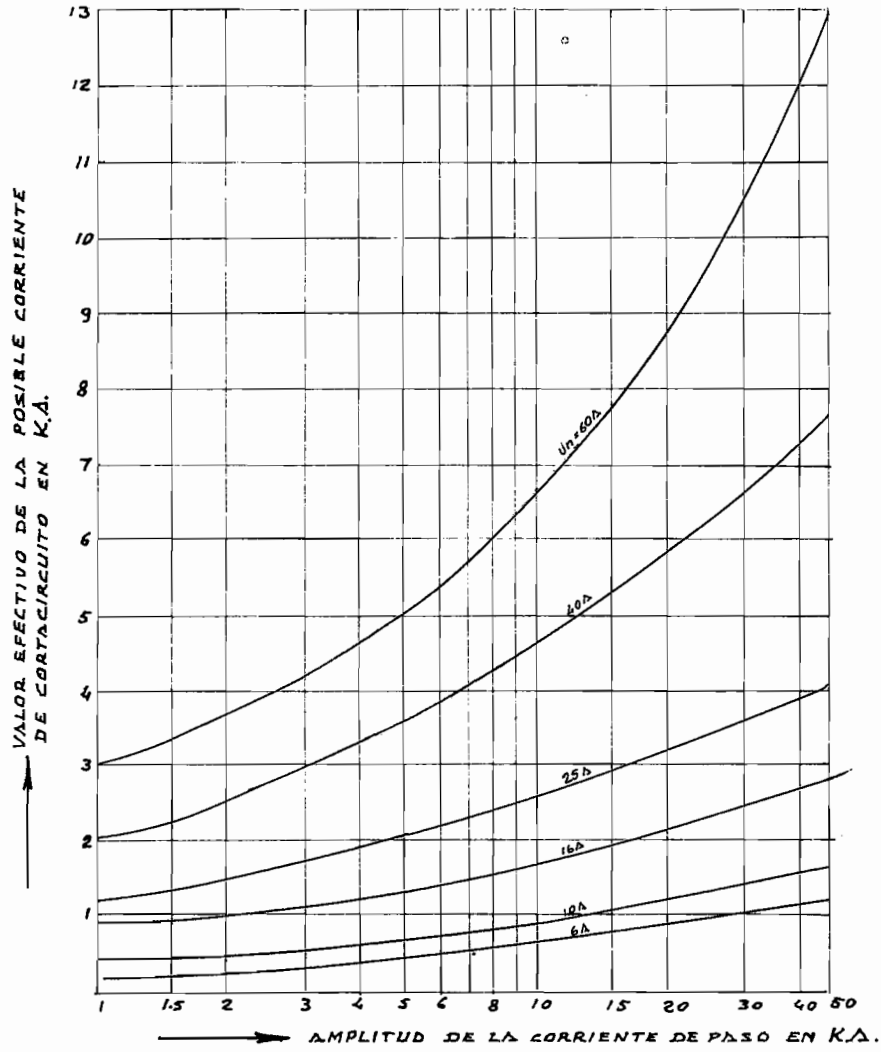
desde el centro hacia ambos extremos, hasta llegar a la longitud de arco eléctrico necesario para extinción por evaporación de una parte suficientemente grande del fusible.

La arena extingüida que rodea al arco eléctrico, enfría a este hasta tal punto, que la corriente queda reducida a cero. La corriente de cortacircuito son limitadas al valor existente en el momento de la desintegración del hilo fundente e interrumpidos ya en la subida del primer semiciclo de corriente.

Los fusibles tienen en paralelo un hilo de señal, alojado en el interior del soporte cerámico, que está unido a un dispositivo de desenganche. Si reacciona uno de los cortacircuitos del pivote percutor es empujado fuera de uno de los casquetes de contacto, que acciona mecánicamente un dispositivo de desenganche del seccionador tripolar.

Capacidad limitadora de corriente:

El valor máximo de la corriente que pasa por el cortacircuito, depende de la corriente nominal de éste y de la magnitud de la posible corriente de cortacircuito. En la fig. # 57, se puede ver para cada corriente nominal, la amplitud de la intensidad de paso, en la que el cortacircuitos limita una corriente de cortocircuito. En el diagrama se han registrado, en la abscisa, los valor efectivos de corriente de cortocircuito que, con el cortacircuitos puenteado, parecería en el lugar de instalación. A una corriente de cortocircuito, por ejemplo, -



CORRIENTE DE PASO EN FUNCION DE LA CORRIENTE DE RUPTURA

Fig 57

de 20 KA y con un cortacircuitos de 10 amperios, la intensidad de paso asciende solamente a 1.3 KA. Esta limitación de corriente garantiza una protección eficaz de los elementos de la instalación contra daños por solicitaciones térmicas y dinámicas.

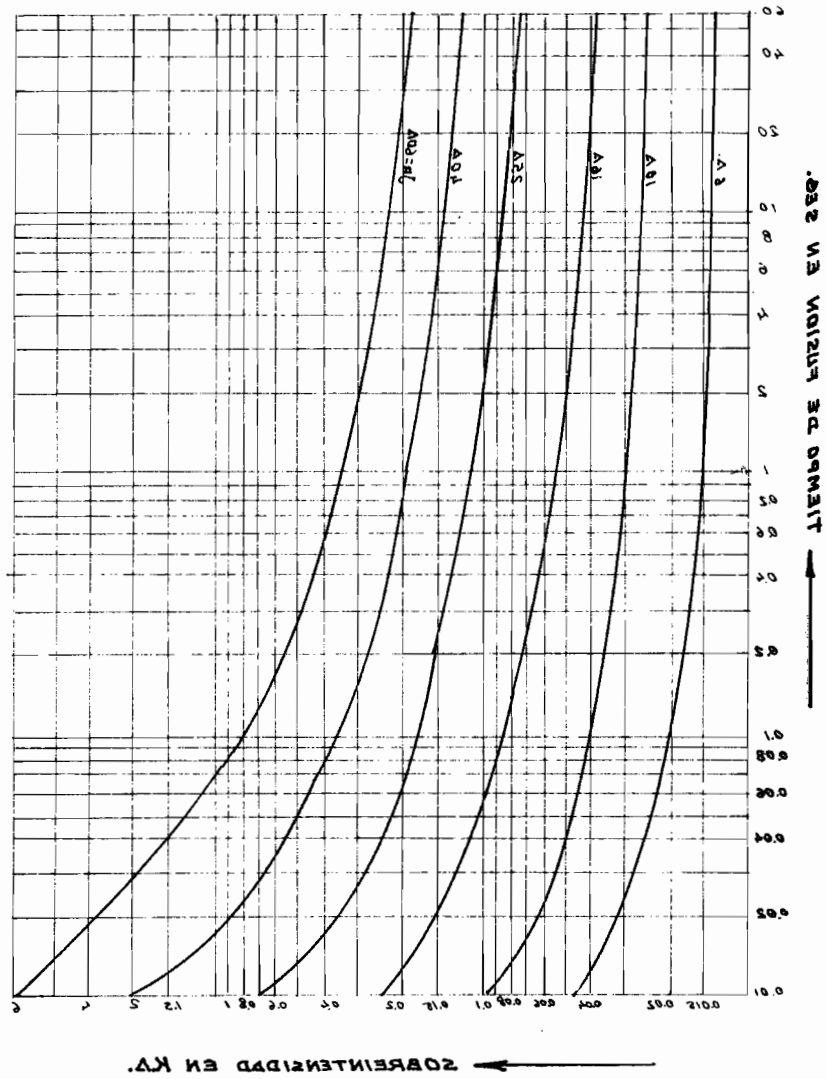
Las características representadas en la fig. 58 muestran la de -
pendencia entre los tiempos de fusión y los valores correspondientes
de la sobreintensidad, estando referidos aquellos a un estado inicial
frío. La corriente nominal de los cortacircuitos es más o menos el do
ble de la corriente nominal del transformador.

b).- Seccionadores cortacircuitos tripolares, tipo abierto.

Los desconectadores tripolares de cortacircuitos (fig. 59 y cua -
dro # 34, hacen el trabajo de desconectador y de cortacircuitos.

Los aisladores de apoyo, sujetos en un marco de acero perfilado
llevan las piezas de contacto que están equipadas con sujetadores y
arcos de retención para los cortacircuitos, y unidas por medio de dos
varillas aislantes paralelas. La vía de corriente se establece por los
cortacircuitos colocados.

Con accionamiento por barras de maniobra hay que emplear una pa -
lanca de enclavamiento, la cual evita que el desconectador se abra o
se cierre enadvertidamente. Este dispositivo de enclavamiento no es -
necesario cuando se emplea un accionamiento por palanca, ya que el mo
vimiento de esta sobrepasa el punto muerto y el desconectador queda -



CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTACTORES

Fig. 28

CUADRO # 34

Dimensiones de Figura # 59

Serie	Intensidad nominal de cortacircuitos A.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
		10	6 a 100	600 700	280 280	630 730	400 400	293 293	524 524	150 150	55 55	320 320	68 78	900 1000
20	6 a 100	750 850	350 350	790 890	570 570	443 443	714 714	190 190	67 67	470 470	76 81	1130 1230	110 110	611 611
30	6 a 25	1000 450 1040 665 532 899 250 67 565 76 1500 110 706.												

p	q	s	m
210	100	219	185
250	100	219	185
275	140	319	235
320	140	319	235
400	170	409	230

así bloqueado en sus posiciones extremas. Para fines de aviso o de desenganche, se necesita un interruptor auxiliar bipolar (contacto de apertura y de cierre), lo mismo que en el soporte tripolar de cortacircuitos, el cual es accionado por el dispositivo de desenganche de los cortacircuitos.

Si el caso lo requiere a los desconectadores de cortacircuitos, se incorpora un interruptor auxiliar mandado por el eje del desconectador, para la indicación de la posición de maniobra.

c).- Portafusibles seccionadores en caja de porcelana.

De los muchos tipos de portafusibles seccionadores en caja de porcelana que existen vamos a estudiar al que es fabricado por la casa - Line Material Industries, los cuales son construídos de acuerdo a las normas NEMA, para fusibles de alto voltaje, sección SC2-10.18-1.960 , La caja intercambiable con fusible o con seccionador de acuerdo a la función que se requiera.

Los seccionadores fusibles en caja de porcelana, son construídos para un rango de voltaje de 5.2 y 7.8 KV, ofrece una adecuada y económica protección, sobre un completo rango, desde una ligera sobrecarga hasta una alta corriente de falla. La caja de porcelana ofrece aislamiento, donde existe un estrecho espacio.

Hay equipos para corrientes de 50, 100 y 200 amperios continuos con 5.2 KV y 50 y 100 amperios a 7.8 KV, ellos pueden ser aplicados.

en sistemas, con voltaje nominales de hasta 7.620/ 13.200, con conductor puesto a tierra.

Tiene alta capacidad de interrupción, los rangos máximos de interrupción son 20.000, 15.000 y 8.000 amperios a 2.6, 5.2 y 7.8 KV, respectivamente.

La forma física y sus dimensiones las podemos ver en la fig. 60 y sus características en el cuadro 35.

Para completar el análisis de este tipo de equipos veremos las tiras fusibles.

Son construídas de acuerdo a las normas EEI-NEMA, del tipo universal de botón, tipo K, T, H, N, y C, de los cuales los más importantes son los K. T, y H.

Estos fusibles tipo K o T son construídos en un rango de 6 a 200 amperios, para portafusibles tipo abierto o cerrado de hasta 27 KV. Los rangos de corriente preferidos son 6, 10, 15, 25, 40, 100, 140 y 200 amperios.

Los fusibles tipo K, son de características rápidas y los de tipo T son de características lentas.

La capacidad de corriente continua del eslabón fusible K o T con normas EEI-NEMA, se indica en la tabla 36 (Para fusibles Line Material).

d).- Interruptores seccionadores de potencia.

Los interruptores que a continuación analizaremos son usados es-

C U A D R O # 35

Máxima designación del rango de voltaje en KV.	Rango de corriente en amperios.		Peso de embarque en libras	Catálogo números Esamble completo
	Continuas	RMS interrupción asimétrica		
		5.2 2.6		
7.8 Caja pequeña terminal para tamaño #.10 - sólido a #. 2 cableado. Norma EEI-NEMA - soporte tipo A.	50	2000	Tipo PVD función manual fuera al portafusible, quemarse el fusible	16 FE1B1
" "	50	2000	Tipo PND. función manual no cae fuera al quemarse el fusible.	16 FE1B2
" "	50	4000	Tipo PHV función lenta, cae fuera el portafusible al quemarse	16 FE1B3
" "	50	4000	Tipo PHD no cae fuerte el portafusible al quemarse	16 FE1B4
" "	100		Suiche de cuchilla indica desconexión al estar fuera	16 FE1B7
" "	100		No se indica la desconexión	16 FE1B8
7.8 Caja pequeña terminal para conductor tamaño #.8 sólido a #. 2/0 cableado	100	4000 5000	Tipo PIV Función lenta cae fuera el portafusible al quemarse	16 FE1D3

Norma BEEI-NEMA
soporte tipo A

"	"	100	4000	5000	Tipo PID fun	16	FEAID4
					ción lenta no		
"	"	200			cae suich de	16	FEAID7
					cuchilla indi		
					cando desconex		
					ión al estar -		
					fuera.		
"	"	200			no queda fuera	16	FEAID8
					la indicación-		
					al desconectar		
					se.		

Caja de cortocircuito

Portafusible (boquilla)

FEID50

"

"

"

"

"

FEAID50

"

"

"

FEIB51

FEIB52

FEIB53

FEIB54

FEIB57

FEIB58

FEAID53

FEAID54

FEAID57

FEAID58

CUADRO 36

Capacidad de corriente continua del eslabón fusible L-M
con normas BBI/NEMA, K o T .

Eslabón fusible estañado	Corriente continua
Range en amperios	Capacidad en amperios
6	9
8	12
10	15
12	18
15	23
20	30
25	38
30	45
40	60 x
50	75 x
65	95
80	120 xx
100	150 xx
140	190
200	250

x Solamente cuando se usa en portafusibles de 100 amp.

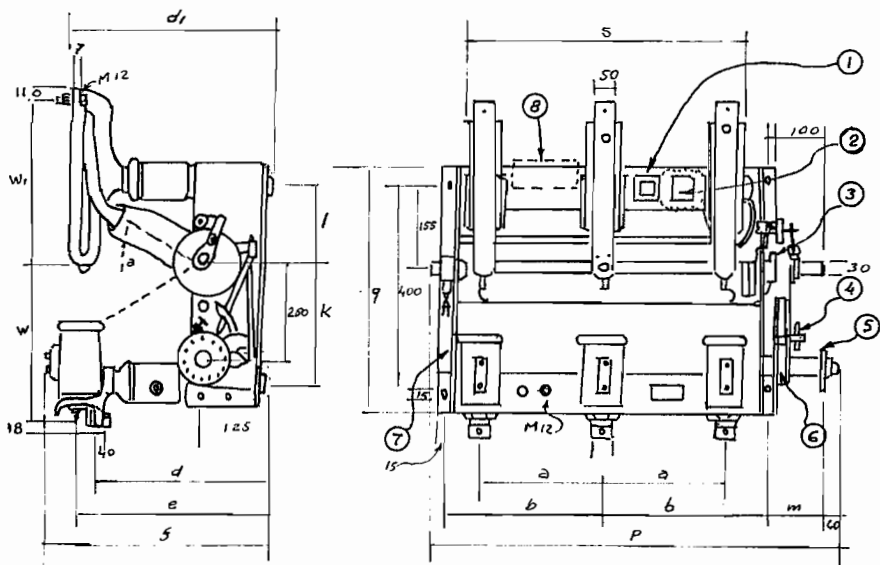
xx Solamente cuando se usa en portafusibles de 200 amp.

pecialmente, para la protección de transformadores de capacidad superior a los 200 KVA, en la instalación de cámaras de transformación para servicio de fábricas.

Los interruptores seccionadores de potencia de reducido volumen de aceite, son de reducidas dimensiones. A causa de sus recorridos de ruptura visibles, estos equipos corresponden a las prescripciones - VDE-0670, para intensidades nominales de corriente de 400 amperios y una capacidad de ruptura de 20 MVA. Sin embargo, se pueden emplear también en redes con valores superiores para las potencias de cortocircuito, siempre y cuando se utilicen fusibles de alta capacidad como protección de cortocircuito de la red. La magnitud de la potencia permitibles de cortocircuito de la red, con relación al interruptor seccionador de potencia, se determina en función de los fusibles utilizados. Los dispositivos de disparo de los fusibles actúan sobre la barra articulada del dispositivo de desenganche libre del interruptor, seccionador de potencia. Con ello se logra que al reaccionar un fusible queden desconectados todos los polos simultáneamente.

El interruptor seccionador de potencia de reducido volumen de aceite produce en sus cámaras de extinción el flujo de aceite necesario para la interrupción del arco, mediante la aplicación del comprobado principio del flujo transversal.

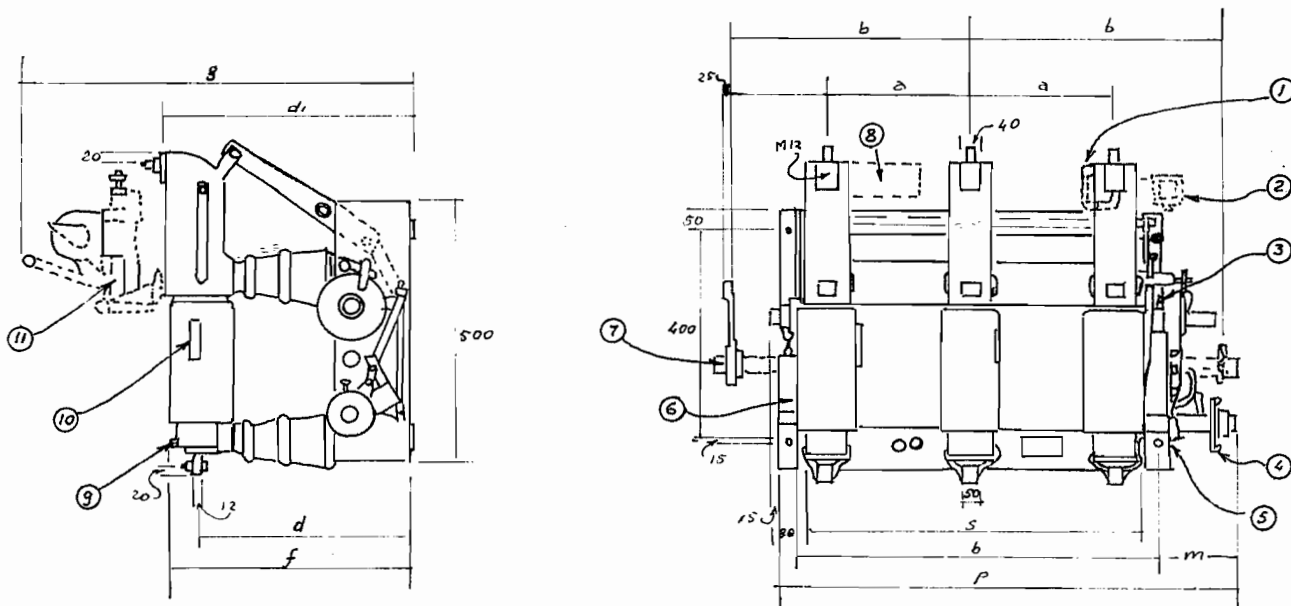
Para hacer una descripción de este equipo, tomaremos como ejem-



- ① BOBINA DE CORRIENTE DE TRABAJO
- ② BOBINA DE CORRIENTE DE REPOSO
- ③ DISPOSITIVO DE DESENGANCHE LIBRE
- ④ EJE ADICIONAL PARA SECCIONAMIENTO A IZQUIE
- ⑤ MANIVELA DE MANDO AJUSTABLE
- ⑥ DISPOSITIVO DE CONEXION RAPIDA CON ACUMULADOR DE FUERZA
- ⑦ AMORTIGUADOR DE ACEITE
- ⑧ INTERRUPTOR AUXILIAR

INTERRUPTOR-SECCIONADOR DE POTENCIA CON DISPOSITIVO DE CONEXION RAPIDA CON ACUMULADOR DE FUERZA

FIG 61



INTERRUPTOR HIDRODINAMICO

FIG 62

- ① DISPARADOR DE INTENSIDAD DE REPOSO
- ② DISPARADOR DE INTENSIDAD DE TRABAJO Y DE TRANSFORMADOR
- ③ LLAVE DE CONEXION
- ④ MANIVELA DE CONEXION AJUSTABLE
- ⑤ ACUMULADOR DE FUERZA DE CONEXION
- ⑥ AMORTIGUADOR DE ACEITE
- ⑦ EJE ADICIONAL PARA SECCIONAMIENTO POR LA IZQUIERDA
- ⑧ INTERRUPTOR AUXILIAR
- ⑨ PURGA DE ACEITE
- ⑩ INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE
- ⑪ DISPARADOR PRIMARIO

Los interruptores seccionadores de potencia, pueden ser accionados manualmente por medio de una p ertiga de conexión o bien un accionamiento de palanca. Para conexión a distancia se utiliza accionamientos incorporados por motor o por aire comprimido. Además de con el accionamiento, se puede efectuar la desconexión mediante bobinas de disparo. Después de efectuada la desconexión, el dispositivo de desenganche libre y la barra articulada de accionamiento correspondiente deben ser llevados otra vez a la posición de desconexión, por medio del correspondiente dispositivo de accionamiento, para poner el aparato en posición de listo para conectar. Los dos muelles de desconexión dispuestos en el cuerpo del interruptor seccionador de potencia son tensados durante el proceso de conexión y mantenidos en dicho estado por el dispositivo de desenganche rápido.

En el proceso de desconexión y una vez apagado el arco la velocidad de los pernos de contacto, queda disminuida fuertemente por medio del amortiguador de aceite, inmediatamente antes de que abandonen las cámaras de extinción, para que de esta forma el aceite pueda experimentar un calmado en el recorrido de ruptura. El aceite que pudiera adherirse a los pernos de contacto se elimina mediante un dispositivo rascador.

Para realizar un pedido de los equipos que estamos analizando se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Tipo y distancia media entre polos (mm), tensión de servicio en KV, intensidad de corriente de servicio (A); intensidad de corriente de choque (KA); disposición de fusible; tipo de accionamiento que se requiere, sea por palanca, aire comprimido o motor. Se deben además especificar los disparadores: bobina de corriente de trabajo, bobina de corriente de reposo, bobina por corriente de trabajo de transformador de intensidad.

e).- Interruptores hidrodinámicos:

Para el análisis de este tipo de interruptores también hemos tomado por ejemplo uno construido por AEG. Su construcción se ha realizado, según las normas DIN 43612 y las prescripciones VDE 0670 parte 1, para aparatos de mando de corriente alterna.

Se los utiliza para protección de primarios o feeders y se los monta en las subestaciones. Este tipo de interruptores se los indica en la Fig. 62. La construcción general se lo realiza así:

Un bastidor soldado de perfiles de acero soporta los polos del interruptor sejetados sobre montajes con las cámaras de extinción. Las espigas de contacto son accionados por medio de palancas por un eje común. El eje de conexión y el accionamiento están unidos entre sí, a través de un dispositivo de reconexión libre (llave de conexión).

Los interruptores hidrodinámicos, con poco contenido de aceite ~~se~~ producen ellos mismos, la corriente circulatoria del medio de ex-

·tinción por medio de la energía del arco voltáico.

De los varios tipos de interruptores hidrodinámicos tomaremos como ejemplo el de tipo G, que se indica en la fig. 62. Este interruptor para potencias disruptivas pequeñas tiene cámaras de extinción, en las cuales se aprovecha de diferencia de presión, entre el espacio a presión y el espacio sin presión de las cámaras de extinción, para producir una corriente circulatoria orientada transversalmente al eje del arco voltáico.

El interruptor que estamos describiendo es un modelo de pared. Normalmente se manobra por delante, con accionamiento en el lado de recho, Para el accionamiento en el lado izquierdo se necesita un segundo eje. El tipo de interruptor G, ya sea con accionamiento de motor o manual, está dotado de un acumulador de fuerza de conexión, que actúa como impulsor de conexión. Es posible también una posición preparatoria de puesta en marcha.

Los muelles de desconexión alojados en el bastidor del interruptor son tensados durante el proceso de conexión y sostenidos por la llave de conexión. El sistema de palanca de esta llave de conexión está elegido de forma que solamente se precisa una pequeña fuerza de disparo para poder desconectar mecánicamente o eléctricamente por medio de imanes de desconexión.

Los accionamientos pueden ser manual, por motor o por aire comprimido.

Los datos que se requiere para hacer un pedido de los interruptores hidrodinámicos son los siguientes:

Tipo; serie; tensión de servicio, ciclaje; potencia disruptiva a la tensión de servicio; corriente de servicio, tipo de accionamiento de palanca, neumático o a motor; disparadores; primarios de sobreintensidad; de corriente de trabajo; de intensidad de transformador monofásicos; de corriente de reposo; interruptores auxiliares.

De todos los equipos estudiados anteriormente, las diversas casas fabricantes que hay en el mundo los hacen similares, ya que el principio y características eléctricas principales no cambia, solo cambia en la calidad de los materiales y la forma externa del equipo.

Equipos de Protección en baja tensión:

De estos equipos de protección contra sobrecorrientes en el lado secundario de los transformadores o para protección de los circuitos secundarios de las redes de distribución secundaria, vamos a referirnos a dos tipos que pueden ser base para poder escoger otros similares. Estos tipos son cartuchos fusibles tipo NH (Europeas) y fusibles limitadores.

1.- Cartuchos fusibles tipo NH (Europeas)

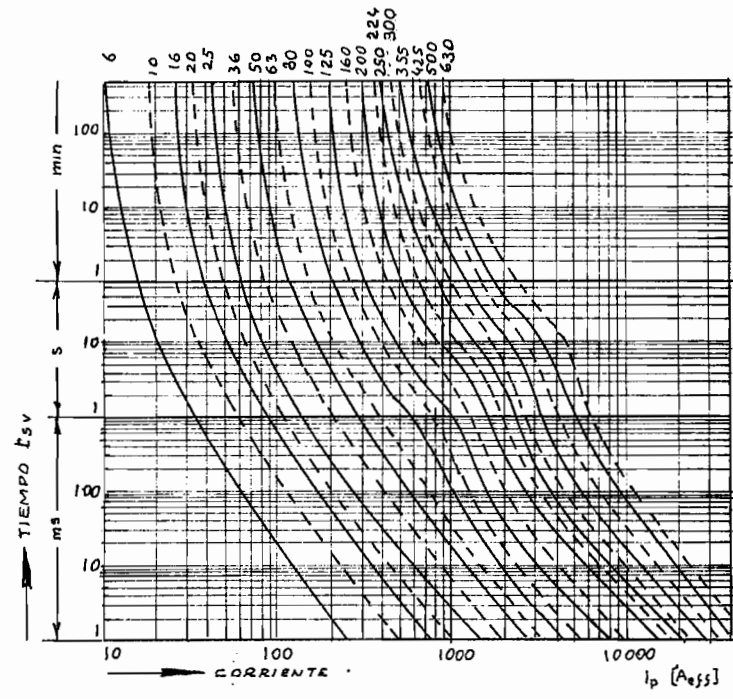
Los fusibles NH se los construye de acuerdo a la fig. 64 y con las dimensiones y características eléctricas que se indican en el cuadro 37.

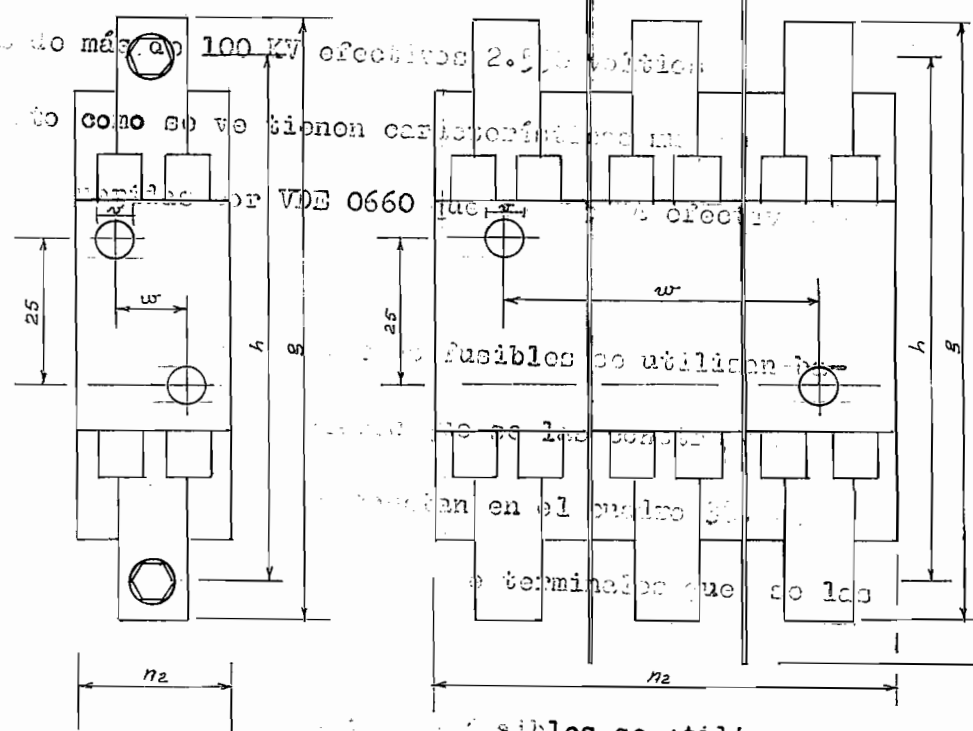
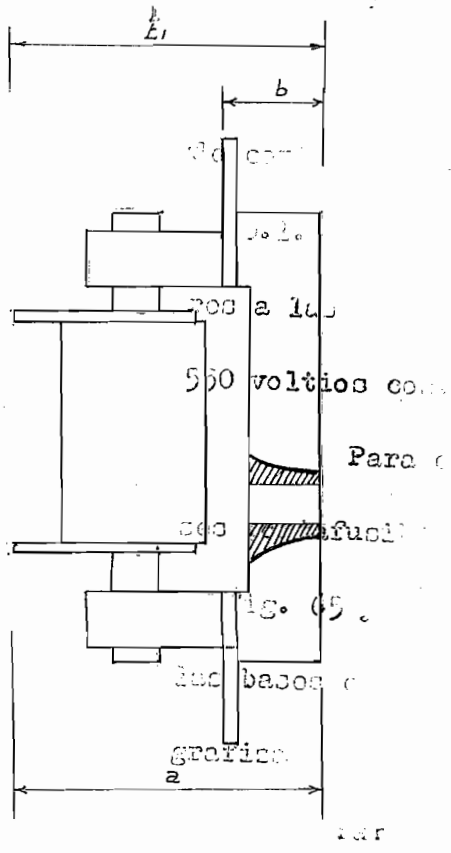
El fusible propiamente dicho queda encerrado en una cápsula de material refractorio que anula el arco y la explosión que se produce al quemarse el fusible. En la cápsula tienen un botón conectado al fusible, que se dispara al producirse la quemazón del fusible y por tanto indica el estado del cartucho fusible.

Son construidas según DIN 43620 y las tolerancias de tiempo acordadas por VDE 0660 para fusibles con acción retardada que se grafiza en la fig. de curvas características de corriente de tiempo.

De los fusibles que siguen estas normas trataremos de los BOGENS CHUTZ. Estos se contruyen de los tamaños 00-4 con corrientes desde 6 a 1.250 amperios, los cuales son confiables para el corte de corriente

CARACTERISTICAS CORRIENTE-TIEMPO DE LOS FUSIBLES NH
 FIG 63





BASES PORTAFUSIBLES

manilla constr

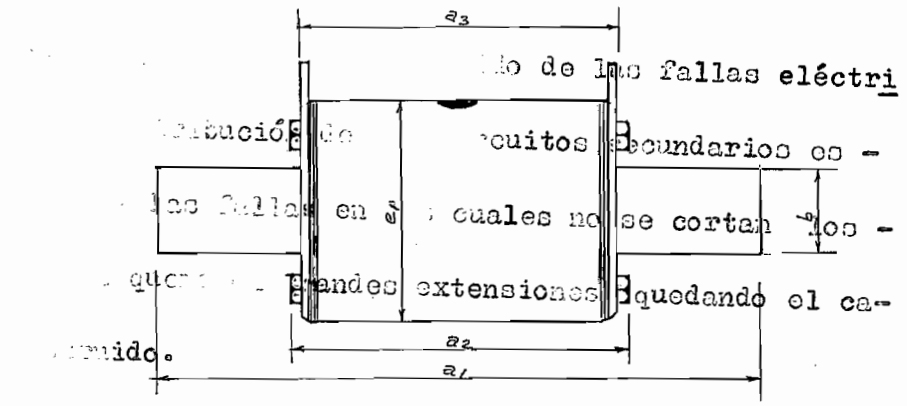
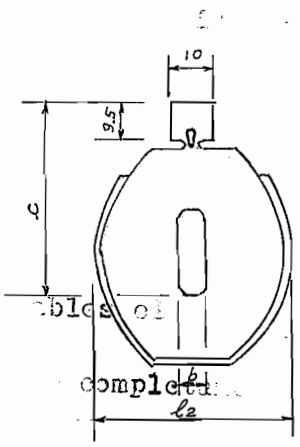
Fig. 65

sibles se utiliza una

platea

metálicas de zing

que se ve en la fig. 65.



CARTUCHOS FUSIBLES

Fig. 64

esamente diseñados para cog

corrientes cortoc

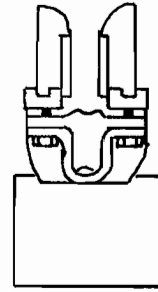
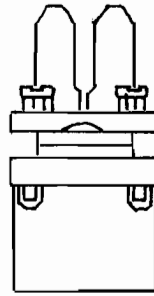
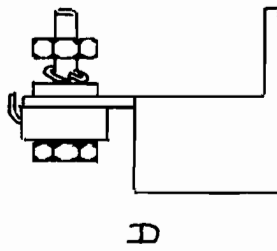
fundamento, aunque las caracterís

tics de tiempo corrient

sobrecarga eléctrica a la

no se dañado el

able pueden ser soportado por



TERMINALES DE BASES PORTAFUSIBLES
FIG 66

D.- TERMINAL TIPO DE PERNO CON ARANDELA PLANA Y ARANDELA DE PRESION PARA TAMAÑO 00 24

BK.- TERMINAL TIPO DE AJUSTE CON RANURA Y ARANDELAS DE PRESION PARA TAMAÑO 00 22

Bo.- TERMINAL TIPO DE CLAVIJA CON RANURA Y ARANDELA DE PRESION PARA TAMAÑO 00

MANILLA DE OPERACION DE CARTUCHOS-
-FUSIBLES
SEGUN DIN 43620

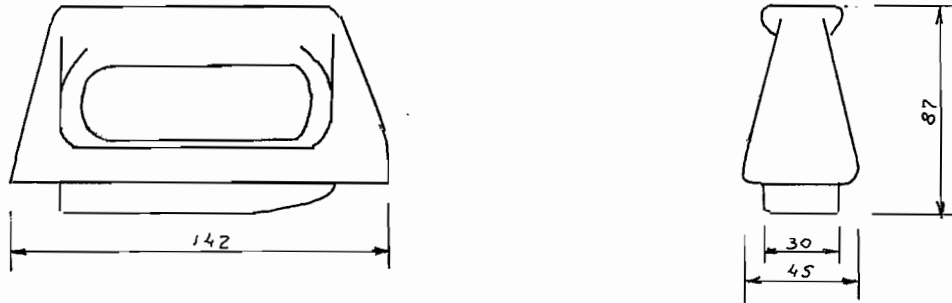


FIG 67

HECHO DE BAQUELITA CON PARTES SOLIDAS METALICAS DE ZINC PLATEADO

DESIGNACION STANDARD	TAMAÑO	Kg/pieza
N.H.H	00	0.14
N.H.H	0-4	0.27
DESIGNACION UNIVERSAL		
N.H.H	00-4	0.28

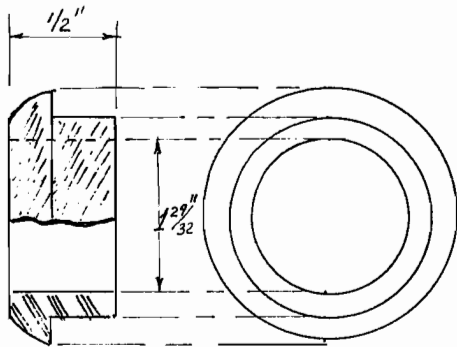
períodos largos de tiempo, en consecuencia el limitador es destinado a la protección del cortocircuito y nó meramente a despejar sobrecargas como un fusible ordinario.

El fusible limitador es básicamente una combinación de fusible y correcta de cable en una adecuada construcción para que la sección sea reducida. Esta sección reducida según las curvas corriente tiempo hace que el fusible se quemé e interrumpa la corriente de cortocircuito, antes de que el aislamiento del cable sea afectado por sobretemperatura. Desde las sobrecargas puestas son previstas se recomienda los fusibles limitadores reemplazables. El fusible propiamente dicho está encerrado en una cápsula de asbesto, que según las pruebas de temperatura restringen el arco que se produce al despejar la falla.

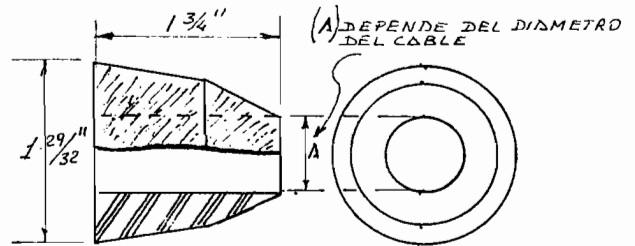
Además de la función específica indicada son; aprovechadas como partes integrantes de una unión de cables terminales o derivaciones de una manga multiconductora.

Para la instalación de los fusibles limitadores para la protección de los cables de los circuitos secundarios de una red de distribución se requiere de las siguientes elementos:

Mangas multiconductoras de cauchos aislante que tienen en su interior una barra de cobre a la que se puede conectar los fusibles limitadores, estas mangas son una por fase y tienen varios diseños que se los indica en la fig. 68. Si una de las salidas no se utiliza es nece-

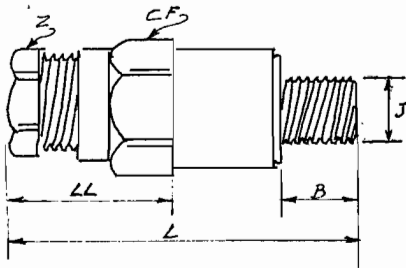


BUSHING DE SALIDA DE LA MANGA LIMITADORA
TIPO LYM-P3

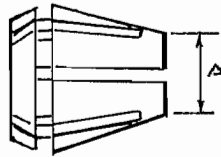


BUSHING TERMINAL DE LA MANGA LIMITADORA
TIPO LYS-P6

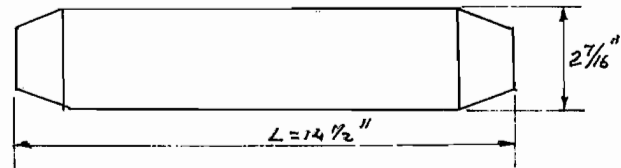
FIG 71



CASQUILLO Y TUERCA DE
ENSAMBLE
TIPO Z-NR



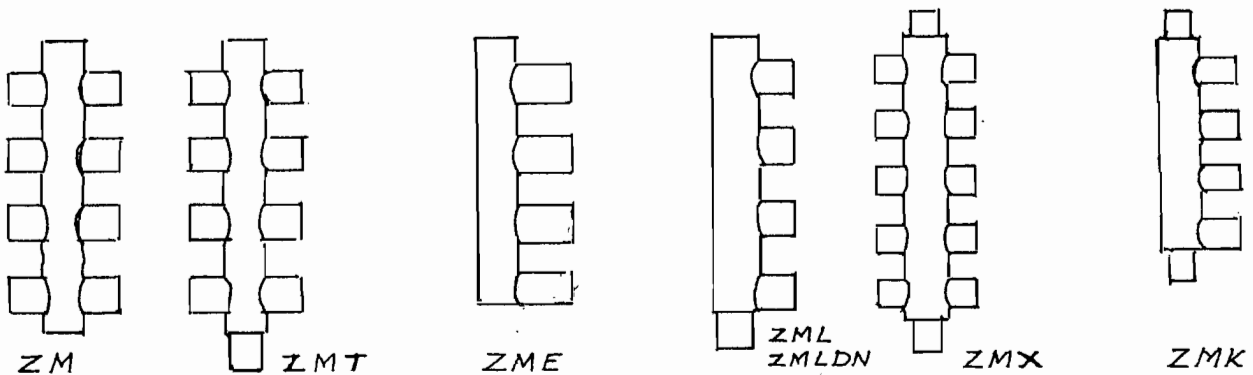
CONO DE COMPRESION
TIPO 2



MANGA LIMITADORA
CATALOGO N° LYS34 P2
(PESO APROXIMADO EN LIBRAS 1.2)

FIG 72

FIG 70



MANGAS MULTICONDUCTORAS

FIG 68

sario poner un tapón de caucho aislante.

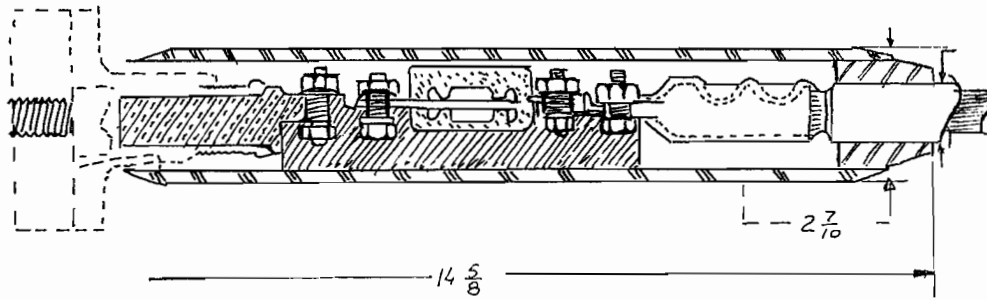
El fusible limitador que se indica en la fig. 69 está compuesto de una manga de caucho aislante de fig. 70 que recubre integralmente al fusible dándole una protección contra agentes externos y le provee de un adecuado aislamiento.

Como complemento de la indicada manga tiene más dos terminales de caucho que se utiliza en los extremos de la manga y cuya configuración se indica en el gráfico 71. El tipo LYM-P3 se usa en el extremo de la manga que se conecta al multiconductor y el tipo LYS-P6 se utiliza en el otro extremo de la manga o sea donde se conecta el cable que se quiere proteger.

Para la conexión del fusible limitador al multiconductor se utiliza el casquillo y tuerca de ensamble y el cono de compresión según fig. 72 y dimensiones que constan en el cuadro 39.

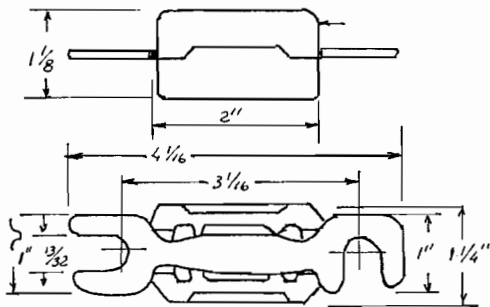
Otros elementos necesarios son el terminal de ajuste de fig. 73, este tendrá las dimensiones y características eléctricas de acuerdo al calibre del cable que se quiere proteger; el terminal de conexión al limitador y la base de asbesto que contienen los pernos de conexión y se indican en la fig. 74.

Por último tenermos el fusible propiamente dicho que está encerrado en la cápsula de asbesto como se indicó anteriormente y se ve en la fig. 75.



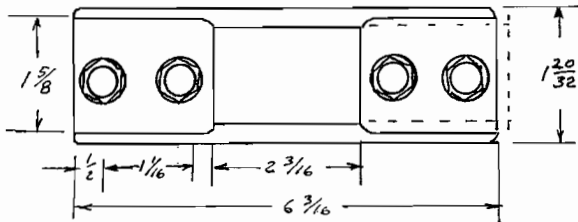
FUSIBLE LIMITADOR.

FIG 69



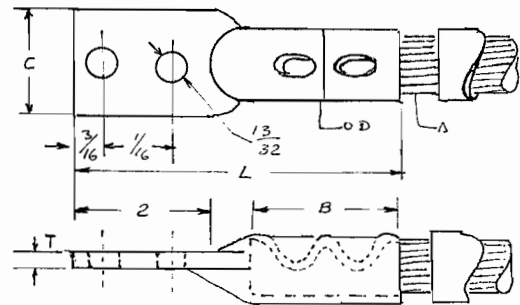
CARTUCHO FUSIBLE

FIG 75



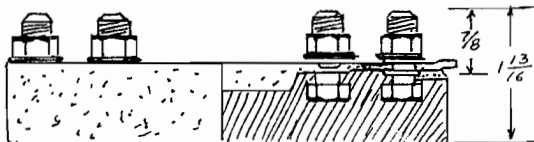
BASE LIMITADOR.

FIG 74



TERMINAL DE AJUSTE

FIG 73



Entre los equipos de sobrecorriente y cortocircuito de los circuitos de baja tensión de una red de distribución, encontramos otros de seccionamiento tripolar manual u automático, pero que no la trataremos por el elevado costo que éstos tienen en relación con los estudiados y además en los circuitos de baja tensión se da la protección al cable unipolar.

Conclusiones:

En el presente trabajo he tratado de estudiar todos los puntos necesarios para realizar un proyecto de redes eléctricas subterráneas de distribución. Muchos de los conceptos que se indican en esta tesis están ligadas al trabajo diario que realizo en la Empresa Eléctrica " Quito " S.A.

Para completar el estudio de este tipo de redes, faltaría analizar varios puntos más pero que harían este trabajo muy extenso y por esta razón no los he tratado, estos puntos son los siguientes: Análisis económico, Estudio comparativo técnico-económico con las redes aéreas, construcción, mantenimiento y operación, y, aspectos de seguridad e instrucción de personal.

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

CENTRALES Y REDES ELECTRICAS:	BUCHHOLD - HAPPOOLDT
REDES ELECTRICAS :	ZOPETTI
DISTRIBUTION SYSTEMS :	WESTINGHOUSE
COPIADOS DE TRANS.Y DISTRIB :	Ing. VICENTE JACOME
CATALOGOS DE AEG	MCGRAW EDISON POWER SYSTEME
CATALOGOS DE SIEMENS :	DIVISION
ACCESSORIES DIVISION :	BICC
CATALOGO DE WESTINGHOUSE INTERNACIONAL	
CATALOGO BURNDY.	

----- o -----