

112
29/11/85



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DEL PROYECTO PARA DETERMINAR LA ALIMENTACION ELECTRICA EN ALTA TENSION A LAS NUEVAS LINEAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO ESPECIFICAMENTE LINEA (4).

T E S I S

Que para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista

p r e s e n t a

MARGARITA RAMIREZ GALINDO



México, D. F.

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE.

CAPITULO I.- INTRODUCCION.	2
CAPITULO II.- ALTERNATIVAS PARA LA ALIMENTACION ELECTRICA.	5
CAPITULO III.- DETERMINACION DE LOS DATOS TECNICOS DEL CABLE DE - ALTA TENSION.	17
CAPITULO IV.- DESCRIPCION OPERACIONAL DEL SISTEMA.	81
CAPITULO V.- CALCULO DEL CORTO CIRCUITO.	100
CAPITULO VI.- SELECCION DEL EQUIPO DE PROTECCION EN LA ALIMENTACION DE LA LINEA.	177
CONCLUSIONES.	
APENDICE.	

CAPITULO I
I N T R O D U C C I O N .

En la Ciudad de México, uno de los problemas más graves es el de tránsito de vehículos; este hecho, aunado a la necesidad de dotar de un eficiente transporte al Distrito Federal que favorezca sobre todo a las clases populares, llevó a las Autoridades del Departamento del Distrito Federal a decidir llevar a cabo la continuación de las Obras de Ampliación del Sistema de Transporte Colectivo (METRO) en lo que es su segunda fase.

Como consecuencia de esta resolución, se elaboró el Plan Maestro del Metro, que contempla en su primera etapa la prolongación hacia el Sur y Norte de la Línea 3, y construcción de las Líneas 4, 5, 6, y 7 .

Al terminar estos trabajos, la capital contará con una Red de Metro de -- 85 Kilómetros y podrá transportar cinco millones de pasajeros al día.

Va en 1977, las Autoridades del Departamento del Distrito Federal junto con las empresas proyectistas de la primera fase acordaron la reanudación del proyecto y construcción de las Nuevas Líneas. Entonces, se planteó la necesidad de definir la organización y los sistemas de planeación y control que llevaran al desarrollo del proyecto Electromecánico de acuerdo con los programas previstos.

Para ello se tomó como base la experiencia adquirida en el diseño y construcción de la primera fase del Metro de la Ciudad de México, y la asesoría de quienes han participado en el diseño de sistemas similares.

Además de integrar al equipo de trabajo que tendrá bajo su responsabilidad el diseño electromecánico de esta nueva etapa, se intentó reunir en lo -- posible al personal que participó en el proyecto original con el fin de aprovechar sus conocimientos y experiencias.

Esta segunda fase presentó con respecto a la primera, importantes cambios en tecnología y variaciones en los sistemas de construcción al proyectarse -- por primera vez tramos elevados y tunel profundo.

Una de las principales características de esta obra que comprende la Am-- pliación y Construcción de las Nuevas Líneas del Sistema de Transporte Colectivo es, entre otras, la Alimentación Eléctrica, que anteriormente se realiza ba desde un Puesto Central de Control, y que actualmente se efectúa directa-- mente a través de Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

Este cambio implicó una serie de modificaciones con respecto al sistema -- anterior; hubo de considerarse casos determinados de posibles fallas en la -- Línea, cambio del calibre del conductor de Alta Tensión, así como una sele--- cción adecuada de las protecciones en la Alimentación de la Línea.

El objetivo del presente trabajo es analizar los factores que determina-- ron el cambio en la Alimentación en Alta Tensión, así como las modificaciones implicadas en el sistema . Aunque este cambio es aplicable a las Nuevas Lí-- neas del Metro (S.T.C.), se considera para este análisis el caso particular - de La Línea Cuatro.

Se hace mención de los aspectos a considerar al definir la mejor opción -- para la alimentación en Alta Tensión; se describen los parámetros que inter--- vienen en la selección del conductor de Alta Tensión.

Describimos la operación del sistema en la Línea 4, para funcionamiento --- normal y para el funcionamiento en caso de falla; asimismo se efectúa el cdl-- culo del Corto Circuito para casos específicos de falla en la Línea y en base a este estudio así como al efectuado al determinar los datos técnicos del ca--- ble, seleccionamos el tipo y sección del conductor adecuado.

En el último capítulo se describe el equipo de protección en las alimenta-- ciones de la Línea, seleccionado en base a ciertas consideraciones que son men

cionadas en el mismo, y a continuación se dan las conclusiones correspondientes al presente trabajo.

Finalmente, a nivel información, se anexa un apéndice donde se describen brevemente los grupos del proyecto electromecánico que intervienen en la ---
Obra Metro.

CAPITULO II.

ALTERNATIVAS PARA LA ALIMENTACION ELECTRICA.

Para la alimentación de las Líneas 4 y 5 en conjunto, que servirán --- de base a las demás Líneas [6, 7, 2 y 1], en proyecto y construcción, se sometió a un estudio de confiabilidad y costo económico propuestas que dieron lugar al planteamiento de dos alternativas, las cuales se mencionan a -- continuación .

A).- ALTERNATIVA No. 1

Alimentación en 230 KV a una Subestación General Receptora propiedad - del Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.), como se muestra en la fig. (1).

B).- ALTERNATIVA No. 2

Alimentación en 23 KV, de los Puestos de Rectificación y las Alimenta-- ciones de Alumbrado y Fuerza a través de las cabeceras de las líneas, a partir de las instalaciones de Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L.F.C.), como - se muestra en la fig. (2).

Las alternativas anteriormente mencionadas, podemos analizarlas consi-- derando el objetivo y características que permiten determinar cuál es la me-- jor opción.

OBJETIVO Y CARACTERISTICAS DE CONFIABILIDAD DE LAS -
ALTERNATIVAS.

A.1).- Considerando la Alternativa No. 1 podemos plantear lo siguiente.

En esta alternativa se propone alimentar por medio de dos circuitos --- de cables subterráneos trifásicos de 230 KV, con conductores de cobre cal. -- 1500 MCM, a la Subestación General Receptora de 230 / 23 KV, propiedad del --

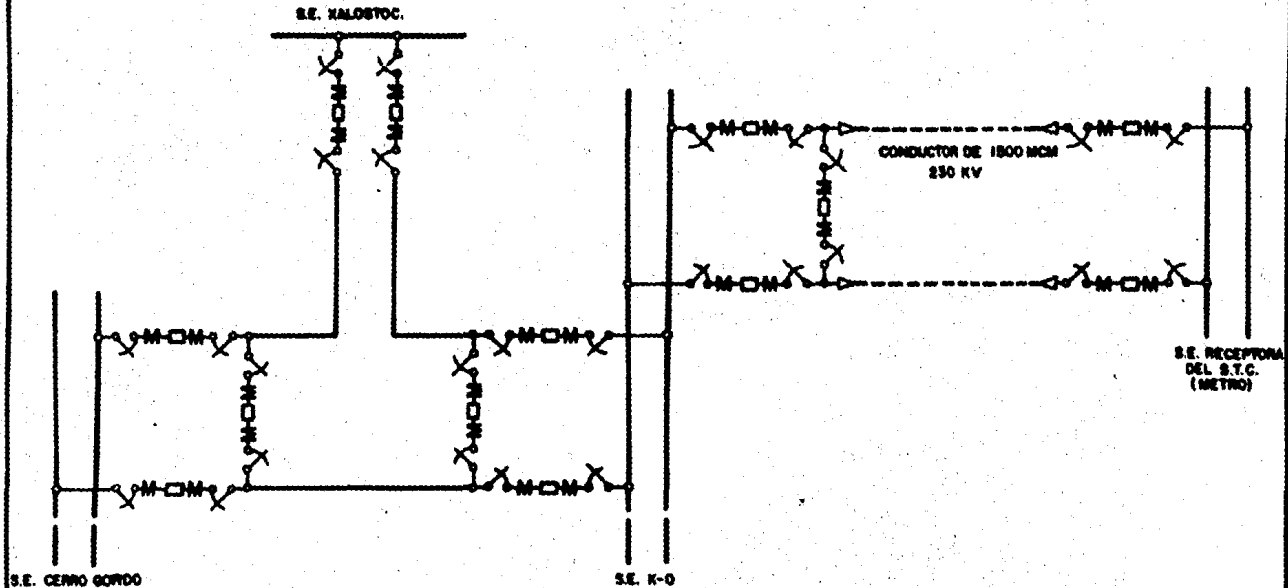


FIGURA (1)

UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.	
ALTERNATIVA 1	
ALIMENTACION AL METRO	
EN 230 KV.	

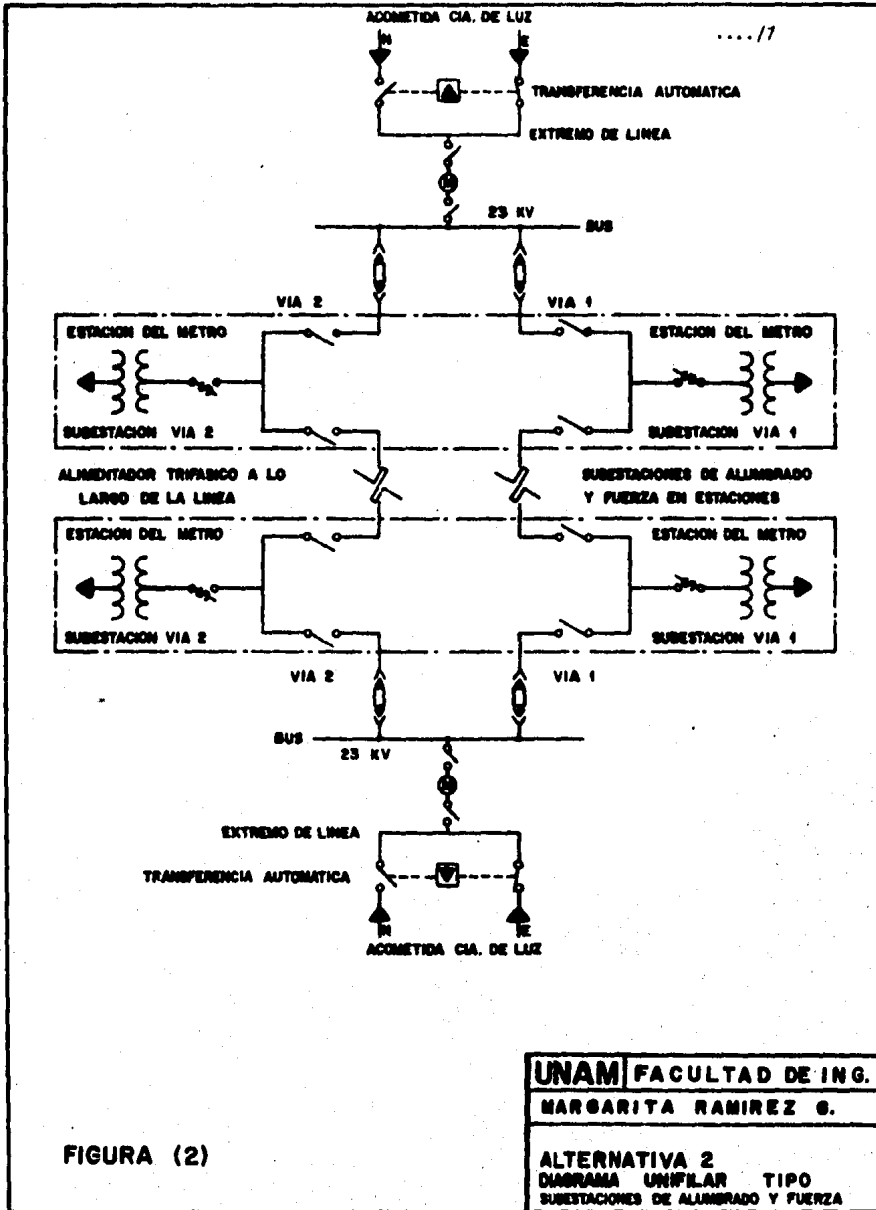


FIGURA (2)

S.T.C., desde el cual deberá construir la red de cables alimentadores de -- mediana tensión (M.T.) para proporcionar a cada uno de los Puestos de Rectificación (P.R.) la alimentación normal y de emergencia que ellos crean conveniente.

El tener un nivel elevado de tensión (230 KV), permite una continuidad de alimentación máxima, la red de 230 KV rara vez es perturbada, sus - instalaciones son más sencillas en comparación a la otra alternativa; son - de gran fiabilidad con pocas averías, son muy escasas las industrias que -- cuentan con este tipo de acometida y que pueden ocasionar variaciones de -- tensión o deformaciones en el suministro ó algunos micro-cortes.

La alimentación de la energía eléctrica en 230 KV, a través de un mando operado por el Metro (S.T.C.), permite un excelente rendimiento del conjunto de las instalaciones en todo el sistema permitiendo maniobras rápidas, una alimentación sin cortes en las estaciones, una solución más rápida en caso de accidente; asimismo, se evitarán cortes injustificados ó imprevistos.

El mantenimiento sería a través del personal del S.T.C. calificado, -- pudiendo dar una planeación de mantenimiento y de revisión a sus instalaciones .

Todo representa buenas características, teniendo en cuenta la magnitud del servicio público que representa el Metro y considerando el crecimiento de éste a futuro.

B.1).- Para el caso de la Alternativa No. 2, tendremos las siguientes - consideraciones .

El objetivo de esta alternativa es la alimentación de 19 Puestos de Rectificación con una demanda de 6000 KW cada uno, para la tracción del Metro, y cuatro acometidas a las cabeceras de Línea de aproximadamente igual capacidad, con un sistema de alimentadores subterráneos exclusivos dispuestos - para proporcionar doble alimentación con transferencia automática en cada -

puesto de Rectificación y Cabecera de Línea para asegurar un servicio confiable que garantice una máxima continuidad en 23 KV, y que partirán de -- diferentes subestaciones de potencia, en forma tal que en operación normal, cada alimentador alimentará a un sólo P.R. ó Cabecera y a dos en caso de -- emergencia cuando salga de servicio un alimentador ó una Subestación de -- potencia.

Este sistema de doble alimentación a cada Puesto de Rectificación y - Acometida con interruptor de transferencia automática para casos de fallas en alimentación a 23 KV, se considera bien diseñado y de alta confiabilidad, además de tener una diversificación de las fuentes de alimentación, ya que de acuerdo a la selección del lugar de las unidades rectificadoras proyectadas para el Metro, la proximidad de las Subestaciones Eléctricas de potencia es corta, evitándose numerosas uniones, conexiones, etc., que serían posibles puntos de fallas y para lo cual se tiene para cada Puesto de Rectificación dos puntos de alimentación a lo largo de todas las nuevas rutas -- de ampliación del Metro, que se han proyectado de acuerdo a las localizaciones de las subestaciones de C.L.F.C., como se observa en la fig. (2a.)

También las trayectorias de los cables alimentadores de mediana tensión se ajustarán a las rutas del Metro, formando un conjunto ó paquete de instalaciones. Con todo esto se evitarían mayores erogaciones en terrenos -- expropiados y derechos de Vta.

El arreglo de la alimentación de mediana tensión propuesta, permite -- una total exclusividad hacia los puestos de rectificación y sus distancias -- mínimas de los alimentadores, que no exceden 1.5 Km en condiciones normales ó de emergencia; el mantenimiento de Cla. de Luz y Fuerza del Centro a través de departamentos ya integrados, cuentan con una amplia experiencia que garantiza este trabajo en adición al propio mantenimiento de sus redes.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de las características de las dos alternativas. fig. (4).

NOMENCLATURA:

4000 CAPACIDAD DISPONIBLE
 4000 CAPACIDAD FIRME DEL BANCO
 B CAJA CB ES. 8. 800
 P PREFERENTE
 E EMERGENCIA

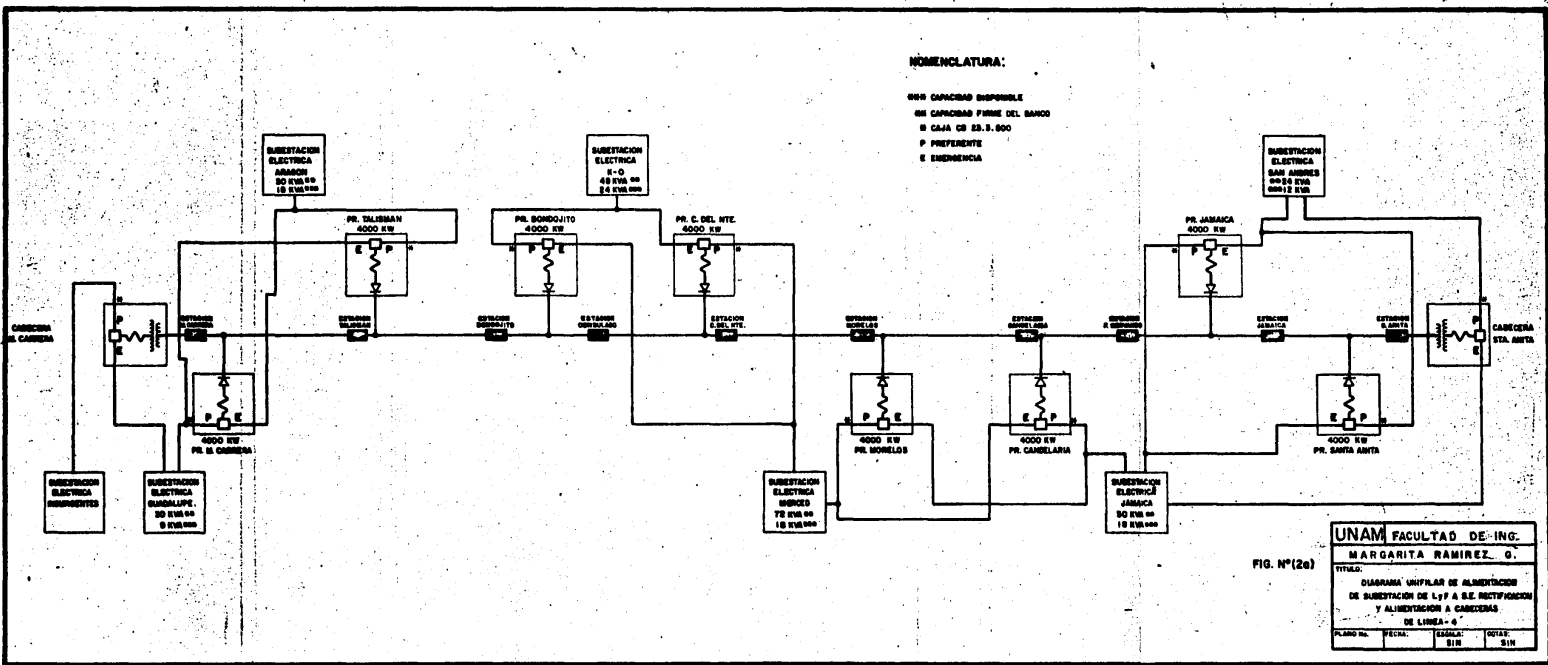


FIG. Nº(2e)

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ. G.
 TITULO:
 DIAGRAMA UNIFILAR DE ALIMENTACION
 DE SUBSTACION DE L y A S.E. RECTIFICACION
 Y ALIMENTACION A CABECERAS
 DE LINEA-4

PLANO No.	FOLIO	TOTAL
	818	818

CARACTERISTICA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
1) Confiabilidad Del Servicio	BUENA	BUENA
2) Regulacion De Voltaje	BUENA. Por Tener Regulador En Transformador Exclusivo Para La Red.	REGULAR. Por Tener Regulador En Casi Todos Los Bancos Pero No Exclusivo Para Cada Alimentador.
3) Flexibilidad De Operacion	BUENA. A Cargo De S.T.C.	REGULAR. Depende De La C.LyF.
4) Control De La Alimentacion De Los PRb	BUENA	BUENA
5) Seguridad De Alimentacion En A.T.	BUENA	BUENA
6) Faltas En La Red De 23 KV	REGULAR. Por Tener Mayor Longitud De Cables.	BUENA. Si Faltas Un Cable La Alimentacion Se Transfiere Al Otro.
7) Gastos De Mantenimiento	ELEVADO. A Cargo De S.T.C.	NULO. A Cargo De La C.LyF. Incluidos En La Tarifa.
8) Perdidas De Energia	ELEVADAS. A Cargo De S.T.C.	REGULAR. A Cargo De La C.LyF. Incluidos En La Tarifa.
9) Costo De La Energia	REGULAR. El Precio De La Energia Es Similar A La Alternativa 2; Sin Embargo, Hay Que Pagar Las Perdidas De La Red.	BUENO.

FIGURA (4)

CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS DE ALIMENTACION EN 230 KV y 23 KV.

COMPARACION DEL COSTO DE LAS ALTERNATIVAS.

Como puede observarse, las dos alternativas de acuerdo a sus características son aceptables, por lo cual se realizó un estudio económico para definir cual era la más conveniente.

En la figura (5), se muestra el resultado de este estudio en lo que respecta a la alternativa No. 1.

En forma similar, en lo concerniente a la alternativa No. 2, se muestra en la figura (6), el resultado del estudio realizado.

Posteriormente en la figura (7), se muestra un cuadro comparativo de las dos opciones en lo referente al costo.

Como puede verse en este Estudio dos grandes conceptos nos dan la pauta para hacer la definición de qué alternativa es la más conveniente, y estos -- conceptos son la parte Económica y la Confiabilidad en el Servicio.

En la parte Económica nos da la pauta el ahorro que se logra en dejar de comprar Equipo y en la no ejecución de Obra para las nuevas instalaciones que en importancia y volumen se ahorraría y sin que esto dejara de dar el Sistema -- de confiabilidad requerida en su Servicio y en el mantenimiento de las instalaciones, las cuales serían en gran parte hechas por el personal de C.L. y -- F. del C.

En la parte de la confiabilidad del Sistema los servicios que proporcionan las dos alternativas son buenos, la flexibilidad de operación es buena, -- así como su seguridad de alimentación y de muy pocas fallas de servicio; las pérdidas de energía son más elevadas en la alternativa (I) y regular en la -- alternativa (II); y en el mantenimiento a cargo de S.T.C., la alternativa --- (I) y a cargo de C.L. y F., es la alternativa (II).

Con estos datos, como se ve, la alternativa que presentaba las mejores -

ALTERNATIVA 1

...../13

ALIMENTACION EN 230 KV A PHT-2 y COSTO PHT-2
PARA ALIMENTACION DE PR e y LINEAS 4 y 6

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO MILLONES PESOS	ORIGEN DEL PRECIO	IMPORTE MILLONES PESOS
Cuchillas Para 230 KV.	9	Jgo.	0.49	Colizacion	4.41
Aisladores y Buses Para 230 KV.	1	Lte.	2.4	Colizacion	2.40
Interruptores De 23 KV (2 Tableros Completos).	54	Pza.	0.519	Colizacion	28.03
Gabinetes De Relevadores De Proteccion.	1	Lte.	10.0	Colizacion	10.00
Tablero De Despacho De Carga.	1	Pza.	8.9	Colizacion	8.90
Apertarrayos.	12	Pza.	0.08	Colizacion	0.96
Transformadores De Potencia.	4	Pza.	12.5	Colizacion IEM	50.00
Interruptores De 230 KV.	2	Pza.	2.5	Colizacion	5.00
Transformadores Para Proteccion y Medicion.	12	Pza.	0.8	Colizacion	9.60
Costo De Instalacion De Equipos.	1	Lte.	13.0	Colizacion	13.00
Estructuras.	1	Lte.	2.4	Colizacion	2.40
Galerias Para Cables De 23 KV.	1	Lte.	79.5	ISTME	79.50
Cimentaciones Para Equipos Exteriores.	1	Lte.	2.6	Colizacion	2.60
Construccion De Edificio De 3 Plantas.	1200 x 3	Mts ²	0.004	Colizacion	14.40
Terrano Propio Del PHT-2 y Cuadro L.Legado LyF.	11233	Mts ²	0.002	Colizacion	22.47
Alimentacion En 230 KV. Por C.LyF.	1	Lte.	279.7	C.LyF.	279.70
Cables De 23 KV. (Sin Incluir Instalacion)	167	Km.	0.94	C.LyF.	156.98
Accesorios Para Cable (Incluyendo Mano De Obra)	1	Lte.	17.0	C.LyF.	17.00
Costo Instalacion De Cables.	167	Km.	0.14	C.LyF.	23.38
Ductos Para Cables De 23 KV.	70	Km.	1.24	C.LyF.	86.80
INVERSION TOTAL (considerando ductos de LyF)					817.53
Ductos Para Cables De 23 KV.	70	Km.	4.5	ISTME	315.00
INVERSION TOTAL (considerando ductos de ISTME)					1045.73

FIGURA (5)

ALTERNATIVA 2

..../14

ALIMENTACION DE C.LyF. A CADA P.R.
Y ACOMETIDA A CABECERA DE LINEAS 4 y 5

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO MILLONES PESOS	ORIGEN DEL PRECIO	IMPORTE MILLONES PESOS
Cable De 23 KV	1	Lts.	121.5	C.LyF.	121.5
Interruptores De Transferencia Automatica.	23	Pza.	0.73	C.LyF.	16.79
Equipos Terminales De Alimentadores.	23	Jgo.	1.22	C.LyF.	28.06
Equipos De Medicion De Mediana Tension.	23	Jgo.	0.039	C.LyF.	0.9
Red De Ductos Para Cables De 23 KV.	1	Lts.	94.4	C.LyF.	94.4
Imprevistos. 5% De La Anterior.				C.LyF.	13.1
Refuerzo Lineas De 230 KV. Cerro Gordo K-O				C.LyF.	50.8
Instalacion Ser. Bonas 100 MVA. 230/85 KV. En SE. K-O				C.LyF.	45.3
Instalacion Banco 30 MVA 85/23 KV. En SE. Inaugurables.				C.LyF.	18.1
Cargos A COVITUR Per La Preparacion De La Demanda de Precio De La Copacidad Firme En SE. De C.LyF.				C.LyF.	140.0
Aplicacion De Cuentos Por 138 KW. De Carga Instalada.				C.LyF.	105.0
Cantidad Que Debora Pagaras A La C.LyF. Para Esta Alternativa.					633.95
INVERSIONES ADICIONALES A CARGO DE COVITUR:					
Edificio Para El Puesto De Despacho De Carga y Telecomando	300	Mts.	0.004	Colitacion	1.2
Tablero De Despacho De Carga	1	Pza.	8.9	Colitacion	8.9
Interruptores De 34.5 KV. Para Control De La S.E.	23	Pza.	0.4	Colitacion	9.2
Llaves Para El Equipo De Transferencia.	23	Pza.	0.4	Colitacion	9.2
Equipo Para Control Desde El Centro De Mando y Control.					12.0
Imprevistos. 8% De La Anterior.					3.24
Inversion A Cargo De COVITUR.					43.74
INVERSION TOTAL.					677.69

FIGURA (6)

CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

MILLONES DE PESOS

ALTERNATIVA 1 COVITUR	ALTERNATIVA 2 CIA. de LUZ	DIFERENCIA	Δ %
1,045.73	677.65	368.08.	35

NOTA:

En Cualquiera De Las Alternativas, fue Necesario Afinar Algunos Partidos
Con La Compania De Luz y Fuerza.

FIGURA (7)

UNAM FACULTAD DE ING.

MARGARITA RAMIREZ G.

CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

condiciones tanto Económicas como de operación fué la alternativa No. (II) y es con esta alternativa con la que se diseñó la alimentación a la Línea 4, y a las demás Líneas de la 3a. etapa de la ampliación del Metro de la - Ciudad de México.

CAPITULO III.

DETERMINACION DE LOS DATOS TECNICOS -
DEL CABLE DE ALTA TENSION.

Para poder determinar el tipo de cable de energía que se utilizaría en las instalaciones de la Línea 4, fué necesaria una revisión y comparación de las diferentes características y clases de cables existentes en el Mercado Nacional, para lo cual se empezó por ver la tensión a transmitir en la Línea, analizando datos y tablas que se anexan.

Podemos ver la Tabla No. 1, donde se muestra la tensión usual de los diferentes tipos de cables, como los desnudos, para sistemas aéreos, y cables aislados para instalaciones subterráneas.

También las características y propiedades de los diferentes materiales utilizados como conductores y otros materiales que sirven como ayuda a la protección de los conductores y algunas características de conductividad eléctrica son mostrados en las Tablas No. 2, 3, y 4.

De los diferentes tipos de cables que se observaron, el tipo de aislamiento fué un factor importante para determinar el cable a utilizar en la Línea 4.

Entre los aislamientos, hay una gran variedad que se utilizan en los cables de mediana y alta tensión.

Basados en experiencias de Cía. de Luz y Fuerza del Centro, se tienen los siguientes tipos de aislamientos que podrían ser adecuados para las necesidades del Sistema de Transporte Colectivo.

Se tiene: papel impregnado, PVC especial (Sintemax), Polietileno, Etileno-Propileno (E.P.) y Polietileno de cadena cruzada (X.L.P.). Actualmente algunos de los aislamientos E.P. y X.L.P. se están evaluando para

TABLA 1
TIPOS DE CABLES USUALES EN MEXICO
CLASIFICACION POR VOLTAJE

KILOVOLTS	U S O	TIPOS DE CABLES INSTALACION AEREA, CABLE DESNUDO	CABLES AISLADOS INSTALACION SUBTERRANEA
385 230 (198) 115 85	TRANSMISION	CABLES DESNUDOS ACSR (ALUMINUM CONDUCTOR STEEL REINFORCED) ALUMINIO CON CENTRO DE ACERO AISLAMIENTO: CADENAS DE AISLADORES	CABLES AISLADOS CON PAPEL IMPREGNADO TIPOS PIPE Y OF
69 46 35	SUBTRANSMISION Y DISTRIBUCION		CABLES AISLADOS CON PAPEL IMPREGNADO Y FORRO DE PLOMO. OF, CABLES VULCANEL EP O XLP
25 15 6.6 4.16 2.3	DISTRIBUCION MEDIA TENSION	CABLES ACSR, AAC. DESNUDO O CON CUBIERTA PROTECTORA AISLAMIENTO: AISLADORES	CABLES VULCANEL EP O XLP CABLES SINTENAX CABLES PAPEL Y PLOMO
VOLTS	U S O	TIPOS DE CABLES INSTALACION AEREA, CABLE DESNUDO	CABLES AISLADOS INSTALACION SUBTERRANEA
440 220 110	DISTRIBUCION BAJA TENSION	CABLES DE COBRE O ALUMINIO PROTEGIDOS CON POLIETILENO TIPOS POLANEL O NEUTRANEL	TW, THW, VINANEL, NYLON, XLP RHH, RHW, ETC.....

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G
DIFERENTES TIPOS DE
CABLES

TABLA 2
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

..../19

M E T A L	CONDUCTIVIDAD RELATIVA. COBRE = 100 %
PLATA	106
COBRE	100
ALUMINIO	61
ZINC	29
ESTAÑO	15
PLOMO	8

TABLA 3
ALUMINIO VS. COBRE

C O N C E P T O	ALUMINIO	COBRE
<i>PARA IGUAL RESISTENCIA</i>		
RELACION DE AREAS	1.61	1
RELACION DE DIAMETROS	1.27	1
RELACION DE PESO	0.48	1
<i>PARA IGUAL AMPACIDAD</i>		
RELACION DE AREAS	1.39	1
RELACION DE DIAMETROS	1.18	1
RELACION DE PESO	0.42	1
<i>PARA IGUAL DIAMETRO</i>		
RELACION DE RESISTENCIAS	1.61	1
CAPACIDAD DE CORRIENTE	0.78	1

TABLA 4
PROPIEDADES COMPARATIVAS DE MATERIALES EMPLEADOS
EN LA FABRICACION DE CABLES ELECTRICOS

METAL	DENSIDAD gr/cm ³	TEMPERATURA FUSION °C	RESISTIVIDAD ELECTR. A 20°C microhms / cm.	COEFICIENTE TERMICO DE RESISTIVIDAD per °C	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA A 20°C % de IACS *	COEFICIENTE LINEAL DE DILATACION. 10 ⁻⁶ per °C
ALUMINIO	2.703	930	2.828	0.0039 16°C	60.97	22.9
BRONCE, GRADOS ASTM						
55 HITENSO "C"	8.89	1070	3.1343	0.00219	61.0	16.92
85 HITENSO "A"	8.89	1080	2.0291	0.00314	85.0	16.92
COBRE RECOCIDO	8.89	1083	1.7241	0.00393	100.0	16.5
COBRE DURO	8.89		1.77	0.0383	97.5	
PLOMO	11.35	327.4	20.65	0.0043	7.71	28.7
NIQUEL	8.90	1455	6.84	0.006	25.0	15.3
PLATA	10.50	960.8	1.62 16°C	0.0038	104.6	18.8
ACERO	7.80 7.80	1300 1475	10.4 11.9	0.0016 0.0032		10.5
ESTAÑO	7.30 226°C	231.89	11.8	0.0042	14.8	26.92
ZINC	7.14	419.47	5.92 0°C	0.0037	30.0	26.28

* IACS = INTERNATIONAL ANNEALED COPPER STANDARD.

voltajes de 69,138 y 220 KV, y los de papel impregnado en aceite operan en la actualidad hasta 1000 KV; se muestran algunos datos sobre cables de energía en la Tabla No. 5 .

A continuación se dará una breve explicación acerca de estos tipos de aislamientos.

AISLAMIENTOS.

Papel Impregnado :

A pesar de los admirables desarrollos que han tenido los aislamientos sintéticos, la experiencia ha demostrado que para un servicio largo y confiable bajo las condiciones más adversas, el aislamiento de papel impregnado sigue siendo una buena selección, debido entre otras cosas, a su buena rigidez dieléctrica, a su excelente resistencia a impulsos eléctricos y a su alta resistencia a sobrecargas térmicas.

El impregnante puede ser aceite mezclado con resinas para aumentar su viscosidad ó compuestos de alta viscosidad a temperatura ambiente llamados nomigrantes.

P.V.C.

El policloruro de vinilo, tan comúnmente usado para alambres y cables de bajo voltaje, habla tenido poco uso en cables de mediana tensión debido a sus altas pérdidas dieléctricas, sin embargo, en Europa se han realizado investigaciones que culminaron con éxito cuando en algunos países como Italia y Alemania principalmente, se lograron desarrollar compuestos de P.V.C. que a la temperatura de operación del cable, presentaban un factor de pérdidas relativamente bajo.

Ejemplo de estos compuestos es el Sintenax, que ha encontrado una gran aceptación en el Mercado Mexicano, además este compuesto es muy resistente a la ionización.

TABLA 3
CABLES DE ENERGIA

...../22

AISLAMIENTO	CUBIERTAS	VOLTAJES (Kv)	TEMPERATURA OPERACION	TEMPERATURA SOBRECARGA	Nº. DE CONDUCTORES	COMERCIAL O TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICACIONES
PAPEL IMPREGNADO	PLOMO Y PLASTICO	1, 6, 25	75-85	110	1, 3	BPT, GTP, 23 PT.	PROPIEDADES ELECTRICAS, EXPERIENCIA, COSTO, RESISTENTE CORROSION.	MIGRACION DE ACEITE, TERMINALES MAS COMPLEJAS	DISTRIBUCION URBANA. INSTALACION DENTRO DE DUCTOS
PAPEL IMPREGNADO	PLOMO Y ARMADURA	1, 6, 25	75-85	220	1, 2, 3	BPA, GPA, 23 PA.	PROPIEDADES ELECTRICAS, EXPERIENCIA, PROTECCION MECANICA.	MIGRACION DE ACEITE, TERMINALES COMPLEJAS, PASO.	DISTRIBUCION URBANA DIRECTAMENTE ENTERRADO.
PAPEL IMPREGNADO	TUBO DE ACERO	100, 250	75	110	3	"PIPE"	PROP. ELECTRICAS PROT. MECANICA. SOBRECARGAS TERMICAS.	COSTO ELEVADO.	SUBTRANSMISION SUBTERRANEA. DIRECTAMENTE ENTERRADO.
P.V.C.	P.V.C.	1, 6, 15, 23	70-80	110	1, 3, 3, -1/2	SINTENAX.	BAJO COSTO RESIST. IONIZACION COLORES, TERMINALES SENCILLAS.	PERDIDAS ELECTRICAS. ALTAS. TERMOPLASTICO.	DISTRIBUCION INDUSTRIAL Y COMERCIAL
POLIETILENO VULCANIZADO	P.V.C.	1, 5, 8, 15, 23, 35	90	130	1, 3	VULCANEL XLP.	TEMPERATURA TERMINALES SENCILLAS	POCA FLEXIBILIDAD.	DISTRIBUCION SUBTERRANEA EN FRACCIONAMIENTO
ETILENO PROPILENO	P.V.C.	5, 8, 15, 23 35	90	130	1	VULCANEL EP	TEMPERATURA, FLEXIBILIDAD RESIST. IONIZACION TERMINALES SENCILLAS	PRECIO LIGERAMENTE MAYOR	DISTRIBUCION INDUSTRIAL Y COMERCIAL EN FRACCIONAMIENTO (USO GENERAL.)

Poliétileno :

Tiene una rigidez dieléctrica comparable a la del papel impregnado y -- un factor de pérdidas mucho menor, su conductividad térmica en baja, lo que facilita la disipación del calor, sin embargo es muy susceptible a la ionización.

Otra desventaja es su coeficiente de expansión térmica muy alto, que -- obliga a utilizar un compuesto semiconductor como pantalla eléctrica de las mismas características del poliétileno para que no se formen pequeños espacios, susceptibles de ionizar durante los ciclos térmicos a que se somete -- el cable durante su operación.

Por ser un material termoplástico, presenta el problema de su baja resistencia a sobrecargas térmicas, por lo que se debe tener cuidado al seleccionar el calibre del conductor para que se evite el sobrecalentamiento de éste.

Butilo :

Es un polímero de isobutileno que contiene pequeñas cantidades de isopreno, presenta una serie de propiedades térmicas y una gran flexibilidad; -- hay varios grados disponibles dependiendo del contenido de isopreno y del -- rango de pesos moleculares.

Debido a su bajo grado de insaturación, requiere de agentes de vulcanización más vigorosos que otros elastómeros, y el proceso de vulcanización -- debe llevarse a cabo a temperaturas más elevadas.

Su rigidez dieléctrica es relativamente baja, por lo que se requieren -- espesores de aislamiento bastante altos, lo que eleva el costo del cable y su confiabilidad es menor que los elastómeros, más recientes con el E.P.R. -- y X.L.P.

E.P.R.

Es uno de los más recientes desarrollos en aislamientos eléctricos, ---

es un copolímero de etileno y propileno al cual se le adicionan agentes -- vulcanizantes, rellenos y aditivos; puede ser de color claro o negro dependiendo de la adición de rellenos minerales y pigmentos a base de negro de humo.

Posee características eléctricas y mecánicas muy estables, gran --- flexibilidad aún a temperaturas bajas, excelente resistencia a la ionización y excelentes propiedades eléctricas. Su temperatura máxima de operación es de 90°C, 130°C en emergencia y 250°C en condiciones de corto circuito.

El E.P.R., se usó por primera vez en 1962 en un cable de 5 KV, y en la actualidad se emplea en circuitos de 69 KV y está en desarrollo cables para tensiones mayores.

X.L.P.

Para solucionar uno de los problemas que presenta el polietileno, -- que es el de su bajo punto de fusión, se ha desarrollado el proceso de vulcanización de polietileno.

El compuesto está formado de polietileno de baja densidad con algunos peróxidos como agentes vulcanizantes.

A una temperatura de 240-260°C, los radiales libres de etileno en las moléculas de polietileno bajo la influencia de los catalizadores reaccionan una con otra formando cadenas cruzadas.

Puede operar continuamente a 90°C y es más resistente a los agentes químicos que el polietileno.

Hay varios grados de X.L.P., dependiendo de la cantidad de relleno, del agente vulcanizante y de aditivos que le dan mayor flexibilidad.

De los aislamientos mencionados se presenta la Tabla No. 6, donde se muestran algunos datos técnicos.

TABLA 6
PROPIEDADES DE AISLAMIENTOS

CARACTERISTICAS	PAPEL IMPREGNADO	PVC BAJO VOLTAJE	PVC ALTO VOLTAJE	POLIETILENO	POLIETILENO VULCANIZADO	BUTILO	CAMBAY BARNIZADO	FP
RIGIDEZ DIELECTRICA Kv/mm								
— CORRIENTE ALTERNA, ELEVACION RAPIDA.	22	12	18	20	20	18	12	18
— IMPULSOS	73	40	47	80	60	47	40	84
CONSTANTE DIELECTRICA, S/C. (A 60 Hz., 75°C)	3.5	6.0	5.5	2.5	2.5	3.5	6.0	2.7
FACTOR DE POTENCIA, % (A 60 Hz., 75°C)	0.8	5.0	3.0	0.05	0.05	1.5	6.0	0.05
CONSTANTE K DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Megaohm / Km)	3.000	5.000	7.000	30.000	30.000	10.000	1.000	20.000
RESISTENCIA A LA IONIZACION.	BUENA	BUENA	EXCELENTE	MALA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MUY BUENA
RESISTENCIA A LA HUMEDAD.	BUENA	BUENA	BUENA	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	EXCELENTE
FACTOR DE PERDIDAS.	BUENO	MALO	REGULAR	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	MALO	EXCELENTE
FLEXIBILIDAD.	REGULAR	BUENA	REGULAR	BUENA	MALA	EXCELENTE	BUENA	EXCELENTE
FACILIDAD DE INSTALACION DE EMPALMES Y TERMINALES (PROBLEMAS DE HUMEDAD Y DE IONIZACION)	REGULAR	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	REGULAR	BUENA	REGULAR	EXCELENTE
TEMP. OPERACION NORMAL (°C)	75-85	60-90	75-90	75	90	85-90	70-85	90
TEMP. SOBRECARGA (°C)	100	100	100	90	150	105	100	130
TEMP. CORTO CIRCUITO (°C)	160	160	160	160	250	200	160	250
ESPESOR DE AISLAMIENTO COMPARATIVO (CABLE UNIPOLAR 15 Kv.).	100%	- 0 -	125%	125%	125%	170%	140%	125%
PRINCIPALES VENTAJAS.	BAJO COSTO, EXPERIENCIA DE AÑOS COMPROBADO EXCEL. PROPIEDAD ELECTRICA	BAJO COSTO	BAJO COSTO RESISTENTE A LA LAMINACION FACIL DE INSTALAR	FACTOR DE PERDIDAS BAJO.	FACTOR DE PERDIDAS BAJO TEMP. ALTA	FLEXIBILIDAD FACILIDAD DE MANEJO RESIST. TERMICA	POSSIBLE FABRICAR TRABAJOS CORTOS EXPERIENCIA MUCHOS AÑOS	FLEXIBILIDAD FACIL. DE INSTALAR TEMP. ALTA RESIS. IONIZACION
PRINCIPALES INCONVENIENTES.	REQUIERE TUBO DE FLOSO Y TERMINALES HERMETICAS	INADECUADO PARA ALTO VOLTAJE.	PERDIDAS COMPARATIVAMENTE ALTAS.	BAJA RESIST. A IONIZACION. BAJA TEMP. DE FUSION.	RIGIDEZ, BAJA RESISTENCIA A LA IONIZACION.	COSTO ELEVADO. DIAMETRO MAYOR.	COSTO ELEVADO. ALTAS PERDIDAS.	

Es indudable, que además de los aislamientos, presenta gran importancia en la selección del tipo de cable las pantallas eléctricas, de las cuales haremos mención a continuación.

PANTALLAS ELECTRICAS.

Semiconductor sobre Conductor :

Pueden ser de cinta ó extruídas. Los materiales usuales en las cintas son : el papel carbón, nylon y algodón .

En cables con aislamiento de papel impregnado se usan cintas de papel CB (carbón black), con la ventaja adicional de absorber los materiales -- oxidantes del compuesto impregnante, protegiendo al conductor.

Las extruídas, generalmente son a base de polímeros compatibles con el aislamiento.

Semiconductoras sobre Aislamiento :

Pueden ser de cintas ó extruídas. En algunas ocasiones se suele aplicar sobre el aislamiento un barniz semiconductor, y encima de él la semiconductoras de cintas ó extruídas.

En cables con aislamiento de papel impregnado, suele utilizarse semiconductoras sobre el aislamiento de papel metalizado.

Conductoras ó Metálicas :

Generalmente son de cobre desnudo ó estañado, aplicadas en forma de -- cintas traslapadas, ó alambres enrollados helicoidalmente ó en forma longitudinal. Para aplicaciones especiales se construyen de plomo.

El cable con aislamiento de papel impregnado unipolar, usualmente utiliza tubo de plomo (necesario para garantizar la estanqueidad del conductor) como pantalla eléctrica.

CUBIERTAS .

Las cubiertas protectoras de los cables eléctricos proveen protección mecánica, contra la humedad química y algunas veces térmica.

Las cubiertas no metálicas más comunes son P.V.C., polietileno de baja ó alta densidad, neopreno y polietileno clorosulfonado. Una cubierta metálica es la única barrera totalmente hermética a la penetración de la humedad y comúnmente se emplea el plomo ó el aluminio.

Algunas propiedades comparativas de estos materiales se muestran en -
la Tabla No. 7 .

TABLA 7

..../28

PROPIEDAD DE CUBIERTAS

CARACTERISTICAS	P.V.C	POLIETILENO BAJA DENSIDAD	POLIETILENO ALTA DENSIDAD	NEOPRENO	POLIETILENO CLORURO DE VINILO FORMADO BY-SH	PLOMO
RESISTENCIA A LA HUMEDAD	B	MB	MB	R	B	E
RESISTENCIA A LA ABRASION	B	B	E	MB	E	M
RESISTENCIA A GOLPES	B	B	MB	E	E	M
FLEXIBILIDAD	MB	B	R	E	E	R
DOBLEZ EN FRIO	R	B	MB	B	B	B
PROPIEDADES DIELECTRICAS	MB	E	E	R	MB	B
RESISTENCIA A LA INTemperIE	B	E	E +	B	E +	MB
RESISTENCIA A LA FLAMA	B	M	M	B	B	MB
RESISTENCIA AL CALOR	B	M	R	MB	MB	MB
CONDUCCION TERMICA (DISIPACION DEL CALOR)	R	B	B	R	R	B
RESISTENCIA A LA OXIDACION	E	E	E	B	E	E
RESISTENCIA AL OZONO	E	E	E	B	E	E
RESISTENCIA AL CORTO POR COMPRESION	B	B	B	MB	B	M
RESISTENCIA A ACIDOS:						
30% SULFURICO	E	E	E	R	B	E
3% SULFURICO	E	E	E	R	R	E
10% NITRICO	R	E	E	R	R	M
10% CLORHIDRICO	B	E	E	R	R	R
10% FOSFORICO	E	E	E	R	R	B
RESISTENCIA A ALKALIES Y SALES:						
10% HIDRÓXIDO DE SODIO	E	E	E	M	R	B
2% CARBONATO DE SODIO	B	E	E	R	R	B
10% CLORURO DE SODIO	E	E	E	B	B	B
RESISTENCIA A AGENTES QUIMICOS ORGANICOS:						
ACETONA	M	B	B	B	B	E
TETRACLORURO DE CARBON	B	B	B	M	M	E
ACEITES	B	B	B	R	R	E
GASOLINA	B	B	B	R	R	E
CREOSOTA	R	B	B	M	M	
TEMP. MAX. DE OPERACION (°C)	90	75	90	90	130	
PESO ESPECIFICO	1.4	0.9	1.0	1.3	1.2	11.3
PRINCIPALES APLICACIONES:	USO GENERAL EN CABLES PARA INTERIORES	CABLES AEREOS A LA INTemperIE CUBIERTAS/PLOMO	IGUA, PERO CUANDO SE REQUERA MA- YOR RESISTENCIA A LA ABRASION	CABLES FLEXIBLES CABLES P/ MINAS	CABLES FLEXIBLES DE ALTA CALIDAD	CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL IMPRESADO CABLES PARA REFINERIAS

E-EXCELENTE MB-MUY BUENA B-BUENA R-REGULAR M-MALA

+ SOLO EN COLOR NEGRO, CONTENIENDO NEGRO DE HUMO

Habiéndose visto las características de los diferentes cables existentes en el mercado, así como sus aislamientos, sus pantallas eléctricas y sus cubiertas, se determinó que el cable impregnado en aceite con cubierta de plomo y cubierta protectora de polietileno era el cable que reunía las mejores características para ser instalado en la Línea 4 del Metro.

La selección de este cable, considerando las condiciones a las que trabajarla y la tensión a transmitir fue reafirmada por las experiencias de Cla. de Luz y Fuerza del Centro, así como por las experiencias obtenidas en la primera etapa del metro.

Este cable por sus características, es ideal para lugares húmedos, además la cubierta protectora de plomo evita que los roedores destruyan el cable.

Los parámetros a que van a operar los cables son de gran utilidad para el diseñador de sistemas de distribución de energía eléctrica, ya que el conocimiento de dichos datos permite el equilibrio técnico y económico que sirve como referencia para la selección correcta del calibre del conductor en base a su caída de tensión, sus pérdidas de energía en el conductor etc.

También permite determinar el valor de la impedancia, que es necesaria tanto para los análisis del corto circuito, como en el comportamiento del cable y el mantenimiento correspondiente.

Estos parámetros que nos permitirán determinar el calibre adecuado son: Resistencia del conductor, su Inductancia y Reactancia Inductiva, su Capacitancia y Reactancia Capacitiva y en base a éstos su Impedancia.

III.1.- PARAMETROS PARA DETERMINAR LOS DATOS
TECNICOS DEL CABLE DE ENERGIA.

A continuación se hará mención de los cálculos que intervienen en la --
selección del cable adecuado basándose en ciertos parámetros eléctricos.

III.1.1.- CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS CABLES POR CORRIENTE DIREC
TA, POR CABLEADO, POR EFECTO DE TEMPERATURA, POR EFECTO PIEL
O PROXIMIDAD Y POR CORRIENTE ALTERNA.

a).- Resistencia a la corriente directa.

La resistencia a la corriente directa, de un conductor eléctrico forma--
do por un alambre de cualquier material está expresado por la fórmula :

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} \quad \text{en Ohms.}$$

En donde :

L = longitud del conductor .

A = Area seccional del conductor.

ρ = Resistividad volumétrica del material del conductor (en unidades --
compatibles con la longitud L y el área A .

El valor de la resistividad por unidad de masa para el cobre, que ha --
normalizado la I.A.C.S., a 20°C y 100% de conductividad es de 0.15328 OHM--
GRAMO/M². Para fines prácticos la resistividad se suele dar por volumen;
el valor más comúnmente usado para el cálculo de resistencias de conducto--
res eléctricos y que aquí emplearemos es el de 17.241 OHM-MM²/KM.

b).- Resistencia por efecto de cableado .

Cuando se tienen conductores cableados o formados por varios hilos, --
la resistencia a la corriente directa es igual a la resistencia de cada --
uno de los alambres dividida por el número de ellos.

$$R_{CD} = \frac{R'}{n} = \frac{\rho}{n} \cdot \frac{L}{A'}$$

En donde :

R' = Resistencia de cada hilo.

A' = Area de cada hilo ó alambre.

n = Número de alambres.

Esta fórmula varía porque los alambres no son de igual longitud ---- siendo los de las capas superiores mayores que los inferiores, por lo que - para fines prácticos puede suponerse :

$$R_{CD} = \frac{L}{A} (1 + K_c)$$

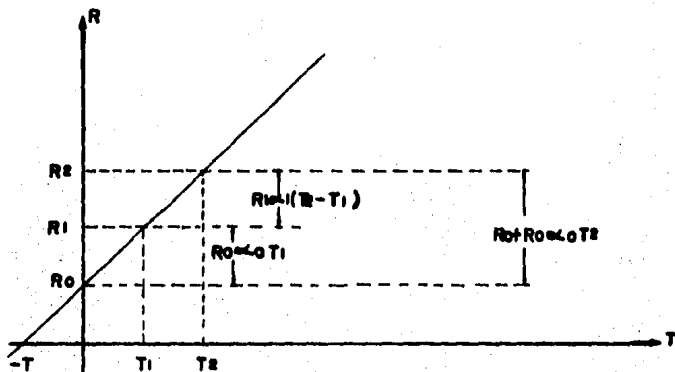
Siendo K_c el factor de cableado .

Este factor de cableado varía con los diferentes tipos de cableado. En la tabla A que se anexa posteriormente pueden observarse los diferentes valores de K_c .

c).- Resistencia por efectos de temperatura.

Los cambios más apreciables en los materiales, son los incrementos - en resistencia y longitud que éstos sufren en virtud de cambios en su temperatura.

Si construyéramos una gráfica Temperatura-Resistencia, mostrando diferentes valores encontrados de mediciones realizadas, obtendríamos la --- siguiente curva :



de esta curva tenemos :

$$R_1 = R_0 + R_0 \alpha_0 T_1$$

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha_0 T_1)$$

$$R_2 = R_1 + R_1 \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)]$$

En donde α_0 se denomina coeficiente de corrección por temperatura y sus --
dimensiones son grados centígrados recíprocos .

Para conocer el valor de α_1 tenemos :

$$R_2 = R_0 + R_0 \alpha_0 T_2$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha_0 T_2) .$$

También :

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha_0 T_1)$$

Dividiendo $\frac{R_2}{R_1}$:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_0 (1 + \alpha_0 T_2)}{R_0 (1 + \alpha_0 T_1)} = \frac{1 + \alpha_0 T_2}{1 + \alpha_0 T_1}$$

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{1 + \alpha_0 T_2}{1 + \alpha_0 T_1} \text{-----(1)}$$

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)] \text{-----(2)}$$

Igualando las fórmulas (1) y (2) y despejando α_1 :

$$R_1 \cdot \frac{1 + \alpha_0 T_2}{1 + \alpha_0 T_1} = R_1 [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)]$$

$$\frac{1 + \alpha_0 T_2}{1 + \alpha_0 T_1} = 1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$\frac{1 + \alpha_0 T_2}{1 + \alpha_0 T_1} - 1 = \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$\frac{(1 + \alpha_0 T_2) - (1 + \alpha_0 T_1)}{1 + \alpha_0 T_1} = \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$\frac{1 + \alpha_0 T_2 - 1 - \alpha_0 T_1}{1 + \alpha_0 T_1} = \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\alpha_0 (T_2 - T_1)}{1 + \alpha_0 T_1} = \alpha_1 (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\alpha_0 (T_2 - T_1)}{1 + \alpha_0 T_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{1 + \alpha_0 T_1}{T_2 - T_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 T_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + T_1} \quad \text{----- (3)}$$

Para determinar el valor de α_0 se considera el caso del cálculo --- de la resistencia a la temperatura - T_A , que es la temperatura a la que -- teóricamente la resistencia es cero .

$$\text{Para } T = - T_A \quad R = R_A = 0$$

$$R_A = 0 = R_0 \left[1 + \alpha_c (-T_A) \right]$$

$$0 = 1 - \alpha_c T_A$$

$$\alpha_c = \frac{1}{T_A} \text{ ----- (4)}$$

Substituyendo la ecuación (4) en la ecuación (3) .

$$\alpha_1 = \frac{1}{\frac{1}{T_A} + T_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{T_A + T_1} \text{ ----- (5)}$$

El valor de T_A en °C para materiales comúnmente usados en la fabricación de conductores eléctricos se da a continuación .

Para el Cobre :

$T_A = 234.5^\circ\text{C}$ - para cobre recocido estirado en frío con 100 % de conductividad según IACS.

$T_A = 241^\circ\text{C}$ - Para cobre semiduro estirado en frío con 97.3% de conductividad según IACS.

d).- Resistencia del conductor a la corriente alterna .

La resistencia de un conductor eléctrico por el que circula corriente alterna, es mayor que la resistencia que presenta el mismo conductor a la corriente directa.

Este aumento de resistencia es debido a dos causas :

- El efecto piel (Peculiar ó Kelvin), que consiste en un aumento de -- la densidad de corriente hacia la superficie externa del conductor, de-- bido al campo magnético que se establece en torno al eje del conductor - mismo.

El factor γ_s del efecto piel se calcula por :

$$\gamma_s = \frac{\chi_s^4}{192 + 0.8 \chi_s^4}$$

Con :

$$\chi_s^2 = \frac{8 \pi f \times 10^4 \text{ Ks}}{R'}$$

Donde :

f = frecuencia del sistema, Hz.

R' = resistencia del conductor a la corriente directa corregida a la temperatura de operación, OHM/KM.

- El efecto de proximidad, que consiste en una distribución no uniforme -- de la densidad de corriente debido a que un conductor por el que circula - una corriente eléctrica se encuentra cercano a otro que transporta un flu-- jo de iguales características pero de sentido contrario, originando la irre-- gularidad de la densidad de corriente y un aumento aparente de la resisten-- cia efectiva que se calcula afectando la resistencia original por un factor (γ_p).

Esto es válido para cables paralelos, que alimentan cargas monofási-- cas y trifásicas.

La fórmula siguiente da el valor de γ_p :

$$\gamma_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} \left(\frac{dc}{s} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{dc}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} + 0.27} \right]$$

teniendo :

$$\chi_{\text{p}}^2 = \frac{8 \pi b}{R'} \times 10^4 \text{ Kp}$$

donde :

d_c = diámetro del conductor, en centímetros.

s = distancia entre ejes de los conductores, en centímetros.

$s = d_c + t$

t = espesor del aislamiento.

Se anexan a continuación dos tablas de los factores K_s y K_p para --
los diferentes tipos de conductores. (tablas (A) y (B)).

**INCREMENTO DE LA RESISTENCIA
POR EFECTO DE CABLEADO**

TIPO DE CABLEADO	K_c
REDONDO COMPACTO	0.020
REDONDO COMPLETO	0.020
SECTORAL	0.018
SEGMENTAL	0.020

T a b l a A

CONDUCTOR	K_s	K_p
REDONDO COMPACTO DE Cu	1.0	0.6
REDONDO DE Cu	1.0	0.6
COMPACTO SEGMENTAL DE Cu	0.59	0.46
REDONDO COMPACTO DE Al	1.0	0.5
REDONDO DE Al.	1.0	0.5

T a b l a B

Teniendo estos factores procederemos a hacer el cálculo siguiente :

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + \gamma_{\delta} + \gamma_p)$$

Donde :

R_{CA} = resistencia a la corriente alterna.

R_{CD} = resistencia a la corriente directa corregida.

γ_{δ} = factor debido al efecto piel.

γ_p = factor debido al efecto de proximidad.

III.1.2.- INDUCTANCIA Y REACTANCIA INDUCTIVA.

a).- Inductancia.

Quando en un conductor eléctrico circula una corriente de magnitud -- variable con el tiempo, se crea un flujo magnético variable, el cual se -- enlaza con los demás conductores del circuito (por los que también circula corriente de naturaleza análoga), a la relación de la variación del flujo con la variación de la corriente en el tiempo se le conoce como Inductancia.

La inductancia de un cable está dada por la suma de la Inductancia --- propia ó interna L_0 (ya que parte del flujo generado corta al conductor --- mismo) más la externa ó mutua L_m .

$$L = L_0 + L_m$$

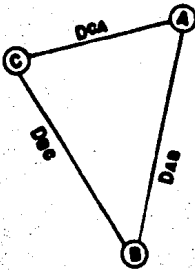
La inductancia propia (L_0) de un conductor es constante dependiendo -- únicamente de su construcción, si es sólido ó cableado. Matemáticamente se puede demostrar que podemos considerar un conductor imaginario al cual el -- flujo generado no lo corta, lo anterior se logra afectando al radio (R) de -- la sección conductora por una constante que dá lugar al radio de un conduc-- tor imaginario, al cual todo el flujo es externo. Al radio así calculado -- se le conoce como radio medio geométrico del conductor (RMG) y la ecuación --

anterior puede expresarse en función del RMG según esté un conductor respecto a la posición de los otros conductores.

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

Para el cálculo de la Inductancia total en H/Km se tienen los siguientes casos de posición entre conductores.

1o. Caso :



El valor medio de la Inductancia total del sistema es :

$$L = 2 \times 10^4 \ln \frac{DMG}{RMG}$$

Donde :

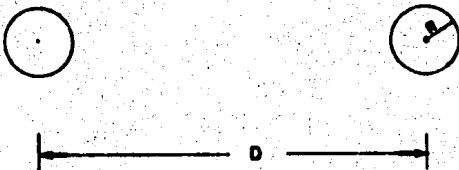
DMG = Distancia media geométrica y queda definida como :

$$DMG = \sqrt[3]{D_{AB} \times D_{BC} \times D_{CA}}$$

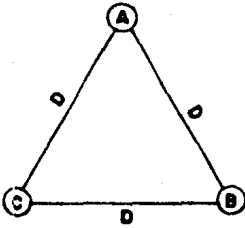
$$D_{AB} \neq D_{BC} \neq D_{CA}$$

2o. Caso :

$$L_m = 2 \times 10^4 \ln \frac{D}{RMG}$$



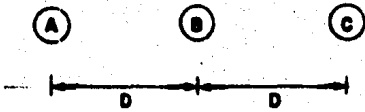
30. Caso :



$$L = L_A = L_B = L_C$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D}{R_{MG}}$$

40. Caso :



El valor medio de la Inductancia total -

$$\text{es : } L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D_{MG}}{R_{MG}}$$

Donde :

$$D_{MG} = \sqrt[3]{2} \times D$$

b).- Reactancia Inductiva .

El valor de la reactancia Inductiva depende de la frecuencia del sistema y del valor de la Inductancia total (suma de la Inductancia propia y - mutua) del cable y se obtiene de la siguiente expresión :

$$X_L = 2\pi f L \quad \text{Ohms/Km}$$

Donde :

f = frecuencia del sistema en Hz .

L = Inductancia en Henrys/Km.

Con estas fórmulas y con los datos técnicos de los cables se calcularán las Inductancias y Reactancias Inductivas.

III.1.3.- CAPACITANCIA Y REACTANCIA CAPACITIVA.

a).- Capacitancia .

Al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos de dos conductores separados por un dieléctrico, estos conductores adquieren una carga eléctrica (q), que es proporcional al voltaje aplicado V y a una constante de proporcionalidad C , llamada Capacitancia, que depende de la naturaleza del dieléctrico, de las dimensiones de los conductores y de la separación.

$$q = CV$$

Donde :

q = representa la carga entre conductores en Coul/Km.

V = es la diferencia de potencial en Volts.

b = Reactancia Capacitiva.

La Reactancia Capacitiva queda definida con la siguiente ecuación :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Donde :

X_c = es la reactancia capacitiva en Mohms/Km.

C = es la capacitancia en Farads/Km.

f = es la frecuencia del sistema en Hz.

Aplicando estas fórmulas y con los datos del cable tendremos el cálculo de la Capacitancia y Reactancia Capacitiva.

III.1.4.- IMPEDANCIA .

Al energizar con una tensión "E" un elemento puramente resistivo "R" --- provoca el flujo de una corriente "I" de magnitud acorde con la Ley de Ohm: -

$$I = \frac{E}{R}$$

De igual manera si el elemento resistivo se sustituye por un elemento reactivo "X" Inductivo ó Capacitivo, el flujo de corriente estará dado por :

$$I = \frac{E}{X}$$

Con un ángulo de defasamiento de 90° con respecto al voltaje aplicado, atrasado ó adelantado según la reactancia sea Inductiva ó Capacitiva respectivamente.

En la práctica en un circuito siempre existirá la combinación de -- resistencias, capacitancias e inductancias, por lo que es necesario utilizar el concepto de impedancia y la Ley de Ohm generalizada :

$$I = \frac{E}{Z}$$

Donde :

$$Z = R + j (X_L - X_C)$$

Siendo la impedancia representada por la letra "Z" .

El operador "j" imprime un giro de 90° a la parte imaginaria ó reactancia X siendo ó negativo según X_L sea mayor ó menor que X_C . La magnitud de Z se obtiene como :

$$Z = \sqrt{R^2 + j (X_L - X_C)^2}$$

y el ángulo de fase ó argumento entre R y X se calcula como :

$$\theta = \text{ang tan } \frac{X}{R}$$

Habiéndose visto ya la obtención de las fórmulas de la Resistencia -- a la Corriente Alterna (R_{CA}), la Inductancia (L), la Reactancia Inductiva - (X_L), la Capacitancia (C), la Capacitancia Inductiva (X_C), y la Impedancia - (Z), el siguiente paso sería efectuar el cálculo de los parámetros del Ca---ble.

Para realizar estos cálculos es necesario saber cuáles son los posi---bles calibres de conductores que pueden ser utilizados para las demandas -- del proyecto.

Considerando el cable de aislamiento de papel impregnado en aceite con cubierta de plomo y cubierta protectora de polietileno que fue el cable ----elegido, se analizaron las posibilidades de fabricantes en el Mercado Nacio---nal, y considerando la basta experiencia de Condux se optó por este fabri---cante; los calibres que fabrica Condux con las características requeridas son: 35mm^2 , 70mm^2 , 150mm^2 , 240mm^2 , por lo que determinaremos los parámetros de estos calibres para nuestro estudio, apoyándonos en las especificaciones Nos. 20006 y 20030 de Cla. de Luz y Fuerza del Centro referidas precisamen---te a estos calibres.

III.2.- CALCULO DE LOS DATOS TECNICOS DEL CABLE DE ENERGIA.

Luego de determinar cuéles son los posibles conductores, y consultando las Especificaciones de Cía. de Luz y Fuerza del Centro se procedió a obtener los datos que nos servirán para realizar los cálculos de interés, como se indica en la figuras (C) y (D); con esto, y de acuerdo a las fórmulas dadas anteriormente iniciamos las operaciones.

RESISTENCIA DEL CABLE UNIPOLAR DE PAPEL IMPREGNADO EN ACEITE CALIBRE 35mm².

a).- Cálculo de la resistencia a la corriente directa a una temperatura de 20°C .

$$R_{CD} = e \frac{L}{A} \quad e = 17.241 \text{ mm}^2/\text{Km.}$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = \frac{(17.241)(1)}{35}$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.4926 \text{ Ohms/Km.}$$

b).- Corrección por cableado .

$$R_{CD} = e \frac{L}{A} (1 + K_c) \quad K_c = 0.020$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = (0.4926)(1 + 0.020)$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.502452 \text{ Ohms/Km.}$$

c).- Corrección de la resistencia calculada a la temperatura de ----
operación .

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)]$$

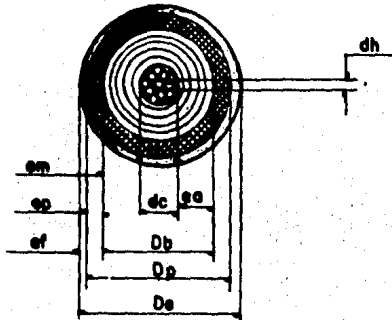
$$\alpha_1 = \frac{1}{T_A + T_1}$$

$$T_A = 234.5^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

CABLES 23PT 1x35, 1x70

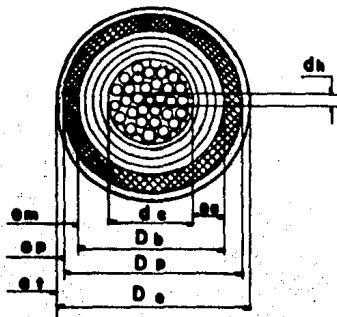
(FIG. C)



Símbolo	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLE	CABLE
			23PT 1x35	23PT 1x70
N	Sección del conductor de cobre Número de hilos	mm ² —	35 19	70 19
dc	Diámetro del conductor	mm	7.65	10.83
dh	Diámetro de cada hilo	mm	1.53	2.17
ea	Esesor aislamiento de papel y cintas semiconductoras	mm	6.48	6.10
em	Esesor cinta de cobre	mm	0.08	0.08
ep	Esesor de cubierta plomo	mm	1.9	2.0
et	Esesor de cubierta exterior termoplástica	mm	1.7	1.65
Db	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	21.32	24.4
Dp	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	25.90	28.5
De	Diámetro exterior del cable	mm	29.40	31.9
	Peso del cobre	Kg/Km	317	635
	Peso del plomo	Kg/Km	1600	1871
	Peso total del cable	Kg/Km	2580	3466
	Longitud del tramo cable	m	500	500
	Tolerancia en longitud	%	-0+5	-0+5
	Carrete CS	Pza	4,10.5	6.12.8
	Peso del carrete CS, con el tramo cable	Kg	1410	1873

CABLES 23PT 1x150, 1x240

....146
(FIG. D)



Símbolo	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLE	
			23PT 1X150	23PT 1X240
N d _c d _h	Sección del conductor de cobre	mm ²	150	240
	Número de hilos	—	37	37
	Diámetro del conductor	mm	15.90	20.12
	Diámetro de cada hilo	mm	2.27	2.874
e _a e _m e _p e _t D _b D _p D _e	Espesor aislamiento de papel y cintas semiconductoras	mm	6.10	6.10
	Espesor cinta de cobre	mm	0.08	0.08
	Espesor de cubierta plomo	mm	2.0	2.2
	Espesor de cubierta exterior termoplástica	mm	1.65	1.7
	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	28.10	34.0
	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	32.74	38.6
	Diámetro exterior del cable	mm	35.45	42.0
	Peso del cobre	Kg/Km	1360	2177
	Peso del plomo	Kg/Km	2200	2816
	Peso total del cable	Kg/Km	4440	6100
	Longitud del tramo de cable	m	500	500
	Tolerancia en longitud	%	-0+5	-0+5
	Carrete CS	Pza	8.16.8	8.16.8
	Peso del carrete CS, con el tramo de cable	Kg	2430	3264

$$\alpha_1 = \frac{1}{234.5 + 20}$$

$$\alpha_1 = 0.00392$$

$$R_1 = R_{CD_{20^\circ C}}$$

$$R_2 = R_{CD_{75^\circ C}}$$

$$R_2 = 0.502452 \left[1 + 0.00392 (75 - 20) \right]$$

$$R_2 = 0.61078$$

$$R_{CD_{75^\circ C}} = 0.61078 \text{ Ohms/Km.}$$

d).- Cálculo de efecto piel y de proximidad .

- Efecto piel .

$$y_\Delta = \frac{\chi_\Delta^4}{192 + 0.8 \chi_\Delta^4}$$

$$\chi_\Delta^2 = \frac{8 \pi \cdot \delta}{R''} \cdot 10^4 \text{ Ks}$$

$$R'' = R_{CD_{75^\circ C}} = 0.61078 \text{ Ohms/Km.}$$

$$K_\Delta = 1$$

$$\chi_\Delta^2 = \frac{8 \pi \times 60}{0.61078} \cdot 10^4 \quad (1)$$

$$\chi_\Delta^2 = 0.24689$$

$$y_\Delta = \frac{(0.24689)^2}{192 + 0.8 (0.24689)^2}$$

$$y_\Delta = 0.00031739$$

- Efecto de Proximidad :

$$y_p = \frac{X_p^4}{192 + 0.8 X_p^4} \left(\frac{dc}{S} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{dc}{S} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{X_p^4}{192 + 0.8 X_p^4} + 0.27} \right]$$

$$X_p^2 = \frac{8 \pi f}{R} \cdot 10^4 \text{ Kp}$$

$$R = R_{CD_{75^\circ C}} = 0.61078 \text{ Ohms/Km.}$$

$$K_p = 0.6$$

$$X_p^2 = \frac{8.1 \times 60}{0.61078} \cdot 10^4 (0.6)$$

$$X_p^2 = 0.14813$$

$$dc = 7.65$$

$$t = de - dc = 29.40 - 7.65 = 21.75$$

$$\Delta = dc + t = 7.65 + 21.75 = 29.40$$

$$y_p = \frac{(0.14813)^2}{192 + 0.8 (0.14813)^2} \left(\frac{7.65}{29.4} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{7.65}{29.4} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{(0.14813)^2}{192 + 0.8 (0.14813)^2} + 0.27} \right]$$

$$y_p = 0.0003396$$

Aplicando la fórmula para la resistencia a la corriente alterna.

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + y_\Delta + y_p)$$

$$R_{CA} = 0.61078 (1 + 0.00031739 + 0.0003396)$$

$$R_{CA} = 0.6110 \text{ Ohms/Km.}$$

Realizamos el mismo procedimiento para los cables de las siguientes secciones .

RESISTENCIA DEL CABLE UNIPOLAR DE PAPEL IMPREGNADO
EN ACEITE CALIBRE 70mm².

a).- Cálculo de la resistencia a la corriente directa a una temperatura de 20°C.

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} \quad A = 70\text{mm}^2$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = \frac{(17.241) (1)}{70}$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.2463 \text{ Ohms/Km.}$$

b).- Corrección por cableado.

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} (1 + K_c) \quad K_c = 0.020$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = (0.2463) (1 + 0.020)$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.2512 \text{ Ohms/Km.}$$

c).- Corrección de la resistencia calculada a la temperatura de operación.

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$$

$$R_2 = 0.2512 [1 + 0.00392 (75 - 20)]$$

$$R_2 = 0.30535$$

$$R_{CD_{75^\circ\text{C}}} = 0.30535 \text{ Ohms/Km.}$$

d).- Cálculo de efecto piel y de proximidad.

- Efecto piel.

$$y_\delta = \frac{\chi_\delta^2}{192 + 0.8 \chi_\delta^2}$$

$$\chi_\delta^2 = \frac{8 \pi f}{R} \cdot 10^4 \text{ K}_\delta$$

$$R'' = 0.30535$$

$$K_{\Delta} = 1$$

$$\chi_{\Delta}^2 = \frac{8\pi \times 60}{0.30535} \cdot 10^4 \quad (1)$$

$$\chi_{\Delta}^2 = 0.4938$$

$$y_{\Delta} = \frac{(0.4938)^2}{192 + 0.8 (0.4938)}$$

$$y_{\Delta} = 0.0012687$$

- Efecto de proximidad :

$$y_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} \left(\frac{dc}{s} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{dc}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} + 0.27} \right]$$

$$\chi_p^2 = \frac{8\pi \times 60}{R''} \cdot 10^4 \quad K_p$$

$$R'' = 0.30535$$

$$K_p = 0.6$$

$$\chi_p^2 = \frac{8\pi \times 60}{0.30535} \cdot 10^4 (0.6)$$

$$\chi_p^2 = 0.2963$$

$$dc = 10.83$$

$$t = de - dc = 31.9 - 10.83 = 21.07$$

$$s = dc + t = 10.83 + 21.07 = 31.90$$

$$y_p = \frac{(0.2963)^2}{192 + 0.8 (0.2963)^2} \left(\frac{10.83}{31.9} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{10.83}{31.9} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{(0.2963)^2}{192 + 0.8 (0.2963)^2} + 0.27} \right]$$

$$y_p = 0.000231754$$

$$\frac{(0.2963)^2}{192 + 0.8 (0.2963)^2} + 0.27$$

procedemos a encontrar R_{CA} :

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + \gamma_{\delta} + \gamma_p)$$

$$R_{CA} = 0.30535 (1 + 0.0012687 + 0.000231754)$$

$$R_{CA} = 0.3058 \text{ Ohms/Km.}$$

RESISTENCIA DEL CABLE UNIPOLAR DE PAPEL IMPREGNADO
EN ACEITE CALIBRE 150mm².

a).- Cálculo de la resistencia a la corriente directa a una temperatura de 20°C

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} \quad A = 150\text{mm}^2.$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = \frac{(17.241)(1)}{150}$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.11494 \text{ Ohms/Km.}$$

b).- Corrección por cableado .

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} (1 + K_c) \quad K_c = 0.020$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = (0.11494)(1 + 0.020)$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.1172388 \text{ Ohms/Km.}$$

c).- Corrección de la resistencia calculada a la temperatura de Operación .

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$$

$$R_2 = 0.1172388 [1 + 0.00392 (75 - 20)]$$

$$R_2 = 0.1425$$

$$R_{CD_{75^\circ\text{C}}} = 0.1425 \text{ Ohms/Km.}$$

d).- Cálculo de efecto piel y de proximidad .

- Efecto piel .

$$v_\delta = \frac{\chi_\delta^4}{192 + 0.8 \chi_\delta^4}$$

$$\chi_\delta^2 = \frac{8 \pi f}{R} \cdot 10^4 \quad K_\delta$$

$$R = 0.1425$$

$$\chi_{\Delta}^2 = \frac{8 \pi \times 60}{0.1425} \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

$$\chi_{\Delta}^2 = 1.0582$$

$$y_{\Delta} = \frac{(1.0582)^2}{192 + 0.8 (1.0582)^2}$$

$$y_{\Delta} = 0.0058$$

- Efecto de proximidad .

$$y_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} \left(\frac{dc}{s} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{dc}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} + 0.27} \right]$$

$$\chi_p^2 = \frac{8 \pi f}{R'} \cdot 10^4 K_p$$

$$R' = 0.1425$$

$$K_p = 0.6$$

$$\chi_p^2 = \frac{8 \pi \times 60}{0.1425} \cdot 10^4 (0.6)$$

$$\chi_p^2 = 0.6349$$

$$dc = 15.90$$

$$t = de - dc = 35.45 - 15.90 = 19.55$$

$$\Delta = dc + t = 15.90 + 19.55 = 35.45$$

$$y_p = \frac{(0.6349)^2}{192 + 0.8 (0.6349)^2} \left(\frac{15.90}{35.45} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{15.90}{35.45} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{(0.6349)^2}{192 + 0.8 (0.6349)^2} + 0.27} \right]$$

$$y_p = 0.00185499$$

Y para R_{CA} :

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + y_s + y_p)$$

$$R_{CA} = 0.1425 (1 + 0.0058 + 0.00185499)$$

$$R_{CA} = 0.14359 \text{ Oims/Km.}$$

RESISTENCIA DEL CABLE UNIPOLAR DE PAPEL --
IMPREGNADO EN ACEITE CALIBRE 240mm².

a).- Cálculo de la resistencia a la corriente directa a una temperatura de 20°C .

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} \quad A = 240\text{mm}^2.$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = \frac{(17.241)(1)}{240} \text{ Ohms/Km.}$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.0718375 \text{ Ohms/Km.}$$

b).- Corrección por cableado .

$$R_{CD} = \rho \frac{L}{A} (1 + K_c) \quad K_c = 0.020-$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = (0.0718375)(1 + 0.020)$$

$$R_{CD_{20^\circ\text{C}}} = 0.07327 \text{ Ohms/Km.}$$

c).- Corrección de la resistencia calculada a la temperatura de -----
operación .

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$$

$$R_2 = 0.07327 [1 + 0.00392 (75 - 20)]$$

$$R_2 = 0.089067$$

$$R_{CD_{75^\circ\text{C}}} = 0.089067 \text{ Ohms / Km.}$$

d).- Cálculo de efecto piel y de proximidad .

- Efecto piel.

$$y_\delta = \frac{\chi_\delta^4}{192 + 0.5 \chi_\delta^4}$$

$$\chi_\delta^4 = \frac{8\pi f}{R} \cdot 10^4 K_\delta$$

$$R = 0.089067$$

$$K_\delta = 1$$

$$\chi_{\delta}^2 = \frac{8 \pi \times 60}{0.089067} \cdot 10^4 \quad (1)$$

$$\chi_{\delta}^2 = 1.693067$$

$$y_{\delta} = \frac{(1.693067)^2}{192 + 0.8 (1.693067)^2}$$

$$y_{\delta} = 0.01475$$

- Efecto de proximidad.

$$y_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0.8 \chi_p^4} \left(\frac{dc}{s} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{dc}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\chi_p^4} \right] \frac{1}{192 + 0.8 \chi_p^4 + 0.27}$$

$$\chi_p^2 = \frac{8 \pi \cdot 6}{R^2} \cdot 10^4 K_p$$

$$R^2 = 0.089067$$

$$K_p = 0.6$$

$$\chi_p^2 = \frac{8 \pi \times 60}{0.089067} \cdot 10^4 (0.6)$$

$$\chi_p^2 = 1.01584$$

$$dc = 20.12$$

$$t = de - dc = 42 - 20.12 = 21.88$$

$$\delta = dc + t = 20.12 + 21.88 = 42$$

$$y_p = \frac{(1.01584)^2}{192 + 0.8 (1.01584)^2} \left(\frac{20.12}{42} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{20.12}{42} \right)^2 + \frac{1.18}{(1.01584)^4} \right] \frac{1}{192 + 0.8 (1.01584)^2 + 0.27}$$

$$y_p = 0.0053509$$

Finalmente para R_{CA} :

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + y_{\delta} + y_p)$$

$$R_{CA} = 0.089067 (1 + 0.01475 + 0.0053509)$$

$$R_{CA} = 0.090857 \text{ Ohms/Km.}$$

CALCULO DE LA INDUCTANCIA.

La forma en que se instala el cable, es la forma de treból, o sea, una - formación triangular equidistante; entonces para encontrar el valor de la -- Inductancia Total del sistema (considerando la inductancia propia y la in-- ductancia mutua) emplearemos la siguiente fórmula :

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D}{\text{RMG}}$$

Para determinar el diámetro (D) y el radio medio geométrico (RMG) recurrirémos a las tablas (E) y (F), (G) anexadas a continuación .

Procedemos a efectuar los cálculos correspondientes para los diferentes ca-- libres de conductor.

CALIBRE 35mm.²

- NUMEROS DE HILOS - 7

$$D_e = 29.40 \text{ mm.}$$

$$D_c = 7.65 \text{ mm.}$$

$$R = 3.825 \text{ mm.}$$

$$\text{RMG} = 0.726 R$$

$$\text{RMG} = 0.726 (3.825)$$

$$\text{RMG} = 2.77695 \text{ mm.}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{29.40}{2.77695} = 0.0004719283 \text{ H/Km.}$$

$$L = 0.4719283 \text{ mH/Km.}$$

CABLE CALIBRE 70mm². -NUMEROS DE HILOS- 19

$$D_e = 31.90 \text{ mm}$$

$$D_c = 10.83 \text{ mm}$$

$$R = 5.415 \text{ mm}$$

$$RMG = 0.758 \text{ R}$$

$$RMG = 0.758 \text{ (5415)}$$

$$RMG = 4.10457 \text{ mm.}$$

$$L = 2 \times 10^4 \text{ Ln } \frac{3190}{4.10457} = 0.000410101 \text{ H/Km}$$

$$L = 0.410101 \text{ mH/Km.}$$

CABLE CALIBRE 150mm². -NUMEROS DE HILOS- 37.

$$D_e = 35.45 \text{ mm}$$

$$D_c = 15.90 \text{ mm}$$

$$R = 7.95 \text{ mm}$$

$$RMG = 0.768 \text{ R}$$

$$RMG = 0.768 \text{ (7.95)}$$

$$RMG = 6.1056$$

$$L = 2 \times 10^4 \text{ Ln } \frac{35.45}{6.1056} = 0.0003517834$$

$$L = 0.3517834 \text{ mH/Km.}$$

TABLA (E)/60

SIMBOLO	CARACTERISTICAS	UNID.	CABLE CALIBRE			
			35	70	150	240
	SECCION DE COND.C.U.	mm ²	35	70	150	240
D _e	DIAM.EXT. DEL CABLE	mm.	29.40	31.90	35.46	42.0
D _c	DIAM. DEL CONDUCTOR	mm.	7.65	10.63	15.90	20.12

CONTINUA LA TABLA DE RMG.

TABLA (F)

CONSTRUCCION DEL CONDUCTOR	RMG
ALAMBRE SOLIDO	0.779 R
CABLE DE UN SOLO MATERIAL	
7 HILOS	0.726 R
19 HILOS	0.758 R
37 HILOS	0.768 R
61 HILOS	0.772 R

TABLA (G)

CONSTRUCCIONES PREFERENTES DE CABLE DE COBRE CABLEADO REDONDO COMPACTO	
mm ²	NUMERO DE ALAMBRES
35	7
70	19
150	37
240	37

CABLE CALIBRE 240mm².

-NUMEROS DE HILOS- 37.

$$D_e = 42 \text{ mm}$$

$$D_c = 20.12 \text{ mm}$$

$$R = 10.06 \text{ mm}$$

$$RMG = 0.768 \text{ R}$$

$$RMG = 0.768 (10.06)$$

$$RMG = 7.72608 \text{ mm.}$$

$$L = 2 \times 10^4 \text{ Ln } \frac{42}{7.72608} = 0.0003386136 \text{ h/Km.}$$

$$L = 0.3386136 \text{ mH/Km.}$$

CALCULO DE LA REACTANCIA INDUCTIVA.

Para este cálculo emplearemos la siguiente expresión :

$$X_L = 2\pi f L$$

CABLE CALIBRE 35mm².

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$L = 0.4719283 \text{ mH/Km.}$$

$$= 4.719283 \times 10^{-4} \text{ H/Km.}$$

$$X_L = 2 (3.1416) (60) (4.719283 \times 10^{-4})$$

$$X_L = 0.177913 \text{ Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 70mm².

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$L = 0.410101 \text{ mH/Km.}$$

$$= 4.10101 \times 10^{-4} \text{ H/Km.}$$

$$X_L = 2 (3.1416) (60) (4.10101 \times 10^{-4})$$

$$X_L = 0.1546048 \text{ Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 150mm².

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$L = 0.3517834 \text{ mH/Km.}$$

$$= 3.517834 \times 10^{-4} \text{ H/Km.}$$

$$X_L = 2 (3.1416) (60) (3.517834 \times 10^{-4})$$

$$X_L = 0.1326195275 \text{ Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 240mm².

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$L = 0.3386136 \text{ mH/Km.}$$

$$= 3.386136 \times 10^{-4} \text{ H/Km.}$$

$$X_L = 2 (3.1416) (60) (3.386136 \times 10^{-4})$$

$$X_L = 0.1276546183 \text{ Ohms/Km.}$$

CALCULO DE LA CAPACITANCIA.

Al realizar dicho cálculo, utilizaremos la siguiente ecuación :

$$C = \frac{0.0241 \text{ SIC}}{\log \frac{d_a}{d_c}} \times 10^6$$

SIC = Constante inductiva específica del aislamiento.

d_a = Diámetro sobre aislamiento.

d_c = Diámetro del conductor.

Los valores de estos parámetros están definidos a partir de las tablas (H) y (I), (J).

CABLE CALIBRE 35mm².

$$C = \frac{0.0241 \times 3.5}{\log \frac{21.32}{7.65}} \times 10^6$$

$$C = 1.89497 \times 10^7 \text{ Farad/Km.}$$

$$C = 0.189497 \text{ } \mu\text{F/Km.}$$

CABLE CALIBRE 70mm².

$$C = \frac{0.0241 \times 3.5}{\log \frac{24.4}{10.83}} \times 10^6$$

$$C = 2.39113 \times 10^7 \text{ Farad/Km.}$$

$$C = 0.239113 \text{ } \mu\text{F/Km.}$$

VALORES DE PERMITIVIDAD RELATIVA (SIC) y Tan. δ PARA AISLAMIENTOS USUALES		
AISLAMIENTO	Tan. δ %	SIC
VULCANEL EP	0.6	2.6
VULCANEL XLP	0.01	2.3
SINTENAX	1.0	5.5
PAPEL IMPREGNADO HASTA 8Kv	1.6	3.8
PAPEL IMPREGNADO HASTA 23Kv	0.8	3.5

TABLA (H)

SIMBOLO	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CALIBRES DEL CONDUCTOR.			
	SECCION DEL CONDUCTOR DE COBRE	mm ²	35	70	150	240
Da	DIAMETRO BAJO CUBIERTA DE PLOMO	mm	21.32	24.4	28.10	34.00
Dc	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	mm	7.65	10.83	15.90	20.12

TABLA (I)

VALORES DE PERMITIVIDAD RELATIVA (SIC) PARA AISLAMIENTOS USUALMENTE EMPLEADOS.	
AISLAMIENTO	SIC
VULCANEL E.P.	2.6
VULCANEL X.L.P.	2.3
SINTENAX	5.5
PAPEL IMPREG. HASTA 8 KV.	3.8
PAPEL IMPREG. HASTA 23 KV.	3.5

TABLA (J)

CABLE CALIBRE 150mm².

$$C = \frac{0.0241 \times 3.5}{\log \frac{2810}{15.90}} \times 10^6$$

$$C = 3.41071 \times 10^7 \text{ Farad/Km.}$$

$$C = 0.341071 \mu\text{F/Km.}$$

CABLE CALIBRE 240mm².

$$C = \frac{0.0241 \times 3.5}{\log \frac{24}{20.12}} \times 10^6$$

$$C = 3.70198 \times 10^7 \text{ Farad/Km.}$$

$$C = 0.370198 \mu\text{F/Km.}$$

CALCULO DE LA REACTANCIA CAPACITIVA.

Según se vió ya anteriormente, la Reactancia Capacitiva queda definida a partir de la siguiente ecuación :

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

CABLE CALIBRE 35mm².

$$X_c = \frac{1}{2(3.1416)(60)(0.189497)}$$

$$X_c = 0.0139979 \quad \text{M}\Omega/\text{Km.}$$

CABLE CALIBRE 70mm².

$$X_c = \frac{1}{2(3.1416)(60)(0.239113)}$$

$$X_c = 0.0110934 \quad \text{M}\Omega/\text{Km.}$$

CABLE CALIBRE 150mm².

$$X_c = \frac{1}{2(3.1416)(60)(0.341071)}$$

$$X_c = 0.0077719 \quad \text{M}\Omega/\text{Km.}$$

CABLE CALIBRE 240mm².

$$X_c = \frac{1}{2(3.1416)(60)(0.370198)}$$

$$X_c = 0.00716529 \quad \text{M}\Omega/\text{Km.}$$

CALCULO DE LA IMPEDANCIA.

Para los diferentes conductores aplicaremos la siguiente fórmula :

$$Z = \sqrt{R^2 + j (X_L - X_C)^2}$$

El valor de la Reactancia Capacitiva en derivación es despreciable para - los efectos de cálculo y sólo se considera el circuito equivalente a la Resistencia y Reactancia Inductiva.

CABLE CALIBRE 35mm².

$$Z_{35} = \sqrt{(0.6110)^2 + j (0.177913)^2}$$

$$Z_{35} = 0.6363757 \quad \text{Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 70mm².

$$Z_{70} = \sqrt{(0.3058)^2 + j (0.1546048)^2}$$

$$Z_{70} = 0.3426606 \quad \text{Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 150mm².

$$Z_{150} = \sqrt{(0.16359)^2 + j (0.1326195275)^2}$$

$$Z_{150} = 0.1954636 \quad \text{Ohms/Km.}$$

CABLE CALIBRE 240mm².

$$Z_{240} = \sqrt{(0.090857)^2 + j (0.1276546183)^2}$$

$$Z_{240} = 0.1566866 \quad \text{Ohms/Km.}$$

Luego de obtenidos los valores de los parámetros de interés, consignamos los valores de R (Ω/Km), L (mH/Km), C ($\mu\text{F}/\text{Km}$), X_L (Ω/Km), X_C ($\text{M}\Omega/\text{Km}$), y Z (Ω/Km) en la tabla que adjuntamos a continuación:

CALIBRE	R (Ω/Km)	L (mH/Km)	X_L (Ω/Km)	C ($\mu\text{F}/\text{Km}$)	X_C ($\text{M}\Omega/\text{Km}$)	Z (Ω/Km)
35	0.6110	0.4719283	0.177913	0.189497	0.0139979	0.6363757
70	0.3058	0.410101	0.1546048	0.239113	0.110934	0.3426606
150	0.14359	0.3517834	0.1326195275	0.341071	0.0077719	0.1954636
240	0.090857	0.3386136	0.1276546183	0.370198	0.00716529	0.1566866

CALIBRE	$\frac{X_L}{R}$	$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R} \right)$	$\cos \theta$	$\sin \theta$
35	0.2911833	16.234678	0.9601246	0.2795722
70	0.5055748	26.820011	0.8924282	0.45711892
150	0.9235964	42.725518	0.7346124	0.6784869
240	1.4050057	54.558987	0.5798645	0.8147129

TABLA (K)

III.3.- SELECCION DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CONDUCCION.

Para la selección del conductor adecuado de acuerdo a su capacidad de conducción, fué necesario realizar un Análisis de la Capacidad de las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza en las Estaciones de las Ampliaciones a la Red del Sistema de Transporte Colectivo.

Cada estación de la red actual cuenta con dos subestaciones de alumbrado y fuerza, con una capacidad de 250 KVA cada una, sin embargo se han hecho mediciones físicas en las horas de mayor afluencia de pasajeros en las líneas del metro para determinar la demanda en las subestaciones actuales, y se ha visto que las estaciones están muy excedidas, principalmente en las estaciones de superficie.

La demanda máxima en la estación de superficie más cargada fué de 76.2 KVA, con este dato se determinó la capacidad preferente arriba de este valor, que fué la de 112.5 KVA. Considerando este dato, se seleccionó dicho valor para las estaciones elevadas, las cuales tendrán una carga similar; además se cuenta con una reserva del 48% sobre la demanda máxima.

Este criterio aplicado fué de acuerdo a requerimientos por parte del Sistema de Transporte Colectivo, para seguridad y capacidad futura.

La demanda en la estación Tacuba (estación subterránea) que es la de mayor carga fué de 117 KVA, considerando que en esta estación se tiene un ventilador de 60 H.P. y que en las nuevas estaciones subterráneas se instalarán 2 (dos) ventiladores de 60 H.P., la demanda se elevará a 177 KVA, siendo el valor preferente arriba de este valor el de 225 KVA, quedando una reserva adicional del 27 %.

En las estaciones subterráneas de correspondencia, la subestación más cargada tiene 162 KVA; agregando la carga de un ventilador más serían 222 KVA.

Considerando la estación Hidalgo (estación subterránea de correspondencia) la carga global que se tiene en las cuatro subestaciones es la siguiente :

78	KVA.	
162	KVA.	
132	KVA.	
<u>98</u>	KVA.	
470	KVA.	
<u>+ 120</u>	KVA.	2 VENTILADORES MAS.
590	KVA.	

Si la carga estuviera igualmente repartida, a cada subestación correspondería alimentar a 150 KVA; sin embargo se estaría trabajando en el límite de cada subestación, por lo que se sugiere el siguiente valor preferente que es de 225 KVA, teniendo una reserva adicional del 50%, sin considerar que en esta estación se alimentan muchos comercios, lo que nos aumenta el margen de reserva .

En las estaciones de Línea Cuatro, se diseñaron las capacidades de las subestaciones de acuerdo a estos criterios y se instalaron las capacidades de subestaciones como se indica en la figura mostrada a continuación, en la cual se puede ver que en cinco estaciones se instalaron dos subestaciones de 150 KVA, en dos estaciones se instalaron dos subestaciones de 300 KVA, en otras dos estaciones se instalaron dos subestaciones de 225 KVA, y en una estación se instalaron dos subestaciones de 500 KVA, de acuerdo como se ve en la siguiente tabla.

L Í N E A 4.

ESTACION.	SUBESTACION V-1	SUBESTACION V-2
MARTIN CARRERA.	300 KVA.	300 KVA.
TALISMAN.	150 KVA.	150 KVA.
BONDOJITO.	150 KVA.	150 KVA.
CONSULADO.	500 KVA.	500 KVA.
CANAL DEL NORTE.	150 KVA.	150 KVA.
MORELOS.	225 KVA.	225 KVA.
CANDELARIA.	225 KVA.	225 KVA.
FRAY SERVANDO.	150 KVA.	150 KVA.
JAMAICA.	150 KVA.	150 KVA.
SANTA ANITA.	300 KVA.	300 KVA.

En la figura No. (1), se puede ver la distribución de las subestaciones en las estaciones, así como su longitud aproximada por vía a lo largo de toda la línea.

De acuerdo al proyecto, el cable al final de la línea se puede unir formando un anillo, por lo que en determinado momento el cable deberá alimentar toda la carga de las estaciones.

Tomando en cuenta la información proporcionada en el análisis anterior, procedemos a realizar los cálculos necesarios para seleccionar el cable adecuado de acuerdo a su capacidad de conducción.

Sumando todas las capacidades de las subestaciones tenemos :

$$\begin{aligned} \text{CAPACIDAD TOTAL:} &= (300 + 150 + 150 + 500 + 150 + 225 + 225 + 150 + \\ & \quad 150 + 300) \times 2 . \\ &= 4600 \text{ KVA.} \end{aligned}$$

Por lo tanto :

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times KV}$$

Sustituyendo :

$$I = \frac{4600 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 23 \text{ KV}} = 115.47 \text{ AMP.}$$

Como se indic6 anteriormente, la capacidad de las subestaciones en -- promedio un margen de m6s del 40%, pero considerando que se tiene proyecta do a futuro la ampliaci6n de dichas estaciones, se puede considerar que el factor de demanda ser6 del 70%, por lo que la capacidad de corriente se -- ver6 afectada por este factor ya que si consideramos toda la capacidad, el calibre del cable se incrementa en su 6rea y en su costo econ6mico, de don de nuestra corriente ser6 :

$$\begin{aligned} I &= I \times F_d = 115.47 \times 0.70 \\ &= 80.829 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Viendo esta capacidad de corriente y observando las tablas proporcio nadas por el fabricante, figura No. (2) se tiene que los calibres de cables en charola 6 al aire que pueden cubrir la demanda de corriente a las condi ciones de : temperatura del conductor, temperatura ambiente del aire y del terreno, as6 como la resistividad del terreno y factor de carga, son los - siguientes :

35mm ² .	=	170 A
70mm ² .	=	258 A
150mm ² .	=	400 A
240mm ² .	=	525 A

DATOS DE CONSTRUCCION Y AMPACIDADES

CALIBRE	DIAMETRO		P E S O	RESISTENCIA a lo C.A. a 75°C y 60Hz	Capacidad de conduccion de corriente (1)		
	CONDUCTOR	EXTERIOR			Aire	Ductos (2)	
mm ²	mm		kg/km	Ohms/km		85°C	75°C
35	7.7	29.0	2670	0.62	170	178	165
70	10.9	32.0	3470	0.31	298	289	280
150	18.9	36.4	4440	0.16	400	420	390
240	20.1	42.0	8100	0.09	525	549	510

Estos datos son aproximados y estan sujetos a tolerancias normales de manufactura.

(1) CONDICIONES PARA EL CALCULO DE CORRIENTE:

Temperatura del conductor..... En aire 75°C y en ductos 85°C y 75°C
 Temperatura ambiente del aire..... 40°C
 Temperatura ambiente del terreno..... 20°C
 Resistividad térmica del terreno..... 120°C cm/Watt
 Factor de carga..... 75 %

**CABLES MONOPOLARES TIPO 23 PT AISLADOS
CON PAPEL IMPREGNADO Y CON FORRO
DE PLOMO PARA 23 KV**

FIG. N° (2)

Estas capacidades de corriente varían, cuando las condiciones de --- instalación de T_a' y T_c' (temperatura ambiente y temperatura del conductor nuevas), son distintas a las especificadas en la figura No. 2 (T_a - y T_c), por lo que será necesario corregir los valores de la tabla multiplicándolos por un factor de corrección que se obtiene de la siguiente -- fórmula y es aplicable también para cables enterrados.

$$\text{Factor de Corrección} = \sqrt{\frac{T_c' - T_a'}{T_c - T_a}}$$

Considerando una temperatura ambiente máxima de 50°C para sus condiciones normales de trabajo, el factor de corrección es el siguiente :

$$F_c = \sqrt{\frac{76 - 50}{76 - 40}} = 0.85$$

Y entonces la corriente será :

$$I = I_c \times F_c \quad (I_c = \text{corriente del conductor}).$$

Considerando también el factor de demanda de 0.7, se tiene para los diferentes conductores :

$$I = I_c \times F_c \times F_d$$

Para el cable de 35mm^2 .

$$I = (170) (0.85) (0.70) = 101.15 \text{ Amp.}$$

Para el cable de 70mm^2 .

$$I = (258) (0.85) (0.70) = 153.51 \text{ Amp.}$$

Para el cable de 150mm^2 .

$$I = (400) (0.85) (0.70) = 238 \text{ Amp.}$$

Para el cable de 240mm^2 .

$$I = (525) (0.85) (0.70) = 312.375 \text{ Amp.}$$

En base a los resultados obtenidos podemos observar que los cuatro -
calibres de los conductores presentan intensidades admisibles, por lo ---
que podemos afirmar que los cuatro conductores dan la Capacidad de Condu--
cción.

III.4.- SELECCION DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR POR CAIDA DE TENSION.

Hemos visto que por Capacidades de Conducción, cuatro diferentes ca-
libres de cable reúnen las características para ser seleccionados, ahora --
procederemos a efectuar el cálculo por Caída de Tensión, el cual nos permi
tirá seleccionar alguno de estos conductores.

Para efectuar este cálculo nos basaremos en los datos obtenidos en --
las operaciones anteriores y que están recopilados en la Tabla (K), así --
como en datos deducidos a partir de información del fabricante.

El cálculo por caída de tensión se efectuará a partir de la siguiente
expresión que nos dá la caída de tensión en circuitos de corriente alterna
trifásicos.

$$CAIDA DE TENSION AL NEUTRO = I^2 \cdot L' = C.V.$$

$$C.V. = \left[\sqrt{(V \cos \theta + IR)^2 + (V \sen \theta + IX)^2} - V \right] \cdot L \text{ EN V.}$$

Para el cálculo por caída de tensión se debe considerar que el centro
de carga se tendrá al final de la Línea, es decir, a 12.5 Km por lo que ---
será esta longitud la que emplearemos para efectuar los cálculos.

Por otra parte, es importante considerar que según las normas para --
Instalaciones Eléctricas, la caída de tensión permisible no debe exceder --
al 3%. Para calcular la caída de tensión expresada en porciento tendremos:

$$e \% = \frac{e \times 100}{E_n}$$

e = Caída de Voltaje al neutro, en Volts.

E_n = Voltaje de Línea al neutro.

Entonces para un voltaje $V = 23,000$ Volts y una longitud $L = 12.5$ Km, se tendrá para los diferentes calibres .

CALIBRE 35mm^2 .

$$C.V. = \left[\sqrt{(23,000 \times 0.9601246 + 101.15 \times 0.6110)^2 + (23,000 \times 0.2795722 + 101.15 \times 0.177913)^2} - 23,000 \right] \times 12.5$$

$$C.V. = \left[\sqrt{531,964,000} - 23,000 \right]$$

$$C.V. = 804.505 \text{ Volts.}$$

Y EN PORCIENTO :

$$e \% = \frac{804,505 \times 100}{23,000}$$

$$e \% = 3.49 \%$$

CALIBRE 70mm^2 .

$$C.V. = \left[\sqrt{(23,000 \times 0.8924282 + 153.51 \times 0.3058)^2 + (23,000 \times 0.4511892 + 153.51 \times 0.1546048)^2} - 23,000 \right] \times 12.5$$

$$C.V. = \left[\sqrt{531,422.337.8} - 23,000 \right] \times 12.5$$

$$C.V. = 657.4919313 \text{ Volts.}$$

EXPRESADO EN PORCIENTO :

$$e \% = \frac{657.4919313 \times 100}{23,000}$$

$$e \% = 2.8$$

CALIBRE 150mm^2 .

$$C.V. = \left[\sqrt{(23,000 \times 0.7346124 + 238 \times 0.14359)^2 + (23,000 \times 0.6784869 + 258 \times 0.1326195275)^2} - 23,000 \right] \times 12.5$$

$$C.V. = \left[\sqrt{531224000} - 23,000 \right] 12.5$$

$$C.V. = 603,71338 \text{ Volts.}$$

$$e \% = \frac{603.71338 \times 100}{23,000}$$

$$e \% = 2.62$$

CALIBRE 240mm²,

$$C.V. = \left[\sqrt{\frac{(23,000 \times 0.5798645 + 312,375 \times 0.090857)^2 + (23,000 \times 0.8147129 + 312,375 \times 0.127}{6546183})^2} - 23,000 \right] 12.5$$

$$C.V. = \left[\sqrt{531253000} - 23,000 \right] 12.5$$

$$C.V. = 611,57775 \text{ Volts.}$$

$$e \% = \frac{611.57775 \times 100}{23,000}$$

$$e \% = 2.65$$

Podemos observar que a excepción del calibre de 35mm²., todos los demás cumplen la caída de tensión permisible, pero por costo económico el calibre de 70mm²., es el más adecuado y por lo tanto es el cable seleccionado.

CAPITULO IV.

DESCRIPCION OPERACIONAL DEL SISTEMA.

Antes de efectuar el cálculo de la corriente de Corto Circuito es importante saber como va a funcionar el sistema operativo en la Línea 4, al ocurrir alguna falla eléctrica en Alta Tensión.

Debe hacerse notar que el sistema operacional de las Líneas anteriores que se encuentran en funcionamiento poseen un sistema de bloqueo que es casi -- igual al que se diseñó para la Línea 4, que por seguridad y operación ha da do buenos resultados en las Líneas anteriores y que funciona como sigue :

En las Estaciones de las Líneas anteriores, se cuenta en sus Subesta-- ciones con una combinación de chapas y llaves necesarias para la operación correcta y segura de las cuchillas desconectoras, el desconector con -- carga y las cuchillas de puesta a tierra.

Estas Subestaciones son similares a las que se diseñaron para la Línea 4, y cuentan con 5 secciones las cuales son como se indica en la fig. (c), - del apéndice en el que se describe los diferentes sistemas que intervienen en el Metro, aquí se indican las diferentes secciones las cuales son : S-1 Sección de Acometida de A.T., S-2 Sección de Enlace de A.T., S-3 Sección -- de protección del Transformador, S-4 Sección del transformador y S-5 Sección del Interruptor Principal de B.T., todas estas secciones, poseen chapas, con bloqueos mecánicos operados por las llaves de estas chapas y su secuencia de operación de conectado y desconectado entre dos Estaciones que podemos llamar "A" y "B" es el siguiente :

Posición de Desconectado.- Primeramente se procede a abrir el desconec-- tador con carga de la celda S-2 en la Subestación (A) de la Estación "A" de Vía 1 con lo que se libera la llave "4" la cual sirve para abrir la chapa "4" de la celda S-1 de la Subestación (B) de la Estación "B" de Vía 1, que permi-- te abrir la cuchilla desconectora de la misma Subestación (B).

Una vez abierta la cuchilla desconectadora de la Subestación (B), de la Estación "B" de Vía 1, se libera la llave "5", la cual sirve para abrir la chapa "5" de la misma celda, y desbloquear la cuchilla de puesta a tierra. Cerrando la cuchilla de puesta a tierra de la celda S-1 de la Subestación (B) de la Estación "B" de Vía 1, se abre la chapa "6" y se libera la llave "6" con la cual se va a la chapa "6" (que es igual a la chapa "6" de la Estación (B), de la celda S-2 de la Subestación (A) de la Estación "A" de Vía 1, y se abre la chapa "6" lo que permite cerrar la cuchilla de puesta a tierra y operar la chapa "7", para poder abrir la puerta según fig. (1).

Para las demás Subestaciones se sigue la misma secuencia, es decir se abre primero el desconectador con carga y posteriormente la cuchilla de la Subestación siguiente, se cierran las cuchillas de puesta a tierra y se abre la puerta.

El bloqueo del desconectador con carga que protege el transformador -- de Distribución y el interruptor termomagnético, es através de la llave y chapa (a) primeramente se procede a abrir el interruptor termomagnético, -- con lo que se libera la llave (a) de la celda S-5, con la cual se va a la celda S-3, y se abre la chapa (a) para poder abrir el desconectador con carga. Una vez abierto el desconectador con carga, se libera la llave (b) -- con la cual se abre la chapa (b) localizada en la cuchilla de puesta a tierra, con lo que ahora se puede cerrar la cuchilla de puesta a tierra, y se puede abrir la puerta. Bloqueando la cuchilla de puesta a tierra en posición de conectado se libera la llave (c) con la que se puede abrir la puerta donde se localiza el transformador de Distribución según fig. (1).

Posición de Conectado. - La secuencia de operación en esta posición son inversas a las descritas en la posición de desconectado y se pueden ver en la fig. (2). Primeramente se cierra la puerta de la celda S-2 de la Subestación (A) de la Estación "A" de V-1, se opera la chapa "7" lo que permite --

POSICION DESCONECTADO

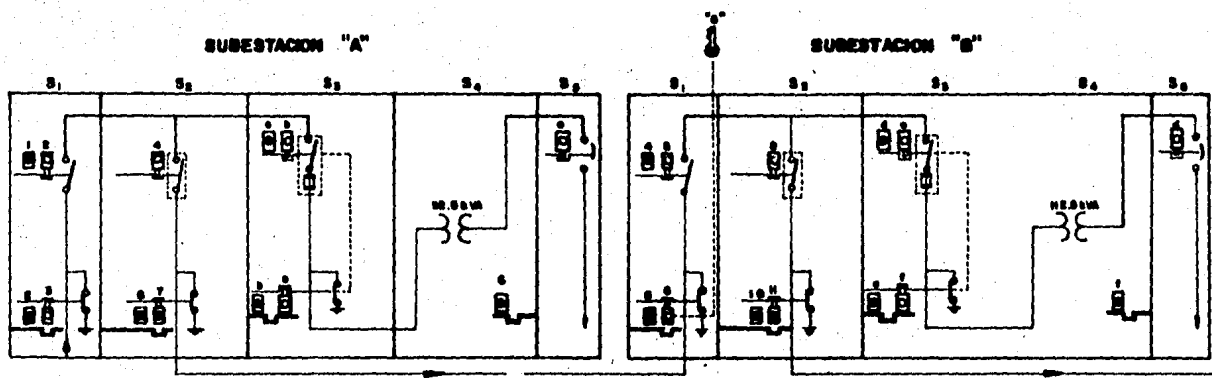


Fig. (1)

UNAM FACULTAD DE ING.			
MARGARITA RAMIREZ G.			
TITULO: DESCRIPCION DEL SISTEMA OPERACIONAL DE BLOQUEOS			
POSICION DESCONECTADA			
PLANO No.	FECHA:	ESCALA:	OTROS:

POSICION CONECTADO

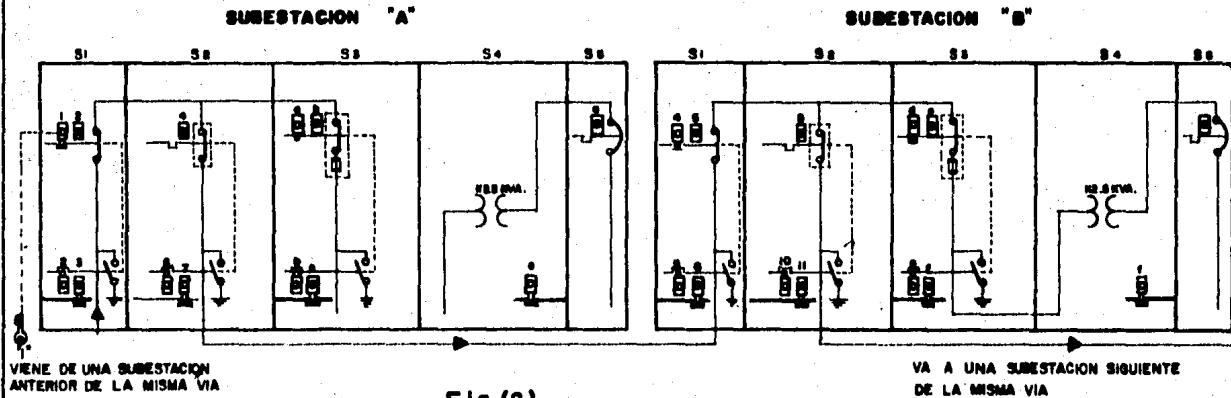


Fig.(2)

UNAM FACULTAD DE ING			
MARGARITA RAMIREZ G.			
TITULO:			
DESCRIPCION DEL SISTEMA OPERACIONAL DE BLOQUEOS POSICION CONECTADA			
PLAZA:	FECHA:	ESCALA:	BOYAS:

abrir las cuchillas de puesta a tierra, una vez abiertas las cuchillas de puesta a tierra, se libera la llave "6".

Con la llave "6" se abre la chapa "6" de la celda S-1 de la Subestación (B) de la Estación "B" de Vía 1, lo cual permite abrir la cuchilla de puesta a tierra de la misma celda, y liberar la llave "5", con la cual se abre la chapa "5" de la misma celda para poder cerrar la cuchilla desconectadora. Una vez cerrada la cuchilla desconectadora de la celda S-1 de la Subestación (B) de la Estación "B" de Vía 1, se libera la llave "4" con la cual se va a la chapa "4" para desbloquearla y poder cerrar el desconectador con carga. Para cerrar el interruptor termomagnético, es necesario seguir la siguiente secuencia: Primeramente cerrar la puerta de la celda S-4, donde se localiza el transformador de Distribución con la chapa (c), la cual libera la llave (c), y con ésta se va a la chapa (c) de la celda S-3, se cierra la puerta, se abre la cuchilla de puesta a tierra y se libera la llave (b).

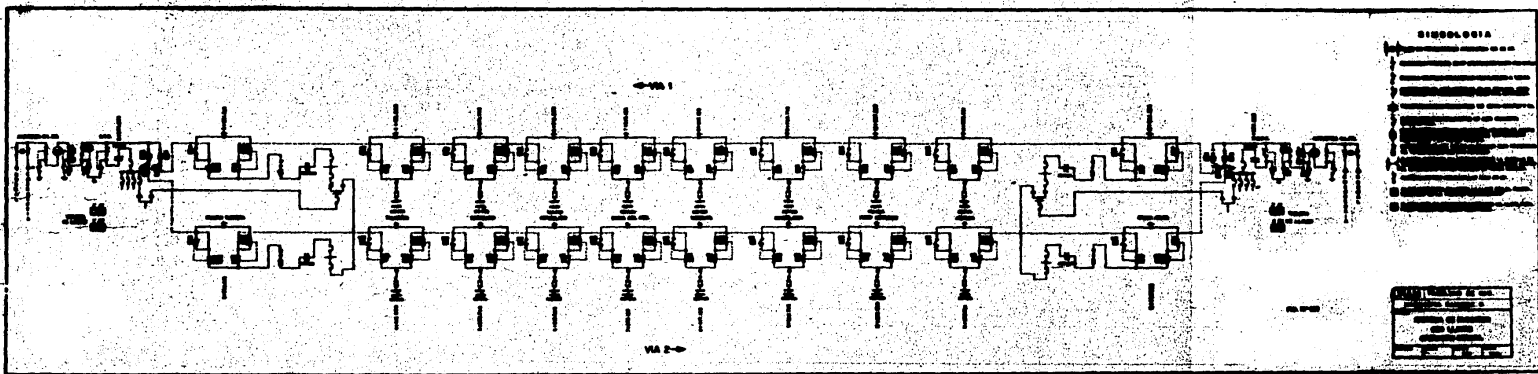
Con la llave (b) se va a la chapa (b) que se localiza en el desconectador con carga, para desbloquear dicha chapa y cerrar el desconectador.

Con esto se libera la llave (a) la cual sirve para desbloquear al interruptor termomagnético y poder cerrarlo, esto se ve en la fig. (2).

La misma secuencia de operación se hace con cada una de las Subestaciones de la L-4, como puede observarse en la fig. (1), donde se muestra el sistema de bloqueos con llaves en Operación Normal.

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE OPERACION DE LA LINEA 4, EN CASO DE FALLA.

Habiéndose visto esta secuencia que describe el sistema de operación normal de Línea 4, que opera al ocurrir diferentes casos de fallas eléctricas -- en A.T. Empezaremos por describir las alimentaciones que la Compañía de Luz y Fza. del Centro, S.A. (C.L.F.C.), proporcionará en las cabeceras de la Línea 4, las cuales consisten como ya se indicó anteriormente de (2) alimentadores de -



23 KV en cada cabecera, uno en servicio normal y otro en servicio de emergencia. Lo cual indica que la Línea 4, tendrá un total de (4) cuatro alimentadores en 23 KV de diferentes circuitos de Cía. de Luz y Fuerza del Centro.

El objeto de esto es para garantizar la confiabilidad del suministro de energía eléctrica, para lo cual se tiene un interruptor de transferencia automática en cada cabecera de la Línea 4, con su respectivo equipo de medición; este equipo propiedad de C.L.F.C., se encuentra alojado en un local denominado "Local de Acometida de la Cía. de Luz" localizado en una área a nivel de calle y cercano a las estaciones de cabecera de línea (Martín Carrera y Santa Anita). A estos locales sólo tiene acceso C.L.F.C.

Del "Local de Acometido de Cía. de Luz", se llevará la alimentación de 23 KV a un tablero de Distribución formado fundamentalmente por (2) dos interruptores de potencia en pequeño volumen en aceite. Un tablero de Distribución se encuentra en cada cabecera. De los respectivos interruptores de potencia se alimentan las subestaciones de Alumbrado y Fuerza, Vía 1 y Vía 2 de la Línea 4 fig. (3) y (4) el sentido de la alimentación en operación normal, es de la siguiente forma : Todas las subestaciones de la Vía 1, están alimentadas desde la Estación Santa Anita a través del interruptor de potencia (3) según diagrama unifilar No. II.

El seccionador 101 de la Estación Martín Carrera, está abierto y las cuchillas de tierra 10 y 101 cerradas.

Todas las Subestaciones de la Vía 2, están alimentadas desde la Estación Martín Carrera a través del interruptor de potencia (1), según diagrama unifilar No. II.

El seccionador 220 de la Estación Santa Anita está abierto y las cuchillas de tierra 20 y 220 cerradas.

La operación antes descrita es aplicable a todas las estaciones de la Línea, por lo tanto haremos una descripción de las fallas más comunes e importantes --

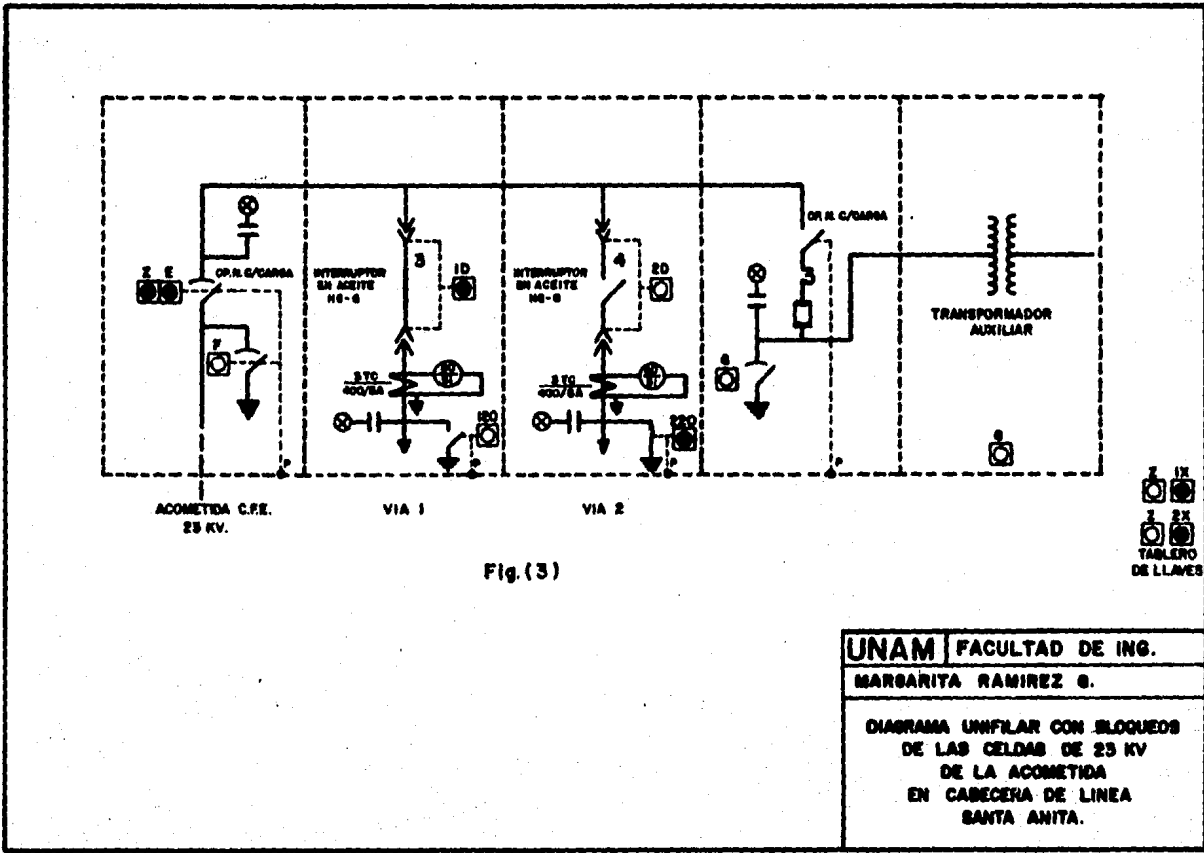
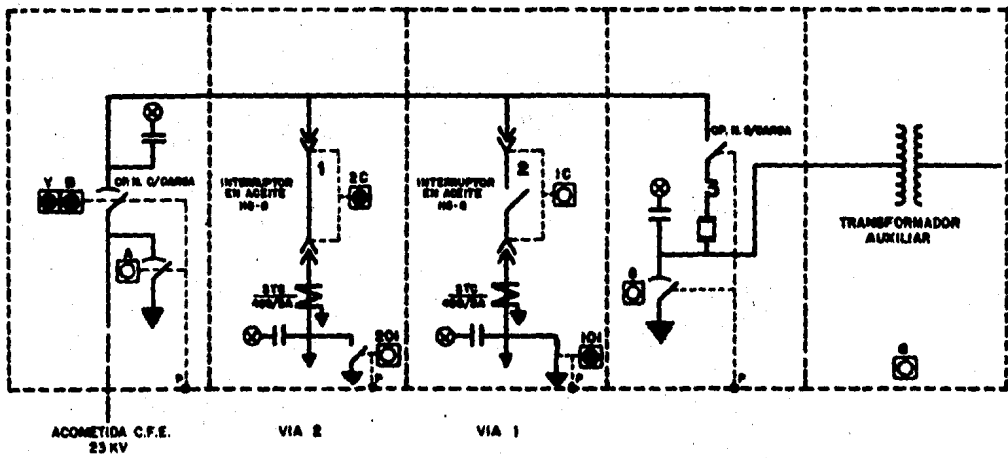


Fig. (3)

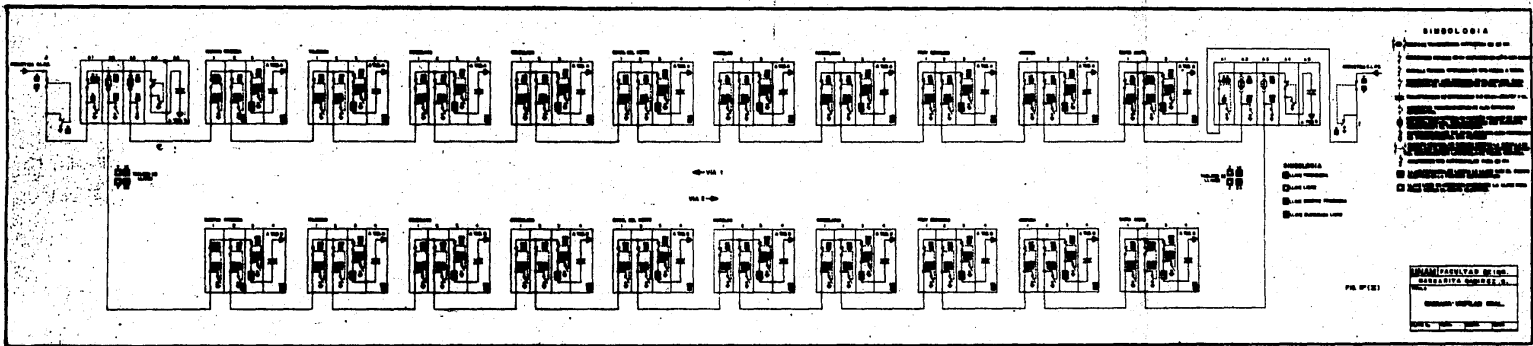
UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.	
DIAGRAMA UNIFLAR CON BLOQUEOS DE LAS CELDAS DE 25 KV DE LA ACOMETIDA EN CABECERA DE LINEA SANTA ANITA.	



Y IX
Y IX
Y IX
Y IX
TABLERO
DE LLAVES

Fig. (4)

UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMREZ G.	
DIAGRAMA UNIFILAR CON BLOQUEOS DE LAS CELDAS DE 23 KV DE LA ACOMETIDA EN CABECERA DE LINEA MARTIN CARRERA.	



SIMBOLOGIA

- 1. Relè a magnetismo
- 2. Relè a magnetismo con interlocking
- 3. Relè a magnetismo con interlocking e blocco
- 4. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco
- 5. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco
- 6. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco
- 7. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
- 8. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
- 9. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
- 10. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
- 11. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
- 12. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco

- LEGENDA**
- 1. Relè a magnetismo
 - 2. Relè a magnetismo con interlocking
 - 3. Relè a magnetismo con interlocking e blocco
 - 4. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco
 - 5. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco
 - 6. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 7. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 8. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 9. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 10. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 11. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco
 - 12. Relè a magnetismo con interlocking e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco e blocco

IMBRIANTERVALE S.p.A. SESTO CALENDE S.C. 20138 MILANO TEL. 02/57501111

PG. 1181

que suceden en una Línea en Operación y las cuales son :

- 1.- Falla entre Conductores entre Dos Estaciones.
- 2.- Falla de los Dos Alimentadores en una Cabecera.
- 3.- Falla de los Dos Alimentadores en una misma cabecera, más -
falta del alimentador entre Estaciones.

DESCRIPCION DEL SISTEMA EN FALLA No. I.CASO DE FALLA No. I.FALLA DE ALIMENTADOR ENTRE ESTACIONES.

Se presenta la falla entre las Estaciones Fray Servando y Jamaica. Como se indica en el diagrama No. III, opera por falla el interruptor (3) dejando sin energía a todas las Estaciones de la Vía 1. Se hacen las pruebas necesarias y se localiza la falla. Se aísla la falla, abriendo los seccionadores adjuntos a la falla (116 -- y 117). Se liberan las llaves respectivas y con ellas se cierran las cuchillas de tierra correspondientes ; las llaves quedan prisioneras. Se libera la llave IX de la cuchilla de tierra del seccionador 117 llavando se al seccionador 101, de la Estación Martín Carrera. Enseguida se abren las cuchillas de tierra 101 de la Cabecera e IC del -- Interruptor 101, liberando las llaves correspondientes, que permiten cerrar el seccionador 101 y el interruptor de potencia (2). Concluidas las operaciones anteriores, las Subestaciones de la Vía 1, quedan energizadas hasta la Estación Fray Servando, a través del interruptor de --- potencia (2). Como la falla ha quedado aislada, se procede a restablecer el interruptor -- de potencia (3) para que las restantes Estaciones de la Vía 1, queden energizadas. Una vez corregida la falla en el alimentador entre Estaciones, se procederá a poner el sistema en su original operación normal, de acuerdo a -- los siguientes pasos :

Se abre el interruptor de potencia (2) .

Se libera la llave IC que se lleva a la cuchilla de tierra respectiva.

Se abre el seccionador 101 liberando las llaves IX y 101.

Se cierran las cuchillas de tierra IC.

Con la llave 101 se cierra la cuchilla de tierra del interruptor de potencia (2).

Se lleva la llave IX a la Estación Fray Servando y se abre la cuchilla de tierra 117.

Se libera la llave 117 y se lleva al seccionador correspondiente.

Se abre la cuchilla de tierra 116; y se libera la llave 116.

Con las llaves liberadas 116 y 117, se cierran los seccionadores 116 y 117 correspondientes.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EN FALLA No. II.

CASO No. 2.

FALLA DE LOS 2 ALIMENTADORES DE UNA CABECERA POR CIA. DE LUZ Ó FALLA DE LA TRANSFERENCIA EN LA MISMA CABECERA.

Falla por el suministro total de energía eléctrica en la cabecera de Martín Carrera, según fig. No. IV.

La falla se detectó por la falla de energía en la subestación de la Vía 2.

Se procede a abrir el interruptor de potencia (1) y se libera la llave 2C.

El seccionador 201 se abre, liberando la llave 201 correspondiente con la cual se cierran las cuchillas de tierra del interruptor de potencia (1).

Con la llave 2C se cierran las cuchillas de tierra correspondientes al seccionador 201.

La llave 2X del seccionador 201 se libera llevándose al seccionador 220 de la Estación Santa Anita, donde se abren las cuchillas de tierra 2D del seccionador 220., y la cuchilla de tierra 220 del interruptor de potencia No. 4, con la llave 220 se lleva al seccionador 220 y se cierra.

Con la llave 2D liberada, se cierra el interruptor de potencia (4); quedando de esta manera energizadas todas las subestaciones de la Vía 2.

Cuando se restablezca la energía eléctrica por parte de C.L.F.C., en la --
cabecera de Santa Anita, deberá ponerse el sistema en operación normal, --
de acuerdo a los siguientes pasos .

Se abre el interruptor (4).

Se libera la llave 2D y se lleva a la cuchilla de tierra correspondiente.

Se abre el seccionador 220, liberando las llaves 2X y 220.

Se cierran las cuchillas de tierra 2D.

Con la llave 220 se cierran las cuchillas de tierra del interruptor de po-
tencia (4) .

Se lleva la llave 2X al seccionador 201 de la Estación Martín Carrera y se
abren las cuchillas de tierra 201 liberando la llave.

Se abre la cuchilla de tierra 2C del interruptor de potencia (1) liberando
la llave.

Se cierra el seccionador 201, quedando prisioneras las llaves 2X y 201.

Con la llave 2C liberada se cierra el interruptor de potencia (1).

DESCRIPCION DEL SISTEMA EN FALLA III.

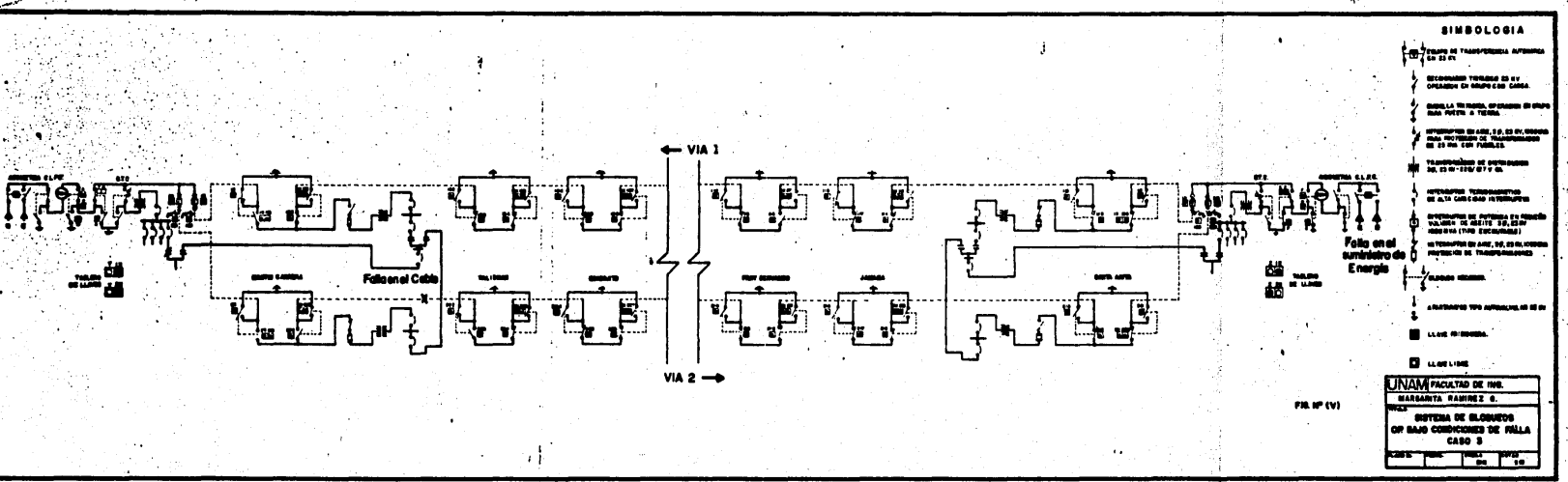
CASO No. 3 FALLA DE LOS DOS ALIMENTADORES EN UNA MISMA CABECERA POR CIA. DE LUZ ó FALLA DE LA TRANSFERENCIA AUTOMATICA MAS FALLA DEL ALIMENTADOR ENTRE ESTACIONES.

Si la falla de Cia. de Luz ocurre primero, se procede como en el caso -
No. 2, en este caso la falla ocurre en la cabecera de Santa Anita, esto pue-
de verse en fig. (V).

Al ocurrir la falla en el alimentador entre Estaciones opera por falla el --
interruptor de potencia (3).

Se localiza la falla en el tramo Martín Carrera-Talisman Vía 2.

Se aísla la falla abriendo los seccionadores adjuntos a la falla (202 y 203)
con las llaves correspondientes liberadas, se cierran las cuchillas de tie-
rra respectivas.



SIMBOLOGIA

- 1. INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE 22 KV
- 2. INTERRUPTOR TERRESTRE DE 15 KV OPERADO EN MANEJO CON CARGA
- 3. INTERRUPTOR DE MANEJO DE 15 KV OPERADO EN MANEJO SIN CARGA
- 4. INTERRUPTOR DE MANEJO DE 15 KV OPERADO SIN CARGA CON PROTECCIÓN DE TRANSFERENCIA DE 22 KV CON FALLAS
- 5. TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 22 KV/132V/27 KV
- 6. INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 7. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 8. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 9. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 10. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 11. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 12. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 13. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 14. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 15. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 16. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 17. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 18. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 19. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 20. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 21. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 22. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 23. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 24. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 25. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 26. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 27. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 28. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 29. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 30. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 31. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 32. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 33. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 34. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 35. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 36. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 37. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 38. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 39. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 40. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 41. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 42. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 43. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 44. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 45. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 46. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 47. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 48. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 49. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 50. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 51. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 52. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 53. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 54. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 55. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 56. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 57. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 58. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 59. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 60. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 61. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 62. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 63. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 64. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 65. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 66. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 67. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 68. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 69. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 70. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 71. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 72. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 73. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 74. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 75. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 76. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 77. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 78. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 79. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 80. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 81. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 82. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 83. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 84. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 85. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 86. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 87. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 88. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 89. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 90. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 91. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 92. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 93. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 94. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 95. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 96. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 97. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 98. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 99. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR
- 100. INTERRUPTOR DE ALTA CATEGORÍA INTERRUPTOR

Fallo en el suministro de Energía

UNAM FACULTAD DE ING.
 MARIBANDA RAMÍREZ G.
 SISTEMA DE BLOQUEOS
 EN BAJAS CONDICIONES DE FALLA
 CASO 3

CATEDRÁTICO	FECHA	PÁGINA
		10

FIG. Nº (V)

Se cierra la cuchilla de tierra 203, se libera la llave 2X llevando al seccionador 220 de Subestación Santa Anita Vía 2.

Se abre la cuchilla de tierra del interruptor de potencia (4); se libera -- la llave 220 llevándola al seccionador 220.

Se abre la cuchilla de tierra 2D liberando su llave; llevándola al interruptor de potencia (4) cerrándolo. Se cierra el seccionador 220.

Se abren los seccionadores F y E de C.L.F.C. y S.T.C., liberando sus respectivas llaves y cerrando las cuchillas de tierra correspondientes. Se libera la llave (Z) del seccionador (E) de S.T.C., llevándola al tablero de llaves y liberando la llave (IX).

La llave (IX) se lleva al seccionador 101 de la Subestación Martín Carrera - Vía 1. Se abre la cuchilla de tierra del interruptor de potencia (2) liberando la llave 101 y llevándola al seccionador 101.

Se abre la cuchilla de tierra (IC) liberando su llave que permite cerrar el interruptor de potencia (2), se cierra el seccionador 101 e interruptor de potencia (2) .

Se restablece el interruptor de potencia (1) que operó en la falla, quedando de esta manera todas las subestaciones de línea energizadas.

Para restablecer el sistema a su operación normal se deben de corregir todas las fallas antes; procediéndose de la siguiente manera.

Se abre el seccionador 101, se liberan las llaves (IX) y 101.

Se abre el interruptor de potencia (2) se libera la llave (IC).

Con la llave (IC) se cierran las cuchillas de tierra correspondientes.

Con la llave 101 se cierran las cuchillas de tierra del interruptor de potencia (2).

Con la llave (IX) liberada se lleva al tablero de llaves y se libera la llave (Z) ,

Se abre la cuchilla de tierra F y E, y se liberan las llaves.

Se abre el interruptor de potencia (4).

Con las llaves F, E y Z, liberadas se cierran los respectivos seccionadores.

Se libera la llave 2D y se lleva a la cuchilla de tierra respectiva.

Se abre el seccionador 220 liberando las llaves (2X) y 220.

Se cierra la cuchilla de tierra (2D).

Con la llave 220 se cierra la cuchilla de tierra del interruptor de potencia (4).

Se lleva la llave (2X) a la Subestación de Martín Carrera, y se abre la cuchilla de tierra 203.

Se libera la llave 203 y se lleva al seccionador 203.

Se abre la cuchilla de tierra 202 y se libera la llave 202.

Con las llaves liberadas 202 y 203 se cierran los seccionadores 202 y 203 - correspondientes.

Habiéndose descrito la secuencia de operación, de los sistemas de Bloqueo al ocurrir las condiciones de fallas respectivas en la Línea, vamos a -- efectuar el cálculo de las corrientes de Corto Circuito que se producen en -- este tipo de fallas y con la cual se tiene un dato más exacto para el cálculo del área del cable de alimentación.

CALCULO DEL CORTO CIRCUITO.

Para la determinación del Corto Circuito en las Estaciones e Interestaciones del Metro se tomaron en cuenta las consideraciones que se indican en los sistemas de grandes potencias y en las instalaciones industriales.

Para lo cual es importante efectuar una pequeña introducción sobre Corto Circuito .

Se entenderá por Corto Circuito ó Circuito Corto, a una falla que se -- presenta en una instalación y que demanda una corriente excesiva denominada corriente de Corto Circuito en el punto de ocurrencia.

Las fallas pueden ser de los siguientes tipos :

- a).- De Línea a Tierra. (fase a Tierra)
- b).- De Línea a Línea. (fase a fase)
- c).- De dos Líneas a Tierra . (fase a fase a Tierra)
- d).- Trifásica. (tres fases entre sí) .

De los tipos de fallas que más probablemente pueden ocurrir, es la denominada falla de línea a Tierra y de los métodos de análisis normalmente empleados son aquellos que tratan las redes, en condiciones de asimetría, debido a que a excepción de la falla trifásica, las otras son asimétricas.

Un método empleado es el llamado de las componentes simétricas, y que sirve -- para calcular preliminares en donde se supone que la falla es trifásica y entonces se simplifican mucho los cálculos ya que la red se trata en condiciones de simetría y con una sola red en la que se representan las fuentes de Corto -- Circuito y los elementos limitadores.

En el estudio del Corto Circuito se consideran básicamente dos tipos de -- elementos en una red, las fuentes (ó elementos activos), y los elementos ---

pasivos. Son fuente de Corto Circuito aquellos elementos que suministran -- corriente al punto de falla, que en general se puede decir que son las má-- quinas rotatorias las cuales son : Alternadores, Condensadores Síncronos, -- Motores Síncronos, Motores de Inducción. Los elementos pasivos son las ---- impedancias de los elementos del sistema bajo estudio ó sea la red incluyen-- do la de las propias máquinas Rotatorias.

Para el caso de las Estaciones de Línea 4 (cuatro), del Metro se deter-- minó usar sólo el método por unidad para la determinación de las corrientes de Corto Circuito.

Los pasos a seguir para el estudio de Corto Circuito, es de disponer - de un diagrama unifilar, en donde se representan todos los elementos de la - instalación que interesen para este estudio, como son : Generadores, Motores, Transformadores, Líneas, Cables Alimentadores, Tableros, según sea el caso. Estos elementos se deben de indicar sobre el diagrama ó bien en una tabla -- por separado indicar sus características más importantes como son: Potencia - en KVA, tensión de operación, impedancia, etc. En el aspecto de impedancia se puede observar que éstas pueden estar dadas en OHMS/KILOMETRO ó por uni-- dad de longitud expresadas en porciento o en por unidad que son formas muy - comunes de encontrar, esta información se puede localizar, en las máquinas - eléctricas en su placa de características como por ejemplo la impedancia --- expresada en porciento.

En lo referente a cantidades por unidad (P.U.) ó en porciento (%) se - puede decir al respecto en forma más general, que es frecuente expresar ---- el voltaje, la corriente, los KVA y la impedancia de un circuito en P.U., -- referidas a un valor base ó referencia que se elige para cada una de tales - magnitudes.

Por ejemplo, si se elige un voltaje de 23 KV, los voltajes cuyos valo-- res sean 220 KV, 23 KV, y 24 KV, se transforman en :

$$\frac{20}{23} = 0.86 \qquad \frac{23}{23} = 1.0 \qquad \frac{24}{23} = 1.04$$

Por unidad será : 0.86, 1.00, y 1.04, respectivamente y se puede decir -- que el valor de P.U. de una magnitud cualquiera (Volts, Amperes, KVA/etc.), se puede definir como el cociente de su valor base expresado como decimal. El valor en por ciento es 100 veces el valor por unidad, la ventaja que se --- tiene es que estos valores son más fáciles de manejar que usando Volts, Ampe res, ó Volts-Amperes, ya que en un sistema eléctrico las impedancias de los equipos y componentes están referidos a los valores bases.

El método en P.U. tiene la ventaja sobre el método en por ciento de que -- el producto de dos cantidades expresadas en P.U. esta a su vez expresada en P.U.

Si las cantidades están expresadas en por ciento, tienen que dividirse -- entre 100 para que el producto quede expresado en por ciento.

Las fórmulas que se desarrollan a continuación son aplicables en forma indis tinta a sistemas monofásicos ó trifásicos.

Con Volts, y KVA como cantidades bases se tienen las Sigüientes Relaciones :

$$\text{Corriente base en Amperes.} = \frac{\text{KVA base}}{\text{KV base}} \text{----- (a)}$$

$$\text{Impedancia base en :} = \frac{\text{VOLTS.base}}{\text{Corriente base Amperes.}} \text{----- (b)}$$

Combinando: (a) y (b)

$$\text{Impedancia base en :} = \frac{\text{KV base} \times 10^3}{\text{KVA base}} = \frac{(\text{KV base})^2 \times 10^3}{\text{KVA base}} \text{--- (c)}$$

KV base

Una impedancia Z en Ω puede ser expresada en por ciento δ en P.U. --- refiriéndola a una Impedancia base.

$$Z \text{ P.U.} = \frac{Z \text{ (ohms)}}{Z \text{ base en Ohms.}} \text{----- (d)}$$

δ bien dado en por ciento :

$$Z \text{ (\%)} = \frac{Z \text{ (ohms)} \times 100}{Z \text{ base en Ohms.}} \text{----- (e)}$$

Combinando (c), (d), y (e) :

$$Z \text{ P.U.} = \frac{Z \text{ (ohms)}}{\frac{(KV \text{ base})^2 \times 10^3}{KVA \text{ base}}} = \frac{Z \text{ (ohms)} \times KVA \text{ base}}{(KV \text{ base})^2 \times 10^3} \text{----- (f)}$$

$$Z \text{ \%} = \frac{Z \text{ (ohms)} \times KVA \text{ base} \times 100}{(KV \text{ base})^2 \times 10^3} = \frac{Z \text{ (ohms)} \times KVA \text{ base}}{(KV \text{ base})^2 \times 10} \text{--- (g)}$$

Despejando la impedancia en Ohms a partir de los valores de (f) y (g) se --- tiene :

$$Z \text{ (ohms)} = \frac{Z \text{ P.U.} \times (KV \text{ base})^2 \times 10^3}{KVA \text{ base.}}$$

$$Z \text{ (ohms)} = \frac{Z \text{ (\%)} \times (KV \text{ base})^2 \times 10}{KVA \text{ base}}$$

Es común que en algunos sistemas no se conozcan los valores de impedancia de algunos elementos del sistema, a tal efecto se puede emplear las siguientes expresiones que dan el valor de impedancia expresada en $\%$ /MVA.

MAQUINAS SINCRONAS.

$$X_G = \frac{X'' d}{PN} \text{ \% /MVA}$$

Donde :

$X''d$ = Reactancia Subtransitoria de la máquina expresada en % .

PN = Potencia nominal de la máquina expresada en MVA.

El valor de la Reactancia Subtransitoria $X''d$ es el considerado para estudios de Corto Circuito.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

$$X_T = \frac{X}{PN} \% /MVA$$

Donde :

X = Impedancia de placa o corto circuito en %.

PN = Potencia nominal del transformador expresada en MVA.

LINEAS DE TRANSMISION.

$$X_L = \frac{Z (\Omega) \times l \times 100}{V_n^2} \% /MVA$$

Donde :

$Z (\Omega)$ = Impedancia de la línea expresada en Ω/Km .

l = Longitud de la línea en Km.

V_n = Tensión nominal de la línea en KV.

MOTORES DE INDUCCION.

$$X_m = \frac{I_N/I_A}{PN} \times 100 \% /MVA$$

Donde :

I_N = Corriente nominal del motor o grupo de motores que forman al motor -- equivalente en Ampers.

I_A = Corriente de arranque del motor o motor equivalente de un grupo que - se puede tomar como $I_A = 5 I_N$ como valor promedio o bien el que se - tenga de las tablas de características de motores eléctricos.

P_N = Potencia nominal del motor o grupo de motores que forman un equivalente expresada en MVA.

REACTORES LIMITADORES DE CORRIENTE.

$$X_R = \frac{X_r}{P_D} \quad \% /MVA$$

Donde :

X_r = Impedancia del reactor en por ciento (impedancia de corto circuito) .

P_D = Potencia del reactor en MVA.

CAPACITORES EN SERIE.

$$X_C = \frac{X_C \times 100}{V_N^2} = \% /MVA.$$

X_C = Reactancia por fase en Ω

V_N = Tensión nominal en KV.

IMPEDANCIA DE LA RED.

A partir de la potencia de Corto Circuito de la red, se puede obtener -- la impedancia expresada en por ciento como :

$$X_R = \frac{1.1 \times 100}{P_K} \% \text{ /MVA.}$$

Donde :

P_K = Potencia de Corto Circuito trifásico de la red.

1.1 = Constante que considera una sobretensión del 10% en la red.

La potencia de Corto Circuito de la red P_K se obtiene de estudios de --- Corto Circuito a nivel de sistema.

Las expresiones anteriores suponen que las tensiones nominales de los distintos elementos coinciden con los valores base de tensión, en caso de que no -- sea así, será necesario considerar el cambio de base de tensión.

Es conveniente aclarar aquí que en los cálculos de Corto Circuito en ---- instalaciones de alta tensión es suficiente trabajar sólo con reactancia, --- debido a que generalmente las reactancias son mucho mayores en magnitud, que las resistencias efectivas, aún cuando por alguna razón no se conozcan los - valores de resistencia de algunos elementos de un sistema los cálculos que -- se hacen son confiables y están dentro de los límites aceptables para un ---- estudio.

Es común en algunos casos por simplificación en los cálculos, tomar las relaciones entre las tensiones nominales como las relaciones de los trans--- formadores en lugar de las tensiones de operación de la red bajo estudio, - con lo que se supone que las tensiones nominales de las distintas componen- tes de tal red para cada clase de tensión, son las mismas que la tensión no- minal del sistema en sus respectivos puntos.

IMPEDANCIA DE LA RED.

A partir de la potencia de Corto Circuito de la red, se puede obtener -- la impedancia expresada en porciento como :

$$X_R = \frac{1.1 \times 100}{P_K} \% /MVA.$$

Donde :

P_K = Potencia de Corto Circuito trifásico de la red.

1.1 = Constante que considera una sobretensión del 10% en la red.

La potencia de Corto Circuito de la red P_K se obtiene de estudios de --- Corto Circuito a nivel de sistema.

Las expresiones anteriores suponen que las tensiones nominales de los distin- tos elementos coinciden con los valores base de tensión, en caso de que no -- sea así, será necesario considerar el cambio de base de tensión.

Es conveniente aclarar aquí que en los cálculos de Corto Circuito en ---- instalaciones de alta tensión es suficiente trabajar sólo con reactancia, --- debido a que generalmente las reactancias son mucho mayores en magnitud, que las resistencias efectivas, aún cuando por alguna razón no se conozcan los - valores de resistencia de algunos elementos de un sistema los cálculos que -- se hacen son confiables y estan dentro de los límites aceptables para un ---- estudio.

Es común en algunos casos por simplificación en los cálculos, tomar las relaciones entre las tensiones nominales como las relaciones de los trans--- formadores en lugar de las tensiones de operación de la red bajo estudio, - con lo que se supone que las tensiones nominales de las distintas componen- tes de tal red para cada clase de tensión, son las mismas que la tensión no- minal del sistema en sus respectivos puntos.

IMPEDANCIAS DEL EQUIPO ELECTRICO.

Los valores de impedancias de los equipos eléctricos los establecen --- normalmente los fabricantes de manera que los valores que se indican a continuación sirven sólo como referencia para los estudios de Corto Circuito -- ya que es recomendable dentro de lo posible que se disponga de las cantida-- des para los elementos de un sistema.

GENERADORES SINCRONOS.

En la determinación de las corrientes de Corto Circuito, se debe cono-- cer la reactancia inicial de eje directo (reactancia subtransitoria) $X''d$ - de los generadores, esta reactancia es el valor efectivo de reactancia de -- los generadores o máquinas síncronas en el instante en que ocurre el Corto - Circuito.

$$X''d = \frac{X''d \times Vn^2}{100 \times PN} \quad (8)$$

Donde :

$X''d$ = Valor inicial de reactancia subtransitoria en por ciento.

Vn = Tensión nominal del generador en KV.

PN = Potencia nominal del generador en KVA.

Los valores de impedancias para generadores síncronos son también váli-- dos para condensadores síncronos y motores síncronos y se ve en la tabla --- siguiente :

TABLA No. 1

REACTANCIAS DE MAQUINAS SINCRONAS .

TIPO DE GENERADOR.	POLOS LISOS	POLOS SALIENTES C/DEVANADOS DE AMORTIGUAMIENTO.	POLOS SALIENTES SIN DEVANADOS DE AMORTIGUAMIENTO.
Reactancia Subtransitoria X''_d en %	9 - 32 ⁽¹⁾	12 - 30 ⁽²⁾	20 - 40 ⁽²⁾
Reactancia transitoria X'_d en %	14 - 35 ⁽³⁾	20 - 45	20 - 40
Reactancia sincrona X_s en %	140-300	80 - 180	80 - 180
Reactancia de secuencia negativa X_2 en %	9 - 22	10 - 25	30 - 50
Reactancia de secuencia cero X_0 en %	2 - 10	4 - 20	5 - 25

(1) Los valores aumentan con la capacidad de la máquina y los valores más bajos corresponden por lo general a las máquinas que operan con tensiones más bajas.

(2) Los valores mayores corresponden a máquinas cuyos rotores operan con baja velocidad (por lo general inferiores a 375 RPM).

(3) Para máquinas muy grandes como por ejemplo hasta 1000 MVA o mayores pueden ser de 40 a 45 %.

En aquellos estudios en que sea necesario conocer el valor de la resistencia, un valor aproximado se determina de acuerdo a las siguientes expresiones :

$$R = 0.05 \frac{X^2}{G} \quad \text{Para potencias superiores a 100 MVA.}$$

$$R = 0.07 \frac{X^2}{G} \quad \text{- Para potencias inferiores a 100 MVA.}$$

TRANSFORMADORES REACTORES.

Los valores típicos de impedancias en % para transformadores trifásicos también denominados impedancias de Corto Circuito se indica en la tabla siguiente :

TABLA No. 2

VALORES TÍPICOS DE IMPEDANCIAS PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

Tensión Primaria en KV.	5-20	24 - 34.5	69	1.5	230	400
Z %	3-7.5	5 - 8	7-10	9-12	10-13	10-15

CALCULO DE CORTO CIRCUITO EN -
ESTACIONES E INTERESTACIONES.

Habiéndose visto las anteriores consideraciones para el cálculo de --
Corto Circuito, empezaremos a efectuar los cálculos correspondientes a las
fallas eléctricas que pueden presentarse, que son consideradas como las men
cionadas en el capítulo anterior donde se describe la secuencia de opera---
ción, y que son las de mayor importancia.

Antes de calcular una falla en Interestaciones es importante conocer --
cómo las diferentes Estaciones de la Línea contribuyen al Corto Circuito; -
para definir esto, se considera que existen tres tipos de Estaciones en la -
Línea 4, las cuales son: Estaciones de Paso, Estaciones de Enlace ó Corres-
pondencia y Estaciones Terminales.

Todas las Estaciones de la Línea 4 tienen diferentes dimensiones, y ---
por consiguiente diferentes cargas de trabajo, lo cual repercute en los ---
cálculos de Corto Circuito.

Para mayor margen de seguridad en los cálculos a realizar, se tomaron -
en cuenta las Estaciones de mayor carga de cada uno de los tres tipos di---
ferentes de la línea, estas estaciones fueron :

Estación de Paso, Morelos; Estación de Correspondencia, Consulado; Esta
ción Terminal, Martín Carrera.

Tomando como base dichas Estaciones para nuestro cálculo a lo largo ---
de la Línea 4, se consideraron todas las Estaciones de paso como Morelos, -
las de Correspondencia como Consulado y las Terminales como Martín Carrera.
Para conocer la Reactancia Total de las Estaciones mencionadas se conside--
ró una falla de Corto Circuito en el lado de Alta Tensión es decir, en la -
entrada de la alimentación del transformador.

Una vez definido esto, se procedieron a dar los pasos que se enumeran a continuación con el objeto de tener una ordenación clara de la secuencia a seguir.

- A.- Relación de Equipo en las Estaciones.
- B.- Relación de Datos Generales y Fórmulas para el cálculo de Corto Circuito.
- C.- Determinación de Datos Técnicos de los Equipos de las Estaciones.
(Se anexan Tablas para la obtención de dichos Datos Técnicos)
- D.- Diagrama Unifilar de las Estaciones.
- E.- Cálculo de las Reactancias de los Equipos por el Método por Unidad.
- F.- Diagrama Equivalente de Reactancias.
- G.- Operaciones.

Se desarrollan a continuación cada uno de los puntos anteriores, considerando las tres estaciones tomadas como referencia para el presente estudio.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION MARTIN CARRERA.VIA - 1IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H. P.	FASES	VOLTS.	C O N C E P T O .
M1	1	1 1/2	3	220	EXTRACTOR.
M3	1	2	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M5	1	2	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M7	1	1/4	3	220	EXTRACTOR.
M9	1	1/4	3	220	EXTRACTOR.
M11	1	2	3	220	CARCAMO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
M13	1	2	3	220	CARCAMO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
M15	1	2	3	220	CARCAMO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
M17	1	2	3	220	CARCAMO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
M19	1	2	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M21	1	2	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M23	1	2	3	220	CARCAMO FOSA DE REVISION.
M25	1	2	3	220	CARCAMO FOSA DE REVISION.
M27	1	2	3	220	CARCAMO DE ACCESO SUR PONIENTE.
M29	1	2	3	220	CARCAMO DE ACCESO SUR PONIENTE.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION MARTIN CARRERA.VIA - 2IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H. P.	FASES	VOLTS.	CONCEPTO.
M2	1	1 1/2	3	220	EXTRACTOR.
M4	1	1 1/2	3	220	EXTRACTOR.
M6	1	1/15	1	220	EXTRACTOR.
M8	1	1/15	1	220	EXTRACTOR.
M10	1	1/30	1	220	EXTRACTOR.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION CONSULADO.VIA - 1IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H. P.	FASES	VOLTS.	C O N C E P T O .
M1	1	1.0	3	220	EXTRACTOR.
M3	1	1.0	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M5	1	1.0	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M7	1	1.0	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M9	1	1.0	3	220	HIDRONEUMATICO Y CISTERNA.
M11	1	1 1/2	3	220	EXTRACTOR.
M13	1	1 /30	1	220	EXTRACTOR.
M15	1	1 /15	1	220	EXTRACTOR.
M17	1	2.0	3	220	CARCANO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
M19	1	2.0	3	220	CARCANO DE AGUAS NEGRAS ESTACION.
A5	1	50	3	220	ESCALERA MECANICA.
A6	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.
A7	1	20	3	220	ESCALERA MECANICA.
A8	1	20	3	220	ESCALERA MECANICA.
A9	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.
A10	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION CONSULADO.VIA -- 2IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H.P.	FASES	VOLTS.	CONCEPTO.
M2	1	1,0	3	220	EXTRACTOR.
M4	1	1/2	3	220	EXTRACTOR.
M6	1	1/15	1	220	EXTRACTOR.
M8	1	1/4	3	220	EXTRACTOR.
M10	1	10	3	220	ESCALERA MECANICA.
M12	1	10	3	220	ESCALERA MECANICA.
B5	1	50	3	220	ESCALERA MECANICA.
B6	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.
B7	1	20	3	220	ESCALERA MECANICA.
B8	1	20	3	220	ESCALERA MECANICA.
B9	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.
B10	1	30	3	220	ESCALERA MECANICA.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION MORELOS.

VIA -1

IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H.P.	FASES	VOLTS.	C O N C E P T O .
M1	1	1.0	3	220	BOMBAS.
M3	1	1.0	3	220	BOMBAS.
M5	1	1 1/2	3	220	VENTILADOR.
M7	1	1 1/2	3	220	LOCAL TECNICO.
M9	1	1/15	1	220	VENTILADOR.
M11	1	1/15	1	220	CTO. DE ASEO.
M13	1	10.0	3	220	ESCALERAS MECANICAS.
M15	1	10.0	3	220	ESCALERAS MECANICAS.

RELACION DE EQUIPO. ESTACION MORELOS .VIA - 2IDENTIFICACION DE MOTORES.

No.	CANTIDAD.	H.P.	FASES	VOLTS.	CONCEPTO.
M2	1	1.0	3	220	BOMBAS.
M4	1	1.0	3	220	BOMBAS.
M6	1	1 1/2	3	220	VENTILADOR.
M8	1	1/15	1	220	VENTILADOR.
M10	1	1/15	1	220	VENTILADOR.
M12	1	10.0	3	220	ESCALERAS MECANICAS.
M14	1	10.0	3	220	ESCALERAS MECANICAS.

Relación de Datos Generales y Formulas para el Calculo del Corto Circuito

Método por Unidad (P.U.)

.../111

CLAVE	DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD	FORMULA
I	POTENCIA BASE (EN OPERACION)	P ₀	MVA	
II	IMPEDANCIA NOMINAL DEL EQUIPO (MOT.)	Z _{00-N}	P.U.	$Z_{00-N} = \frac{IN/VA}{MVA-N}$
III	TENSION DE LINEA NOMINAL DEL EQUIPO	KV-N	KV	
IV	TENSION DE LINEA EN OPERACION	KVop	KV	
V	POTENCIA APARENTE DEL EQUIPO	MVA-N	MVA	
VI	POTENCIA DE CORTO CIRCUITO DEL INT. DE SAL.	P _{cc}	MVA	
VII	POTENCIA DEL MOTOR (CABALLOS POT)	P.m.	H.P.	
VIII	EFICIENCIA DEL MOTOR	η	P.U.	
IX	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR	F.P.	P.U.	
X	IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR	ρ	Ohm/Km.	
XI	LONGITUD DE LA LINEA	L	Km	
XII	POTENCIA APARENTE DEL MOTOR	S _m	MVA	$S_m = \frac{P_m (100/\eta)}{F.P.}$
XIII	CORRIENTE DE ARRANQUE DEL MOTOR	I _A	A	
XIV	CORRIENTE A PLENA CARGA	I _N	A	
XV	CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO	I _{rd}	A	
XVI	IMPEDANCIA DEL MOTOR	Z _m	%	$Z_m = \frac{IN/VA}{MVA-N} \times 100$
XVII	REACTANCIA DEL MOTOR	X _m	P.U.	$X_m = Z_{00-N} - R \left(\frac{R}{Z_m} \right) \left(\frac{KV-N}{KVop} \right)^2$
XVIII	REACTANCIA DEL SISTEMA DE SUMINISTRO	X ₀	P.U.	$X_0 = \frac{P_0}{P_{cc}}$
XIX	REACTANCIA DEL TRANSFORMADOR	X _t	P.U.	$X_t = Z_{00-N} - R \left(\frac{R}{MVA-N} \right) \left(\frac{KV-N}{KVop} \right)^2$
XX	REACTANCIA DE LA LINEA	X _L	P.U.	$X_L = \frac{\rho \cdot L \cdot P_0}{KVop}$
XXI	REACTANCIA DEL GENERADOR	X _g	P.U.	$X_g = Z_{00-N} - R \left(\frac{R}{MVA-N} \right) \left(\frac{KV-N}{KVop} \right)^2$
XXII	REACTANCIA EQUIVALENTE	X ₀₀	P.U.	EXCLUSIVA PARA CADA CIRCUITO
XXIII	CORRIENTE BASE	I ₀	Amp.	$I_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot KVop}$
XXIV	POTENCIA DE CORTO CIRCUITO SIMETRICA	P ₀₀₀	MVA	$P_{000} = \frac{P_0}{X_{00}}$
XXV	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO SIMETRICA	I ₀₀₀	Amp.	$I_{000} = \frac{I_0}{X_{00}}$

TABLA DE DATOS TECNICOS

MOTORES TRIFASICOS INTEGRALES, VALORES MAXIMOS DE CORRIENTE EN AMPERS A ROTOR BLOQUEADO A 220 V, 50 y 60 Hz			
C.R.	DISEÑO S.C.P.D	DISEÑO P	DISEÑO S
1 ó menor	30	--	28
1-1/2	40	--	40
2	60	--	60
3	64	--	70
5	92	--	105
7-1/2	127	--	140
10	162	--	175
15	232	--	255
20	290	--	335
25	365	--	420
30	435	270	500
40	560	360	670
50	725	450	835
60	870	540	1000
75	1085	675	1250
100	1450	900	1670
125	1815	1125	2090
150	2170	1350	2495
200	2900	1800	3335

LA CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO PARA MOTORES DISEÑADOS A TENCIONES QUE NO SEAN 220 V DEBERAN SER INVERSAMENTE PROPORCIONALES A LAS TENCIONES.

DATOS SACADOS DE CONNIE S-C-1 1-01-1968

UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.	
VALORES MAXIMOS DE CORRIENTE EN AMPERS	

INTENSIDAD DE CORRIENTE A PLENA CARGA, * MOTORES DE C.A TRIFASICOS

CV	MOTOR DE INDUCCION JALIA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO					MOTOR SINCRONIZADO + FACTOR DE POTENCIA UNIDAD			
	110 V	220 V	440 V	550 V	2 300 V	220 V	440 V	550 V	2 300 V
1/2	4	2w	1	0.8					
3/4	5.6	2.8	1.4	1.1					
1	7	3.5	1.8	1.4					
1 1/2	10	5	2.5	2.0					
2	13	6.5	3.3	2.6					
3	-	9	4.5	4					
5	-	15	7.5	6					
7 1/2	-	22	11	9					
10	-	27	14	11					
15	-	40	20	16					
20	-	52	26	21					
25	-	64	32	26	7	54	27	22	5.4
30	-	78	39	31	8.5	65	33	26	6.5
40	-	104	52	41	10.5	86	43	35	8
50	-	125	63	50	13	108	54	14	10
60	-	150	75	60	16	128	64	51	12
75	-	185	93	74	19	161	81	65	15
100	-	246	123	98	25	211	106	85	20
125	-	310	155	124	31	264	132	106	25
150	-	360	180	144	37	---	158	127	30
200	-	480	240	192	48	---	210	168	40

Para intensidades de corriente a plena carga de motores de 208 y 200 V, increméntese la intensidad de corriente a plena carga correspondiente al motor de 220 V en 6 y 10%, respectivamente.

* Estos valores de intensidad de corriente a plena carga se refieren a motores que giren a velocidades standard para motores con correa y motores con características normales de par-resistente. Los motores contruidos para velocidades especialmente bajas o pares resis --- tentes especialmente grandes, pueden requerir más intensidad de corriente, en cuyo caso se empleará la corriente de régimen de la placa indicadora.

Para factores de potencia del 90 y 80%, las cifras anteriores deben multiplicarse por 1.1 y 1.25 respectivamente.

Las tensiones se refieren a tensiones normales para los motores.

TABLA TECNICA

VALORES MAXIMOS DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE EN AMPERS A 220 VOLTS, 50y 60 Hz.

C. P.	50 Hz	60 Hz	DISEÑO	
1/4	16	14	B	D
1/3	18	16	B	D
1/2	23	20	B	D
3/4	28	25	B	D
1	34	30	B	D
1 1/2	46	40	B	D
2	58	50	B	D
3	74	64	B	D
5	105	92	B	D
7-1/2	146	127	B	D
10	186	162	B	D
15	255	232	B	D
20	338	290	B	D
25	420	365	B	D
30	500	438	B	D
40	670	580	B	D
50	838	725	B	D
60	1 000	870	B	D
75	1 250	1 085	B	D
100	1 670	1 450	B	D
125	2 090	1 815	B	D
150	2 495	2 170	B	D
200	3 335	2 900	B	D
250	4 190	3 650	B	D
300	5 060	4 400	B	D

NOTAS:

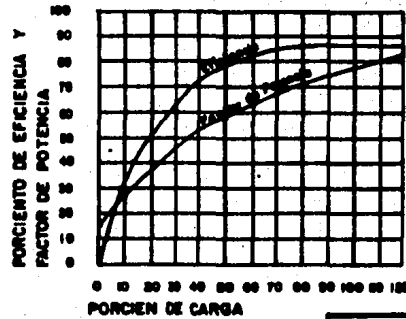
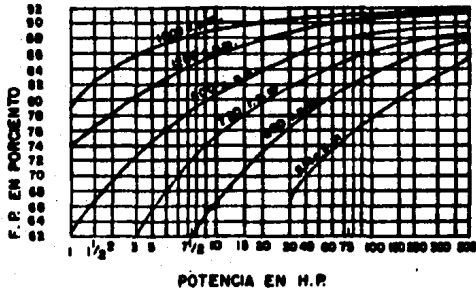
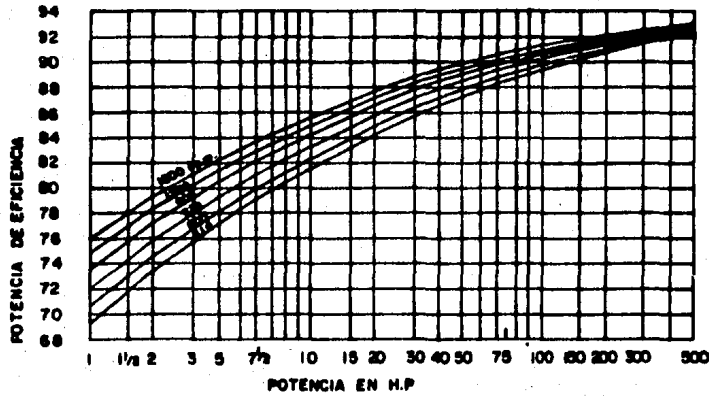
a) Para diseño "A" los valores máximos de la corriente de arranque, deben ser mejores a los estipulados en esta tabla.

b) Para diseño "F" los valores máximos de la corriente de arranque, deben ser mejores del 62 % de los valores estipulados en esta tabla.

UNAM FACULTAD DE ING.

MARGARITA RAMIREZ G.

VALORES MAXIMOS DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE



UNAM FACULTAD DE ING.
 MARGARITA RAMIREZ G
 GRAFICA DE POTENCIA Y
 EFICIENCIA, PARA MOTORES
 DE DIFERENTES CAPACIDADES

TABLA DE DATOS TECNICOS

CAPACIDAD DE TRANS- FORMADOR (KVA)	DATOS DE IMPEDANCIA DE TRANSFORMADORES			
	RIR	(%)	(%)	(%)
150	3.24	1.23	4.0	4.19
225	3.35	1.19	4.0	4.17
300	3.50	1.14	4.0	4.16
500	3.65	1.04	4.0	4.12
750	5.45	0.94	5.1	5.19
1000	5.70	0.89	5.1	5.19
1500	6.15	0.83	5.1	5.18
2000	6.63	0.77	5.1	5.17
150	1.5	1.111	1.665	2.0
225	1.5	1.111	1.665	2.0
300	1.5	1.111	1.665	2.0
500	1.5	1.111	1.665	2.0

SACADO DEL CODIGO NEMA ABI-1984 TABLA A-1

UNAM FACULTAD DE ING.

MARGARITA RAMIREZ G.

DATOS DE IMPEDENCIA
DE TRANSFORMADORES

DIAGRAMA UNIFILAR

ESTACION MARTIN CARRERA

.../130

DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 1

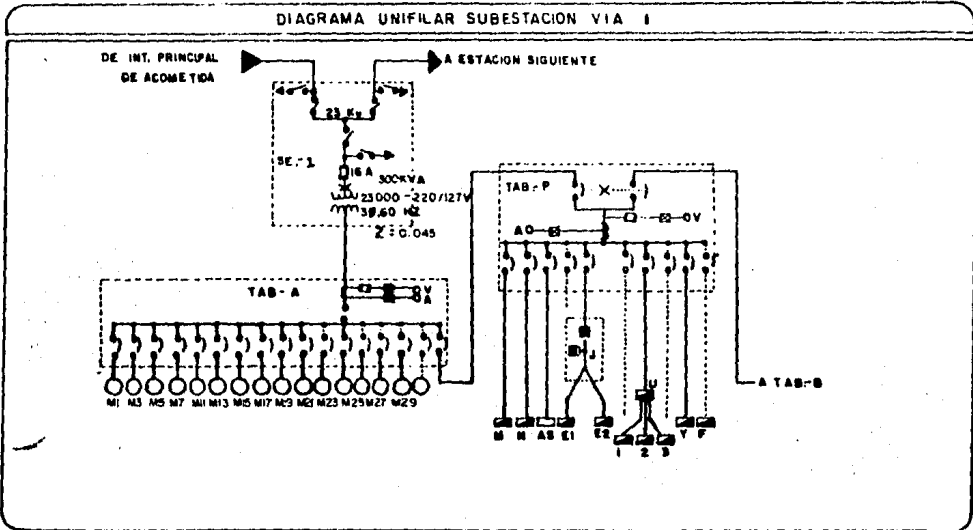


DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 2

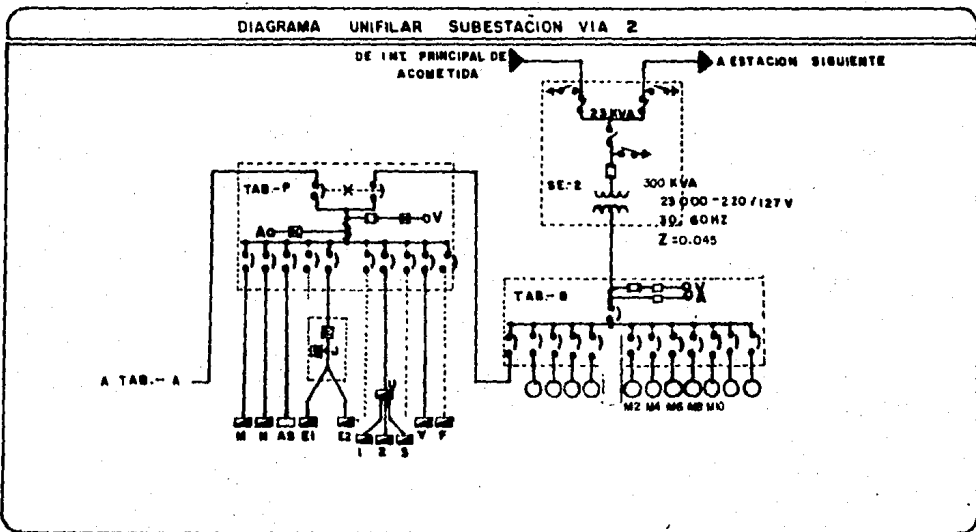


DIAGRAMA UNIFILAR

ESTACION CONSULADO

..../131

DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 1

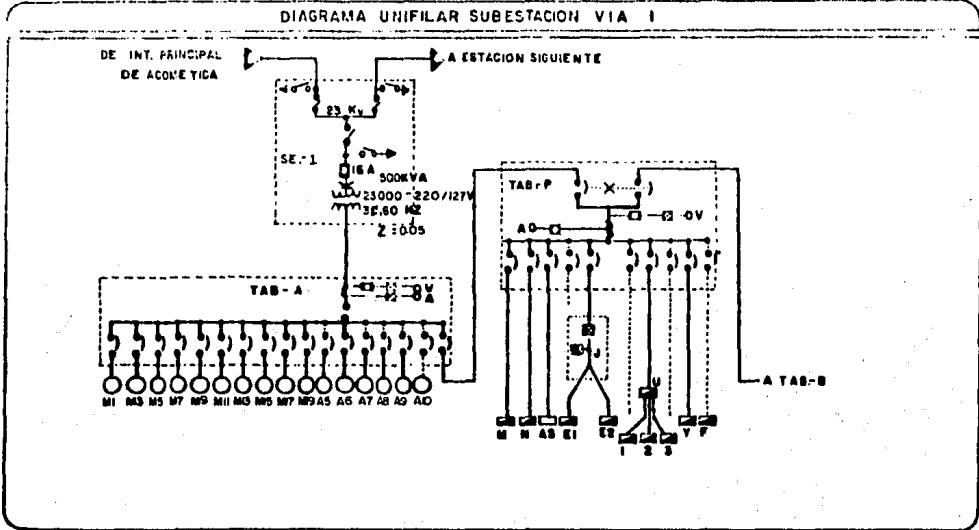


DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 2

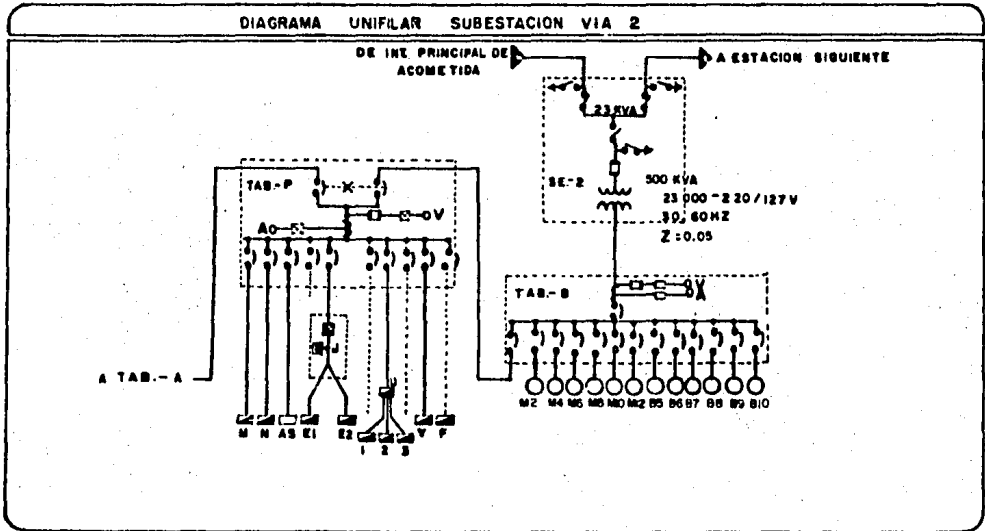


DIAGRAMA UNIFILAR

ESTACION MORELOS

.../132

DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 1

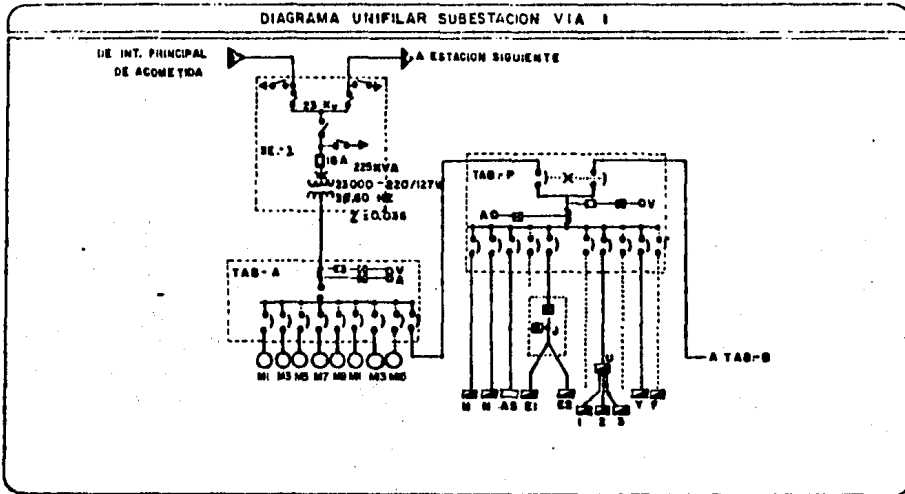
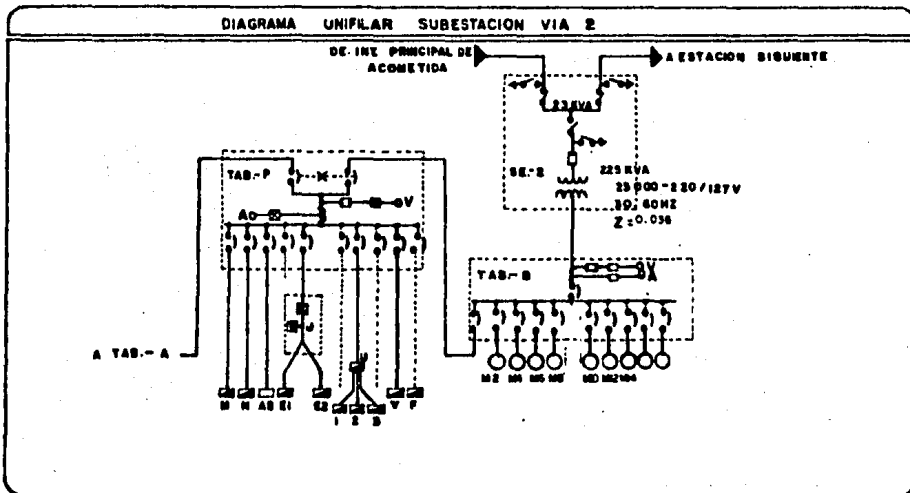


DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION VIA 2



CALCULO DE LAS REACTANCIAS DE LOS EQUIPOS POR EL METODO -
POR UNIDAD.

ESTACION MARTIN CARRERA V-1.

PARA LOS MOTORES :

$$Z_{PU-N} = Z_m = \frac{IN / IA}{MVA_N}$$

DE LAS TABLAS DE DATOS TECNICOS :

$$Z_{m_1} = 55.66$$

$$Z_{m_3} = 48.99$$

$$Z_{m_3} = Z_{m_5} = Z_{m_{11}} = Z_{m_{13}} = Z_{m_{15}} = Z_{m_{17}} = Z_{m_{19}} = Z_{m_{21}} = Z_{m_{23}} = Z_{m_{25}} = Z_{m_{27}} = Z_{m_{29}}$$

$$Z_{m_7} = 420.22 \text{ PU} = Z_{m_9}$$

EL VALOR DE LA REACTANCIA SERA :

$$X_m = X_{m_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{S_m} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LAS TABLAS DE DATOS TECNICOS :

$$X_{m_1} = 2478624.87$$

$$X_{m_3} = 1808653.49$$

$$X_{m_3} = X_{m_5} = X_{m_{11}} = X_{m_{13}} = X_{m_{15}} = X_{m_{17}} = X_{m_{19}} = X_{m_{21}} = X_{m_{23}} = X_{m_{25}} = X_{m_{27}} = X_{m_{29}}$$

$$X_{m_7} = 53743445.45$$

$$X_{m_7} = X_{m_9}$$

PARA EL TRANSFORMADOR :

$$X_t = X_{t_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{MVA_N} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$X_T = X_{T_1} = 15$$

ESTACION MARTIN CARRERA V-2.

PARA LOS MOTORES .

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$Z_{m_2} = 55.66$$

$$Z_{m_2} = Z_{m_4}$$

$$Z_{m_6} = Z_{m_8}$$

$$Z_{m_{10}} = 1574.8$$

Continuamos con la Obtención de las Reactancias :

$$X_m = X_{m_{PU-N}} \left(\frac{Pb}{S_m} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LAS TABLAS DE DATOS TECNICOS :

$$X_{m_2} = 2478624.87$$

$$X_{m_2} = X_{m_4}$$

$$X_{m_6} = 354681538.5$$

$$X_{m_6} = X_{m_8}$$

$$X_{m_{10}} = 1140333092$$

PARA EL TRANSFORMADOR :

$$X_{T2} = X_{T_{PU-N}} \left(\frac{Pb}{MVA_N} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$X_T = X_{T2} = 15$$

ESTACION CONSULADO V-1

PARA LOS MOTORES .

$$Z_{PU-N} = Z_m = \frac{IN/IA}{MVA_N}$$

DE LAS TABLAS DE DATOS TECNICOS :

$$Z_{m_1} = 72.07$$

$$Z_{m_1} = Z_{m_3} = Z_{m_5} = Z_{m_7} = Z_{m_9}$$

$$Z_{m_{11}} = 55.66$$

$$Z_{m_{13}} = 1574.8$$

$$Z_{m_{15}} = 783.6462$$

$$Z_{m_{17}} = 48.49$$

$$Z_{m_{17}} = Z_{m_{19}}$$

$$Z_{A5} = 3.7$$

$$Z_{A6} = 6.3473$$

$$Z_{A7} = 9.1438$$

EL VALOR DE LA REACTANCIA SERA :

$$X_m = X_{m_{PU-N}} = \left(\frac{P_b}{S_m} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LAS TABLAS DE DATOS TECNICOS :

$$X_{m_1} = 4451788.25$$

$$X_{m_1} = X_{m_3} = X_{m_5} = X_{m_7} = X_{m_9}$$

$$X_{m_{11}} = 2478624.87$$

$$X_{m_{13}} = 1140333092$$

$$X_{m_{15}} = 354681538.5$$

$$X_{m_{17}} = 1808653.49$$

$$X_{A5} = 7945.029$$

$$X_{A6} = 22468.62$$

$$X_{A7} = 46628.251$$

PARA EL TRANSFORMADOR .

$$X_T = X_{T_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{MVA_N} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$X_T = X_{T1} = 10$$

ESTACION CONSULADO V-2

PARA LOS MOTORES.

$$Z_{PU-N} = Z_m = \frac{IN/IA}{MVA_N}$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$Z_{m2} = 72.07$$

$$Z_{m4} = 55.66$$

$$Z_{m6} = 783.8462$$

$$Z_{m8} = 420.22$$

$$Z_{m10} = 15.1$$

$$Z_{m10} = Z_{m12}$$

$$Z_{B5} = 3.7$$

$$Z_{B6} = Z_{B9} = Z_{B10}$$

$$Z_{B6} = 6.3473$$

$$Z_{B6} = Z_{B9} = Z_{B10}$$

$$Z_{B7} = 9.1438$$

$$Z_{B7} = Z_{B8}$$

EL VALOR DE LA REACTANCIA SERA :

$$X_m = X_{m_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{KVA_N} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$X_{m2} = 4451788.25$$

$$X_{m4} = 2478624.87$$

$$X_{m_6} = 354681538.5$$

$$X_{m_8} = 53743445.45$$

$$X_{m_{10}} = 136651.584$$

$$X_{m_{10}} = X_{m_{12}}$$

$$X_{B5} = 7945.029$$

$$X_{B6} = 22468.32$$

$$X_{B6} = X_{B9} = X_{B10}$$

$$X_{B7} = 46628.251$$

$$X_{B7} = X_{B8}$$

PARA EL TRANSFORMADOR .

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$X_T = X_{T2} = 10$$

ESTACION MORELOS V-1

PARA LOS MOTORES .

$$Z_{PU-N} = Z_m = \frac{IN/IA}{MVA_N}$$

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS :

$$Z_{m_1} = 72.07$$

$$Z_{m_1} = Z_{m_3}$$

$$Z_{m_5} = Z_{m_7}$$

$$Z_{m_9} = 783.8462$$

$$Z_{m_9} = Z_{m_{11}}$$

$$Z_{m_{13}} = 15.10$$

$$Z_{m_{13}} = Z_{m_{15}}$$

EL VALOR DE LA REACTANCIA SERA :

$$X_m = X_{m_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{S_m} \right) \left(\frac{KV}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TÉCNICOS :

$$X_{m_1} = 4451788.25$$

$$X_{m_1} = X_{m_3}$$

$$X_{m_5} = 2478624.87 = X_{m_7}$$

$$X_{m_9} = 53743445.45$$

$$X_{m_9} = X_{m_{11}}$$

$$X_{m_{13}} = 136651.584$$

$$X_{m_{13}} = X_{m_{15}}$$

PARA EL TRANSFORMADOR .

$$X_T = X_{T_{PU-N}} \left(\frac{P_b}{MVA_N} \right) \left(\frac{KV_N}{KV_{op}} \right)^2$$

DE LA TABLA DE DATOS TÉCNICOS :

$$X_T = X_{T1} = 16$$

ESTACION MORELOS V-2

PARA LOS MOTORES .

DE LA TABLA DE DATOS TÉCNICOS :

$$Z_{m_2} = 72.07$$

$$Z_{m_2} = Z_{m_4}$$

$$Z_{m_6} = 55.66$$

$$Z_{m_8} = 783.8462$$

$$Z_{m_8} = Z_{m_{10}}$$

$$Z_{m_{12}} = 15.10$$

$$Z_{m_{12}} = Z_{m_{14}}$$

$$X_{m_2} = 4451788.25$$

$$X_{m_2} = X_{m_4}$$

$$X_{m_6} = 2478624.87$$

$$X_{m_8} = 53743445.45$$

$$X_{m_8} = X_{m_{10}}$$

$$X_{m_{12}} = 136651.584$$

$$X_{m_{12}} = X_{m_{14}}$$

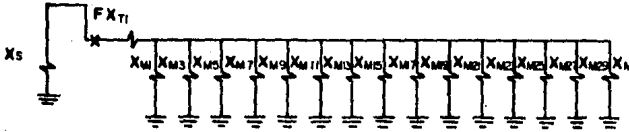
PARA EL TRANSFORMADOR .

DE LA TABLA DE DATOS TECNICOS.

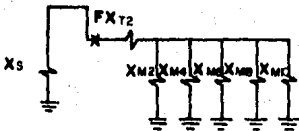
$$X_T = X_{T2} = 16$$

DIAGRAMA DE REACTANCIAS EST. M. CARRERA V-1 y V-2

V-1



V-2



DEL DIAGRAMA DE REACTANCIAS MARTIN CARRERA V-1

$$X_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M1}} + \frac{1}{X_{M3}} + \frac{1}{X_{M5}} + \frac{1}{X_{M7}} + \frac{1}{X_{M9}} + \frac{1}{X_{M11}} + \frac{1}{X_{M13}} + \frac{1}{X_{M15}} + \frac{1}{X_{M17}} + \frac{1}{X_{M19}} + \frac{1}{X_{M21}} + \frac{1}{X_{M23}} + \frac{1}{X_{M25}} + \frac{1}{X_{M27}} + \frac{1}{X_{M29}}}$$

$$X_{p1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2478624.87}\right) + \left(\frac{1}{1808653.49}\right) \times 12 + \left(\frac{1}{53743445.45}\right) \times 2}$$

$$X_{p1} = 141334.1$$

$$X_{p2} = X_{p1} + X_{T1}$$

$$X_{p2} = 141334.1 + 15$$

$$X_{p2} = 141349.1$$

DEL DIAGRAMA DE REACTANCIA MARTIN CARRERA V-2

$$X_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M2}} + \frac{1}{X_{M4}} + \frac{1}{X_{M6}} + \frac{1}{X_{M8}} + \frac{1}{X_{M10}}}$$

$$X_{p1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2478624.87}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{354681538.5}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{1140333092}\right)}$$

$$X_{p1} = 1229385.016$$

$$X_{p2} = X_{p1} + X_{T2}$$

$$X_{p2} = 1229385.016 + 15$$

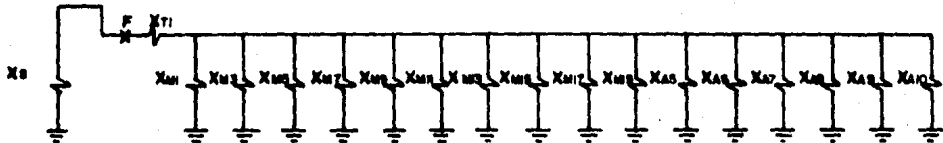
$$X_{p2} = 1229400.016$$

DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

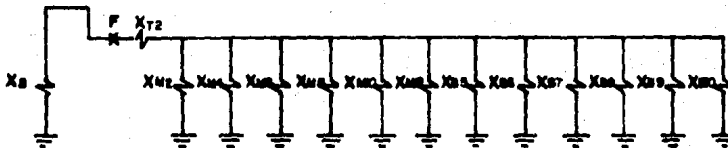
ESTACION CONSULADO.

.../142

V-1



V-2



DEL DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

ESTACION CONSULADO V-1

$$X_{P1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M1}} + \frac{1}{X_{M2}} + \frac{1}{X_{M3}} + \frac{1}{X_{M4}} + \frac{1}{X_{M5}} + \frac{1}{X_{M6}} + \frac{1}{X_{M7}} + \frac{1}{X_{M8}} + \frac{1}{X_{M9}} + \frac{1}{X_{M10}} + \frac{1}{X_{M11}} + \frac{1}{X_{M12}} + \frac{1}{X_{M13}} + \frac{1}{X_{M14}} + \frac{1}{X_{M15}} + \frac{1}{X_{M16}} + \frac{1}{X_{M17}} + \frac{1}{X_{M18}} + \frac{1}{X_{M19}} + \frac{1}{X_{M20}}}$$

$$X_{P1} = \frac{1}{(0.451788.28)^{-2} + (2678624.87)^{-2} + (1140333092)^{-2} + (364481838.5)^{-2} + (160845148)^{-2} + (7945.026)^{-2} + (2248132)^{-2} + (48828.28)^{-2}}$$

$$X_{P1} = 3279.60539$$

$$X_{P2} = X_{P1} + X_{T1}$$

$$X_{P2} = 3279.60539 + 10$$

$$X_{P2} = 3289.60539$$

DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

ESTACION CONSULADO V-2

$$X_{P1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M2}} + \frac{1}{X_{M4}} + \frac{1}{X_{M6}} + \frac{1}{X_{M8}} + \frac{1}{X_{M10}} + \frac{1}{X_{M12}} + \frac{1}{X_{B5}} + \frac{1}{X_{B6}} + \frac{1}{X_{B7}} + \frac{1}{X_{B8}} + \frac{1}{X_{B9}} + \frac{1}{X_{B10}}}$$

$$X_{p1} = \frac{1}{(2481708.25) + (1478814.87) + (88288133.8) + (33723443.48) + (71681.884)^2 + (9841.028) + (2348.31) \times 3 + (22888.18) \times 2}$$

$X_{p1} = 3148.9724$

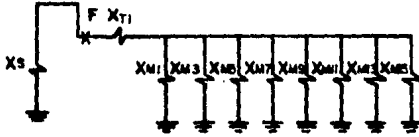
$X_{p2} = X_{p1} + X_{T2}$

$X_{p2} = 3148.9724 + 10$

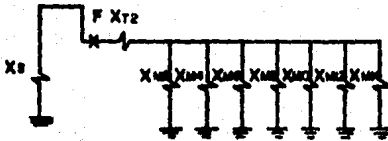
$X_{p2} = 3158.9724$

DIAGRAMA DE REACTANCIAS EST. MORELOS V-1 y V-2

V-1



V-2



DEL DIAGRAMA DE REACTANCIAS MORELOS V-1

$$X_{P1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M1}} + \frac{1}{X_{M3}} + \frac{1}{X_{M5}} + \frac{1}{X_{M7}} + \frac{1}{X_{M9}} + \frac{1}{X_{M11}} + \frac{1}{X_{M13}} + \frac{1}{X_{M15}}}$$

$$X_{P1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{4451788.25}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{2478624.87}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{53743445.45}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{136651.584}\right) \times 2}$$

$$X_{P1} = 62778.06$$

$$X_{P2} = X_{P1} + X_{T1}$$

$$X_{P2} = 62778.06 + 16$$

$$X_{P2} = 62794.06$$

DEL DIAGRAMA DE REACTANCIAS MORELOS V-2

$$X_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{M2}} + \frac{1}{X_{M4}} + \frac{1}{X_{M6}} + \frac{1}{X_{M10}} + \frac{1}{X_{M12}} + \frac{1}{X_{M14}}}$$

$$X_{p1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{4451788.25}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{2478624.87}\right) + \left(\frac{1}{53743445.45}\right) \times 2 + \left(\frac{1}{136651.589}\right) \times 2}$$

$$X_{p1} = 64409.41$$

$$X_{p2} = X_{p1} + X_{T2}$$

$$X_{p2} = 64409.41 + 16$$

$$X_{p2} = 64425.41$$

Luego de efectuar los cálculos anteriores que nos han permitido determinar la reactancia de cada una de las estaciones hasta antes de la falla en el lado de Alta Tensión del Transformador, procederemos a realizar el cálculo de Corto Circuito para cada uno de los casos de posibles fallas, mencionadas anteriormente al hacer referencia a la Descripción Operacional del Sistema.

Enseguida se muestra una tabla (fig. 1), donde se concentran los resultados obtenidos (se hace referencia a qué lado de la vía corresponden los datos que aparecen en la tabla). En esta tabla aparecen también algunos datos que requeriremos para el cálculo a realizar; asimismo se empleará para anexar los resultados que obtengamos de las operaciones que efectuaremos a continuación.

VIA - 1

DATOS	SIMB.	UND.	FORMULA	M.CARRERA	TALISMAN	BONDOJITO	CONSULADO	C. DEL NTE.	MORELOS	CANDELARIA	F. SERVANDO	JAMAICA	STA. ANITA
REACTANCIA POR ESTACION	Xp	P.U.		141349.1	62794.06	62794.06	3289.60539	62794.06	62794.06	3289.60539	62794.06	62794.06	141349.1
IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR	f	Ohm/M		0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
LONGITUD DE LA LINEA	L	Km			1.455	1.444	0.996	1.283	1.296	1.562	0.926	1.387	1.175
REACTANCIA DE LA LINEA	XL	P.U.	$X_L = \frac{L \cdot P_b}{(KV_{op})^2}$		0.0916	0.0909	0.0627	0.0808	0.0816	0.0983	0.0583	0.0873	0.0739
IMPEDANCIA DEL SISTEMA DE SUMIN.	Xs	P.U.	$X_s = \frac{P_b}{P_{cc}}$	0.2									
IMPEDANCIA EQUIVALENTE	Xeq	P.U.		0.76396									
CORRIENTE FASE	Ib	Amp	$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} V_{R_{op}}}$	2510.22									
POTENCIA DE C.C. SIMETRICA	Pccs	MVA	$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eq}}$	130896.9056									
CORRIENTE DE C.C. SIMETRICA	Iccs	Amp	$I_{ccs} = \frac{I_b}{X_{eq}}$	3285.80									

Fig. 1

CALCULO DE LA REACTANCIA DE LA LINEA.

Para efectuar este cálculo recurriremos a la expresión :

$$X_L = \frac{Q.L.Pb}{(KVop)^2}$$

Encontraremos la reactancia correspondiente a cada uno de los tramos entre -- estaciones .

$$X_{L1} = \frac{(0.333) (1.455) (100)}{(23)^2} = 0.0916$$

$$X_{L2} = \frac{(0.333) (1.444) (100)}{(23)^2} = 0.0909$$

$$X_{L3} = \frac{(0.333) (0.996) (100)}{(23)^2} = 0.0627$$

$$X_{L4} = \frac{(0.333) (1.283) (100)}{(23)^2} = 0.0808$$

$$X_{L5} = \frac{(0.333) (1.296) (100)}{(23)^2} = 0.0816$$

$$X_{L6} = \frac{(0.333) (1.562) (100)}{(23)^2} = 0.0983$$

$$X_{L7} = \frac{(0.333) (0.926) (100)}{(23)^2} = 0.0583$$

$$X_{L8} = \frac{(0.333) (1.387) (100)}{(23)^2} = 0.0873$$

$$X_{L9} = \frac{(0.333) (1.175) (100)}{(23)^2} = 0.0739$$

Con los datos anteriores se procede a efectuar el cálculo correspondiente al caso (1), cuando se presenta la falla en el cable de energía en la Interestación Fray Servando-Jamaica Vía 1.

Nos apoyamos en los datos de la figura (1) pues es referida precisamente a la Vía 1, se muestra a continuación el Diagrama de Reactancias correspondiente. Fig. (2).

**CASO (I).- SE PRESENTA LA FALLA ENTRE LAS ESTACIONES FRAY SERVANDO Y -
JAMAICA VIA-1.**

DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

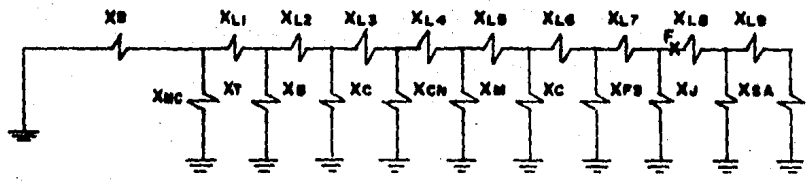


FIG. (2)

En seguida se procede a reducir el Diagrama de Reactancia, obteniendo antes la -- Reactancia de Suministro, para lo cual se considera la Potencia de Corto Circuito que es dato que proporciona la Compañía de Suministros, en este caso la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

$$X_S = \frac{MVA}{Pcc}$$

$$MVA = 100 \text{ MVA}$$

$$Pcc = 500 \text{ MVA}$$

$$X_S = \frac{100}{500}$$

$$X_S = 0.2$$

$$X_{eq1} = X_S // X_{MC}$$

$$X_{eq1} = \frac{0.2 \times 141349.1}{0.2 + 141349.1}$$

$$X_{eq1} = 0.199 = 0.2$$

$$X_{eq2} = X_{L1} + X_{eq1}$$

$$X_{eq2} = 0.0916 + 0.2$$

$$X_{eq2} = 0.2916$$

$$X_{eq3} = X_T // X_{eq2}$$

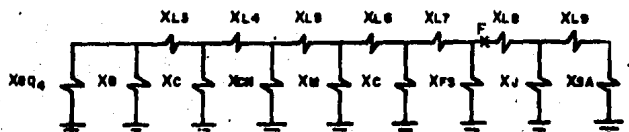
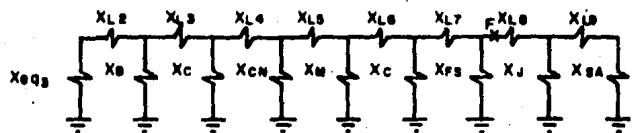
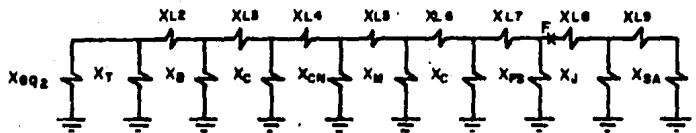
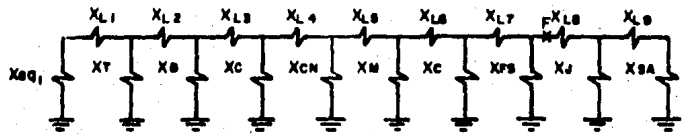
$$X_{eq3} = \frac{62794.06 \times 0.2916}{62794.06 + 0.2916}$$

$$X_{eq3} = 0.2916$$

$$X_{eq4} = X_{L2} + X_{eq3}$$

$$X_{eq4} = 0.0909 + 0.2916$$

$$X_{eq4} = 0.3825$$



$$X_{eq5} = X_B // X_{eq4}$$

$$X_{eq5} = \frac{62794.06 \times 0.3825}{62794.06 + 0.3825}$$

$$X_{eq5} = 0.3825$$

$$X_{eq6} = X_{L3} + X_{eq5}$$

$$X_{eq6} = 0.0627 + 0.3825$$

$$X_{eq6} = 0.4452$$

$$X_{eq7} = X_C // X_{eq6}$$

$$X_{eq7} = \frac{3289.60539 \times 0.4452}{3289.60539 + 0.4452}$$

$$X_{eq7} = 0.44514$$

$$X_{eq8} = X_{L4} + X_{eq7}$$

$$X_{eq8} = 0.0808 + 0.44514$$

$$X_{eq8} = 0.52594$$

$$X_{eq9} = X_{CN} // X_{eq8}$$

$$X_{eq9} = \frac{62794.06 \times 0.52594}{62794.06 + 0.52594}$$

$$X_{eq9} = 0.52594$$

$$X_{eq10} = X_{L5} + X_{eq9}$$

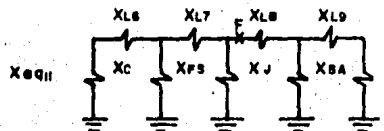
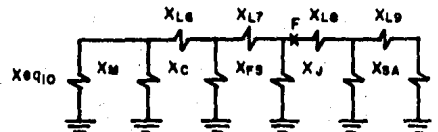
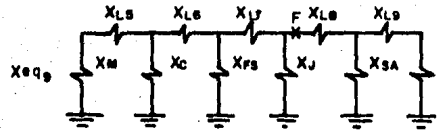
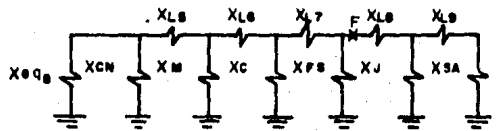
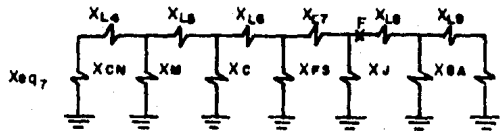
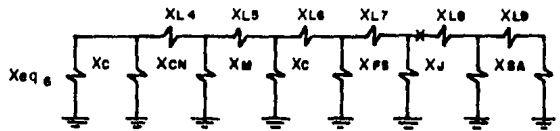
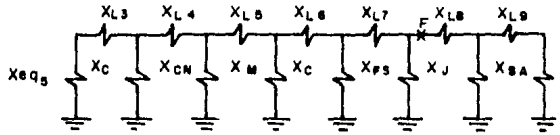
$$X_{eq10} = 0.0816 + 0.52594$$

$$X_{eq10} = 0.60754$$

$$X_{eq11} = X_M // X_{eq10}$$

$$X_{eq11} = \frac{62794.06 \times 0.06754}{62794.06 + 0.06754}$$

$$X_{eq11} = 0.60753$$



$$X_{eq12} = X_{L6} + X_{eq11}$$

$$X_{eq12} = 0.0983 + 0.60753$$

$$X_{eq12} = 0.70583$$

$$X_{eq13} = X_C // X_{eq12}$$

$$X_{eq13} = \frac{3289.60539 \times 0.70583}{3289.60539 + 0.70583}$$

$$X_{eq13} = 0.70568$$

$$X_{eq14} = X_{L7} + X_{eq13}$$

$$X_{eq14} = 0.0583 + 0.70568$$

$$X_{eq14} = 0.76398$$

$$X_{eq15} = \frac{62794.06 \times 0.76398}{62794.06 + 0.76398}$$

$$X_{eq15} = 0.76397$$

$$X_{eq16} = X_{L9} + X_{SA}$$

$$X_{eq16} = 0.0739 + 141349.1$$

$$X_{eq16} = 141349.1739$$

$$X_{eq17} = X_J // X_{eq16}$$

$$X_{eq17} = \frac{62794.06 \times 141349.1739}{62794.06 + 141349.1739}$$

$$X_{eq17} = 43478.7298$$

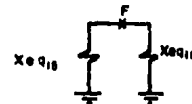
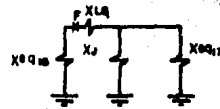
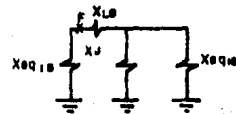
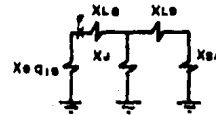
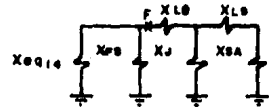
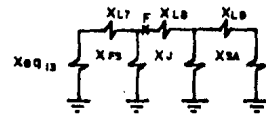
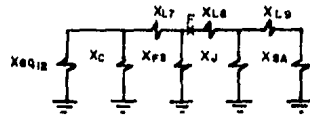
$$X_{eq18} = X_{L8} + X_{eq17}$$

$$X_{eq18} = 0.0873 + 43478.7298$$

$$X_{eq18} = 43478.8171$$

$$X_{eqF} = X_{eq15} // X_{eq18}$$

$$X_{eqF} = \frac{0.76397 \times 43478.8171}{0.76397 + 43478.8171}$$



$$X_{eqF} = 0.76396$$

Luego del cálculo de la reactancia equivalente final, pasamos a la obtención -- de potencia de Corto Circuito simétrica, así como de la corriente de Corto Circuito correspondiente .

$$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eqF}} = \frac{KVA}{X_{eqF}}$$

$$P_{ccs} = \frac{100 \times 10^3}{0.76396}$$

$$P_{ccs} = 130896.9056 \text{ KVA.}$$

$$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} \text{ KVop}} = \frac{KVA}{\sqrt{3} \text{ KVop}}$$

$$I_b = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 23}$$

$$I_b = 2510.22 \text{ A}$$

$$I_{ccs} = \frac{I_b}{X_{eqF}}$$

$$I_{ccs} = \frac{2510.22}{0.76396}$$

$$I_{ccs} = 3285.80 \text{ A}$$

Enseguida se procederá a efectuar los cálculos necesarios para el caso (II), - falla de los 2 alimentadores de una cabecera por Compañía de Luz 6 falla de la transferencia en la misma cabecera.

Se muestra en la figura (3) Anexa una tabla con los datos requeridos para — este cálculo, el Diagrama de Reactancias correspondiente, Fig. (4), y se lle va a cabo un desarrollo similar al Caso de Falla (I).

VIA - 1

DATOS	SIMB.	UND.	FORMULA	MCARRERA	TALISMAN	BONDOJITO	CONSULADO	C.DEL NTE.	MORELOS	CANDELARIA	F.SERVANDO	JAMAICA	STA. ANITA
REACTANCIA POR ESTACION	Xp	P.U.		141349.1	62794.06	62794.06	3289.60593	62794.06	62794.06	3289.60593	62794.06	62794.06	141349.1
IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR	f	Ohm/M		0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
LONGITUD DE LA LINEA	L	Km		1.455	1.444	0.996	1.283	1.296	1.562	0.926	1.387	1.175	
REACTANCIA DE LA LINEA	XL	P.U.	$X_L = \frac{f \cdot L \cdot P_b}{(KV_{op})^2}$	0.0916	0.0909	0.0627	0.0808	0.0816	0.0983	0.0583	0.0873	0.0739	
REACTANCIA DEL TERMINAL DE SUMIN.	Xs	P.U.	$X_s = \frac{P_b}{P_{cc}}$	0.2									
REACTANCIA EQUIVALENTE	Xeqf	P.U.		0.2									
CORRIENTE DE C.C.	Ib	Amp	$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} KV_{op}}$	2510.22									
REACTANCIA DE C.C. SIMETRICA	Pccs	MVA	$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eqf}}$	500×10^3									
CORRIENTE DE C.C. SIMETRICA	Iccs	Amp	$I_{ccs} = \frac{I_b}{X_{eqf}}$	1255.1									

Fig. - 3

CASO II.- FALLA DE LOS 2 ALIMENTADORES DE UNA CABECERA POR COMPANIA DE LUZ 6 --
FALLA DE LA TRANSFERENCIA EN LA MISMA CABECERA.

DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

V - 1

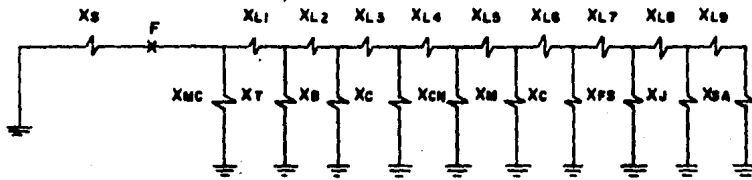


FIG. No. 4

REDUCIREMOS EL DIAGRAMA DE REACTANCIA COMO SE INDICA A CONTINUACION :

$$X_{eq1} = X_{SA} + X_{L9}$$

$$X_{eq1} = 141349.1 + 0.0739$$

$$X_{eq1} = 141349.1739$$

$$X_{eq2} = X_{eq1} // X_J$$

$$X_{eq2} = \frac{141349.1739 \times 62794.06}{141349.1739 + 62794.06}$$

$$X_{eq2} = 43478.73$$

$$X_{eq3} = X_{L8} + X_{eq2}$$

$$X_{eq3} = 0.0873 + 43478.73$$

$$X_{eq3} = 43478.8173$$

$$X_{eq4} = X_{FS} // X_{eq3}$$

$$X_{eq4} = \frac{62794.06 \times 43478.8173}{62794.06 + 43478.8173}$$

$$X_{eq4} = 25690.5763$$

$$X_{eq5} = X_{L7} + X_{eq4}$$

$$X_{eq5} = 0.0583 + 25690.57$$

$$X_{eq5} = 25690.6283$$

$$X_{eq6} = X_C // X_{eq5}$$

$$X_{eq6} = \frac{3289.60539 \times 25690.6283}{3289.60539 + 25690.6283}$$

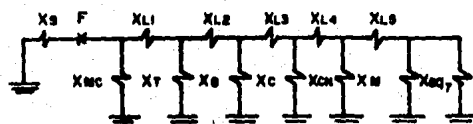
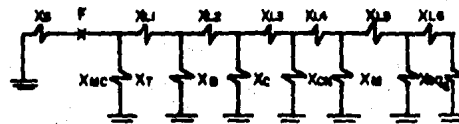
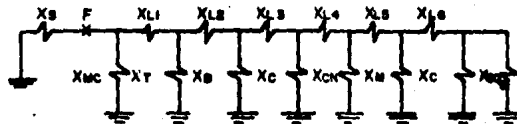
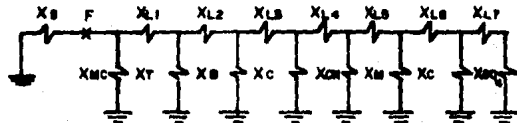
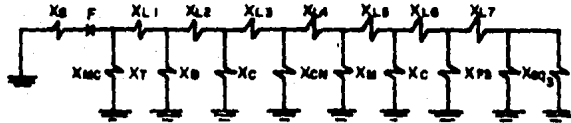
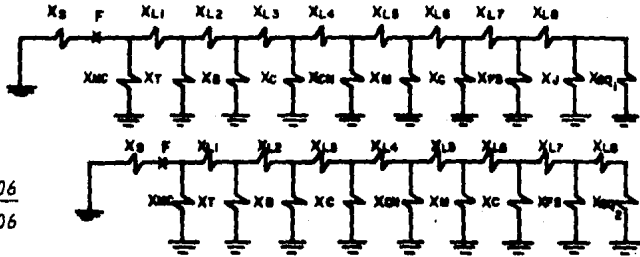
$$X_{eq6} = 2916.1956$$

$$X_{eq7} = X_{L6} + X_{eq6}$$

$$X_{eq7} = 0.0983 + 2916.1956$$

$$X_{eq7} = 2916.2989$$

$$X_{eq8} = X_M // X_{eq7}$$



$$X_{eq8} = \frac{62794.06 \times 2916.2939}{62794.06 + 2916.2939}$$

$$X_{eq8} = 2786.8657$$

$$X_{eq9} = X_{L5} + X_{eq8}$$

$$X_{eq9} = 0.0816 + 2786.8657$$

$$X_{eq9} = 2786.9473$$

$$X_{eq10} = X_{CN} // X_{eq9}$$

$$X_{eq10} = \frac{62794.06 \times 2786.9473}{62794.06 + 2786.9473}$$

$$X_{eq10} = 2668.5125$$

$$X_{eq11} = X_{L4} + X_{eq10}$$

$$X_{eq11} = 0.0808 + 2668.5125$$

$$X_{eq11} = 2668.5933$$

$$X_{eq12} = X_C // X_{eq11}$$

$$X_{eq12} = \frac{3289.60539 \times 2668.5933}{3289.60539 + 2668.5933}$$

$$X_{eq12} = 1473.3679$$

$$X_{eq13} = 0.0627 + 1473.3679$$

$$X_{eq13} = 1473.4306$$

$$X_{eq14} = X_B // X_{eq13}$$

$$X_{eq14} = \frac{62794.06 \times 1473.4306}{62794.06 + 1473.4306}$$

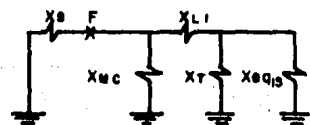
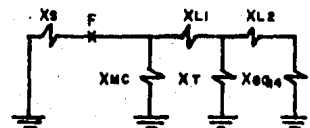
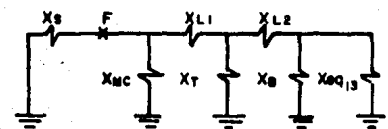
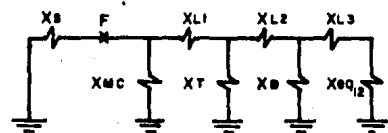
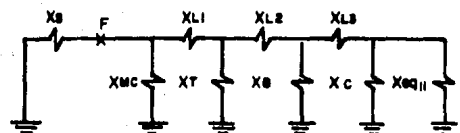
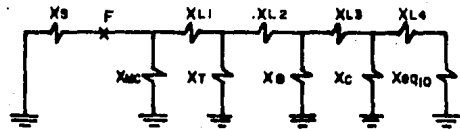
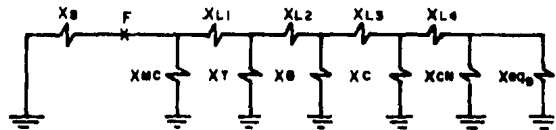
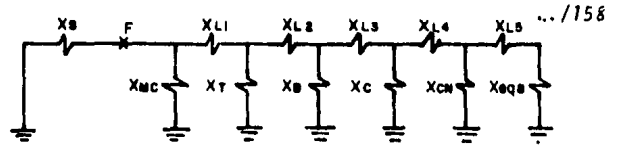
$$X_{eq14} = 1439.6499$$

$$X_{eq15} = X_{L2} + X_{eq14}$$

$$X_{eq15} = 0.0909 + 1439.6499$$

$$X_{eq15} = 1439.7408$$

$$X_{eq16} = X_T // X_{eq15}$$



$$X_{eq15} = \frac{62794.06 \times 1439.7408}{62794.06 + 1439.7408}$$

$$X_{eq16} = 1407.44$$

$$X_{eq17} = X_{L1} + X_{eq16}$$

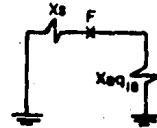
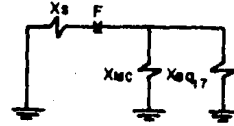
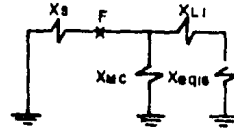
$$X_{eq17} = 0.0916 + 1407.4704$$

$$X_{eq17} = 1407.4704$$

$$X_{eq18} = X_{MC} // X_{eq17}$$

$$X_{eq18} = \frac{141349.1 \times 1407.4704}{141349.1 + 1407.4704}$$

$$X_{eq18} = 1393.6836$$



PARA EL CALCULO DE LA REACTANCIA DE SUMINISTRO RECURRIREMOS A LA SIGUIENTE EXPRESION, DONDE Pcc ES DATO DE LA COMPANIA DE SUMINISTRO.

$$X_S = \frac{MVA}{Pcc}$$

$$X_S = \frac{100}{500} = 0.2$$

$$X_{eqF} = X_S // X_{eq18}$$

$$X_{eqF} = \frac{0.2 \times 1393.6836}{0.2 + 1393.6836}$$

$$X_{eqF} = 0.199$$

$$X_{eqF} = 0.2$$

OBTENIDA LA REACTANCIA FINAL, PROCEDEREMOS A ENCONTRAR LOS DATOS ADICIONALES .

$$Pccs = \frac{KVA}{X_{eqF}} = \frac{Pb}{X_{eqF}}$$

$$Pccs = \frac{100 \times 10^3}{0.2}$$

$$Pccs = 500 \times 10^3 \text{ KVA.}$$

$$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} \text{ KVop}} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KVop}}$$

$$I_b = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 23}$$

$$I_b = 2510.22 \text{ A}$$

$$I_{ccs} = \frac{I_b}{x_{eqF}}$$

$$I_{ccs} = \frac{2510.22}{0.2}$$

$$I_{ccs} = 12,551.1 \text{ A}$$

Finalmente efectuaremos el cálculo correspondiente al Caso de Falla (III) - se presenta la falla de los dos alimentadores de una misma cabecera por parte de Compañía de Luz ó falla de la transferencia automática y en forma simultánea falla el alimentador entre estaciones.

Se procederá a realizar los cálculos en forma similar a los casos (I) y (II), vistos anteriormente.

Se anexa una Tabla con los datos a emplear Fig. 5 y 5a y posteriormente el Diagrama de Reactancias, Fig. 6 .

VIA - 1

DATOS	SIMB.	UND.	FORMULA	MCARRERA	TALISMAN	BONDOJITO	CONSULADO	C. DEL NTE.	MORELOS	CANDELARIA	F. BERNARDO	JAMAICA	STA. ANITA
REACTANCIA POR ESTACION	Xp	P.U.		141349.1	62794.06	62794.06	3289.60539	62794.06	62794.06	3289.60539	62794.06	62794.06	141349.1
IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR	f	Ohm/Mi		0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
LONGITUD DE LA LINEA	L	Km			1.455	1.444	0.996	1.283	1.296	1.562	0.926	1.387	1.175
REACTANCIA DE LA LINEA	XL	P.U.	$X_L = \frac{f \cdot L \cdot P_b}{(KV_{op})^2}$		0.0916	0.0909	0.0627	0.0808	0.0816	0.0985	0.0583	0.0873	0.0739
REACTANCIA DEL SISTEMA DE SUMIN.	Xs	P.U.	$X_s = \frac{P_b}{P_{cc}}$										0.2
REACTANCIA EQUIVALENTE	Xeqp	P.U.											0.2
CORRIENTE	Ib	Amp	$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3}KV_{op}}$										2510.22
ENERGIA DE C.C. SIMETRICA	Pccs	MVA	$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eqp}}$										500x10 ³
CORRIENTE DE C.C. SIMETRICA	Iccs	Amp	$I_{ccs} = \frac{I_b}{X_{eqp}}$										12551.1

Fig. - 5

VIA - 2

DATOS	SYMB.	UND.	FORMULA	M.CARRERA	TALISMAN	BONDOJITO	CONSULADO	C.DEL NTE.	MORELOS	CANDELARIA	F.SERVANDO	JAMAICA	STA. ANITA
REACTANCIA POR ESTACION	Xp	P.U.		1229400.016	64425.41	64425.41	3158.9724	64425.41	64425.41	3158.9724	64425.41	64425.41	1229400.016
IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR	f	Ohm/Mm		0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
LONGITUD DE LA LINEA	L	Km			1.620	1.430	0.982	1.284	1.286	1.421	1.084	1.361	1.009
REACTANCIA DE LA LINEA	XL	P.U.	$X_L = \frac{f \cdot L \cdot P_b}{(KVOP)^2}$	0.1019	0.0900	0.0808	0.0809	0.0809	0.0895	0.0682	0.0857	0.0635	
REACTANCIA DEL SISTEMA DE SUMIN.	Xs	P.U.	$X_s = \frac{P_b}{P_{cc}}$	0.2									
REACTANCIA EQUIVALENTE	Xeqp	P.U.		1.6466									
CORRIENTE DE C.C.	Ib	Amp	$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3}KVOP}$	2510.22									
POTENCIA DE C.C. SIMETRICA	Pccs	MVA	$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eqp}}$	6073.6466									
CORRIENTE DE C.C. SIMETRICA	Iccs	Amp	$I_{ccs} = \frac{I_b}{X_{eqp}}$	1524.487 A									

Fig. - 5a

CALCULO DE LA REACTANCIA DE LA LINEA.

Para efectuar este cálculo recurriremos a la expresión :

$$X_L = \frac{e \cdot L \cdot P_b}{(KVop)^2}$$

Encontraremos la Reactancia correspondiente a cada uno de los tramos entre -- estaciones.

$$X_{L1} = \frac{(0.333) (1.009) (100)}{(23)^2} = 0.0635$$

$$X_{L2} = \frac{(0.333) (1.361) (100)}{(23)^2} = 0.0857$$

$$X_{L3} = \frac{(0.333) (1.084) (100)}{(23)^2} = 0.0682$$

$$X_{L4} = \frac{(0.333) (1.421) (100)}{(23)^2} = 0.0895$$

$$X_{L5} = \frac{(0.333) (1.286) (100)}{(23)^2} = 0.0809$$

$$X_{L6} = \frac{(0.333) (1.284) (100)}{(23)^2} = 0.0808$$

$$X_{L7} = \frac{(0.333) (0.982) (100)}{(23)^2} = 0.0618$$

$$X_{L8} = \frac{(0.333) (1.430) (100)}{(23)^2} = 0.0900$$

$$X_{L9} = \frac{(0.333) (1.620) (100)}{(23)^2} = 0.1019$$

DIAGRAMA DE REACTANCIAS.

CASO No. 111.- FALLA DE LOS 2 ALIMENTADORES DE UNA CABECERA ó FALLA DE LA TRANS--
FERENCIA AUTOMÁTICA Y SIMULTÁNEA, FALLA DEL ALIMENTADOR ENTRE ESTA--
CIONES.

DIAGRAMA DE REACTANCIA.

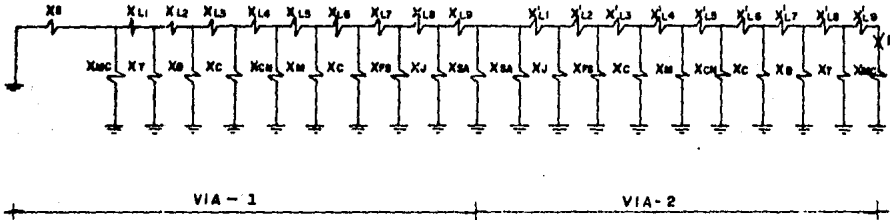


FIG. 6

Procederemos a reducir el Diagrama de Reactancia.

$$X_S = 0.2$$

$$X_{eq1} = X_S // X_{MC}$$

$$X_{eq1} = \frac{0.2 \times 141349.1}{0.2 + 141349.1}$$

$$X_{eq1} = 0.199 = 0.2$$

$$X_{eq2} = X_{L1} + X_{eq1}$$

$$X_{eq2} = 0.0916 + 0.2$$

$$X_{eq2} = 0.2916$$

$$X_{eq3} = X_T // X_{eq2}$$

$$X_{eq3} = \frac{62794.06 \times 0.2916}{62794.06 + 0.2916}$$

$$X_{eq3} = 0.2916$$

$$X_{eq4} = X_{L2} + X_{eq3}$$

$$X_{eq4} = 0.0909 + 0.2916$$

$$X_{eq4} = 0.3825$$

$$X_{eq5} = X_B // X_{eq4}$$

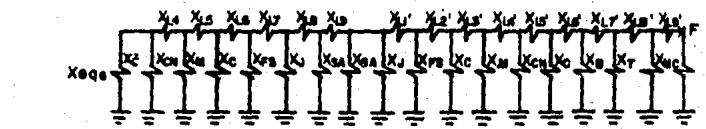
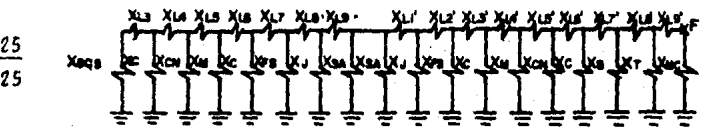
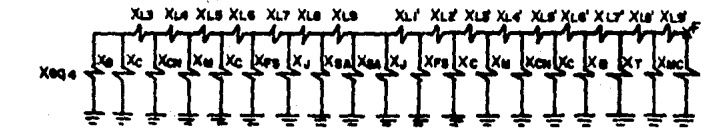
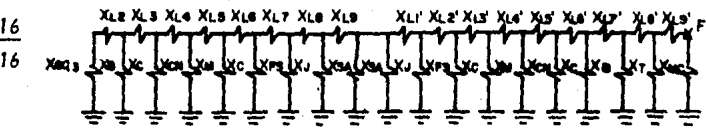
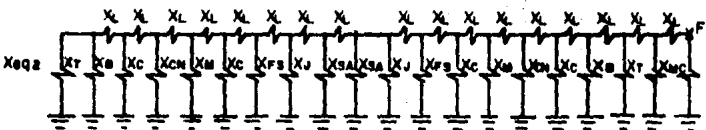
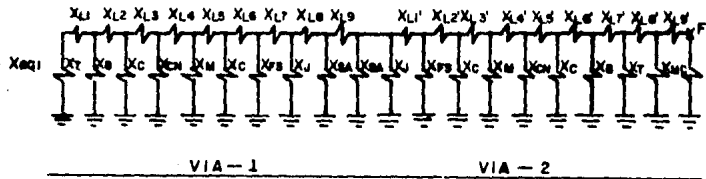
$$X_{eq5} = \frac{62794.06 \times 0.3825}{62794.06 + 0.3825}$$

$$X_{eq5} = 0.3825$$

$$X_{eq6} = X_{L3} + X_{eq5}$$

$$X_{eq6} = 0.0627 + 0.3825$$

$$X_{eq6} = 0.4452$$



$$X_{eq7} = X_C // X_{eq6}$$

$$X_{eq7} = \frac{3289.60539 \times 0.4452}{3289.60539 + 0.4452}$$

$$X_{eq7} = 0.4451$$

$$X_{eq8} = X_{L4} + X_{eq7}$$

$$X_{eq8} = 0.0808 + 0.4451$$

$$X_{eq8} = 0.5259$$

$$X_{eq9} = X_{CN} // X_{eq8}$$

$$X_{eq9} = \frac{62794.06 \times 0.5259}{62794.06 + 0.5259}$$

$$X_{eq9} = 0.5259$$

$$X_{eq10} = X_{L5} + X_{eq9}$$

$$X_{eq10} = 0.0816 + 0.5259$$

$$X_{eq10} = 0.6075$$

$$X_{eq11} = X_M // X_{eq10}$$

$$X_{eq11} = \frac{62794.06 \times 0.6075}{62794.06 + 0.6075}$$

$$X_{eq11} = 0.6075$$

$$X_{eq12} = X_{L6} + X_{eq11}$$

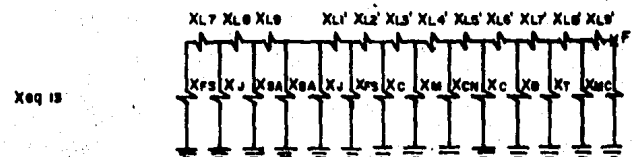
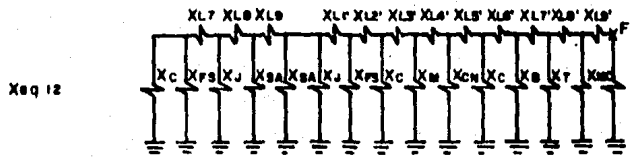
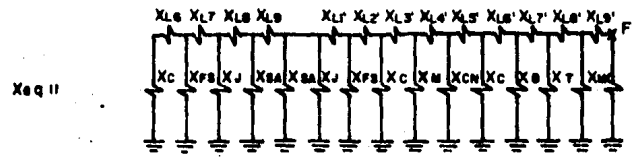
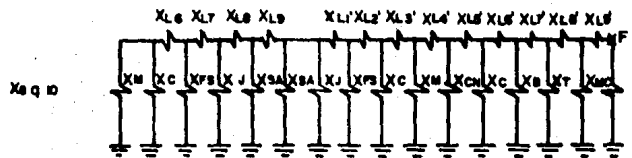
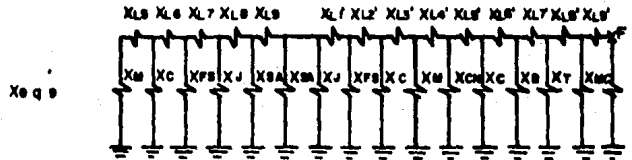
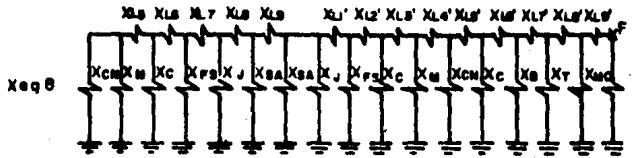
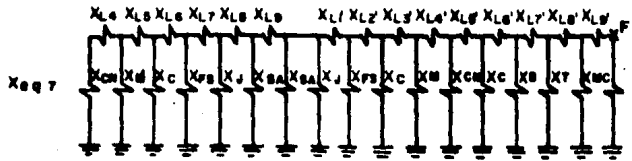
$$X_{eq12} = 0.0985 + 0.6075$$

$$X_{eq12} = 0.706$$

$$X_{eq13} = X_C // X_{eq12}$$

$$X_{eq13} = \frac{3289.60539 \times 0.706}{3289.60539 + 0.706}$$

$$X_{eq13} = 0.7058$$



$$X_{eq14} = X_{L7} + X_{eq13}$$

$$X_{eq14} = 0.0583 + 0.7058$$

$$X_{eq14} = 0.7641$$

$$X_{eq15} = X_{FS} // X_{eq14}$$

$$X_{eq15} = \frac{62794.06 \times 0.7641}{62794.06 + 0.7641}$$

$$X_{eq15} = 0.7641$$

$$X_{eq16} = X_{L8} + X_{eq15}$$

$$X_{eq16} = 0.0873 + 0.7641$$

$$X_{eq16} = 0.8514$$

$$X_{eq17} = X_J // X_{eq16}$$

$$X_{eq17} = \frac{62794.06 \times 0.8514}{62794.06 + 0.8514}$$

$$X_{eq17} = 0.8514$$

$$X_{eq18} = X_{L9} + X_{eq17}$$

$$X_{eq18} = 0.0739 + 0.8514$$

$$X_{eq18} = 0.9253$$

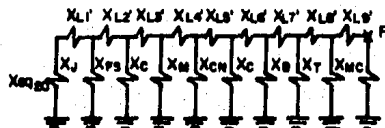
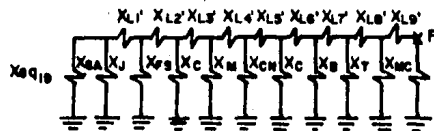
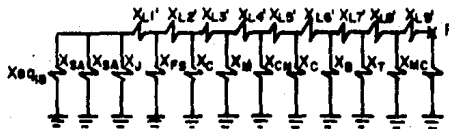
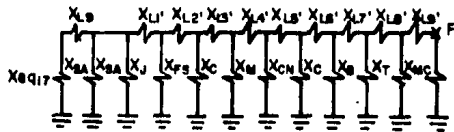
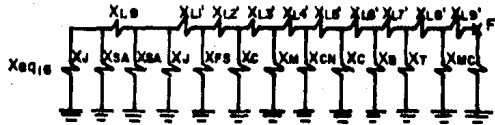
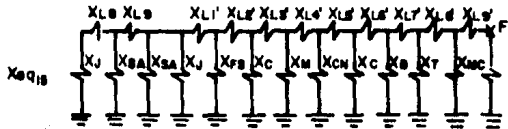
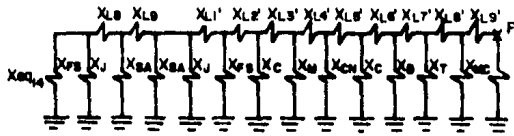
$$X_{eq19} = X_{SA} // X_{eq18}$$

$$X_{eq19} = \frac{141349.1 \times 0.9253}{141349.1 + 0.9253}$$

$$X_{eq19} = 0.9253$$

$$X_{eq20} = X_{SA} // X_{eq19}$$

$$X_{eq20} = \frac{1229400.016 \times 0.9253}{1229400.016 + 0.9253}$$



$$X_{eq20} = 0.9253$$

$$X_{eq21} = X'_{L1} + X_{eq20}$$

$$X_{eq21} = 0.0635 + 0.9253$$

$$X_{eq21} = 0.9888$$

$$X_{eq22} = X_J // X_{eq21}$$

$$X_{eq22} = \frac{64425.41 \times 0.9888}{64425.41 + 0.9888}$$

$$X_{eq22} = 0.9888$$

$$X_{eq23} = X'_{L2} + X_{eq22}$$

$$X_{eq23} = 0.0857 + 0.9888$$

$$X_{eq23} = 1.0745$$

$$X_{eq24} = X_{FS} // X_{eq23}$$

$$X_{eq24} = \frac{64425.41 \times 1.0745}{64425.41 + 1.0745}$$

$$X_{eq24} = 1.0745$$

$$X_{eq25} = X'_{L3} + X_{eq24}$$

$$X_{eq25} = 0.0682 + 1.0745$$

$$X_{eq25} = 1.1427$$

$$X_{eq26} = X_c // X_{eq25}$$

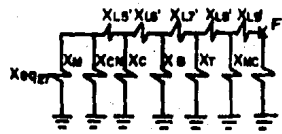
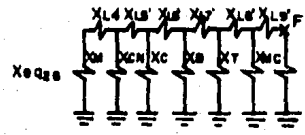
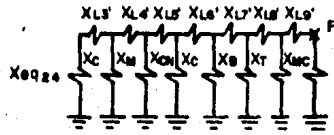
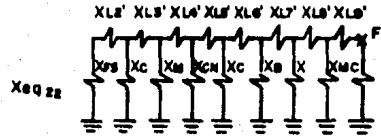
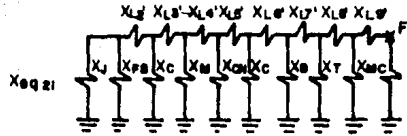
$$X_{eq26} = \frac{3158.9724 \times 1.1427}{3158.9724 + 1.1427}$$

$$X_{eq26} = 1.1427$$

$$X_{eq27} = X'_{L4} + X_{eq26}$$

$$X_{eq27} = 0.0895 + 1.1423$$

$$X_{eq27} = 1.2318$$



$$X_{eq28} = X_{M1} // X_{eq27}$$

$$X_{eq28} = \frac{64425.41 \times 1.2318}{64425.41 + 1.2318}$$

$$X_{eq28} = 1.2318$$

$$X_{eq29} = X'_{L5} + X_{eq28}$$

$$X_{eq29} = 0.0809 + 1.2318$$

$$X_{eq29} = 1.3127$$

$$X_{eq30} = X_{CN1} // X_{eq29}$$

$$X_{eq30} = \frac{64425.41 \times 1.3127}{64425.41 + 1.3127}$$

$$X_{eq30} = 1.3127$$

$$X_{eq31} = X'_{L6} + X_{eq30}$$

$$X_{eq31} = 0.0808 + 1.3127$$

$$X_{eq31} = 1.3935$$

$$X_{eq32} = X_C // X_{eq31}$$

$$X_{eq32} = \frac{3158.9724 \times 1.3935}{3158.9724 + 1.3935}$$

$$X_{eq32} = 1.3929$$

$$X_{eq33} = X'_{L7} + X_{eq32}$$

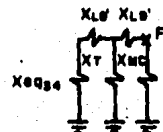
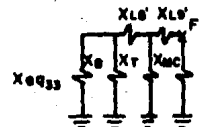
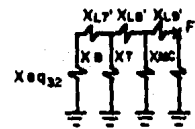
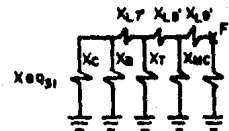
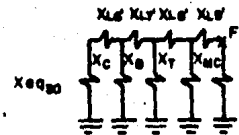
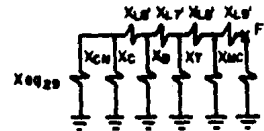
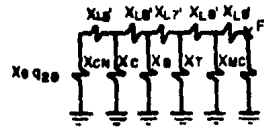
$$X_{eq33} = 0.0618 + 1.3929$$

$$X_{eq33} = 1.4547$$

$$X_{eq34} = X'_8 // X_{eq33}$$

$$X_{eq34} = \frac{64425.41 \times 1.4547}{64425.41 + 1.4547}$$

$$X_{eq34} = 1.4547$$



$$X_{eq35} = X'_{L8} + X_{eq34}$$

$$X_{eq35} = 0.0900 + 1.4547$$

$$X_{eq35} = 1.5447$$

$$X_{eq36} = X_T // X_{eq35}$$

$$X_{eq36} = \frac{64425.41 \times 1.5447}{64425.41 + 1.5447}$$

$$X_{eq36} = 1.5447$$

$$X_{eq37} = X'_{L9} + X_{eq36}$$

$$X_{eq37} = 0.1019 + 1.5447$$

$$X_{eq37} = 1.6466$$

$$X_{eqF} = X_{eq37} // X_{MC}$$

$$X_{eqF} = \frac{1.6466 \times 1229400.016}{1.6466 + 1229400.016}$$

$$X_{eqF} = 1.6466$$

$$P_{ccs} = \frac{P_b}{X_{eqF}} = \frac{KVA}{X_{eqF}}$$

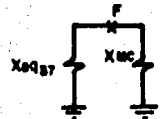
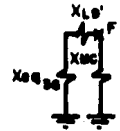
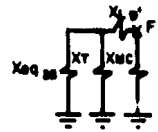
$$P_{ccs} = \frac{100 \times 10^3}{1.6466}$$

$$P_{ccs} = 60731.204 \text{ KVA.}$$

$$I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} \text{ KVop}} = \frac{KVA}{KVop}$$

$$I_b = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 23}$$

$$I_b = 2510.22 \text{ A}$$



$$I_{CCS} = \frac{I_b}{x_{eq_F}}$$

$$I_{CCS} = \frac{2510.22}{1.6466}$$

$$I_{CCS} = 1524.487 \text{ A}$$

DETERMINACION DEL AREA DEL CONDUCTOR POR CORTO CIRCUITO.

En el capítulo anterior se ha calculado la corriente de Corto Circuito, considerando ciertos casos de posibles fallas a lo largo de la Línea 4; enseguida determinaremos el área del conductor considerando la corriente de Corto Circuito de los diferentes casos :

La siguiente ecuación permite verificar la sección del conductor -- conocidos los amperes de falla y duración de la misma.

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 t = K \log. \frac{T_2 + T}{T_1 + T}$$

En donde :

- I = Corriente de Corto Circuito-Amperes.
- K = Constante que depende del material del conductor.
- A = Área del conductor-circular mils.
- t = Tiempo de duración del Corto Circuito-Segundos.
- T = Temperatura en °C, en la cual el material de que se trate tiene resistencia teóricamente nula.
- T₁ = Temperatura inicial del conductor - °C
- T₂ = Temperatura final del conductor - °C

Para el cable seleccionado, conductor de cobre con aislamiento de papel cubierta de plomo, el valor de los parámetros mencionados es el siguiente:

- K = 0.0297
- T = 234 °C
- T₁ = 75 °C
- T₂ = 200 °C

Y un tiempo (t) de duración de la falla de 0.2667 segundos.
De la fórmula anterior despejamos el Area obteniendo.

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{I}{T} \left[K \log. \frac{T_2 + T}{T_1 + T} \right]}}$$

Efectuaremos a continuación el cálculo correspondiente para las -- corrientes de Corto Circuito obtenidas de los casos de falla (I), (II) y (III).

Cuando se presenta la falla del caso (I), el valor de la corriente de Corto Circuito es :

$$I_{cc} = 3285.80A$$

Para el cálculo consideramos $I_{cc} = 4 \text{ KA}$

Substituímos este valor en la expresión anterior para determinar el área.

$$A = \frac{4000}{\sqrt{\frac{1}{0.2667} \left[0.0297 \log \frac{200 + 234}{75 + 234} \right]}}$$

$$A = 31206.9 \text{ Circular Mils.}$$

$$A = 0.158 \text{ cm.}^2$$

$$A = 15.8 \text{ mm.}^2$$

Para falla del caso (II) :

$$I_{cc} = 12551 \text{ A}$$

Tendremos el valor $I_{cc} = 13 \text{ KA}$

$$A = \frac{13000}{\sqrt{\frac{1}{0.2667} \left[0.0297 \log \frac{200 + 234}{75 + 234} \right]}}$$

$A = 101422.57$ Circular Mils.

$A = 0.514$ cm².

$A = 51.4$ mm².

Finalmente para la falla en el caso (III) :

$I_{cc} = 1524.487$ A

Apróximamos el valor, $I_{cc} = 2$ KA

$$A = \frac{2000}{\sqrt{\frac{1}{0.2667} \left[0.02907 \log \frac{200 + 234}{75 + 234} \right]}}$$

$A = 15603.473$ Circular Mils.

$A = 0.0791$ cm².

$A = 7.91$ mm².

Luego de efectuar estos cálculos que nos han permitido determinar el área del conductor por corriente de Corto Circuito, nos damos cuenta que es conveniente seleccionar el cable de acuerdo al caso de falla (II) pues es cuando se presenta una mayor corriente de Corto Circuito; entonces el conductor de sección de 52mm^2 es el adecuado.

Resulta conveniente mencionar que en la sección correspondiente a la selección del calibre de conductor por capacidad de conducción y por caída de tensión fué el cable de 70mm^2 de sección (calibre 2/0) el que cumplió los requisitos.

Por lo tanto relacionando las últimas operaciones con las anteriormente efectuadas, podemos afirmar sin lugar a dudas, que de acuerdo a los cálculos efectuados para determinar el calibre del conductor por capacidad de conducción, por caída de tensión y finalmente por Corto Circuito, el cable de sección de 70mm^2 (calibre 2/0) cumple los requisitos para ser seleccionado, y por consiguiente para ser colocado a lo largo de la línea en estudio, que es precisamente la Línea 4.

CAPITULO VI.

SELECCION DEL EQUIPO DE PROTECCION EN LA ALIMENTACION
DE LA LINEA.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores la alimentación a la Línea - 4 del Metro, es a través de 2 alimentadores de circuitos independientes en 23 KV, quedando una en alimentación preferencial y otra en emergencia para cada una de las cabeceras, que en esta línea son : Martín Carrera y Santa Anita. A través de estas cabeceras se suministra energía eléctrica en las estaciones del Metro de Línea 4.

Cada Subestación está alimentada en 23 KV, 60 C.P.S., 3 fases; a partir de la red puede variar en un \pm 10 %.

Es esta llegada de energía y su distribución a la línea la que nos interesa en este capítulo, ya que para poder controlar la recepción y distribución es necesario contar con una subestación de potencia que nos permita tener las mejores condiciones de operación y seguridad, por lo cual conociendo la corriente de alimentación normal y la corriente de Corto Circuito se determinó la capacidad de la subestación de potencia. Esta subestación debe tomar en cuenta algunas consideraciones como la potencia de Corto Circuito de la red de la Cía. de Luz, que es de 500 MVA, y que puede existir en el punto de alimentación de 23 KV.

Se deberá tomar todas las medidas necesarias para un funcionamiento satisfactorio del equipo a una altura de 2,300 Mts. S.N.M., especialmente en lo concerniente al aislamiento, la temperatura ambiente varía entre -4°C a 40°C . La ciudad de México, está situada en una zona sísmica, por lo tanto el equipo que se instale debe soportar una aceleración máxima de 0.15g y deberá de funcionar en una forma continua dentro de una atmósfera con un alto índice de contaminación.

Esta subestación de potencia deberá estar construída según normas --- N.E.M.A., así como cumplir con los reglamentos de la SIC-DGE (Reglamento de Obra e Instalaciones Eléctricas en Vigor), por lo cual se procedió a -- seleccionar dentro de los fabricantes nacionales los que se apegan más a -- estas normas y que su manufactura se asemejara a las condiciones requeridas para los servicios ya definidos. Para esto fué necesario darles una descrip ción del equipo apegado a normas Internacionales y Especificaciones de Equi- pos y Subestaciones. Eléctricas Nacionales.

Los datos que se definieron fueron los siguientes :

Descripción general de la Subestación de Potencia.

- A).- Celdas de Alta Tensión.
- B).- Interruptores de 23 KV.
- C).- Transformador de Auxiliares.
- D).- Armario de Automaticidad.
- E).- Gabinete de Interconexión.
- F).- Gabinetes de Interfase.
- G).- Cables para Interconexión.

La descripción de datos generales para el fabricante de cada uno de los - conceptos antes mencionados, se indican a continuación :

A).- Celdas de Alta Tensión: Las celdas se instalarán en interiores --- con las siguientes condiciones de servicio

Temperatura ambiente máxima.	40 ° C.
Temperatura ambiente mínima.	-4 ° C.
Altitud. 23000 Mts.	S.N.M.
Sismo (Aceleración Máxima).	0.15g.
Humedad relativa.	30 %
Precipitación pluvial (promedio anual).	1500mm.

- NORMAS :** El diseño, fabricación y pruebas de este equipo, estará de acuerdo con la última edición de las siguientes - normas o sus equivalentes.
- NEMA:** National Electric Manufacturers Association.
- CCONNIE:** Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.

Las celdas de Alta Tensión serán alimentadas por la Cía de Luz y Fuerza -- del Centro, de su red de Distribución de 23 KV, y serán apropiadas para servicio interior y estarán formadas por secciones verticales blindadas tipo Metal-Clad, rígidas autosoportadas de frente muerto.

Las secciones deberán tener la estructura apropiada por el montaje de los equipos en forma accesible y deberán estar provistos de bancos de seguridad -- para permitir contactos accesibles con partes vivas, deberá tener en sus puertas frontales, manijas, chapas con bloqueo mecánico para prevenir el acceso - a personal no autorizado, deberá tener ventilación en las secciones en forma de persianas y protegidos para evitar la entrada de roedores.

Deberá tener previsiones para la entrada de cables por la parte inferior de -- las mismas, deberán de tener una ventana de observación de los ruptores y de-berá ser desmontable desde el exterior, las celdas tendrán los buses princi-pales de cobre Electrolítico de 1/4" x 1 1/2" adecuado para conducir continua-mente una corriente de 400 AMP.

Los buses se soportan con aisladores de porcelana o resina epóxica con -- una resistencia mecánica adecuada para soportar sin dañar los esfuerzos pro-ducidos por la corriente de Corto Circuito.

El bus de tierra deberá de tener una capacidad no menor de 200 AMP y se instalará a lo largo de las celdas y de este bus se conectarán todas las par-tes correspondientes a interruptores y desconectores a tierra.

Cada sección deberá llevar placas de identificación, de material apropiado que indique posiciones del equipo, las cuales deben coincidir con la posición de las palancas y deberá indicarse la dirección de operación, también en la parte frontal de las celdas, se pintará un bus mínimo que indique el diagrama unifilar.

Las secciones que integran esta subestación de potencia están compuestas de la siguiente forma :

SECCIÓN No. 1.- Acometida de Cía. de Luz.- En esta sección se instalará un juego de desconectores de aire, trifásico de operación normal en grupo con carga de 34.5 KV, 400 AMP, con un BTL de 150 KV, tipo interior con cuchillas desconectoras para conexión a tierra de 23 KV, 400 AMP, 3 Fases, operación en grupo, deberá tener también 3 luces indicadoras de presencia -- de tensión, tipo capacitivo, con lámparas Neón. Se tendrán bloqueos mecánicos para evitar que se puedan cerrar las cuchillas de tierra cuando el -- desconector en aire esté cerrado,

El desconector y las cuchillas de tierra serán operadas desde el exterior por medio de palancas, con sus respectivos indicadores de abierto y cerrado, el desconector no podrá cerrarse cuando las puertas de la sección estén abiertas.

El acceso de la misma se tendrá cuando las cuchillas de tierra estén cerradas.

SECCIONES Nos. 2 y 3 .- Interruptor de Alimentación a Subestaciones.

Estas secciones contendrán cada una un interruptor trifásico de 23 KV, cuyas características se indican más adelante.

En la parte superior de estas secciones, se tendrán los buses de 23 KV que vienen de la sección No. 1, y que se conectan al interruptor, las otras terminales de éste, se conectarán a las mufas de los cables de 23 KV, estas secciones deberán de llevar su respectivo juego de cuchillas de puesta -

a tierra de operación manual en grupo, de 23 KV, 400 AMP., además cada sección deberá tener sus 3 luces indicadoras de presencia de tensión tipo capacitivo con lámparas de neón, deberá llevar cada sección 3 transformadores de corriente tipo interior de 30 KV con una relación de 440/5 AMP., un BIL de 150 KV, precisión clase 1, 50 KVA útiles para la protección del interruptor de 23 KV, se tendrá también bloqueos en cada sección para evitar que las cuchillas de tierra se cierren cuando el interruptor de 23 KV esté cerrado.

SECCION No. 4.- Protección del transformador Auxiliar.- Esta sección deberá contener un seccionador en aire de operación manual con carga, trifásico con fusibles para protección contra operación monofásica, las características del transformador auxiliar se indican posteriormente.

El seccionador de aire deberá de tener una tensión de aislamiento de 34.5 KV, y deberá soportar los esfuerzos mecánicos producidos por un Corto Circuito de 500 MVA.

Además, se tendrán 3 cuchillas desconectoras de Puesta a Tierra de 23 KV, 400 AMP, se tendrán bloqueos mecánicos para evitar que puedan cerrar las cuchillas de tierra cuando el seccionador en aire esté cerrado.

El seccionador y cuchilla de tierra serán operados desde el exterior por medio de palancas, con sus respectivos indicadores de abierto y cerrado; el seccionador no podrá cerrarse cuando las puertas de la sección estén abiertas. El acceso a la misma se tendrá cuando las cuchillas de tierra estén cerradas.

SECCION No.5.- Transformador Auxiliar.

En esta sección, se instalará un transformador auxiliar trifásico de 23 KVA, 23000/220/127V., cuyas características se mencionan más adelante.

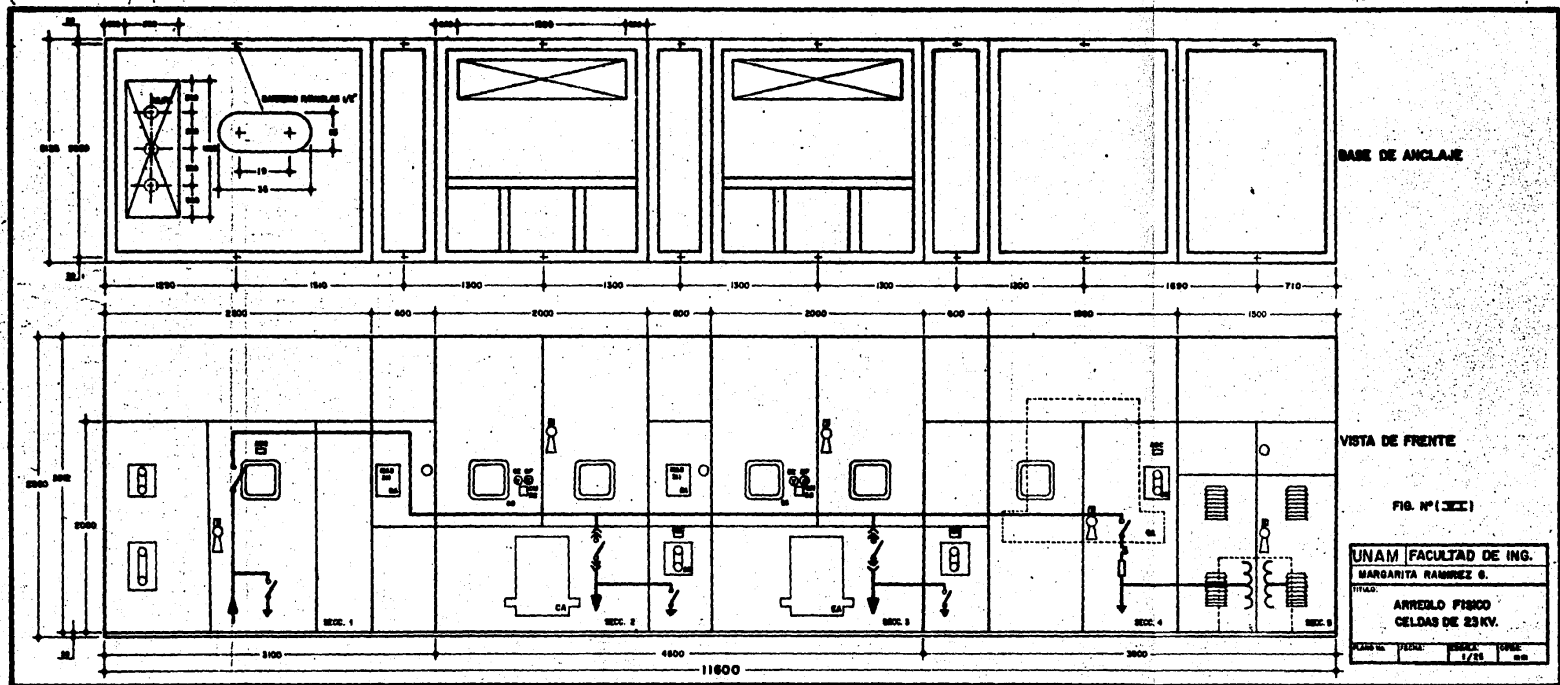
Este transformador deberá conectarse al seccionador en aire instalado en la sección No. 4, las alimentaciones de los transformadores varían con cada fabricante, por lo que se dejarán conectadores ó trenzas flexibles, de longitud adecuada, para conectar cualquier marca de transformador.

Habiéndose mencionado las características principales de las secciones de la subestación de potencia de pueden verse aproximadamente en la fig. (VI), se dará una descripción de los principales equipos que intervienen en las secciones.

INTERRUPTOR DE POTENCIA DE 23 KV.

Este interruptor se instalará en las secciones 2 y 3 y serán Interruptores de Potencia, que enlazarán la acometida con las subestaciones de Alumbrado y Fuerza, serán de pequeño volumen de aceite, para servicio interior - Tripolares que se encuentren montados sobre carretillas, sus polos deberán estar conectados entre sí con palancas y éstos a un mecanismo de operación que efectúe la operación de conexión y desconexión del interruptor, este interruptor deberá ser operado manualmente ó eléctricamente a control remoto. En caso de desaparecer la tensión, su mecanismo de operación con recorte helicoidal (Energía Almacenada) se puede accionar manualmente y esto es a través de una manivela que formará parte del equipo, deben traer también de 4 a 8 pares de contactos auxiliares, aparte de las bobinas para la conexión y desconexión, las cuales pueden ser de tensión (AmT) y de corriente (Am) - deberá de traer bobinas de sub-tensión y la alimentación de las bobinas y el motor eléctrico de operación debe ser a base de corriente alterna. Deberá tener un tiempo de apertura de 3 ciclos (60 m seg) y un tiempo de extinción del arco de 20m seg. Estos interruptores de potencia deberán de tener un gran número de interrupciones de la corriente de Corto Circuito -- sin el cambio de contactos ni aceite y deberá estar listo a operar sin ninguna ayuda.

Estos interruptores deberán ser equipados con relevadores del tipo -- tiempo independiente con un rango de 1 - 2 In (corriente nominal) y para -- una acción momentánea en la zona de 5-15 In. En la fig. (1) se muestra una -- tabla donde se indican algunos interruptores de potencia de acuerdo a su ten sión de servicio, su corriente nominal, su capacidad interruptiva y la corrien



BASE DE ANCLAJE

VISTA DE FRENTE

FIG. Nº (XXX)

UNAM FACULTAD DE ING.			
MARGARITA RAMIREZ G.			
TITULO:			
ARREDO FISICO			
CELDA DE 23KV.			
PLANO NO.	FECHA:	REVISOR:	COMIS.
		1/25	

DATOS BASICOS PARA CELDAS "METAL CLAD"

TIPO DE CELDA	TENSION DE SERVICIO (KV)	CORRIENTE NOMINAL DE LAS BARRAS (A)	TIPO DE INTERRUPTOR	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (MVA)	DIMENSION EN mm.			PESO Kg.
					A	B	C	
ND-4 ALIMENTACION DERIVACION ENLACE MEDICION	2,4-4,16	1250-3000	NB 4a/8F NB 4/8N	150-250 170-300	900	2250	1710	900
					700	2250	1710	700
					900	2250	1710	900
					700	2250	1710	900
ND-5 ALIMENTACION DERIVACION ENLACE MEDICION SECCION CON INTERRUPTORES	13,8	4000 1250-4000	NB 4/8N NB 6a/8F NB 6a/8F NB 2500 NB 5/12L	750 600 750 1000 1500	900	2250	1710	900
					900	2250	1710	700
					900	2250	1710	900
					900	2250	1710	600
					1100	2400	1950	1400
ND-6S ALIMENTACION DERIVACION ENLACE MEDICION	23	1250	NB 6a/8F	750	900	2300	1850	950
					900	2300	1850	950
					900	2300	1850	950
					900	2300	1850	900

NOTA: Las celdas tipo NB tienen las mismas características, excepto que la profundidad (cota G) se disminuye para 250mm. y el peso a 50 Kg. aproximadamente.

En las celdas "Metal Clad" se utilizan los interruptores en pequeño volumen de celda, los cuales tienen mejores características en estos niveles de tensión, donde se utilizan.

Interruptor RAF, cat SIC-DSE 7230
Interruptor RF, cat SIC-DSE 7231

TIPO	TENSION DE SERVICIO (KV)	CORRIENTE NOMINAL (A)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV)	TENSION DE PRUEBA 1mh. (KV)	CAPACIDAD INTERRUPTIVA (MVA)
RFN-5	132-15	400	95	36	Ver tabla de Fuentes
RF-6	20-24	400	125	55	
RAF-6	20-24	400	125	55	
RF-7	30-34.5	200	170	70	

FIG. N° (1)

te de Corto Circuito en el tiempo del segundo.

DESCONECTOR DE AIRE.

Desconector de Aire.- Para la protección y desconexión eficaz de -- un circuito eléctrico de redes y equipo eléctrico como, transformadores, es necesario contar con un interruptor que se maneje bajo carga y que sea elástico en su manejo, que en otras condiciones de operación y en combinación -- con otros elementos pueda proteger contra sobre intensidades de Corto Circuito y sobre intensidades del sistema, tales elementos son, fusibles de alta - capacidad interruptiva, para poder asegurar la protección contra el Corto Circuito y con relevadores que aseguren su funcionamiento en caso de sobre cargas. Para una operación con carga, no se tiene un fusible sino relevadores debido a la fusión rápida que tienen los fusibles y que operarán al existir una sobrecarga del sistema y la cual se controlará con los relevadores.

El funcionamiento de estos desconectores de aire, debe de ser rápido en su desconexión (y se asegura esto con la energía almacenada en el resorte del mecanismo propio de este tipo de equipos), su construcción debe ser de tal manera que al operar en el momento de la desconexión proceda a comprimir aire bajo presión y con esto quede asegurada una interrupción efectiva -- y una extinción del arco en un tiempo breve. Se anexa en las figs. (2), (3) y (4) datos de equipos que se encuentran en el mercado que satisfacen las necesidades que se requieren para las subestaciones de potencia de Línea 4, como es la tensión de servicio de 23 KV, la corriente nominal, así como también la capacidad interruptiva simétrica de 500 MVA y las curvas de fundición de los fusibles que marcan la relación entre la intensidad de corriente y el tiempo de respuesta y la curva de relación de tiempo y la intensidad de corriente de los relevadores para sobrecargas del circuito.

TIPO	CORRIENTE NOMINAL	CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIMETRICA (MVA) PARA TENSION DE SERVICIO (kV)				
		A	2,4-3,2	6,10-7,2	13,2-15	20-24
FLRE-3	63-125	500	300			
FTRE-5	0,5-50			500		
FLRE-5	63-125			750	1000	
FTRE-6	6-32			900	750	
	40-80			600	750	
FTRE-7	0,5-50				800	900

FUSIBLES DE ALTA TENSION Y ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA

TIPO FTRE
FTRE

TIPO	TENSION DE SERVICIO (kV)	CORRIENTE NOMINAL (A)	MEDIDAS EN MILIMETROS				PESO (Kgs)
			A	B	F11	F12	
FLRE-3	hasta 7,2	63-125	395	248	80	13	4,1
FTRE-5	13,2-15	0,5-50	475	328	60	8,5	2,7
FLRE-5	13,2-24	63-125	595	448	92	13	7,9
FTRE-6	20-24	6-50	595	448	80	8,5	8,7
FTRE-7	30-34,5	0,5-50	715	568	80	8,5	7,0

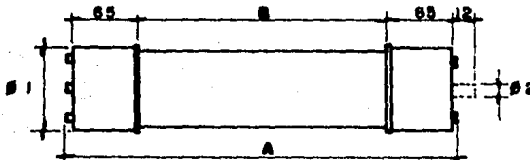
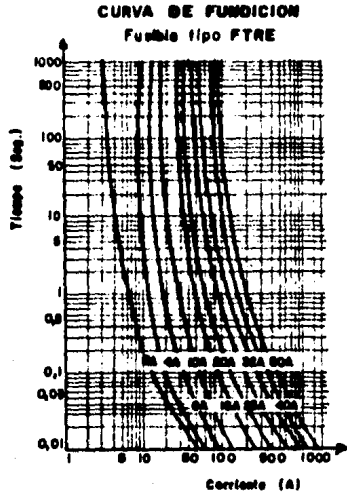


FIG. N° (2)

a.-



b.-

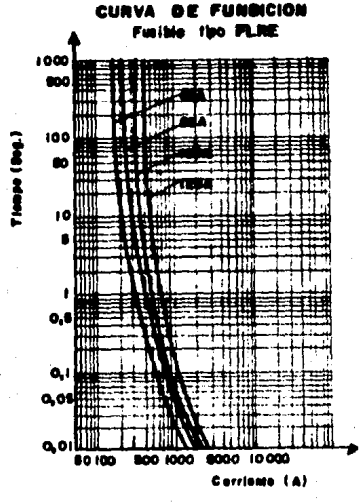
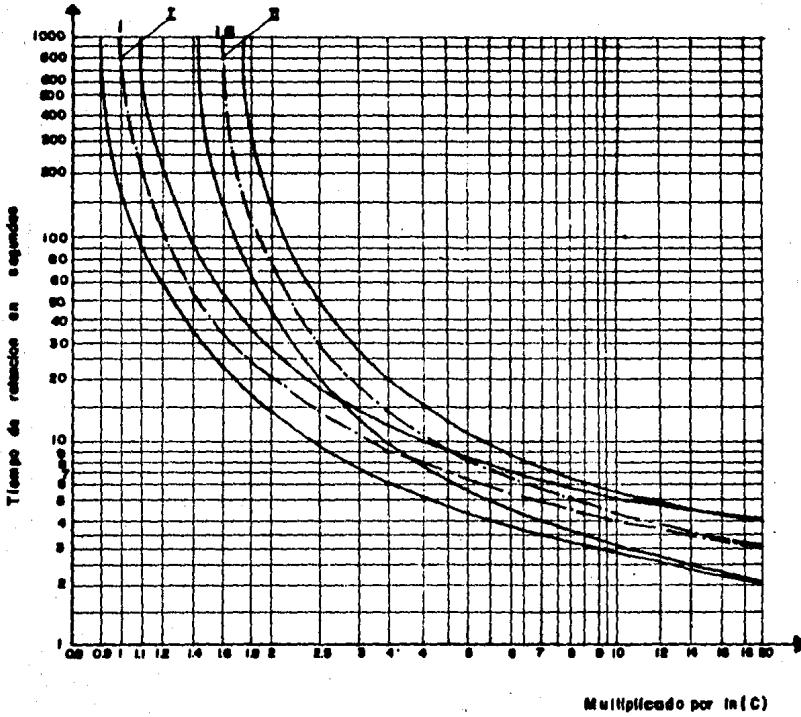


FIG. N° (3)

CURVAS DE TIEMPO DE RELEVADOR RTE-4A.

I Botón en la posición I
II Botón en la posición I.6



— Valor promedio.
- - - Tolerancia por temperatura ambiente.

In Corriente nominal de relevadores 0.4a 160 A.
Ir Corriente de ajuste de relevadores de 1.0In a 1.6 In.
Consumo (para In): 5 VA.
Peso del relevador: 800gr.

FIG. N° (4)

TRANSFORMADOR AUXILIAR

Transformador Auxiliar de Distribución de 25 KV, trifásico, tipo --interperie con enfriamiento OA, con 60Hz, 23KV, conectado en Delta en Alta Tensión y Estrella en Baja Tensión, con el Neutro fuera del tanque. La relación de transformación es de $23000 \pm 2 \times 2.5 \%$ en el primario a 220/127V, en el secundario, para operar a 2300 Mts. S.N.M., con una elevación de temperatura ambiente promedio de 30°C en un periodo de 24 Horas.

El transformador deberá estar aislado con fluido de silicón y deberá suministrarse con 3 boquillas de porcelana con conectores en el lado de Alta Tensión y 4 boquillas de porcelana con conectores en el lado de Baja Tensión. El transformador tendrá un nivel de aislamiento de 23 KV, y deberá soportar las siguientes pruebas a frecuencia industrial.

PRIMARIA : 50 KV . 60 Hz. 1 Minuto.

SECUNDARIA: 2.5 KV . 60 Hz. 1 Minuto.

NIVEL BASICO DE IMPULSO: 150KVA. a una sola Unidad.

Todas las superficies metálicas exteriores del tanque del transformador serán decapadas, pulidas y pintadas con 3 capas de pintura (1 anticorrosiva, 2 capas de pintura gris).

El transformador deberá tener los accesorios necesarios para un buen servicio como son : Rueda para desplazamiento en una dirección, placa de características, conector para conectar a tierra al tanque, válvulas de drenaje, --ganchos de levante indicador para nivel de Aceite y Temperatura, etc.; también deberán ejecutarse y tener el protocolo de pruebas que marcan las normas Internacionales como por ejemplo: Relación de transformación, polaridad y relación de fases, pruebas de potencial aplicado, pruebas de potencial inducido, corriente de excitación, impedancias, etc.

ARMARIO DE AUTOMATICIDAD.

Para la subestación de potencia, se tendrá un armario de Automaticidad el cual se compone de :

- a).- Un gabinete Autosoportado de Automaticidad, en el cual se alojan :
 - 1.- Todos los relevadores, contactos, y relevadores especiales -- necesarios, para las secuencias de Automaticidad.
 - 2.- Los dispositivos de cierre para asegurar el cierre automático de los interruptores.
 - 3.- Los aparatos de medición de intensidad y de tensión.
 - 4.- Los fusibles y bornes suficientes para todos los alambres de - conexión entre los diferentes equipos.
 - 5.- Un conmutador, con el cual se puede elegir el modo de mando, - ya sea a control remoto, ó en local.
 - 6.- Identificación clara de cada uno de los relevadores, contactores, etc., que integran el gabinete de Automaticidad, así - como la identificación bidireccional de los cables de conexión, y bornes respectivos.

ARMARIO DE REAGRUPAMIENTO.

Este armario está destinado al reagrupamiento e interconexión de las -- informaciones que circulan entre los diferentes aparatos y armarios de la subestación de potencia.

El armario será de lámina de acero con las tablillas de bornes colocados en forma lateral, en número suficiente para asegurar la repartición de -- las informaciones.

En la parte frontal, una puerta con 1 ó 2 abatimientos sin manija --- (cerradura platinada con llave normalizada), dispositivo sujetacables que aseguran la estanqueidad del armario. Los bornes serán montados verticalmente sobre el perfil y se conectarán tornillos a tornillo con un paso mínimo de 6mm. Podrán recibir 2 cables, con cubierta termoplástica de una sección de 2.5 a 6mm²., se tendrán referencia de los cables en los dos extremos y los bornes de conexión. La referencia será bidireccional para los --- cables que unen a los equipos exteriores con el armario de reagrupamiento.

ARMARIO DE INTERFASE.

Este armario está destinado al reagrupamiento de las teletransmisiones al P.C.C., y a la protección de la conexión entre la subestación de Alumbrado y Fuerza y el Local Técnico de la Teletransmisión.

El armario es con lámina de acero y en un costado los bornes que reciben la información desde las tablillas de conexión de reagrupamiento y de interconexión, sobre el otro costado, las salidas hacia la teletransmisión y se tiene el cableado de conexión entre los bornes de estos costados. En la parte --- frontal una puerta con 1 ó 2 abatimientos, sin manillar (cerraduras platinadas con llaves normalizadas) en la parte inferior, un dispositivo sujetacable, asegurando la estanqueidad del armario.

Los bornes están montados verticalmente sobre el perfil, serán conectados tornillos a tornillo con un paso mínimo de 6mm. para recibir 2 cables con cubierta termo-plástica de una sección de 2.5 a 6mm²., del lado de la conexión con la teletransmisión, estos bornes serán interrumpibles.

Cada hilo de salida de la teletransmisión estará equipado de un eclatón-fusible, los cables deberán de tener referencia en ambos extremos tipo bidireccional, identificación en los bornes de conexión, los eclatores-fusibles, podrán realizar el papel de seccionador.

CONCLUSIONES.

En toda obra que llega a su fin las conclusiones vienen a ser la culminación que marca la terminación de cierto trabajo, y para esta tesis es importante señalar los siguientes puntos :

- 1.- En el desarrollo de la presente tesis se plantea las alternativas para la alimentación eléctrica en Alta Tensión del sistema de transporte colectivo "Metro" considerando las más óptimas; también se describen los costos de proyecto estudiados por personas dedicadas a la proyección de estas obras, tomando en consideración que el "Metro" puede ser una de las soluciones capaces de resolver el transporte masivo -- de personas, ya que los demás medios de transporte superficial no reúnen las características en cuanto al volumen.
- 2.- El tener dos fuentes de alimentación primaria (Normal y Emergencia), en cada cabecera de la línea del "Metro" es importante para tener una mayor confiabilidad en el suministro de la energía ya que por esto hace posible que prácticamente nunca falte, por los estudios se ve que económicamente es más barato y se ve compensado con la continuidad del servicio haciéndolo sumamente seguro, sin recurrir a una planta generadora de emergencia ya que esto sería más costoso, se requerirían grandes instalaciones, y se tendría que dar mantenimiento periódicamente - lo que conduce a incrementar el personal especializado.

- 3.- También es importante hacer notar que el optar por subestaciones de potencia tipo interior es con la finalidad de tener la fuente de alimentación primaria en la misma subestación de rectificación, ya que esto facilita el mantenimiento y la posible ampliación de servicios eléctricos, también se tiene el beneficio de no tener necesidad de estar saliendo para efectuar las maniobras de Conexión y Desconexión, ya que éstas se efectúan a través de su Puesto Central de Control.

- 4.- Considerando la situación económica por la que atraviesa nuestro país es importante tomar en cuenta el diseño de nuevas instalaciones más flexibles que permitan utilizar recursos con que cuenta el país, sin diseños suntuosos o complejos que en última instancia no resuelven las necesidades primordiales para el objetivo que se persigue y que es el tener mayor economía y funcionalidad.

SUGERENCIAS .

Considero que en el presente y en los próximos años las autoridades -- del Distrito Federal deben formular un plan para resolver el problema del -- transporte que tanto afecta a la ciudadanía de esta Metrópoli, esto quiere -- decir que el medio de transporte "Metro" no se debe interrumpir en su amplia -- ción hasta tener una b́asta red que comunique las zonas ḿas conflictivas e -- importantes de la ciudad, ya que se ha demostrado y comprobado que es el me -- dio ḿas afectivo para transportar grandes volúmenes de personas sin afectar la circulación superficial cuando su construcción es subterránea.

Por considerar que la construcción del Metro es sumamente costosa y -- para disminuir en gran parte la dependencia tecnológica en la fabricación -- de carros, sistemas de control y asistencia técnica se debe impulsar y crear carreras profesionales para tener personal preparado que puedan hacernos in -- dependientes en cuanto al nivel técnico se refiere ya que México, es un país que crece cada día y una gran parte de la gente de campo siempre tiende a -- emigrar en las grandes ciudades en busca de una mejoría económica; no se des -- carta la posibilidad que ciudades como Monterrey, Guadalajara, etc., tuvie -- ran el mismo problema que el D. F. y consecuentemente tendrán la necesidad -- de optar por este sistema de transportación.

Por lo que respecta al diseño de la instalación eléctrica, esta debe -- satisfacer las necesidades de funcionalidad. También creo importante seña -- lar que se debe buscar un medio que haga posible resolver el sistema de ven -- tilación dentro de las estaciones ya sea por medios naturales o forzados.

Actualmente se está impulsando mucho el sistema radial de cuadrícula en el trazo de las líneas del "Metro" para entrelazar todas las líneas y éstas al sistema de un anillo periférico que entronque con cada una de las lí -- neas existentes para evitar que personas que quieran transportarse de un ex --

tremo a otro de la ciudad tengan forzosamente que cruzar por el centro, -- de esta forma es posible que se tenga mayor rapidez y comodidad en el servicio.

En lo referente a equipos eléctricos de importación, estudiar más -- las partes que forman estos equipos para ser sustituidos por las de fabricantes nacionales dando un impulso fuerte a la planta productiva del país, creando nuevas fuentes de trabajo y evitando así la fuga de divisas.

APENDICE .

DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS
QUE INTERVIENEN EN EL METRO (S.T.C.).

Dentro del desarrollo del proyecto Electromecánico del Metro, se tuvieron diferentes etapas, que dependieron de conceptos como : Avances del Proyecto Técnico, Avance de La Obra Civil, de Datos de los Equipos de Fabricantes Nacionales, de Información de los Sub-Contratistas de los Equipos Franceses, suministrados por los préstamos de Francia a México, etc.

Se enumera a continuación los grandes Grupos del Proyecto Electromecánico en las nuevas líneas de las cuales forma parte la línea 4.

- 1.- ALIMENTACION ELECTRICA EN ALTA TENSION.
- 2.- INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA EN ESTACIONES Y TRAMO.
- 3.- SUBESTACIONES DE RECTIFICACION.
- 4.- INSTALACIONES DE TRACCION EN CORRIENTE DIRECTA.
- 5.- INSTALACIONES DE CONTROL DE MANDO CENTRALIZADO.
- 6.- INSTALACIONES DE CONTROL DE TELECOMUNICACIONES.
- 7.- INSTALACIONES DE CONTROL DE PILOTAJE AUTOMATICO.
- 8.- INSTALACIONES DE CONTROL DE SENALIZACION DE ESPACIAMIENTO Y MANUALES.
- 9.- PUESTO DE CONTROL DE ENERGIA.
- 10.-PROYECTO ELECTROMECHANICO DE TALLERES Y DEPOSITO PARA EL MATERIAL -- RODANTE.
- 11.-INSTALACIONES DE VENTILACION EN ESTACIONES Y TRAMOS SUBTERRANEOS -- EN SUBESTACIONES Y LOCALES TECNICOS.
- 12.-INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN ESTACIONES Y TRAMOS.
- 13.-SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

DESCRIPCION DEL PROYECTO.

A continuación se hace una breve descripción de los grandes grupos -- que abarcan el proyecto del Metro en Líneas Superficiales y Elevadas.

1.- ALIMENTACION ELECTRICA

EN A. T.

De acuerdo al plan maestro del Metro se determinaron las longitudes -- totales de las Líneas y los tipos de estaciones que las componen, y se procedió a estimar la demanda de energía eléctrica de las Subestaciones para -- el Alumbrado y Fuerza de Estaciones y Tramos.

Así mismo, considerando la importancia de la continuidad del servi-- cio y la seguridad de los usuarios, la alimentación eléctrica en 23 KV para las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza, se proyectó con dos alimentadores en cada extremo de la Línea, uno llamado Normal ó "Preferente" y otro llamado "Emergente", controlados ambos alimentadores por Interruptores de --- Transferencia Automática como se indica en la fig. (A).

Estos extremos, estarán conectados a dos Subestaciones diferentes de - potencia de la Compañía de Luz y Fuerza, las cuales mantendrán potencial --- constante.

La distribución de energía a lo largo de la Línea, se proyectó con un sistema tipo anillo abierto, de tal manera que al ocurrir una falla en un alimentador, esta se puede aislar, alimentándose todas las Subestaciones --- desde cualquier extremo o bien cuando en el caso de falla total de Suminis-- tro de energía de la Compañía de Luz y Fuerza en tres de los cuatro alimenta-- dores, un sólo alimentador tendrá capacidad para poder cubrir las demandas - de todas las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza de la Línea .

El sistema de Distribución de la red de 23 Kv, es de tres fases, tres hilos, el interruptor de transferencia automática está constituido por tres

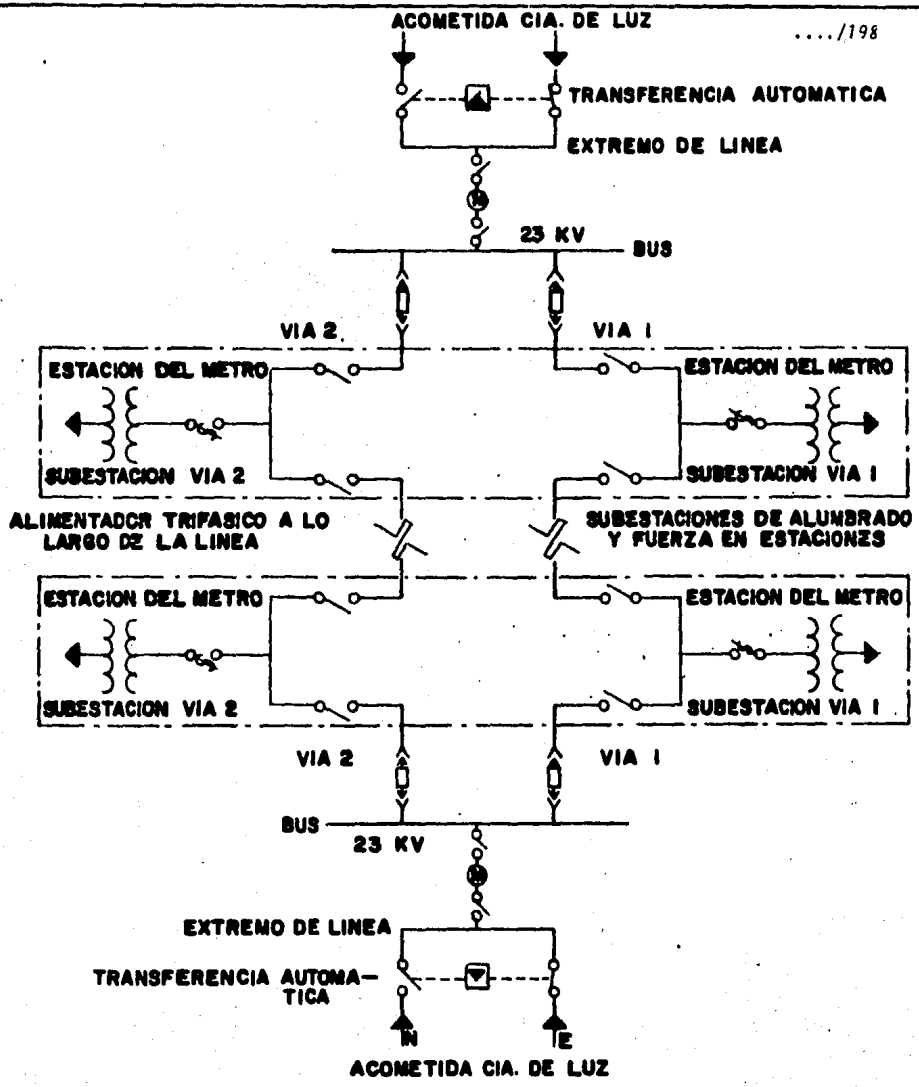


FIGURA (A)

UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.	
DIAGRAMA UNIFILAR TIPO	
SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA	

secciones de gabinetes, dos de los cuales se utilizan para recibir los -- alimentadores "Preferente" y "Emergente" y la tercera para el elemento -- de conexión al servicio, a través del equipo de medición correspondiente, según fig. (B).

Todos los elementos componentes de la red, están diseñados para una capacidad máxima de conducción de 400 Amperes en forma continua.

El conductor seleccionado es cable Unipolar de Cobre con Aislamiento de - Papel y Plomo, para 23 KV con sección transversal correspondiente a la -- que se determinó en la presente tesis.

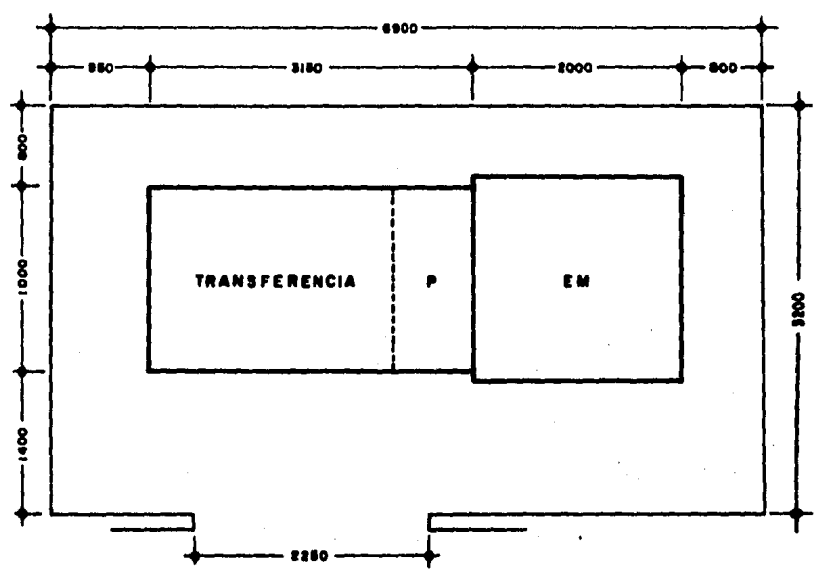
Todos los cables están contenidos en ductos Subterráneos de Asbesto y Cemento, de tres pulgadas de diámetro, colocados en bancos de cuatro, - ocho, y doce vías, llevando cada una un cable.

2.- INSTALACIONES DE ALUM. Y FZA. EN ESTACIONES Y TRAMOS.

Las instalaciones Eléctricas para las estaciones del Metro de la Ciu-- dad de México, están basadas en el "Reglamento de Obra e Instalaciones Eléctricas", (ROIE) y en el "Codigo Nacional Eléctrico" de los Estados Unidos - de Norteamérica (NEC).

En la red del Metro, existen tres tipos de Estaciones: Subterráneas, - Superficiales, y Elevadas, que por lo general cuentan con las siguientes -- áreas : Andenes, Vestibulos, Pasarela, Accesos y Locales Técnicos y de Servicio, formando parte de las estaciones, se consideran los tramos de inte-- restaciones como parte de cada Estación.

Cada estación comprende de Dos Subestaciones Eléctricas, las cuales -- se localizan en locales llamados: Subestación Vía Uno, y Subestación Vía -- Dos. La alimentación a éstas se realiza por medio de Dos Alimentadores Trifásicos independientes entre sí, que corren a lo largo de toda la línea.



EQUIPADO DEL LOCAL

DIAGRAMA UNIFILAR

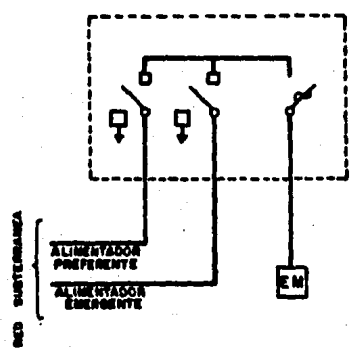


FIGURA (B)

UNAM	FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.	
DIAGRAMA UNIFILAR DE TRANSFERENCIA LOCAL DE COMPAÑIA DE LUZ	

Uno de ellos alimenta todas las Subestaciones que se encuentran localizadas del lado de la Vía Uno y el otro alimenta a las que se localizan del lado de la Vía Dos.

Las subestaciones se componen de los siguientes Equipos, que forman la Sección de Baja Tensión: Sección de Acometida, Sección de Enlace, Sección de Protección del Transformador, y Sección del Transformador Trifásico de --- Distribución de Servicio Interior, conexión Delta-Estrella, 23 KV 220/127V, - 60 Hertz, aislamiento clase "A" tipo Seco y otros, clase "SI" sumergidos -- en Silicona Líquida . fig. (C).

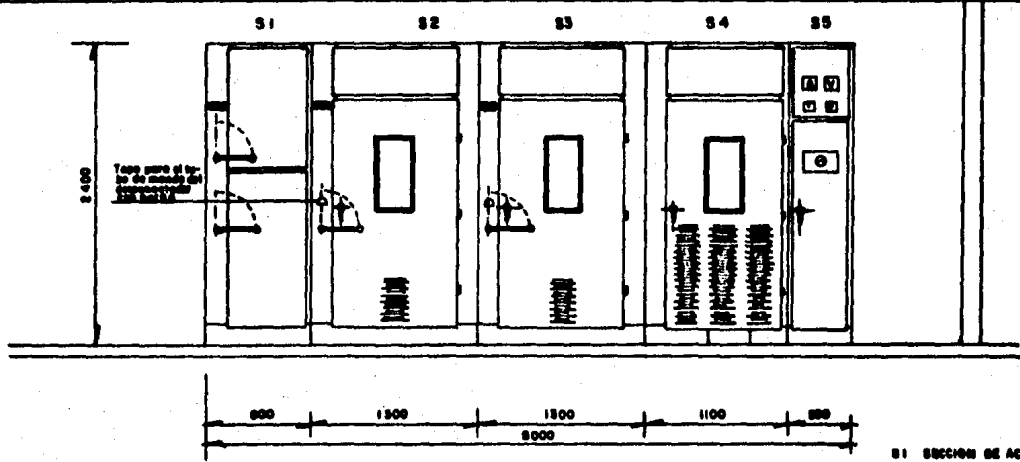
Tablero general para Distribución de Baja Tensión con interruptor --- principal e interruptores derivados Termomagnéticos, de Servicio Normal. Tablero General Preferente, con equipo de transferencia Automática e Interruptores Derivados Termomagnéticos de servicio Preferencial. Este Tablero se localiza únicamente en la Subestación de Vía Uno δ en el Local de Tableros.

Gabinetes Autosoportados en Piso, para alojar Tableros de Alumbrado y Distribución, con interruptores derivados termomagnéticos; Servicio Normal, Preferencial, y de Emergencia. fig. (D) (D').

Consolas Autosoportadas en Piso, para Servicio de Alumbrado de Emergencia, con Cargadores, Rectificadores y Banco de Baterías. Estas consolas se localizan únicamente en la Subestación de Vía Uno δ en el Local de Tableros.

Los tableros de Alumbrado y Distribución de Servicio Normal están alimentadas desde el Tablero General de Distribución de cada una de las Subestaciones. fig. (E).

Los tableros de Alumbrado y Distribución, de Servicio Preferencial -- están alimentados desde el Tablero General Preferente, el cual, a su vez, - está alimentado por las Dos Subestaciones, generalmente por la Subestación



- S1 SECCION DE ACOMETIDA DE A.T.
- S2 SECCION DE ENLACE DE A.T.
- S3 SECCION DE POTENCIA DEL TRANSFORMADOR EN AL
- S4 SECCION DE TRANSFORMADOR
- S5 SECCION DE INTERRUPTOR PRINCIPAL DE A.T.

DIAGRAMA UNIFILAR

● LOS VALORES ENTRE PARENTESIS DE REFIEREN AL TRANSFORMADOR CON POTENCIA DE 112-50VA

⊞ BLOQUE MECANICO

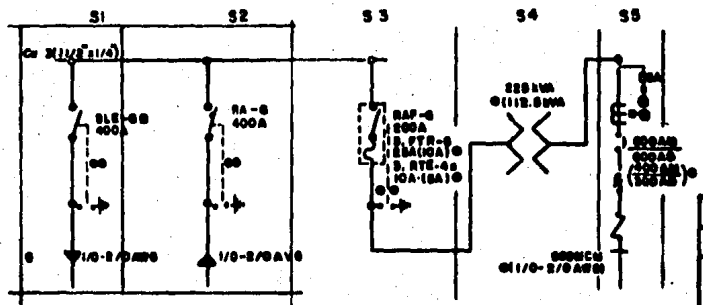
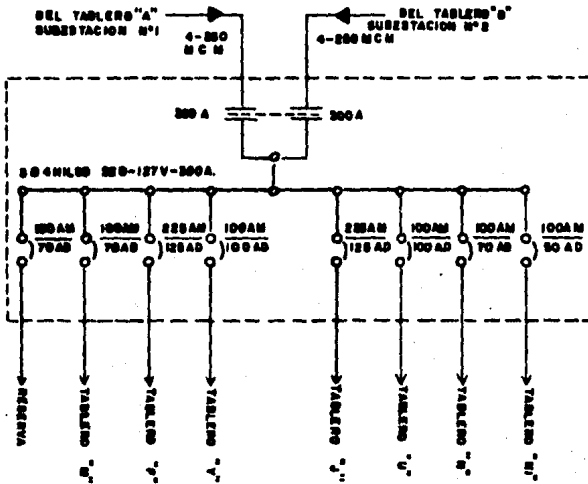


FIGURA "C"

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.
 GABINETES DE SUBESTA-
 CIONES DEL METRO

TABLERO P SUBESTACION N° 1
DIAGRAMA UNIFILAR TÍPICO
PARA ESTACIONES



TABLERO B SUBESTACIONES N° 2
DIAGRAMA UNIFILAR TÍPICO
PARA ESTACIONES

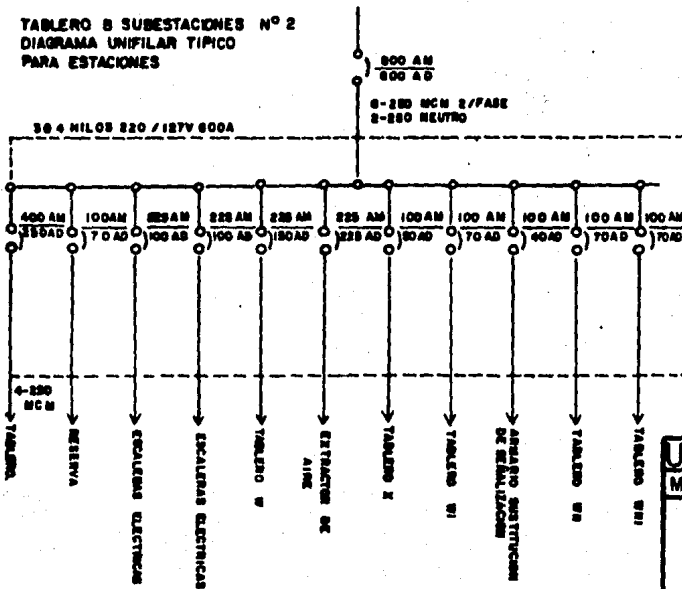


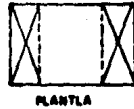
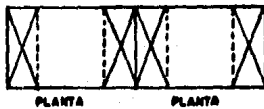
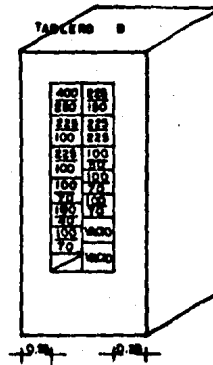
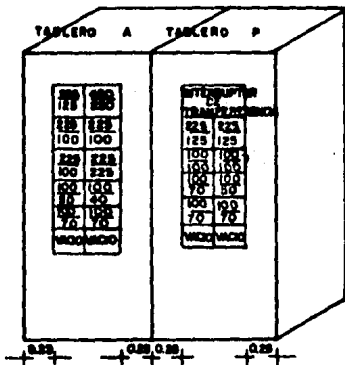
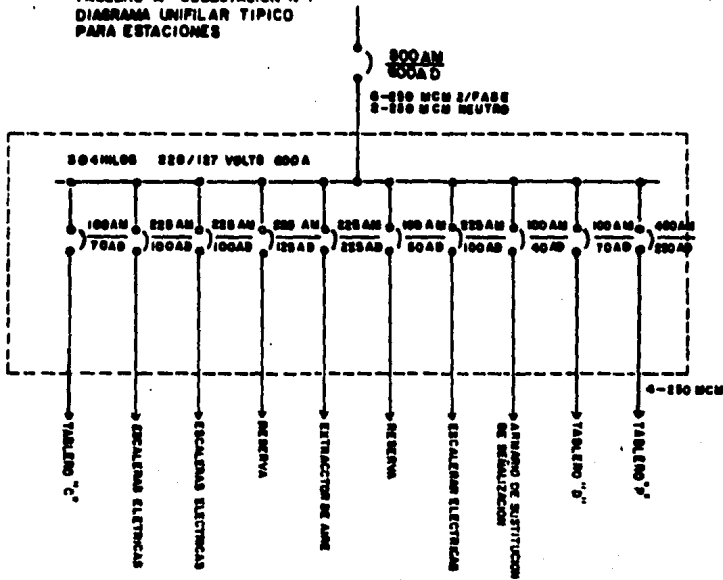
FIGURA (D)

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.

TABLERO P, B DE
SUBESTACIONES

**TABLERO "A" SUBESTACION N°1
DIAGRAMA UNIFILAR TÍPICO
PARA ESTACIONES**

..../204



**TABLERO DE DISTRIBUCION BAJA TENSION
DIMENSIONES Y ARREGLO TÍPICO PARA
ESTACIONES**

FIGURA (D)

**UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.**

**TABLEROS DE DISTRIBU-
CION**

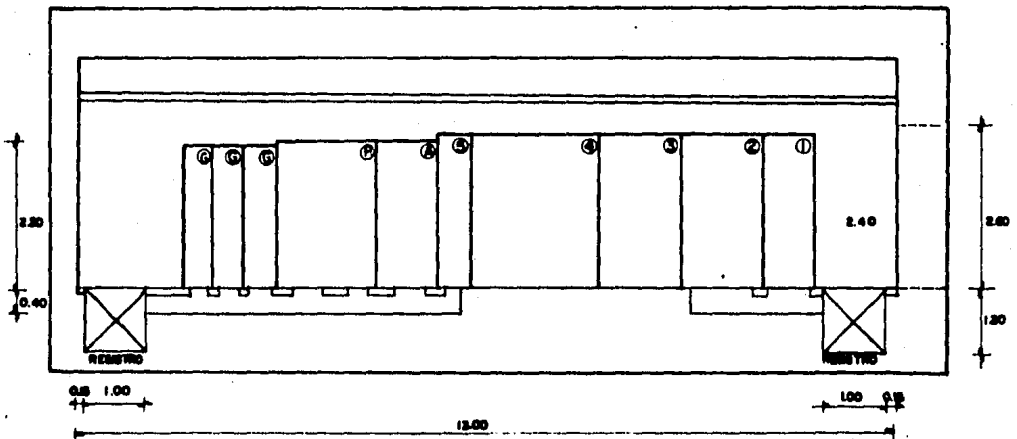
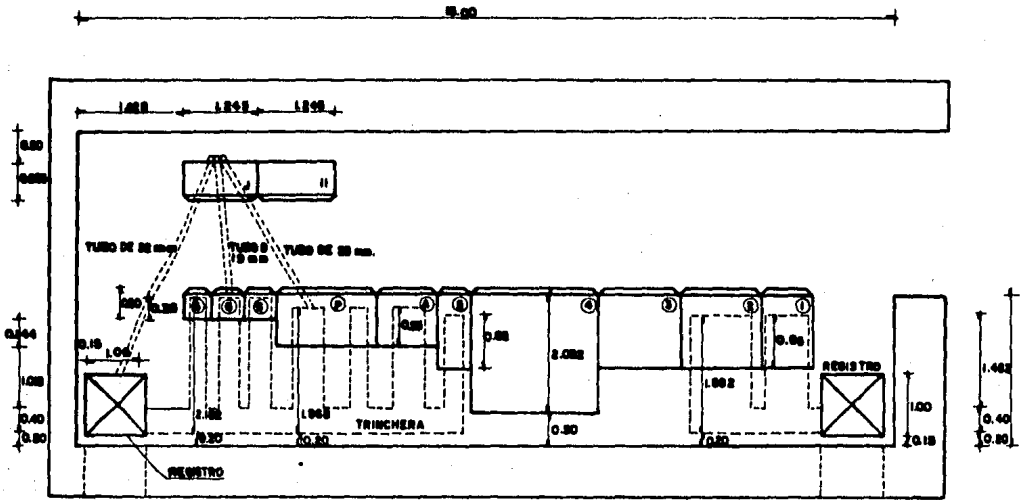


FIGURA (E)

- ① Sección de Armario
- ② Sección de Enlace
- ③ Sección de Protección del Transformador
- ④ Sección del Transformador
- ⑤ Tablero de Interruptor Principal de Bajo Voltaje
- ⑥ Tablero General de Distribución "A" de Bajo Voltaje
- ⑦ Tablero General Preferente Con Equipo de Transformación Automata
- ⑧ Tablero Auto Reportado que Abaja Tablero Para Alumbrado y Distribución

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.

SUBSTACION VIA I
DISTRIBUCION DE EQUIPO

de Vía Uno y en caso de falla automáticamente entra en operación la alimentación proveniente de la Subestación Vía Dos. fig. (EI).

En caso de falla de los Tableros Generales de Distribución de servicio Normal, el Tablero General Preferente queda sin Alimentación y se mantiene en servicio únicamente el sistema de Alumbrado de Emergencia, que está formado por un cargador de baterías en estado sólido, Rectificador -- y un Banco de Baterías, de 127V de corriente continua que alimenta los Tableros de Alumbrado de Emergencia, alojados en los Gabinetes Autosoportados en el piso, de cada Subestación.

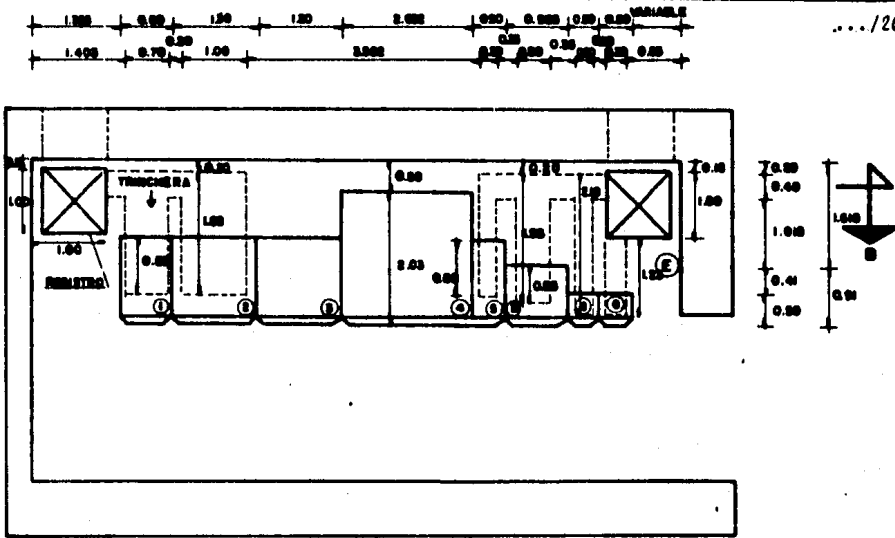
El rectificador alimenta la carga de Alumbrado, manteniendo el banco de baterías con carga de flotación. En caso de falla de la corriente alterna, las baterías alimentarán automáticamente el alumbrado de emergencia.

En los locales de las Subestaciones Vía Uno y Vía Dos, se localizan sistemas de Tierras para protección de Equipos y de Personal de Operación. Los equipos que se alojan en el Local de Tableros, son el Tablero General Preferente, consolas para servicio de Alumbrado de Emergencia y Tableros de Alumbrado.

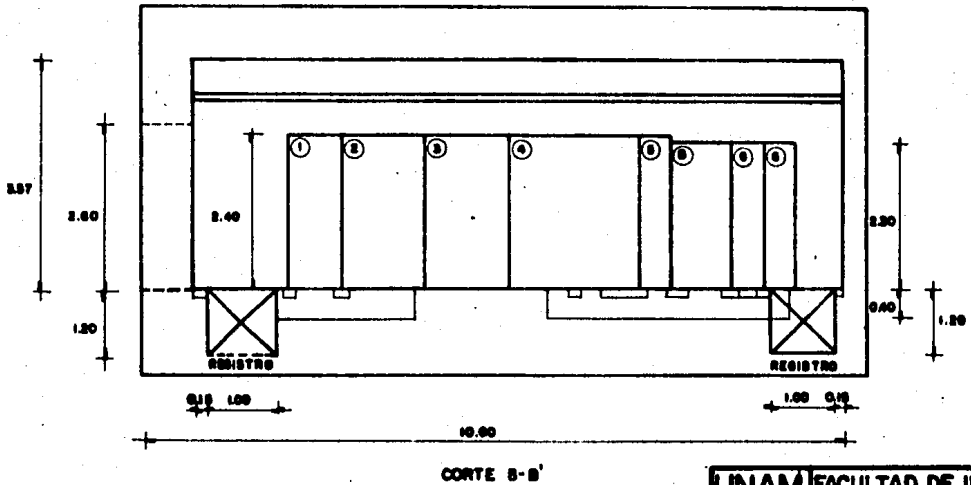
Por su parte, el sistema de Distribución de Fuerza alimenta a Motores de ventilación, Motores de Extracción de Aire, Bombas Sumergibles para cárcamos de Aguas Pluviales o Aguas Negras, Motobombas para Equipos Hidroneumáticos, Motores para Escaleras Mecánicas, Contactos Trifásicos, Contactos Monofásicos y Salidas Especiales.

El sistema de Distribución de Fuerza en Tramo, alimenta a: Bombas -- Sumergibles para cárcamos de Aguas Pluviales, Motores de cambio de Vía y -- Contactos Trifásicos para su Mantenimiento.

Los motores con Servicio Crítico, como las Bombas para cárcamos y -- los Motores de cambio de Vía en Estaciones y Tramos, están alimentados des



PLANTA SUBESTACION



CORTE S-S'

FIGURA (E1)

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.

SUBESTACION VIA 2
DISTRIBUCION DE EQUIPO

de los Tableros de Servicio Preferencial de la Estación más cercana.

El proyecto de iluminación de las estaciones está basado en los manuales IES (Illuminating Engineering Society) y SMII (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación), tomando los Métodos, Criterios, y Niveles - recomendados para un buen proyecto de iluminación en general sin dejar de considerar las experiencias obtenidas en la primera etapa de Construcción.

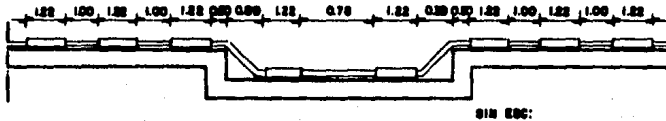
La iluminación de las Estaciones está proyectada, según la importancia o función de cada zona, variando desde 600 luxes en el área de torniquetes, 400 luxes en andenes y 200 a 250 luxes en accesos.

En los Locales Técnicos y de Servicio, los niveles de Iluminación - varían entre 250 y 300 luxes. La distribución de luminarios depende del arreglo de equipo de cada uno de los Locales., Estos luminarios se localizan entre los gabinetes de los equipos o frente éstos.

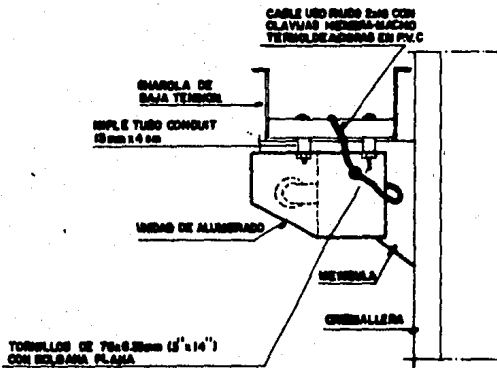
En los tramos, el Alumbrado tiene como función básica el señalamiento, lo que se consigue con luminarios fluorescentes distribuidos a una -- distancia que varían entre diez y quince metros. En tres bolillos y reforzando el nivel de iluminación en los nichos donde se localizan los motores de cambio de Vía. figs. (F), (FI) y (FII).

3.- SUBESTACION DE RECTIFICACION.

Cada una de las Subestaciones de Rectificación Previstas para la -- energía de tracción del Metro, tiene una demanda de 6000 kilowatts y para asegurar un servicio confiable que garantice la máxima continuidad, se -- tiene una doble alimentación, controlada por medio de un interruptor de -- transferencia automática, conectado a Alimentadores Sub-terráneos de 23Kv, que parten de Subestaciones de Potencia de la Compañía de Luz y Fuerza, -- independientes entre sí. fig. (g).



**DETALLE
ALUMBRADO TIPICO EN NICHOS PARA APARATO DE VIA
EN CAJON O TRAMO SUPERFICIAL.**

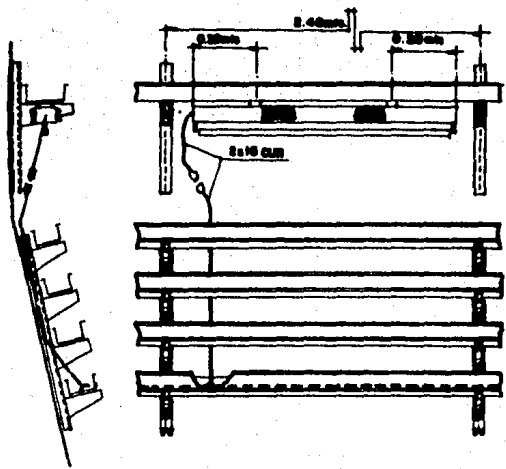


**MONTAJE DE UNIDAD DE
ILUMINACION EN TUNEL Y
TRAMO SUPERFICIAL**

FIGURA " F "

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.

**MONTAJE DE ALUMBRADO EN
NICHOS DE EQUIPO ENTRE
ESTACIONES**



VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

MONTAJE DE LUMINARIOS

FIGURA (F1)

UNAM FACULTAD DE ING.
MARGARITA RAMIREZ G.
MONTAJE DE LUMINARIOS ENTRE ESTACIONES

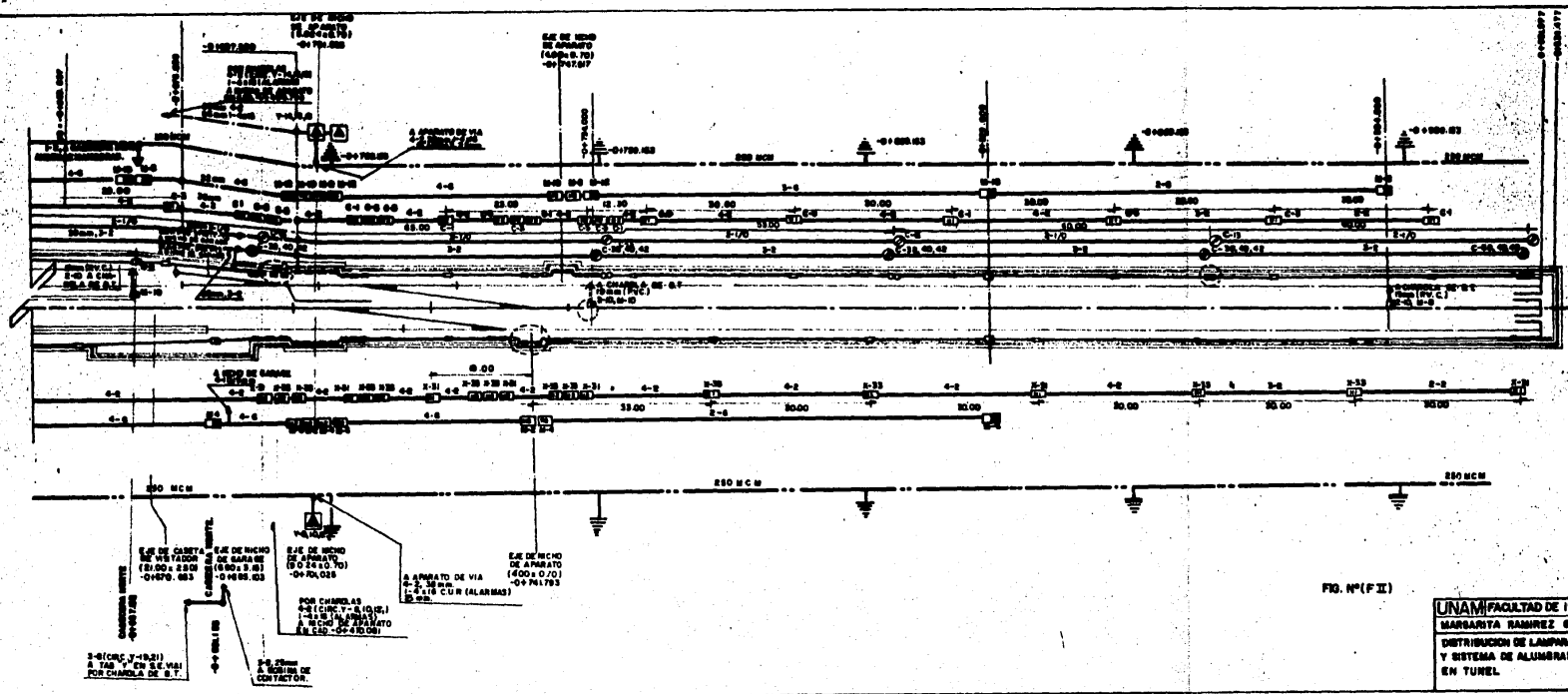


FIG. Nº (F II)

UNAM FACULTAD DE ING.
 MARGARITA RAMIREZ G.
 DISTRIBUCION DE LAMPARAS
 Y SISTEMA DE ALUMBRADO
 EN TUNEL.

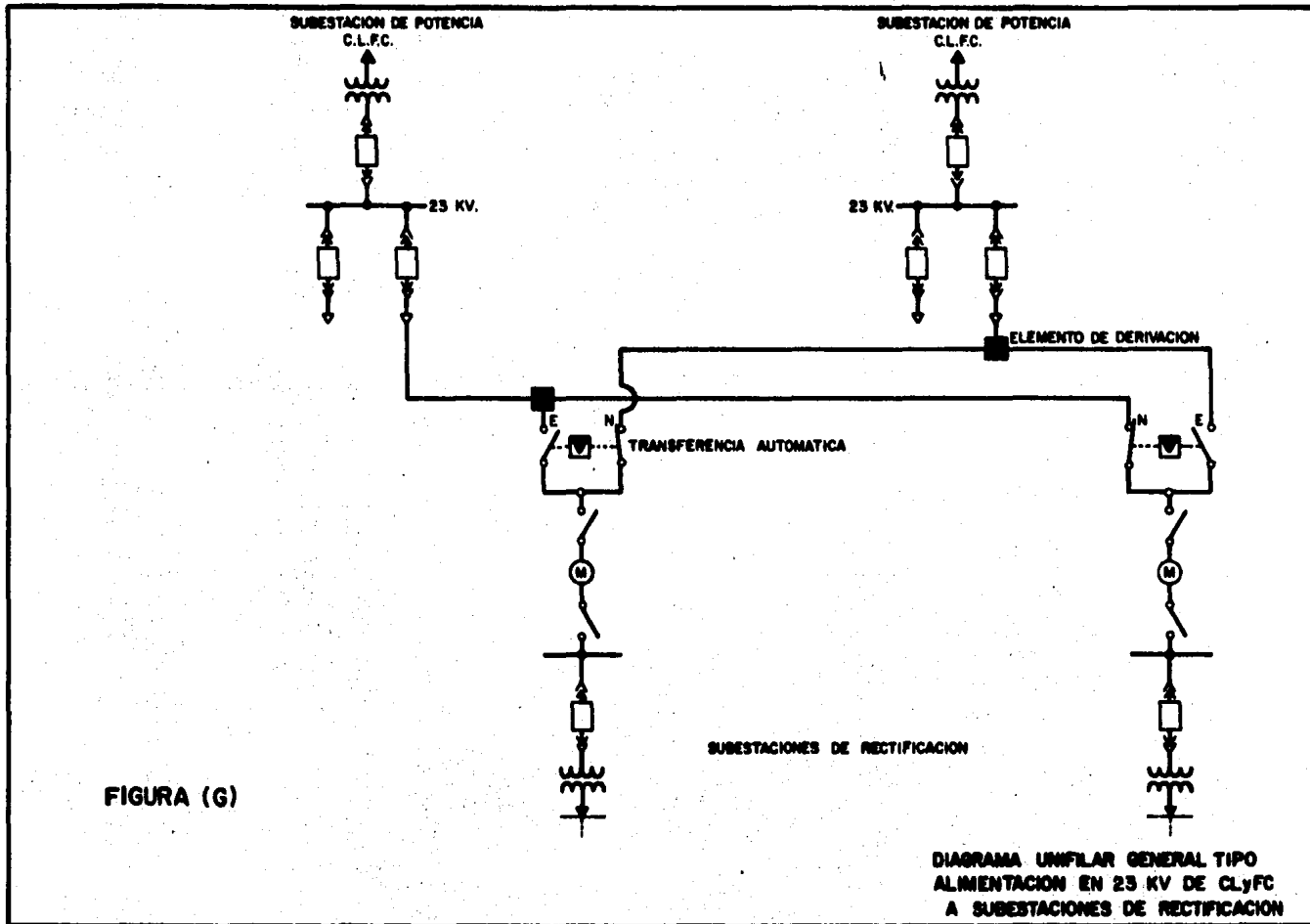


FIGURA (G)

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL TIPO
ALIMENTACION EN 23 KV DE CLyFC
A SUBESTACIONES DE RECTIFICACION

De esta manera, en operación Normal, cada alimentador surte a Una - sola Subestación de Rectificación y a Dos en caso de Emergencia cuando -- queda fuera de servicio un Alimentador o una Subestación de potencia de - la Compañía de Luz y Fuerza. Por otro lado, la selección de la capacidad y localización de las Subestaciones de Rectificación, permite la Operación Normal del Metro en el caso de falla de una de cada Tres.

4.- INSTALACIONES DE TRACCION EN CORRIENTE - DIRECTA .

Cada Tren del Metro, está integrado por Nueve carros, de los cuales, Seis son impulsados por Cuatro Motores de corriente continua cada uno, -- y los otros Tres son simplemente Remolques.

La alimentación a estos Motores se realiza a través de las escobillas que montadas en los Carros, se mantienen en contacto con la Barra Guía, -- energizada a 750 V de C D, desde las Subestaciones de Rectificación.

En lo que se refiere al arranque, Esta está asegurado por un dispositivo cronoamperímetro con una aceleración de 1.33 m/s².

Los relevadores de intensidad que controlan el sistema de Arranque, tienen únicamente la tarea de limitar la intensidad de la corriente de arranque -- e intervienen cuando la carga sobrepasa la normal, reduciendo la aceleración. Esta aceleración baja a 1.24 m/s², cuando el tren se encuentra al 100 % de su capacidad de carga, cambiando la conexión serie a serie-paralelo.

El frenado del tren se consigue por medio de un conjunto integrado -- por el frenado Mecánico y un sistema de frenado Eléctrico.

Este último se obtiene por la conversión de los motores en generadores con excitación separada, existiendo dos tipos de aplicación de esta propiedad.

En un caso la energía desarrollada por los generadores, se disipa en forma de calor en los reóstatos de frenado y en el otro, la energía se re-

gresa a la Línea de alimentación mediante un dispositivo llamado "CHOPPER" - que aprovecha esta energía de frenado y la transforma en energía aprovechable por otro tren.

La distribución de la corriente de tracción en la Línea se efectúa a una tensión de 750 V, por las Barras Guías, conectadas a las Subestaciones de Rectificación. El retorno se lleva a cabo por los Rieles y las Pistas de rodamiento.

Las Barras Guías, de unas Líneas están divididas en Zonas y éstas, a su vez en Secciones.

En situación Normal, las Secciones y por lo tanto las Zonas tienen continuidad Eléctrica a lo largo de las Líneas. Esta continuidad entre zonas se logra a través de los contactores de seccionamiento (CS), ubicados en las Subestaciones Rectificación, denominadas en "S" y entre las Secciones, con los Seccionadores de aislamiento teleoperados (SIT). Las Subestaciones de Rectificación que se encuentran en las zonas suelen llamarse en "T".

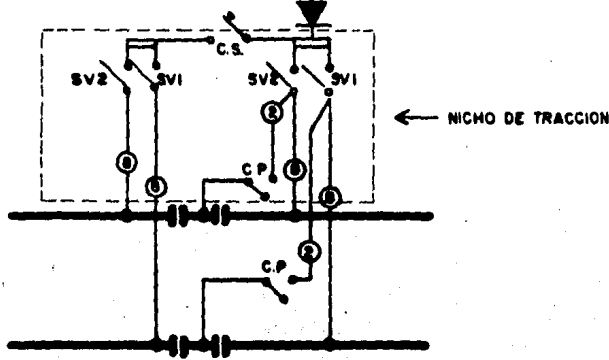
Con la finalidad de proteger las zonas de tracción, existe un circuito de interruptores manuales a lo largo de la Línea, a cada 75M, llamados ruptores de emergencia. Al accionamiento de uno de ellos, se envía una señal de mando a los órganos de tracción, cortándose la energía solamente en esa zona.

Tanto en las Zonas, como en las Secciones, hay un tramo de 12 Metros de longitud, denominado tramo de Protección el cual tiene como finalidad evitar el puenteo, por un tren, de una sección alimentada con una sección sin potencial.

Los tramos de protección correspondientes a las zonas, están alimentados por contactores auxiliares, uno por cada vía, llamados Contactores de tramo de Protección (CTP). fig. (H).

Los tramos de protección correspondientes a las secciones están alimentados a través de cuchillas auxiliares.

DE PUESTO DE RECTIFICACION



SIMBOLOGIA

- CORTE DE BARRA GUIA
- BARRA GUIA (+)
- SECCIONADOR MANUAL
- C.S. CONTACTOR DE SECCIONAMIENTO
- C.P. CONTACTOR DE PROTECCION
- S.I.T. SECCIONADOR DE AISLAMIENTO TELEMANDADO

NICHOS DE TRACCION

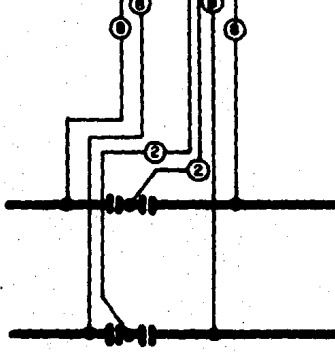
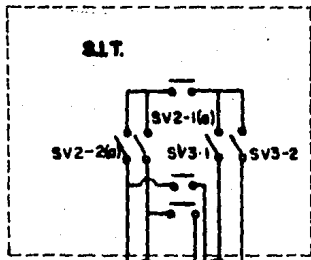


FIGURA (H)

UNAM FACULTAD DE ING.
 MARGARITA RAMIREZ S.
 DIAGRAMA UNIFILAR DE SECCIONADORES DE CORRIENTE DE TRACCION (C.D.) EN INTERESTACIONES

5.- INSTALACIONES DE CONTROL DE MANDO -
CENTRALIZADO.

La concentración de toda la Información generada por la señalización, - pilotaje automático y telecomunicaciones, se logra en un puesto central de -- control (PCC) que se encarga de la regularización de la operación de la red - del Metro.

Para centralizar el mando y control de todos los sistemas es indispen- sable contar con la teletransmisión que está incorporada con el sistema de - base, debiendo tener un porcentaje de disponibilidad elevado.

Los equipos de Telecontrol y Telemando son independientes, cualquier - intervención en uno no tiene afluencia en el otro, ya que los enlaces son -- autónomos entre PCC y cada una de las estaciones, no estando sincronizadas, - con ningún otro equipo.

Debido a que el sistema de Teletransmisión no cuenta con una memoria - de retención momentánea, es necesario que cada información sea tomada en cuen- ta en el momento que se recibe, implicando el caso de transmisiones cíclicas independientes.

Tomando en cuenta el abundante movimiento que resulta de la codifica-- ción 1389 bits/s, para telemando y entre 1133 y 1269 bits/s, para telecontrol el equipo de control centralizado del tráfico no emite ninguna orden que ten- ga una sección directa sobre la seguridad, no se requiere de la seguridad in- trinseca con que cuentan los demás sistemas.

De esta manera, todas las órdenes y controles están asociados a una -- codificación directa, cuyo principio es una transmisión cíclica al nivel de un carácter que representa un mando o un control; por otra parte, la seguri- dad se obtiene utilizando unos bits de control al nivel del carácter y dis-- tribuyendo los bits sobre el conjunto del mensaje, para que al detectar cual- quier bits al nivel de los registros del equipo, no resulte en la aparición

de códigos detectables.

La utilización de la distribución de los bits de control en el mensaje puede ser un medio de impedir la decodificación de las informaciones y consecuentemente, la aparición de códigos erróneos, llevándose a cabo el nivel de cada equipo de teletransmisión, en función de la composición del mensaje.

El equipo de control de tráfico es un conjunto autónomo, modular en el cual todas las funciones de mando y Decisión están realizadas al nivel del PCC; los equipos de los Locales Técnicos de estación, aseguran su reproducción, estableciéndose junto con la teletransmisión el conjunto del sistema de base.

Para controlar fácilmente la interfase entre mando centralizado y señalización, especialmente en zonas de maniobra, se utiliza un tablero de control óptico (TCO) por líneas, donde se indica la posición de los aparatos de Vía, la ocupación de cada CDV, así como el número del tren que lo ocupa y el estado de autorización de las señales de maniobra.

En este mismo TCO se materializan los mandos y controles de los órganos operativos de tracción, así como las zonas del radioteléfono de trenes.

Una computadora de gestión de operación, sintetiza las informaciones de la línea para la compilación y la creación de los programas, cuya configuración es evolutiva, adaptándose a las necesidades de tráfico de funciones estadísticas de mantenimiento.

La estructuración del sistema se articula alrededor de una red de alta velocidad, de una unidad aritmética microprogramada y de una red de enlace con la memoria.

El fin primordial de la utilización de esta computadora es mantener una regulación entre trenes, con un intervalo mínimo de 90 segundos.

Básandose en el control estadístico de usuarios, se determinan las horas pico de operación y las horas valle, para establecer el intervalo que

debe existir entre los trenes, previstos de acuerdo a la longitud de la --
Línea.

Para lograr un intervalo determinado entre trenes, la operación se --
sirve de un indicador adicional al semáforo, así como de la aplicación de --
los diferentes tipos de marcha del pilotaje automático.

En cada Estación se le Informa al conductor el tipo de marcha que se --
debe respetar en la siguiente Interestación. Cuando la conducción es manual
el conductor deberá adoptar este tipo de marcha; en caso de conducción en PA,
el cambio de marcha se hará automáticamente.

Para mantener el intervalo regulado entre trenes, un indicador de des-
pacho bajo orden (DBO) autoriza la salida del tren de la estación.
El DBO encendido impide la partida del tren al no alimentar, el programa de
PA, aunque la señalización esté en estado permisivo o sea verde.

Tres segundos antes de apearse al DBO, se emite una señal auditiva, -
previando al conductor que debe iniciar el procedimiento de partida.
Otro de los sistemas centralizados en el PCC es el de Comunicaciones.

Aquí se generan todos los mensajes y música ambiental que se escucha --
en una estación, en una Línea o en toda la red.

Existe una liga telefónica con cada una de las taquillas secundarias --
y principales, así como con los jefes de estación.
Los gabinetes de emergencia ubicados a la mitad del andén, tienen un teléfo-
no rojo que se comunica a este centro.

Este centro de comunicaciones cuenta con teléfonos directos a los prin-
cipales servicios de emergencia y seguridad de la Ciudad.

Como se puede ver, el sistema nervioso del Metro se encuentra en el PCC, don-
de cada movimiento, de los trenes detectados y seguido paso a paso, en cual---
quier punto de la red. fig. (1).

6.- INSTALACIONES DE CONTROL DE -
TELECOMUNICACIONES.

Para coordinar cualquier actividad que se desarrolle en esta comple--
ta red de transportación colectiva, es indispensable contar con un adecua--
do sistema de comunicación interna.

Globalmente, existen tres sistemas básicos de telefonía, para mantener
comunicado cada punto primordial de una línea, con el resto del conjunto --
operativo y administrativo: Telefonía Automática, Telefonía Directa y Tele--
fonía de Trenes.

Toda una red de teléfonos automáticos permite a través de un conmutador
de 2000 líneas, enlazar las actividades internas de mantenimiento, Supervi--
sión, Vigilancia, Seguridad, Suministros, Etc. Cada Local Técnico, Subesta--
ción de Rectificación o Alumbrado y Fuerza, Andenes, Oficinas, Taquillas, --
Jefe de Estación y Permanencias, cuentan por lo menos con una Extensión Tele--
fónica.

Los movimientos de los trenes en zonas de maniobra, están coordinados -
por un enlace directo entre el conductor y el regulador de tráfico, a través
de un teléfono directo instalado junto a cada señal de maniobra.

Un sistema directo al servicio del usuario para casos de Urgencia, se -
localiza en cada Gabinete de Emergencia a mitad de todos los Andenes, para -
comunicarse al Centro de Comunicaciones (CC) del PCC, a través de un teléfo--
no rojo que al descolgarse, enciende una señal luminosa en el CC, indicando
en que estación se solicita ayuda; Estos aparatos únicamente sirven para ---
llamar y no para recibir llamadas, para el personal de mantenimiento o ser--
vicios de rescate, existe un teléfono directo que utiliza la línea de rup---
tores de emergencia, ubicados a todo lo largo de las Líneas del Metro y en
los que es posible conectar teléfonos autogeneradores o de magneto.

La telefonía de trenes se usa para el servicio de Operación Normal, permitiendo la comunicación del tren en circulación con el PCC o con el puesto de maniobra de talleres.

El contactor entre la vía y el tren, es la Barra Guía portadora -- de la Alimentación Eléctrica.

Como se mencionó anteriormente, cada línea está zonificada según -- las zonas de tracción, a las cuales el regulador de tráfico puede comunicarse selectivamente. Todos los trenes presentes en la misma zona de tracción, se encuentran en comunicación paralela. Cuando un tren pasa de una zona a otra, el regulador de tráfico debe seleccionar la nueva zona ocupada sin ninguna otra complicación, ya que por medio del mando centralizado se conoce la posición e identificación de los trenes en línea.

Para un nivel de emisión dado el nivel en la salida de Baja Frecuencia de los Receptores es constante a tres decibles, no importando la posición del tren en la línea.

El enlace se efectúa por una sola frecuencia portadora. La corriente portadora es modulada en frecuencia, que puede estar comprendida entre 70 y 120 Khz.

La transmisión de la modulación se efectúa por un par telefónico -- entre el PCC y cada armario de telefonía de alta frecuencia (THF) . En -- los Locales Técnicos de las Estaciones, esta modulación sea cual fuere su sentido de transmisión, se presenta bajo la forma de corriente telefónica.

El control de Alimentación Normal de los armarios THF se efectúa -- por la emisión de armónicas, frecuencias musicales, emitidas sobre un par único por líneas del Metro, pasando de armario en armario hasta el PCC.
fig. (I).

7.- INSTALACIONES DE CONTROL PILOTA- JE AUTOMATICO.

El pilotaje automático, permite una uniformidad de la marcha de los trenes, imponiéndole una velocidad y eliminando la participación del conductor.

De esta manera, se consigue una optimización de la operación de una línea del Metro, en base a las limitaciones del material y respetando las normas de seguridad.

El pilotaje automático se apega a la señalización y al contexto del tráfico, permitiendo efectuar varios tipos de marchas; Sobreaceleradas, --- Normal, Lenta y de Lluvia.

El funcionamiento del pilotaje Automático, está basado en la captación de Altas y Bajas Frecuencias, que permiten la transmisión de información a un microprocesador a bordo del tren; asegurando la correcta marcha de una estación a otra y verificando que las condiciones de seguridad se -- cumplan.

Los dispositivos del PA están compuestos de una parte fija y otra -- Embarcada . La parte Fija, la constituye un programa dispuesto sobre la -- Vía, que materializa en cada punto de la Línea la información lógica proveniente de un armario electrónico, en correspondencia con la señalización -- lateral del túnel y con las ordenes generadas por el mando centralizado.

La parte montada en el tren, capta las señales enviadas por la parte fija en la Vía, las interpreta y las traduce en órdenes que se transmite -- a los equipos propios del tren. La interrupción de la señal de la Vía al -- tren ocasiona el paro intempestivo del mismo, con frenado de Urgencia.

El programa de velocidad inscrito en la Vía, está constituido por -- un cable inductor que continúe discontinuidades geométricas, delimitando -- en segmentos dicho programa. La longitud de un segmento determina la ve--- locidad que se desea imponer sobre el tramo correspondiente, ya que el tren

capta por inducción las señales y órdenes diversas, por las breves interrupciones de la captación debidas a la discontinuidad de los segmentos, tomando así referencias de su Avance.

El dispositivo inductor genera una corriente alterna de 60 miliamperios, con una frecuencia comprendida entre 134.5 y 135.5 Kilohertz, modulada por una o varias frecuencias bajas comprendidas entre 1.08 y 255.6 Hertz.

La función principal de la Alta Frecuencia, es permitir una inducción segura de las señales de la Vía al Tren. Mientras que las bajas frecuencias modulares son para transmitir, al material embarcado informaciones discretas.

La alimentación lógica del programa se efectúa a partir de generadores, ligados a los circuitos eléctricos de los sistemas de mando de señalización. Para aumentar la seguridad, todo corte o falla de alimentación provoca la detención del tren.

La longitud de los segmentos del programa está calculado de tal manera, que el tiempo de recorrido de estos segmentos, cuando el tren lee el programa inscrito, sea igual a un tiempo de referencia: 300 milisegundos.

Si el tiempo de recorrido es superior, significa que el tren va lentamente, ordenándose un traccionamiento más enérgico.

Por el contrario, si este tiempo es inferior, significa que el tren va más rápido, ordenándose un frenado de servicio.

Cuando el tiempo de recorrido es igual al de referencia, el tren continúa circulando a una velocidad constante.

La velocidad es la resultante de la geometría del programa, mientras que otras informaciones particulares son debidas al código de utilización -- de las bajas frecuencias, las cuales modulan la alta frecuencia presente en el programa de un tramo considerado.

Así pues, dos programas PA pueden diferir, ya sea por la información de espacio: Geometría de las Líneas de Transmisión, llamada Línea Programa -

En caso de que fallará el PA ó CMC, un sistema especial provoca el -- frenado de Urgencia y hasta que se para totalmente el tren, el conductor - puede recurrir a Dos modos de circulación.

- La Conducción Manual Limitada (CML), que permite velocidades de 50 Km/h, en Interestaciones, 25 Km/h, en Zona de Maniobras y 15 Km/h, - en Talleres o bien, la conducción Manual Restringsida (CMR), que Au-- toriza 35 Km/h, en todas las Zonas.

No se podrá utilizar el sistema CMR, si se puede recurrir primeramen-- te al sistema CML, y este no podrá utilizarse si está en condiciones de ope-- ración normal la CMC o al PA.

Cuando lleguen a fallar los 4 modos de conducción anteriores, el con-- ductor tiene la posibilidad de recurrir a la Manual Libre, a una velocidad media limitada. Una señal Luminosa y Sonora recuerda al conductor y seña-- la al exterior del tren, la utilización de este modo excepcional de condu-- cción.

8.- INSTALACIONES DE CONTROL DE SENALIZACION - DE ESPACIAMIENTOS Y MANUALES.

La función primordial del Metro es de transportar el mayor número de -- personas en el menor tiempo posible, con el mayor índice de seguridad.

Para esto la operación de cada línea cuenta con sistemas como la seña-- lización, pilotaje automático, mando centralizado y telecomunicaciones, para regular la circulación de los trenes en toda la red.

El principio de la señalización con sección tapón, consiste en no per-- mitir que dos trenes se aproximen entre sí a una distancia menor a la permiti-- da por la seguridad.

Esta distancia está enmarcada siempre por dos señales, ó sea que entre - los trenes, existirán, por lo menos dos señales en Rojo.

Para detectar la presencia del tren a lo largo de toda la Línea, se uti-- liza la transmisión de impulsos eléctricos a través de los rieles aislados --

entre sí, formando circuitos de Vía (CDV).

La separación eléctrica entre cada CDV, se logra por medio de las --- juntas aislantes en los rieles. La transmisión de los impulsos eléctricos se obtienen de un emisor colocado en un extremo de cada CDV, que son captados por un receptor que los modifica, selecciona y amplifica en el extremo - del CDV, para excitar un relevador de ocupación de Vía.

Al entrar al tren en un CDV, provoca un corto circuito en los rieles, lo que hace disminuir la corriente captada por el receptor, ocasionando que el relevador de ocupación de Vía de Desexcite.

Como el valor de la resistencia del contacto lineal entre riel y tren es inestable, por las modificaciones físico-químicas del estado de superficie en contacto, es necesario utilizar impulsos eléctricos de corta duración, -- separados por lapsos relativamente largos, permitiendo obtener una gran potencia instantánea, con una energía promedio débil.

La magnitud de los impulsos proporciona a la zona aislada una impedancia de línea relativamente baja, que es indispensable para una buena función y facilita la protección y localización de las fallas.

La frecuencia de emisión de impulsos, debe asegurar un energizado del relevador de ocupación de Vía entre Dos Impulsos, garantizando un tiempo corto de respuesta: esta frecuencia debe ser baja, limitar la energía necesaria para la emisión: tres ciclos por Segundo.

De esta manera, la señalización de espaciamiento permite que los trenes circulen uno tras otro sin riesgo de alcanzarse.

Las indicaciones de la señalización en Metro son diferentes a la Semaforización Vial.

Una señal de espaciamiento está compuesta simplemente por una luz Verde, y otra Roja, acompañada de un foco Piloto lateral y sus placas de identificación. Ocasionalmente, la señal esta complementada con indicaciones de

velocidad limitada (IVL).

Si la señal de espaciamiento presenta la Luz Verde, el conductor está autorizado a franquearla a la velocidad máxima de circulación, salvo la presencia de un indicador de velocidad limitada que la restrinja.

Si por el contrario, la Luz es Roja, el tren está obligado a detenerse, para mantener la Sección Tapón.

Cuando el tiempo de estacionamiento en unas estaciones retrasa la operación, la señal de entrada está protegida por una señal de trenes Luces.

La tercera Luz es Amarilla, y le indica al conductor que la velocidad obligada, de entrar a la estación es de 15/Km/h; salvo la presencia de un indicador de velocidad autorizada (IVA), que permita velocidades mayores.

Este es el único caso en señalización de espaciamiento, en el que no existen dos señales en Rojo entre los trenes.

Sin embargo para mantener la seguridad, la distancia que existe entre la señal Roja de Salida y el tren que autorizó la puesta en Amarillo, de la señal de entrada, es por lo menos, igual a la distancia de seguridad de frenado de urgencia, que corresponde a la velocidad de circulación autorizada por el indicador.

Las terminales cuentan con una señalización que asegura cualquier movimiento en sentido normal de circulación o en sentido contrario.

La señalización de maniobras permite registrar, establecer y autorizar los itinerarios, de acuerdo a la ocupación de los circuitos de Vía.

Las estaciones provistas con zonas de maniobra para el cambio de Vía o para enlace con otras líneas, también cuentan con este tipo de señalización que al mismo tiempo opera como de espaciamiento.

De esta manera la señalización de maniobra tiene la finalidad de proteger los movimientos de los trenes en zonas de aparatos de Vía.

Los semáforos estarán compuestos de Tres Luces: Foco Piloto, Indicadores de Velocidad y de Dirección.

La Luz Verde y Amarilla tienen el mismo significado que en la señalización de espaciamiento, sin embargo, la luz Roja adquiere un significado adicional al estar acompañada del foco piloto. Esto es, si la luz Auxiliar Blanca está encendida, el alto que representa la señal es de espaciamiento. Si el foco piloto está apagado, la señal Roja está protegiendo la maniobra del tren.

El mando de la formación de itinerario puede provenir de diferentes orígenes.

Un mando local permite que el propio conductor solicite la formación de ciertos itinerarios, por medio de una caja de botones instalados en el túnel.

En las terminales existe un puesto de maniobra local, que controla todos los movimientos dentro de la propia terminal y su zona de Depósito.

En el puesto central de control existe la posibilidad de efectuar este mando de una manera Manual o Automática.

Con todas las condiciones de seguridad antes de permitir el establecimiento y autorización del itinerario.

Para permitir un control visual del estado de la señalización, existen diferentes puntos de observación.

En los puestos de maniobra local existe un Tablero de Control Óptico (TCO), de la propia terminal y de su zona de Depósito, donde se reproducen las condiciones de operación, señalando la posición de los aparatos de Vía, circuitos de Vía acupados y la indicación de cada una de las señales (PCC), donde se complementa con las informaciones de pilotaje automático y mando centralizado de toda la Línea. En la figura No. I, se marcan conexiones físicas que intervienen en el control tráfico de los carros del Metro en su conexión a (PCC).

9.- PUESTO DE CONTROL DE ENERGIA.

En el edificio de Puesto Central de Control (PCC), existe un Tablero --- que permite la operación remota de cierre y apertura de los interruptores, tanto para las Subestaciones de Rectificación como para las de Alumbrado y Fuerza.

En este Tablero, también se detectan y se señalizan las fallas y posiciones de los interruptores de potencia de las Subestaciones de Rectificación y -- de Alumbrado y Fuerza.

En lo que se refiere a los interruptores de transferencia automática, --- sólo se señala y detecta la posición.

Para asegurar la eficiencia de la operación del sistema de alimentación eléctrica, existe una red privada telefónica, que conecta el PCC con los despachos de carga de la red "Operación Nacional" de la Comisión Federal de Electricidad y la red de "Operación Ciudad", de la Compañía de Luz y Fuerza. fig. (1).

10.- PROYECTO ELECTROMECANICO DE TALLERES Y -- DEPOSITOS PARA EL MATERIAL RODANTE.

Para la segunda y tercera etapa de ampliación de la red del Metro, fueron previstos dos nuevos talleres para dar mantenimiento tanto a carros como a todos los equipos e instalaciones fijas especializadas.

El Primero de ellos, el Taller de Ticomán que fué previsto para las Líneas 3 y 4, está ubicado al Norte de la Ciudad en el extremo de la Línea 3, y -- cuenta con una superficie de 18.74 Hectáreas.

El Segundo, el Taller de El Rosario, fué previsto para las Líneas 5, 6 -- y 7, y está ubicado en el Norponiente de la Ciudad, en el extremo de la Línea 6, con una superficie de 16.16 Hectáreas.

Los carros del Metro, están sujetos a un riguroso programa de mantenimiento el cual marca que al cumplir un recorrido de 25,000 Km, los carros tienen que ser sometidos a una revisión menor, de todos aquellos sistemas o partes que se --

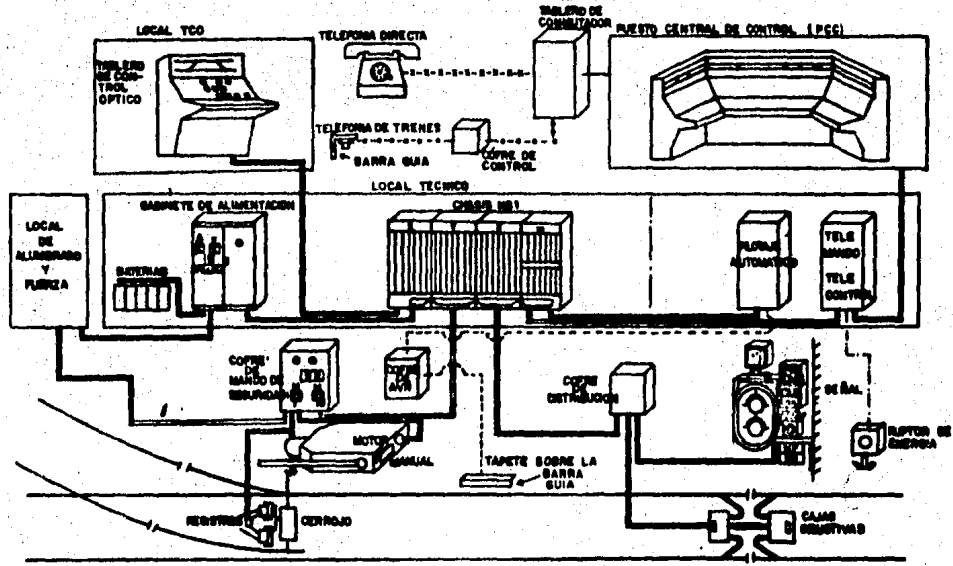


FIGURA (1)

TELEFONIA -
 SEÑALIZACION - - - - -
 PILOTAJE AUTOMATICO - - - - -
 MANDO CENTRALIZADO - - - - -
 ALIMENTACION DE FUERZA - - - - -

UNAM FACULTAD DE ING
 MARGARITA RAMIREZ G.
 EQUIPOS DE CONTROL DE
 COMUNICACION PARA EL TRAFICO
 DE CARROS DEL METRO

encuentran sujetos a un excesivo desgaste; al cumplir los 300,000 Km, de recorrido son sometidos a una revisión mayor, desmontando totalmente los sistemas y partes de trabajo mecánico ó eléctrico, para ser reconstruido y nuevamente armados con el más estricto control de calidad.

Cada uno de estos talleres cuentan con el espacio y las instalaciones necesarias para dar mantenimiento al total de carros y equipos en función de la longitud de las líneas a las que se servirán, así como del intervalo entre trenes previstos para la operación, ya que con ello se determina el número total de carros por mantener, dato básico para conocer en un taller, el número de posiciones de estacionamiento requerido, el número de fosas para la revisión menor y la cantidad de equipos e instalaciones -- especiales para la revisión mayor.

Para lograr lo anterior, los Talleres Ticomán constan principalmente de las siguientes instalaciones.

A).- NAVE DE DEPOSITO DE TRENES:

Tiene una capacidad de Almacenamiento para 30 trenes y está destinado exclusivamente para su resguardo durante las horas en las que se suspende el servicio público.

B).- NAVE PARA TALLER DE VIA Y VEHICULOS AUXILIARES.

En esta Nave, se tiene reservada una área de 3,600 m². para el almacenamiento de las partes de Vía, en donde bajo un programa preestablecido se da mantenimiento a todas las Vías en general y en especial a los cambios de Vía instalados tanto en las Líneas como en el propio Taller.

Como complemento a este Taller de Vía, en Ticomán se cuenta con un edificio que aloja equipos especializados para el maquinado de los durmientes de madera, necesarios en la Vía.

C).- TALLER DE REVISION MENOR.

En esta Nave, existen Doce fosas para la revisión de los carros que -- son sometidos al programa de los 25.00 Km, y a revisiones eventuales por fa-- llas imprevistas,

Adicionalmente a estas Doce fosas, esta Nave cuenta con una Vía y fo-- sas en las que fue instalada una máquina lavadora automática para los carros con una capacidad de lavado de 6 a 8 trenes por turno.

Se cuenta también con un túnel para sopleteado de los carros, que opera una cámara de sección de los sólidos, que se desprenden al sopletear los carros con aire comprimido.

La succión de los sólidos en suspensión, se realiza a base de un sis-- tema central de colección de polvos con capacidad de 33.211 m³/s (19.536 -- PCM), instalado en un extremo del túnel y una red de Ductos colectores con - campanas de succión, colocadas estratégicamente a lo largo de la fosa y a -- ambos costados.

El sistema está diseñado para una velocidad, de captura de 4.5 m/s, - (900 ft/min), considerando que sólo cuatro de las campanas estén abiertas o en operación.

Para seguridad de los trabajadores, en esta Nave la alimentación a -- los motores de los carros, que normalmente se hace por contacto de las esco-- billas del tren con la Barra Guía de guiado en las Vías, se logra a través - de "troles" colocados en la parte superior de cada fijado en la propia estruc-- tura de la Nave.

D).- NAVE DE GRAN REVISION.

En esta nave, los carros son sometidos a la revisión programa de los - 300.00 Km. y en ella se cuenta con todo el equipo especial necesario para su revisión, como: un puente transbordador de carros, baterías de gatos para -- desacoplar las carretillas del bastidor de los carros 21 Grúas viajeras con - capacidades hasta de 7.5 toneladas, grúas radiales de capacidades varias, y -

máquinas herramientas para la reparación y fabricación de partes.

E).- VIA DE PRUEBAS.

Se cuenta con esta Vía, para que una vez reparados los carros sean sometidos a pruebas e inspección de buen funcionamiento, antes de salir a las líneas para dar servicio al público. Esta Vía tiene una longitud de 548m, en la que los carros pueden desarrollar velocidades iguales a las permitidas en la operación y similar paros y arranques.

F).- TALLER ELECTRICO.

Este es un Edificio que aloja en su interior una plataforma para pruebas de las Subestaciones de rectificación instaladas a lo largo de las Líneas, en la que son sometidos a observación todos los equipos, como; rectificadores, contactores, transformadores de potencia y ventiladores. Las instalaciones en esta plataforma fueron previstas para probar los equipos en condiciones de sobrecarga hasta 6,000 kw, y una corriente máxima de 8,000 Amp.

En este mismo edificio, se alojan áreas destinadas a la revisión y reparación de motores eléctricos, taller de telecomunicaciones, taller de electrónica en general y taller de bombas para agua.

G).- EDIFICIOS COMPLEMENTARIOS.

Además de todas las edificaciones en las que se hace propiamente el mantenimiento, Ticomán cuenta con otros edificios para dar otros servicios como son: Almacén General, Almacén de Partes Inflamables, Edificios de Servicios Generales, y Oficinas.

También Subestaciones con capacidad de 3,000 Kva y grupos compresor, con una capacidad de 26 m³/min. (954 PCM), a una presión de trabajo de 7kg/cm²., destinándose 212 PCM para la nave de pequeña revisión, 636 PCM para la nave de gran revisión y 106 PCM para la nave de taller de Vía y vehí

culos auxiliares. Se cuentan también con tres casetas de Vigilancia para tener acceso a todos los servicios, en el taller existe un importante peine de Vías, cuyos cambios son telemandados a base de itinerarios desde un puesto de maniobras (PM) en donde desde un tablero de control óptico TCO es posible formar o destruir itinerarios para la circulación de uno o más trenes a la vez, en el peine.

Para la alimentación de energía de tracción a los peines y Vías, en dos casetas de tracción se alojan todos los seccionadores y contactores varios que alimentan a cada una de las Vías, en 750 VCD, los que a su vez son alimentados desde una subestación de rectificación de 4,000 kw de capacidad.

En estos talleres se previó una cisterna para agua potable de $210m^3$.- de capacidad, equipada con bombas centrífugas horizontales de 9 H.P. y descarga de 32mm. de diámetro, con control de bombeo programado, así como un importante sistema de protección contra incendio consistente en una red de 6 pulgadas de diámetro, presurizada permanentemente a 5.4 Kg/cm^2 . y provisión para proporcionar un gasto de 40 L/s.

Los talleres El Rosario, operan en una forma muy similar a la de los Talleres Ticomán, pero no cuentan con la nave de gran revisión, taller eléctrico, ni edificio de maquinado de durmientes, ya que estos tres conceptos para el caso de las Líneas 5, 6, y 7 están cubiertos con la capacidad instalada en Ticomán.

El Rosario cuenta con 15 fosas en la nave de pequeña revisión, además de las Vías de lavado y sopleteado.

La Nave de Depósito tiene una capacidad de Almacenamiento de 40 trenes.

11.- INSTALACIONES DE VENTILACION EN ESTACIONES - V TRAMOS SUB-TERRANEOS, EN SUBESTACIONES Y - LOCALES TECNICOS.

Para las Líneas Subterráneas tipo cajón superficial, con estrados de 1 - M a 7 M, del nivel de rodamiento de la vialidad, para la ventilación de las --

estaciones, se previeron equipos mecánicos para manejar 250 M³/s de aire. En algunas estaciones, por su ubicación en plazas, no se requieren equipos mecánicos, simplemente ventilación natural, dando el área necesaria, que es de 300m² a nivel del andén, como es el caso de la Estación Etiopía y todas las estaciones de Línea 3. Para los tramos se tiene una área de 380 m² de rejilla por Km.

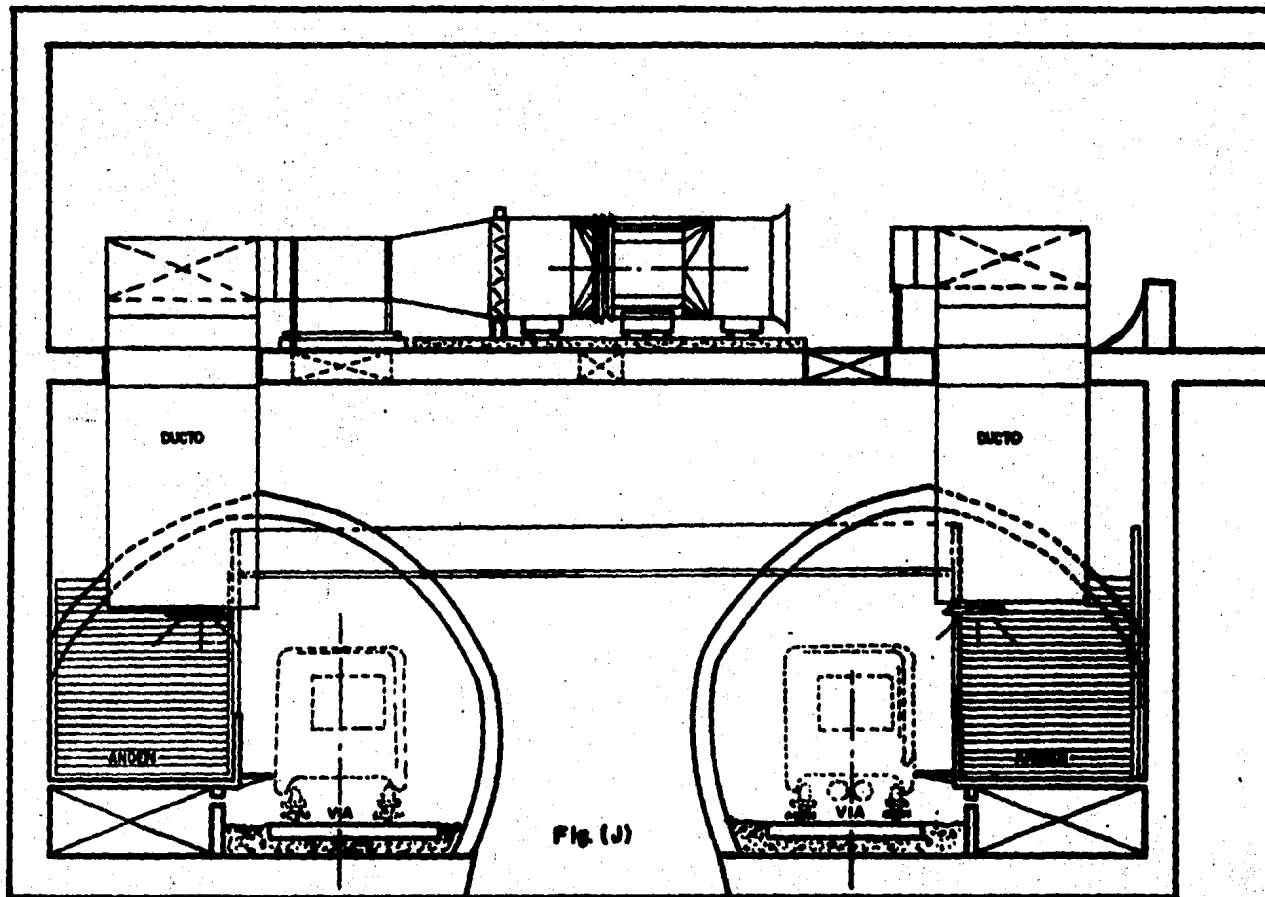
En las Líneas profundas tipo túnel, con estrados de 15 a 25 M del nivel de rodamiento de vialidad, la ventilación se efectuará en dos etapas de construcción. En la primera fase, el sistema de ventilación comprende entradas de aire natural en la estación y extracción mecánica en las interestaciones, ubicada ésta en la parte media del tramo, entre estaciones, manejando un volumen de 150 m³/s.

En la segunda fase de construcción, el sistema de ventilación se complementa en la estación teniendo, un sistema de extracción mecánico en la parte central superior de la estación, con una red de conductores, manejando un volumen de aire de 100 m³/s. Además, un sistema de inyección mecánica en las cabeceras de la estación, con una red de Ductos y Rejillas de Inyección también sobre los andenes y manejando un volumen total de aire de 150 m³/s considerando las entradas de aire natural por los accesos.

Los equipos mecánicos se ubican en las lumbreras previstas para ello, -- tal como se indica en la fig. (J).

En el sistema de ventilación de las Líneas en Túnel profundo también -- se considera la extracción de humos en el caso de un incendio, ya que los -- equipos empleados en los puestos de ventilación son axiales, con arrancadores reversibles, que pueden invertir el sentido de rotación.

El arranque y paro se efectúa desde una estación de control con selector cerca de los equipos, para su mantenimiento.



Llamamos ventilación Menor a los sistemas de extracción y ventilación de los locales de servicios técnicos, que se encuentran en las estaciones.

El sistema de extracción para los locales de servicio, como son: Sanitarios, Cuarto de Aseo, Cuarto de Bombas, Jefatura de Estación, Primeros Auxilios, y Taquillas, se calculó con renovaciones de Aire.

Se emplea normalmente un ventilador centrífugo, con una red de ductos, en los que se colocan las rejillas de extracción, excepto en taquillas.

En las puertas para las entradas del aire está prevista una rejilla con filtro.

En las taquillas se instaló un ventilador centrífugo arriba del plafón, las entradas de aire se efectúan por la puerta y la ventanilla.

El sistema de extracción y ventilación para los locales técnicos, como son: Las Subestaciones, las Acometidas de la Compañía de Luz y Fuerza, y el Local Técnico, se calculó en base a la disipación de calor de los equipos.

En Subestaciones y Acometidas, se emplea el sistema de extracción con presión negativa, teniendo entradas de aire filtrado por las puertas y un extractor para expulsar el aire caliente de las Subestaciones.

En los locales técnicos, donde se encuentran los equipos de control, se emplea un sistema de ventilación con presión positiva de aire filtrado.

12.- INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

EN ESTACIONES Y TRANOS.

La instalación hidráulica en las estaciones del Metro, comprende principalmente el suministro de agua potable hacia el núcleo de servicios, que incluye, a su vez Sanitarios para Empleados, Primeros Auxilios, y Cuarto de Aseo.

Para tal instalación, independientemente de las características de la estación, ya sea esta Elevada, Subterránea, o Superficial se tiene una cisterna con capacidad suficiente, que permite cubrir los requerimientos necesarios,

aún en el caso de cualquier falla temporal del servicio municipal.

Por medio de un equipo hidroneumático duplex de bombeo automático el agua es conducida a la presión y con el gasto necesario para los servicios.

En estaciones terminales y de correspondencia, además de estos equipos, se han instalado calentadores eléctricos de almacenamiento para abastecer de agua caliente núcleo de regaderas ubicadas en los locales de permanencias de conductores.

En todos los casos, los equipos de bombeo operan mediante un tablero de control, que alterna el funcionamiento de las bombas y detecta cualquier falla a través de una alarma ubicada en los locales de los jefes de estación.

Con el propósito de proteger de posibles inundaciones a los tramos y a las estaciones, se ha diseñado un sistema de drenaje, con ciertas características propias, que cumpla con esta función.

A).- DRENAJE EN ESTACIONES.

Las estaciones requieren de sistemas de drenaje; el primero, para desaguar las aguas provenientes de los sanitarios; el segundo, para conducir y evacuar las aguas provenientes de precipitaciones pluviales en accesos, rejillas de ventilación, filtraciones a través de los muros y las correspondientes al aseo de la estación.

Por lo tanto, para el primero de éstos, se provee a cada estación de un cárcamo para aguas negras, en el cual se instalan dos bombas del tipo sumergible, que evacúan estas aguas a un registro exterior que, a su vez, está conectado por gravedad al drenaje municipal.

Para el segundo, se consideraron dos cárcamos localizados en las cabecezas de estación, en los cuales se instalaron dos bombas por cada uno, de tipo sumergible, que evacúan, como en el caso anterior todo lo que les llega de la estación.

Los equipos de bombeo operan automáticamente mediante un tablero de -- control, que alterna el funcionamiento de las bombas y detecta cualquier falla a través de una alarma ubicada en los locales de los jefes de estación. En las zonas de vestíbulos, se tiene una red interior de drenaje y una serie de registros, con areneros que permiten dar mantenimiento a las tuberías para que éstas no se azolven.

B).- DRENAJE DE LOS TRAMOS.

El sistema de drenaje, en los tramos entre estaciones, está en función de las necesidades que se tengan si estos son elevados, superficiales, subterráneos, o profundos.

TRAMO ELEVADO.

Para este caso el sistema de evacuación es principalmente por gravedad, localizando las bajadas de aguas pluviales en todas y cada una de las columnas de concreto, que se ubican en este tipo de líneas desde su inicio hasta -- el final.

TRAMO SUBTERRANEO.

Dependiendo de las características del trazo y del perfil de una línea -- subterránea, se han localizado cárcamos de bombeo en los puntos más bajos donde concurran dos pendientes opuestos.

Se tiene en cada uno de ellos dos bombas de tipo sumergible, que evacúan el agua a un registro exterior, que a su vez está conectado por gravedad al -- drenaje municipal.

De igual forma, como en todos los casos donde se tienen los mencionados cárcamos, los equipos de bombeo operan automáticamente mediante un tablero -- de control, que alterna el funcionamiento de las bombas y detecta cualquier -- falla, a través de una alarma ubicada en la próxima estación.

El procedimiento para conducir el agua hacia los cárcamos es mediante el escurrimiento, a través del balasto, al drenaje lateral, que va ahogado en la losa y a ambos lados del cajón, por lo que se tienen registros y coladeras que captan el agua con tubos de PVC de 200mm. de diámetro.

TRAMO SUPERFICIAL.

La solución para drenar estos tramos es igual que en el caso de los tramos subterráneos, sólo que cuando es posible las aguas pluviales se drenan al colector público por gravedad.

TRAMO PROFUNDO.

Las características del drenaje en los tramos en túnel profundo de las líneas del Metro, varían en relación a los casos anteriores vistos. Para ellos, se determinó la ubicación de los cárcamos, principalmente donde se localicen las lumbreras de ventilación o de servicio, que permitan la instalación de equipos de bombeo, así como la fijación de las tuberías de descarga al drenaje municipal.

A dichos cárcamos concurren siempre dos pendientes opuestas, ya que se consideran los puntos más bajos, en relación al aperfil del trazo.

Esta solución permite eliminar los cárcamos de las cabeceras de estación, por lo que las aguas provenientes del aseo, la filtración o la lluvia, se captan por medio de un canal lateral, longitudinal, en ambos lados del túnel y se descarga el agua a través de los registros ubicados a cada treinta metros, hacia los tubos del drenaje que van hacia el cárcamo.

De igual forma, los equipos de bombeo operan, mediante un tablero de control, que alterna al funcionamiento de las bombas y detecta cualquier falla, activando una alarma ubicada en los locales de los jefes de estación más próximos.

Tanto el proyecto de las instalaciones hidráulicas como de las sanitarias, ha sido elaborado bajo las normas y lineamientos que marcan los reglamentos de Ingeniería Sanitaria y de construcción en vigor; además, tomando en cuenta la importancia del diseño estructural de pisos, muros, y techos con que cuentan las redes del Metro.

Las dimensiones de cisterna, cárcamos, trayectorias y pasos de tuberías fueron coordinadas debidamente con todas las áreas interdisciplinarias, que intervienen en el proyecto de cada estación con el objeto de que estas instalaciones cumplan con su función.

13.- SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Considerando por un lado las instalaciones existentes, así como las características, de las nuevas líneas con túneles profundos de la tercera etapa, se hizo necesario la revisión de los criterios relativos al sistema de protección contra incendio. El resultado y conclusiones de esta revisión ---dieron lugar al sistema que se describe a continuación :

A).- DESCRIPCION GENERAL.

El sistema de protección contra incendio que se implantará en las líneas del Metro de la tercera etapa, túneles y estaciones profundos. Aprovecha la diferencia de niveles entre las calles y el túnel para disponer de la presión suficiente de agua. El sistema se puede llamar de "NICHOS" o de "PUNTO" en virtud de que en este espacio se reúnen una serie de elementos que constituyen el sistema propiamente dicho, a diferencia del método - que hemos llamado "TRADICIONAL", que requiere de cisternas de almacenamiento y equipo de bombeo para llevar la presión a los hidratantes a través de -- una red de tuberías.

En este sistema únicamente se tienen dos tuberías que llegan desde -- el nivel calle en el exterior, al nicho o punto en el interior del túnel.

Una de estas tuberías es lo que se conoce como "LINEA HUMEDA", es decir; una tubería que constantemente tiene agua a presión en su interior. Esta primera línea de 51mm. de diámetro tiene su fuente de abastecimiento en las redes municipales de agua potable o de agua tratada para riego, -- cuando fuere el caso, existentes en la zona del trazo del Metro. Esta línea es húmeda, ya que en el túnel, está conectada a una manguera que se encuentra alojada en el interior de un gabinete. La segunda tubería que llega al nicho, es una "Línea Seca", cuyo extremo final en la superficie es una toma siamesa para bomberos. De igual manera que en el caso anterior esta línea seca de 64mm. de diámetro está conectada a una manguera, -- cuyo suministro de agua a presión provendrá básicamente de un carro pipa de bomberos.

En el caso de un incendio, la primera línea susceptible de utilizarse sería la humedad, dada la facilidad de obtener el agua inmediatamente y a continuación si así se requiere, se puede contar con el auxilio exterior a través de la línea seca.

Esta combinación de línea seca y húmeda y gabinetes con manguera, -- constituyen el elemento principal en el nicho. Existe de igual manera una relación entre lo que sería; corriente de tracción, gabinetes y válvulas en el sentido de que el uso de un gabinete queda condicionado a que no -- exista corriente en las Vías, pudiéndose lograr lo anterior a través de -- la operación de un bloqueo en el gabinete o directamente en las válvulas, las que en presencia de tensión no pueden ser accionadas.

Otro elemento concurrente en el nicho o punto sería la lámpara de -- alumbrado de emergencia de manera que, en el caso de interrupción de la -- iluminación normal en el túnel, se puede localizar con facilidad de equipo de emergencia y lo que es muy importante, se puede realizar una evacuación segura.

En el nicho se encuentra también un teléfono de emergencia, ya que de esta forma se puede contar con una posibilidad adicional de comunicación directa con el Puesto Central de Control, susceptible de ser usada por cualquier informador en el caso de un siniestro.

Por otro lado se ha previsto el empleo de cables a prueba de fuego y alta temperatura cuando menos para los sistemas de alumbrado de emergencia, no autónomos, así como en los sistemas de comunicaciones, dada la importancia de esas instalaciones en caso de un siniestro.

En el nicho, se tienen señales de orientación que permiten al personal del Sistema de Transporte Colectivo, bomberos o público usuario el manejo del equipo ahí instalado, así como determinar su ubicación dentro del túnel con respecto al exterior, o sea la dirección civil.

Se cuenta también con escaleras portátiles del tipo de las que tienen los carros actualmente, una en cada nicho y también a lo largo del túnel -- ya que en una emergencia una sola escalera por vagón resulta insuficiente.

En lo que se refiere al Sistema de Ventilación concebido como un todo con el sistema contra incendio, se contempla ventilación mecánica en túneles y estaciones, como se indica en la sección 11 ya que los ventiladores con los que cuenta el sistema pueden funcionar como extractores, en su operación, o como inyectores, con lo que es posible en un momento dado evacuar el humo que resulte de un incendio una vez que la ubicación de éste es conocida, permitiendo el desalojo de los usuarios sin problema .

Como complemento y para el sistema antes mencionado cumpla plenamente con su función, se han considerado los aspectos de : capacitación de personal, información al usuario, legislación, así como el desarrollo e implementación, de un plan global de combate de incendios.

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

- MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES.
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.
- REDES ELECTRICAS.
ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA.
- EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.
- MANUAL TECNICO DE CABLES DE ENERGIA.
CONDUMEX.
- NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.
PARTE 1.- INSTALACIONES PARA EL USO DE ENERGIA ELECTRICA.
SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.
DIRECCION GENERAL DE NORMAS, MEXICO 1981.
- CODIGO NACIONAL ELECTRICO (N.E.C.)
- CATALOGO ALTA TENSION.
ENERGOMEX.- SOCIEDAD ANONIMA DE CAPITAL VARIABLE.
FABRICA DE EQUIPO ELECTRICO.
- STANDAR HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS.
A. E. KNOWLTON.
- TRATADO DE ELECTRICIDAD.
2.- CORRIENTE ALTERNA.
DAWES.