

TESIS DE GRADO

PRESENTE A LA OBTENCION DEL GRADO DE

INGENIERO ELECTROTECNICO

DE

GILBERTO FABARA TORRES



JULIO DE 1954

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

QUINDIO - ECUADOR

TESIS: CONVERSION DE LA ALIMENTADORA "SUR"
DE 4.16 K.V. A 13.8 K.V.

I.- GENERALIDADES

La Planta Eléctrica De Guayaquil

Sistema de Distribución Empleado.

Equipos - Protección

II.- CONVERSION DE LA ALIMENTADORA

La Alimentadora

Causas de la Conversión

Ramales nuevos de interconexión

Operación

III.- OPERACION EN "CALIENTE"

Equipo de protección del Liniero.

Normas de Seguridad

Prevensión de Accidentes

En caso de accidente . . .

I.- GENERALIDADES

1.- LA PLANTA ELECTRICA DE GUAYAQUIL.

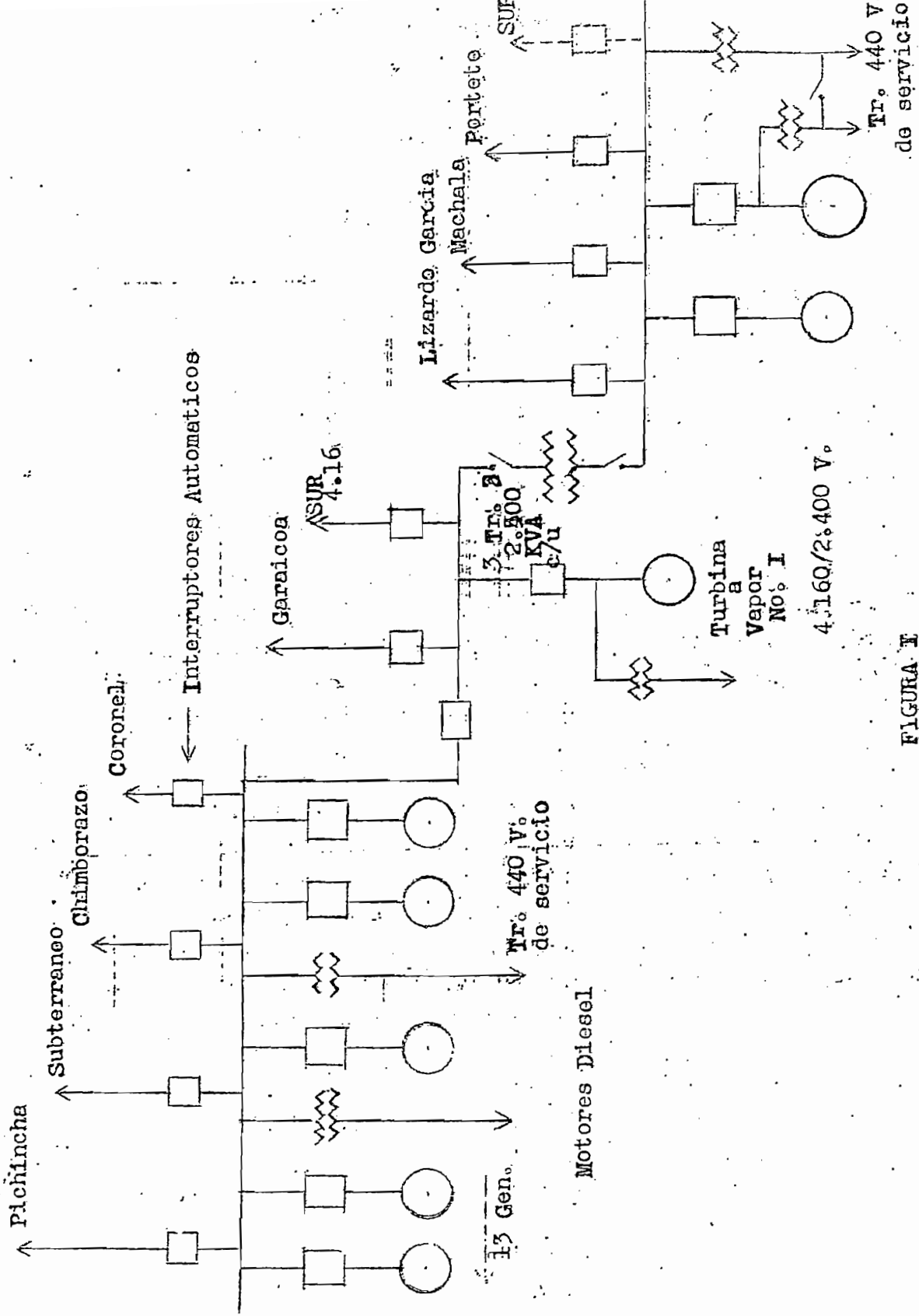
La planta eléctrica de Guayaquil está formada por dos grupos: la Planta Diesel y la Planta a Vapor, como aquí se las nomina, cada una en su propio edificio.

La Planta Diesel está formada por 13 alternadores de diferentes potencias sumadas las cuales llegan a 13.500 KW y están movidos por otros tantos motores Diesel de las correspondientes potencias y de diferentes velocidades.- Estos generadores entregan su corriente a una barra colectora común a 4.16 KV/2,400 KV.-60 cicl. a través de interruptor automático y cuadros de sincronización y control, c/u.

La Planta a Vapor consiste de 3 turbo-generadores a vapor, 2 de 5.000 KW y una, flamante de 10.000.-La turbina # 1 genera a 4.16 KV a su barra colectora conectada a la barra de la Planta Diesel, directamente a través de interruptor automático y cuadros de control y sincronización.- Las turbinas # 2 y 3 ya generan directamente a 13.8/7.62 KV a su barra colectora a través de interruptores automáticos, la cual está conectada a la barra de 4.16 de la Planta Diesel y la otra turbina a través de un banco de 3 transformadores trifásicos en paralelo 13.8/7.62/4.16.

Cada transformador tiene una capacidad nominal de 2,500 KVA con refrigeración ordinaria y están equipados con ventiladores para ventilación forzada de aire que aumenta su capacidad a 3,125 KVA, sin contar con un factor admisible de sobrecarga.

13.8/7.62/4.16 significa que están conectados en Y al lado del mayor voltaje y en delta al lado del menor, c/Tr.- Bien podrían estar conectados en Y Y de acuerdo a las conexiones de los generadores de cada lado, pero se aprovecha la ventaja de tener la

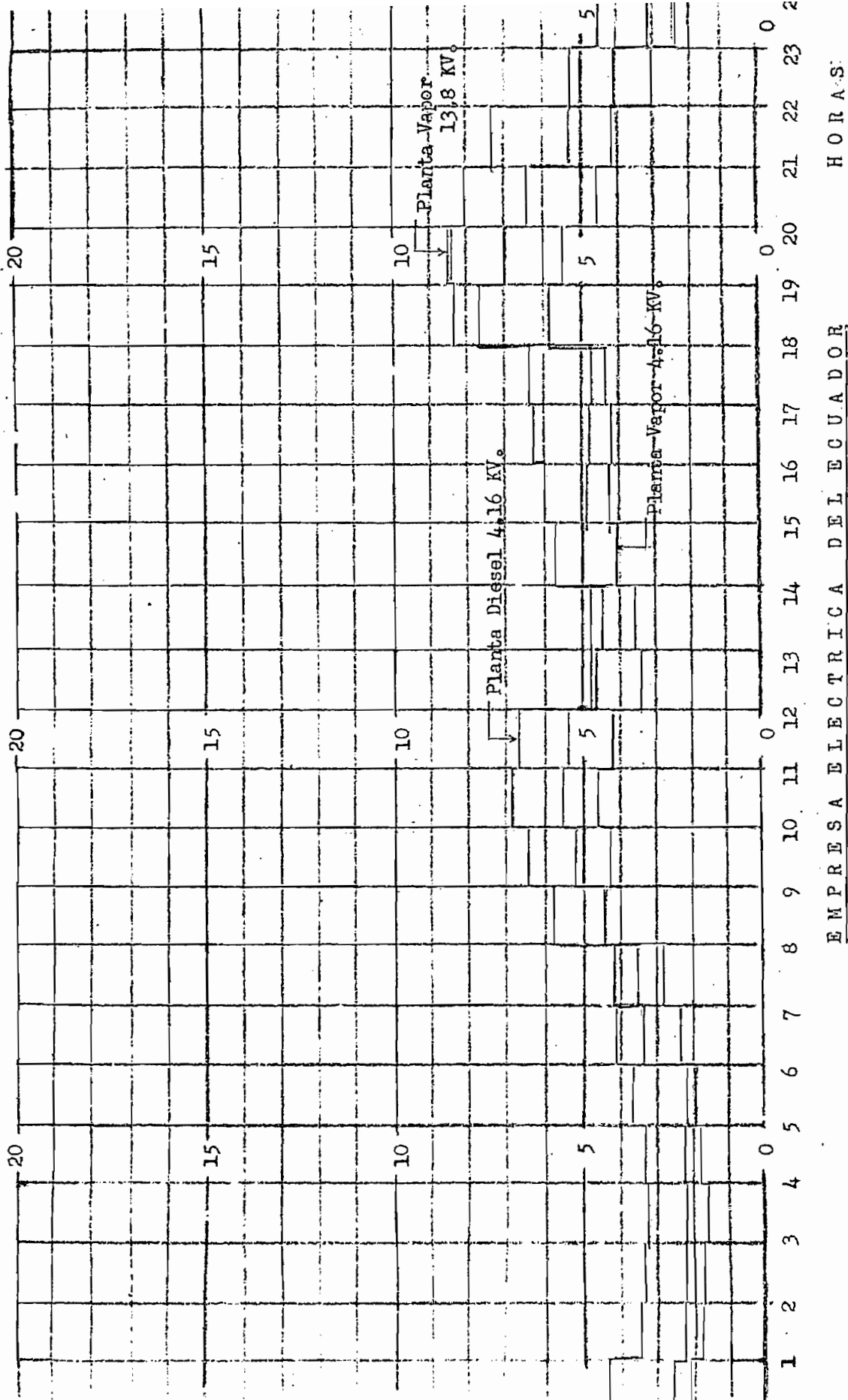


Y que determina la división de corriente entre las fases independientemente de los valores de la impedancia de cada fase que varía con la temperatura debida a la carga.- Tampoco hay el peligro de excesivas corrientes de circulación en el delta por desbalanceamiento de fases por cuanto estas corrientes no pueden ser reproducidas en la Y y las corrientes de magnetización por este motivo vienen a ser muy pequeñas.- En cambio la presencia de la delta elimina las dificultades del extravoltaje debido a la tercera armónica, asociadas con la conexión Y.- El punto neutro de la Y está solidamente conectado a tierra.- Estos tres transformadores están seccionados por interruptores en cuchillas para poner fuera de servicio para reparación o mantenimiento a cualquiera de ellos.

Entonces en resumen tenemos dos barras colectoras una de... 4.16 KV y otra de 13.8 KV, que a través de una barra de transformadores forman una sola.- De estas barras colectoras arrancan directamente al exterior las alimentadoras desde sus celdas a través de interruptores automáticos y cuadros de medida.

Cómo se ve en el diagrama No. 1 cada alimentadora de 4.16 arranca la Planta Diesel, en tanto que de la Planta a Vapor arranca dos de 4.16 y tres de 13.8, a cuyo lado se ubicará la celda de la nueva alimentadora " Sur " de 13.8.- Actualmente la turbina # 3 de 10.000 KW actúa como base ayudada por una turbina chica de 5.000 con la Planta Diesel cubriendo los picos.- Hay que tener potencia lista de reserva para cubrir la carga instantánea en caso de que cualquier máquina se desconecte.

En la presente curva diaria de carga vemos que si por ejemplo a las 03 horas la Planta a Vapor No. 3 se sale de línea por cualquier falla la suma total en ese momento es igual a 7.8 KW que serían cubiertas por 5 KW de la Planta a Vapor 4.16 más 2.200 KW de la Planta Diesel.



EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR

CURVA DIARIA DE CARGA

Día: Jueves - Fecha: Dic. 18/58 - HORA MAX : 22.070 KW. - Gen. Bruto 339.670 KWH

PROJECTED FROM
TEN-YEAR FORECAST

ACTUAL RECORDED
DEMANDS

TABLE 1

GUAYAQUIL DISTRIBUTION SYSTEM

SUMMARY OF MAXIMUM DEMAND AND GENERATING CAPACITY

<u>YEAR</u>	<u>MAXIMUM DEMAND</u> <u>KW</u>	<u>% INCREASE</u>	<u>GENERAL</u> <u>CAPACITY</u> <u>KW</u>	<u>ADDITION O</u> <u>NEW GENERATION</u>	<u>ANNUAL LOAD FACTOR</u>	
					<u>1953</u>	<u>1967</u>
<u>15 YEARS - 1953 - 1967</u>						
			<u>50.9%</u>	<u>57%</u>		
1953	13,540	11.9	15,500	-		
1954	16,350	20.6	19,000	No. 1 Turbo - 550		
1955	18,400	12.5	19,000	-		
1956	19,950	8.4	19,000	-		
1957	23,290	16.7	24,500	No. 2 Turbo - 550		
1958	24,420	4.9	24,275	No. 3 Diesel - (225)		
1959	26,860	10.0	36,275	No. 3 Turbo - 12,000		
1960	29,550	10.0	36,275	-		
1961	32,950	11.5	54,275	No. 4 Turbo - 18,000		
1962	36,250	10.0	54,275	-		
1963	39,870	10.0	54,275	-		
1964	43,860	10.0	54,275	-		
1965	48,250	10.0	78,275	No. 5 Turbo - 24,000		
1966	53,080	10.0	78,275	-		
1967	58,400	10.0	78,275	-		

(x)

Indicates a decrease in value
Present planning projects this as Hydro Unit No. 1

2.- SISTEMA DE DISTRIBUCION EMPLEADO POR LA EMPRESA ELECTRICA DE GUAYAQUIL.

El sistema de distribucion empleado por la Empresa Electrica de Guayaquil es un caso tipico de distribucion americana, sumamente sencilla.

Consiste de varios feeders o alimentadoras radiales que parten desde su interruptor automatico en la central o planta, bancos de transformadores, circuitos secundarios independientes, unitarios, radiales, y finalmente las acometidas, una para cada cliente hasta su medidor.

10.) Sistema primario: radial en Y con neutro - voltajes - interconexiones.

Guayaquil está cruzado por 9 feeders o alimentadoras, radiales en Y con neutro a tierra.- Son radiales estas alimentadoras por cuanto a partir de su interruptor automatico o recloser en la planta, siguen solas, abriéndose en ramales o sub-ramales, sin interconectarse en ningun punto con alguna otra alimentadora.

El sistema es actualmente trifasico, sistema casi totalmente generalizado por sus multiples ventajas, entre las cuales podemos principalmente apuntar dos:

Un sistema trifasico requiere las $3/4$ partes del cobre, en peso, que requeriria un sistema monofasico o bifasico para transmitir una potencia dada, lo cual marca un notable ahorro en cobre.

La otra gran ventaja del sistema trifasico es que permite el uso de motores trifasicos cuyo funcionamiento es mas satisfactorio y economico que el de motores monofasicos o bifasicos.- Esta razon es mas importante que la primera.

Es un sistema trifasico en Y y por lo tanto lleva un cuarto hilo el cual se encuentra conectado en tierra en muchos puntos como en todas las partes metálicas y por barras de cobre en los postes de concreto.- Todas las estructuras especiales

...como bancos de transformadores switches de aire, pararrayo etc. tienen conexión propia a tierra por intermedio de alambre desnudo de cobre No. 6 y barra a tierra.- Lo mismo el cable subterráneo tiene su funda de plomo unida al neutro común y éste yace directamente en tierra.

A las 9 alimentadores de Guayaquil los podemos dividir en dos grupos según el voltaje:

de 4.160/2.400

de 13.800/7.620

Pichincha

Lizardo García

Subterráneo

Machala

Chimborazo

Portete

Coronel

Garaicoa

Sur

La alimentadora Pichincha consta de tres líneas y un neutro No. 4/0 de cobre y está dividido en dos secciones: aérea y subterránea.- Parte de la planta en línea aérea abierta para luego internarse en cable subterráneo "Pilca" hacia el centro de la ciudad.- Pero esta alimentadora es considerada equivalente a una línea aérea por cuanto la mayor parte de su carga se encuentra conectada en la sección aérea.- La corriente de esta alimentadora ha sido fijada en 440 Amperios con 3.3 MVA al voltaje normal.- Sobre esta corriente, el interruptor automático en la planta se abre.

La alimentadora Pichincha parte de las barras colectoras de la Planta Diesel, a través de un interruptor automático en su respectiva celda y corre en línea aérea por la calle Eloy Alfaro hacia el norte alimentando el sector industrial y comercial, astilleros y muelles de la orilla del río.- En Pichincha y 10 de Agosto se interna a través de un interruptor de aceite de 400 Amperios y pothead desconectable y continúa en cable subterráneo "Pilca" por la calle Pichincha y Malecón alimentando los edificios comerciales.- Vuelve a ser aérea en V.M.Rendon y muere en Juan Montalvo.- Como puede verse en el plano adjunto, esta alimentadora tiene muchos puntos de contacto con las otras ali-

DAILY FEEDER LOAD CHARACTERISTICS - 1957

MAXIMUM DAY DECEMBER 30, 1957

December 30, 1957

Night 7:00 PM

<u>FEEDERS</u>	<u>KW</u>	<u>AMPS</u>	<u>KVA</u>	<u>% PF</u>
Pichincha	2600	410	3050	85.0
Subterraneo	1600	245	1810	88.3
CHimborazo	1530	233	1730	88.5
Coronel	2720	3.3	2780	98.0
Garaicoa	3200	440	3300	96.8
Sur	4200	640	4800	87.5
San Eduardo	3850	173	4180	92.2
Machala	3220	143	3450	93.6
	22920		25100	91.1 Average
			<u>December 30, 1957</u>	
			<u>Day 11:00 AM</u>	
Pichincha	2500	400	2930	85.5
Subterraneo	1400	232	1700	82.5
CHimborazo	1280	222	1620	29.0
Coronel	2040	310	2270	89.5
Garaicoa	1600	250	1830	87.5
Sur	3250	540	3950	82.5
San Eduardo	1600	92	2220	72.0
Machala	1950	96	2310	84.5
	15620		18830	82.8% Average

mentadora tomá muchos puntos de contacto con las otras alimentadoras por medio de interruptor de aceite que normalmente operan abiertos pero que permiten interconexiones en caso de emergencia.- Esta alimentadora se encuentra actualmente soportando parte de la carga del cable "Subterráneo" que está bastante viejo y origina continuas interrupciones.

La alimentadora "Subterránea o Cable Subterráneo" es una línea 100 % subterránea con cable 4/0 de avanzada edad por la que su capacidad ha sido limitada a 240 Amperios y 1.8 MVA.- Algunos tramos en este cable ha sido renovado con cable de sección 250 MCM y está en programa renovarlo por completo para aumentar su capacidad.- Esta alimentadora corre a lo largo de la calle Eloy Alfaro y luego por Pedro Carbo alimentando los edificios comerciales en esta calle.- Alimentando los muelles de la Aduana y termina en la Cervecería.

Cada tramo de 3 o 4 cuadras aparece al exterior en los kioscos que sirven para seccionar la línea, para interconexiones, para tomas de bancos de transformadores ó para arranques a los transformadores de los edificios.- Las tomas de los edificios también se las hace de cajas subterráneas de 3 y 4 vías.

La alimentadora Chimborazo es una combinación de línea aérea y subterránea.- La línea aérea de 300 MCM de sección combinado con el cable subterráneo de 250 MCM limitan su capacidad a 270 Amperios y 2.0 MVA.- Corre aérea por Coronel y se interna subterránea por Chimborazo ; alimenta también el sector céntrico comercial de la urbe, sube al cerro Santa Ana y alimenta eventualmente a la Cervecería Nacional.

La alimentadora Coronel, es también una combinación de línea aérea y cable subterráneo de 4/0 de sección los dos, su capacidad ha sido determinado a 350 Amperios y 2.5 MVA, pero ahora se la carga solamente con el 75 % de esta fijación hasta cambiar el cable subterráneo con uno de 350 MCM que está en proyecto y parte en realización.- También alimenta el sector céntrico de la ciudad, corre por Boyaca y se bifurca por P.

Ycaza y V.M.Rendon.

La alimentadora Garaycoa, es totalmente aérea con 4/0 de sección y su capacidad ha sido fijada en 440 Amperios, 3.3 MVA a voltaje normal.- Corre por "Santa Elena" y alimenta todo el sector de mercados, comercio chico, pequeñas industrias, etc. existentes en esta importante arteria de la vida de Guayaquil.

Como se puede ver, hay gran densidad de líneas primarias de alimentación en el sector central de la ciudad, con puntos múltiples de interconexión que permiten dar un servicio eficiente a los clientes.- Ninguna falla en cualquier punto de un cable subterráneo produce una interrupción mayor que el tiempo necesario para operar switches; siempre hay otro lado por donde alimentar.

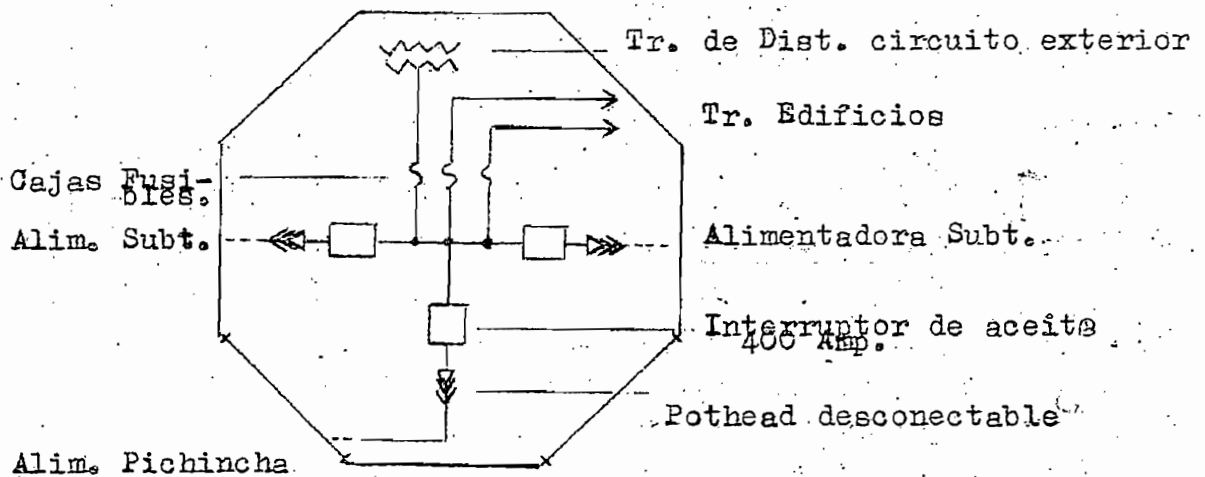


Fig No. 3

Esquema típico de un kiosco de interconexión de dos alimentadoras y alimentación a bancos de transformadores de edificios.

La última alimentadora de 4.16 KV y motivo de esta tesis es la alimentadora "Sur", de doble circuito de cable 4/0, 100 % aéreo sin limitaciones de cable subterráneo.- La capacidad máxima ha sido establecida en 600 Amperios y 4.5 MVA.- Como se puede ver, es la alimentadora de mayor capacidad y la más extensa.- En la parte correspondiente a la conversión de esta ali-

mentadora se tratará y analizará los detalles mas importantes de esta alimentadora.- En el plano I podemos ver el esquema de la alimentadora, con todos sus puntos de seccionamiento e interconexion.

Las tres alimentadoras de 13.8 KV: Lizardo Garcia, Machala y Portete son todas 100 % aéreas.- Lizardo Garcia y Machala consisten de cable 4/0 de Cobre en tanto que la alimentadora Portete, inaugurada a mediados de 1.958, consiste de cable de Aluminio ASCR de 336.4 MCM equivalente a 4 % de Cobre, por lo tanto las tres son de igual capacidad.- A pesar de ser las tres alimentadoras 100 % aéreas, están limitadas por la salida de la Planta a partir del recloser, en cable subterráneo de 350 MCM de seccion, que limita la capacidad de estas alimentadoras a 350 Amperios y 8.4 MVA. Sin embargo se ha dado otra limitación mas baja a estas alimentadoras: 5.0 MVA, desde el punto de vista de la efectividad del servicio, pues la interrupción de una alimentadora afectaría a una aérea demasiado grande.

Como se puede ver en el plano 2 y 3b estas alimentadoras de 13.8 KV sirven el lado oeste y nor-oeste de Guayaquil.- "Portete" va hasta San Eduardo a la fábrica de cemento, Lizardo Garcia va a Urdesa, Miraflores y sigue largo por el carretero a Daule hasta el Kilometro 7 1/2 y por el carretero a la costa hasta el Kilometro 6, con miras de llegar algún día a Daule y a Salinas.- Machala va hacia la Atarazana a alimentar al aeropuerto y gran cantidad de fábricas grandes existentes en ese sector; en el Cuartel Modelo se interna subterránea a travez de un "Step down" 13.8/4.16 KV y va a servir a All American Cable en los Tres Cerros. - Idem en Julian Coronel, para alimentar a L.B.A.

Estas alimentadoras, como las de 4.16 KV, tienen también multiples puntos de seccionamiento e interconexion.

Para la conexion y seccionamiento de los propios feeders se utiliza interruptores de aire, tipo de cuernos que

permiten la operación con carga, en tanto que para los ramales y subramales se utilizan cutouts, con fusibles según la carga del ramal, que desde luego, también permite operar con carga. - En algunos casos cuando el ramal tiene bastante carga o es de mucha importancia se prefiere que se abra la alimentadora en la central para lo cual se elimina el fusible en el cutouts colocando en su lugar una barra sólida de cobre. - En este caso el cutout opera como switch mas no como caja fusible.

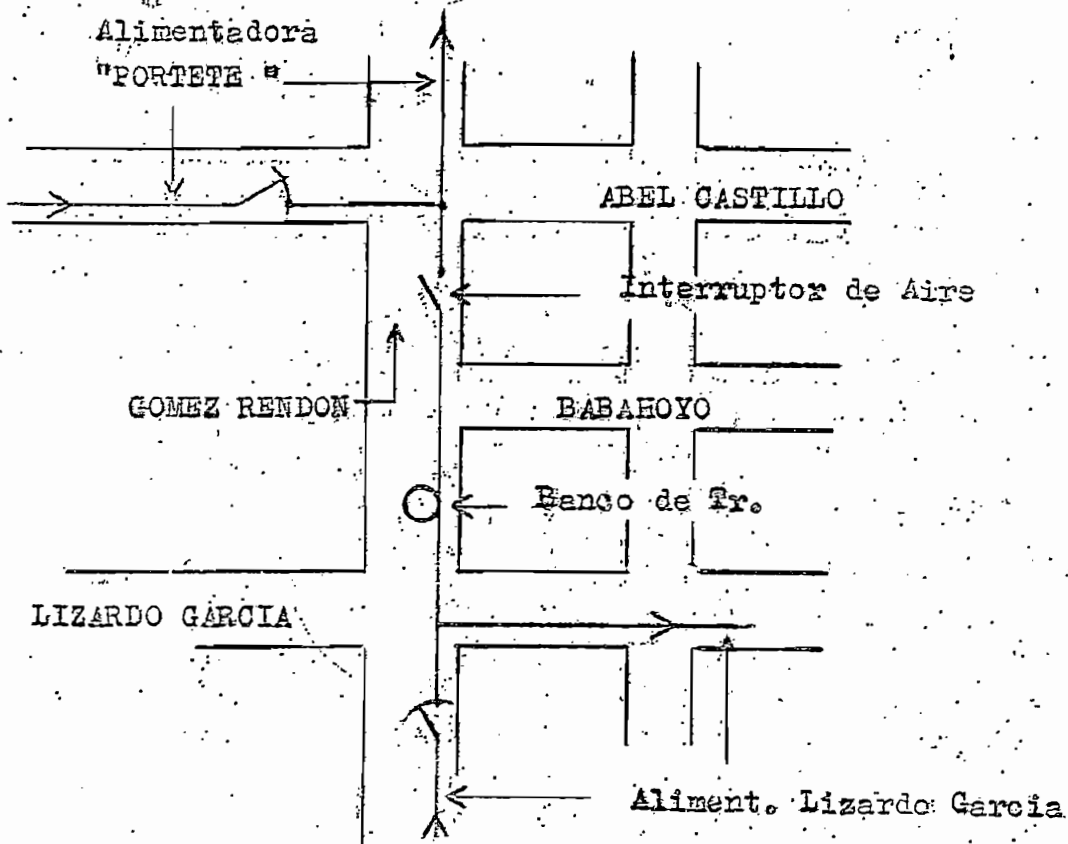


Fig. No. 4

Diagrama típico de un sistema de interconexiones en las alimentadoras de 13.8 KV

29) Sistema Secundario: Circuitos Independientes.- Voltajes.-

El siguiente diagrama promedio de muchas Compañías de los Estados Unidos muestra como el sistema de distribución secundaria es el que mayor inversión requiere en una compañía de luz y fuerza que viene a ser por lo tanto uno de los gastos mas importantes del sistema.- I podríamos decir que realmente es el sistema secundario de distribución el verdadero regular de voltaje e inmediato servidor del consumidor.

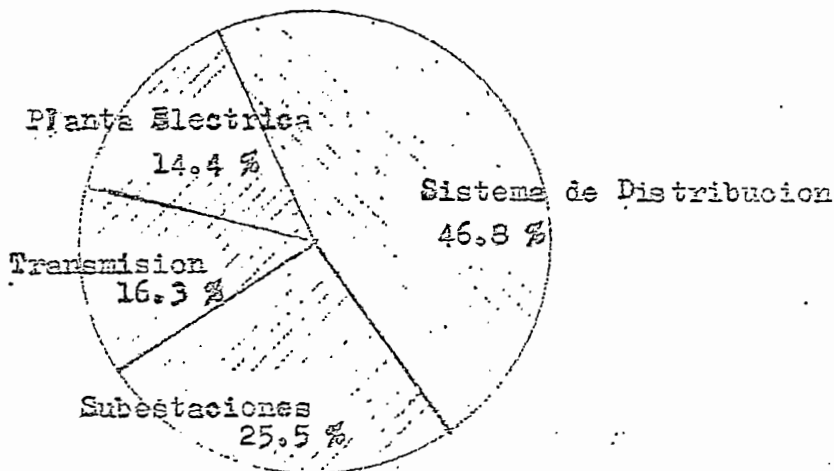


Fig. No. 5

La E.E.E. ha optado por uno de los sistemas mas sencillos de distribución secundaria: pequeños circuitos independientes cada cual con su banco de transformadores que sirven una, dos ó tres manzanas, de acuerdo con la carga del sector. En sectores suburbanos de mínima densidad de carga los circuitos vienen a resultar muy grandes y ya se presenta el problema de bajo voltaje en el extremo del circuito el cual no se le puede elevar porque en los sitios cercanos al transformador se daría un voltaje demasiado alto al consumidor en estos casos hay que seccionar circuitos creando otros nuevos con nuevos bancos de transformadores.

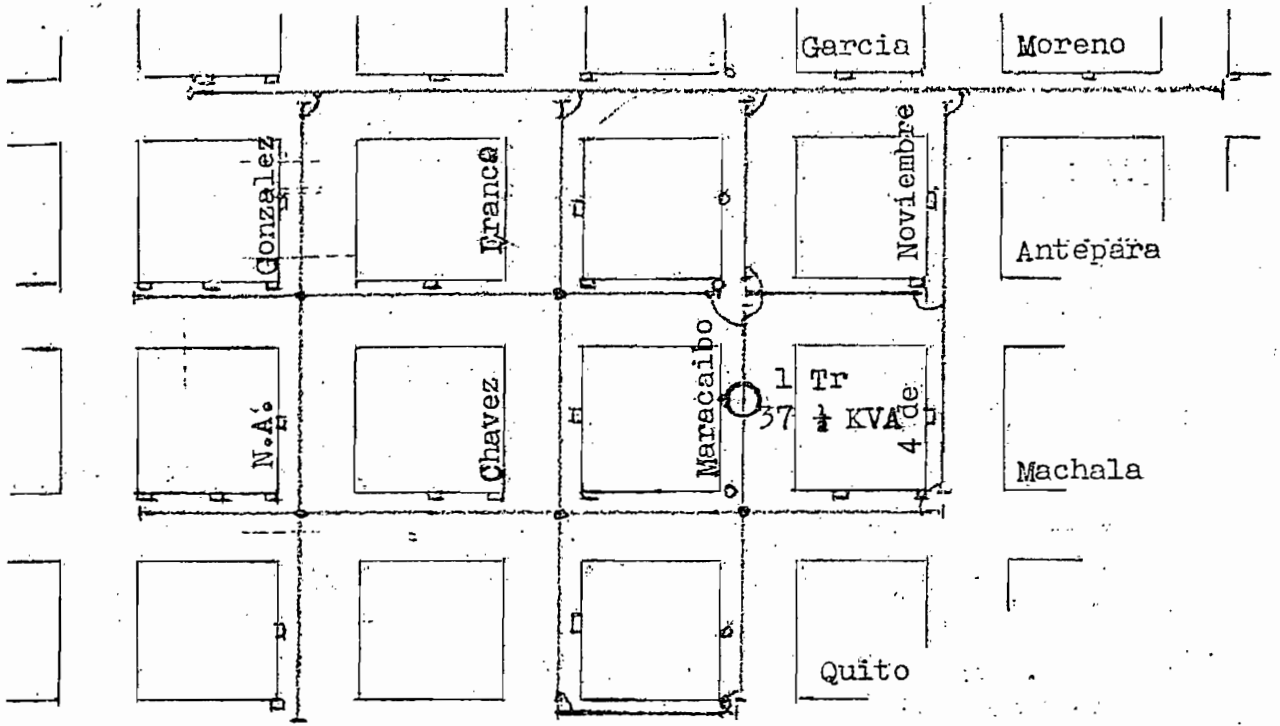


Fig. No. 8

Un Sector Suburbano

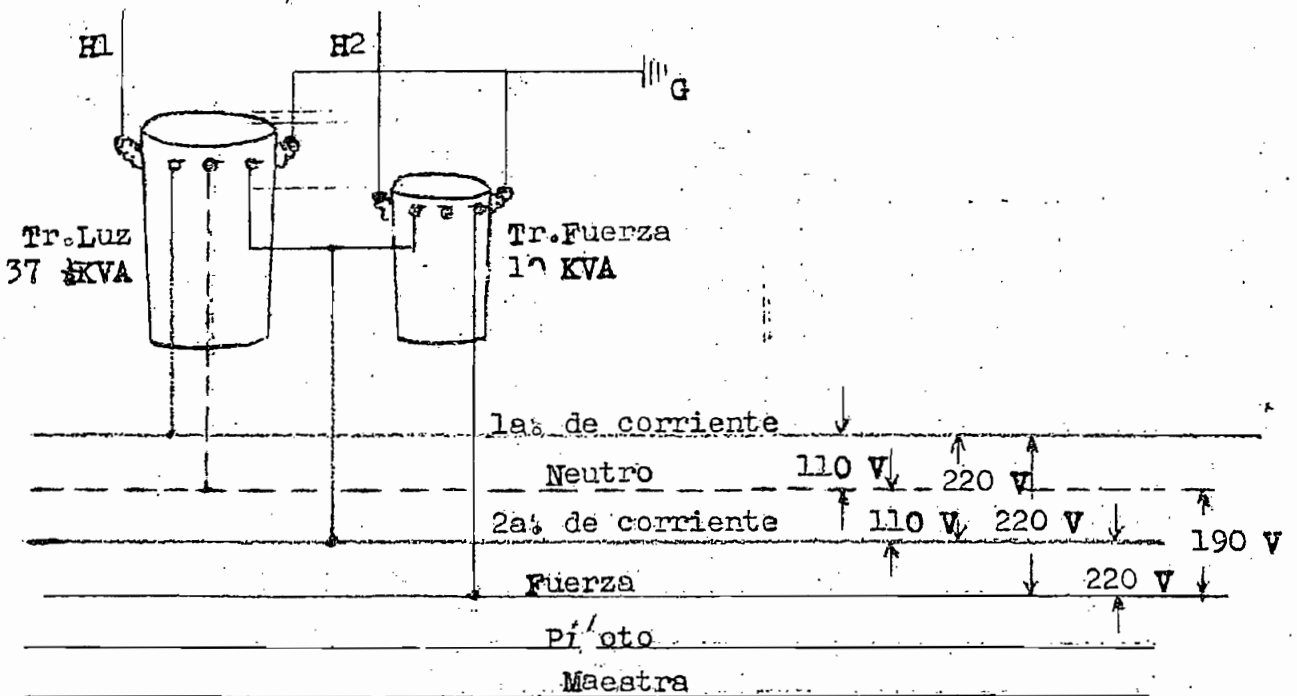


Fig. No. 9

Este sistema de distribución consta de las siguientes líneas (Fig. No. 9).

- 1 Una línea de corriente
- 2 Neutro
- 3 Otra línea de corriente
- 4 Línea de fuerza
- 5 Línea piloto de alumbrado público
- 6 Línea maestra de alumbrado público

Entre cualquiera de las dos líneas de corriente y el neutro existe 110 Voltios; entre las dos líneas de corriente y la de fuerza existe entre sí 220 Voltios trifásicos ó sea desplazados 120° . - Finalmente entre la línea de fuerza y el neutro tenemos $110\sqrt{3} = 190$, que es un voltaje peligroso, del que hay que cuidarse mucho. - Estos voltajes son provenientes de la conexión Delta abierto, utilizado comúnmente por las compañías americanas.

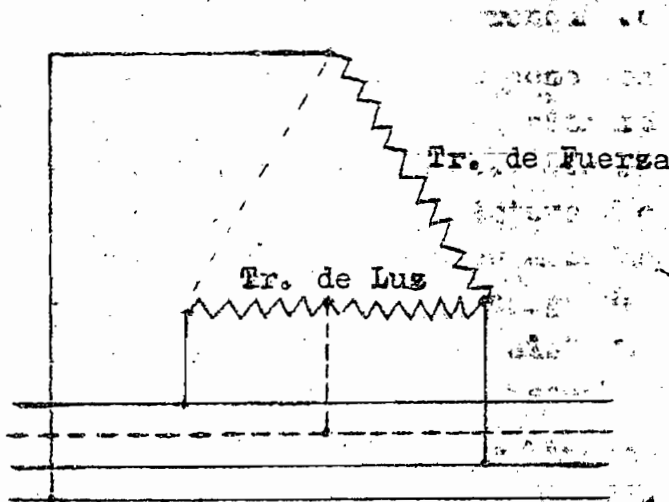


Fig. No. 10

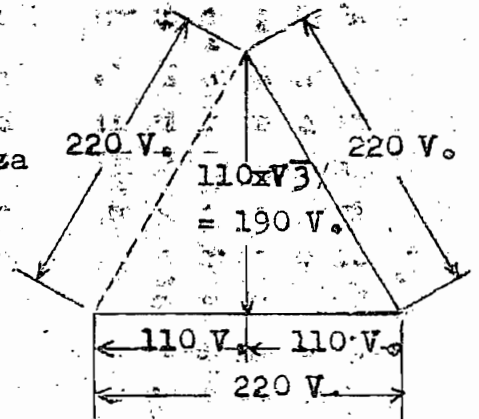


Fig. No. 11

Sin embargo, a veces, cuando hay cargas trifásicas grandes como en fábricas, se cierra el delta con un tercer transformador y se consigue distribuir equilibradamente la carga en la línea primaria.

Las dos líneas de corriente y la de fuerza son líneas con aislamiento waterproof ó sea cubiertas con forro de caucho o yute y su calibre varía desde el 4/0 hasta el No. 6, según la densidad de corriente.- El neutro es cobre desnudo y su calibre es generalmente 2 galgas menor que el calibre de los de corriente.- Excepto de los circuitos cuyas líneas de corriente son No. 6 en los cuales el neutro también es No. 6.

Estas líneas secundarias corren en un plano vertical apoyado en brazos (bracket) y poleas de porcelana.

Realmente tiene pocas ventajas este sistema de circuitos independientes, pues requiere de hecho, más cobre en sus líneas y más potencia instalada en transformadores que un sistema mallado, por ejemplo.- Por otro lado, la variación de voltaje entre el punto de alimentación por el transformador y el extremo más alejado del circuito es muy notable lo que limita estrictamente la longitud de los circuitos.- También es notoria la fluctuación de las lámparas con las altas corrientes de arranque de los motores grandes.

Quizá se puede aducir como ventaja la facilidad de operación en interrupciones, aislando cualquier daño en el secundario o un sector chico.- Desde luego este sistema viene obligado por el uso del sistema Y con neutro en el primario y el uso de transformadores monofásicos, por cuanto los transformadores van tomando su carga de una u otras fases del primario para balancear el sistema y no se los puede banquear por no coincidir las fases con el secundario.

En cuanto al número de líneas llevadas en el secundario y los voltajes existentes entre líneas y sus ventajas y desventajas por ser resultado de las conexiones de baja tensión de los transformadores, se hablará al tratar de los transformadores.

La 4a. línea que corre en el secundario es la línea de fuerza, esta línea existe solamente cuando hay clientes trifásicos.- Forma con las dos líneas de corrientes el sistema

trifásico delta de tres líneas.- Es necesario tener siempre presente el voltaje existente entre esta línea de fuerza y el neutro ó sea $220. \text{sen } 60^\circ = 110. \sqrt{3}$, para conectar las acometidas de los clientes.

La 5a. línea es la línea piloto.- La 6a. es la maestra.- Estas dos líneas pertenecen al servicio de alumbrado público, este sistema es sencillo pero un poco antiguo.- La línea piloto alimenta un circuito limitado de lámparas y recibe corriente de una línea de corriente del secundario a través de un relay comandado por la línea maestra la cual recibe corriente directamente desde la Planta.

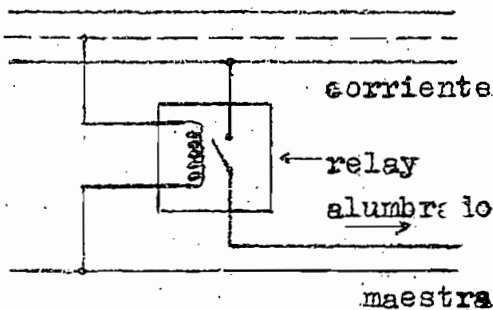


Fig. No. 12

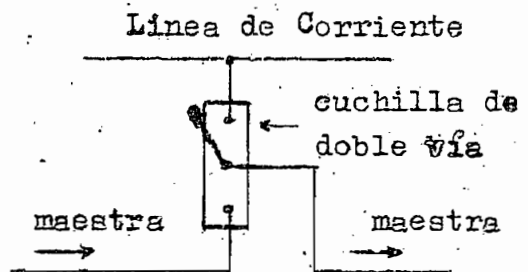


Fig. No. 13

Hay nueve líneas maestras independientes que controlan diferentes sectores de la ciudad y están dotadas de trecho en trecho de cuchillas de doble vía que sirven para seccionar los daños.- El daño mas frecuente que suele ocurrir en alumbrado público es que le entre corriente a la maestra y entonces se pierde el alumbrado, esto de día, cosa que no produce mayor molestia y se puede localizar facilmente el contacto con la ayuda de un amperimetro.- En cambio sepueden producir apagones, por la noche, por falla al relay ó por el piloto a tierra, pero en este caso el daño queda limitado a un pequeño grupo de lámparas.

3o) Acometidas.- Para las acometidas, ó sea el servicio directo al cliente, dado el secundario, se emplea el sistema "tela de araña" ó sea que se procura servir a cada cliente con su propia acometida desde el secundario.- Con esto se

gana en calidad y eficiencia en el servicio; menor caída de voltaje en la acometida, menor interferencia producida por ciertas clases de motores y relays intermitentes que usan muchos clientes y menos "flicks" en el alumbrado por arranque de motores, soldadoras, etc.- Las acometidas independiente también permiten un mejor control contra los "contrabandos de luz".- Tiene el gran inconveniente de ser poco estético pues obliga a un entrecruzamiento de líneas poco estético y hasta peligroso.

3.- TRANSFORMADORES.

El paso obligado en el "path" eléctrico entre la línea de alta tensión de distribución primaria y las líneas de baja tensión son los transformadores de distribución, para transformar la tensión de los feeders a la tensión standar de utilización de los consumidores.

10.) TÍPOS.- La E.E.E. ha adoptado casi en su totalidad: round-wound oil-filled distribution transformers.

Desde que las pérdidas por flujo de dispersión del núcleo son reducidas a un mínimo en los núcleos envueltos los transformadores round-wound se han impuesto ampliamente y casi la totalidad de los transformadores de distribución hoy construidos son de éste tipo de núcleo.- Además se tiene la ventaja de menor peso en kilos por KVA de potencia, especialmente en unidades grandes.

Los aceites usados son standard, entre ciertos límites de calidades usados por cada fabricante.- Antes de ser instalado un transformador la calidad del aceite debe ser chequeada en la copa de chequear aceites y si no resiste 22 KV mínimo, debe ser filtrado ó cambiado y secado el tanque.- Se debe ajustar el nivel de aceite a 25° C con la línea marcada en el interior del tanque.

Estos transformadores monofásicos constan de un bobinado de alta tensión cuyos terminales salen al exterior debidamente aislados a los bushings de alta tensión.- Bien pudieran tener

solo un bushing de alta y el otro a tierra, por el sistema Y de la red de alta, pero se usa con dos bushings por cuanto a veces es necesario conectar tres transformadores en Y/delta con neutro flotante. - En el centro del arrollamiento de alta está intercalado el "tap changer" que permite aumentar o disminuir el numero de vueltas en primaria y por lo tanto cambiar la relacion de transformacion y con ello la respuesta de voltaje en el lado secundario.

En cambio en el lado de baja este transformador dispone de un arrollamiento dividido en dos secciones iguales con cuatro conductores terminales que salen de este arrollamiento. - Este arrollamiento dividido ó en serie multiple,

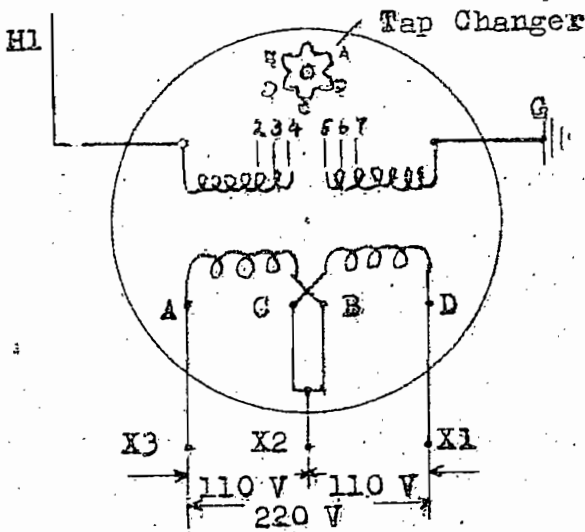


Fig. No. 14

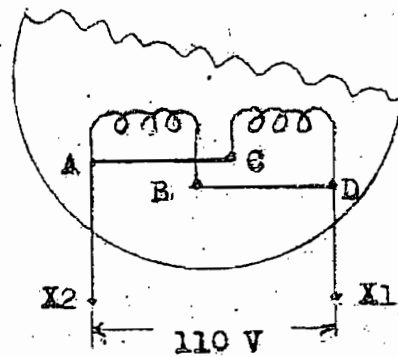


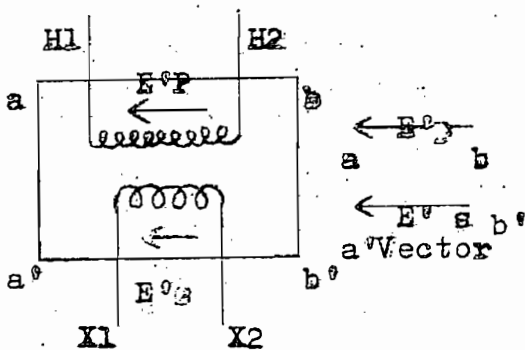
Fig No. 15

como tambien se le llama, permite obtener los dos voltajes comerciales standar, mas usados: 110/220 V.

La figura No. 14 muestra las conexiones con las cuales operan aqua los transformadores, ó sea que las dos secciones del arrollamiento secundario han sido conectadas en serie para obtener los dos voltajes usuales 110/220 con tres conductores con el neutro conectado a tierra (sistema Edison). - Si solo fuera necesario prestar servicio a 220 Voltios se puede suprimir el neutro. - En cambio si fuese necesario suministrar servicio solo a 110 Voltios pueden co-

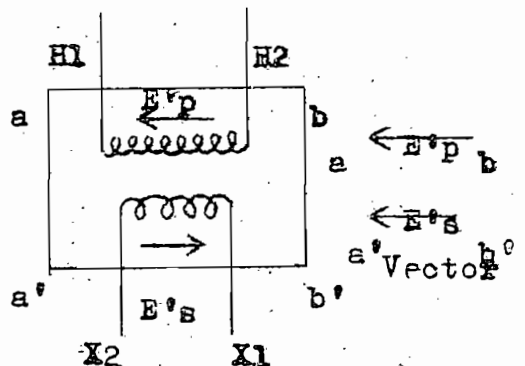
nectarse las dos secciones de l arrollamiento secundario en paralelo como en la fig No. 15.

26.) POLARIDAD.- La E.E.E. ha obtado ciento por ciento transformadores de polaridad aditiva.- Con esto se evita la molestia de estar chequeando la polaridad para cualquier clase de interconexión que con los transformadores se hicieren.- La polaridad viene marcada en la placa de cada transformador y en caso de cualquier duda se puede utilizar un voltmetro o una sencilla lampara de prueba par chequear la polaridad antes de una interconexion .- El porcentaje de impedancia tambien ha sido estandarizado por la compañía en 2.5 % ; sin embargo los transformadores antiguos por la naturaleza de su construcción tienen un porcentaje mayor de impedancia.



Polaridad Substractiva

Fig. No. 16



Polaridad aditiva

Fig. No.17

Impedancia en Ohmios:
$$Z = \frac{\% Z \cdot E_t^2}{U_{1\phi} \cdot 10^5}$$

en donde Z = impedancia en Ohmios = $\sqrt{R^2 + X^2}$

% Z = porcentaje de impedancia

E_t = voltaje de alta en un transformador monofasico

U_{1φ} = capacidad en KVA

Tambien se usa transformadores trifasicos pero solamente para fines determinados como grandes cargas equilibradas de iluminacion, como en el Estado Capwell por ejemplo, cuya carga

asciendo a 150 KW .- Las conexiones de estos transformadores trifasicos son Y-Y por cuanto sistema Y delta es impracticable por cuanto la carga es equilibrada de fase a neutro, y en el sistema Y delta no podriamos equilibrar la carga a 120 V.

3o.) BANCOS DE TRANSFORMADORES.- CONEXIONES.- Podemos considerar los siguientes casos, según las cargas : a) Para circuitos de carga exclusivamente de luz se utiliza un solo transformador monofasico conectado a una fase neutro en el lado de del a $138/\sqrt{3}$, y con conexion trifilar 120/240 en el lado secundario.

Por disponer estos transformadores de dos arrollamientos iguales en el lado secundario, se los podría conectar estos en paralelo, para servir con cargas de 120 , pero se usa el sistema trifilar 120/240 porque presenta dos ventajas: la una es permitir además el voltaje 240 muy usado en cocinas y aún en pequeños motores industriales, y segunda ventaja que el circuito mismo trifilar tiene dos veces la capacidad de carga de un circuito 120 de dos hilos, con solo $1\frac{1}{2}$ veces el total de cobre.- Cada arrollamiento de 120 V representa la una mitad de la capacidad de carga del transformadorey si se tiene el cuidado de conectar equilibradamente las cargas de 120 V a cada linea de corriente y el hilo neutro, el circuito será balanceado y no fluirá ninguna corriente por el borne medio del transformador.- Sin embargo en la práctica es muy difícil conseguir un balanceamiento perfecto por las fluctuaciones de carga de los clientes, pero se procurará mantener lo más cercano a este balanceamiento para tener una utilizacion mas económica de la capacidad del transformador y para reducir la regulación a un mínimo.- En el sistema trifilar hay que poner el borne medio(neutro) a tierra, para limitar el voltaje de secundario a tierra a un mínimo.

En el lado de delta, el un borne va conectado a una fase a traves de un open ty pe cut out, y el otro al neutro cerrado a tierra.-

B)BANCOS TRIFASICOS.- Para servir cargas pesadas de industrias grandes se utiliza tres transformadores monofásicos conectados

en Δ delta. Esta conexión provee un sistema trifásico balanceado ó una combinación de trifásico balanceado con monofásico no balanceado. Este sistema Y delta presenta la ventaja de que la presencia de la delta elimina las dificultades de voltaje debidas a la tercera armónica asociadas con la YY, y en cambio la presencia de la delta determina la división de las corrientes entre las fases, independiente de los valores de la Z, lo que permite emplear transformadores con amplias diferencias de Z sin el peligro de circulación de corrientes internas mayores. La potencia del banco será la suma de las potencias de los tres transformadores monofásicos, si estos son iguales. En caso que la carga monofásica no balanceada sea notable, el un transformador será mayor, y la potencia trifásica será tres veces la potencia del menor.

En la conexión Y delta, en el lado del primario, el punto neutro de la conexión de los tres transformadores deberá quedar flotante ó sea que no se lo cerrará a tierra para obtener una más satisfactoria operación del banco y para prevenir que un transformador se quemé por una falla de una fase a tierra, ó que los dos se quemen por sobrecarga al fundirse el fusible del tercero.

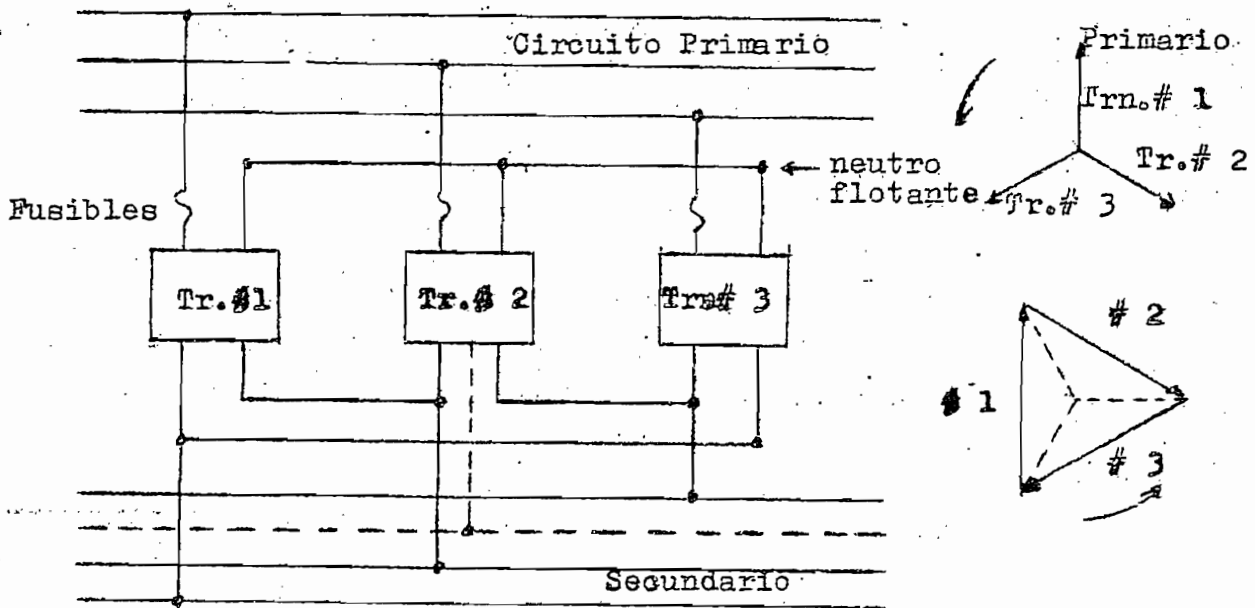


Fig. No. 18

Si consideráramos que el neutro de los 3 transformadores se encuentra cerrado a tierra y se quema el fusible del transformador 1, éste quedará fuera de servicio, pero el sistema no se alterará porque permanecerán trabajando los dos transformadores en Y abierta al lado del primario y en delta abierta al lado del secundario sin ninguna variación notable de voltajes en el secundario, pero los dos transformadores restantes tomarán toda la carga corriendo el peligro de quemarse.

C) BANCOS TRIFASICOS CON DOS TRANSFORMADORES MONOFASICOS.- Es el sistema mas generalizado y se lo utiliza en sectores donde la carga de fuerza es pequeña con relación a la de luz ó en sectores en donde solamente existen dos fases del primario.- En este caso los dos transformadores estarán conectados en Y abierta al lado del primario y en delta abierta al lado secundario con los neutros del primario conectado al neutro y cerrado a tierra.

En este caso la capacidad del banco comparado con el delta cerrado será solamente $\sqrt{3}/3 = 57.7\%$ pero considerando que solo tenemos instalado $\frac{2}{3} = 0.667$ de la capacidad total, el porcentaje de rendimiento del banco a delta abierto será $57.7\% / 66.7\% = 86.7\%$, lo que indica que cada transformador en el delta abierto deberá ser $\sqrt{3}$ veces mas pesado que en el delta cerrado, para servir la misma carga.

D) TRANSFORMADORES TRIFASICOS.- Solamente son usados para fines específicos.- Para servir cargas industriales % balanceados se usa transformador trifasico Y delta, en tanto que para servir carga grandes equilibradas de alumbrado a 120 V, transformador Y Y son usados.- En ningún caso se los puede interconectar con los bancos de 3 ó 2 transformadores monofásicos por las diferencias de voltaje.- En la actualidad se está instalando transformadores trifasicos Y Y en el centro de la ciudad, con el fin de mallar el secundario.

4o) REGULACION.- Ninguna regulación de voltaje automatico existe para las líneas de alimentación primaria a más de la

propia de los generadores en el interior de la planta.- Bien se debería utilizar regulaciones de voltaje para feeders, sea induction o step-type, especialmente para algunos servicios que requieren voltajes exactos y fijos como aparatos de rayos X en Clinicas y Hospitales, y hasta algunos tipos de ascensores grandes en edificios comerciales.- Sin embargo se puede considerar como alguna regulacion de voltaje la que se permite con el tap changer del interior de los transformadores, desde luego solo para compensar la caída de voltaje a lo largo de la linea primaria.- Es con este fin que mientras el voltaje nominal que entrega la planta a las alimentadoras de 13 mil, es exactamente 13.8 KV, el voltaje nominal de los transformadores es 13.2 razon por la cual tienen una regulacion de 5 % por encima y por debajo del 100 %, dividido en 5 taps: 105 - 102 1/2 - 100 - 97 1/2 - 95 %.- Este porcentaje es a la relacion de vueltas, por lo que subiendo el tap, bajamos el voltaje y viceversa.

Los taps son naturalmente al bobinado de alta tension y no se puede hacer un cambio de taps con el transformador caliente, sino es preciso desconectarlo por completo de las lineas, tanto primarias como secundarias.

5o) PROTECCION DE LOS TRANSFORMADORES.- Las dos únicas protecciones de los transformadores son las cajas fusibles (cut-outs) y los pararrayos (arresters).

Las cajas fusibles se encuentran en lado de alta y una por cada transformador monofasico, mientras el otro borne de alta se encuentra a tierra sin caja fusible.- Los transformadores trifasicos llevan tres cajas fusibles.- En los transformadores de 4,160 V enclose type cutouts son usados, mientras que en los de 13,800 V. open type ó tipo abierto, son usadas. En las cajas de tipo abierto y para los transformadores grandes ó sea de mucha carga se introdujo el uso de un rompecarga consistente en una palanca adicional que se armaba a la tapa de la caja y que permitia romper violentamente el elemento fusible y reducir a un minimo el arco producido por la abertura.- Sin embargo este sistema no dá muy buenos resul

tados porque de todos modos el arco se produce en el interior de la caja y a la larga ésta se quema , además de un costo adicional de fusibles (fuse links) y el de tiempo en cambiar .- Este último factor es mas importante porque cuando se quiere dar servicio de primera a los clientes, un minuto mas sin servicio significa veinte telefonazos más a la oficina. - Como, sobre todo en las cajas fusibles de 13 mil es necesario evitar ó reducir a un minimo el fogonazo que se produce al abrir, pues no es solo el deterioro de los contactos de la caja por el fogonazo , sino que éste ioniza el aire y salta el arco de fase a tierra, la alimentadora se va a tierra, y se desconecta el automatico de la planta; esto independiente de accidentes que pueden producirse por explosión de las cajas automaticas o rotura en las lineas.- Asi que para evitar éste fogonazo, se ha introducido actualmente el uso de otro tipo de "load breaker" ó rompecarga, conocido como "load buster" y que consiste en un aditamento que se arma en la punta del "hook stick" con el cual se abren las cajas y se absorbe el fogonazo. Entonces, en las cajas fusibles, la protección está a cargo del elemento fusible, que se funde por el calentamiento debido a sobre cargas ó a un corto circuito en el secundario ó una falla en el propio transformador.- Hay que tener cuidado en dimensionar los fusibles, pues con fusibles muy grandes, se abre primero el automatico en la planta antes de que éste se queme ó el transformador puede llegar a tener serias averías inclusive quemarse.- Para el dimensionamiento de los fusibles utilizamos el código de NEMA, admitiendo un 60 % de sobre carga para cada transformador.

PARARRAYOS .- Los pararrayos en cambio protegen a los transformadores contra sobre tensiones producidas por descargas electricas atmosfericas.- Se usan en dos tipos: de válvula y de expulsión. - Los "arresters" de válvula son mas usados y consisten de dos ó mas discos , según el voltaje nominal, con una separación de aire, que hace las veces de válvula, a continuación una columna de bolitas "Pallet" con composición



de peróxido de plomo recubiertas de un barniz ó polvo aislante; todo dentro de un cilindro de porcelana ó fibra.- Cuando la sobre tensión se produce, salta el arco entre las placas y destruye la capa aislante de las bolitas las cuales se convierten en un camino de baja resistencia a tierra, en el primer paso por 0 de la corriente, el polvo se regenera y el arco queda interrumpido.- El espacio de aire entre los discos debe ser tal que no permita el arco al voltaje de operación de la línea.- La resistencia de las bolitas "Pellet" tienen una resistencia que varía casi inversamente con el voltaje impreso a travez de ellas.

Los pararrayos de expulsión en cambio disponen de dos especies de electrodos en el interior de un tubo de fibra de vidrio ó pyrex.- El electrodo superior está en el exterior frente a la línea separado por un espacio de aire que depende del voltaje nominal de operación (5/8" para 13.8 KV).- Cuando hay la sobretensión el arco producido activa partículas de fibra especial, las cuales producen un gas deionizante y elevan la presión y en el primer medio ciclo el fogonazo es apagado; los gases se disipan por un respiradero que existe en la parte inferior.- Sin embargo, contados son los bancos de transformadores que llevan protección de pararrayos, quizá se sigue el criterio de que solo el interes del valor de los pararrayos es mayor que el costo de los transformadores que puedan quemarse por la caída de un rayo.

4.- CAPACITORES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION

El factor de potencia de las líneas depende de la reactancia de las mismas y del factor de potencia de la carga de los consumidores.- La reactancia inactiva de la línea depende de la separación entre hilos, del calibre, de las mismas, del número de "strands" y del sentido de estos; depende tambien del porcentaje de carga de los transformadores conectados, pues transformadores con poca carga ó vacío, tienen alta reactancia inductiva.- Las cargas de los consumidores que mas baja del factor de potencia producen son los motores de inducción especialmente cuando son sobredimensionados por consiguiente acon-

dicionadores de aire, refrigeradoras, etc. y el alumbrado fluorescente cuando no tiene correctores del factor de potencia, soldadoras electricas de induccion.

Es necesario corregir el factor de potencia de las lineas de distribucion por dos razones principales:

La caida del voltaje (v) depende de la resistencia, corriente, reactancia y angulo de desfase entre corriente y voltaje:

$$v = E_1 - E = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

a su vez la corriente I tambien depende del $\cos \theta$

$$I = f \left(\frac{1}{\cos \theta} \right)$$

Y la perdida de potencia por el efecto Joule o sea

$$\text{pérdida en \%} = f (I^2)$$

El factor de potencia en las lineas de puede corregir con condensadores sincronicos ó con banos de condensadores estáticos conectados en shunt o en serie a la linea.- La E.E.E. utiliza los segundos en sus alimentadoras de 4.000 conectados en shunt en Y hacia mas ó menos la 2/3 partes de la longitud total de la alimentadora ó sea pasado el centro de carga.- Las alimentadoras de 13.000 no llevan todavia ningun banco de capacitores.

Los capacitores estáticos estan constituidos por un dielectrico de papel impregnado y está formado por celulosa purisima, de un espesor de 0,006 a 0,015 mm.; la materia impregnate es casi siempre aceite mineral fluido de poco peso especifico, y en ciertos casos aceite pesado ó mezcla.

Las armaduras estan constituidas generalmente, por láminas de aluminio de 0,007 a 0,010 mm. de espesor.

A los condensadores se los constituyen mediante pequeños elementos arrollados que presentan la forma de bobina plana.- Cada condensador elemental va encerrado y protegido por una envoltura metalica cerrada.- Las finisimas hojas metalicas sobre salen de la de papel por ambos lados para formar los polos.- Una vez montados se los somete a un largo proceso de desecacion en vacio, impregnacion, y finalmente se encierra en cajas metalicas estáticas.

Para la instalacion de un banco de capacitadores tenemos que determinar principalmente dos cosas: la ubicacion y capacidad.

Para la ubicacion en la linea de alimentacion hay que considerar dos cosas: primero que la correccion del factor de potencia ó sea el desplazamiento del vector corriente hacia el vector voltaje por el capacitor tiene solamente efecto hasta el punto de la instalacion y segundo que si tenemos un banco colocado al extremo de la linea debería ser muy grande y va a producir un bajo factor de poder adelantado al final de la linea con una alza peligrosa del voltaje en toda la linea.

Asi que es preferible colocar un banco hacia el centro de carga del circuito principal y otros mas pequeños hacia el centro de carga de los ramales principales.

Luego de decidido el sitio de ubiacion de los capacitores se procede a calcular éstos, sean para el circuito principal ó para los ramales.- Para cabular los condesadores es necesario conocer el factor de potencia del circuito.- Este valor está lejos de una constante y está variando a travez del día, del mes y del año.- Se dispone un registrador gráfico mecánico que registra en un rollo ó disco graduado, los KVA y los KW y ya podemos deducir el factor de potencia

$$\cos \theta = \frac{KW}{KVA} = \text{factor de potencia}$$

Se construye una curva del factor de potencia y se deduce el valor medio por integración gráfica ó por el método de Simpson.

Luego es necesario determinar el factor de potencia que se necesita obtener, valor que será siempre menor que uno por cuanto no se puede aspirar a mejorar el factor de potencia a la unidad porque exigiría una instalación muy grande por un lado y porque al ser el factor de potencia variable con la carga, se puede, a ciertas horas, obtener un bajo factor de potencia adelantado.

Para determinar la capacidad del banco de capacitores por un método sencillo podemos construir un triangulo:

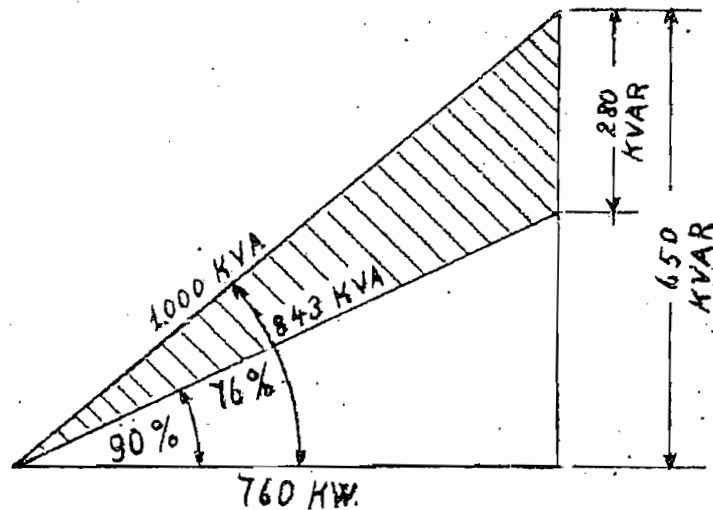


Fig 19

En el presente triángulo vemos que supuesta una carga de 1.000 KVA con 76 % de factor de potencia y queremos mejorar a 90 %, tenemos que instalar un banco de capacitores con una capacidad de 280 KVAR.

Sin embargo la decisión final, también tanto en el factor de potencia como en la capacidad de los capacitores viene dada por el factor económico, ó sea cuando el costo anual de los capacitadores instalados es igual al ahorro anual de energía que se pierde por el efecto I^2R , que se podría vender. También hay que considerar el aumento de capacidad de la alimentadora para transportar energía, y la mejora de voltaje.

Los bancos de capacitores deben estar protegidos por pararrayos y por cajas fusibles, las mismas que sirven para ponerlos fuera de servicio para mantenimiento.- Antes de hechar mano a un capacitor hay que esperar por lo menos cinco minutos porque éstos almacenan energía que se descarga lentamente y podría ocasionar accidentes.- Actualmente los capacitores estáticos disponen de un resistor interno de descarga, sin embargo, para considerar muerto por completo es necesario cortocircuitar los extremos a tierra.- En una conexión Y el neutro debe ser conectado a tierra para evitar que los capacitores de

una fase funcionen como puente en caso de una falla en una fase.- Los tanques de los capacitores deben estar conectados a tierra.

5.- PROTECCION DE LAS LINEAS

Las líneas deben estar protegidas de los sobrevoltajes y de las sobrecorrientes.

Los sobrevoltajes son producidos por las descargas eléctricas atmosféricas.- Estos sobrevoltajes se presentan de dos formas: primero por la caída directa de un rayo sobre la línea (lightning stroke) que puede llegar a los 10^7 voltios ó por un voltaje inducido por una descarga eléctrica cercana (surge voltage) que puede estar en el orden de los 500.000 voltios.- Este sobre voltaje puede producir rotura de los aisladores y bushings de los transformadores y perforaciones en los cables y enrollamiento de los equipos eléctricos.

Entonces es necesario establecer un camino de baja resistencia a tierra pero que al mismo tiempo reaccione con una resistencia lo suficiente alta para que no se descarge la corriente propia de la línea y tire la alimentadora a tierra.- Esto se consigue con los pararrayos.- Los mas comunes son usados son los ya descritos anteriormente: tipo de válvula y de expulsión.- Quizá deban ser preferidos los de tipo de expulsión pues en caso de destrucción por "lightning stroke" el tubo de fibra puede ser reemplazado, en tanto que en los tipo pellet ó de válvula, quedan destruidos definitivamente.

Los pararrayos van ubicados en puntos estratégicos de la línea: cerca de equipos muy costosos, en arranques principales, reclosers, potheads y principalmente en los terminales de las líneas principales y sus ramales para evitar el efecto de reflexión y duplicación de la onda del "surge voltage" inducido por la descarga eléctrica.- El lado de tierra de los pararrayos deben estar puesto directamente a tierra por intermedio de un alambre de suficiente sección conectado a una barra que pase de las capas superiores de alta resistencia del suelo y llegue a capas de suficiente baja resistencia.- Aquí en

Guayaquil tenemos que atravesar las capas superiores que generalmente son de relleno con piedra y grava; para ello utilizamos barras de $8 \frac{1}{2} \times 5/8$ de hierro cobreado con lo cual nos aseguramos de llegar a niveles que contienen lodo y hasta agua.- Si bien el material de la barra puede ser perfectamente de hierro pues de todos modos tiene mas baja resistencia que el suelo, debe ser cobreado para impedir una temprana oxidación.

PROTECCION CONTRA SOBRE CORRIENTE .- Las sobre corrientes de las que tenemos que proteger las lineas son esencialmente las corrientes por falla, sea por cortocircuito de dos lineas ó a tierra, por cortocircuito en los transformadores ó porque un rayo estableció un "leakage path" que la potencia se descarga a tierra a traves de una impedancia que tiende a 0.- No vamos a establecer ninguna proteccion contra sobre corrientes provenientes de un crecimiento de la carga de los consumidores.

La mas sencilla protección contra esta sobre corriente son los fusibles.- Si en un punto de cualquier conductor disminuimos la sección transversal normal, la continua corriente de la carga elevará la temperatura de este punto hasta que se fundirá abriendo el circuito.- Para poder controlar los amperajes de operación, es necesario que este punto fusible tenga un punto bajo pero uniforme de fusión.- Los fusibles generalmente están hechos de plata, estaño, zinc ó aleaciones especiales.

Este fusible ó eslabón va en el interior de una caja porta fusible formando la caja fusible ó cutout.- Como al quemarse el fusible un arco es de hecho formado, el mismo que puede ionizar el aire y dar un camino de baja impedancia a la corriente de alimentación, es necesario controlar este arco.- Para ello las cajas fusibles tienen un tubo de fibra de vidrio en el interior del cual van los fusibles.- Al producirse el arco, el tubo de fibra genera gases que elevan la presión y producen un efecto de ionizador que elimina el arco.- Sin embargo el problema del arco queda todavía pendiente para cuando se usa el cutout para seccionar la linea ó abrir un transformador.- Para ésto dispone

fuertes resortes que obligan a efectuar la operación de abrir ó cerrar de un solo golpe.- Para esta operación se dispone de palos (hook stick) que permiten operar desde lejos protegiendo al operador.- Ultimamente estamos equipados con los "telescoping rol" que completamente abiertos miden 28' y permiten la operación desde el suelo evitando peligros y acelerando la operación.

Las cajas fusibles son de dos tipos: "closed" para las líneas de 4.160/2.400 y "open type" para las de 13.8/7.9.- La diferencia viene porque al segundo voltaje la lengua de fuego es ya bastante peligrosa y necesita un mayor espacio de aire.- La tipo cerrada ofrece la ventaja de mas fácil manejo en caliente.- Como todavía sigue siendo peligrosa la abertura de las cajas en las líneas de 13.000 se usan algunos aditamentos que tienden a eliminar el arco.- Uno, es sencillo, y consiste en colocar una palanca que rompe el eslabon dentro del tubo de fibra para luego abrir la caja en frio.- Es un metodo caro y molesto porque en cada caso hay que estar cambiando los fusibles.- El ultimo dispositivo que conocemos es el "load buster" que es un aditamento adaptable en el "hook stick" y que consiste en una cámara con un electro iman, segun el sistema "De Ion" de Westinghouse que absorbe la corriente de ruptura del circuito.

Las cajas fusibles van colocadas en los arranques de ramales pequeños cuya abertura no perjudique a clientes de importancia porque el conocimiento de la interrupcion del arreglo siempre lleva tiempo.- Con todo, y para ramales de mayor importancia hoy se dispone de cajas fusibles de repetición que llevan tres porta fusibles arreglados mecanicamente de tal manera que la apertura del uno cierra el otro, dando un espacio de segundos en los cuales se puede disipar el corto circuito.

Sin embargo, los ramales principales deben llevar un automatico ó estar solidamente ligados al interruptor automatico de la central o sub estación.

Los fusibles tienen valores standar segun el codigo de NESC de los Estados Unidos, de un amperio hasta cien; en algunos casos

se usan hasta de 200, pero pasado de este valor switches de aceite o de aire deben ser usados.

INTERRUPTORES ORDINARIOS .- Los interruptores ordinarios pueden ser de aceite o de aire.- Estos interruptores no se los puede considerar una protección de por sí para la línea sino que sirven para seccionalizar el circuito y aislar una falla al mínimo para proceder a la reparación .- En muchos casos, los interruptores, especialmente los de aceite, son puntos débiles de las líneas.

Los interruptores de aceite tienen dos contactos fijos y un puente móvil, para cada fase, ligados a un vástago que sube y baja accionado por una palanca manualmente operada.- Para la disrupción tiene dos placas finales entre las que salta el arco, estas placas son las que se deterioran y son reemplazables; todo esto para cada fase y sumergido en aceite especial en el cual se ahoga el arco producido por la interrupción .- Es necesario chequear periódicamente éstos interruptores especialmente los contactos y el aceite, pues por contactos defectuosos el interruptor puede remorderse, y por aceite sucio puede producirse hasta la explosión del mismo.

Las alimentadoras en cable subterráneo disponen de estos interruptores de 300 y 400 Amperios en cada punto en que éstas salen al exterior en los kioscos, y en todo punto de interconexión.- También tenemos estos switches en las líneas aéreas de 4 mil, en cuyo caso van montadas en crucetas en los postes y son operadas manualmente a través de una palanca que se extiende hasta abajo al nivel del altura de un hombre para ser operado rápidamente sin necesidad de escalera.

En cambio, interruptores de aire van instalados en las alimentadoras de 13 mil .- Estos constan de dos grupos de cuchillas el uno fijo y el otro móvil sobre un pivote accionado por un sistema de palancas desde el suelo.- Para la disrupción del arco tienen, para cada fase, unas agujas ó cuernos de acero cobreado que se abre violentamente y a gran ve-

locidad rompiendo el arco en el espacio abierto del ~~switch~~. Desde que estos interruptores son mas sencillos y ofrecen mayor seguridad en la operacion son preferidos para el voltaje de 13.800 Voltios.

RECLOSERS .- Estos son interruptores que tienen la propiedad de discriminar las fallas temporales de las fallas permanentes. Records dan que un 80 % de las fallas en las lineas son transitorias ó sea que se despejan inmediatamente en la primera desconexión del recloser; de 10 a 15 % se despejan las fallas despues de la tercera e cuarta operacion del recloser y solamente un 5 a 10 % las fallas son permanentes y el automatico queda abierto.- De esta consideración se deduce que el ideal seria la dotacion de reclosers en todos los arranques de ramales y sobre el feeder mismo a intervalos considerables.- Pero el costo de estos equipos impiden su generalizacion y solamente son usados en arranques de mucha importancia y en donde se quiere dar un servicio de primera calidad pues el sector quedaria sin servicio solo en caso de una falla permanente.

Es obvio indicar que existe un interrptor automatico o recloser en el arranque de la alimentadora, en la estacion ó central.- Estos reclosers son una version de los " oil brea kers ", en el cual sus puentes móviles estan comandados por un relé operado por sobre corriente.- La operacion del recloser es iniciada por la accion de un solenoide cuyas bobinas están en serie con la linea, y es operado por la sobre corriente que fluye por la linea en caso de corto circuito, entre fases ó a tierra.- Despues de dos segundos el solenoide de cierre es energizado por medios mecánicos o por la acción de un bimetal y opera retirando el cierre ó pestillo moviendo la barra de los contactos móviles y cerrando el circuito.

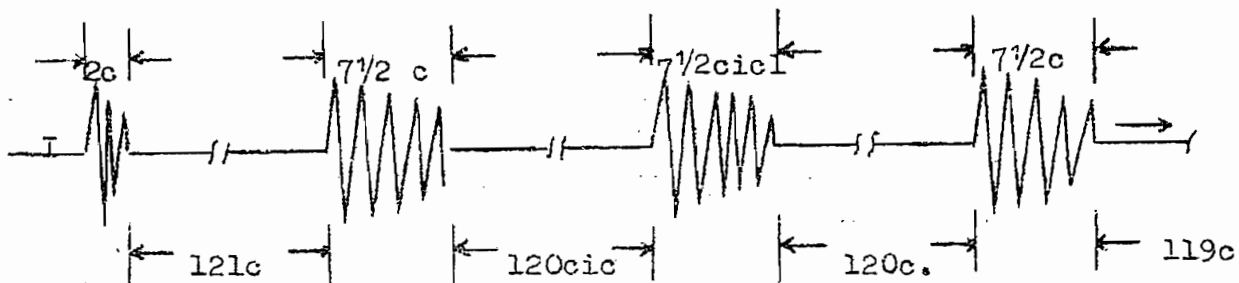


Fig. 20

lock out

Si el corto circuito no se ha despejado todavia vuelven a operar las bobinas serie abriendo nuevamente el circuito para ser cerrado nuevamente despues de otros dos segundos. Asi sucesivamente hasta que despues de la cuarta abertura queda definitivamente abierto.

La primera apertura del recloser es instantanea pues abre antes de los dos ciclos de la sobre corriente transitoria, en tanto que las subsiguientes aberturas toman 7 1/2 ciclos o sea un tiempo algo mayor.

Las figuras 15 y 16 se refieren al recloser "Kyle Rtype" de Line Material. Se puede hacer ligeras variaciones en los tiempos de operacion del recloser por medio de reguladores, lo mismo del número de operaciones antes de que quede definitivamente abierto, como de los ciclos de la corriente subtransitoria. Tambien se puede desconectar el mecanismo de recierre para que no conecte en caso de abertura y deba ser cerrado manualmente.

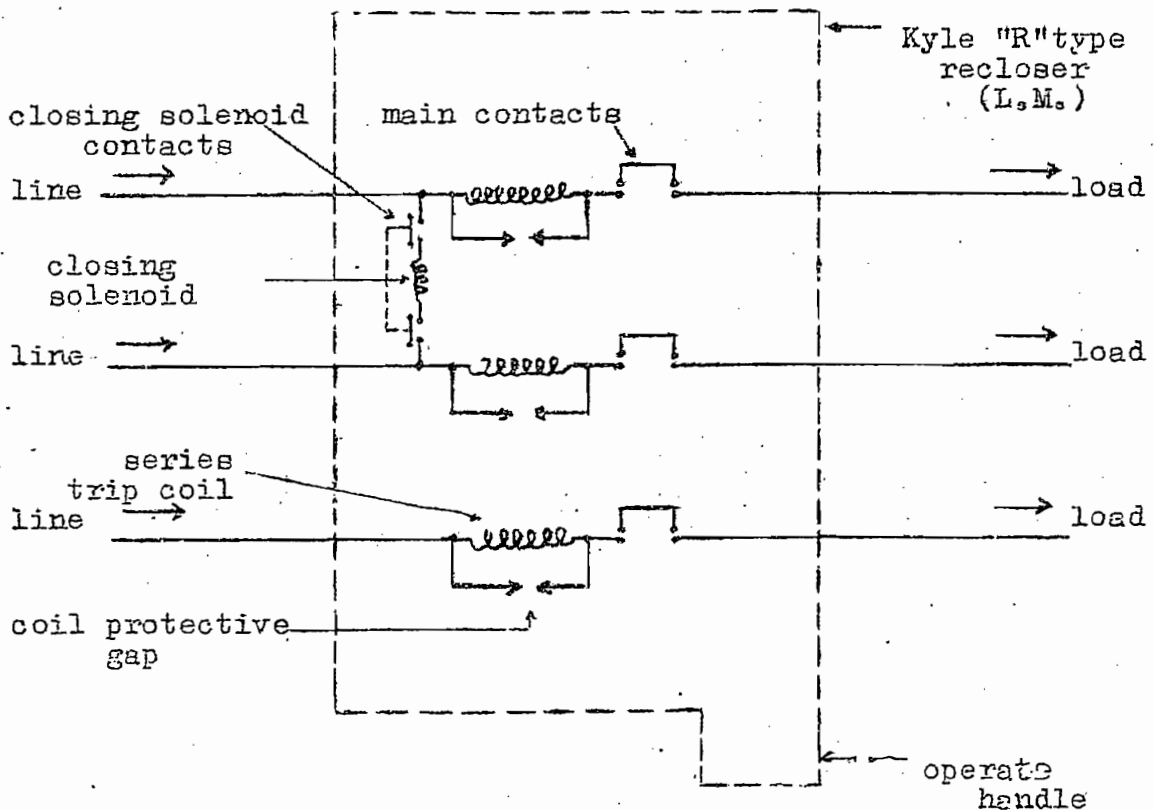


Fig. 15

II.- CONVERSION DE LA ALIMENTADORA " SUR " DE 4.16 A 13.8 KV. CONVERSION POR PARTES - OPERACION,

1.- LA ALIMENTADORA

1a) Capacidad - Limitaciones.- El ramal principal que parte de la planta y corre al sur por la calle Cinco de Junio, está formado por doble línea 4/0 de cobre que corren paralelas unas sobre otras y en paralelo en la planta y en El Oro.- Estos dos ramales estos, tienen asignadas una capacidad de 600 amperios y 4.5 MVA, considerando como limitación la relación 600/5 de los transformadora de corriente del interruptor automático en el arranque de la alimentadora en la Planta.- Esto quiere decir que sobre una corriente de 600/5 el selenoide del automático operará desconectando la alimentadora.- Exactamente el automático empezará a reaccionar mínimo entre los 6/5 de la relación 600/5, según las curvas características del aparato.- No existe actualmente mayor limitación de cable subterráneo ó sea el peligro de que por sobre corriente lleguen a calentarse los conductores hasta destruir el aislamiento del cable

Actualmente esta alimentadora ya ha rebasado su límite de capacidad asignada, pues vemos en la tabla No. 2 que en la hora peak de 1.957 ya ha llegado a los 4.800 KVA y actualmente ya rebasa los 5.000 KVA.- Esto indica la urgencia de una ampliación en la alimentadora que se lleva a cabo con el cambio de voltaje de operación.- Esta alimentadora con el nuevo voltaje tendrá una limitación máxima de 8.4 MVA en el interruptor automático; sin embargo se considerará su capacidad máxima 5 MVA desde el punto de vista de que una interrupción dejaría sin servicio un sector demasiado grande. Como aún 5 MVA es un valor demasiado grande para una alimentadora la Empresa eléctrica tendrá en el futuro que correr un anillo en el orden de los 44 o 66 KV. y de éste derivar mayor número de alimentadoras de 1 a 1.5 MVA, para evitar que una falla afecte a un sec

to, demasiado grande. En el ramal principal de la alimentadora no tenemos el problema de establecer el calibre de las líneas ya que el 4/0 existente cubre los 350 amperios admisibles para este calibre por los 8.4 MVA a 13.8 KV considerando que éstas líneas no son susceptibles de futuras ampliaciones por la limitación ya indicado de la cantidad en caso de interrupción. Cuando la carga rebese nuevamente su capacidad, otra alimentadora será corrida. No es el mismo caso para los ramales, los cuales tenemos que calcularlos con visión futura de carga y de nuevas ampliaciones.

20. SECTORES QUE ALIMENTA. Densidad de carga. La alimentadora "SUR" sirve actualmente toda el área sur y sur-oeste de la ciudad a partir de la Planta Eléctrica. En ésta área encontramos los mas variables sectores con sus cargas típicas que tambien establecen densidades de cargas muy variables.

La sección residencial la podemos clasificar en tres sectores: residencial de 1ra, de 2a y de 3a.

El sector residencial de 1ra, estaría comprendido por el Barrio Centenario y adyacente formado por lujosas villas de gente muy acomodada, electrificadas 100 % con todos los aparatos eléctricos que asoman en el mercado y que exigen un servicio eléctrico de primera clase y que no permiten absolutamente ninguna interrupción. En este sector encontramos bancos de transformadores de 100 y 75 KVA pasando una cuadra que establece aproximadamente una densidad de carga de 30 KVA por manzana.

Como sector residencial de 2a, estaría comprendido por la Ciudadela de las Américas, Barrio del Seguro, Ciudadela Naval, y adyacentes, compuesto por villas generalmente de empleados, bastante bien dotadas de equipos eléctricos pero de funcionamiento restringido. En este sector se puede calcular una densidad aproximada de 10 KVA por manzana. También el servicio para éste sector debe ser de 1ra. clase, por que es gente que tiene sus bombas de agua y hasta cocinas, y no aceptan interrupciones.

Como sector residencial de 3a. categoría se podría considerar las inmensas áreas de las afueras de la ciudad formadas por casitas generalmente de caña de gente pobre que ha ido expropiado a los esteros ~~su~~ lugar y poblándose densamente pero con un consumo ínfimo de energía eléctrica, pero si bien cada casa se reduce a tener 1 o 2 focos y un radio, todas tienen su medidor. - 4 KVA por cada manzana sería una densidad de carga aproximada de éste sector. - Estas densidades promedias de carga han sido deducidas del plano de distribución dividiendo la capacidad de cada transformador para el número de manzanas que sirve. - La extensión de estos sectores es incesante y exige una continua y costosa extensión de líneas por parte de la Empresa que en muchos casos tiene que plantar sus postes directamente sobre los manglares.

La carga de éste sector es constante a través del año, no así la de los sectores de familias pudientes que en los 4 meses de invierno sufren una baja notable por la salida de la ciudad a invernar.

Los transformadores que sirven estos sectores residenciales son generalmente monofásicos y en pocos casos van acompañados por otro transformador monofásico pequeño, conectados en delta abierto para servir cargas trifásicas aisladas.

El sector industrial está comprendido entre la calle J. J. Alfaro y la orilla del río, con cargas muy pesadas como piladoras, aserríos, curtidurías, astilleros, frigoríficos etc y fábricas muy grandes como Marinas del Ecuador, La Favorita, Oleica, etc. - En éste sector es muy difícil establecer una densidad de carga aproximada, por cuanto se trata de cargas pesadas concentradas. - Estas cargas exigen cables gruesos, un servicio absolutamente sin fallas porque cualquier falla determina paralización de sus labores y pérdidas económicas muy sensibles. - Por esta razón es necesario proveer de algunas interconexiones que permitan alimentar por otro lado en caso de una falla en el sistema ordinario de alimentación. - Esto es lo que perseguiremos ahora al convertir y reconstruir esta alimentadora "Sur".

Como sector residencial de 3a. categoría se podría considerar las inmensas áreas de las afueras de la ciudad formadas por casitas generalmente de caña de gente pobre que ha ido expulso de a los esteros su lugar y poblándose densamente pero con un consumo ínfimo de energía eléctrica, pero si bien cada casa se reduce a tener 1 o 2 focos y un radio, todas tienen su medidor. 4 KVA por cada manzana sería una densidad de carga aproximada de este sector. - Estas densidades promedio de carga han sido reducidas del plano de distribución dividiendo la capacidad de cada transformador para el número de manzanas que sirve. - La extensión de estos sectores es incesante y exige una continua y costosa extensión de líneas por parte de la Empresa que en muchos casos tiene que planter sus postes directamente sobre los manglares.

La carga de este sector es constante a través del año, no así la de los sectores de familias pudientes que en los 4 meses de invierno sufren una baja notable por la salida de la ciudad a invernar.

Los transformadores que sirven estos sectores residenciales son generalmente monofásicos y en pocos casos van acompañados por otro transformador monofásico pequeño, conectado en delta abierto para servir cargas trifásicas aisladas.

El sector industrial está comprendido entre la calle J. J. Alfaro y la orilla del río, con cargas muy pesadas como piladoras, aserríos, curtidurías, estilleros, frigoríficos etc y fábricas muy grandes como Marinas del Ecuador, La Favorita, Oleica etc. - En este sector es muy difícil establecer una densidad de carga aproximada, por cuanto se trata de cargas pesadas concentradas. - Estas cargas exigen cables gruesos, un servicio absolutamente sin fallas porque cualquier falla determina paralización de sus labores y pérdidas económicas muy sensibles. - Por esta razón es necesario proveer de algunas interconexiones que permitan alimentar por otro lado en caso de una falla en el sistema ordinario de alimentación. - Esto es lo que perseguiremos ahora al convertir y reconstruir esta alimentadora. -

2. CAUSAS DE LA CONVERSION

2.6) Los Voltajes.- Cuando la carga de una ciudad aumenta se puede hacer 3 cosas a) aumentar el calibre de los conductores b) cambiar el voltaje de operación de la alimentadora c) correr otra alimentadora.- a) aumentar el calibre de los conductores es anti-económico, porque las pérdidas están en función del cuadrado de la corriente y con aumentar el calibre no tenemos rebaja de la corriente, además se llegaría a calibres inadmisibles en los ramales principales.- b) cambiar el voltaje: lo más indicado; quizá haga pensar un poco el costo de los transformadores, pero si se puede vender los transformadores salientes de 4 Kv, ya el costo se reduce solo a una diferencia, además todos los transformadores grandes trifásicos están destinados a la red llamada del centro de la ciudad.- En cuanto a los conductores, si la distancia de transmisión, que en el caso de nuestra conversión va a permanecer invariable, la potencia, las pérdidas y el factor de potencia son iguales, el peso total de los conductores varía en razón ^{inversa} del cuadrado de la variación de voltaje:

$$P = L \cdot I ; I = \frac{E}{R}$$

$$P = \frac{E^2}{R} ; R = \frac{E^2}{P} = \frac{L}{\gamma \cdot S}$$

P = potencia en KVA
 L = longitud
 S = sección
 p = pérdidas
 γ = coef. resistiv. Cu

pero como L, γ y P son constantes queda: $E^2 / (\frac{1}{S})$

Pero si, como en nuestro caso, los conductores quedan los mismos, ó en algunos ramales con visión futura, se aumenta el calibre, tenemos que si:

$$P = I^2 \cdot R ; I = \frac{P}{E} ; P = \frac{P^2 \cdot R}{E^2}$$

y si conservamos P y R constantes, tenemos $p = E^2 \left(\frac{1}{E^2} \right)$

o sea que las pérdidas disminuyen en función del cuadrado del aumento del voltaje.- Esto es muy importante porque sabemos que la energía que se pierde por el efecto Joule es energía que se puede vender y por lo tanto representa dinero que ayudaría a pagar en parte el costo de la conversión.

Con el avance de la tensión también van a disminuir notoria- mente las caídas de tensión en la línea por cuanto

$$V = K I \cos \theta + X I \sin \theta$$

de su vez $V = \frac{P}{I}$ ésta disminución en la caída de tensión es muy importante para la regulación y por tanto para la calidad de servicio a los clientes.

El nuevo voltaje 13,800 voltios escogido para la conversión es el límite de voltaje para distribución primaria en el interior de ciudades establecido por los códigos de Estados Unidos.- La selección de este nuevo voltaje no es motivo de ésta tesis, porque es un voltaje ya escogido y existente en las otras alimentadoras y en las barras colectoras de las cuales partirá la nueva alimentadora.

El establecimiento de una nueva alimentadora si es muy apropiado, pero de costo muy elevado con relación a la conversión.- Una nueva alimentadora será corrida cuando la carga de la alimentadora "Sur" y de sus adyacentes "Norte", "Luzuriaga" y "García" esté llegando a su límite.

20.) EL AUMENTO DE CARGA.- Promediando la rata de crecimiento de la carga anual de Guayaquil en los últimos 7 años (tabla 1) podemos establecer en un 10 % el aumento progresivo anual de carga, lo que nos indica más ó menos la necesidad de ampliar la capacidad de las líneas, no solo para aliviar la actual carga que ya está rebasando los límites de la alimentadora, sino para éste aumento incensante de carga.- Ya fué discutida la conveniencia de la conversión de 4.16 a 13.8 KV para asimilar este crecimiento de carga.

20.) POSICION ACTUAL DE LINEAS Y POSTES.- Con el avance de la urbanización de la ciudad hacia el sur, y la delineación nítida de calles, aceras, líneas de fábrica, etc. se va encontrando postes que están muy mal ubicados, ya sea en calzada, media acera y hasta en la propiedad privada, pues fueron colocados hace muchos años antes de que existiera algún Plan Regulador fijo.- Esta mala ubicación de los postes y por lo tanto de las líneas exige una urgente relocalización de estos

postes .-- Lo mismo con las líneas; existen líneas primarias sustentadas por crucetas centradas que disponen a las líneas demasiado cerca de casas que antes fueron bajas pero que han crecido, y es necesario cambiar éstas crucetas con crucetas voladas que alejen la línea de las casas, evitando cualquier peligro.-- Entonces, si hay que mover éstos postes y cambiar las crucetas considerando que la relocalización de un poste exige la puesta de uno nuevo con nuevas crucetas y aisladores, se puede muy bien dejar la nueva estructura acondicionada para el nuevo voltaje, reduciendo el cargo por conversión.

40.) EFECTIVIDAD DEL SERVICIO .-- Si consideramos que la alimentadora "Sur" de 4.16 KV corre ahora aisladamente sin tener otra alimentadora cercana para interconexión en caso de daño pues las alimentadoras adyacentes ya son de 13 mil, vemos que es urgente su conversión para que pueda ser interconectada con las otras alimentadoras y permitir la alimentación por otro lado tanto al ramal Maracaibo, Barrio Centenario y ramal de Rosa Boyja que se extiende hasta Harinas del Ecuador (Plano 3a).-- También se puede considerar como mejora en el servicio el mejor voltaje que se va a entregar a los clientes por disminución de la caída de tensión en las líneas.

50.) INTERCONEXIONES.-- En el punto anterior ha sido establecida la necesidad de disponer de puntos de interconexiones con otras alimentadoras tanto para la efectividad del servicio durante fallas, como para poder efectuar ciertos trabajos sobre las líneas. - En el plano 3a podemos ver que los únicos puntos de contacto para interconexión son Guaranda-Portete y 5 de Junio-Bolivia.- Pero éstos puntos realmente son muy estratégicos para interconexiones por cuanto por un ramal tendido sobre Guaranda podemos interconectar el ramal Maracaibo de la alimentadora "Sur" con la alimentadora "Portete", y por aquel ya podemos servir al resto de la alimentadora "Sur".-- Con otro ramal corrido por Bolivia de 5 de Junio a Guaranda, podemos alimentar directamente a la troncal de la alimentadora "Sur".-- En resumen será el ramal de Guaranda desde Portete hasta Ma-

Maracaibo el que nos servirá para interconectar la alimentadora "Sur" con la alimentadora Portete .

3a- CONVERSION POR PARTES .- RAMALES DE INTERCONEXION.- CONDUCTORES .- ESTRUCTURAS DE SOPORTES .- AISLADORES.- ACCESORIOS.- OPERACION.

No sería correcto programar la conversión de la alimentadora "Sur" de un solo golpe, si lo podemos hacer paulatinamente ramal por ramal, reduciendo a un mínimo ciertas interrupciones inevitables, como el instante mismo en que se saca el un voltaje y se introduce el otro.- El programa mismo de trabajos de la E.E.E. contempla la conversión en dos partes, una para cada circuito de los dos que forman el troncal de la alimentadora "Sur" .- En efecto, contempla la conversión del un circuito, el que se ramifica en El Oro y Rosa Borja, para el Sur y Oeste, para 1959 y 1960, en tanto que el 2o. circuito, el que va por la Venida Cuba hasta el Camal queda para 1963.- Considerando que la conversión del 2o. ramal, seguirá las mismas consideraciones generales y un proceso de operación similar, ésta tesis tratará solamente de la conversión de l primer circuito,

Mirando el plano 3a se ve la conveniencia de empezar la conversión por el ramal de Guaranda, ya que en el punto Guaranda-Portete disponemos de 13.8 KV, y podemos continuar con el ramal Maracaibo hacia el Oeste y luego hacia el Este.- Además éste sector Oeste del ramal Maracaibo ya ha empezado a adolecer de bajo voltaje por su notable crecimiento y su lejanía de la Planta.

2o.) RAMAL " GUARANDA" DE INTERCONEXION.- Ya ha sido anotada la necesidad del establecimiento de este ramal para interconexión adecuada para transmitir gran parte ó la totalidad de la carga de una a otra alimentadora.- Además servirá por propios bancos de transformadores del sector.- Por ahora será nuestro punto básico de alimentación para la conversión.

Actualmente éste ramal está formado por 3 líneas No. 6 de cobre que no nos sirve para interconexión pues la línea 6 apenas nos permitiría transmitir unos 1.400 KW sin considerables

pérdidas ni caída de voltaje, asumiendo una capacidad de 73 Amperios para el hilo No. 6 de cobre. Esta línea se halla sustentada por crucetas pequeñas de hierro ángulo que permiten una separación de 15" a las líneas entre sí y sobre postes bajos, de apenas 8.50 metros. Además estos postes se encuentran fuera de la línea de bordillo de la acera, hacia las casas.

Entonces en esta línea tenemos que: cambiar los conductores, relocalizar los postes hacia el bordillo, aumentar la altura de los postes y cambiar las crucetas:

a) LOS CONDUCTORES. Lo principal es determinar el calibre y el material:

Para el calibre el dato principal es la capacidad máxima a transmitir en un momento dado. Las pérdidas son relativamente secundarias en el caso de este ramal que va a operar a plena carga solamente en un momento dado de interconexión o por falla del sistema normal de alimentación. En las pérdidas son factores importantes la distancia, la separación entre líneas y la naturaleza del conductor, como el cableado. En el capítulo No. de la 2a. parte se ha establecido que la capacidad normal de toda alimentadora "Sur" será 5 MVA, y en el peor de los casos este ramal tendrá que alimentar toda esta carga, más su carga propia que será el ramal de Maracaibo que partirá desde Maracaibo y Quito (Plano 3a). La carga actual del ramal Maracaibo asumido es aproximadamente 700 KVA pero después de 10 años sería

$$P_{10} = 700 (1 + 0.1)^{10} = 1.800 \text{ KVA}$$

tomando el 10% anual de aumento progresivo de carga.

Además este ramal tendría como carga permanente la carga del futuro Puerto Nuevo al que por lo pronto le podemos asumir unas 2.000 KVA, siendo desde luego muy optimistas.

En suma, en el peor de los casos, tendríamos para este ramal una carga de $(5.000 - 1.800) + 1.800 + 2.000 = 7.000$. La corriente sería:

$$I = 7.000 \text{ KVA} / 13.8 \text{ KV} \cdot \sqrt{3} \approx 300 \text{ Amp.}$$

transformadores por ejemplo, pues, cuando hay paso de corriente del Aluminio al Cobre o viceversa se produce una cierta descomposición electrolítica de carácter corrosivo que obliga a usar una pasta para neutralizar ésta descomposición.

Pero considerando que esta línea Guaranda-Portete-Maraicaoibo no tiene ramales que parten de sí y a penas tiene un transformador lo que ocasiona una mayor molestia por el consumo conectores, decidimos determinar el Aluminio 4/0 para formar la línea de Guaranda.- Además el establecimiento y montaje de esta línea de Aluminio será un entranamiento para el personal en el manejo del cable de aluminio, cuyo uso viene generalizandose cada vez más.

a) SELECCION DE LOS AISLADORES.- El objeto del aislador es aislar los hilos de la línea de uno a otros y de la cruceta. Todo aislador está provisto de una ó más piezas según el voltaje, que le permite verter la lluvia dejando un largo camino de contorno.- Hay 3 clases principales de aisladores: tipo pin, tipo suspensión y tipo "string"; pero la mayoría de las Compañías usan aisladores tipo pin para líneas menores de 44 KV.- En nuestro caso, también son seleccionados aisladores tipo pin.

Estos aisladores son los más baratos, y tienen la ventaja sobre los aisladores de suspensión de exigir menor altura de poste para suspender la línea a una altura dada desde el suelo que el aislador de suspensión que suspende la línea debajo de la cruceta.- La tabla siguiente nos dá la altura del aislador sobre la cruceta en función del voltaje.

Tabla III.- ALTURA DE LOS CONDUCTORES SOBRE LA CRUCETA PARA AISLADORES TIPO PIN.

Voltajes	2.300	6.600	13.200	22.000	33.000	44.000
altura(ft)	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	0.11

Para la determinación final de un aislador se debe establecer sus características más importantes: comportamiento mecáni-

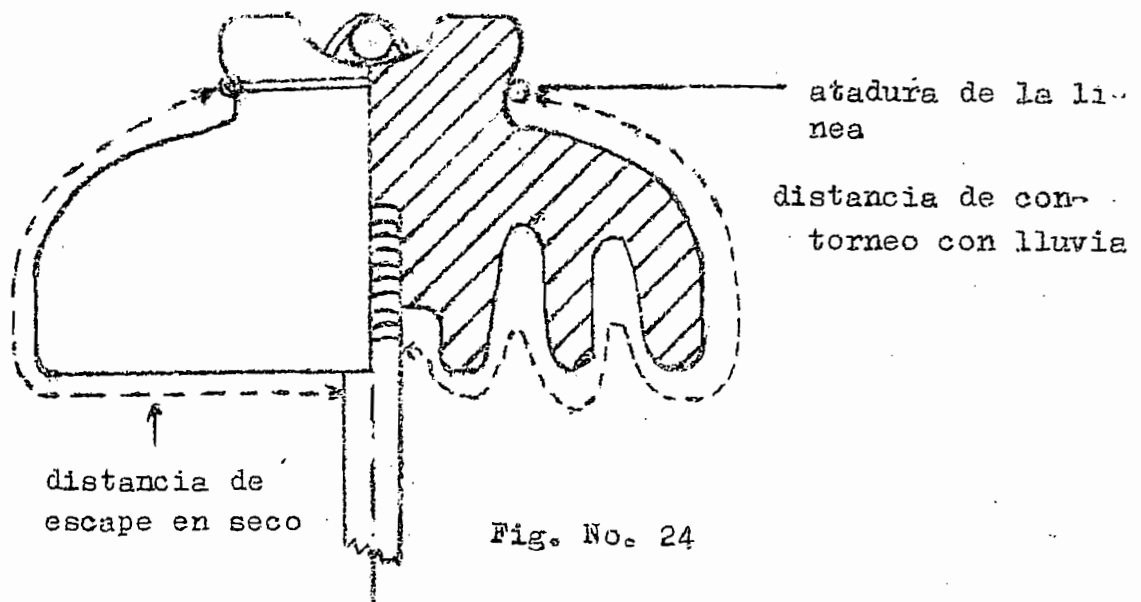


Fig. No. 24

so y comportamiento eléctrico.

Mecánicamente el aislador tipo pin trabaja a compresión pero debe estar previsto para esfuerzos extra como flexión, corte etc debidos por ejemplo a roturade líneas .

Eléctricamente tiene dos características principales: voltaje de contorno y voltaje de perforación; tanto el voltaje de contorno como el de perforación debe ser probado en seco y en húmedo. El proyecto de un aislador debe ser objeto de un estudio cuidados por parte de su fabricante.- Debe tenerse en cuenta que un aislador formado de varias partes es, en realidad, un grupo de condensador en serie.- En nuestro caso, al usar aisladores tipo pin de una sola pieza se reduce la capacidad a un mínimo.- De acuerdo con una Ley fundamental de Electroestática, la superficie de la porcelana de un aislador deben ser lo más normales o paralelas a las líneas de fuerzas electrostáticas, con la máxima tensión de arco por contorno del aislador.- Sin embargo, esta forma ideal debe coordinarse con la forma de fijación a su apoyo y condiciones mecánicas.

La empresa ha escogido aisladores " Victor " de porcelana I.T.B. con 66 KV de voltaje de contorno en seco y 44 KV de voltaje de contorno en húmedo.- En los puntos de retención se usa aislador

res tipo "String" .- Estos aisladores además de la sualidad de aislación tienen una gran resistencia mecánica de tracción, pues soportan todo el esfuerzo de ~~la~~ tensado de la línea. - Cada aislador de 6" de ϕ es diseñado para 10.000 voltios por lo que dos aisladores en cadena son usados para cada línea. - Quizá uno sería suficiente pues el voltaje de la línea a la cruzeta solo sería $13.8/\sqrt{3}$, pero en altos voltajes es mejor tener altos coeficientes de seguridad.

La línea va sujeta al aislador terminal por una grampa de "cocodrilo" de 1 1/2" con pernos en U, que le dá una gran superficie de retención debido a la suavidad relativa del Aluminio. - Los aisladores terminales van sujetos a la cruzeta por medio de pernos de ojo de 5/8".

e) DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES .- De la distancia d que es el espaciamiento entre conductores depende la reactancia inductiva de la línea.

$$X = \frac{0.004657}{1.6093} f \log_{10} \frac{d}{GMR} \quad (\text{ohms/mi})$$

En donde d igual a distancia equivalente = $\sqrt[3]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3}$
 GMR = radio equivalente del conductor = 1.088 ϕ (in)

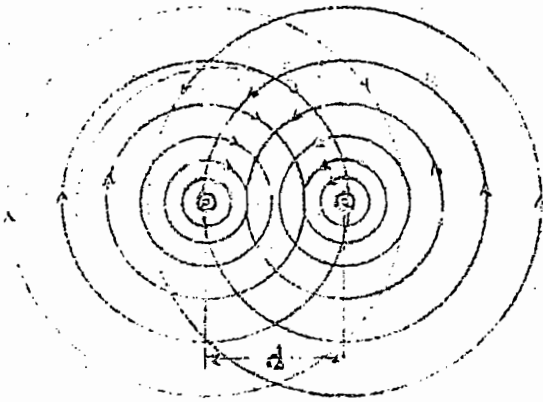


Fig. No. 25

La corriente al fluir por los conductores engendra un campo magnético inductivo proporcional a la intensidad de corriente que fluye, pero como en cada instante la polaridad de cada línea es opuesta (en un sistema trifásico exactamente a 120°,) este campo magnético se neutraliza más ó menos según la distancia d entre conductores. - Pero la distancia d depende de algunos factores: el voltaje, pruebas

en los Estados Unidos muestran que la variación del espaciamiento entre líneas y el voltaje están más ó menos según una recta

Y = E la longitud de los vanos, la flecha, la velocidad del viento, etc. que pueden dar mas ó menos batimiento a los conductores en el centro del vano y llegar a distancias peligrosas para que salte el arco. - No existen realmente fórmulas matemáticas exactas para determinar la distancia entre conductores. - Para 13.8 KV la distancia variá entre las 24" mas ó menos dadas por la formula experimental

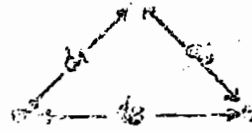
$$d'' = 6 + 1.25 \cdot KV$$

y las 30" dadas por tablas y abacos. - Sin embargo la E.E.E. ha standarizado en 29" la separación entre líneas en un plano horizontal. - Finalmente ha optado por levantar la línea central con una extensión de 22" para disminuir el riesgo de flashes debido a los gallinazos abundantes en las afueras de la urbe. - Entonces la disposición final de las líneas es la siguiente

en donde $d_1 = d_2 = 36''$

$$d_3 = 58'' ; y$$

$$G.M.D. = d = \sqrt[3]{36'' \times 58''} = 42''$$



que resulta ser una separación bastante grande pero que facilita las tomas para arranques de ramales y bancos de transformadores en donde hay necesidad de gran entrecruzamiento de puentes.

d) CRUCETAS. - Son las estructuras transversales que sustentan los aisladores y las líneas. - Van sujetas a los postes ó torres por medio de collares y pernos. - Desde que en una ciudad las casas van siendo más altas cada día y muchas tienen balcones que sobrasalen mucho de la línea de fábrica, en unos sectores, y en otros sectores, residenciales especialmente hay gran cantidad de árboles ornamentales en el centro de las aceras, estamos obligados a alejar lo más posible la línea de éstos obstáculos y estamos obligados a usar crucetas bastante voladas y por lo tanto a tener una mayor resistencia mecánica que una cruceta central.

Aquí en Guayaquil para los 13.000 V. se ha standardizado la cruceta de hierro angulo de las siguientes dimensiones:

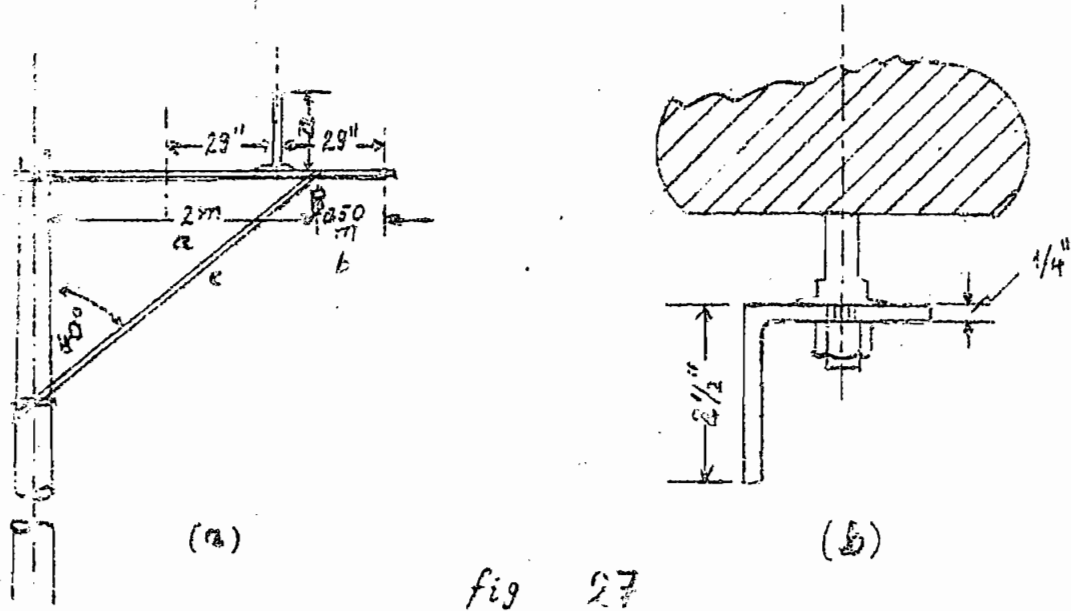


fig 27

La presente cruceta (a = b) trabaja a flexión como una viga simplemente apoyada con voladizo y además absorbe la componente de tracción de la reacción en B. La torapunta trabaja a compresión.

CALCULO DE COMPROBACION

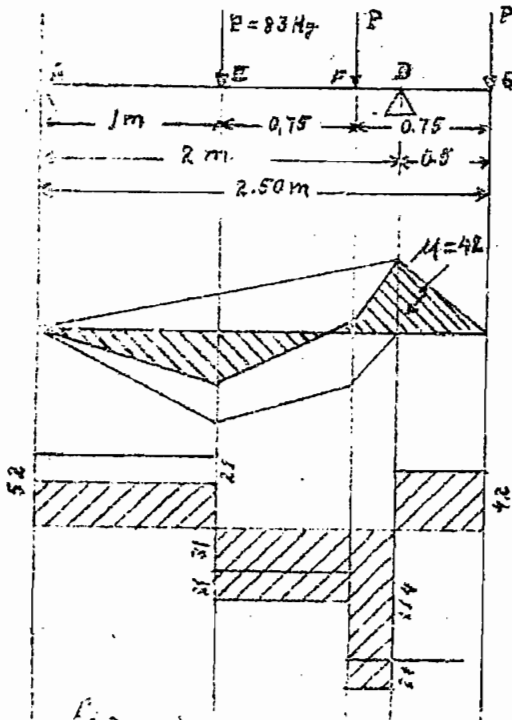


fig.

El peso P es en este caso

= al peso del conductor + el peso del aislador.

Considerando que ésta cruceta es standard para todos los casos de conductores, vamos a tomar el caso mas desfavorable ó sea cuando se trata de conductor 4/0 de cobre.

$$P = P_c + P_a$$

$P_c = L \times \gamma$; en donde P_c = peso conductor P_a = peso del aislador = 3 Kg; γ = peso /m del conductor para cobre 4/0,

$\gamma = 0.9532 \text{ Kg/m} \approx 1$; L = suma de las luces, para L

tambien tomamos el caso más desfavorable o sea cuando hay postes cada cuadra para el primario, sea $L = 80$ mts.

$$P = 80 \cdot 1 + 3 = 83 \text{ Kg.}$$

la reacción es A (isostática)

$$2 R_A - 83 - 83 \cdot 0.25 = 0$$

$$R_A = \frac{83 + 21}{2} = 52 \text{ Kg.}$$

$$R_A + R_B = 166 \text{ Kg}; R_B = 166 - 52 = 114 \text{ Kg.}$$

Los momentos:

$$M_A^E = 52 \cdot x; x = 1; M_A^E = 52$$

$$M_E^F = 52x - 83(x-1); x = 1.75; M_E^F = 52 \cdot 1.75 - 83 \cdot 0.75$$

$$M_E^F = 91 - 62 = 29$$

$$M_B^G = -83 \cdot 0.5 = -42$$

El M positivo max: $M_A^B = 52 - \frac{x}{2} = 52 - \frac{42}{2} = 21$

Los esfuerzos de corte Q

$$Q_A^E = 52$$

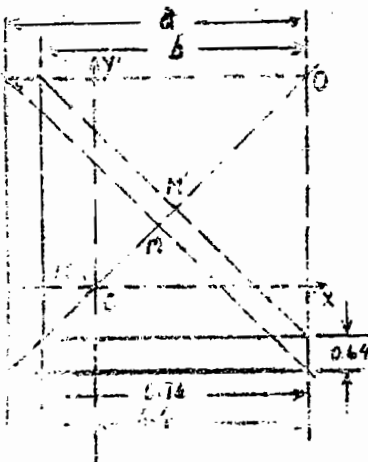
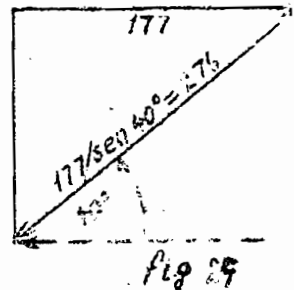
$$Q_E^F = 52 - 83 = -31$$

$$Q_B^G = 114$$

$$Q_A^B = \frac{M}{2} = \frac{42}{2} = 21$$

El esfuerzo cortante final en el apoyo B = $42 + 114 + 21 = 177 \text{ Kg.}$

la componente de tracción en la cruceta = 177 Kg.



la componente de compresión en la tornapunta = $177 / \sin 40^\circ = 270 \text{ Kg.}$

la carga máxima de la cruzeta

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} + \frac{P}{S}$$

en donde

M_{\max} = momento máximo = 4.200 Kg.cm.

P = carga de tracción = 177 Kg.

S = sección = $0.64(6.4 + 5.76) = 7.7 \text{ cm}^2$

W = momento resistente

$$W = \frac{I}{e}$$

I = momento de inercia

G = centro de gravedad

G (x, y) ; x = y = e

$$x = \frac{5.76 \cdot 0.32 + 6.4 \cdot 3.2}{6.4 + 5.76} = 1.84$$

$$I = \left(\frac{a^4}{12} + a^2 \frac{M_0^2}{12} \right) + \left(\frac{b^4}{12} + b^2 \frac{M_1^2}{12} \right)$$

$$M_0 = 3.2 \sqrt{2} = 4.5$$

$$M_1 = 2.88 \sqrt{2} = 4.1$$

$$I = 331 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{1.84} = \frac{331}{1.84} = 180 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{4.200 \text{ Kg. cm}}{180 \text{ cm}^3} + \frac{177 \text{ Kg.}}{7.7 \text{ cm}^2} = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

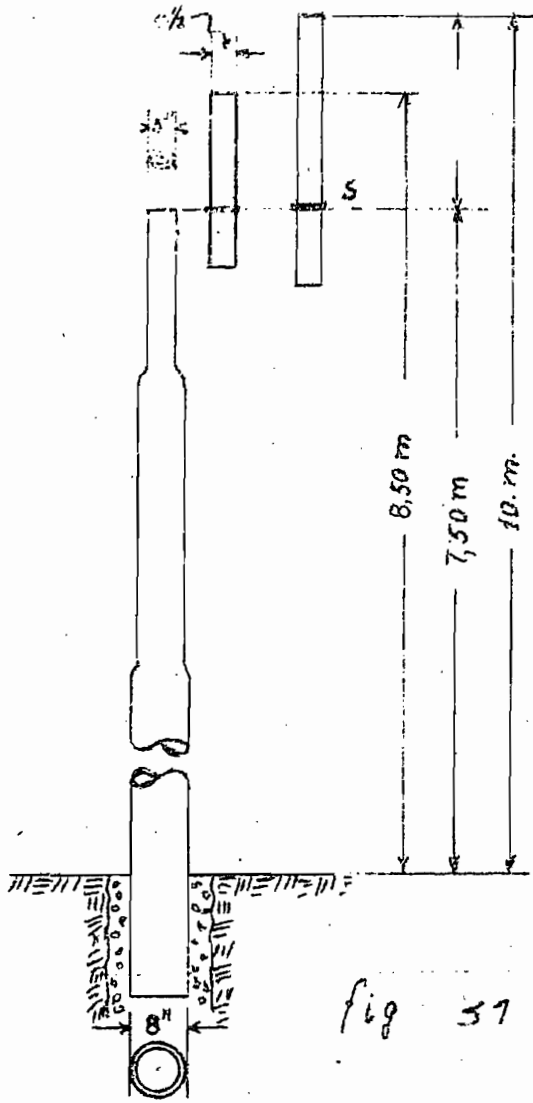
En donde se vé que el hierro de las crucetas trabaja volgado. No se lo pone de menor sección por la dificultad de armar aisladores, cajas fusibles y otros accesorios. No se utiliza madera por la ferocidad del clima y la abundancia de insectos que deterioran muy pronto el material.

El hierro de las crucetas es extragalvanizado y los partes que han sido sometidas a corte ó a perforaciones se las cubre con pintura para interperie.

e) POSTES .- La posteria de la calle Guaranda para la linea actualmente existente está constituida por postes tubulares de hierro de alta resistencia mecánica.- Están ubicados dos cada cuadra ó sea uno en la esquina; otro hacia el centro de la cuadra estableciendo una distancia de vano de más ó menos 40 metros.

Los postes standard de 30° de altura enterrados 5.5' con base de concreto.- El diametro inferior es 8" y el diametro superior 5", medidas exteriores.

Para soportar la linea de 4 mil éstos postes tienen un embone ó sea una extensión de tubos colocado en el interior del tubo en su parte superior con la cual alcanza como altura de 8.50 mts sobre el nivel del suelo.



El problema que se presenta entonces es: quedan los mismos postes, los mismos embones ó se los cambia.- Por lo pronto resuelto está el cambio de crucetas de apoyo, por cuanto éstas son centrales y chicas para las líneas de 4 mil apenas tienen 15' de separación.

Luego analizamos el problema de la altura del poste para la nueva línea de 13 mil voltios.- La altura del poste es igual a la distancia especificada de línea al suelo más la flecha y más la altura del pin con el aislador.

La altura mínima de la línea viene establecida por códigos y según ellos, para 13.000 es mínima de 7 mts.- Pero en la ciudad no podemos considerar esto porque debajo de la línea primaria viene la secundaria, y bajo

de éste lámparas de alumbrado público, relays, etc.- Otra condición es la distancia de la línea a las cubiertas y los balcones de las casas.- Esta distancia mínima sería 3 mts. - En Guayaquil también existe el problema de los árboles ornamentales existentes en las aceras y en los parterres.- En cambio la flecha máxima de los conductores no presenta problema porque los vanos cortos y los cables gruesos permiten irse a flechas mínimas.- Analizando todas estas cosas, la E.E.E. ha establecido una altura de 10 mts. para los postes que llevan líneas principales a 13 mil voltios, exceptuando casos especiales en los que se eleva aún más la línea.

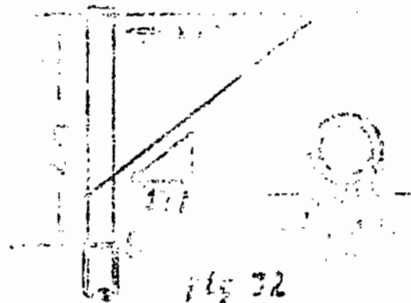
Entonces como hay que aumentar la altura y conservar los mismos postes la resolución es cambiar los embones, lo que significa una solución relativamente barata.- En la calle Guaranda tenemos el problema adicional de que los postes se encuentran fuera de la línea de bordillo y hay que relocalizarlos.- Aprovechemos la oportunidad de esta reconstrucción para relocalizarlos.

En el embone, el punto más desfavorable de trabajo es el punto S, a flexión; chequeamos el esfuerzo.

$$m. = \frac{M_{max}}{W}; M_{max} = 177 \cdot 200 = 35.400 \text{ Kg.cm.}$$

$$W = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} (12.7^4 - 11.5^4) = 863$$

$$m. = \frac{35.400}{863} = 410 \text{ Kg/cm}^2$$



O sea un valor muy bajo de trabajo para el hierro; no consideramos el esfuerzo en la pata del poste por cuanto estos postes metálicos son probadamente sobre dimensionados.- Los embones van soldados al poste.

Otros materiales usados en el montaje de las crucetas y las líneas son: collares dobles, pernos, pernos en U, gramps, ganchos etc. todos extragalvanizados y suministrados para estos fines específicos por las casas fabricantes con amplias márgenes de seguridad.

OPERACION.- El tramo de línea de Guaranda a ser cambiado solamente tiene un tr. monofásico en la calle Camilo Vestrage; si conseguimos alimentar el circuito secundario de este tr. por otro lado, podemos matar la línea y trabajar tranquilamente en frío. Esto lo conseguimos corriendo un hilo No. 6 desde el punto más cercano, (Fig. 33) Colombia y Ambato, una cuadra hasta Colombia y Capitan Zaera, esto con un costo muy bajo, pues solo se utiliza un par de aisladores y 100 metros de alambre que después será recuperado y 1/2 día de trabajo de una cuadrilla de 7 hombres.- Primero se monta el transformador

provisional para luego retirar el otro transformador. No se puede entrar en paralelo porque de seguro que no coinciden las faces, entonces se abre la caja fusible del uno para luego cerrar la del otro, esto con un segundo de intervalo.

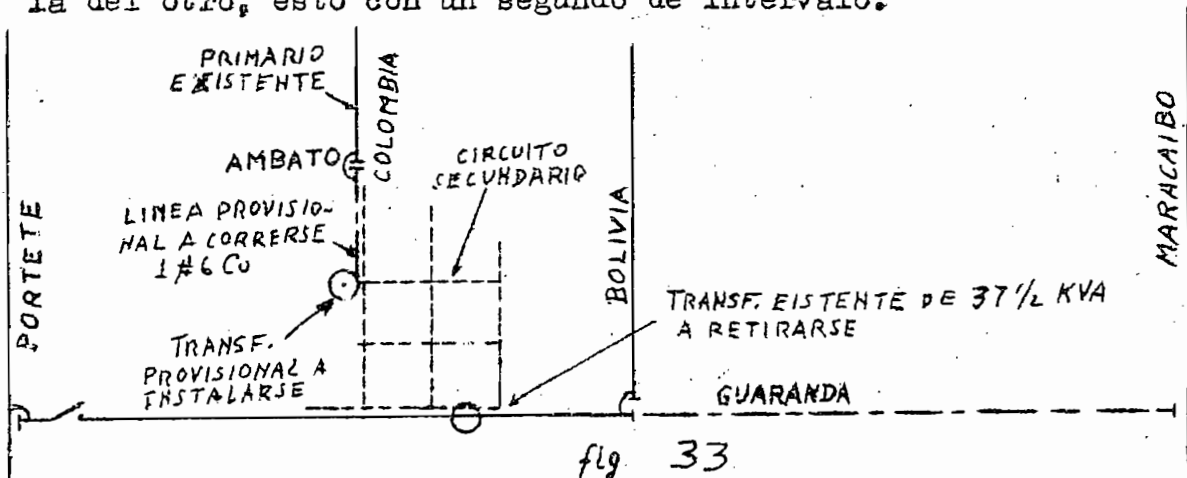


fig 33

Entonces ya podemos proceder a retirar la línea de Guaranda. Se mata la línea sacando los puentes en Guaranda y Bolivia, pero para proceder a tocar las líneas con las manos desnudas es obligatorio poner palos a tierra (ground sticks) estos son cuatro palos con ganchos y conductores que cierran entre sí a las tres fases con tierra. Si por cualquier descuido la línea es energizada, se irá a tierra por los palos sin causar daño a los operadores. Luego de colocados los palos a tierra se procede a desamarrar la línea de los aisladores lo que se puede hacer con un solo hombre sobre una escalera Champion (escalera de doble hoja totalmente desplegada que mida 44'). El desatado de la línea de Guaranda puede ser luego hecho por una cuadrilla de 7 hombres en 1/2 día. Luego para bajar la línea, se corta en un extremo aguantando con un jack y se va cobrando del otro extremo en un carrete. El extremo suelto hay que guiarlo con un cabo largo para evitar que vaya cayendo sobre las otras líneas existentes: secundarios, acometidas, teléfonos, etc. El alambre usado hay que enrollarlo cuidadosamente, porque será devuelto al almacén y será utilizado en otros trabajos como de líneas secundarias por ejemplo. Cuando las líneas son más pesadas es bueno colocar sobre las crucetas poleas ó garruchas para que ruede más fácilmente y sin lastimarse.

Para proceder a recalzar un poste es necesario parar

primero el nuevo, pasar las líneas y sacar el viejo que servirá para relocalizar el siguiente. - Casi siempre hay postes de reserva ó en movimiento que permiten parar las alineaciones de postes, pasar todas las líneas y luego retirar los viejos. - En la E.E.E. la parada y sacada de postes está a cargo de contratistas que hacen el trabajo por obra: s/ 140.00 la parada s/ 120 la sacada de un poste tubular metálico. - Para éste trabajo es utilizada una grúa, cuyo cable se amarra con grillete un punto mas arriba del centro de gravedad del poste, y éste es movido con facilidad. - Se le pone vertical a nivel y se consolida la base con concreto.

Para relocalizar las líneas se procede primero en el secundario (líneas secundarias) que sirven para estabilizar el poste y para apoyar las escaleras para luego trabajar más arriba en el primario. - Cuando la condición de las líneas lo permiten: acometidas, posición de los postes, etc. se traspasa las mismas lenas en caliente, con un aparejo para evitar flashes entre líneas, protegiendo con mangueras de caucho (line hoses) los puntos de posible contacto. - Cuando esto es imposible, se duplica el secundario, ó sea se corre un nuevo secundario, se traspasa las acometidas de los clientes con puentes provisionales para evitar interrupciones en el servicio y se retira el secundario viejo que a su vez servirá para una operación similar en otro tramo, con un coeficiente de pérdidas de cobre, por supuesto. - Y ya podemos correr la nueva línea, en nuestro caso, el aluminio 4/0. - Es necesario considerar que el aluminio es sumamente suave, y que por lo tanto debemos tener mucho cuidado al manejarlo: no arrastrarlo demasiado por el suelo, no rozarlo sobre aristas agudas, peor producir un flash con esta línea, por que se corta.

Para subirlo se utiliza el proceso inverso que se indicó para retirar el conductor, ó sea que se abica el carrete al un extremo y con un cabo largo se lo lleva cuidadosamente por sobre las demás líneas rodándolo sobre las poleas que se encuentran sobre las crucetas. - Se amarran provisionalmente los cables a los postes terminales y luego se procede a tem-

plarlo.

EMPATES .- Es preferible no hacer empates en la línea de aluminio. En nuestro caso no es necesario por cuanto los carretes tienen 3.000 F' y nuestro tramo es de 900 mts.- Sin embargo, cuando es necesario hacer un empate en el cable de aluminio se usa la juntura "double sleeve joint" que consiste de dos manguitos que abrazan las dos puntas de los cables a empatare y son retorcidos con una especie de tarraja (Sleeve twister).- También se puede unir estos manguitos al cable a alta presión con una máquina hidráulica.- Nosotros usamos la Burndy Hy Press de 14 toneladas.- En los cables de cobre es más seguro hacer empatare de pavila (samburát).- Cuando se hace un empatare con alguna retorcadura hay que tener el cuidado de torcer en el sentido inverso del torcido de los strands del cable.

TEMPLADO O TENSADO DE LAS LINEAS.- Para proceder a tensar las líneas es necesario lo aguantar las crucetas terminales con vientos (guy) de cable templador de acero galvanizado que a su vez va anclado al suelo con anclas de concreto ó a un riel.- Se persigue eliminar los anclajes directamente al suelo cogiéndose directamente al poste de atrás siguiente. En nuestro caso veamos que templador ponemos : para ello tenemos que determinar el esfuerzo de tracción total de la línea que va a soportar el viento.- La tensión final de la línea en el punto de remate depende inversamente de la flecha del conductor.- A su vez la flecha depende de la carga unitaria por unidad de longitud distancia entre soportes, temperatura, tensión.- La carga unitaria del conductor a su vez depende del peso propio del conductor nieve que puede depositarse sobre él (en Guayaquil no hay este problema) y velocidad del viento:

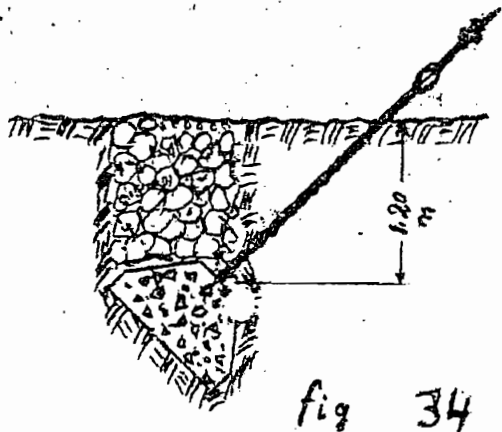


fig 34

En general para tramos cortos como los que tenemos y las condiciones climáticas de Guayaquil, podemos utilizar perfecta

mente la fórmula:
$$d = \frac{w S^2}{8 H}$$

en donde:

d = flecha en mts.

w = carga resultante sobre el conductor Kg./m

S = longitud del vano = 40 mts

H = tensión horizontal del cable en Kg.

En el presente caso:

w = 0,294 Kg/m

0,294 Kg/m = al peso /m de cable de aluminio 4/0

H = $\frac{1.810}{2}$ = 900

1.810 = carga de rotura

2 = coef. de seguridad

d = $\frac{0.294 \times 1.600}{8 \cdot 9}$ = 0,067 mts.

Fijamos la flecha del conductor en 20 cm. y el coeficiente de seguridad de la carga de rotura queda en 6.

El esfuerzo H en el remate de la línea será aproximadamente:

$\frac{1.810 \cdot 3}{6} \sim 900$ pe. considerando el ángulo que el templa do hace con la horizontal:

$T = \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{900}{0,97} = 930$ Kg. y dándole un coef. de seguridad de 2 al cable templador:

930 . 2 = 1.860 Kg.

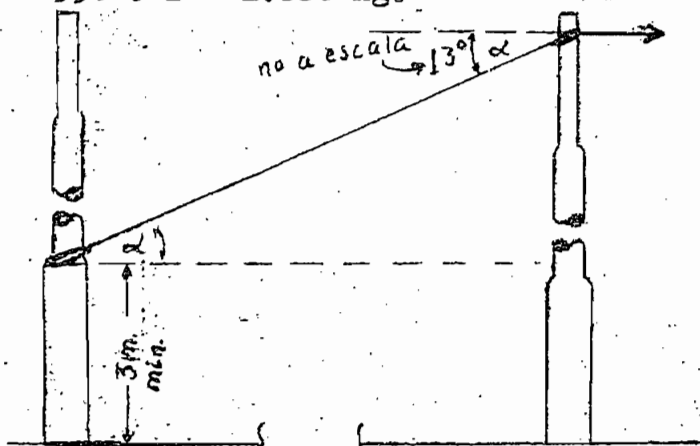
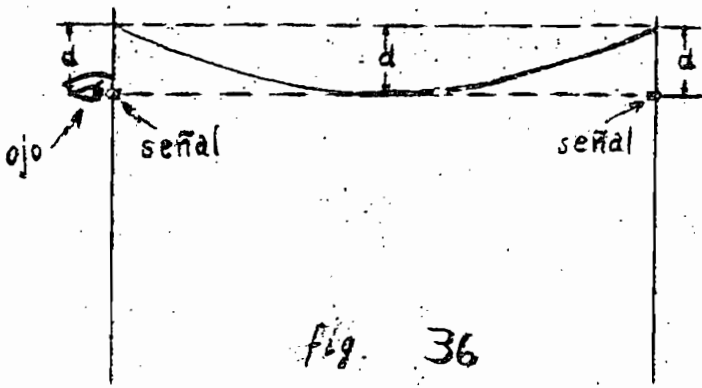


fig 35

Con este valor buscamos en la tabla y encontramos que el cable templador de acero común 3/8" con 1.928 Kg. de carga de rotura cumple este requisito. El templado del viento se hace con un jack (chain jack).- Existe un dinamómetro para intercalar en-

tre el jack y el cable para determinar la tensión exacta, pero como nosotros no disponemos de éste instrumento, y por otro lado hay que dejar perfectamente alineada la cruceta de remate, se procede a llevar simultáneamente la línea y el templador dando a la línea la flecha establecida y dejando alineada la cruceta con el templador.- El templador se lo remata con grampas de 3 huecos (Three-bolt guy-wire clamp).- Es buena práctica intercalar en el templador un aislador de bola para evitar cualquier paso de corriente especialmente cuando el templador baja hasta el suelo y un paso de corriente puede darle un buen susto a algún transeunte.

Entonces el templado de las líneas se lo hace también con un jack.- El jack es agarrado a la línea por medio de una garra (come-along) que es una herramienta formada por dos quijadas que sujeta firmemente el conductor sin producirle ningún daño.- Sin embargo para sujetar el cable de aluminio se usa un come-along de mandíbulas largas (Chicago pulling grip) para repartir la presión en una mayor superficie por la suavidad del aluminio.- Se temple la línea exterior con la flecha calculada.- Para esto se puede utilizar una pértiga con las medidas puestas que se la coloca en la mitad del vano ó simplemente al ojo.- Fijada la una línea, se empateja las otras dos a la primera.- Se puede



también temple las líneas usando una polea como ecualizador y empatejar la 3a. línea. Para colocar la línea en los aisladores de retención se utilizan unas clam ps especiales según sea la línea de cobre ó de aluminio

En nuestro caso para el aluminio usamos grampas de "cocodrilo" ó sea una grampas de también gran superficie de contacto con el cable y firmemente sujetadas con abrazaderas de pernos en U con doble tuerca.- Se deja el un extremo largo para que el mismo sirva de puente.

ATADO .- Después de tensado el conductor se procede a amarrarlo firmemente a los aisladores de los postes intermedios para evitar que puedan caerse sobre la cruceta ó que se venga abajo toda la línea en caso de alguna rotura.- Este atado se hace con alambre de cobre No. 6. ú 8, recocado para que sea suave y permita desatar en un futuro por medio del palo de amarres (tie stick); por el mismo motivo se hace en las amarres unas argollas ú orejas que sirven para enganchar el tie stick y poder desamarrar la línea en caliente para cualquier arreglo.- Cuando la línea forma algún ángulo de deflexión es mejor amarrarla al cuello del aislador aun cuando se ocasione una compresión extrínseca al aislador y una flexión al pin.- Si el ángulo es considerable se debe usar aisladores de suspensión.

PRUEBAS DE LA LINEA.- Lo que mas nos interesa para poder calentar la línea es la aislación entre líneas y a tierra.- Las dos pruebas las podemos hacer con el Megger.- El Megger es un ohmetro de alta resistencia con un generador de C.C a manecilla, algunos disponen de un pequeño A.C. motor; tiene la escala directamente en mega ohmios, tiene un nivel circular con el cual hay que dejar perfectamente nivelado el aparato para poder tomar lecturas.- La aislación entre líneas tambien la podemos hacer por simple inspección visual.

Para medir la aislación con el Megger unimos entre si los extremos de las tres líneas y probamos con tierra. - Si una resistencia menor de 500 megohmios es marcada, algo anda mal y hay que determinar la falla.- Podemos medir luego independientemente línea por línea para ver cual es.- Si se ha determinado esto procedemos a verificar aislador por aislador con el mismo Megger hasta determinar el aislador ó los aisladores fallosos y proceder a reemplazarlos.- Generalmente usando aisladores nuevos es muy remota la posibilidad de baja aislación en las líneas aéreas.

Este ramal de Guaranda está, entonces, listo para meter corriente.- Para ello instalamos un switch de aire entre las calles Porte^{te} y Venezuela para poder conectarlo rapidamente

a la alimentadora Portete. - Este interruptor queda abierto, la manecilla con candado hasta el momento de meter corriente y la línea queda con palos a tierra. }

Hasta este momento hemos trabajado en frío en la línea de alta, pero la relocalización de líneas secundarias si se ha hecho en caliente, y no se ha interrumpido el servicio ni un solo momento y dejamos las cosas aquí hasta preparar el ramal Maracaibo:

RAMAL MARACAIBO. - Analizemos este ramal: está alimentado actualmente por Dolores Sucre, El Oro, 5 de Junio (Plano 3a). - Está constituido por 3 líneas No. 6 de cobre desde Dolores Sucre hasta Guaranda; por 3 No. 4 desde Guaranda hasta Garcia Moreno; por 2 No. 4 desde Garcia Moreno hasta Los Rios; de aquí sigue hacia el oeste con 2 No. 6. - Todos los subramales son línea No. 6 exceptuando el ramal de Buenos Aires que tiene 2 No. 6, todo cobre.

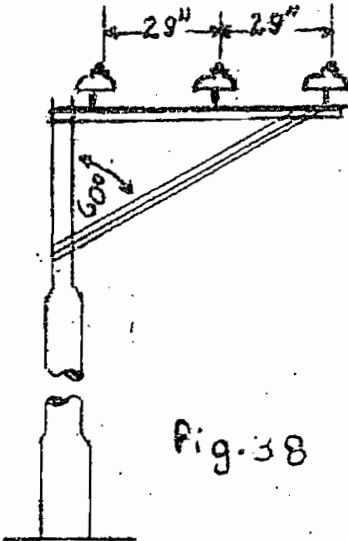
Tengamos presente que desde Maracaibo y Quito partirá la línea para el futuro Puerto Nuevo y dividamos este ramal en dos partes: desde Dolores Sucre hasta Avenida Quitoy de Avenida Quito hacia el Oeste. - La futura línea a Puerto Nuevo nos obliga a hacer un corte en la línea en este punto y cambiar la línea No. 6. Veamos el calibre a ponerse. - En capítulos anteriores hemos determinado que la carga permanente de este ramal será 1.800 KVA propios del ramal mas 2.000 KVA asumidos para Puerto Nuevo, total 3.800 KVA.

Longitud de la línea desde Dolores Sucre hasta Quito: 6 cuadras aproximadamente 500 mts.

$$\text{Corriente por línea: } \frac{3.800}{13.8 \cdot \sqrt{3}} = 166 \text{ Amp.}$$

Este valor de la corriente nos dá la idea de que el conductor estará entre el No. 4 ó No. 2. - Además tenemos que tener en cuenta que en un caso de falla de la alimentadora principal, se alimentará por Guaranda y este ramal:

$$\frac{5.000 - 1.800}{13.8 \cdot \sqrt{3}} < 160 \text{ Amp.}$$



para la preparación de ramales livianos de línea No.6, decidimos cambiar por los aisladores Victor de I. T.E. ya mencionados anteriormente.

Ahora nos enfrentamos con el cambio de los conductores sin interrumpir el servicio.- Como el cambio de conductores en caliente de ésta línea sería muy peligroso y lento y por lo tanto muy costoso, buscamos la manera de alimentar con líneas provisionales para poder matar la línea y

hacer el cambio en frío.

El proyecto de trabajo es así; en el esquema 4: 1o.) Hacemos el corte de la línea en la Av. Quito para cargar desde éste punto hacia el Oeste a la alimentadora Portete de 13 mil para lo cual tenemos que convertir éste tramo a 13 mil v.

El corte en la línea de 4 mil tiene que ser efectuado en caliente y se procede de la siguiente manera:

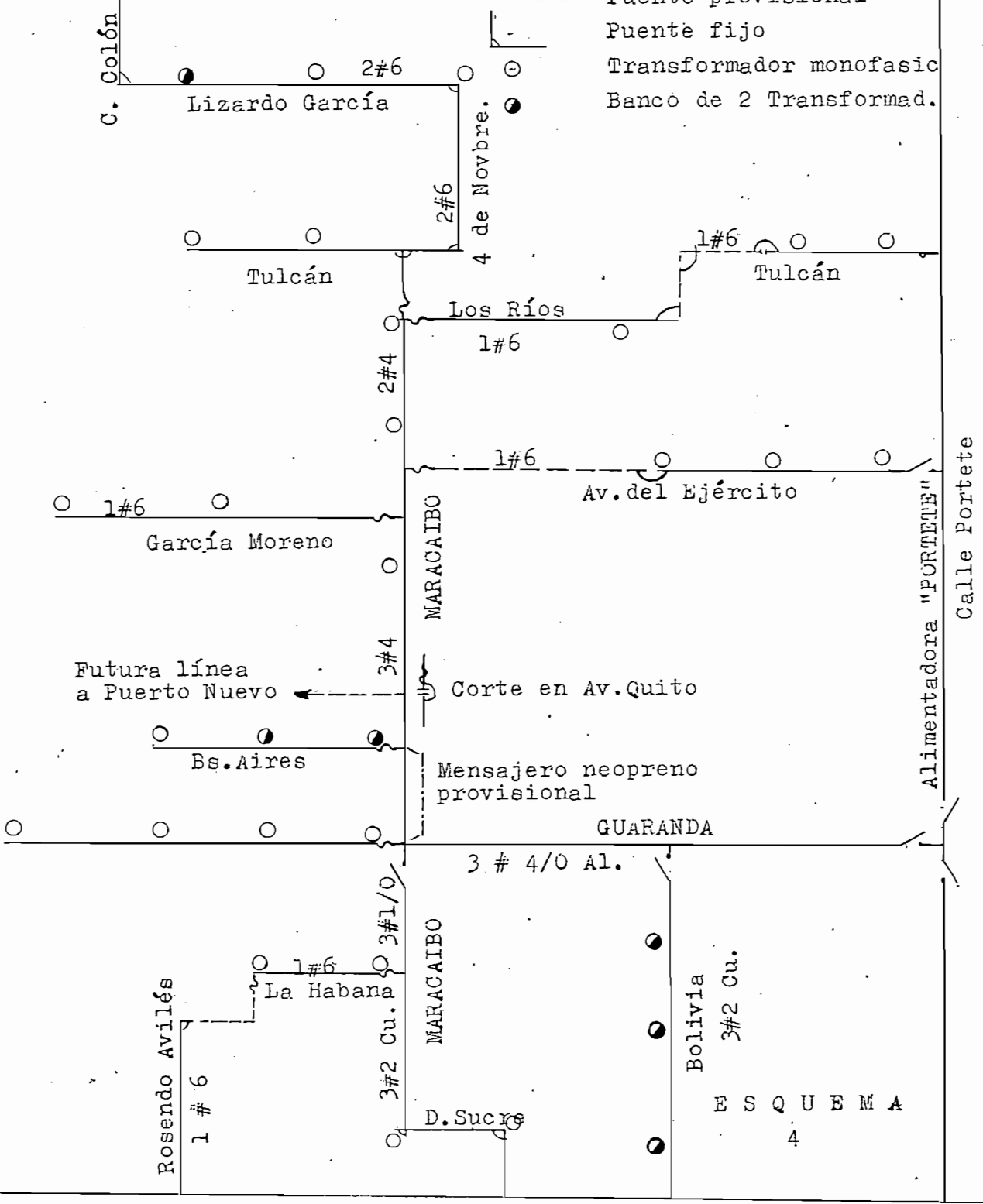
Se forra la línea a cada lado de la cruceta con mangueras protectoras (line hoses) y se cubre los aisladores con "cabezas" (protectores especiales para el objeto).- Luego se pone puentes provisionales con forro de 5 mil voltios cogidos con grampas "Kearney" fáciles de ser removidas ya sea manualmente ó con palos de gancho.- Se desata la línea, se la levanta y se la amarra a las escaleras de extensión de 44', se utiliza dos escaleras para amarrar las 3 líneas.- Luego se procede a cambiar la cruceta, pues un corte de la línea siempre se lo hace en una cruceta doble y se vuelve a apoyar la línea forrada sobre la cruceta.- Luego con dos aparatos, uno a cada lado de la cruceta se temple la línea para poder cortarla en el puesto neutro sin tensión; las puntas se entra en las grapas terminales de los aisladores de suspensión y queda la línea con puentes provisionales.

2o.) Calentamos la línea nueva de aluminio de Guaranda con

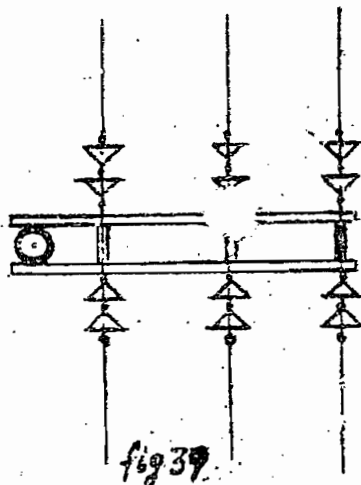


E S C A L A
1 : . 8 . 0 0 0 ..

- Linea Primaria abierta
- - - " Provisional abierta
- - - " " " en mensajero
- Caja Fusible
- Interruptor de aire
- Puente provisional
- Puente fijo
- Transformador monofasico
- Banco de 2 Transformad.



E S Q U E M A



4 mil por Bolivia, con switch provisional y le transferimos el ramal de Washington.- Este es una sola línea No.6 y hay que tener cuidado en fasear para ver a cual fase corresponde; el cambio lo hacemos con un puente provisional para no interrumpir el servicio.

3o.) Unimos los subramales La Habana con Rose ; Añez con cuadra y media de alambre No.6 sobre pines

de extensión y aisladores colocados sobre los postes que sustentan el secundario, y descargamos el subramal de La Habana de Maracaibo.

4o.) Corremos un cable mensajero provisional 2 líneas neoprene No.6 de 5.000 voltios desde Guaranda para alimentar el subramal de Buenos Aires.- En el montaje de éste cable hay que poner especial cuidado en la preparación de las puntas que van conectadas a la línea abierta, pues éste punto es el más vulnerable para que se produzca un flash entre el extremo vivo y la cinta metálica que cubre el cable.- Cada fabricante entrega un folleto de instrucciones para preparar las puntas, hacer empates ó bifurcaciones en el cable.- Simplex Wire & Cable Co. da las siguientes instrucciones para preparar las puntas en el shielded and drex rubber-jacketed cable.

Dos cosas fundamentales tenemos que perseguir al preparar una punta en éstos cables: dar una distancia de escape (leakage distance) apropiada entre la punta y el cincho de cobre que envuelve el cable, y obtener una aislación por lo menos igual a la original.

En la figura No.38, (1) es un cono de caucho de protección contra la lluvia, hace en resumen de paraguas.- (2) es una cinta plástica para evitar infiltración de agua lluvia en el interior del cable, con la que se cubre exteriormente la bola; es alto aislante, anticorrosiva, im-

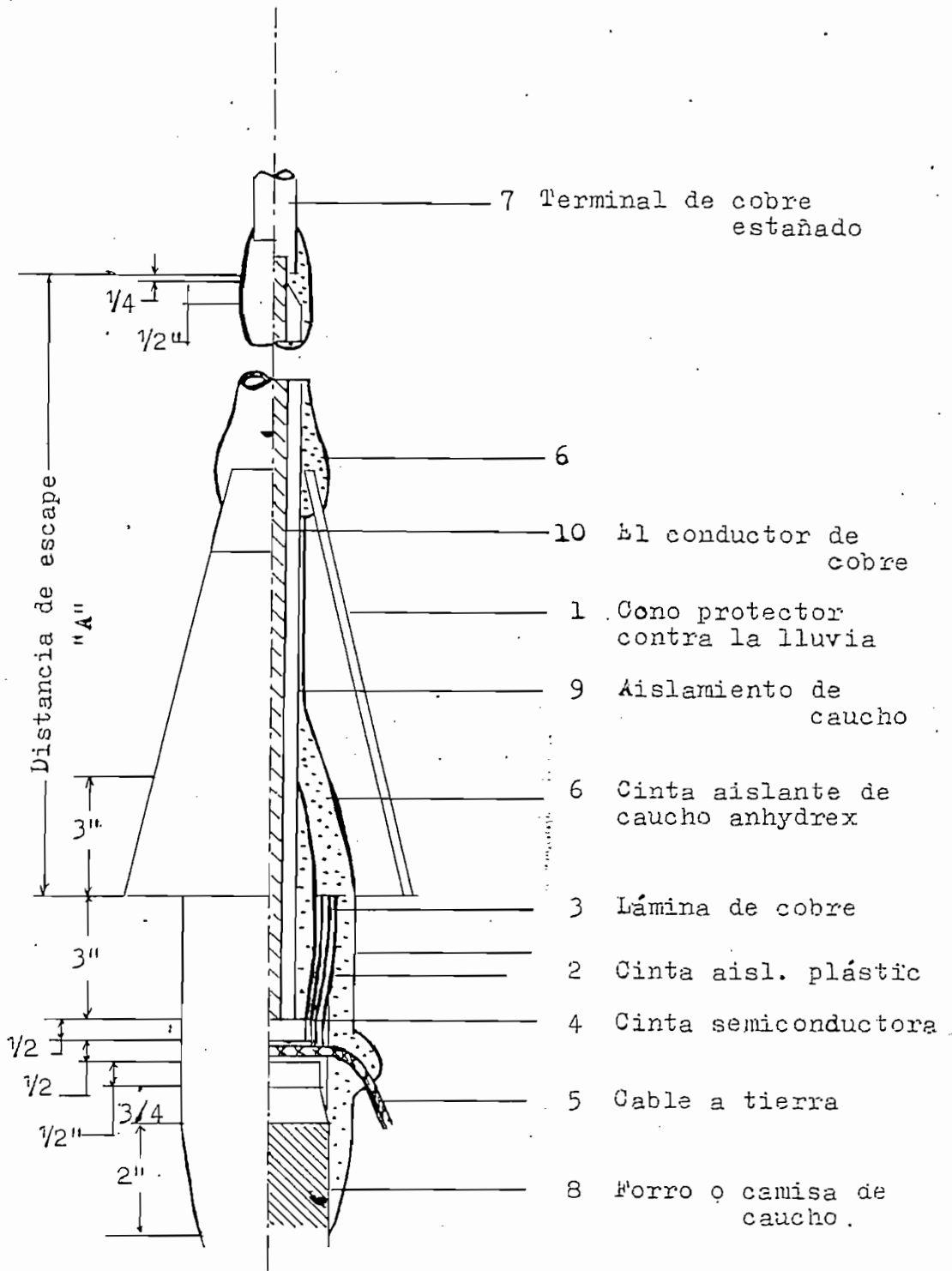


Fig. 40

PUNTA TERMINAL CON CONO PROTECTOR DE LLUVIA EN POSICION ASCENDENTE DE UN CABLE NEOPRENO PARA 13.8 KV.

permeable, etc.- (3) es una cinta de cobre que se suelda perfectamente a la lámina de cobre propia del calibre para ponerlo a tierra, pues el paso de corriente induce un voltaje en la lámina de cobre que puede tornarse peligroso.- (4) es una cinta semiconductor que se la coloca íntimamente con la cinta de cobre.- (5) es el cablecito soldado a la lámina de cobre y que sale al exterior para ser conectado a tierra por medio de una grampa ó soldado para evitar que la lámina se cargue de electricidad electrostática por inducción.- (6) es la cinta de caucho (anhydrex tape) que forma la masa de la aislación, es de baja absorción de agua, resistente a la ozonización, alto dieléctrico, caucho de gran resistencia y que con el tiempo se vulcaniza formando una sola masa completa, homogénea, sin necesidad de calentamiento ó compresión.- (7) es el conector terminal estañado que vá en la punta del cable

La confección de ésta punta requiere alguna habilidad y experiencia y hay que tener muchos cuidados como evitar hacer cortes circulares transversales para no destruir el aislamiento interior, colocar las cajas de cinta cubriendo la mitad de la vuelta anterior, rasquetear el caucho y cubrir con cemento de caucho para que la juntura del caucho anhydrex sea perfecta, limpiar con un solvente volátil las partes sucias y permitir la evaporación de éstos, evitar quemar el aislante al hacer soldaduras, y principalmente dar las medidas establecidas.

La tabla IV da la medida de A en función del voltaje y de las condiciones del medio.

TABLA IV .- Dimensiones en pulgadas de A

Voltaje de fase a fase	A - Distancia de Escape		
	interiores secos	exteriores mojados	condiciones severas y sucias
2001-5.000	4	10	12
5001-7.500	6	12	15
7501-17000	1"por Kv.	2"por Kv.	2 1/2"por Kv.

En nuestro caso escogemos 12' para 4 mil voltios y 2 1/2 por Kv para 13 mil; consideramos las medidas de Guayaquil como severas, pues durante el verano se deposita sobre la punta gran

cantidad de polvo con partículas salinas que con las primeras lluvias de invierno forma solución salina dando un camino de baja resistencia a tierra con el peligro de un flash y la destrucción de la punta.- Realmente por estas condiciones se debe hacer una inspección periódica principalmente cerca de invierno y efectuar un lavado con

Transfiriendo el ramal de Buenos Aires a la línea de aluminio de Guaranda por medio de este cable neoprene ya quedaría mas descargado completamente el tramo de Maracaibo ó sea cambiando de conductores.- Pero para seguir con el orden de los trabajos tenemos que convertir el tramo de Maracaibo de Aun- ción-Quito hacia el Oeste para poder cargarlo a la alimentado- ra Portete.

CONVERSION DEL RAMAL MARACAIBO-OESTE .- En este tramo del ra- mal, desde Avenida Quito hasta la calle Garcia Moreno (esque- ma 4) tenemos 3 conductores No.4 y hasta la calle Tulcán, 2 No.4 que nos permite servir unos 2.600 KVA ó sea una cuatro veces la carga actual propia de este ramal.- Luego este ra- mal continúa y se abre en líneas No.6 para servir a pequeños bancos aislados; de manera que absolutamente no tenemos nece- sidad de ningun cambio de conductores.- En cuanto a los aisla- dores, el ramal que corre por Maracaibo hasta Los Rios ya es- tá arreglado para el nuevo voltaje con aisladores de vidrio, y opios para líneas livianas, y con crucetas voladas que per- miten los 29^º establecidos de separación entre conductores.- Solo tenemos que cambiar los aisladores de los subramales de línea No.6.- Para esta operación seguimos el mismo proceso indicado anteriormente ó sea forrar la línea con line hoses, desatarla de su aislador viejo(hay que tener mucho cuidado con estas amarras porque ya han sido motivo de accidentes al estar rotas ó romperse bruscamente al desamarrar y rozar con la cruceta), levantarlas y amarrar la escalera mientras se procede a cambiar el pin y el aislador para volver a de rla en su sitio con la nueva atadura.

Los postes son generalmente de concreto, mas bien bajos

con polo 8.80 mts sobre el suelo, pero no se procede a cambiarlos por no elevar mucho el costo de la conversión, por que en estos sectores suburbanos no está todavía marcada la línea de fábrica de aceras y calles, y porque las casas generalmente de caña son todavía bajas y no presentan peligro. Sin embargo cuando hay alguna construcción alta aislada se procede a aumentar la altura del poste correspondiente con una extensión ó con cambio de poste.- Los fines de extensión de 36° que se usa permiten una altura de 4° sobre las líneas secundarias, que está dentro del reglamento americano

Además hay que cambiar los aisladores de remate, pararrayos, cajas fusibles en los arranques y los transformadores.

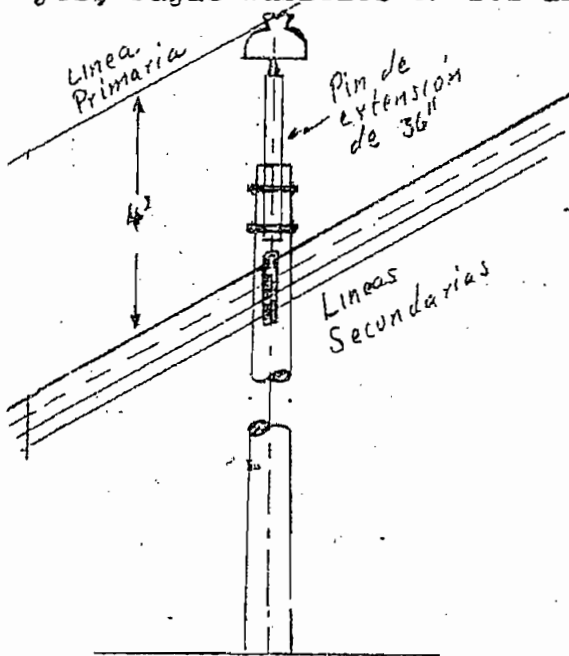


fig 41

Para el cambio de los transformadores tenemos que instalar un banco de 13 mil semejante al actual de 4 mil, y dejarlo listo para poder abrir las cajas fusibles al banco de 4 mil y cerrar las cajas del de 13 mil, apenas el voltaje del feeder haya sido cambiado.- Naturalmente el banco de 4 mil está instalado en el centro de carga del circuito secundario y el nuevo banco deberá ir también en este mismo sitio.- Esto duplica el trabajo pues nos obliga a hacer un doble cambio; si el poste es grande, resistente,

metálico generalmente, optamos por aumentar los dos transformadores ó bancos en el mismo poste, pero de todos modos el trabajo es doble porque tenemos que instalar un banco de 4 mil igual al actual en la parte inferior del poste, con puentes provisionales y bajados de alto con cable neoprene de 5.000 voltios.- Retirar el banco viejo de 4 mil para en su sitio colocar el banco de 13 mil que será permanente.

MONTAJE DE TRANSFORMADORES.- Los transformadores chicos hasta

37 1/2 KVA van montados directamente a los postes sea con collares dobles y pernos de 5/8" o 3/4", según el tamaño, o colgados en crucetas especiales.

En un poste metálico robusto hemos montado transformadores hasta de 100 KVA, monofásicos.

Sin embargo estos transformadores grandes o bancos de tres transformadores de mediano tamaño deben ser, mejor, montados sobre plataformas metálicas en dos postes, generalmente un poste grande que lleve la línea, y uno bajo para ayudar a llevar la plataforma. Si los transformadores van a ser muy pesados hay que tener el cuidado de colocar la plataforma a una altura tal que permita el uso de la pluma y el winch del camión para poder subirlos o bajarlos.

La subida de los transformadores se hace por medio de un aparejo factorial de doble polea y el winch del camión.

El "Transformer hoister" es una herramienta para armar el aparejo alejándole del poste para evitar rozamientos del transformador con los cables secundarios. -El extremo del cabo del aparejo se lo pasa a través de una patece colocada al pié del poste para evitarle mucha flexión.

CUIDADOS EN EL MONTAJE DE TRANSFORMADORES. -Primero hay que determinar las dimensiones del aparejo a usarse. -Nosotros estamos dotados de dos clases de aparejos: de 1/2" y de 7/8.

TABLA V.- CARGA DE SEGURIDAD EN LBS PARA CABOS DE MANILA		
Diámetro del cabo	Carga de Seguridad (lbs)	
	nuevo	con 6 meses de uso
1/2"	530	265
5/8"	880	440
7/8"	1:540	770

Hay que tener en cuenta que la carga P en el cabo en un apa-

rejo factorial de doble polea es igual a $1/4$ de Q el peso del transformador: $P = \frac{Q}{2n}$ siendo n el # de poleas.- Con el $1/2$ " levantamos hasta transformadores de 25 KVA, y mayores con el de $7/8$ ".- Para transformadores muy grandes es necesario usar ya el cable de acero propio del winch del camión. Hay que revisar que el cabo esté en buenas condiciones.- Un cabo de más de 6 meses de trabajo tiene solamente la $1/2$ de la carga de de rotura de un cabo nuevo.

Hay que forrar todas las líneas primarias y secundarias que quedan cerca de la operación.- Hay que evitar movimientos bruscos y sacudidos, especialmente al bajar.- Hay que cuidar que ningún liniero o transeunte esté colocado debajo del transformador en movimiento.- Hay que evitar golpear el transformador especialmente las partes frágiles como son los bushings.

Al efectuar las conexiones del nuevo transformador o banco de transformadores, a menos que haya alguna instrucción contraria, debemos hacerlas exactamente igual a las del banco viejo, para poder entrar en paralelo (hay que igualar los taps) evitando cambios de polaridad o de rotación de secuencia de fase con el cambio consecutivo de la vuelta de los motores 3ϕ conectados.

pueden

Sin embargo tanto la polaridad como la secuencia de fase alterarse en el cambio de voltaje de operación porque no es seguro que las fases del nuevo voltaje correspondan en secuencia a las del voltaje saliente.- Esto lo podemos determinar analizando las conexiones en la central y siguiendo cuidadosamente el curso de la línea o experimentalmente con banco de transformadores auxiliar.- De todos modos es bueno chequear la secuencia de fase con el "brujo" o faseador de secuencia antes y después de la conversión para evitar cambio de la vuelta en los motores 3ϕ .

Hay que efectuar primero las conexiones del lado de alta, con la caja fusible abierta, por supuesto, y luego las del secundario porque estamos trabajando en caliente y debemos tener presente que si conectamos el lado de baja primero al secundario caliente, ya está saliendo alta tensión en los bushings del lado de alta; ya se han producido accidentes por ignorancia del personal en no

tener en cuenta este detalle.- entonces al final el transformador de 13 mil queda conectado solamente con la caja fusible abierta, lista para el cambio.

Ahora nos falta por donde alimentar este ramal con 13 mil voltios.- Inspeccionando el esquema 4 vemos que los puntos más cercanos con 13 mil son los subramales de Av. del Ejército y Volcán que corren desde Portete hacia el sur.- Estos dos subramales constan c/u de 1 hilo " 6, pero podemos llevar por el uno una fase y por el otro otra fase alimentando provisionalmente las dos fases existentes en el ramal Maracaibo.- Para esto enlazamos estas líneas con pocas cuadras de alambre 6 sobre pines y aisladores en las puntas de los postes de secundario y colocando cajas fusibles para que funcionen como switches podemos convertir este ramal con un costo ínfimo de líneas provisionales.

Ya estamos listos para la conversión.- La operación se reduce a:

1.- Abrir las cajas fusibles que dejamos instaladas en el corte de Maracaibo y Av. Quito (se interrumpe el servicio en el sector por primera vez) 2.-

En cada banco: abrir las cajas fusibles del banco de 4 mil y cerrar las del banco de 13 mil y

3.- Cerrar las cajas fusibles de los dos bancos provisionales de alimentación que hemos corrido desde Portete y se restablece el servicio. El total de bancos a ser convertidos son 3. si ponemos un par de hombres en cada banco con el camión cerca para transmitir la orden por el equipo radio transmisor y receptor que tiene cada carro podemos efectuar todas las operaciones en dos minutos.- La primera interrupción que se ha hecho ha durado dos minutos.

Afortunadamente de estos bancos solo uno sirve carga trifásica a un solo cliente, en Lizardo García y O Conner; para seguridad abrimos el interruptor de entrada a este cliente para re-conectarla sin el previo chequeo de la rotación de fases.

Posteriormente se procede a retirar todos los bancos de 4 mil y cambiar los fusibles.

Después de haber retirado todas las cargas del ramal de Mara-

caibo desde Dolores Sucre hasta Av. Quito, procedemos a matar esta línea sacando los puentes en Maracaibo y Dolores Sucre (plano 3 a) y colocamos " palos a tierra".- Luego procedemos a desarmar la línea de los aisladores cruceta por cruceta al mismo tiempo que vamos colocando garruchas y colocando sobre éstas las líneas para que rueden facilmente sin lastimarse en las aristas de las crucetas.

El tendido de la nueva línea se hace según el mismo procedimiento indicado anteriormente, llevando línea por línea cuidadosamente pasándola por sobre las garruchas y cubriendo cuidadosamente toda la línea viva que pudiera ocasionar un flash y una lastimadura a la línea.- Se procede a templarla sobre las garruchas y amarrarlos cambiando en un momento los pines y aisladores.

Después de probar la aislación de la línea procedemos a calentarla con 4 mil con puentes fijos por el ramal de Al. de Guaranda y volvemos a transferirle las cargas que antes le habíamos quitado, exceptuando el ramal convertido a 13 mil y cargado a la alimentadora "Portete".

En este tramo también procedemos a arreglar los subramales de Buenos Aires, Washington y La Habana, para 13 mil cambiando los aisladores y los transformadores.- Las líneas permanecen las mismas, pues son líneas # 6 con 3 o 4 bancos c/u con unos $37\frac{1}{2}$ -KVA cada banco por lo que estas líneas son suficientes.- Cuando cambiamos los transformadores también vamos cambiando las cajas fusibles " enclosed " con " opentype " para los 13 mil voltios.

Con objeto de interconexión y de permitir la alimentación del ramal Maracaibo oeste incluido el futuro arranque para Puerto Nuevo por dos lados colocamos un switch de aire en Maracaibo entre Guaranda y México que nos permitirá sacar este ramal de la alimentadora "sur" y cargarla a la alimentadora Portete (esquema 4).

Este switch también nos permite la conversión de los ramales Buenos Aires y Washington.- Para esto: colocamos los puentes en Maracaibo y Dolores Sucre, cerramos el switch en Maracaibo- Mé-

xico- Guaranda y sacamos los 4 mil de la línea de Al. de Guaranda retirando las cajas provisionales de Bolivia y efectuando la conversión: abrimos el switch de Maracaibo- Guaranda- México hacemos el cambio con las cajas en los transformadores 13 mil cerrando el switch de Guaranda- Portete- Venezuela: otros dos minutos de interrupción .-Luego abriendo los puentes en Dolores Sucre- y Maracaibo y cerrando el switch de Maracaibo conectamos el ramal en La Habana con apenas un flick en la luz por interrupción. Con estas operaciones hemos conectado todo el ramal Maracaibo hasta Dolores Sucre alimentando con 13 mil de la alimentadora "Portete" a través del ramal de Al. de Guaranda (esquema 4) Continuamos con la conversión hacia el Este y Sur de la alimentadora. Nuestro siguiente paso es convertir los tramos de la línea Dolores Sucre- Maracaibo-El Oro y Dolores Sucre- El Oro hasta el corte existente en Arguelles (esquema 5). Los dos tramos de Dolores Sucre- El Oro hasta el corte en Arguelles tienen las mismas condiciones de carga del ramal Maracaibo, más la carga de los bancos #148-141-134 que no varían el cálculo.-Entonces estos dos tramos de calibre 6 los cambiamos con cobre # 2. Para matar el tramo de Maracaibo-Dolores Sucre hasta Dolores Sucre-El Oro conectamos el banco # 148 utilizando el trayler y lo cargamos al ramal Maracaibo ya de 13 mil. El trayler es un carro que tiene dos transformadores grandes conectados en estrella-delta abierto y puentes largos que permiten efectuar las conexiones arriba en las líneas.-Estos puentes son móviles para poder cambiar las conexiones y dejarlos de acuerdo al banco del poste. El trayler tiene cajas fusibles al lado del alta y un switch de aceite con derivaciones hacia un tablerito para fasear con una lámpara o voltímetro.

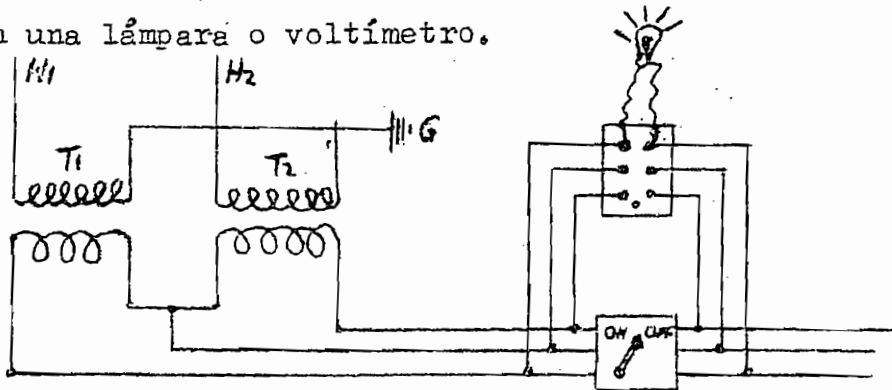
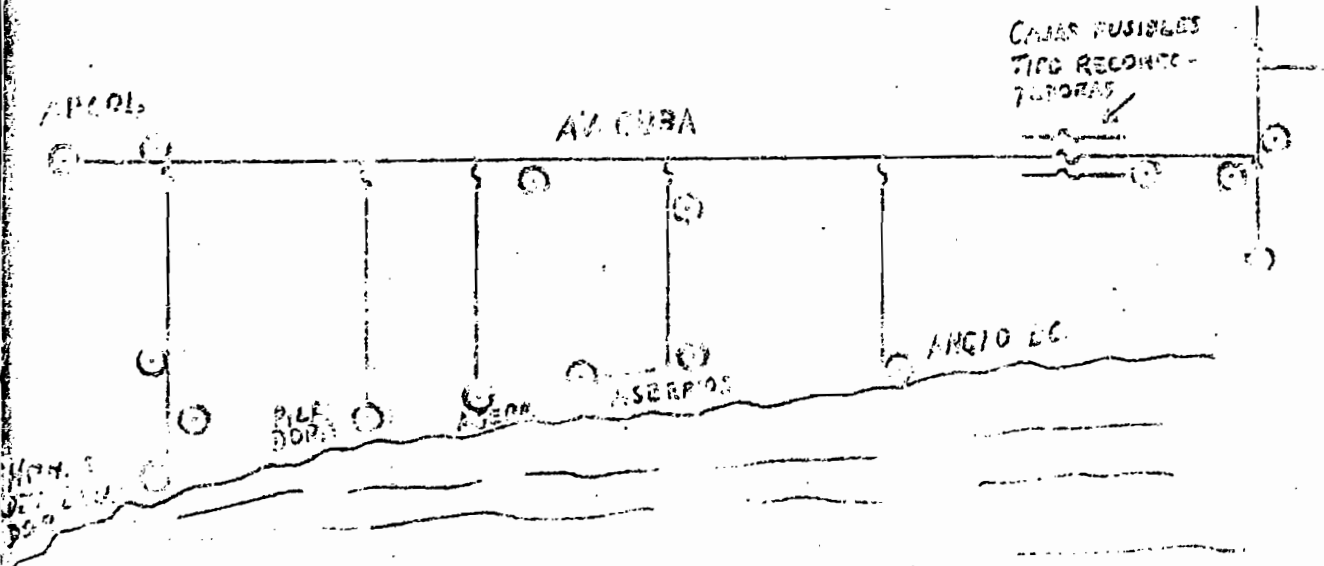


fig. 5

que aumentar la altura y cambiarlos de crucetas y aisladores.-Por la Av. Cuba hasta la entrada a la Anglo (esquema 7) tenemos que relocalizar también los postes.



RIO GUAYAS ESQUEMA 7.

Más al sur tenemos el problema de encontrarnos con postes tubulares de hormigón y tenemos que ver las condiciones de trabajo al poste con la nueva estructura del soporte.- A los aserríos y piladoras de la orilla del río entra la línea en poste de riel, éstos quedan los mismos previo una inspección visual del estado de los mismos, hay que cambiar las crucetas; como estos postes están directamente sobre la campina, las crucetas serán centadas con mejores condiciones mecánicas para el riel.

La conversión de la troncal principal en el ramal de Rosa Borja tiene que ser hecho en una sola operación y dividiendo los 24 bancos para la 4 cuadrillas que disponemos, podemos hacer con una interrupción máxima de 1 hora para lo que tenemos que escoger un Domingo o una madrugada.-La operación seguirá el mismo proceso empleado en las conversiones de los tramos anteriores.

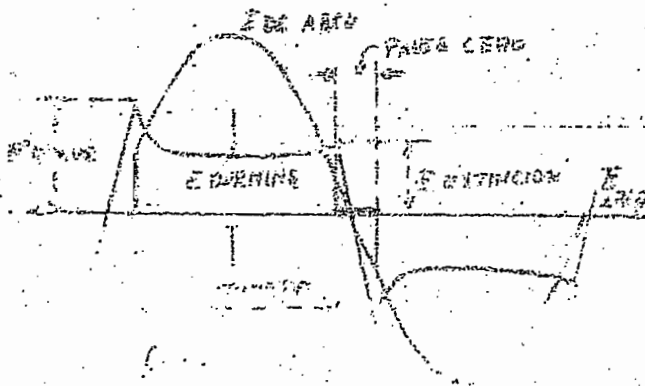
Considerando la frecuencia de flashes producidos en la parte descubierta de la Av. Cuba y de sus ramales hacia el río producidos por gallinazos e iguanas, y la necesidad de prestar un servicio de primera al barrio del Centenario alimentado por parte por el ramal de Ro-

En Boyia, ubicamos un interruptor automático reconectador (reloj) en el arranque de este ramal desde El Oro (esquema 5).

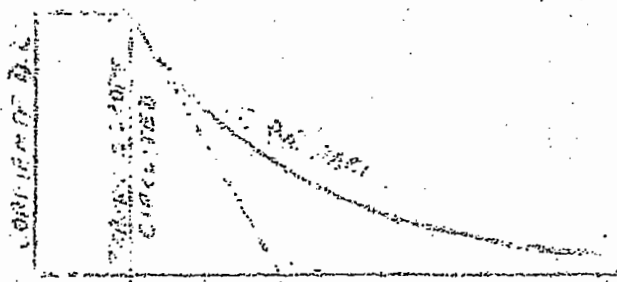
DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE ESTE RECLOSER:

Para determinar las características de un interruptor automático o un recloser es necesario conocer dos cosas: La máxima corriente normal de carga y la máxima corriente de corto-circuito que puede suceder.

En las corrientes de corto-circuito debemos considerar: a) los máximos RMS continuos de corriente de corto-circuito; b) los máximos RMS de corriente que pueden circular en el breaker en un corto tiempo de 1 segundo; c) la corriente máxima que el interruptor interrumpirá con seguridad al voltaje nominal y d) la corriente máxima que el aparato interrumpirá a cualquier voltaje transitorio debajo del voltaje nominal; por ejemplo el voltaje de recuperación. Cuando un corto-circuito se produce el voltaje decae tendiendo a cero, pero en el primer cero de la onda de corriente, se recupera tendiendo a voltaje normal, para volver a decaer en el peak del siguiente $\frac{1}{2}$ ciclo de corriente.

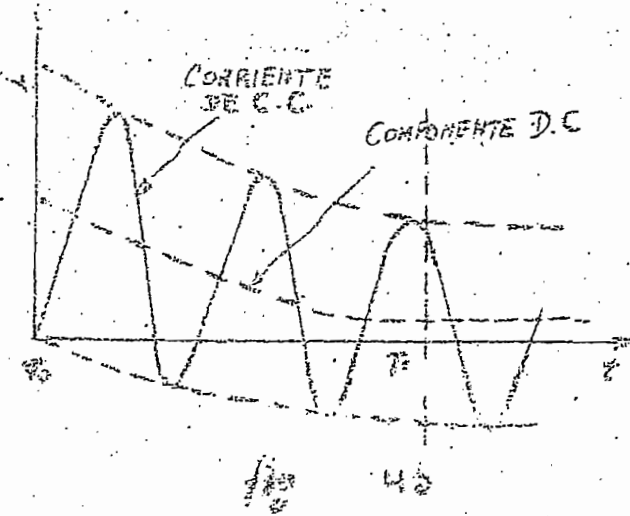


Para la determinación de la impedancia para el cálculo de la corriente de c.c. podemos perfectamente considerar solamente la reactancia omitiendo la resistencia de lo que resulta un ligero error a lo mucho de un 6% y hacia el lado de seguridad.



Cuando un c.c. tiene lugar la impedancia que controla la corriente cambia repentinamente cambiando la corriente instantáneamente. Esta momentánea perturbación produce un desbalance entre las diversas impedancias dentro del generador creciendo repentinamente la corriente

deséquilibradamente arriba o debajo del eje de la onda sinusoidal de la A. C.



Esto equivale al efecto de añadir una componente de corriente continua.- Si esta componente es grande la onda total resultante puede quedar completamente sobre o bajo el eje.- Pero esta D.C. con componente está controlada por la reactancia y la resistencia del sistema y decae según la función $T=L/R$, hasta queda una curva simétrica respecto al eje controlado por la impedancia sincrónica.

Para determinar las corrientes transitorias 3 clases de resonancias son usadas :Subtransitorias, transitorias y sincrónicas de las cuales las subtransitorias son las más importantes porque determinan la inmediata corriente entregada en el instante del c.c.

Para tomar en cuenta la componente de D.C. la corriente dec.c. calculada se debe multiplicar por un factor de 1.4 ó 1.6 bajo los 5.000 voltios o 1.4 cuando un breaker va a operar antes de los 8 primeros ciclos pero si la operación se efectúa a los 8 o más ciclos puede considerarse el factor 1 pues la componente de D.C. ha decaído y la corriente de c. e. se ha estabilizado.

En nuestro caso la cosa se presenta así:

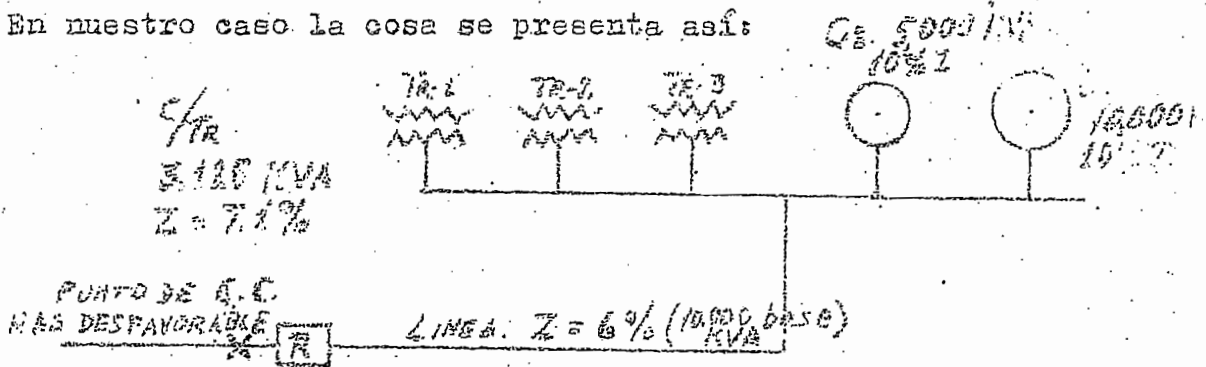


Fig 45

Nos falta determinar la impedancia del tramo de línea desde la planta hasta el recloser:

$$X = X_a + X_c$$

Xa es función de la naturaleza y sección del conductor
 y de la función de la separación entre líneas.

En las tablas para 4/0 Cu y d= 3'

$$X = 0,3126 + 0,82 = 1.133$$

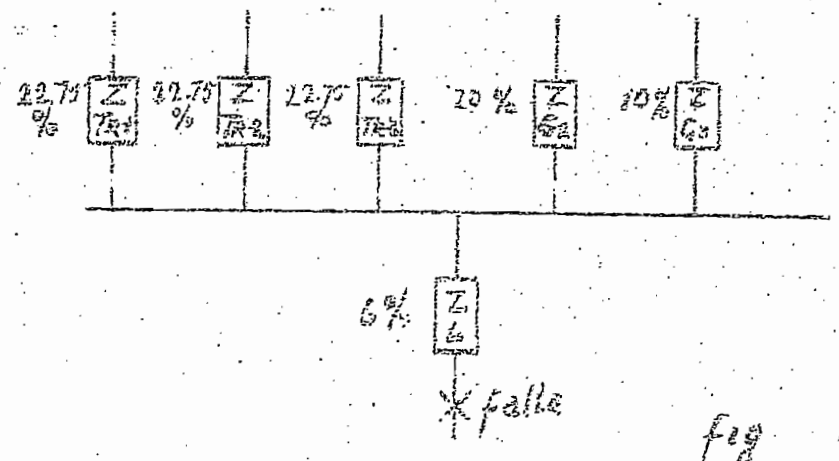
Para poner este valor de X en porcentaje de impedancia utilizamos la base 10.000 KVA del generador grande:

$$\% \text{ línea} = \frac{\text{Ohms} \cdot \text{KVA} \cdot 10^5}{E^2}$$

$$\frac{1.133 \cdot 10.000 \cdot 10^5}{13.800^2} = 6\%$$

Pero necesitamos calcular todas las impedancias a esta misma base de 10.000 KVA:

% X propio	% X base 10.000
Tr. 1 7.1 (315KVA)	22.75
Tr. 2 7.1 "	22.75
Tr. 2 7.1 "	22.75
Gen. 2 10(5.000)	20
Gen. 2 10(10.000)	10
Línea 6%	6 y queda:



La Zp resultante del paralelo

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{3}{22.75} + \frac{1}{20} + \frac{1}{10} \quad ; \quad Z_p = 3.68\%$$

fig 47

La Z final: $Z_p + Z_L = 3.68 + 6 = 9.68\%$

La corriente normal con 10,000 KVA base = 13.8 KVA

$$I = \frac{10,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ KV}} = 419 \text{ Amp.}$$

La corriente de c.c. que el interruptor deberá interrumpir

$$I = \frac{100}{9.68\%} \cdot 419 = 4,330 \text{ R.M.S. amp.}$$

En este caso por no haber ninguna reactancia transiente de motores sincrónicos, la componente A.C. de corriente simétrica que el interruptor deberá soportar será la misma: 4,330 Amp. Pero debido a la componente D.C. asimétrica multiplicamos por el factor 1.6 o sea:

Corriente momentánea: $I_M = 4,330 \cdot 1.6 = 6,930 \text{ R.M.S. Amp.}$

Corriente normal de carga admitida para este ramal: 150 Amp.

Con estos datos ya podemos seleccionar un tipo de recloser:

Kyle type R: Standard Duty con

4,000 RMS symmetrical amperes

6,000 R.M.S asymmetrical amperes

a 14.4 KV

y:

Ryle type W Heavy Duty con:

6,000 RMS symmetrical amperes

8,000 RMS asymmetrical amperes

a 14.4 KV

El segundo tipo de recloser cubre con amplitud los requerimientos y considerando la idea de nunca recargar un recloser, debería ser este el escogido, pero tomando en cuenta que para el cálculo hemos considerado solo la condición más desfavorable, yo me inclinaria a escoger el Standard Duty que apenas llega a los RMS máximos de interrupción.

En la solicitud de compra hay que especificar algunas características del aparato y accesorios adicionales si se quieren. Un importante es la secuencia en que operan o sea la velocidad de operación. En nuestro caso el B22 del mismo Kyle W type sería a-

consejado con sus dos operaciones rápidas y dos lentas y luego lockout.

Los reclosers requieren un mantenimiento periódico, por lo que es conveniente hacer un programa de mantenimiento. Se recomienda hacerles mantenimiento cada 2 años o cada 60 o 100 operaciones. Para este control tienen un contador de operaciones. En el mantenimiento hay que prestar atención principalmente al aceite (humedad) y los contactos.

Normalmente la corriente mínima de disparo del recloser es dos veces la de plena carga normal aunque se lo puede regular a los 6/5 o 8/5

Hasta aquí hemos alimentado todo el circuito por el ramal de interconexión de Guaranda, desde la alimentadora Portete.

Para la alimentación normal deberá ser por uno de los dos circuitos que actualmente forman la alimentadora Sur y que corren paralelos por la calle 5 de Junio desde la planta. Cuando corriendo el circuito superior ya fue previsto para los 13.8 KV y tiene los materiales y medidas requeridas para este voltaje, y por lo

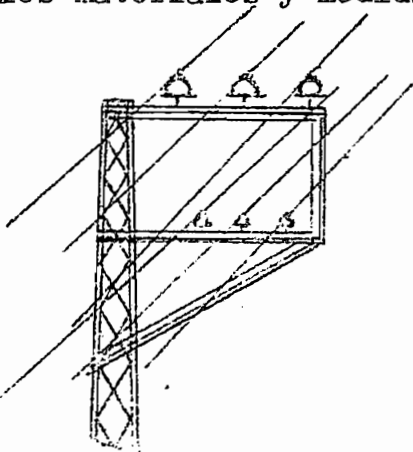


fig 48

tanto está listo para la conversión. Solo resta construir la salida subterránea desde el interruptor automático en la selda que correspondrá a esta alimentadora en la planta o vapor.

La salida se lo hará con cable neoprene 3/c para 15 KV. 350 M C M en ductos en fibra por ser más baratos que los de hierro. Saldrá a través de un pothead desconectado y cuchillas seccionales.

EQUIPO DE PROTECCION DEL LINIERO.

La seguridad del liniero y de la operación en un trabajo de líneas con corriente, depende casi en su totalidad del equipo de protección que se usa y de la forma de utilización de éste.

Si antes de emprender un trabajo, determinamos claramente la condición de las líneas: cuales son de baja tensión y cuales son de alta tensión y que grado de alta tensión tenemos.

Si están vivas o sin corriente, o si estando muertas existe una posibilidad de retorno o de energización de alguna manera y utilizamos el equipo de protección adecuado, cubriendo todas las líneas vivas de posible contacto y la tierra más cercana al liniero estaremos seguros de no producir flashes ni shocks que puedan causar una muerte.

Aún cuando es el capataz al organizar el trabajo quien determinar á el equipo a usarse, cada liniero deberá estar en condiciones de determinar todo esto y el equipo a usarse, y el capataz vigilará estrechamente que no se cometan errores de protección de las líneas.

El equipo de caucho para protección de líneas de 4.160 voltios está constituido por:

Guantes, son de caucho de 0.050 in. cubren inclusive el antebrazo, llevan encima un guante protector de cuero que evita perforaciones, desgarramientos etc tempranos; el portador debe usar en el interior guantes finos de algodón para absorber la sudoración.

"Mangas"(rubber sleeves) cubren el resto del brazo y los hombros.

"Langueras"(linehooses) son tubos de caucho con una abertura longitudinal que sirven para cubrir la línea, a lo largo tienen una trampa para evitar que se salgan de por si.-Algunas tienen un "conector end" para embonar con una siguiente.

"Chancho"(Linemen's shields or pigs) cubren la línea, puentes que tienen conexiones, grampas amarras etc.

"Cabezas"(Insulator hoods) sirven para cubrir los aisladores tipo pin y tienen dispositivo para enganchar con las mangueras.

"Cabezas Grandes" (Dead-end and utility covers) cubren los aisladores de resaca de la línea.

"Cajón" (Wood shield) sirve para cubrir las crucetas metálicas al desatar líneas.

"Mantas" (rubber blankets) cubren postes varios de la línea o de los equipos como brazos de secundario, cajas fusibles, pararrayos, cables templadores, bushings de transformadores, etc.

O se los fija por medio de pinzas de madera o cinta aislante y forman una cortina de protección en el sitio de trabajo del liniero.- Para cada operación cada liniero debe chequear cuidadosamente su equipo de protección, especialmente guantes, protectores y mangas, pues debe comprender que de esto depende su vida.- El capataz de la cuadrilla debe mandar periódicamente los diversos protectores al laboratorio para que sean sometidos a tests de alto voltaje.- Sin embargo muchos protectores que han pasado bien la prueba en la estación de servicio han fracasado en el trabajo por lo que debe ponerse mucha atención en una inspección visual.

Además del equipo especial de alta tensión, todo liniero debe portar su equipo obvio para subir a un poste: cinturón de seguridad y casco.- Es absolutamente prohibido subir una escalera sin cinturón de seguridad.- Cada liniero debe ajustar debidamente, de acuerdo a su talla, las medidas de su faja, ésta nunca debe quedar sujeta a la cintura sino un poco más abajo, hacia las caderas para evitar dolores en la cintura y por comodidad en el trabajo, pues en determinados momentos soportará todo el peso del hombre.- Todo ayudante que sirve desde tierra deberá llevar casco, pues le puede caer desde una pequeña herramienta hasta un transformador.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

El hecho de que en la actualidad toda la industria, comercio y diario vivir estén basados ciento por ciento en la energía eléctrica y el afán y obligación de las Empresas de servir inmejorablemente hace que todos los trabajos de extensión, ampliación y reconstrucción de las líneas eléctricas sean hechas en "caliente" o sea ha

jo tensión sin interrumpir el servicio.- Esto implica un trabajo difícil, delicado de precisión y lleno de peligro con la corriente a centímetros de distancia.- Records de algunas compañías indican que el 63 % de los accidentes se producen en la líneas vivas de servicio.- Pero debemos tener presente que ningún accidente es casual, la mayoría de los accidentes los podemos evitar si observamos siempre las reglas de seguridad y tenemos presente la idea fija de que vamos a evitar los accidentes, cooperando siempre supervisor y linieros y velando por la seguridad de c/u y del compañero.

Se puede agrupar en tres clases los accidentes :

Accidentes debido a :

- 1.-) Por falta de supervisión o falta de conocimiento
- 2.-) por falta de cuidado del personal.
- 3.-) por negligencia o torpeza de otros.

A su vez los accidentes debido a falta de supervisión o conocimiento se los puede clasificar de la siguiente manera:

- 1.-) Trabajos encargados más allá de la habilidad mental y física del trabajador.
- 2.-) Por falta de la debida instrucción a los trabajadores .
- 3.-) Por el empleo de herramientas y materiales no apropiados para el trabajo emprendido, o que se encuentran en mal estado.
- 4.-) Método equivocado para realizar el trabajo.
- 5.-) Equipo de protección no usados .
- 6.-) Equipo de protección no proveído .
- 7.-) Instrucciones y reglas de seguridad no observadas.
- 8.-) Falta de inspección y mantenimiento de herramientas y materiales.

Los accidentes que pueden ser cargados a fallas personales del trabajador se agrupan de la siguiente manera:

- 1.-) Condición mental del trabajador.
- 2.-) Falta de capacidad o de inteligencia para realizar ese trabajo. Falta de concentración en la manera mecánica de hacer el trabajo.

- 4.-) Apuro incontrolado .
- 5.-) Pobre razonamiento para resolver un problema .
- 6.-) Mala voluntad.
- 7.-) Mala condición física o de salud del trabajador .

Además hay condiciones más allá del control del personal:

- 1.-) Debido a los elementos de la naturaleza .
- 2.-) Elementos extraños al trabajo (un camión que se lleva una calera) .

En una compañía todos somos responsables de los accidentes desde el Gerente General hasta el último ayudante.- Pero si seguimos una organización adecuada y una orientación del personal podemos evitar a un mínimo los accidentes. Para éllo debemos chequear cuidadosamente al personal, educar a los linieros en la prevención de accidentes y exigir de los supervisores el cumplimiento más estricto de las reglas de seguridad.

Calificación del Liniero.- En general para enviar a un individuo en líneas se le debe tomar una prueba de capacidad y de inteligencia inculcándole desde en comienzo el riesgo permanente al que va a estar sujeto . Este hombre primeramente trabajará muchos meses en tierra hasta que se familiarice con el trabajo, herramientas i equipos .- Luego para que empiece a subir las escaleras se le deberá tomar una nueva prueba de asimilación de conocimientos y luego cuando ya haya adquirido la suficiente experiencia y conocimiento y previo un nuevo test se le confiará trabajos en líneas vivas de alta tensión.

Repetición de órdenes. Para evitar malos entendidos o interpretación errónea de las órdenes éstas deberán ser repetidas por el liniero, especialmente cuando son verbales. En general cada liniero debe saber el trabajo que va a realizar arriba y estar seguro de que lo va a realizar eficientemente . A su vez el capataz o supervisor debe estar seguro que el hombre sabe lo que va a hacer, y que lo va a hacer bien .

Inspección. Antes de ascender a un poste debe estar seguro

de que conoce la clase i posición de los circuitos en el poste, cual es la dirección de alimentación, cual es el punto más cercano de interrupción en caso necesario; cual es el aislamiento del equipo y las líneas y que clase de aislamiento de protección debe usar para realizar el trabajo .

Partes vivas de las líneas y de los equipos.- Todas las líneas deberán ser consideradas vivas mientras no estén serradas a tierra con "ground sticks".

Protección.- Todo liniero deberá protegerse personalmente de todas las líneas y equipos vivos, nunca dependerá de la protección que otro liniero lo pueda dar .

Concentración en el Trabajo: El liniero deberá estar concentrado y saber que está haciendo en todo instante; no permitirá que nada ni nadie le cause distracción .

El uso de Precaución. Toda persona allegada al trabajo deberá hacer de esto un hábito .- Hacer siempre caso de todas las señales de peligro; advertir todas las cosas que puedan engendrar algún peligro y tomar las debidas precauciones para obviarlos. Todo liniero deberá tener cuidado en cada uno de los movimientos: Al girar, al subir, al bajar, al cambiar de posición; deberá tener presente en todo momento que tiene a la muerte arriba o abajo o a sus espaldas y que no le sería muy grato un encontronazo con ella .

Cuidado con los postes. Se debe chequear el estado en que se encuentran, especialmente cuando son de madera. En un poste de madera sobre todo aquí en la costa el punto más vulnerable es la parte del poste que se encuentra a flor de tierra; los de hierro también son susceptibles de estar podridos en su base . En los poste de concreto hay que observar que estén estáticamente más o menos equilibrados pues un exeso de peso en una dirección puede producir esfuerzos más allá de su carga de rotura y romperse .

Crucetas. En crucetas viejas de madera o en crucetas de hierro

ángulo no deberán apoyar escaleras ni andamios, en general nada que obligue a un esfuerzo adicional a estas crucetas. - Todas las crucetas en mal estado deberán ser cambiadas inmediatamente. Nada en mal estado debe dejarse para mañana, pueden fracasar durante la noche.

Cuidado en las escaleras. Las escaleras son el buró del liniero, el personalmente y el capataz deberán inspeccionar el estado de las escaleras; no se admite escaleras viejas, escaleras empata-das, con peldaños rotos, peor con peldaños menos; no deberán ser pintadas, pues la pintura puede ocultar fisuras peligrosas o formar superficies muy lisas que pueden producir resbalamientos y accidentes; se las puede cubrir con lacas apropiadas que las preservan de la interperie. - Hay que tener presente que una escalera mojada se vuelve buena conductora de la electricidad.

Y a propósito de "mojada", ¡qué cuidado hay que tener con las cosas mojadas!; en general no se debe trabajar en líneas calientes cuando está lloviendo, hasta los guantes de alta se vuelven conductores bastante aceptable de la corriente.

Se debe poner señales como banderas rojas, luces rojas, barreras en todos los lugares donde hay hombres trabajando; nada difícil es que un colectivo apurado se lleve un par de escaleras; o que le caiga una llave francesa en la cabeza de algún simpático transeunte.

Varios.- Un liniero para subir arriba deberá estar siempre en sus cabales: Si la noche anterior estuvo de fiesta, al siguiente día descanse tranquilamente en su casa. - No deberá llevar joyas en sus dedos ni objetos metálicos en sus bolsillos, la cinta métrica deberá ser de madera, los botones de su vestido, de tagua. sus ropas deben estar siempre secas y sin girones, y sobre todo su mente debe tener presente siempre que quiere vivir y estar siempre bueno para ser útil a su compañía, a su familia y a su Patria.

DE CASO DE ACCIDENTES .-- PRIMEROS AUXILIOS.

Todos los trabajadores de empresas eléctricas deberán aprender por lo menos los rudimentos de Primeros Auxilios.

1. Cualquier cortadura puede servir de entrada a infecciones

a) Para evitar infecciones que pueden ser graves y hasta fatales, toda lesión debe recibir la cura de Primeros Auxilios.

b) Si en necesario debe verse al médico.

2. Toda lesión que no sea de naturaleza leve, o que no responda al tratamiento de Primeros Auxilios, debe ser tratada por el médico.

3. No debe darse agua, ni ningún otro líquido, a ninguna persona que haya perdido el conocimiento.

4. Los lesionados deben ponerse acostados en una posición cómoda y no ser movidos a no ser bajo instrucciones del médico.

5.- Todos los trabajadores deberán aprender el método Niel sen de respiración artificial, que consiste en lo siguiente.

a) Posición de la víctima.

Acuestese a la víctima boca-abajo, con la cabeza hacia un costado, una mano sobre la otra y la mejilla descansando sobre la mano. Esta posición mantendrá libres las nariz y la boca para respirar.

b) Posición del Operador.

Arrodílese frente a la cabeza de la víctima, poniendo las rodillas frente a la cabeza, cerca de los hombros.

Abra las manos y sitúelas, juntando los pulgares, sobre la espalda de la víctima, un poco más abajo de los homoplatos.

c) Fase de Expiración.

Métese lentamente hacia adelante, manteniendo los codos estirados hasta estén aproximadamente verticales, y haga lenta presión con la parte superior de su cuerpo. Este movimiento hará salir el aire de los pulmones de la víctima.

d) Fase de Aspiración.

Afloje la presión en sus manos, evitando movimientos bruscos, y empiece a moverse lentamente hacia atrás, deslizando al mismo tiempo sus manos hasta los brazos de la víctima; tome los brazos por entre los codos y los hombros y muévalos hacia arriba y hacia usted, hasta que sienta resistencia.

Entonces baje los brazos de la víctima. Esto hace que el pecho se expanda y aspire aire, completándose el ciclo de respiración. Repita el ciclo 10 o 12 veces por minuto. No interrumpa el ritmo. Continúe practicando la respiración artificial hasta que la víctima esté respirando fuertemente o sea dado por muerto.

6. Todos los trabajadores autorizados para escalar postes deberán aprender la Respiración Artificial en lo Alto del Poste, cuyos pasos principales se dan a continuación:

a) Suba inmediatamente al poste y libre a la víctima del contacto eléctrico, dejando que cuelge a lo largo del poste pendiente del cinturón de Seguridad. Use guantes de goma u otros medios efectivos y seguros para protegerse usted mismo de un choque eléctrico mientras libra a la víctima, evitando también que las partes no protegidas de su cuerpo entren en contacto con el cuerpo de la víctima o con cualquier equipo eléctrico adyacente.

b) Asegure su cinturón al poste debajo del de la víctima, pasando, las piernas de la víctima a ambos lados de su cinturón y el cuerpo entre usted y el poste, y levante el cinturón lo más posible entre las piernas de la víctima. El cinturón de la víctima debe seguir enganchado al poste y no debe quitarse o cortarse hasta que la víctima esté lista para bajar. Quite del cinturón de la víctima todas las herramientas que le estoben o que entorpezcan la operación.

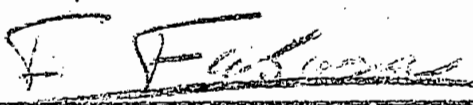
c) Rodee la cintura de la víctima con los brazos, poniendo sus dos manos en el abdomen, un poco más abajo de las costillas. Mantenga los dedos juntos.

d) Con sus brazos y sus manos aprete el cuerpo de la víctima mientras lo mueve hacia arriba. Al final de este movimiento sus manos deben estar arqueadas, los dedos apretando el abdomen de la

víctima bajo el hueso del pecho.

e) Termine el ciclo soltando rápidamente la presión de sus manos y brazos.

f) El ciclo completo, de aplicar y soltar la presión debe mantenerse a un ritmo de 12 a 15 veces por minuto, hasta que la víctima recupere el conocimiento o sea bajado al suelo.



GILBERTO FABARA TORRES

Guayaquil, a 12 de Julio de 1.959

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

- Electric Transmission and Distribution SREOTZKI
Manual Standard del Ingeniero Electricista A. B. KNOTTON
The Lineman's Handbook E. B. KULTZ
Electrotecnia A. Thomélen
Transformer Connections de G. F.
Electricidad Práctica Aplicada COYNE
Líneas Aéreas de Transporte de Energía Eléctrica . . . L. MARÍA GARCÍA
Curso para Ingenieros de Distribución Julio J. L. R. R. R.
Problemas de Mecánica General y Aplicada WITTENBERG

Varios boletines de LINE MATERIAL , S & C , C. E. , KAPLAN , I. E. ,
OHIO BRASS , ALCOA , etc.