

23
2 es.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**AMPLIACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION
ELECTRICA DEL CENTRO COMERCIAL
PLAZA SATELITE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
ELECTRICA - ELECTRONICA**

P R E S E N T A N:
FRANCISCO BELAUNZARAN CHAGOYA
GEMMA CARVENTE XOCHIPILTECATL
JUAN CARLOS ORTIZ JASSO
FELIPE EFREN SANCHEZ ORTA

DIRECTOR DE TESIS:
ING. AUGUSTO O. HINZTE VALDEZ



MEXICO, D. F.

1988

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

[Handwritten signature]



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Nuestro agradecimiento de
corazón a la paciencia, la
calidad humana y sobre todo a
la disponibilidad de ayudar de
nuestro director de tesis el
Ing. Augusto O. Hintze Valdez

Con infinito agradecimiento
a nuestra Alma Mater, La
Facultad de Ingeniería, y a
nuestros profesores por su
paciencia y dedicación.

"Mi fuerza reside únicamente en
mi tenacidad"

L. Pasteur

ÍNDICE

	Pag.
Introducción	I
Capítulo I Antecedentes	
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del sistema anterior	
1.2.1 De la acometida Norte hasta la subestación Poniente	1
1.2.2 Subestación principal Poniente	4
1.2.3 Subestación Poniente a la Oriente	6
1.2.4 Subestación secundaria Oriente	6
1.2.5 De la subestación secundaria Oriente a la acometida Sur	7
1.3 Acopio de elementos eléctricos y topográficos	13
Capítulo II Cargas y Clasificaciones.	
2.1 Censo de cargas	15
2.2 Análisis de cargas	16
2.3 Definición de términos	21
2.3.1 Carga instalada	21
2.3.2 Densidad de carga	21
2.3.3 Demanda	22
2.3.4 Demanda máxima	22
2.3.5 Factor de demanda	22
2.3.6 Factor de utilización	22
2.3.7 Factor de diversidad	23
2.3.8 Factor de coincidencia	24
2.3.9 Factores de demanda medios	24
2.4 Cuantificación de cargas	27
2.5 Agrupación de cargas	33

Capítulo III Cálculos

3.1	Sistema de distribución	35
3.1.1	Consideraciones básicas de diseño	35
3.1.2	Guía para la planeación de un sistema eléctrico	36
3.1.3	Características de algunos sistemas eléctricos	36
3.1.4	Red en anillo abierto	38
3.1.5	Red aérea	39
3.1.6	Sistema subterráneo	40
3.2	Regulación de voltaje	41
3.2.1	Generalidades	41
3.2.2	Impedancias	42
3.2.3	Criterio de intensidad de corriente	61
3.2.4	Criterio de caída de tensión	61
3.3	Sobrecargas y corto circuito	63
3.3.1	Impedancia de secuencia cero	64
3.3.2	Línea aérea	64
3.3.3	Línea subterránea	67
3.3.4	Cálculo de las fallas trifásicas y monofásicas	72
3.4	Diseño de la red de tierras	76
3.4.1	Introducción	76
3.4.2	Necesidad de la red de tierras	76
3.4.3	Disposiciones básicas de la red de tierras	78
3.4.4	Elementos de la red de tierras	79
3.4.5	Factores considerados en el diseño	81
3.4.6	Métodos de cálculo	84
3.4.7	Cálculo de los potencias de paso, de contacto y de malla de la red de tierras	86
3.4.8	Curva de daño del conductor 23PT 1x240	92
3.4.9	Ejemplos de alimentación de diferentes tipos de servicio	93

Capítulo IV Selección de los equipos en general

4.1	Transformadores	101
4.1.1	Generalidades	101
4.1.2	Selección de transformadores	102
4.2	Cajas de interconexión	105
4.2.1	Generalidades	105
4.3	Conductores	106
4.3.1	Generalidades	106
4.3.2	Tipo de cable seleccionado	108
4.4	Gabinete para 23 KV	109
4.4.1	Generalidades	109
4.5	Equipo de protección	110
4.5.1	Generalidades	110
4.5.2	Coordinación de protecciones	112
4.5.3	Seccionadores	113
4.5.4	Cuchillas	116
4.5.5	Interruptores	116
4.5.6	Plantas electrógenas	117
4.6	Equipos de medición	119
4.7	Descripción del sistema actual	120
4.8	Canalizaciones y registros	123
4.9	Calidad del servicio	124
4.9.1	Armónicas	125

Capítulo V Programa de actividades

5.1	Programa de obras	131
5.1.1	Anteproyecto	131
5.1.2	Proyecto eléctrico	132
5.1.3	Obra civil	132
5.1.4	Obra eléctrica provisional	132

5.1.5	Obra eléctrica definitiva	134
5.2	Seguridad	135
5.3	Costos	136
5.4	Diagrama de Gant	145
Capítulo VI Comentarios finales y conclusiones		151
Bibliografía		155
Apéndices		157

INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno, el concepto de las plazas comerciales se ha convertido en el modelo a seguir en términos de comercialización al menudeo, la importancia que han adquirido estas plazas comerciales, cobra relevancia con respecto a la manera en que los sistemas de distribución eléctrica, se han tenido que adaptar a este tipo de desarrollos, los cuales han crecido en número y en tamaño.

El tema a tratar a lo largo de este trabajo, es la adecuación del sistema de distribución eléctrica de una plaza comercial de este tipo, en condiciones de crecimiento, a fin de mostrar la manera de realizar un proyecto y obra eléctricos.

Se tomó como ejemplo el Centro Comercial Plaza Satélite, actualmente en operación, debido a su tamaño e importancia. Este centro, el primero en el norte de la ciudad, ha sido comercialmente hablando, todo un éxito económico, y la gran demanda de los consumidores motivó su ampliación y por lo tanto la modificación a su sistema de distribución.

Entre los cambios que llevaron consigo la modificación de la red eléctrica, se mencionan entre otros, la reubicación de las subestaciones y la toma de distintas trayectorias de los cables de los alimentadores hacia las mismas, el crecimiento de la red eléctrica de alumbrado, (como consecuencia de tener más espacio de estacionamiento y áreas comunes), aumento de la capacidad de sus transformadores, la instalación de una subestación compacta necesaria para la instalación de equipo de aire acondicionado en la azotea, etc.

En esta adecuación se tomaron en cuenta las últimas modificaciones de la norma oficial mexicana NOM-001-SEMP-1994 relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, particularmente en aspectos de mediana tensión, así como el efecto que las cargas no lineales producen en las instalaciones eléctricas.

Al desarrollar el trabajo se cuidaron los aspectos de calidad del servicio como son: la confiabilidad, la flexibilidad para cambios futuros, el porcentaje de regulación de voltaje permitido y la simplicidad de operación, además de incluir las condiciones de seguridad apropiadas, para evitar accidentes a las personas y pérdidas de bienes materiales.

El desarrollo se llevará a cabo como se describe a continuación:

En el capítulo I se describen los antecedentes del centro comercial, se hace una descripción breve del sistema eléctrico anterior, se muestra la ampliación que se está llevando a efecto y por último, se hace la descripción básica del sistema eléctrico, motivo de este trabajo.

En el capítulo II se hace el censo de cargas, se analizan los diversos tipos de cargas, se clasifican de acuerdo al tamaño, nivel de voltaje y al número de fases, y finalmente se agrupan de acuerdo a la subestación desde donde serán alimentadas.

En el capítulo III se describe la selección de la estructura del sistema de distribución. Se muestran los cálculos de los circuitos alimentadores en mediana tensión del centro comercial, considerando la regulación de voltaje, el tipo de conductor, las sobrecargas y el estudio de corto circuito, así como el diseño de la red de tierras, todo esto en concordancia con la normatividad eléctrica. Dado que las cargas se clasifican en tres grupos básicos, se proporciona un ejemplo de servicio de cada una de ellas.

En el capítulo IV se trata la selección de conductores, de sus canalizaciones y registros, y del equipo en general. Algunos de los equipos más importantes son los transformadores, las cajas de interconexión y los seccionadores, también se hace la descripción del sistema de protecciones que hace que la calidad de servicio proporcionado, cumpla con las normas internacionales. Asimismo se muestra el

diagrama unifilar del anteproyecto.

En el capítulo V se describe la planeación de las actividades de trabajo, tomando en cuenta las restricciones impuestas por la continuidad del servicio eléctrico durante la obra, así como las recomendaciones de seguridad para evitar accidentes en la plaza. Utilizando un diagrama de Gant, se muestran los tiempos de cada actividad, así como el traslape de las actividades de obra civil y eléctrica.

En el capítulo VI, Comentarios finales y conclusiones, presentamos la descripción de los resultados, haciendo una comparación de los tiempos programados originalmente, con los tiempos reales logrados, mencionando los aspectos más importantes a considerar para abatir la diferencia entre estos tiempos, ya que en la mayoría de los proyectos el tiempo programado no se ajusta a los tiempos de obra real.

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES

En 1970 Plaza Satélite se construyó en la zona norte del área metropolitana de la Cd. de México, con una capacidad comercial adecuada a las necesidades de ese tiempo. Siendo la primera plaza comercial de este tipo, el auge que tuvo captó de inmediato la atención de otras firmas comerciales, originando que con el transcurso del tiempo, se hiciera evidente la necesidad de ampliar las áreas comerciales, lo que provocó la modificación de sus instalaciones, consecuentemente la ampliación de la carga eléctrica instalada también se hizo necesaria. El presente trabajo se elaboró para mostrar como satisfacer la necesidad de este crecimiento.

A fin de que el lector se familiarice con la nomenclatura práctica de los materiales, a lo largo de este trabajo usaremos términos que se usan dentro de las normas de la empresa suministradora Luz y Fuerza del Centro (LYFC), se muestran algunas de las normas que describen los materiales utilizados. En proyectos de este tipo, es importante cuantificar las instalaciones existentes, con el objeto de tratar de utilizar la mayor parte de ellas en las nuevas y así economizar lo más posible.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR

La fig. 1.1a muestra en forma de diagrama de bloques las instalaciones originales de la plaza con referencia a los alimentadores de las subestaciones de la suministradora involucrados. La fig. 1.1b muestra el diagrama unifilar original de la plaza partiendo de sus dos acometidas.

1.2.1 De la acometida norte hasta la subestación poniente.

Se cuenta con dos acometidas, una en el lado sur de la plaza y otra en el lado

DIAGRAMA ORIGINAL

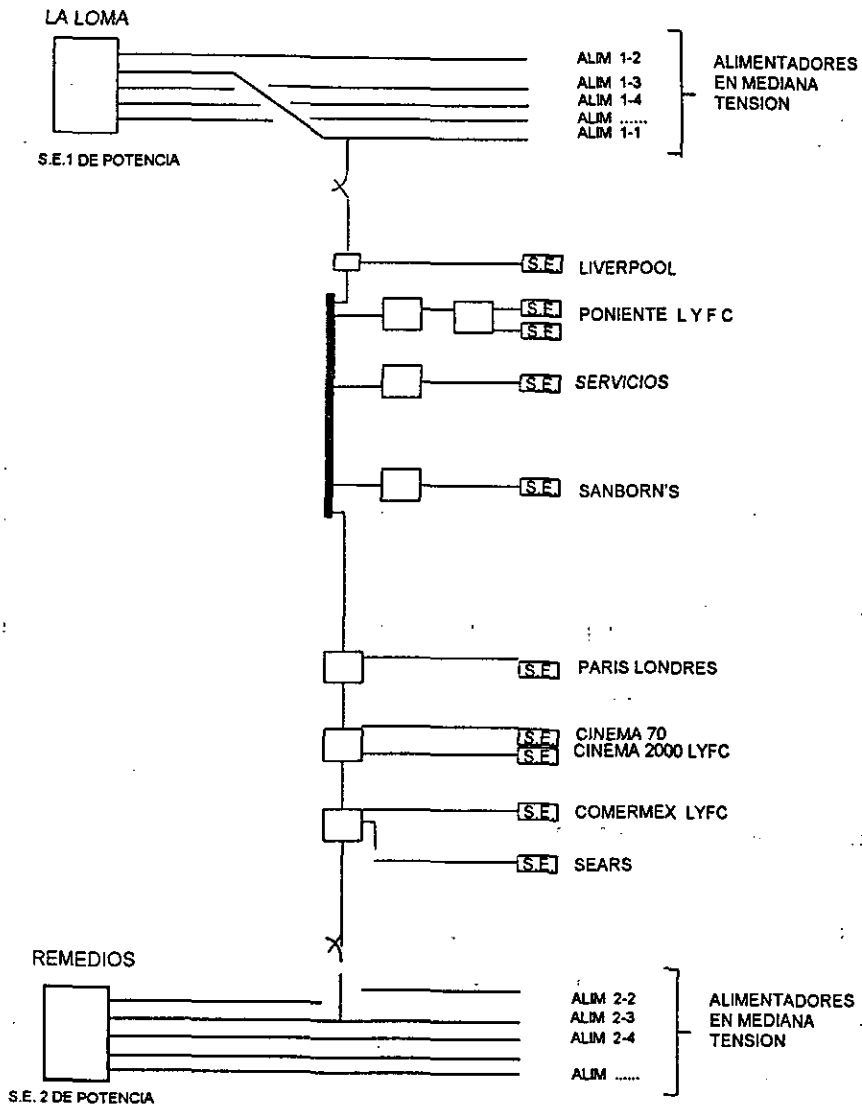


Fig. 1.1a

DIAGRAMA UNIFILAR ORIGINAL

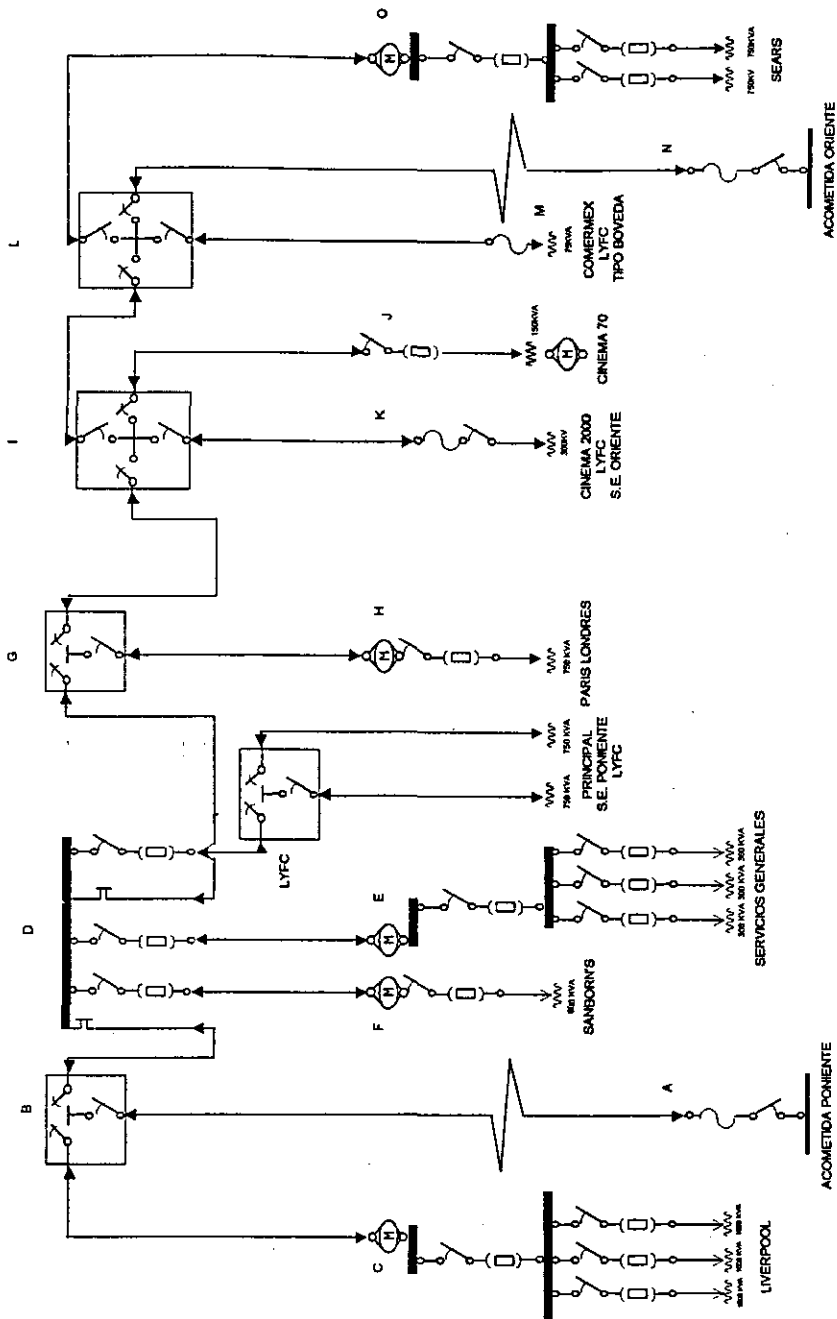


Fig 1.1b

norte. La acometida del lado norte se encuentra fijada y soportada por un poste de acero donde está la transición aérea - subterránea en un camellón que separa el Circuito Centro Comercial del Circuito Científicos enfrente de la calle de Federico T. de la Chica, a 300 m al oriente del Boulevard M. Ávila Camacho. Dicha transición consta eléctricamente de un juego de tres cortacircuitos fusibles D-23-220, un juego de tres apartarrayos DV-23, tres terminales enchufe 23 E 1x240 P, tres cables 23 PT 1x240, el herraje de soportería y los tubos protectores contra daños mecánicos al pie del poste hasta una altura de 3 m.

En la salida de la plaza hacia el Periférico frente a los almacenes Liverpool, la trayectoria que corre de norte a sur, quiebra hacia el oriente y se interna al estacionamiento de la plaza siguiendo en línea recta hasta llegar a la acera de Liverpool, donde se halla localizada una bóveda subterránea que aloja una caja CS-23-3500 de derivación de tres vías. La primera está ocupada por los cables de llegada, la segunda se dirige a la subestación unitaria compacta de Liverpool y la tercera sigue la trayectoria hacia el sur para cerrar el anillo en un punto remoto. Pero antes llega a la subestación principal de la plaza pasando por cuatro registros alineados de norte a sur y dando vuelta hacia el poniente entra al ámbito de la subestación.

1.2.2 Subestación Principal Poniente.

Aquí los conductores desembocan en un bus formado por tres barras de cobre de forma cilíndrica, fijado a la pared y soportado por medio de aisladores unidos a varias crucetas de hierro.

Los conductores antes de entrar al bus pasan por un juego de cuchillas desconectoras y con terminales enchufe 23E 1x240 P. Este bus consta de cinco secciones, cada una de las cuales contiene una derivación, como se describe a continuación:

De la primera sección a través de un juego de cuchillas de 600 A de capacidad y de un juego de cortacircuitos - fusibles que tienen la función de seccionar y proteger al circuito que alimenta a "Sanborn's" por medio de tres cables 23TC 1x35 que llegan al equipo de medición de 23 KV que se encuentra dentro del gabinete de la subestación unitaria compacta con un transformador de 600 KVA.

La segunda sección del bus corresponde a la llegada del alimentador norte mencionado anteriormente. En esta sección al igual que la tercera, no existen portafusibles como en las restantes, únicamente cuchillas de seccionamiento de operación sin carga.

De la tercera sección sale el circuito formado por tres cables 23 PT 1x240, que cerrará el anillo más adelante conectándose antes con otros elementos que se describirán posteriormente.

En la cuarta sección del bus a 23 KV existen las cuchillas, los portafusibles y las terminales del cableado que alimenta a la subestación de LYFC ubicada en el mismo local que el bus, la cual se conforma de dos transformadores de 750 KVA cada uno, que alimentaban a la gran mayoría de los servicios menores en baja tensión antes de que se efectuara la remodelación. Los conductores antes de llegar a los transformadores se bifurcan en un equipo apropiado para ello, que es la caja de derivación CS-23-3-500.

Del secundario de cada uno de los transformadores salen los conductores de baja tensión 220V/127V y se dirigen a dos juegos de buses. Estas seis placas de cobre se encuentran fijadas a los muros de este local. En un local contiguo al de esta subestación se encontraban las concentraciones de medidores y los equipos de medición, ambos en baja tensión, así como los correspondientes interruptores generales de cada local. La alimentación de estas concentraciones y equipos provenía de los dos juegos de buses a través de los conductores de la capacidad adecuada a la carga por servir.

En la quinta y última sección y con el mismo arreglo eléctrico de cada derivación salen tres conductores monopares hacia la subestación de servicios generales (alumbrados de estacionamientos interiores y exteriores, pasillos, escaleras eléctricas, aire acondicionado de áreas comunes, bombeos, etc.) que se encuentran en un local anexo. Tales conductores llegan a la medición de tres transformadores de 300 KVA cada uno.

1.2.3 De la subestación poniente a la oriente.

A partir de la tercera sección del bus en 23 KV los conductores abandonaban el ámbito de la subestación poniente y se dirigían al oriente, adentro de ductos de asbesto-cemento, hasta llegar a otra bóveda subterránea que aloja a otra caja de derivación de tres vías, en una de las cuales sale el cableado a la subestación de "Suburbia" (antes París Londres) y las otras dos para la llegada y la salida del alimentador que cierra el anillo. En la subestación de Suburbia se localiza el equipo de medición en 23 KV y un transformador de 750 KVA.

Siguiendo la trayectoria del alimentador llegamos a otra bóveda subterránea donde hay una caja de derivación de cuatro vías (CS-23-4-500), que sirven dos de ellas como enlace para seguir la trayectoria del anillo. La tercera vía se usaba para alimentar en un segundo piso, a la subestación unitaria compacta "Cinema 70" que desaparecería con la remodelación al cambiar de lugar los cines. La medición de este consumo se efectuaba del lado del secundario del transformador tipo poste (colocado en piso) de 150 KVA con un medidor a 220V/127V. La cuarta vía de la caja se usa para alimentar una subestación de LYFC (la subestación secundaria oriente) a través de sus correspondientes conductores.

1.2.4 Subestación secundaria oriente.

Esta Subestación, también llamada "Subestación Cinema 2000", al igual que en el caso anterior se conecta a un transformador de 300 KVA tipo poste, con la

diferencia de que éste es propiedad de LYFC; del lado secundario de este transformador se alimenta a un bus blindado de ocho vías, las mismas que se usan para conectar el cableado que sale de éste local y entra a través de un pasamuros, al cuarto de medición que aloja la concentración de medidores de unos cuantos locales comerciales que se ubicaban del lado oriente de la plaza.

1.2.5 De la subestación secundaria oriente a la acometida sur.

De la caja de cuatro vías siguiendo el alimentador principal, llegamos a otra bóveda subterránea que contiene una caja CS-23-4-500, una de sus derivaciones se dirige a otra bóveda subterránea más. Este pozo aloja a una subestación tipo bóveda, llamada ComerMex que contiene un transformador DCS (Distribución Comercial Subterránea) de 75 KVA propiedad de LYFC; a sus cables secundarios y a un bus cubierto de seis vías y 800 A de capacidad. A partir del cual salen los alimentadores en BT para suministrar el servicio del banco, con medidores ubicados en su local y no en el cuarto de medición como en las subestaciones anteriores propiedad de LYFC ya que no existe tal cuarto. La otra derivación se dirige a la subestación unitaria compacta de "Sears" con una medición en mediana tensión y dos transformadores de 750 KVA cada uno.

Siguiendo la trayectoria del alimentador principal a partir de la última caja de derivación de cuatro vías, nos dirigimos hacia el oriente, saliendo de la plaza, en la banqueta y quebrando hacia el sur, cruzamos la calle de C. Arrellano y llegando a la calle de Francisco Novelo cambiamos de dirección hacia el oriente nuevamente, cruzando la avenida llegamos al poste donde se encuentra la acometida sur y la transición aérea - subterránea que se conforma exactamente de la misma manera que se describió la acometida norte.

En la tabla 1.1 se da la descripción del sistema anterior en forma tabular y en la figura 1.2 se describe la ubicación de las trayectorias y equipo en general, con el objeto de clarificar y de que el lector tenga una mejor idea de las instalaciones. En

otros capítulos de este trabajo aparecerán normas (especificaciones y descripciones de los equipos y materiales), tratando de que al final de esta tesis se conozcan todos los elementos que intervinieron.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR (TABULAR)		
A	Acometida Transición aérea - subterránea	3 Apartarrayos corta circuito 23 3 Terminales enchufe 23E 1x 240P
A-B	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23PT 1x240
B	Caja de interconexión	1 Caja CS-23. 3.500
B-C	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x35
C	Subestación de Liverpool	1 Equipo MTS 23 3 Transformadores de 1000 KVA
B-D	Tramo alimentador principal	3 Cables 23PT 1x240
D	Subestación Poniente	1 Bus abierto 23 KV de 5 secciones 5 Juegos de cuchillas 5 Juegos de terminales 3 Juegos de portafusibles 5 Tramos de alimentadores 1 Caja de interconexión 2 Transformadores de 750 KVA 1 Bus de baja tensión.
D-E	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x35
E	Subestación de servicios generales	1 Equipo MTI 23/50 3 Transformadores de 300 KVA
D-F	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x 35
F	Subestación Sanborn's	1 Equipo MT 20 1 Transformador de 600 KVA
D-G	Tramo alimentador principal	3 Cables 23 PT 1 x 240
G	Caja de interconexión	1 Caja CS 23.3.500
G-H	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x35
H	Subestación Paris y Londres	1 Equipo MTS 23 1 Transformador de 750 KVA
G-I	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23PT 1 x 240
I	Caja de interconexión	1 Caja CS 23.4.500
I-J	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x35
J	Subestación Cinema 70	1 Transformador de 150 KVA 1 Equipo MBP600
I-K	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x35
K	Subestación Oriente Cinema 2000	1 Transformador de 300 KVA 1 Bus Cerrado FS 8 800
I-L	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23 PT 1 x 240
L	Caja de interconexión	1 Caja CS 23.4.500
L-M	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x35
M	Subestación Tipo bóveda Comermex	1 Transformador de 75 KVA 1 Bus FS6800
L-N	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23 PT 1 x 240
N	Acometida Transición aéreo - subterránea	3 Terminales enchufe 23E 1x240P 3 Apartarrayos corta circuitos 23
L-O	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1 x 35
O	Subestación Sears	1 Equipo MTS 23 2 Transformadores de 750 KVA

Tabla 1.1

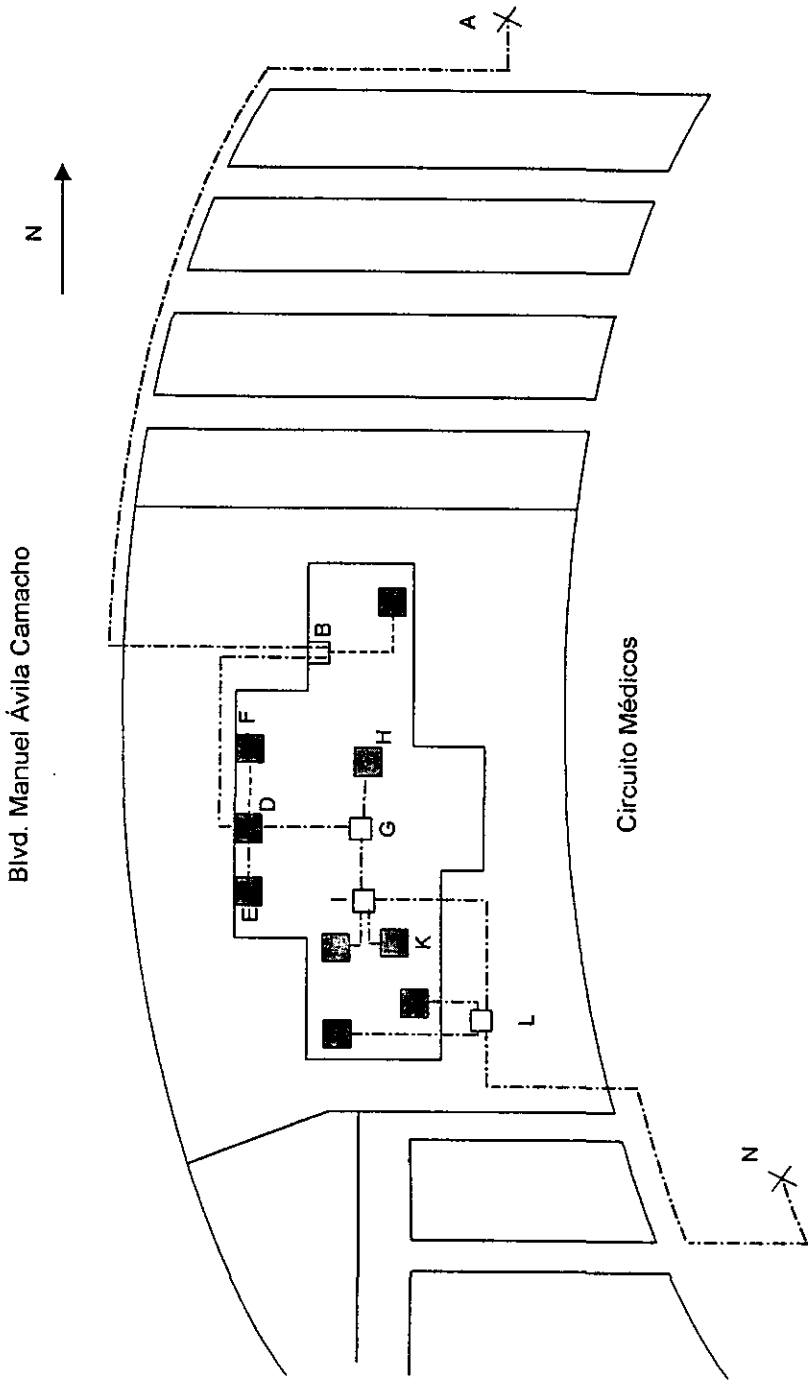


Fig. 1.2

Puede notarse que la alimentación del centro comercial se implementó desde un principio en configuración de red en anillo con dos fuentes de alimentación. El criterio que se utilizó para seleccionar este arreglo, según LYFC es debido al tipo de servicios que se van a proporcionar, en este caso varios usuarios en un solo predio consumiendo en conjunto una carga mayor a 800 KW.

El utilizar este arreglo permite tener una mayor flexibilidad para el manejo de las cargas en situaciones de variación en cantidad, ubicación de ellas, agrupamiento hacia las subestaciones que las alimentaran y en el caso de que varíen de magnitud. Además proporciona mayor continuidad de servicio al disminuir significativamente los tiempos de interrupción a prácticamente cero en condiciones de falla o de mantenimiento.

El proporcionar a este tipo de servicios una red en anillo con dos fuentes de alimentación, donde cada acometida se derivará de un alimentador distinto al de la otra, tiene sus ventajas anteriormente mencionadas, y desventajas que pueden ser: mayor costo inicial, dificultad para encontrar los puntos de falla en los cables del sistema primario en anillo (doble alimentación), la peligrosidad de que al momento de dar mantenimiento se encuentren los dos alimentadores energizados y el personal solo desconecte uno.

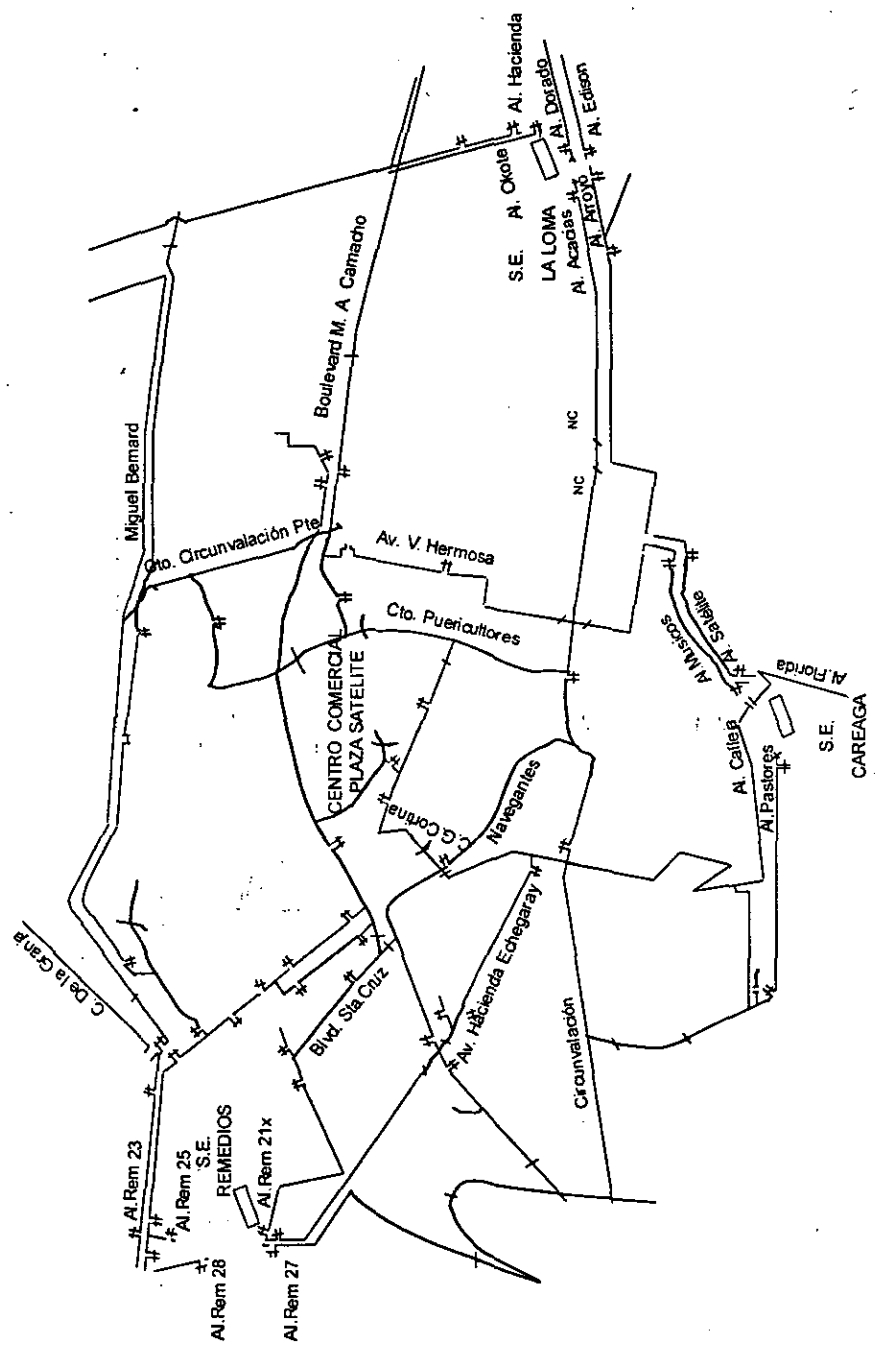
Aumentar cargas en la red de mediana tensión, produce efectos en la misma que modifican sus condiciones originales. Habrá cargas que aunque influyen en la red, sus efectos no hacen necesario modificar su operatividad y pueden seguir actuando según su estado original, es decir sin modificar el calibre de los conductores ni sus trayectorias, tampoco es necesario instalar o reubicar juegos de cuchillas que flexibilizan la distribución. Hay otras que por su tamaño o sus características hacen necesario introducir cambios en la propia red y no solamente hay que tomar en cuenta dichos cambios, sino a veces los efectos que la carga produce, se llevan hasta los transformadores de las subestaciones de potencia y se debe verificar si tienen la capacidad suficiente para alimentar la carga adicional.

Al aumentar la carga instalada en el centro comercial se hizo necesario revisar la red de mediana tensión que lo alimenta, así como las subestaciones de potencia a las que están conectados los alimentadores que transportan la energía hasta la plaza comercial.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se proporciona un breve panorama de los aspectos principales que intervinieron en ella, se describirá más adelante las modificaciones efectuadas en la red para que pudiera soportar el aumento de carga necesario a fin de que todos los usuarios disfruten de un servicio adecuado para las características económicas propias del lugar. Con respecto a la capacidad de las subestaciones conviene decir que el aumento representó un pequeño porcentaje de su capacidad y que estuvieron en condiciones de asimilar la carga sin efectuar cambio alguno, es decir no se llegó al grado de saturación.

Al efectuar los estudios de los alimentadores se hizo la consideración de que el tamaño de la plaza (1000 x 600 m) no es comparable con la longitud de los alimentadores y por tanto se tomó la carga como puntual aunque para un análisis de la misma sí sea necesario tomar en cuenta las dimensiones de la plaza ya que está distribuida en diferentes puntos. Haciendo referencia a la fig. 1.3, se describirá la ubicación de las subestaciones y alimentadores que intervienen en el suministro de la plaza.

Existen tres subestaciones que intervinieron en la alimentación del centro comercial, una al norte (La Loma) otra al oriente (Careaga), y la tercera al sur (Remedios), de las cuales salen los alimentadores Ocote y Acacias (de La loma), Músicos y Calleja (de Careaga) y Remedios 21 , 23 y 25 (de Remedios). Cabe aclarar que dentro de la operación de la red, las 3 subestaciones no alimentan al centro comercial al mismo tiempo, sino solo dos de ellas (ver conclusiones y comentarios en el Cap. VI).



1.3 ACOPIO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y TOPOGRÁFICOS

Dentro de la información necesaria sobresale el número de servicios que se requiere alimentar, la carga de cada uno de ellos y su demanda. Además de estos valores hay otros datos que son necesarios tomar en cuenta tales como el voltaje de suministro, el número de fases y también la ubicación de cada uno de los servicios dentro de la plaza es decir la entrega de una lista que contenga en columnas:

- a) El número progresivo de los servicios
- b) La razón social o nombre de los solicitantes
- c) La carga instalada en watts
- d) La carga demandada en watts

Asociados a esta lista se encuentra el conjunto de planos arquitectónicos que contengan las vistas en planta de los dos niveles comerciales y de tránsito de la plaza, con todos los lotes que requieren el servicio, claramente divididos unos de otros, y cada uno de ellos marcado con el número correspondiente de la lista mencionada. Esto con el objeto de saber posteriormente a que subestación o concentración de medidores se va asignar cada uno de los servicios y determinar en que lugar se instalarán los wathorímetros, ir al mismo tiempo balanceando las fases de cada circuito y calculando la carga que soportaría, para no excederse en alguno. En cada concentración se ubican los interruptores generales de cada servicio y desde ahí se sigue la trayectoria de la alimentación hasta el local de que se trate .

Otros datos importantes que es necesario conocer son las áreas que la suministradora solicita para alojar sus instalaciones, hablamos de las subestaciones transformadoras, de los buses para distribuir en baja tensión y también las superficies adyacentes para alojar los bastidores que forman las concentraciones y sus medidores. Estas áreas tendrán el espacio suficiente para que los equipos quepan con la mínima holgura, para tránsito de personal y de equipos. El área mínima que se solicita por subestación es de 4 x 6 m con una altura no menor de

2.5 m. También se solicita un espacio que forme una vía, de sección recta de 3 m de ancho por 2.5 m de altura, desde el exterior, hasta el ámbito de la S.E para poder trasladar los equipos desde el exterior sin obstáculo alguno.

A partir de la observación de estos planos se solicitan también franjas de terreno que no crucen por debajo o por encima de ningún local, según sea línea subterránea o aérea. Tales franjas se reservan para alojar los bancos de ductos, con diferentes números de vías según el número de circuitos que contengan. Dichos bancos unen los registros, pozos de visita, las subestaciones y llegan a la base del poste en el exterior de la plaza donde se encuentra la transición aérea subterránea.

Teniendo una visión de conjunto y dividiendo toda el área de la plaza en cuatro partes aproximadamente iguales, se procedió a visitar las cuatro áreas de suministro de energía y de medición para tener las fuentes de alimentación, lo más cerca posible del centro de carga correspondiente a cada una de ellas. A través del técnico representante del centro comercial se hace la petición de dichas áreas, esperando su aprobación, rechazo o modificación a las propuestas después de consultar a los propietarios. Por medio de un proceso basado en protocolos se realiza la cesión de estas áreas para uso exclusivo de la suministradora durante todo el tiempo que se proporcionen los servicios, en la que se especifica: el área de las franjas, su profundidad, el área de los registros, de las subestaciones, de los cuartos de medición, de las servidumbres de paso, garantizadas las 24 hrs. del día y los 365 días del año, la liberación a LYFC de la responsabilidad de los accidentes que pudiesen ocurrirle al personal de la plaza no apto para manejo de estas instalaciones y no exigencia de indemnización en estos casos, la aceptación de los cargos por daños a las instalaciones causados por personal de la plaza o por sus visitantes y otras cláusulas donde se especifican cuestiones legales que están fuera del tema de este trabajo.

CAPITULO II CARGAS Y CLASIFICACIONES

2.1 CENSO DE CARGAS

Esta parte del trabajo es principalmente de investigación, llevada a cabo en lugares tales como concentraciones de medidores de servicios vigentes que se encuentran cercanos a los transformadores de LYFC, identificando el número de serie, el número económico y la capacidad de los medidores; en las agencias foráneas o sucursales de la paraestatal donde existen archivos de los contratos que se han formulado en forma sucesiva, en donde aparece la razón social, la dirección, los cambios de nombre y/o cargas; y en los mismos locales comerciales con los usuarios. La persona responsable de solicitar el estudio técnico - económico tendrá que entregar un conjunto de documentos en los cuales aparezcan los datos arriba mencionados, los cuales le serán requeridos para la elaboración del estudio.

De los datos obtenidos por medio de los procedimientos anotados, se desprende que la cantidad de servicios existentes es de 144, con una carga instalada de 7,968KW y los servicios nuevos serán 110.

Como se trata de una remodelación, la mayoría de los servicios existentes permanecerán en el mismo lugar ocupando el número de local(es) que tenían originalmente, aunque algunos de ellos, definitivamente cambian de sitio obteniendo más o menos locales que los que tenían. Algunos otros disminuyeron o aumentaron el número de locales que disfrutaban, sin tener que cambiar de emplazamiento. Otros más adquirieron uno o más locales, ubicados en otras zonas del mismo centro comercial, con el objeto de disponer de dos o más puntos de distribución de sus productos o servicios independientemente de su situación anterior .

Por último existen los inquilinos que adquirieron los locales que quedaron disponibles y que se consideran como nombres comerciales nuevos en la plaza .

A continuación mostramos una síntesis de las cargas instaladas

Número	Razón Social	Medición	Carga (KW)
1	Servicios Generales	MT-23	2,219.170
2	Sanborn's	MT 23	480.000
3	Liverpool	MT-23	2,400.000
4	Suburbia	MT-23	600.000
5	Deportes Martí	MT-23	161.000
6	Sears	MT-23	1,600.000
7	246 Servicios Menores	15 -100	3,825.215
8	Wings	MT-23	268.000
9	Palacio de Hierro	MT-23	2,400.000
		TOTAL	13,953.385

Tabla 2.1

2.2 ANÁLISIS DE CARGAS

Los servicios al cuantificarse caen dentro de rangos específicos predeterminados, para cada uno de los cuales existe una división en unidades de potencia, en los que se agrupan, a continuación se muestra tal división.

Rango (KW)	Número de Fases	Tipo
$1 < x \leq 4$	1	Regular
$4 < x \leq 8$	2	Regular
$8 < x \leq 25$	3	Regular
$25 < x$		Especial Baja Tensión o Mediana Tensión

Tabla 2.2

En los servicios regulares, la determinación de que los servicios se ubiquen en una, dos o tres fases está fijada por la carga instalada y no por la demanda.

En el caso de los servicios especiales, son todos de tres fases, el equipo de medición que se utiliza y la tarifa que se aplica, la determina la demanda y el uso al que se destine la energía .

De los servicios especiales en mediana tensión (MT) hay que decir que si la demanda es menor a 200 KW el equipo de medición se instala en el lado secundario del transformador del usuario y se usa un equipo similar a los especiales en baja tensión (BT), pero si la demanda supera los 200 KW se instala un equipo que mide del lado primario del transformador .

El significado de estos términos es aplicable a las diferentes tarifas que existen en la ley del servicio público de energía eléctrica y el vocablo "regular" se aplica a la tarifa no. 2 que encuadra a los servicios con demanda hasta de 25 KW, excepto para aquellos diferentes a los que especifica la tarifa.

La palabra "especial" se usa para dos tipos de tarifa, una para BT y otra para MT, la no. 3 se destina a todos los servicios en BT para cualquier uso con demanda mayor de 25 KW, excepto para aquellos servicios que exista otra tarifa específica y la no. 8 u OM (Ordinaria Mediana Tensión) que se destina para la compra de energía con una demanda de 20 KW o más en MT.

En términos generales, las tarifas se aplican dependiendo de las características particulares del servicio que se considera, en la tabla 2.3 se muestran dichas tarifas.

La división, selección y ordenamiento de las cargas según su magnitud y voltaje es con el objeto de incluirlos, en primer lugar en los rangos de operación de los diferentes equipos de medición y como segundo lugar en el tipo de tarifa que el usuario desee que se le aplique. En este punto hay que aclarar que el usuario

puede decidir el tipo de tarifa aplicable cuando su carga excede de 25 KW según se establece en la legislación aplicable vigente, aunque LYFC sugiere que se

TARIFAS ACTUALES			
Núm.	Descripción	Tipo	Aplicación
1	Servicio Doméstico	Específica	Se aplica a todos los servicios que destinen la energía eléctrica para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada vivienda. Solo se suministrará en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
1-A	Servicio Doméstico	Específica	En localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 25° C como mínimo durante dos meses consecutivos o más. Cuando alcance el límite indicado durante tres o más años de los últimos cinco de que se disponga información por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
1-B	Servicio Doméstico	Específica	Los mismos conceptos anteriores pero para 28° C
1-C	Servicio Doméstico	Específica	Los mismos conceptos anteriores pero para 30° C
1-D	Servicio Doméstico	Específica	Los mismos conceptos anteriores pero para 31° C
1-E	Servicio Doméstico	Específica	Los mismos conceptos anteriores pero para 32° C
2	Serv. Gral. hasta 25 KW	General	Serv. Gral. en B.T. hasta 25 KW de demanda
3	Serv Gral. más de 25 KW	General	Serv. Gral. en B.T. más de 25 KW de demanda
5	Servicio de Alumbrado Público	Específica	Se aplicará al suministro de energía eléctrica en B.T. y M.T. en las zonas conurbadas del D.F. , Monterrey y Guadalajara
5-A	Servicio de Alumbrado Público	Específica	Los mismos conceptos pero para el resto del país
6	Bombeo Aguas Potables	Específica	Serv. Púb. de Bombeo de aguas potables y negras
7	Servicio Temporal	General	Serv. Temporal en B.T. para cualquier uso
9	Riego Agrícola	Específica	Bombeo de Agua para riego agrícola en B.T.
9-M	Riego Agrícola	Específica	Bombeo de Agua para riego agrícola en M.T.
O-M	Ordinaria Media Tensión	General	Serv. v. Gral. M.T., demanda menor a 500 KW
H-M	Horaria Media Tensión	General	Horaria en M.T., demanda de 500 KW ó más
H-S	Horaria Alta Tensión	General	Horaria A.T. nivel subtransmisión 35 a 220 KV
H-T	Horaria Alta Tensión	General	Horaria A.T. nivel transmisión 230 KV ó más

Tabla 2.3

aplique la tarifa de mediana tensión para cargas mayores de 100 KW, toda vez que esta empresa dispone de transformadores de la capacidad adecuada, para proporcionar estos niveles de necesidad y menores.

Cabe indicar que el tratamiento de los servicios no es el mismo para los que se encuentran ubicados dentro de centros comerciales, edificios de oficinas, etc., que para los servicios individuales, es decir, para aquellos en los que hay un servicio y un solo equipo de medición por lote numerado oficialmente, aún cuando los primeros tengan la misma carga instalada que aquellos que no forman parte de los centros comerciales, donde las mediciones se concentran en lugares predeterminados, que son de utilidad común, para todos los servicios que pertenezcan al área de influencia de la subestación que los alimenta. Normalmente en la ciudad, para los servicios individuales existe una red de baja tensión a lo largo de las calles y avenidas a la que se conectan los servicios; la red general esta formada por redes más pequeñas a las que alimenta un transformador de la capacidad adecuada, generalmente no mayor de 112.5 KVA, en el caso de que la red sea aérea y desde 75 KVA hasta 750 KVA cuando la red es subterránea, dependiendo estos últimos valores de la densidad de carga (KW / Km²) del área que se trate.

Los equipos de medición disponibles para atender los servicios solicitados se encuentran listados en la tabla 2.4

Por las razones anteriores, en los centros comerciales o en cualquier edificación que pertenezca a un solo predio y que contenga un gran número de servicios, se debe disponer de un área del tamaño adecuado para alojar el o los transformadores, que suministrarán los servicios en baja tensión, otro espacio para alojar a los equipos de derivación e interconexión, en caso de que sean necesarios los servicios en alta tensión y en tercer lugar una superficie para alojar las concentraciones y los equipos de medición para los servicios en baja tensión.

EQUIPOS DE MEDICIÓN			
Equipos de Medición	Rango de Medición		Usos
Wathorímetros 15/100	0 A	100 A	Servicio regular de 1,2 y 3 fases
EMBP 150/5	75 A	150 A	Servicios especiales 3 fases BT
EMBP 300/5	151 A	300 A	Servicios especiales 3 fases BT
EMBP 600/5	301 A	600 A	Servicios especiales 3 fases BT
MTS 23-5	0 A	5 A	Servicios especiales 3 fases MT
MTS 23-15	6 A	15 A	Servicios especiales 3 fases MT
MTS 23-50	16 A	50 A	Servicios especiales 3 fases MT
MTS 23-150	51 A	150 A	Servicios especiales 3 fases MT
MTS 23-300	151 A	300 A	Servicios especiales 3 fases MT
MTS 23-600	301 A	600 A	Servicios especiales 3 fases MT

Tabla 2.4

Además de los espacios mencionados con anterioridad, hace falta disponer de franjas sobre el terreno para zanjar y tender los ductos que alojarán a los diferentes cables alimentadores, sean de alta o baja tensión, que llegan a las subestaciones con la alimentación de la línea o líneas exteriores, a los que salen con la alimentación hacia las concentraciones de medidores, a los servicios individuales de alta tensión con cargas elevadas o a las subestaciones de la suministradora que alimenta los numerosos servicios pequeños de los centros comerciales. Estas franjas de canalización, estarán ubicadas en trayectorias que se encuentren libres de obstáculos, es decir evitar colocarlas bajo oficinas, tiendas o habitaciones, a fin de que las personas que habitualmente se encuentren laborando, conviviendo o morando en ellas no corran riesgos que se pueden presentar debido a los voltajes que se utilizan. Tampoco deben cruzar lugares de difícil acceso a los ductos para hacer reparaciones o dar mantenimiento cuando sea necesario, tal como cajones de estacionamiento, lugares de almacenamiento, etc. Los lugares adecuados para colocar estas canalizaciones subterráneas, son aquellos sitios que se encuentren al aire libre como el centro de las vialidades de los estacionamientos descubiertos, el centro de las vialidades de los estacionamientos cubiertos, los pasillos peatonales

descubiertos y cubiertos. Por último, hay que considerar los ductos cubiertos por techos, muros o losas localizados en forma visible en lugares poco accesibles a personas comunes.

Todas esas áreas son necesarias para la instalación de los alimentadores, de los equipos transformadores, de las protecciones eléctricas, de la medición y de la protección de la red individual de cada local, desafortunadamente son espacios muertos para efectos de recuperación de inversión, ya que se tienen que ceder para estos fines y no son comerciables, por lo que es necesario conocer las dimensiones de ellos antes de determinar el costo por m^2 de la venta de los locales o de su renta y los propietarios de los centros comerciales normalmente se oponen a esta cesión.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Es conveniente hacer un paréntesis para recordar algunos términos que se utilizarán con regularidad durante los cálculos y aún dentro de la clasificación de los servicios, de modo que a continuación se presentan las definiciones de esos términos.

2.3.1 Carga Instalada

Es la suma de las potencias nominales de los equipos conectados en una zona determinada, se expresa generalmente en KVA. (El tipo de carga se manejará en KVA para calcular las carátulas en KW).

2.3.2 Densidad de Carga

Es el cociente de la carga instalada entre la zona considerada (área), se expresa generalmente en KVA

2.3.3 Demanda

Es la potencia consumida por la carga expresada en Watts, Volt-amperes, etc. a un determinado factor de potencia, generalmente es tomada en un intervalo de tiempo bien definido.

2.3.4 Demanda Máxima

Es la mayor de las demandas que se tiene en un periodo especificado en un sistema o en una instalación.

2.3.5 Factor de Demanda

El Factor de Demanda, en un intervalo de tiempo (t), de una carga es la razón entre la demanda máxima y su carga totalizada. El factor de demanda generalmente será menor que uno; siendo unitario, sólo cuando durante el intervalo considerado, todos los aparatos conectados a la carga estuviesen consumiendo sus potencias nominales. Este concepto se expresa como:

$$FD = \frac{D_m(t)}{C_i}$$

Donde :

D_m : es la demanda máxima en un intervalo de tiempo.

C_i : es la carga total instalada.

2.3.6 Factor de Utilización

Es la relación de la demanda máxima de un sistema, entre la capacidad nominal del sistema. Mientras el factor de demanda indica el grado al que la carga total conectada es abastecida, el factor de utilización indica el grado al que el sistema esta siendo aprovechado durante el pico de carga respecto a la capacidad nominal.

2.3.7 Factor de Diversidad

Al proyectar un alimentador para un consumidor deberá tomarse en cuenta siempre su demanda máxima, debido a que este impondrá al cable condiciones más severas de carga y de caída de tensión; sin embargo cuando más de un consumidor es alimentado por un mismo cable, deberá tomarse en cuenta el concepto de diversidad de cargas ya que sus demandas no coinciden en el tiempo.

Esta diversidad entre las demandas máximas de un mismo grupo, se establece por medio del factor de diversidad, definido como la razón de la sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto, por tanto de la definición anterior, fácilmente se deduce que este factor será en la mayor parte de los casos mayor que la unidad, es decir: $F_d \geq 1$

Matemáticamente F_d se expresa como :

$$F_d = \frac{\sum_{i=1}^n D_{mi}}{D_{M \text{ sis}}}$$

Donde :

F_d : Factor de Diversidad

D_{mi} : Demanda individual

D_{Msis} : Demanda del sistema

Este factor podrá aplicarse entonces a diferentes niveles del sistema; es decir, entre consumidores energizados desde un mismo cable, entre transformadores de un mismo alimentador, entre alimentadores pertenecientes a una misma fuente o S.E. de distribución, o entre S.E. de un mismo sistema de distribución; por lo tanto, resulta importante establecer el nivel en el que se quiera calcular o aplicar el F_d , en la tabla 2.5 se muestran los rangos de valores de este factor entre transformadores, entre alimentadores primarios y entre subestaciones de distribución.

2.3.8 Factor de Coincidencia

La aplicación correcta del F_{co} representa un elemento muy importante en la planeación del sistema, ya que será la demanda máxima corregida por este factor la que se deberá aplicar para seleccionar el equipo (transformador o cable de la red). Se define este factor como el recíproco del F_d , por lo tanto:

$$F_{co} = \frac{1}{F_d}$$

Equipo / Sistema	Factor de diversidad (F_d)	Factor de coincidencia (F_{co})
Entre transformadores	1.20 - 1.35	0.74 - 0.83
Entre alimentadores primarios	1.08 - 1.20	0.83 - 0.93
Entre S.E. de Distribución	1.05 - 1.25	0.80 - 0.95

Tabla 2.5

2.3.9 Factores de Demanda Medios

Con respecto al factor de demanda anteriormente mencionado, podemos indicar que dichos valores se obtuvieron, utilizando el siguiente método de cálculo.

El factor de demanda medio (FD_m) por grupos de servicios de un mismo giro comercial, con el objeto de estimar la demanda máxima en los servicios, para su aplicación en la elaboración de proyectos en las redes de distribución.

Estos factores de demanda medios son el resultado de cálculos estadísticos para determinar la media en grupos de servicios de un mismo giro y de algunos indicadores que justifican su validez, el método utilizado para realizar estos cálculos es el siguiente:

Las muestras se establecieron tomando todos los registros del archivo de servicios en baja tensión con medidores de demanda máxima con el fin de conformar la tabla 2.6 y su descripción gráfica.

El factor de demanda medio representa la media de los factores de demanda (FDi) de los servicios de un mismo giro, calculada en base a la demanda máxima reportada en los últimos doce meses y las cargas actualmente conectadas.

$$FDi = \frac{\text{Demanda máxima} \times 100 (\%)}{\text{Carga conectada}}$$

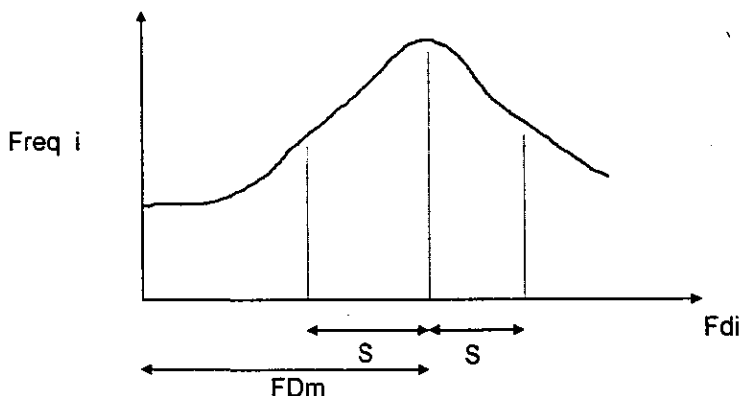
La desviación típica, el coeficiente de variación y el porcentaje de elementos en los intervalos : S, 2S y 3S son indicadores del grado de confiabilidad de los valores medios calculados.

Para el establecimiento definitivo de los FDM, se tomaron aquellos valores con alta representatividad estadística y que fueron consistentes al compararlos con valores recomendados por otras fuentes de información.

Para determinar los FDM de los grupos fuera de la selección anterior, se tomaron valores de grupos con cargas y demandas similares o directamente los de otras fuentes de información.

FACTORES DE DEMANDA Y GRÁFICA						
GIRO	CANTIDAD DE SERVICIOS	FDM DESVIACIÓN TÍPICA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	% DE ELEMENTOS		
				FDm+S	FDm +2S	FDm+3S

Tabla 2.6



Los valores mostrados en la siguiente tabla, se obtuvieron siguiendo los criterios anteriores.

Factores de Demanda

Cargas Comerciales:	
Agencias de publicidad	65%
Almacenes de ropa	65%
Bancos	50%
Boticas	50%
Cafeterías	55%
Camiserías	65%
Centros Comerciales	65%
Dependencias de Gobierno	50%
Embajadas	40%
Gasolineras	45%
Jugueterías	55%
Mercados	50%
Molinos de Nixtamal	70%
Panaderías	55%
Restaurantes	60%
Zapaterías	60%
Equipos de Fuerza :	
Motores para bombas, Elevadores y Ventiladores	60%

Tabla 2.7

A continuación se presenta la recopilación de las cargas de los locales comerciales en la plaza, algunos con la razón social al momento de la realización del levantamiento, mientras que otros solo indican la carga planeada para ellos, indicando su agrupación dependiendo de la subestación desde donde se alimentan, a fin de lograr la cuantificación de ellas.

2.4 CUANTIFICACIÓN DE CARGAS

Subestación Oriente Servicios en Planta Alta							
Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
1	Tallas extras	6600		x			
2	Joyería Plasant	5000		x			
3	Campanita	5000		x			
4	Men Lova	21600			x		
5	Foto Satélite	7400		x			
6	Cristal y Joyas	7400		x			
7	Domit	22800			x		
8	Julio.	20900			x		
9	Sorento	19300			x		
10	Novart	6800		x			
11	MAD	5100		x			
12	De Atri	3800	x				
13	Las Guitarras	18800			x		
14		7700		x			
15	Le Mostache	5000		x			
16	Café Mozart	29500				x	
17	Estética Virgo	5000		x			
18	Tele Rey	8800			x		
19	Wings	268000					x
20	Accel	6300		x			
21	Siegel	14300			x		
22	Vigan Michel	14300			x		
23	Galletomia	6300		x			
24	Corseteria francesa	8800			x		
25		6100		x			
26		5000		x			
27		5000		x			
28		5500		x			
29		3500	x				
30		3900	x				
31		2750	x				
32	El equilibrio	5100		x			
33	Sedería Marsella	11800			x		
34	Penny Land	19300			x		
35	Reunión	9300		x			
36	Equipe XXI	9300		x			
37	Albano	22800			x		
38	Roberts	74400				x	
39	Sexy Jeans	7400		x			
40	Trenes	7300		x			
41	Línea	7400		x			
42	Gussi	7800		x			
Subtotal		738150	4	23	12	2	1

Subestación Oriente Servicios en Planta Baja

Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
43	Matsumoto	7400		x			
44		49400				x	
45	La Milagresa	13500			x		
46	Iker	5000		x			
47		5000		x			
48	Indabell	22400			x		
49		18900			x		
50	Emyco	15100			x		
51	Guillermo Tell	70000				x	
52	Ted. Kenton	12600			x		
53	Bazar electrónico	6800		x			
54	Aca Joe	27800			x		
55	OAK TREE	21600			x		
56	Novart	9400			x		
57	Side out	9200			x		
58	Aldo Conti	9200			x		
59	Copy Center	22000			x		
60	Men Lova	28500				x	
61	Guess	37400				x	
62	Zara	54800				x	
63	Óptica	4600		x			
64		4900		x			
65	Out petit jean	5900		x			
66	Mordo	9400			x		
67	Maggi	5000		x			
68	✓	5900		x			
69	Levis	13500			x		
70	Muebles Vadú	54800				x	
71	Hidalgo	25900			x		
72	David Aarón	11500			x		
73	Alexis	10400			x		
74	Glamur	9300			x		
75	Centro Electrónico	13400			x		
76	ACME	9000			x		
77	Jeans USA	9000			x		
78	FUSA	9000			x		
79	Paara	9300			x		
80		10800			x		
81	Hot Discos	7400		x			
82	Las mil y una donas	9000			x		
83	Deportes Martí	161000					x
84	Suburbia	600000					x
85	Sears	1600000					x
86	Bree	3000	x				
87	Baby Bom	3000	x				
88	Ohh Boy	3000	x				
89	Conney Island	55000				x	
	Subtotal	3109000	3	10	24	7	3

Subestación Oriente Servicios en Planta Baja y Alta (Fast Food)

Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
90	Arbys	26910			x		
91	Burger King	75000				x	
92	Comida Mexicana	12200			x		
93	Rascal House	12200			x		
94	Jonny Rocket's	21000			x		
95		21000			x		
96	Titanic	16810			x		
97	Archi's Pizza	33620				x	
98	Las Campanas	11960			x		
99	Manjares del Mar	19250			x		
100	Cinamon	19250			x		
101	Pastries	12900			x		
102	La Cd. de Colima	12900			x		
103	Opan Greek f	12900			x		
104	Mrs-Fields	30660				x	
105	Santa Clara	9800			x		
106		19040			x		
107		19040			x		
108	Las Brochetas	19040			x		
109	Yucateco	19040			x		
110	Kosher	17900			x		
111	Taco inn	17200			x		
112	Shiracaba	20300			x		
113		26460			x		
114	Conney Island	21000			x		
	Subtotal	527380	0	0	22	3	0
Total Subestación Oriente		4374530	7	33	58	12	4

Subestación Poniente Servicios en Planta Alta

1	Servicios generales	2219170					x
2	Sanborn's	480000					x
3	Liverpool	2400000					x
4	Guess	15900			x		
5	Tans	9900			x		
6	TV Color Sony	6100		x			
7		5200		x			
8	Popin Tiger	6000		x			
9	Helen's	35000				x	
10	Jack and Roberts	17600			x		
11	Escapino	5100		x			
12	Joyeria Guvier	6900		x			
13	Vidal	14900			x		
14	Aca Joe	15100			x		
15	Edoardo's	11700			x		

Continuación

Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
16	Patrik Verne	14400			x		
17	Kalmar	14400			x		
18	Ultra Pink	5100		x			
19	Countes Mara	5100		x			
20	Nutrisa	5100		x			
21	Florsheim	21500			x		
22	Wagon Lits	5100		x			
23	Óptica Lux	12300			x		
24	Romano	7700		x			
25	Pielsa	11800			x		
26	Gertzen	3400	x				
27	Ana Karina	3400	x				
28	Gaitan Boots	3400	x				
29	Jeans & Jackets	14400			x		
30	Ilusione	14400			x		
31	Bow	7200		x			
32	Génesis	7200		x			
33	Vendimusic	14400			x		
34	Mara	5000		x			
35	Home center	16900			x		
36	D'Europe	5100		x			
37	American Express	9900			x		
38	Las mil y una donas	9900			x		
39	Veramp	19800			x		
40	Idea verde	19800			x		
41	Zara	19800			x		
42	El Candil Francés	19800			x		
43	Daniel Hetcher	19800			x		
44	High life	30000				x	
45	Foot Locker	24000			x		
46	Música Land	21400			x		
47	Banca Serfin	45000				x	
48	Dorothy Gaynor	14400			x		
49	Área Code	7200		x			
50	Hot Disco	7200		x			
51	Modem	19000			x		
52	Noi	19000			x		
53	Nva. Cía Papelera Esc.	48500				x	
54	Place Gardo	19300			x		
55	Banco del Atlántico	55000				x	
56	Pardueles	28300				x	
57	Ferrioni	8800			x		
58	Sysley	6500		x			
59	American Photo	11100			x		
60	Casa de Cambio	7500		x			
61	Ópticas Devlin	26100			x		
62	Ocean Pacific	4600		x			

Continuación

Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
63	Peletiere Paris	4600		x			
64	Banamex	80900				x	
65	Banca Cremi	55500				x	
66	Bancomer	95920				x	
Subtotal		6204490	3	20	31	9	3

Subestación Poniente Servicios en Planta Baja

67	Exis	4950		x			
68	Estética Imagen	4950		x			
69	Torito	10500			x		
70	Joyería Satélite	5000		x			
71	Roberts	5000		x			
72	Fellin	9000			x		
73	Dorothy Gaynor	9000			x		
74	Yuppies	9500			x		
75	Michel Domit	38445				x	
76	Peleriere Paris	5126		x			
77	Carlo Giovani	9695			x		
78	Mama mía	5000		x			
79	Benethon	9000			x		
80	Cabrales	8910			x		
81	Sound Center	8910			x		
82	Radio Shack	9000			x		
83	Mercería del Refugio	9000			x		
84	Sony	9360			x		
85	Merrith House	8910			x		
86	Atlethes	9268			x		
87		8910			x		
88		9350			x		
89	Ferrioni	9780			x		
90	Quick Sever	9200			x		
91	Marquis	5126		x			
92	Campanita	9500			x		
93	Petroff	6683		x			
94	Óptica Lux	9570			x		
95	Jacomo	8910			x		
96	Paolo Galiardi	8910			x		
97	D'luv	9600			x		
98	Mercado Electrónico	8910			x		
99	Body Shop	8910			x		
100	Cristal y Joyas	9500			x		
101	Foto Satélite	8910			x		
102	J. Riggings	9300			x		
103	Angus	71830				x	
104	Obsession	9200			x		
105	Nicole Miller	9100			x		
106	Salas Exclusivas	5000		x			

Continuación

Num	Nombre o Razón Social	Carga (Watts)	Cargas Menores			Cargas Especiales	
			BT			BT	MT
			1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	
107	Tele renta	4950		x			
108	Holanda Santa Clara	9800			x		
109	Pedro Loredo	9850			x		
110	Benethon	9420			x		
111		5000		x			
112	Albano	9400			x		
113		5000		x			
114	Cassandra	5000		x			
115		5000		x			
116	Mix up	63200				x	
117	Banco Mexicano	33500				x	
118		5000		x			
119		5000		x			
120		9200			x		
121		9100			x		
122	Yves Saint Laurent	5200		x			
123	Juliany	4700		x			
124	Puppin Tiger	4700		x			
125	Jusy	4700		x			
126	Astrovisión	4700		x			
127	Ventura	29900				x	
128	Amor Boutique	9400			x		
129	Sala Chopin	9300			x		
130	Banco del Atlántico	55500				x	
131	Mexicana de Aviación	26600				x	
132	Automotriz de Naucalpan	4700		x			
133	Ópticas Devlin	9500			x		
134	Inter kitchens	9100			x		
135	Como perros y gatos	8800			x		
136	Ces't si bon	28000				x	
137		9500			x		
138	Cinemas	71862				x	
139	Banamex	65000				x	
140	Palacio de Hierro	2400000					x
	Subtotal	3374365	0	22	41	10	1

Total Subestacion Poniente	9,578855	3	42	72	19	4
----------------------------	----------	---	----	----	----	---

Total General	13953385	10	75	130	31	8
---------------	----------	----	----	-----	----	---

2.5 AGRUPACIÓN DE CARGAS

	1 Fase	2 Fases	3 Fases	EMBP	MT-23	Servicios
S.E. ORIENTE PLANTA ALTA	4	23	12	2	0	41
S.E. ORIENTE PLANTA BAJA	3	10	24	7	0	44
S.E. OTE. PA. PB. FAST FOOD	0	0	22	3	0	25
SUBTOTAL	7	33	58	12	0	10
CARGA SUBTOTAL	1'745,530 WATTS					
S.E. PONIENTE PLANTA ALTA	3	20	31	9	0	63
S.E. PONIENTE PLANTA BAJA	0	22	41	10	0	73
SUBTOTAL	3	42	72	19	0	136
CARGA SUBTOTAL	2'079,685 WATTS					
S.E. SERVICIOS GENERALES	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	2'219,170 WATTS					
S.E. PALACIO DE HIERRO	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	2'400,000 WATTS					
S.E. LIVERPOOL	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	2'400,000 WATTS					
S.E. SUBURBIA	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	600,000 WATTS					
S.E. SANBORN'S	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	480,000 WATTS					
S.E. WINGS	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	268,000 WATTS					
S.E. MARTÍ	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	161,000 WATTS					
S.E. SEARS	0	0	0	0	1	1
CARGA SUBTOTAL	1'600,000 WATTS					
TOTAL	10	75	130	31	8	254
CARGA TOTAL	13'953,385 WATTS					

CAPITULO III CÁLCULOS

3.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

3.1.1 Consideraciones básicas de diseño

Frecuentemente se proyecta con base en el menor costo inicial, esto puede originar problemas de calidad, de operación y de mantenimiento, al existir poca flexibilidad y fallas que provocan pérdidas de producción o accidentes. Por lo que en nuestro caso se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Seguridad: Se escogieron las opciones más seguras, ya que en vidas no hay alternativa.
- Confiabilidad: En los Centros Comerciales no se toleran interrupciones. Se diseñó de tal manera, que las fallas se pueden aislar con un mínimo de disturbio al resto del sistema.
- Simplicidad de operación: Una vez satisfechos los requerimientos a satisfacer, el sistema se propuso tan simple en su operación, como fue posible.
- Regulación de tensión: Porque las bajas y altas tensiones producen daños al equipo.
- Mantenimiento: Los accesos cuentan con seguridad y facilidad para limpieza, reparaciones y ajustes.
- Flexibilidad: Se previeron cambios futuros, dentro de lo económicamente conveniente.
- Costos iniciales: Se tomaron en cuenta diferentes opciones y se seleccionó la más adecuada en términos de financiamiento.
- Expansiones futuras: Se seleccionaron los voltajes, capacidades de equipo y espacio para instalaciones adecuadamente, ya que generalmente todas las industrias y comercios tienden a ampliarse.

3.1.2 Guía para la planeación de un sistema eléctrico.

El siguiente procedimiento, que podrá guiar al ingeniero en el diseño de un sistema eléctrico de distribución, se utilizó en este trabajo.

- Levantamiento de cargas.
- Determinación de la demanda.
- Arreglo eléctrico.
- Localización de equipo.
- Selección de tensiones.
- Compañía suministradora (LYFC)
- Generación (plantas de emergencia).
- Diagrama unifilar .
- Análisis de corto circuito.
- Protección.
- Expansión futura.
- Otros requerimientos.

3.1.3 Características de algunos sistemas eléctricos.

Algunos procesos pueden soportar interrupciones, los que se podrían suministrar con un sistema lineal, que en distribución se denomina radial. Otros requieren un sistema más confiable, inclusive suministrado con plantas de emergencia.

Para sistemas con necesidades continuas se requieren sistemas dobles, diseñados para trabajar en ellos con seguridad en condiciones normales y de mantenimiento, la plaza se encuentra en este caso.

En distribución nos podemos encontrar con los siguientes sistemas de alimentación, red aérea y red subterránea, en donde tenemos los siguientes tipos de redes:

- Mallada
- Mallada limitada
- En anillo abierto
- Con alimentadores selectivos
- En derivación doble
- En derivación múltiple

Las redes subterráneas han visto favorecida su implantación en las zonas urbanas de alta densidad de carga debido a las ventajas que presentan ante las redes aéreas. Las principales ventajas son la confiabilidad del servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente este aumento en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones.

La suministradora divide los servicios en tres categorías en función de la carga por atender, los servicios menores de 800 KW, (uno o varios en un lote), se alimentan normalmente por medio de un sistema de distribución radial. De 800 a 5000 KW se pueden alimentar con diferentes tipos de arreglos, ya sea radial, con una red en anillo utilizando una fuente de alimentación o por medio de una red en anillo que utilice dos fuentes de alimentación. Los servicios mayores de 5000 KW generalmente se alimentan mediante el arreglo de red en anillo de doble alimentación o bien por medio de la instalación de una subestación de potencia a una tensión de 85 KV o mayor.

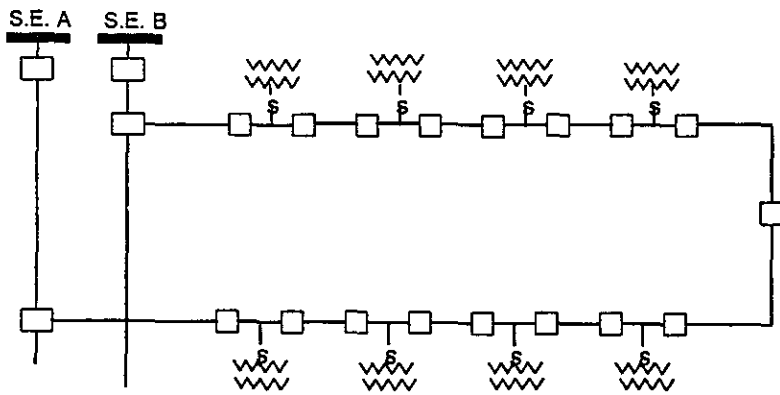
En el caso de la ampliación de la Plaza, la primera propuesta para su alimentación, fue la de contar con un área de tamaño suficiente (mínima de 10,000 m²) para instalar una subestación de potencia que cubriera, tanto la carga total del Centro Comercial, como las cargas cercanas a ésta, que se alimentarían, con la mejora de la red de distribución influenciada. Sin embargo, dada la alta densidad poblacional, y por razones reglamentarias, esto no fue posible, sobre todo en lo que respecta a la cantidad de cajones de estacionamiento, así como la instalación de

una planta de tratamiento de aguas residuales dentro del predio, que ocupó el único espacio disponible. Una razón más que impidió el tomar esta opción fue el aspecto estético, toda vez que ésta área se encuentra al frente de la plaza, y obstruiría la vista de la fachada principal, además de la imposibilidad de traer líneas de 85 KV a través de las vialidades saturadas. Finalmente por todas estas razones, aunadas al costo tan elevado de esta opción, se tomó la decisión de utilizar la estructura en anillo con dos fuentes de alimentación, que permanece hasta la fecha.

3.1.4 Red en anillo abierto

Este tipo de red está constituida por cables subtrunciales dispuestos en forma de anillo con cables subterráneos, el anillo se puede alimentar desde una o más fuentes mediante cables troncales, en nuestro caso aéreos. Dentro del anillo las subestaciones de MT o de BT preferentemente se interconectan por medio de seccionadores.

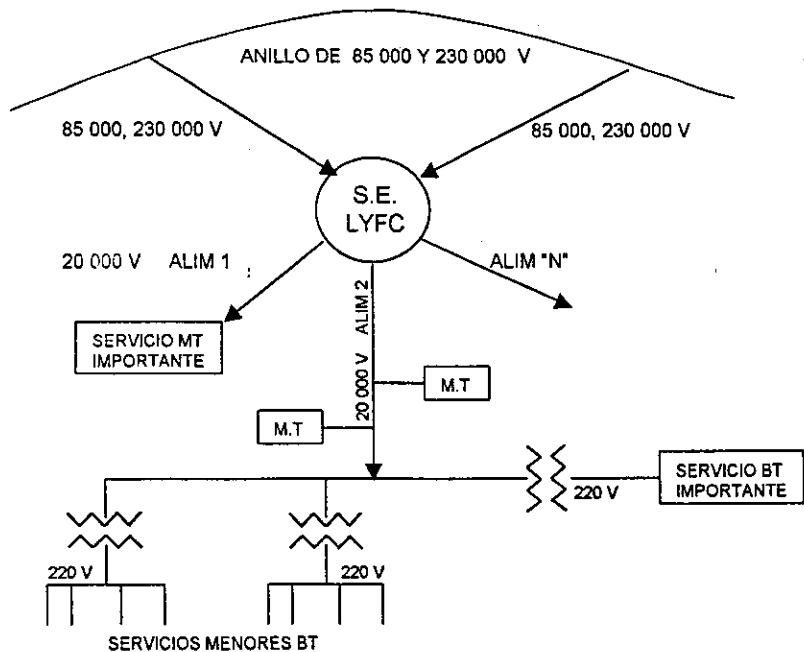
Las redes en anillo operan normalmente abiertas en un punto, que generalmente es el punto medio, razón por la cual se les conoce como redes en anillo abierto. Al ocurrir una falla dentro de un anillo abierto, se secciona el tramo fallado para proceder a la reparación, siguiendo una serie de maniobras con los elementos de desconexión instalados a lo largo de la subtruncal. Ver figura siguiente.



Red en anillo con dos fuentes de alimentación

Este tipo de red es empleado ampliamente en zonas en las que el aumento de la carga es nulo o muy pequeño, de tal forma que se puede absorber fácilmente con la estructura inicial y no es necesario llevar a cabo trabajos para modificar la estructura de la red. Como ejemplo de este tipo podemos poner nuestro caso.

En la zona de la plaza comercial, la suministradora tiene normalizadas las siguientes tensiones de distribución : 23 KV vigentes y 6 KV por desaparecer para MT y 220/127 V para BT. La energía proviene de los anillos de 85 y 230 KV que rodean el aérea metropolitana y las subestaciones de distribución conectan directamente a dichos anillos, como se ilustra a continuación.



3.1.5 Red aérea

Las redes aéreas que se realizan montando los transformadores, conductores primarios, conductores secundarios, equipos de protección y seccionamiento, sobre postería, se localizan por lo general en las guarniciones de las banquetas,

conservando las distancias a edificios y alturas reglamentarias. En zonas urbanas con más de 5 MVA/km^2 de densidad de carga, presentan un congestionamiento tal que van encontrando limitaciones fuertes en la vía pública, lo cual representa una restricción al enfrentarla a las potencias por alimentar, que están en continuo crecimiento.

Las líneas aéreas son muy vulnerables a contingencias físicas (choques de vehículos, y caídas de cuerpos extraños) y a los agentes atmosféricos (rayos, granizo, lluvia, polvos, sales, etc.), lo que hace necesario dotarlos de un mayor número de elementos automáticos de protección, para aumentar su confiabilidad, redundando en un costo adicional. Tienen la ventaja de ser accesibles para la reparación de fallas, ampliaciones y modificaciones en zonas sujetas a cambios urbanos así como también para mantenimiento.

3.1.6 Sistema subterráneo

Los sistemas subterráneos presentan una exposición muy reducida a fallas en comparación con las aéreas, ofreciendo un servicio de alta confiabilidad y grado de continuidad. Se utilizan en zonas urbanas de más de 5 MVA / Km^2 , para que se justifique su uso, por su elevado costo. No presentan un obstáculo a las restricciones estéticas al ocupar la vía pública. En caso de fallas el tiempo de reposición del servicio es mayor que en el aéreo por estar las instalaciones ocultas.

Las redes subterráneas se dividen por su operación en: radiales y automáticas, las primeras pueden dar servicios tanto en MT como en BT, las segundas solamente proporcionan servicios en BT.

Los dos tipos de redes, aéreas y subterráneas, son utilizados en este trabajo, por lo que los cálculos de regulación de tensión, de sobrecarga y corto circuito que se muestran a continuación se realizaron para ambos casos.

3.2 REGULACIÓN DE VOLTAJE.

3.2.1 Generalidades

Los datos necesarios para obtener la regulación de una línea de conducción eléctrica, son su longitud, la carga a servir, las características del conductor y el arreglo geométrico en que se dispongan. A continuación se realizarán los cálculos de regulación de voltaje de una de las dos líneas de distribución que intervienen en la alimentación de la plaza comercial. Una vez que se han caracterizado las líneas, se utilizan dos criterios que deben cumplirse, para evitar que el voltaje suministrado se salga de los valores garantizados por el contrato de suministro.

La línea aérea desde la subestación "Remedios" a la transición aérea - subterránea de la acometida oriente, tiene una longitud de $L_1 = 4.100$ Km y desde la subestación "La Loma" a la transición aérea - subterránea de la acometida poniente la línea tiene una longitud de $L_3 = 4.200$ Km.

Los alimentadores aéreos de Remedios y La Loma que llegan a la plaza están formados por conductores de aluminio ALD 336 de 19 hilos en ambos casos. En lo que respecta a la línea subterránea, el cable utilizado es del tipo 23 PT 1 x 240. Ver resumen de distancias en la tabla 3.1 .

La carga instalada en la ampliación es de 13,954 KW, con un crecimiento de 240 KW con respecto al primer año de reinauguración, por lo que la carga instalada de la plaza después de un año de funcionamiento será de 14,200 KW, al aplicar un factor de demanda de 0.7 se obtiene una carga demandada de 9,940 KW.

Una vez que los datos necesarios se han identificado, se procede al cálculo, iniciando con la determinación de los parámetros de los conductores, tales como las impedancias por Km., la intensidad de corriente y las distancias involucradas. Primero determinamos los de la línea aérea y posteriormente los del cable subterráneo.

Longitudes de líneas (Km)				
		Tipo de Cable	Línea Aérea	Línea Subterránea
Almt. Remedios-Acom. Ote	L ₁	ALD 336	4.100	0
Almt. La Loma - Acom. Pte	L ₃	ALD 336	4.200	0
Acom. Ote. – SE Ote.	L ₂₁	23 PT 1x240	0	0.432
SE Ote.- SE Pte	L ₂₂	23 PT 1x240	0	1.361
SE Pte.- Acom Pte	L ₂₃	23 PT 1x240	0	0.786
Total de línea interna	L ₂	23 PT 1x240		2.579

Tabla 3.1

3.2.2 Impedancias

Para la determinación de las impedancias se considera, como se mencionó anteriormente los dos tipos de líneas, las aéreas y las subterráneas. El cálculo siguiente toma en cuenta más parámetros para la línea subterránea que para la línea aérea, ya que los efectos en la impedancia de esta última son despreciables en el resultado final. Dentro de esos parámetros podemos mencionar el efecto de cableado, el efecto de la temperatura y el efecto de la corriente alterna, así como despreciable es la reactancia capacitiva.

3.2.2.1 Impedancias por Km de la línea aérea

Los conductores de los alimentadores aéreos troncales usados por LYFC en el sistema de distribución son del tipo cable ALD 336. Nombre que se le dio por ser cable de aluminio desnudo (AL-D) con área de sección transversal de 336 MCM.

El número de hilos para este conductor es de 19, cada uno con un diámetro de 3.38 mm. El diámetro total del conductor es de 16.90 mm, con una resistividad máxima a 20°C de 28.28 [ohms-mm²/ Km.] (ρ).

Como se dijo la sección transversal es de 336 MCM, lo cual se corrobora calculando el área de la sección con los datos mencionados en el párrafo anterior, esto es :

$$A = 19 \left(\frac{\pi}{4} \right) 3.38^2 = 170.5 \text{ [mm}^2 \text{]} = 336.400 \text{ [MCM]}$$

3.2.2.1.1 Resistencia

Dentro de los límites normales de operación de los conductores eléctricos, los únicos cambios apreciables en los materiales usados, son los incrementos en la resistencia y la longitud que estos sufren, en virtud de cambios en su temperatura.

Así, la relación de dos resistencias R_1 y R_2 con respecto a sus temperaturas T_1 y T_2 establecida por la siguiente expresión, permite conocer en base a los datos de la resistividad a 20°C, el valor de la Resistencia del cable a 50°C :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(228.1 + T_2)}{(228.1 + T_1)}$$

La resistencia a 20°C es:

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ [ohms / Km]}$$

$$R_{20} = 0.02828 \frac{1000}{170.5} 1.03^* = 0.1708 \text{ [ohms / Km.]}$$

Nota:

* El 1.03 es el efecto de cableado, ya que al torcerse el cable, aumenta la longitud y se calcula que es de un 2 a 3%.

La resistencia a 50°C

$$R_{50} = 0.1708 (1 + (0.00403 (30))) = 0.1915 \text{ [ohms/Km]}$$

$$R_{50} = 0.1915 \text{ [ohms/Km]}$$

Que es la resistencia por Km del cable ALD 336

3.2.2.1.2 Reactancia inductiva

A fin de calcular la reactancia inductiva, es necesario recurrir a conceptos básicos de líneas, tales como Radio Medio Geométrico y Distancia Media Geométrica, por lo que a continuación se mencionará lo más relevante de estos tópicos.

Radio Medio Geométrico (RMG)

El radio medio geométrico para un conductor no magnético de cualquier forma, se define como el radio exterior de un conductor tubular de espesor infinitesimal, que produce el mismo flujo total, que el conductor real al cual sustituye para la misma corriente.

Partiendo de esta definición se puede calcular el radio medio geométrico de cables de diferente tipo de construcción (cableado concéntrico, hueco, etc.) los cuales se pueden utilizar para generalizar la expresión de la Inductancia en función del RMG para un conductor cualquiera.

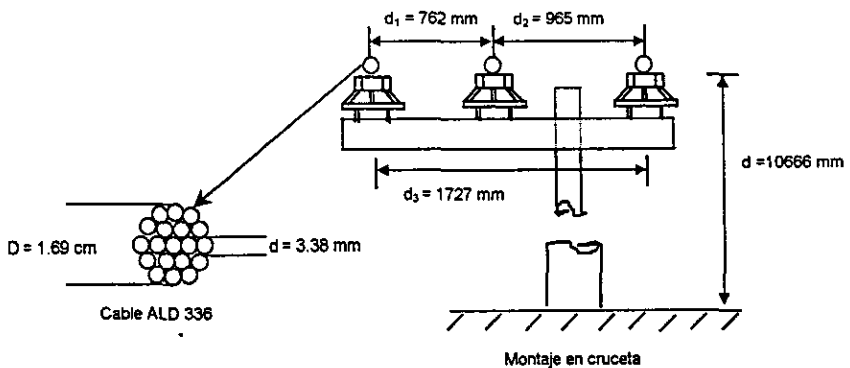
En la tabla 3.2 se da el RMG de diversos conductores en función de su radio exterior (r).

Construcción del Conductor	RMG
Alambre sólido	0.779r
Cable de un sólo material:	
7 Hilos	0.726r
19 Hilos	0.758r
37 Hilos	0.768r
61 Hilos	0.772r
r = radio del conductor	

Tabla 3.2

La Distancia Media Geométrica DMG se define como la distancia promedio entre los conductores calculada en términos geométricos, mediante la multiplicación todas y cada una de las distancias entre si, extrayendo la raíz enésima al producto, siendo n el número de distancias.

El arreglo geométrico de la línea alimentadora es el siguiente:



Se toma el valor del cable de un sólo material de 19 hilos de la tabla 3.2., el radio medio geométrico de cada conductor es:

$$RMG = \frac{D}{2} 0.758 = \frac{1.69}{2} 0.758 = 0.6405 \text{ [cm]}$$

La distancia media geométrica de acuerdo a la definición esta dada por :

$$DMG = \sqrt[3]{(d_1)(d_2)(d_3)}$$

$$DMG = \sqrt[3]{(0.762)(0.965)(1.727)} = 1.0829 \text{ [m]}$$

La reactancia inductiva esta dada por la siguiente expresión:

$$X_L = 0.00289 f \text{ Log } \frac{DMG}{RMG} \text{ [ohms / Km. / fase]}$$

$$X_L = 0.00289 (60) \text{ Log } \frac{108.29}{0.6405} = 0.3863 \text{ [ohms / Km. / fase]}$$

$$X_L = 0.3863 \text{ [ohms / Km. / fase]}$$

Que representa la reactancia inductiva por Km del cable 336 ALD .

3.2.2.1.3 Reactancia Capacitiva

En líneas cortas (no más de 60 Km de longitud y de voltajes no mayores de 40 KV) la capacitancia de la línea puede generalmente despreciarse y entonces cada

fase de la línea puede representarse por una impedancia en serie igual a la impedancia por unidad de longitud multiplicada por la longitud de la línea.

Una vez obtenidos los valores de Resistencia y Reactancia Inductiva, se establece la expresión de la impedancia por Km de la línea aérea, que corresponde a los valores de impedancia de secuencia positiva y negativa :

$$Z = R + jX = 0.1915 + j 0.3863 \text{ [ohms/Km]}$$

Que es el valor obtenido con nuestros cálculos del cable ALD 336 y que comparándola con los valores de tablas del departamento de planeación de la sección de estudios eléctricos de LYFC, se observa que el valor es muy aproximado; como lo muestra el resultado de la conversión de las impedancias de la tabla 3.3 .

Para comprobar el valor obtenido, utilizamos el valor de secuencia positiva de la norma de LYFC para este cable y el método de valores en por unidad.

Impedancia de líneas aéreas de 23 KV sin hilo de guarda [(0/1) / Km.] a 100 MVA y 23 KV					
Referencia	Conductor	Secuencia "+ "		Secuencia " - "	
		R ₁	X ₁	R ₀	X ₀
Norma LyFC 3.0045 Julio 78	Cable ALD 336	0.03606	0.07281	0.06872	0.3588
				0.6935	0.4074
				0.6955	0.4564
1 circuito	Cable 556	0.02197	0.06953	0.05462	0.3555

Tabla 3.3

Convirtiendo este valor en por unidad a valores absolutos:

$$S_B = 100,000 \text{ [KVA]}$$

$$V_B = 23 \text{ [KV]}$$

De aquí:

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} = \frac{(23 \times 10^3)^2}{100 \times 10^6} = 5.29 \text{ [ohms]}$$

$$Z_B = 5.29 \text{ [ohms]}$$

Por definición

$$Z_{PU} = \frac{Z}{Z_B} \text{ [ohms]}$$

Despejando Z

$$Z = Z_{PU} (Z_B) = (0.03606 + j 0.07281)5.29 \text{ [ohms]}$$

$$Z = 0.1908 + j0.3852 \text{ [ohms]}$$

Lo que nos sirve de comprobación, teniendo los valores muy aproximados (al 99.7%).

3.2.2.2 Impedancia por Km de la línea subterránea

De la misma manera que en el caso de las líneas aéreas, la impedancia de la línea subterránea se calcula en tres partes, por separado para posteriormente sumarlas. El cable utilizado es el denominado 23PT 1 X 240 (El 23 indica el voltaje en KV, P cubierta de plomo, T indica cubierta exterior termoplástica, 1 un conductor de cobre y 240 es la sección de los conductores en mm²).

3.2.2.2.1 Resistencia

Para calcular la resistencia a la corriente directa se toma como punto de partida la expresión de la resistencia en función de la resistividad, así:

$$R_{CD} = \frac{\rho L}{A} = \frac{17.241 \times 1}{240} = 0.0718 \text{ [ohms / Km]}$$

donde:

$$\rho = 17.241 \text{ resistividad por unidad de volumen [ohms-mm}^2\text{/ Km]}$$

$$L = 1 \text{ longitud unitaria [Km]}$$

$$A = 240 \text{ [mm}^2\text{]}$$

3.2.2.2.2 Efecto de Cableado

Cuando se trata de conductores cableados su resistencia es igual a la resistencia de cada una de los alambres dividida entre el número de ellos.

$$R_{CD} = \frac{R'}{h} \frac{\rho L}{hA'}$$

en donde R' y A' son la resistencia y el área de la sección transversal de cada alambre respectivamente. Sin embargo, esta fórmula sería válida sólo si todos los alambres tuviesen la misma longitud. Como en realidad esto no es exacto, ya que las longitudes de los alambres de las capas superiores son mayores, el incremento de la resistencia por efecto de cableado para fines prácticos se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

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

en donde K_c es el factor de cableado los valores correspondientes para diversos tipos de cuerdas se encuentran en la tabla 3.4.

Tipo de cableado	K_c
Redondo normal	0.020
Redondo compacto	0.020
Sectorial	0.015
Segmental	0.020

Tabla 3.4

Haciendo correcciones por factor de cableado, que de tablas se indica para este tipo de cableado $K_c = 0.02$, entonces el valor de $F_c = 1.02$ ($F_c = 1 + K_c$).

$$R_{CDC} = R_{CD} F_c = (0.0718)(1.02) = 0.0732 \text{ [ohms / Km]}$$

3.2.2.2.3 Efecto de temperatura en la Resistencia

Al igual que en el caso de líneas aéreas, se hace el cálculo del efecto de temperatura en el conductor, tomando en cuenta que, en teoría la temperatura del cobre recocido estirado en frío es -234.5 °C cuando la resistencia del mismo es cero.

La resistencia (R_2), a una temperatura cualquiera T_2 , en función de la resistencia (R_1) a una temperatura T_1 distinta de cero, estaría dada por:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(234.5 + T_2)}{(234.5 + T_1)}$$

sustituyendo valores:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(234.5 + 70)}{(234.5 + 20)} = 1.1965$$

Por lo que :

$$R_2 = 1.1965 \times 0.0732 = R_{CDC(70^\circ)}$$

$$R_{CDC(70^\circ)} = 0.0876 \text{ [ohms / Km]}$$

3.2.2.4 Efecto de la corriente alterna en la resistencia.

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 incremento es ocasionado por dos efectos:

- El efecto superficial o de piel
- El efecto de proximidad

Por lo que la resistencia a la corriente alterna se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_{CA} = R_{CD} (1 + F_P + F_{PX})$$

donde:

R_{CA} = resistencia a la corriente alterna

R_{cd} = resistencia a la corriente directa

F_P = Factor debido al efecto de piel

F_{PX} = Factor debido al efecto de proximidad

Haciendo correcciones por efecto piel y de proximidad

$$F_P = 0.015$$

$$F_{PX} = 0.0005$$

$$R_{CA} = R_{CDC(70^\circ)PPX} = R = 0.0876 [1+0.015+0.0005] = 0.0890 [\text{ohms} / \text{Km}]$$

$$R = 0.0890 [\text{ohms} / \text{Km}]$$

Que es la resistencia del cable 23 PT 1 x 240 tomando en cuenta todos los efectos indicados

3.2.2.2.5 Reactancia Inductiva

A continuación se calcula la inductancia para posteriormente obtener la reactancia inductiva.

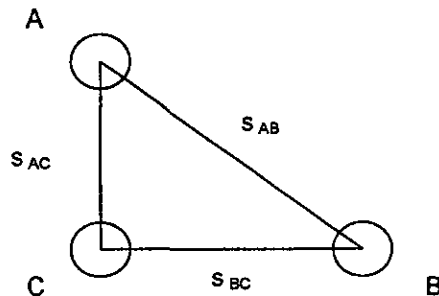
La Inductancia de un cable está dada por la suma de la inductancia propia o interna L_0 (ya que parte del flujo generado corta al conductor mismo) más la externa o mutua L_m .

$$L = L_0 + L_m \quad [\text{Henry / Km}]$$

La inductancia propia (L_0) de un conductor es constante, dependiendo de su construcción; esto es, si es sólido o cableado. Matemáticamente se considerará un conductor imaginario que no es cortado por el flujo generado, afectando el radio (r) de la sección conductora por una constante como se muestra en la tabla 3.2; así se obtiene el radio de un conductor imaginario, para el que todo el flujo es externo. Al radio así calculado se le conoce como Radio Medio Geométrico del conductor (RMG).

Se considera el caso de cables con pantalla o cubiertas metálicas, que se encuentran conectadas a tierra de tal forma que no existen corrientes a través de las mismas.

Para el caso de un arreglo triangular de los conductores donde:



El valor medio de la inductancia total del sistema es:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} \quad [\text{Henry/ Km}]$$

donde:

DMG es la distancia media geométrica y queda definida como:

$$DMG = \sqrt[3]{(S_{AB})(S_{BC})(S_{AC})}$$

y S_{AB} , S_{BC} , S_{AC} son las distancias entre centros de cables

RMG es el radio medio geométrico y depende del número de hilos existentes o sea de la manufactura del cable.

El cable utilizado tiene un diámetro de 20.12 mm y construcción de 37 hilos, (ver en apéndice 1 la norma LYFC : 20006 y la tabla 3.2).

$$RMG = 0.768r$$

$$RMG = (0.768)(10.06) = 7.7261 [\text{mm}]$$

Se calcula DMG:

$$DMG = \sqrt[3]{(139)(139)(143.5)} = 140.48 [\text{mm}]$$

A partir de estas cantidades se obtiene el valor de la inductancia

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{140.48}{7.6271} = 0.005827 [\text{H / Km}]$$

En segundo lugar se calcula la Reactancia Inductiva

El valor de la reactancia inductiva depende de la frecuencia del sistema y del valor de la inductancia total del cable (la suma de la inductancia propia y la mutua);

la expresión que muestra dicha relación es la siguiente:

$$X_L = 2\pi fL \text{ [ohms / metro]}$$

donde:

f = frecuencia del sistema en Hz.

L = Inductancia propia mutua en Henry/metro

Sustituyendo valores.

$$X_L = 2\pi(60)(0.005827 \times 10^{-3}) = 2.1966 \text{ [ohms / Km]}$$

Que es la reactancia inductiva del cable 23 PT 1 x 240 por Km de Longitud

3.2.2.2.6 Reactancia Capacitiva

En tercer lugar se calcula la reactancia capacitiva también en dos pasos, primero obteniendo la capacitancia y posteriormente la reactancia en sí.

La capacitancia entre dos conductores se define como la razón de la carga entre los conductores a la diferencia de potencial aplicada entre ellos. En el caso de cables aislados, el cálculo de la capacitancia depende de su construcción; si es monopolar o tripolar, provisto o no de pantallas; así como del material y espesor del aislamiento.

Capacitancia

En nuestro caso el cable es monopolar y representa un capacitor en el que el conductor, que se encuentra al potencial de línea, constituye una de las placas y la pantalla o cubierta metálica, que está a tierra, constituye la otra placa. Por último, el dieléctrico lo constituye el propio aislamiento.

En términos de la definición, para éste tipo de cables la capacitancia está dada por la siguiente expresión:

$$C = \frac{(0.024)(SIC) \times 10^{-6}}{\text{Log}(da/dc)} \quad [\text{F/Km}]$$

donde:

SIC = Constante inductiva específica del aislamiento

da = Diámetro sobre el aislamiento

dc = Diámetro bajo el aislamiento

La tabla 3.5 muestra los valores de la constante inductiva específica (SIC) para aislamientos empleados usualmente.

Aislamiento	SIC
Vulcanel EP	2.6
Vulcanel XLP	2.1
Sintenax	7.0
Papel impregnado	3.9

Tabla 3.5

Calculando el valor de la capacitancia

$$C = \frac{(0.024)(3.9) \times 10^{-6}}{\text{Log}(32.32/20.12)} \quad [\text{F/Km}]$$

$$C = 0.4567 \quad [\mu\text{F/ Km}]$$

Con este dato se calcula la reactancia capacitiva.

La reactancia capacitiva queda definida por la siguiente ecuación:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

donde:

X_c = Reactancia capacitiva en Mohms/ Km

C = Capacitancia en Farad/Km

f = Frecuencia del sistema

Aplicando la ecuación de la reactancia capacitiva:

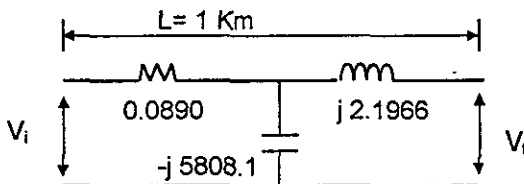
$$X_c = \frac{1}{2\pi(60)(0.4567)} = 5808.1 \text{ [ohms/ Km]}$$

Que es la reactancia capacitiva del cable 23PT 1 x 240 por unidad de longitud (Km)

En base a los cálculos anteriores, se forma el cuadro de componentes de la impedancia del cable subterráneo por Km.

$$\begin{aligned} R &= 0.0890 \text{ ohms/ Km} \\ X_L &= 2.1966 \text{ ohms/Km} \\ X_c &= 5808.1 \text{ ohms/ Km} \end{aligned}$$

Se encuentra la impedancia equivalente del conductor por Km:



Componiendo el paralelo de X_L y X_c se tiene:

$$X = X_L // X_c = \frac{(-j5808.1)(j0.21966)}{(-j5808.1) + (j0.21966)} = \frac{-j^2 1,275.8072}{-j5,807.88}$$

$$X = j0.21966$$

La reactancia positiva corresponde a una reactancia inductiva resultante. Quedando la impedancia por unidad de longitud de la siguiente manera:

$$Z = R + j X_L = 0.0890 + j0.21965 \text{ [ohms / Km]}$$

Que es la impedancia por Km del cable 23 PT 1x240.

Nótese que la reactancia capacitiva prácticamente desaparece, quedando la componente resistiva y la inductiva.

Anotando enseguida las impedancias por Km de la línea aérea se tiene:

$$Z_{LA} = 0.1915 + j0.31863 \text{ [ohms/ Km]}$$

$$Z_{CS} = 0.0890 + j0.21965 \text{ [ohms/ Km]}$$

Que son los valores de impedancia de secuencia positiva y negativa del cable subterráneo. Con los valores determinados de impedancias por unidad de longitud, hacemos referencia a la tabla 3.1 donde se describen las longitudes de los alimentadores que alimentan la plaza.

3.2.2.3 Suma de impedancias de la S.E. Remedios a la S.E. La Loma

Aplicando a las longitudes mostradas las impedancias por Km calculadas, se obtienen las impedancias de los tramos de línea considerados.

Tramo	De - a-	Conductor	Distancia [Km]	Impedancia [ohms/Km]	Impedancia [ohms]
L ₁	SE Remedios - Acom.Ote.	336 ALD	4.100	0.4312 /63.63°	1.7679 /63.63°
L ₃	SE La Loma - Acom.Pte.	336 ALD	4.200	0.4312 /63.63°	1.8110 /63.63°
L ₂₁	Acom.Ote.-SE Ote.	23PT 1x240	0.432	0.2370 /67.94°	0.1024 /67.94°
L ₂₂	SE.Ote.-SE Pte.	23PT 1x240	1.361	0.2370 /67.94°	0.3226 /67.94°
L ₂₃	SE Pte.-Acom.Pte.	23PT 1x240	0.786	0.2370 /67.94°	0.1863 /67.94°

Tabla3.6

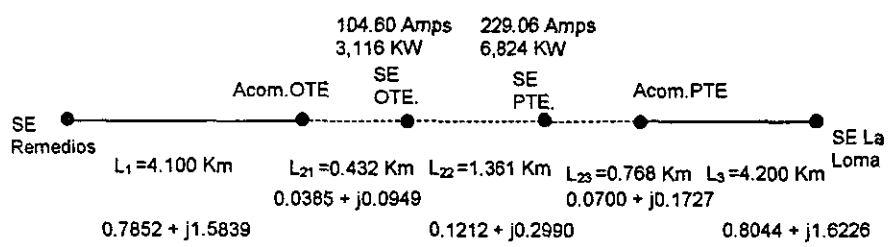
Que en forma rectangular tienen las siguientes equivalencias

Tramo	Impedancia [Ohms]
L ₁	0.7852 + j 1.5839
L ₃	0.8044 + j 1.6226
L ₂₁	0.0385 + j 0.0949
L ₂₂	0.1212 + j 0.2990
L ₂₃	0.0700 + j 0.1727

De la subestación Remedios a la subestación La Loma tenemos una impedancia total de:

$$Z_{L1-L3} = 1.8193 + j 3.731$$

Se dibuja el diagrama de impedancias dividiéndolos en los tramos que existen entre cada punto del suministro a las subestaciones existentes, indicando en cada una de ellas la potencia suministrada y la intensidad de corriente entregada.

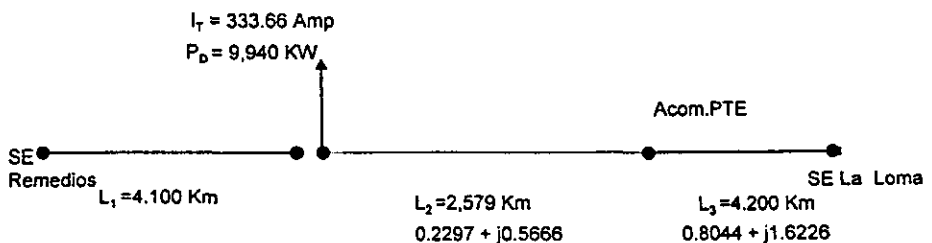


En donde la línea llena representa a los conductores aéreos y la línea punteada a los conductores subterráneos. Los puntos representan lugares de conexión y entrega de energía.

A lo largo de los tramos de alimentación aérea se van conectando cargas puntuales, que son los transformadores de distribución que suministran energía a la red de baja tensión, de la cual son alimentados un sinnúmero de pequeños servicios (domésticos y comerciales). Aunque para el cálculo riguroso de la regulación es necesario tomar en cuenta tales cargas, en éste trabajo no se analizan ya que salen del enfoque del mismo. Anotando de todas maneras que con las cargas de la plaza se ilustra el procedimiento general, mencionando que si se desean incluir, se puede hacer repitiendo el proceso de cálculo para caídas de voltaje en cada tramo., y posteriormente sumar dichas caídas para tener una caída total y obtener el porcentaje de regulación para el punto que sea de interés para el calculista.

Aunque las cargas en la plaza se alimentan prácticamente desde dos puntos alejados entre sí, la subestación oriente y la subestación poniente, se considera el peor caso que se puede presentar, describiéndose a continuación.

Tomando la distancia mayor de la línea aérea, es decir 4.2 Km y considerando que todas las cargas de la plaza se suministran a partir de un solo punto dentro del tramo de cables subterráneos, escogemos el punto más alejado del tramo de la línea aérea seleccionado, es decir tomando el total de los tres tramos del cable subterráneo, tal como se muestra en la siguiente figura.



Esta situación que es la más crítica del sistema, nos garantiza que, si la caída de tensión que resulta de su cálculo está dentro del rango de tolerancia, todas las demás situaciones que se presentan realmente, o sea cargas menores distribuidas a lo largo del cable subterráneo, también estarán dentro del rango, con la ventaja de tener una menor caída de tensión. Es decir si este caso extremo está dentro del rango, todos los demás que se presenten sin variar la carga, estarán también dentro.

3.2.2.4 Suma de impedancias

Sumando las impedancias de los tramos considerados en la figura anterior se obtiene:

$$Z_T = 1.0341 + j2.1892 \text{ [ohms/ Km]}$$

3.2.3 Intensidad de corriente.

La corriente de línea, considerando una tensión de recepción de 21.5 KV.

$$I_T = \frac{P_D}{\sqrt{3} E_r \cos \phi} = \frac{9,940 \text{ KW}}{\sqrt{3} (21.5 \text{ KV}) (0.8)}$$

$P_D = P (F.D.)$	$= 9,940 \text{ KW}$	Carga demandada
F.D.	$= 0.7$	Factor de demanda
E_p	$= 21,500 \text{ V}$	Voltaje de recepción
F.p. = $\cos \phi$	$= 0.8$	Factor de potencia de la carga considerada

Resultando:

$$I_T = 333.66 \angle -36.86^\circ \text{ [A]}$$

Para la selección de los conductores se tiene que cumplir dos condiciones, la primera de ellas es la capacidad de corriente, es decir, que el cable sea capaz de

conducir la corriente exigida sin que se someta esfuerzos excesivos, lo que significa que se mantenga dentro de los límites de temperatura predeterminados.

3.2.3 Criterio de intensidad de corriente

El cable ALD 336 tiene una corriente normal de trabajo de 420 A y la corriente $I_T = 334$ A, por lo que el conductor trabaja al 80%.

El cable con forro de papel impregnado de aceite tiene una corriente de trabajo de 450 A. Haciendo la misma comparación que el caso anterior, resulta que se tiene una corriente de 116 A adicionales para aumentos de carga, ese cable trabajará al 74%. Como se ve los dos tipos de conductores cumplen con el criterio de corriente.

El segundo requisito es que la caída de tensión se encuentre dentro del rango.

3.2.4 Criterio de caída de tensión

En este punto aprovecharemos el trabajo realizado al obtener las impedancias para calcular el porcentaje de regulación de tensión.

Cálculo del porcentaje regulación de tensión

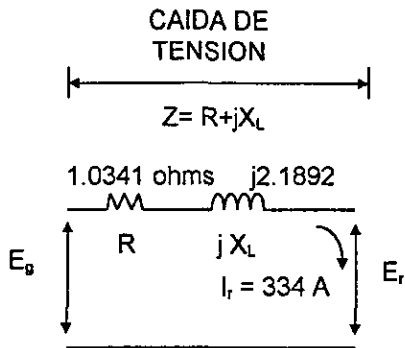
De una línea es el incremento de tensión en el extremo de recepción, expresado como un porcentaje de la tensión a plena carga, cuando se retira la carga a un cierto factor de potencia mientras que la tensión del extremo de envío permanece constante.

$$\% \text{ Regulación} = \frac{|V_{SC}| - |V_{PC}|}{|V_{PC}|} \times 100$$

donde:

$$V_{SC} = \text{tensión sin carga} \quad \text{y} \quad V_{PC} = \text{tensión a plena carga}$$

Modelando el circuito tenemos:



- E_g = Tensión de envío
- E_r = Tensión recibida
- I_r = Corriente enviada o recibida
- Z = Impedancia del conductor

La caída de tensión al neutro es:

$$\Delta v = IZ = (334 \angle -36.86^\circ) (2.42 \angle 64.72^\circ) = 808.28 \angle 27.86^\circ \text{ [V]}$$

Y la tensión al neutro en el extremo generador .

$$E_g = E_r + \Delta v = E_r + 808.28 \angle 27.86^\circ$$

$$E_g = \frac{21,500}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ + 808.28 \angle 27.86^\circ$$

$$E_g = 12,413.40 \angle 0^\circ + 808.28 \angle 27.86^\circ$$

$$E_g = 12,413.40 + 714.59 + j377.72$$

$$E_g = 13,127.99 + j377.72 = 13,133.42 \angle 1.65^\circ$$

Por tanto la regulación de voltaje queda :

$$\% \text{ Regulación} = \frac{13,133.42 - 12,413.40}{12,413.40} \times 100$$

$$\% \text{ Regulación} = 5.80 \%$$

Puede notarse que la caída de tensión se puede compensar con el ajuste de los taps en los transformadores de potencia y en los de distribución.

Dado que se cumplen los dos requisitos, la selección de los conductores es satisfactoria.

3.3 SOBRECARGAS Y CORTO CIRCUITO

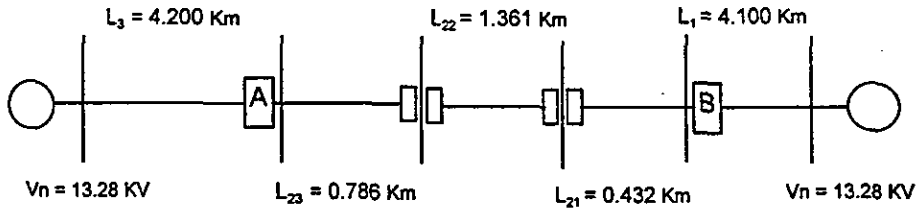
Previo al inicio del cálculo de sobrecargas y/o corto circuito se deben conocer la topología y las condiciones de operación de la red, verificar cuales interruptores están abiertos y cuales no. El paso siguiente es elaborar el diagrama unifilar completo del sistema, incluyendo generadores, transformadores, líneas, buses cables, motores síncronos y de inducción. Se anotan las impedancias de secuencia positiva, negativa y cero de cada componente. En nuestro caso solo aparecerán las de la línea aérea y los de la subterránea, porque el cálculo de corto circuito se modela como una falla del lado primario de los transformadores, sin tomar en cuenta las impedancias de los mismos, ni de los elementos que se conectan en el lado secundario, garantizándose así que las protecciones soportan la corriente de falla que se presentarían en cualquiera de los dos lados. Se preparará a partir del diagrama del sistema un diagrama unifilar para cada red de secuencia.

Se reducen los valores de la impedancia a una base común. Los valores pueden expresarse como un porcentaje en una base común en KVA o como impedancia en una base común de voltaje. Nosotros no usaremos el sistema en por unidad, puesto que solo estamos analizando los alimentadores de distribución y no se tienen valores distintos de voltajes, que es donde se ve la utilidad del método en p.u.

Se obtiene la impedancia única equivalente de cada red de secuencia. Paso seguido se interconectan las redes obtenidas, representando la falla involucrada y calculando la corriente total en la falla.

Se calculan dos tipos de falla, la trifásica y la de una fase a tierra, las trifásicas son de las más fuertes y por otro lado, las monofásicas son las más comunes.

Siguiendo estas indicaciones, se procede a dibujar el diagrama unifilar de nuestro modelo.



3.3.1 Impedancias de secuencia cero

Se determina la impedancia de secuencia cero de nuestro alimentador, tanto para la línea aérea como para la subterránea .

3.3.2 Línea Aérea

Utilizando la siguiente expresión para la línea aérea

$$Z_0 = Z_{0a} - \frac{(Z_{0ag})^2}{Z_{0g}}$$

Donde:

Z_{0a} : Es la impedancia de secuencia cero propia de los conductores de fase.

Z_{0ag} : Es la impedancia de secuencia cero mutua entre los conductores de fase y los hilos de guarda.

Z_{0g} : Es la impedancia de secuencia cero propia de los hilos de guarda.

Como en este caso no existen los hilos de guarda en el sistema de distribución, el término al cuadrado del segundo término de la igualdad se anula, quedando la impedancia de secuencia cero como:

$$Z_0 = Z_{0e}$$

La que a su vez se determina de la siguiente manera:

$$Z_0 = r_a + r_e + j (X_a + X_e - 2X_d)$$

Donde:

r_a : resistencia de secuencia del conductor

r_e : resistencia de secuencia cero del conductor en función de la frecuencia

X_a : reactancia inductiva propia del conductor

X_e : reactancia inductiva de secuencia cero en función de la resistividad del terreno y de la frecuencia

X_d : reactancia inductiva mutua entre conductores

D_e : Profundidad equivalente de la trayectoria de regreso por tierra en m.

$$D_e = 658 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

Usando la siguiente expresión equivalente:

Impedancia de secuencia cero sin hilo de guarda

$$Z_0 = r_a + 0.00473f + j 0.01397 f \log \frac{2160 \sqrt{\frac{\rho}{f}}}{\sqrt[3]{r (DMG_{ASC})^2}} \quad [\text{ohms / milla}]$$

r_a = resistencia efectiva

De los cálculos realizados en la sección 3.2.2 y pasando a millas tenemos:

$$r_a = 0.1915 \text{ ohms/Km}$$

$$r_a = 0.1915 (1.609) = 0.308 [\text{ohms / milla}]$$

$$r_e = 0.00473 (60) = 0.2838 [\text{ohms / milla}]$$

$$X_a = 0.01397 (f) \frac{1}{3} \log \frac{1}{r} [\text{ohms / milla}]$$

$$r = 0.6405 [\text{cm}] = 0.02135 [\text{ft}]$$

$$X_a = 0.00466(60) \log \frac{1}{0.02135} = 0.467 [\text{ohms / milla}]$$

$$X_a = 0.01397 f (0.5f \log(2160)^2 \frac{\rho}{f}) [\text{ohms / milla}]$$

$$X_a = 0.00698(60) \log(4.6656 \times 10^6 (\frac{100}{60})) = 2.8858 [\text{ohms / milla}]$$

$$DMG = (1.0829 \text{ m}) = 3.5528 [\text{ft}]$$

$$X_d = 0.01397 (f) \frac{1}{3} \log DMG [\text{ohms / milla}]$$

$$X_d = 0.00466 (60) \log 3.5528 [\text{ohms/milla}]$$

$$X_d = 0.1539 [\text{ohms / milla}]$$

$$Z_0 = 0.308 + 0.2838 + j (2.8858 + 0.466 - 2(0.1539)) [\text{ohms / milla}]$$

$$Z_0 = (0.5919 + j 3.0451) [\text{ohms / milla}]$$

$$Z_0 = 0.367 + j 1.8925 [\text{ohms / Km}]$$

Que es la impedancia de secuencia cero de la línea aérea por Km.

$$Z_0 = (0.367 + j 1.8725)(4.1\text{Km}) = 1.5047 + j 7.7592 [\text{ohms}]$$

3.3.3. Línea Subterránea

Se calcula la impedancia de secuencia cero del cable subterráneo, considerando que el retorno es únicamente por la pantalla del cable.

La expresión de la impedancia es :

$$Z_0 = Z_c + Z_s - 2Z_m \quad [\text{ohms/milla}]$$

Donde:

Z_c : Es la impedancia de secuencia cero equivalente del conductor considerando el retorno por tierra pero ignorando la presencia de la pantalla.

Z_s : Es la impedancia de secuencia cero de la pantalla, considerando el retorno por tierra pero ignorando la presencia del grupo de conductores.

Z_m : Es la impedancia mutua de secuencia cero entre conductores y pantalla tomando en cuenta el retorno por tierra común a ambas.

Las expresiones para calcular estos tres tipos de impedancia están dadas por las siguientes relaciones y la identificación de los términos.

$$Z_c = r_c + 0.002964 f + j0.008676 f \log \frac{D_e}{\sqrt[3]{r_g (DMG)^2}} \quad [\text{ohms / Km}]$$

Aquí:

r_c : La resistencia efectiva de un conductor en ohms/Km

f : frecuencia en c.p.s.

ρ : resistividad del terreno en [ohms / m / m²] ($\rho = 100$)

r_g : radio medio geométrico de cada conductor

DMG : $\sqrt[3]{S_{ab} S_{ac} S_{bc}}$ Distancia media geométrico del conjunto de los tres conductores

D_e : $658 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$ Profundidad equivalente de la trayectoria de regreso por tierra en m.

$$\sqrt[3]{r_0 (\text{DMG})^2}$$

Radio medio geométrico del conjunto de los tres conductores

$$Z_s = r_f + 0.002964 f + j 0.008676 f \log \frac{658 \sqrt{\frac{\rho}{f}}}{\sqrt[3]{r_0 (\text{DMG})^2}} \quad [\text{ohms/Km}]$$

donde:

r_f = resistencia efectiva de un forro metálico [ohms/Km]

r_0 = radio medio del forro metálico

DMG igual que en Z_c

$$\sqrt[3]{r_0 (\text{DMG})^2}$$

Radio medio geométrico del conjunto de los 3 forros metálicos

$$Z_m = r_f + 0.002964 f + j 0.008676 f \log \frac{658 \sqrt{\frac{\rho}{f}}}{\sqrt[3]{r_0 (\text{DMG})^2}} \quad [\text{ohms / Km}]$$

$$\sqrt[3]{r_0 (\text{DMG})^2}$$

Distancia media geométrica entre los 3 conductores y los 3 forros metálicos

Donde r_0 = radio del forro metálico

Llevando acabo los cálculos numéricos, primero determinaremos la impedancia de secuencia cero equivalente del conductor (Z_c):

$$r_c = 0.0890 \quad [\text{ohms / Km}]$$

$$f = 60 \quad [\text{Hz}]$$

$$\rho = 100 \quad [\text{ohms / m}^3]$$

$$r_0 = 7.7261 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{DMG} = 140.48 \quad [\text{mm}]$$

Sustituyendo

$$Z_c = 0.0890 + 0.002964 (60) + j 0.008676 (60) \log \frac{658 \sqrt{\frac{100}{60}}}{\sqrt[3]{7.73 (140.48)^2}} \quad [\text{ohms} / \text{Km}]$$

$$Z_c = 0.2669 + j2.1871 \quad [\text{ohms} / \text{Km}]$$

En seguida se calcula la impedancia de secuencia cero de la pantalla (Z_s):

Para determinar sus componentes, se calcula las resistencias de la pantalla y de los forros aplicando las siguientes relaciones.

Pantalla de alambre	$R = \rho \frac{1.02}{0.7854 (n) (d^2)}$	[ohms / Km]
Pantalla de alambre	$R = \rho \frac{1}{(\pi)(d_m)(t)}$	[ohms / Km]
Pantalla de cintas de cobre traslapadas	$R = \rho \frac{1.02 k}{(\pi)(d_m)(t)}$	[ohms / Km]

donde:

ρ = resistividad eléctrica del material del conductor en ohms-mm²/Km

d_m = diámetro medio de la pantalla o forro metálico en mm

t = espesor de la pantalla o forro metálico en mm (aproximadamente 0.12 mm para cinta de cobre)

n = número de alambres

k = factor para incrementar la resistencia debido al contacto en el traslape ($k=1$ para cables nuevos, $k = 2$ para cables que han estado en servicio)

En la siguiente tabla se muestra la resistividad del material conductor que se utilizó.

Material	Resistividad eléctrica a 20°C [ohms-mm ² / Km.]
Aluminio	28.264
Cobre suave	17.241
Plomo	221.038

Se aplican las relaciones y valores resaltados en los cuadros para obtener R_f .

$$R_{\text{Plomo}} = \frac{221.038}{(\pi)(36.30)(2.3)} = 0.8427 \text{ [ohms / Km]}$$

$$R_{\text{Pantalla}} = \frac{(17.241)(1.02)(1.5)}{(\pi)(33.96)(0.08)} = 3.092 \text{ [ohms / Km]}$$

Como la corriente viaja por el forro y la pantalla se calcula la resistencia equivalente, ya que se encuentran en paralelo.

$$R_f = \frac{R_{\text{Pb}} R_{\text{pant}}}{R_{\text{Pb}} + R_{\text{pant}}} = \frac{2.6056}{3.9347} \text{ [ohms / Km]}$$

$$R_f = 0.6622 \text{ [ohms / Km]}$$

Se calcula el radio medio geométrico de los dos conductores cilíndricos huecos (pantalla y forro).

$$r_{os} = \frac{16.98 + 18.15}{2} = 17.56 \text{ [mm]}$$

Sustituyendo r_f en la expresión original:

$$Z_s = 0.6622 + 0.002964 f + j 0.008676 f \log \frac{658 \sqrt{\frac{p}{f}}}{\sqrt[3]{r_{os} (\text{DMG})^2}} \text{ [ohms / Km]}$$

$$Z_s = 0.8400 + j 0.5306 \log \frac{84947}{\sqrt[3]{1.7565 (14.048)^2}} \quad [\text{ohms / Km}]$$

$$Z_s = 0.8400 + j 2.1254 \quad [\text{ohms / Km}]$$

Después se calcula la impedancia mutua entre forro, pantalla y conductores.

$$Z_m = 0.002964 f + j 0.008676 f \log \frac{658 \sqrt{\frac{\rho}{f}}}{\sqrt[3]{r_{0m} (\text{DMG})^2}} \quad [\text{ohms / Km}]$$

El radio medio geométrico de la pantalla, el conductor y el forro exterior se determina por :

$$r_{0m} = \sqrt{r_{0s} (\text{RMG})} = \sqrt{17.565 \times 7.7261}$$

$$r_{0m} = 11.6494 \text{ mm}$$

Se sustituye en la expresión de Z_m

$$Z_m = 0.002964(60) + j 0.00867(60) \log \frac{84947}{\sqrt[3]{1.1649 (14.048)^2} \text{ cm}} \quad [\text{ohms / Km}]$$

$$Z_m = 0.1778 + j 2.1563 \quad [\text{ohms / Km}]$$

Para obtener Z_0 se aplica la siguiente fórmula sustituyendo los valores obtenidos en cada uno de ellos.

$$Z_0 = Z_c + Z_s - 2Z_m \quad [\text{ohms / milla}]$$

$$Z_0 = (0.2668 + j 2.1872) + (0.84 + j 2.1254) - 2(0.1778 + j 2.1563) \quad [\text{ohms / milla}]$$

$$Z_0 = 0.3956 + j 0.000 \quad [\text{ohms / milla}]$$

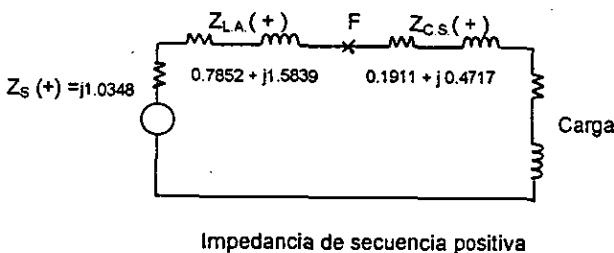
Con los valores de impedancias por Km de secuencia positiva, negativa y cero de la línea aérea y subterránea se forma el cuadro siguiente para obtener la impedancia por tramo y en total.

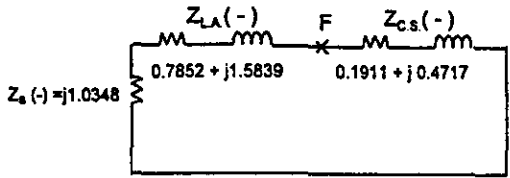
	Z	Long. Línea (Km)	ohms/Km.	ohms
L.A.	Z(+)	4.100	0.1915 + j0.3863	0.7852 + j1.5839
	Z(-)	4.100	0.1915 + j0.3863	0.7852 + j1.5839
	Z(0)	4.100	0.3679 + j1.8925	1.5084 + j7.7593
C.S.	Z(+)	2.147	0.0890 + j0.2197	0.1911 + j0.4717
	Z(-)	2.147	0.0890 + j0.2197	0.1911 + j0.4717
	Z(0)	2.147	0.3956 + j0.00	0.8494 + j0.00
			Σ	4.3104 + j11.8705

3.3.4 Cálculo de las fallas trifásica y monofásica.

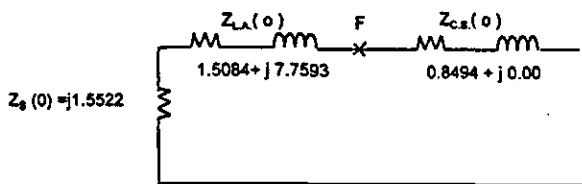
Teniendo los valores completos de las impedancias de la línea aérea y de la subterránea en las secuencias positiva, negativa y cero se procede a calcular la falla trifásica (sin secuencia cero y sin secuencia negativa) y en la falla monofásica a tierra (fase-tierra) se aplican impedancias positiva, negativa y cero. La falla calculada se fijó en el punto de mayor desventaja, que es el que se presenta en el alimentador de menor longitud en línea aérea e inmediatamente después de la acometida, no se toma en cuenta la impedancia del cable subterráneo.

Los diagramas mostrados a continuación indican el punto en el cual se calcula la falla, incluyendo los valores de las impedancias de secuencia positiva, negativa y cero respectivamente.



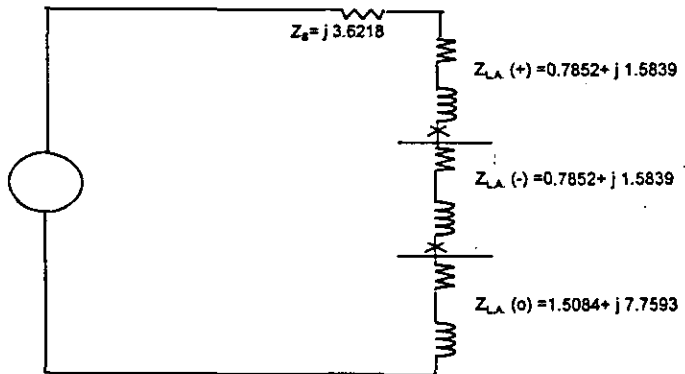


Impedancia de secuencia negativa

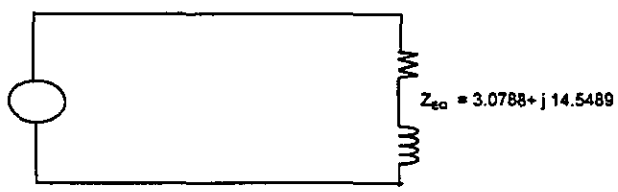


Impedancia de secuencia cero

Componiendo y conectando en el punto de falla:



El sistema equivalente queda de la siguiente manera .



3.3.4.1 Falla trifásica:

Calculando el corto circuito trifásico, el voltaje de línea a línea en el extremo receptor es:

$$V_{ab} = 21,500 \text{ [V]} \quad \text{y} \quad V_{an} = 12413 \text{ [V]}.$$

La impedancia de la línea aérea es :

$$Z_L = 0.7852 + j 1.5839 \quad \text{[ohms]}$$

Se determina la impedancia del sistema en el bus de salida del alimentador de la subestación. El voltaje considerado es de $V_{ab} = 22747 \text{ V}$ con un valor de potencia de C.C. de 500 MVA.

Con los datos que se muestran

$$S_{cc} = 500 \text{ [MVA]} = 500,000 \text{ [KVA]}$$

$$V_{cc} = 22,747 \text{ [KV]}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} V_{cc}} = \frac{500,000}{\sqrt{3} (22,747)}$$

$$I_{cc} = 12,691 \text{ [A]}$$

Se calcula la impedancia del sistema

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} I_{cc}} = \frac{22,747}{\sqrt{3} (12,691)}$$

$$Z_{cc} = 1.0348 \text{ [ohms / fase]}$$

Sumando a la impedancia de la línea en secuencia (+)

$$Z_1 = 0.7852 + j 2.6187 \text{ ohms} = 2.7338 / 73.3^\circ$$

Calculando el valor de la corriente de C.C. trifásica.

$$I_{3\phi} = \frac{21,500}{2.7338 / 72.46^\circ}$$

$I_{3\phi} = 7,865 / -72.46^\circ \text{ [A] Simétricos}$

3.3.4.2 Falla fase a tierra.

Calculando el valor de la corriente de C.C. fase - tierra

$$I_{f-T} = \frac{3V_c}{Z_s + 2Z_1 + Z_0} = \frac{3(21,500)}{1.0348 + 2(0.7852 + j 1.5839) + 1.5084 + j 7.7593}$$

$$I_{f-T} = \frac{64,500}{4.1136 + j 10.927} = \frac{64,500}{11.6757 / 69.37^\circ}$$

$I_{f-T} = 5,525 / -69.37^\circ \text{ [A] Simétricos}$

Se selecciona el valor de corriente de C.C. mayor , que resultó ser el trifásico, para aplicarle el factor de asimetría con un valor de 1.6.

$$I_{MAX} = 7,865 (1.6) = 12,584 \text{ [A] Asimétricos}$$

La potencia de C.C. en el punto de falla considerada tomando un f.p. = 0.8 es:

$$P_{CC} = V_{CC} I_{CC} \sqrt{3} = 21,500 (12,584) \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 586 \text{ [MVA]}$$

Resumen de corrientes de falla

TIPO DE FALLA	AMPERES SIMÉTRICOS	MVA
TRIFÁSICA	7,865	586
MONOFÁSICA	5,525	

Comparando la potencia de CC con la capacidad interruptiva del portafusible seleccionado (23.332 norma LYFC 2.0052), que es de 750 MVA, resulta ser menor, por lo que queda asegurada su protección, así como la capacidad de cortocircuito asimétrico es de 32,000 A.

3.4 DISEÑO DE LA RED DE TIERRAS

3.4.1 Introducción:

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los pararrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

3.4.2 Necesidad de la red de tierras.

La necesidad de contar con una red de tierra en las subestaciones es la de cumplir con las siguientes funciones.

- a) Proveer un medio seguro para proteger al personal en la proximidad de sistema o equipos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.

- b) Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, que puede ser peligrosas para el personal.
- c) Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas a tierra, sin que se exceda el límite de operación de los equipos.
- d) Proveer una conexión a tierra para el punto neutro de los equipos que así lo requieran (transformadores, reactores, etc.)
- e) Proveer un medio de descarga y desenergizar el equipo antes de proceder a tareas de mantenimiento, además de proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea debido a una falla de aislamiento o a la operación de un pararrayo.
- f) Facilitar mediante la operación de relevadores y otros dispositivos de protección, la eliminación de fallas a tierra en el sistema.
- g) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

Límites de corriente tolerables, por el cuerpo humano.

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas, debidas a disturbios atmosféricos o a fallas del equipo, obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro a los operadores o en general al personal que labora en el recinto.

Intensidades del orden de miles de amperes, producen gradientes de potencial elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra y si además, se da la circunstancia de que algún ser viviente se apoye en dos puntos, entre los cuales existe una diferencia de potencial debida al gradiente arriba indicado, puede sufrir

una descarga de tal magnitud que sobrepase el límite de su engarrotamiento muscular que provoque su caída. En tal situación la corriente que circula por su cuerpo aumenta y si por desgracia esta pasa por algún órgano vital como el corazón, puede resultar en fibrilación ventricular y sobrevenir la muerte.

Se puede tolerar intensidades de corriente superiores a 1 mA, sin producir fibrilación, si la duración es muy corta. La ecuación que liga los parámetros de la intensidad de corriente tolerable y el tiempo que puede tolerarla un organismo es:

$$I_k^2 t = 0.027$$

despejando I_k

$$I_k = \frac{0.165}{\sqrt{t}}$$

donde:

I_k = es el valor efectivo de la corriente que circula por el cuerpo, en amperes.

t = es el tiempo de duración del choque eléctrico en seg.

0.027 ≙ constante de energía, derivada empíricamente.

3.4.3 Disposiciones básicas de las redes de tierras.

Para las redes de tierra, se han considerado básicamente tres sistemas, que se describen a continuación con sus características:

- 1) Sistema radial es barato pero el menos satisfactorio, ya que produce muy elevados gradientes de potencial.
- 2) Sistema de anillo es un sistema económico y eficiente y en el se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial.

3) Sistema de red es el más usado actualmente en nuestro sistema eléctrico y consiste en una malla formada por cables de cobre (aproximadamente 4/0 AWG) y conectado a través de electrodos de varillas "copperweld" a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad, siendo un sistema eficiente. Por lo tanto se decidió por este sistema.

3.4.4 Elementos de la red de tierra.

Un sistema de tierras consta de los siguientes elementos:

- Conductores
- Varilla de tierra o electrodos
- Conectores o juntas

3.4.4.1 Conductores.

Los conductores utilizados en el sistema de tierra son de cable de cobre de calibres arriba de 4/0 AWG dependiendo del sistema que se utilice. Se ha escogido el calibre mínimo de 4/0 AWG por razones mecánicas, ya que eléctricamente se pueden utilizar cables de cobre hasta No. 2 AWG.

3.4.4.2 Electrodo.

Son las varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para alcanzar zonas más húmedas y por lo tanto con menor resistencia eléctrica.

Los electrodos pueden ser fabricados de tubos o varillas de fierro galvanizado o bien de varillas "copperweld", dado que este material combina las ventajas del cobre con la alta resistencia del fierro.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Barras para pararrayos. Con este título distinguimos al conjunto de electrodos que se instalan sobre la parte más elevada de las estructuras de una subestación y que sirve para complementar la red de cables de guarda que se extiende sobre los copetes de las estructuras de la S.E. para proteger la subestación de las posibles descargas directas de los rayos.

3.4.4.3 Conectores.

Son aquellos elementos que nos sirven para unir a la red de tierras, los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos, que a continuación se describen con sus características principales:

- 1) Conectores atornillados se fabrican con bronce, de alto contenido de cobre. La utilización del bronce, que es un material no magnético proporciona una conducción segura para las descargas atmosféricas las cuales son de alta frecuencia.
- 2) Conectores a presión, son más económicos que los atornillados y dan mayor garantía de buen contacto.
- 3) Conectores soldados, por su elevado costo, se usan en las aplicaciones en que la economía del cliente lo permite, como ejemplo las cruces de la malla de tierra o para conectar a tierra los rieles de los transformadores.

Cada uno de los elementos mencionados tendrá las siguientes características:

- Resistencia a la corrosión, para retardar su deterioro en el ambiente en que se localice.

- Conductividad eléctrica, de tal manera que no contribuya sustancialmente con diferencias de potencial locales en el sistema de tierra.
- Capacidad de conducción de corriente, suficiente para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos durante las más severas condiciones de falla por la magnitud y duración de la corriente.
- Resistencia mecánica, de tal manera que soporte daño físico y esfuerzos electromecánicos.

3.4.5 Factores considerados en el diseño.

Los aspectos que se toman en cuenta para el diseño de una red de tierras en general son: las características del terreno en el cual se instalan, la resistividad, la temperatura, la corriente máxima de corto circuito de fase a tierra, los factores de corrección, decremento y de seguridad por crecimiento; cada uno de los cuales se detallan a continuación.

3.4.5.1 Características del terreno, Resistividad y Temperatura.

✓ Para determinar las características del suelo, normalmente se obtienen muestras hasta una profundidad razonable que pueda permitir juzgar la homogeneidad y condiciones de humedad o nivel de aguas freáticas. Para determinar la resistividad eléctrica es conveniente hacer mediciones con métodos y aparatos aceptados para estos fines. Las mediciones deben incluir datos sobre temperatura y condiciones de humedad en el momento de efectuarlas, tipo de terreno, profundidad de la medición y concentraciones de sales en el suelo.

La resistividad eléctrica del suelo que rodea a una varilla o electrodo de tierra es uno de los parámetros más críticos, que se deben de tener en cuenta. La resistividad depende fuertemente del contenido de humedad, cuando esta se reduce abajo del 22 % por peso, la resistividad crece bruscamente.

La temperatura también ejerce una influencia apreciable sobre la resistividad del terreno. A menos de 0 °C la resistividad crece bruscamente y a mayores temperaturas esta decrece.

$$\rho = \frac{R(A)}{L} \quad [\text{ohms / metro}]$$

donde:

ρ = resistividad del terreno en [ohms - metro]

R = resistencia en [ohms]

A = Área de la sección transversal en [m²]

L = Longitud en [m]

3.4.5.2 Corrientes máximas de cortocircuito a tierra.

Para determinar el valor correcto de la corriente de falla a tierra, utilizada en el cálculo del sistema de tierras, se necesita:

- a) Determinar el tipo de falla posible a tierra que produzca el máximo flujo de corriente entre la malla del sistema de tierras y la tierra adyacente y por lo tanto su mayor elevación de potencial y los mayores gradientes locales en el área de la subestación.
- b) Determinar el máximo valor efectivo de la corriente simétrica de falla a tierra I_{sc} entre la malla de tierras y la tierra circundante en el instante de iniciarse la falla.

Los tipos de fallas a tierra son de dos tipos principalmente:

- Falla monofásica a tierra
- Falla polifásica a tierra

3.4.5.3 Factores de corrección .

En el cálculo realizado en el punto 3.3.4, se usaron factores de corrección para la determinación de la corriente de falla a tierra que se considera para el cálculo del sistema de tierras. Los factores de corrección se usan en los siguientes casos:

- Cuando sea necesario tomar en cuenta el efecto del desplazamiento de la onda de corriente por corriente continua y los decrementos en las componentes transitorias de corriente directa y alterna de la corriente de falla.
- Cuando sea pertinente tomar en cuenta los aumentos de las corrientes de falla a tierra debidos al crecimiento del sistema eléctrico.

3.4.5.4 Factor de decremento "D".

Es el debido al desplazamiento de la corriente continua y a la atenuación de las componentes transitorias de las corrientes alterna o directa de la corriente de falla.

FACTORES DE DECREMENTO	
Duración de la falla y del choque eléctrico [seg.]	Factor de Decremento
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 o más	1.00

Tabla 3.7

3.4.5.5 Factor de seguridad por crecimiento del sistema.

Resulta prudente tomar un margen adecuado para estimar los aumentos futuros de las corrientes de falla por aumento de la capacidad del sistema eléctrico o por interconexiones posteriores, pues las modificaciones posteriores a la red de tierras resultan costosas y generalmente se omiten, dando motivo a introducir inseguridad en el sistema. Este efecto puede tomarse en cuenta disminuyendo la impedancia del sistema o aplicando un factor de seguridad al valor calculado de la corriente de falla.

3.4.6 Métodos de cálculo

3.4.6.1 Diseño preliminar.

El diseño preliminar debe ajustarse de tal manera que la longitud total de los conductores enterrados, incluyendo las varillas, sea cuando menos igual a la calculada con la ecuación siguiente para que las diferencias de potencial locales permanezcan dentro de los límites tolerables.

$$L = \frac{K_m K_i \rho_s t}{165 + 0.25 \rho_s}$$

Donde:

ρ_s = Resistividad del terreno inmediata bajo los pies, en ohms-mts.

t = Duración máxima de la falla en segundos.

K_m = Es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos n , el espaciamiento D , el diámetro d y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red.

Su valor se calcula como sigue:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \log_e \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \log_e \left[\left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \left(\frac{7}{8} \right) \right]$$

El número de factores en el segundo término es de dos menos que el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales.

K_i = Es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corrientes no uniforme de partes diversas de la red.

L = Es la longitud total del conductor enterrado en metros.

Se supone el sistema formado por mallas de cable de cobre enterrado a una profundidad de 0.3 a 0.6 m. En nuestras subestaciones instalamos varillas verticales "copperweld" de aproximadamente 5/8 " de diámetro y de unos 3 m. de longitud.

3.4.6.2 Cálculo del calibre del conductor de la red

Cada uno de los elementos del sistema de tierra, incluyendo los conductores de la propia malla, las conexiones y los electrodos, deberán ser diseñadas de tal manera que:

- 1) Las uniones eléctricas no se fundan o deterioren en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que queden expuestas.
- 2) Los elementos sean mecánicamente resistentes en alto grado, especialmente en aquellos lugares en que quedan expuestos a un daño físico .
- 3) Tengan suficiente conductividad para que no contribuyan apreciablemente a producir diferencias de potencial locales.

La ecuación de Onderdonk permite seleccionar el conductor de cobre y la unión adecuados para evitar la fusión.

$$I = A \sqrt{\frac{\log \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}{33S}}$$

En donde :

I = Corriente en amperes

A = Sección de cobre en circular mils.

S = Tiempo durante el cual circula la corriente I, en segundos.

T_m = Temperatura máxima permisible , en grados centígrados.

T_a = Temperatura ambiente, en grados centígrados.

3.4.7 Cálculo de los potenciales de paso, de contacto y de malla en la red de tierra.

Como paso previo para determinar la longitud adecuada del conductor que forma la malla, se hace uso de la ecuación que limita la tensión de contacto, ya que las tensiones de paso que se obtienen en instalaciones apropiadas, son generalmente menores y además las resistencias en serie con los pies, limitan la corriente a través del cuerpo, además de que éste, tolera corrientes de magnitud superior a través de las extremidades inferiores, con respecto a las de las extremidades superiores.

E_{paso} = Tensión de un paso, de una distancia horizontal de un metro en Volts.

E_{contacto} = Tensión de contacto a una distancia horizontal de un metro del conductor de la malla de tierra en Volts.

E_{malla} = Diferencia de potencial, en Volts, del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro del rectángulo de la malla (caso particular de voltaje de contacto).

Una vez calculadas las tensiones de paso, de contacto, y de malla y utilizando la longitud aproximada del diseño preliminar, se comparan dichas tensiones con los valores tolerables del cuerpo humano, y en esta forma se sabe si el diseño queda dentro de los límites de seguridad requeridos. En caso de no ser así, se procede a calcular la longitud total del conductor necesaria para caer dentro de los límites de seguridad.

La ecuación más exacta para calcular los potenciales de paso fuera de la malla, es el siguiente.

$$E_{\text{paso}} = E_s = K_s K_1 \rho_{s1} \left(\frac{I}{L_R} \right)$$

donde:

K_s : es un coeficiente que toma en cuenta el efecto de número de conductores "n" de la malla, el espaciamiento D y la profundidad de enterramiento h de los mismos.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} + \dots \right]$$

El número total de términos dentro del paréntesis es igual al número de conductores transversales (los de menor longitud) en la malla básica, excluyendo las conexiones de los conductores paralelos (los de mayor longitud) .

K_i = factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red. Toma valores desde 1.00 que corresponde a un solo cuadrado, hasta 2.21 que se usa para una malla de 25 cuadros.

ρ_{s1} = Es la resistividad del terreno profundo (a más de 0.40 m.).

L_R = Longitud de la malla real, tomando en cuenta las varillas de tierra.

Para calcular el voltaje de malla se usa la siguiente relación:

$$E_{\text{MALLA}} = K_m K_i \frac{I}{L_R} \rho_{s1}$$

Donde:

K_m : Coeficiente que toma en cuenta el efecto de conductores paralelos "n", el espaciamiento "D", el diámetro "d" y la profundidad de enterramiento "h" de los conductores de la red y se calcula de la siguiente manera:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \log_e \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \log_e \left[\left(\frac{3}{4} \right) + \left(\frac{5}{6} \right) + \left(\frac{7}{8} \right) + \dots \right]$$

El número de factores en el segundo término, es de dos menos que el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales.

K_1 : ya definido

ρ_{s1} : ya definido

I : corriente efectiva máxima [A], que fluye entre la red de tierra y la tierra, ajustada por el factor de decremento y el crecimiento futuro del sistema.

L_R : ya definido

Para instalaciones con tamaños de conductores, profundidad de enterramiento y espaciamiento dentro de los límites usuales, los valores de diferentes tensiones son de aproximadamente de las siguientes magnitudes.

$$E_{\text{paso}} = 0.1 \text{ a } 0.15 \rho_{s1} I$$

$$E_{\text{contacto}} = 0.6 \text{ a } 0.8 \rho_{s1} I$$

$$E_{\text{malla}} = 1.0 \rho_{s1} I$$

Evaluando la siguiente red.

1) Datos:

a) tiempo de falla 0.25 seg. Equivale a la secuencia de 15 ciclos a una frecuencia de 60 hertz.

b) corriente corto circuito

$$I_{CC} = 5,525 \text{ [A]}$$

$$I_{CC \text{ eficaz}} = I_{CC} \text{ (factor de decremento)}$$

$$I_{CC \text{ eficaz}} = 5,525 (1.05) = 5801.25 \text{ [A]}$$

c) Resistividad del terreno

$$\rho_{s1} = 20 \text{ [ohms -metro] (suelo húmedo)}$$

$$\rho_{s2} = 1000 \text{ [ohms- metro] (concreto)}$$

d) Profundidad de enterramiento

$$h = 0.6 \text{ [m]}$$

2) Tomando en cuenta que las conexiones son mecánicas.

a) La tabla de Onderdonk tabulada de su ecuación nos da los calibres mínimos para evitar la fusión.

$$S = C(I_{cc})(F_D)(F_A)$$

$$S = (6)(5525)(1.05)(1) = 34807.5 = 35 \text{ MCM}$$

6.00 - valor obtenido de la ecuación de Onderdonk para un valor de 0.25 [seg.] para conexiones soldadas

5,525.00 - valor de corriente de corto circuito

1.05 - valor del factor del decremento

1.00 - valor del factor de ampliación

Como $1 \text{ mm}^2 = 1.962 \text{ MCM}$ entonces:

35 MCM corresponde a $a = 17.83 \text{ [mm}^2\text{]}$

17.83 [mm²] equivale al calibre 4 AWG. De tablas el calibre 4 AWG tiene una sección de 21.15 [mm²] y el de 4/0 tiene una sección de 107.2 [mm²].

Se selecciona el de 4/0 y resulta un coeficiente de seguridad de :

$$\frac{107.2}{21.15} = 5.06 \quad (\text{Coeficiente de seguridad})$$

b) Se calcula el diámetro de los conductores de la red .

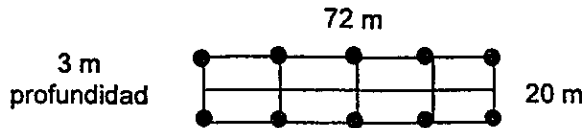
Por norma

$$A_{4/0} = 107.2 \text{ [mm}^2\text{]} = \pi r^2$$

$$d = \sqrt{\frac{(4)(107.2)}{\pi}} = 11.68 \text{ [mm]} = 0.01168 \text{ [m]}$$

$h = 0.60 \text{ [m]}$ (profundidad de la malla)

Se evalúa ésta red



$$A = (72)(20) = 1440 \text{ [m}^2 \text{]}$$

L_r = Longitud total de los conductores de la red incluyendo las varillas .

$$L_r = (3)(72) + (5)(20) + (10)(3) = 346 \text{ [m]}$$

$$L = \frac{K_m K_1 \rho_{s1} \sqrt{t l_{oc}}}{116 + 0.17 (\rho_{s2})}$$

donde:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \log_e \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \log_e \left[\left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \right]$$

Usando $D = 18 \text{ m}$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \log_e \frac{(18)^2}{16(0.6)(0.01168)} + \frac{1}{\pi} \log_e \left[\left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \right] = 1.1185$$

K_1 = Coeficiente de regularidades por Walter Koch .

$$K_1 = 1.47$$

ρ_s = Resistividad del terreno

ρ_{s1} = 50 ohms-metro (de tepetate)

ρ_{s2} = Resistividad del terreno que pisan los pies

ρ_{s2} = 1000 [ohms- metro] (concreto)

$$L = \frac{(1.1185)(1.47)(20)\sqrt{0.25 (5801.25)}}{116 + 0.17 (1000)} = 333.51 \text{ [m]}$$

Como: $L_r > L$ La red es adecuada por longitud.

Para verificar la malla por potencial de paso se calcula la resistencia de la red.

Se calcula primero el radio de un círculo de área igual a la superficie de la red:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{1440}{\pi}} = 12.08 \text{ [m]}$$

Resistencia de la red.

$$R = \frac{\rho_{s1}}{4(r)} + \frac{\rho_{s1}}{Lr} = \frac{20}{4(12.08)} + \frac{20}{334} = 0.47 \text{ [ohms]}$$

Cálculo del máximo aumento de potencial en caso de falla

$$E = I_{EFICAZ} (R) = 5801.25 (0.47) = 2748.56 \text{ [Volts]}$$

Cálculo de potencial de paso, cuando circula la máxima corriente de la red hacia la tierra

$$E_s = K_s (K_i) (\rho_{s1}) \frac{(I_{EFICAZ})}{Lr}$$

donde:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2(0.6)} + \frac{1}{(18 + 0.6)} + \frac{1}{2(18)} + \frac{1}{3(18)} + \frac{1}{4(18)} + \dots \right]$$

$$K_s = 0.3015$$

$$E_s = \frac{(0.3015)(1.47)(20)(5801.25)}{346} = 141.58 \text{ [Volts]}$$

Que es el potencial de paso en el piso adyacente a la red.

Cuando hay concreto armado el voltaje que se presenta es:

$$E's = \frac{116 + 0.7 (\rho_{g2})}{\sqrt{t}} = \frac{116 + 0.7 (1000)}{\sqrt{0.25}} = 1632 \text{ [Volts]}$$

$E's > E_s$, Por lo tanto la red es segura en la periferia.

3.4.8 Curva de daño del conductor 23PT 1x 240

Como una guía en la prevención de los daños, las temperaturas máxima permitidas en los aislamientos como consecuencia del cortocircuito, se han establecido los siguientes valores que dependen también del tipo de aislamiento como sigue:

Papel, hule y algodón barnizado	200 °C
Termoplásticos	150°C

El valor de la energía calorífica generada durante una falla de cortocircuito, varía con el cuadrado de la corriente RCM multiplicada por el tiempo de duración de falla. Este valor se expresa como:

$$E_T = I^2(t) \text{ [A }^2 \text{ seg]}$$

Donde

E_T : Esfuerzo térmico

I : corriente de corto circuito en amperes [RMC]

t : Tiempo de duración de la falla

Los conductores de cobre soportan las siguientes condiciones: 1 ampere por 5 segundos por cada 42.25 CM de área de sección transversal.

Para nuestro caso que tenemos un conductor de cobre de sección transversal igual a 240 mm^2 equivalente a 472.32 MCM [$1 \text{ mm}^2 = 1.968 \text{ MCM}$].

Aplicando los parámetros mencionados el cable 23 PT 1 x 240 soporta :

$$\frac{472,320 \text{ CM}}{42.25 \text{ CM}} = 11,179.17 \text{ [A]}$$

Como máximo, durante 5 segundos sin que se dañe su aislamiento. Como la corriente de corto circuito de nuestro sistema que es de $5,525 \text{ [A]}$, se puede garantizar que en 5 segundos no sufrirá daño su aislamiento.

Calculando el esfuerzo térmico

$$I_{RMC}^2 t = (5801.25)^2 (5) = 168'272,500 \text{ [A}^2\text{seg]}$$

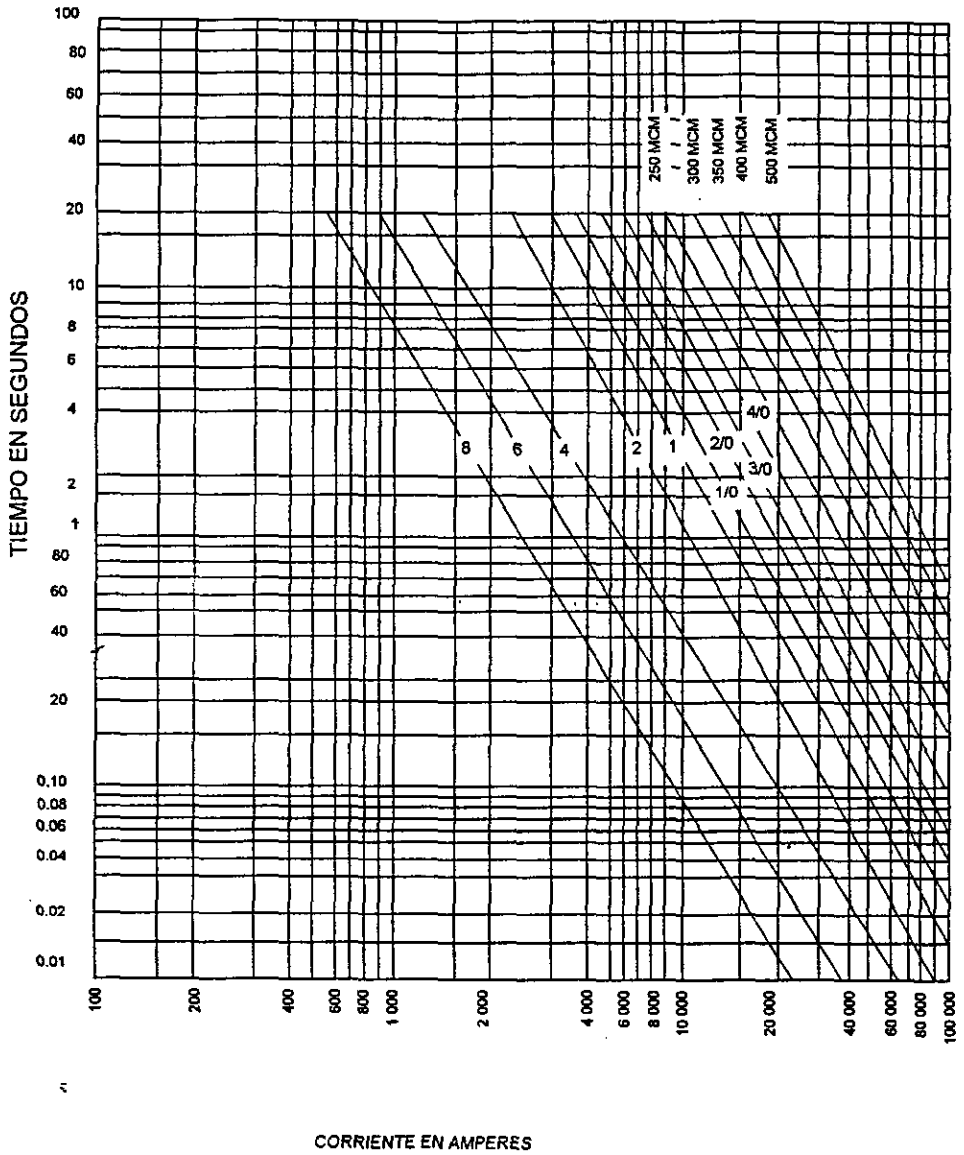
Los valores de la corriente permisible de corto circuito en los conductores son calculados por la fórmula de Onderdonk.

En la gráfica de la siguiente página se presenta la curva de daño para conductores de cobre.

3.4.9 Ejemplos de alimentación de diferentes tipos de servicio

A continuación se da un ejemplo representativo del cálculo de la alimentación de cada uno de los tres tipos de servicios existentes en la plaza. Los 244 locales existentes se pueden alimentar, dependiendo de su carga, por medio de cualquiera de los tres tipos presentados.

CURVAS DE DAÑO PARA CONDUCTORES DE COBRE



3.4.9.1 Ejemplo de alimentación de un servicio monofásico

Datos:

Tienda Gaytan Boots

Local D-154 , Cto. 31A

Carga instalada : 3,400 [Watts]

Factor de demanda : 0.6

Longitud de la línea : 183 [m]

Voltaje: 127 [Volts]

factor de potencia : 0.85

%e : 3

Cálculos :

$$\begin{aligned} \text{Carga demandada} &= \text{Factor de demanda} \times \text{Carga instalada} \\ &= (0.6) (3,400) = 2,040 \text{ [Watts]} \end{aligned}$$

Corriente demandada :

$$I_D = \frac{\text{Carga demandada}}{(\text{Volts}) \text{ fp}}$$

$$I_D = \frac{2,040 \text{ Watts}}{(127 \text{ V}) (0.85)} = 18.89 \text{ [A]}$$

Capacidad de interruptor 1.75 de la Corriente de demanda.

$$\text{Capacidad del interruptor} = (1.75) (18.89) = 33.05 \text{ [A]}$$

Se selecciona un interruptor de 2P-60 A

Calibre del cable desnudo 1-10d

Cálculo de alimentador:

$$S_c = \frac{4 (L) (I)}{(\%e) (V)}$$

$$S_c = \frac{4 (183 \text{ m}) (18.89 \text{ A})}{(3) (127 \text{ V})} = 36.30 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

La sección del conductor corresponde al calibre 1/0 AWG

Comprobando por factor de caída de tensión unitaria

$$\% \Delta V = \frac{F_c(L) (I)}{(10) (V)}$$

Para un conductor calibre 1/0 para un servicio monofásico $F_c = 0.86$

$$\% \Delta V = \frac{(0.86)(183 \text{ m}) (18.89 \text{ A})}{(10) (127 \text{ V})} = 2.34 \%$$

La caída de tensión unitaria calculada es menor a la de la caída especificada por lo que el conductor es el apropiado.

Cálculo de tubería

Sección obtenida por tablas del conductor de un calibre 1/0 es : 283.23 mm^2

$$2 \text{ conductores} \times 283.23 \text{ mm}^2 = 566.46 \text{ mm}^2$$

El área ocupada por los conductores debe ser menor que el 30 % de área libre del tubo conduit.

$$\frac{566.46 \text{ mm}^2}{0.3} = 1,888.20 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

El diámetro de la sección corresponde al tubo conduit cilíndrico de 51 mm ya que su área es de $2,042.82 \text{ mm}^2$.

3.4.9.2 Ejemplo de alimentación de un servicio bifásico

Datos:

Tienda Sexy Jeans

Local C-136 , Cto. 89A

Carga instalada : 7,400 [Watts]

Factor de demanda : 0.6

Longitud de la línea : [175 m]

Voltaje: 220 [Volts]

factor de potencia : 0.85

%e : 3

Cálculos :

$$\begin{aligned} \text{Carga demandada} &= \text{Factor de demanda} \times \text{Carga instalada} \\ &= (0.7) (7,400) = 4,440 \text{ [Watts]} \end{aligned}$$

Corriente demandada :

$$I_o = \frac{\text{Carga demandada}}{(\text{Volts}) \text{ fp}}$$

$$I_o = \frac{4,440 \text{ Watts}}{(220 \text{ V}) (0.85)} = 23.74 \text{ [Amps]}$$

Capacidad de interruptor 1.75 de la Corriente de demanda.

$$\text{Capacidad del interruptor} = (1.75) (23.74) = 41.54 \text{ [A]}$$

Se selecciona un interruptor de 2P-60 A

Calibre del cable desnudo 1-10d

• Cálculo de alimentador

$$S_c = \frac{2(L) (I)}{(\%e) (V)}$$

$$S_c = \frac{2 (175 \text{ m}) (23.74 \text{ A})}{(3) (220 \text{ V})} = 14.68 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

La sección del conductor de acuerdo a normas corresponde al calibre 4 AWG

Comprobando por factor de caída de tensión unitaria

$$\% \Delta V = \frac{F_c(L) (I)}{(10) (V)}$$

Para un conductor calibre 4 para un servicio bifásico $F_c = 1.06$

$$\% \Delta V = \frac{(1.06)(175 \text{ m}) (27.7 \text{ A})}{(10) (220 \text{ V})} = 2.3 \%$$

La caída de tensión unitaria calculada es menor a la de la caída especificada por lo que el conductor es el apropiado.

Cálculo de tubería

Sección obtenida por tablas del conductor de un calibre 4 es :193.35 mm²

3 conductores x 193.35 mm² = 580.05 mm²

El área ocupada por los conductores debe ser menor que el 40 % de área libre del tubo conduit.

$$\frac{580.05 \text{ mm}^2}{0.4} = 1450.125 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

El diámetro de la sección corresponde al tubo conduit cilíndrico de 51 mm ya que su área es de 2042.82 mm².

3.4.9.3 Ejemplo de alimentación de un servicio trifásico

Datos:

Tienda Zapatería Albano

Local C130-131 , Cto. 57A

Carga instalada : 22,800 [Watts]

Factor de demanda : 0.8

Longitud de la línea : 152 [m]

Voltaje: 220 [Volts]

factor de potencia : 0.85

%e : 3

Cálculos :

$$\begin{aligned} \text{Carga demandada} &= \text{Factor de demanda} \times \text{Carga instalada} \\ &= (0.8) (22,800) = 18,240 \text{ [Watts]} \end{aligned}$$

Corriente demandada :

$$I_D = \frac{\text{Carga demandada}}{(\text{Volts}) \text{fp}}$$
$$I_D = \frac{18,240 \text{ Watts}}{(220 \text{ V}) (0.85) \sqrt{3}} = 56.35 \text{ [A]}$$

Capacidad de interruptor 1.75 de la Corriente de demanda.

$$\text{Capacidad del interruptor} = (1.75) (56.35) = 98.55 \text{ [A]}$$

Se selecciona un interruptor de 3P-100 A

Calibre del cable desnudo 1-8d

5 Cálculo de alimentador

$$S_c = \frac{2\sqrt{3} (L) (I)}{(\%e) (V)}$$

$$S_c = \frac{2\sqrt{3} (152 \text{ m}) (56.31 \text{ A})}{(3) (220 \text{ V})} = 44.92 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

La sección del conductor de acuerdo a normas corresponde al calibre 1/0 AWG

Comprobando por factor de caída de tensión unitaria

$$\% \Delta V = \frac{F_c(L) (I)}{(10) (V)}$$

Para un conductor calibre 1/0 para un servicio monofásico $F_c = 0.74$

$$\% \Delta V = \frac{(0.74)(152 \text{ m}) (56.31 \text{ A})}{(10) (220 \text{ V})} = 2.87 \%$$

La caída de tensión unitaria calculada es menor a la de la caída especificada por lo que el conductor es el apropiado.

Cálculo de tubería

Sección obtenida por tablas del conductor de un calibre 1/0 es :566.45 mm²

$$4 \text{ conductores} \times 566.45 \text{ mm}^2 = 2265.8 \text{ mm}^2$$

El área ocupada por los conductores debe ser menor que el 30 % de área libre del tubo conduit.

$$\frac{2265.8 \text{ mm}^2}{0.4} = 5664.5 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

El diámetro de nuestra sección corresponde al tubo conduit cilíndrico de 90 mm ya que su área es de 6361.74 mm².

CAPITULO IV SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS EN GENERAL

En este capítulo se muestran los cálculos que se utilizaron para seleccionar el equipo eléctrico en general. Comenzaremos proporcionando una descripción general de cada uno de los equipos que forman parte de las subestaciones destacando los puntos más relevantes de estos, para después mostrar los cálculos que se utilizaron para seleccionar los que integraron cada una de las Subestaciones de la Plaza.

4.1 TRANSFORMADORES

4.1.1 Generalidades

El transformador es un aparato electrostático capaz de transferir energía eléctrica de un circuito de corriente alterna, a otro por medios electromagnéticos, sin haber contacto eléctrico entre los dos circuitos. Esta transferencia se realiza en forma de cambio de voltajes o corrientes. Los transformadores de distribución al cambiar el valor de la tensión primaria a un valor utilizable por el usuario, forman la liga entre la red primaria y la red secundaria; la capacidad de estos, se determina en función de la magnitud de la carga, así como el número de fases con que cuenta un transformador es función de las fases de la alimentación primaria.

El porcentaje de impedancia de un transformador es también un factor muy importante a tomar en cuenta, este porcentaje esta en relación inversa a la regulación de la tensión y a el valor de las corrientes de corto circuito, que fluyen por los devanados ante fallas en la red secundaria. Esto es, que cuando se tiene un valor menor de impedancia los valores de regulación y de corrientes de corto circuito son mayores.

El tipo de conexión del transformador trifásico depende del tipo de sistema primario con el que se cuenta, esto es que cuando se tiene un sistema trifásico de

tres hilos, se utilizan transformadores con neutro flotante, cuando el sistema primario es de cuatro hilos, entonces se utiliza el neutro aterrizado, en el caso de la plaza, el tipo de conexión que se utiliza es con neutro flotante, ya que las líneas en el primario son de tres hilos.

Condiciones de operación. En general los transformadores de distribución operan en diferentes condiciones dependiendo del tipo de montaje, se pueden encontrar, transformadores para exteriores, para interiores, montados en postes, tipo pedestal montados a nivel de la superficie o tipo bóveda sumergidos en pozos; en el caso de la plaza se instalaron en interiores y eligiéndolos para que operen satisfactoriamente en las redes de distribución subterránea de LYFC. Dichas redes se encuentran a una elevación media sobre el nivel del mar de 2300 m, en clima tropical, con temperatura ambiente que varía de -5 a 40°C.

Sobrecargas. De acuerdo con "Guide for Loading oil - Immersed distribution and power transformers", los transformadores tienen una vida útil normalmente de 20 años y deben ser capaces de soportar satisfactoriamente las sobrecargas, sin embargo, cada vez que a un transformador se le somete a sobrecargas, la vida útil de éste se reduce. Dependiendo de la magnitud de las sobrecargas a las que sea sometido, el aislamiento de los devanados resistirá en mayor o menor medida el calentamiento sin envejecer demasiado pronto.

4.1.2 Selección de transformadores

De la Subestación Poniente:

Servicios individuales	136 regulares
Carga total instalada	2079.685 [KW]

Aplicando un factor de demanda FD de 65% que, de acuerdo con la tabla 2.7 corresponde a centros comerciales, obtenemos la carga demandada :

$$2079.685 \text{ KW} \times 0.65 = 1351.795 \text{ [KW]}$$

Aplicando un factor de coincidencia Fco del 76 %, obtenemos la carga coincidente:

$$1351.795 \text{ KW} \times 0.76 = 1027.364 \text{ [KW]}$$

Empleando la expresión de la potencia aparente, obtenemos la capacidad a servir de los transformadores.

$$S = \frac{P}{\text{Cos}\phi} = \frac{1027.364}{0.85} = 1208.663 \text{ [KVA]}$$

Dividiendo entre dos :

$$S_T = 604.331 \text{ [KVA]}$$

Se seleccionan dos transformadores de 750 KVA cada uno, teniendo una disposición futura de aproximadamente 145 KVA por transformador, que representa el 24 % de crecimiento extra de la carga coincidente o el 19 % de la capacidad de cada transformador .

Los transformadores quedan al 81 % de su capacidad, teniendo 290 KVA de cargas instaladas disponibles para un crecimiento futuro entre los dos.

De la Subestación Oriente:

Servicios individuales	110 regulares
Carga total instalada	1745.530 [KW]

Aplicando un factor de demanda FD de 65% que, de acuerdo a la tabla 2.7 corresponde a centros comerciales, obtenemos la carga demandada :

$$1745.530 \text{ KW} \times 0.65 = 1134.594 \text{ [KW]}$$

Aplicando un factor de coincidencia Fco del 76 %, obtenemos la carga coincidente:

$$1134.594 \text{ KW} \times 0.76 = 862.291 \text{ [KW]}$$

Empleando la expresión de la potencia aparente, obtenemos la capacidad a servir de los transformadores.

$$S = \frac{P}{\text{Cos}\phi} = \frac{862.291}{0.85} = 1014.46 \text{ [KVA]}$$

Dividiendo entre dos :

$$S_T = 507.23 \text{ [KVA]}$$

Se seleccionan también dos transformadores de 750 KVA cada uno, teniendo una disposición futura de aproximadamente 240 KVA por transformador, que representa el 47 % de crecimiento extra de la carga coincidente y el 32% de la capacidad de cada transformador .

Los transformadores quedan al 67% de su capacidad, teniendo 485 KVA de carga instalada disponible para un crecimiento futuro entre los dos.

4.2 CAJAS DE INTERCONEXIÓN

4.2.1 Generalidades

Las cajas de interconexión son equipos eléctricos cuya finalidad es la de derivar una o más trayectorias desde un alimentador.

La selección de las cajas de interconexión que se utilizaron en la ampliación del centro comercial, dependió del número de circuitos que se requería conectar, en algunos casos eran de tres y en otros de cuatro entradas, las cuales son:

CS 23.3.500 (tres entradas)

CS 23.4.500 (cuatro entradas)

A continuación se dan las especificaciones de dichas cajas:

Empaque. Armada en todas sus partes con terminales selladas al paso de humedad, protección de válvulas de seguridad y drenaje contra daños mecánicos durante su transporte.

Uso. Para ser fijada a muro o soporte vertical en pozo, bóveda o S.E. permite interconectar 3 o 4 circuitos dependiendo el tipo de caja formado cada uno por tres o cuatro cables 23 PT 1x35 o 1x70 o 1x150 o 1x240.

La conexión y desconexión se hace por medio de placas removibles sin potencial; es para 500 Amp. Puede trabajar sumergida en agua a tres metros de profundidad.

Clave del nombre:

CS = Para cables subterráneos

23 = 23 KV

4 = 4 Vías

3 = 3 Vías

500 = 500 Amp. por vía

Material. En la siguiente tabla se describen los materiales que se utilizan en cada una de las partes que forman las cajas.

REF	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
1	Cuerpo	Placa fierro 6.3(1/4"), Cadminizado o Galvanizado. Después de maquinado
2	Indicador de nivel de aceite	Magnético
3	Válvula de drenaje y muestreo	Bronce
4	Tapa	Placa fierro 6.3(1/4"). Cadminizado o Galvanizado. Después de maquinado
5	Junta	Neopreno
6	Válvula de seguridad	Bronce
7	Cuerpo de la terminal	Latón bronce o aluminio
8	Boquilla aislante	Resina epóxica o porcelana
9	Conector interior	Cobre electrolítico laminado o bronce alta conductividad 99% Cu y 1% Pb
10	Conector interior	Cobre electrolítico laminado o bronce alta conductividad 99% Cu y 1% Pb .
11	Placa conexión	Cobre electrolítico
12	Placa de datos	Acero inoxidable o latón cromado
13	Fondo	Placa acero inoxidable 9.5(3/8)

Tabla 4.1

4.3 CONDUCTORES

4.3.1 Generalidades

La función primordial de un cable de energía aislado, es la de transmitir potencia eléctrica a una intensidad y tensión preestablecidas, durante cierto tiempo. Es por ello que sus elementos constitutivos primordiales deben estar diseñados para

soportar el efecto producido por los parámetros arriba mencionados, dichos elementos son:

El conductor, por el cual fluye la energía eléctrica.

El aislamiento, que es el elemento que soporta el voltaje aplicado.

La cubierta que es la encargada de la protección contra el ataque del tiempo y agentes externos.

Un cuarto elemento fundamental en la operación correcta de un cable de energía aislado, es la pantalla eléctrica, la cual esta constituida por dos elementos, uno semiconductor y el otro conductor, ambos elementos en el orden prefijado, son instalados sobre el aislamiento del cable para control del campo eléctrico, cada uno con un propósito bien definido.

El primer elemento de la pantalla eléctrica sirve para uniformizar el campo eléctrico alrededor del conductor evitando zonas de concentración de esfuerzos siendo de naturaleza semiconductor. El segundo es con el objeto de confinar el campo eléctrico en el aislamiento exclusivamente, hacerlo radial y servir de conductor para las corrientes de secuencia "cero" en caso de corto circuito. Tiene también la finalidad de proteger al personal que entre en contacto directo con el cable de descargas eléctricas, siempre y cuando la pantalla conductora este sólidamente conectada a tierra. (ver figura 4.1).

Finalmente, sobre los elementos anteriores y cuando es deseable la protección del cable contra agentes externos y/o esfuerzos de tensión se usan las armaduras metálicas.

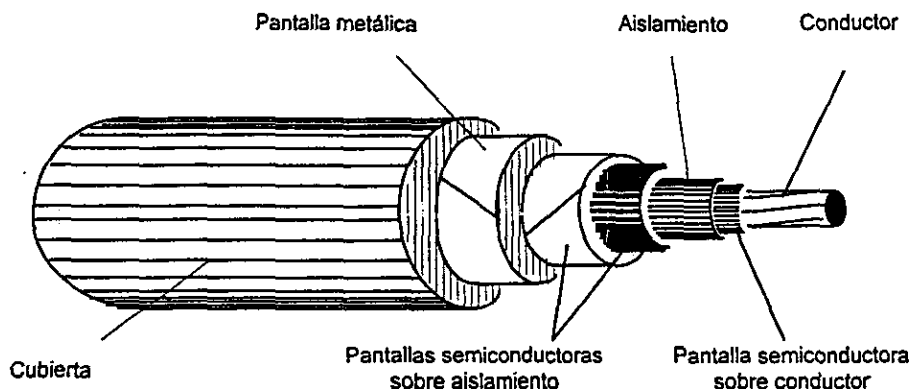


Fig 4.1

El cable por su formación final podrá ser unipolar o tripolar según el número de conductores (o almas que contenga). En caso de conductores tripolares los espacios dejados entre almas se ocupan con "reellenos" especiales .

Los cables unipolares una vez terminados podrán ser reunidos en un cableado en espiral de paso largo, dando lugar a cables en formación triplex.

4.3.2 Tipo de cable seleccionado

En 23 KV preferentemente para troncales en circuitos de tres fases en ductos - líneas en los locales de servicios desde pozos o S.E.'s y en tramos cortos en S.E.'s y postes, con cables tipo 23 PT 1x150 y 1x240.

Clave del tipo de cable

23^s = 23 KV

P = Plomo cubierta

T = Termoplástico, cubierta exterior

150 y 240 = Sección nominal del conductor en mm²

4.4 GABINETE PARA 23 KV

4.4.1 Generalidades

El gabinete en 23 KV, es parte del equipo eléctrico que tiene la finalidad de alojar, soportar, proteger eléctrica y mecánicamente a los interruptores, apartarrayos, terminales de cables, barras conductoras y de tierra. Esta formado por dos o más módulos, dependiendo del número y tipo de celdas que se acoplen, permite alimentar en derivación uno o más circuitos.

Gabinete M 23 I o E

Materiales componentes.

REF	NOMBRE	MATERIAL
1	Cuerpo y puertas	Fierro lámina USSG núm. 12 (2.65 mm).
2	Bus principal	Cobre electrolítico, conductividad 98 %, solera de sección adecuada para 400 amp.
3	Bus de tierra	Cobre electrolítico, conductividad 98 %, solera cobre 32 mm. (1/4 " x 1 1/4").
4	Aisladores soportes	Resina epóxica para 25 KV de 6 aletas y 21 cm de altura
5	Interruptor en aire servicio interior	El interruptor deberá cumplir con las normas de LYFC la cantidad dependerá del tipo de montaje
6	Ruptofusibles (interruptor en aire de operación en grupo asociado con fusibles limitadores de corriente) ó cortacircuito-fusibles desconectador para 23KV.	Interruptor en aire de operación en grupo 23 KV, 400 A. servicio interior, accionamiento manual similar al de la marca Driesher & Wittjohann, tipo LDTP 20/400 SAE El cortacircuito - fusible deberá cumplir con la norma LYFC.
7	Soportes terminales	Fierro canal de 101.6 mm. (4 ") que permita soportar tres terminales monofásicas
8	Placa de identificación	Acero inoxidable, latón cromado o aluminio

Tabla 4.2

Uso. Dependiendo del número y tipo de módulos que se acoplen, permite alimentar en derivación simple o múltiple uno, dos o tres transformadores o servicios de 23 KV

Clave del nombre

M = Modular

23 = 23 KV, tensión nominal

I = Interior, tipo de servicio

E = Exterior, tipo de servicio

4.5 EQUIPO DE PROTECCIÓN

4.5.1 Generalidades

En todo sistema eléctrico un aspecto importante a considerar es la provisión de sistemas de emergencia y rutas alternas de alimentación, se hará una breve mención de los sistemas de protección y de los tipos de plantas de emergencias.

Las funciones básicas de un sistema de protección y de la coordinación son:

- Prevenir daño a vidas y propiedades
- Reducir daños al sistema y sus componentes
- Limitar el crecimiento y la duración de las interrupciones de servicio cuando una anomalía se presenta en el sistema.

Las anomalías pueden deberse:

- Falla del equipo
- Error humano
- Emergencias de origen humano o natural

Estas anomalías son impredecibles y el sistema eléctrico debe diseñarse y mantenerse para protegerse así mismo automáticamente, sin embargo no se puede tener un sistema contra todo tipo de falla por impráctico o antieconómico, pero debe satisfacer ciertos requerimientos mínimos de seguridad y confiabilidad.

Proteger un sistema eléctrico es considerar que puede existir una sobrecorriente o un sobrevoltaje que pudiese dañar los equipos o el cableado eléctrico. La protección de corriente tiene dos aspectos; protección por sobrecarga y protección por cortocircuito. La protección de sobrevoltajes debe tomar en cuenta descargas eléctricas atmosféricas, desequilibrios en la red y operación de interruptores.

Las sobrecargas son corrientes originadas principalmente en los motores y varían desde el valor de plena carga hasta el valor de estar bloqueado, o simplemente agregando equipo de utilización más grande o adicional a lo proyectado.

Las sobre corrientes por cortocircuito, son aquellas que ocurren cuando existen fallas de aislamientos en general y en particular debidas a excesiva humedad, sobrecarga de un circuito o daños mecánicos a conductores o equipo eléctrico.

En el capítulo anterior se obtuvo la corriente de corto circuito trifásico del sistema ($I_{CC} = 7,865 \text{ Amp}$), con la cual se puede establecer la secuencia de la protección de la manera siguiente:

Al valor de corriente de C.C. máxima se le aplica el factor de asimetría que es 1.6 y tenemos:

$$I_{MAX} = 7,865 (1.6) = 12,584 \text{ [Amp.]}$$

El portafusible seleccionado es el 23.332 (norma LYFC 2.0052) con una capacidad de C.C. asimétrica de 32,000 Amp. Con lo que queda dentro del rango de protección del equipo.

En el capítulo tres se determinaron los interruptores de BT en sus modalidades de monofásico, bifásico y trifásico. En un estudio más profundo se determinarían con base en la corriente nominal y de corto circuito de cada uno de los elementos del sistema, los interruptores y tableros de MT y BT, lo cual queda fuera del enfoque de este trabajo.

4.5.2 Coordinación de protecciones

Cuando se presente una falla, se debe remover la porción que fallo sin dejar de alimentar a otras áreas del sistema, esto es selectividad, es decir debe de operar el elemento más cercano a la falla. Si este elemento no opera en su zona (primaria) debe actuar luego otro elemento en serie con el, actuando como respaldo, esto es coordinación.

Al ocurrir una falla, las corrientes de corto circuito circulan por una serie de elementos, que estarán sujetos a esfuerzos térmicos, mecánicos y magnéticos.

Los elementos que se analizan son:

- Transformadores
- Conductores
- Motores
- Tableros y Barras colectoras

Los aparatos de detección de fallas que se tratan son:

- Fusibles en MT.
- Reles de sobrecorriente, 50/51
- Fusibles en BT.
- Reles integrados a interruptores electromagnéticos o de caja moldeada.
- Interruptores termomagnéticos
- Reles térmicos de sobrecarga

4.5.3 Seccionadores

4.5.3.1 Generalidades

Para lograr la selectividad y el sistema no se vea interrumpido en su totalidad por una falla o en caso de mantenimiento, se hace uso de los seccionadores (que engloban a equipos como interruptores, cuchillas, fusibles etc.) que se encargan de aislar las partes de la red afectadas por fallas o para propósitos de mantenimiento.

✓ Los seccionadores utilizados en la plaza son del tipo desconectador con fusibles, trifásicos, apertura en aire operación manual en grupo, para operar con carga, diseñadas para una tensión nominal de 23 KV., corriente nominal de 400 Amp. a 25 KAm. de capacidad interruptiva, con fusibles de potencia limitadores de corriente y con mecanismo para desconexión automática de las tres fases al fundirse uno de los fusibles.

4.5.3.2 Fusibles.

Los fusibles de mediana tensión y alta capacidad interruptiva son dispositivos destinados a interrumpir las corrientes de cortocircuito surgidas en instalaciones de mediana tensión, a una frecuencia de 50 a 60 Hz. Los fusibles están diseñados para servicio interior e intemperie.

Estos fusibles se montan sobre bases portafusibles individuales o bien sobre las bases portafusibles correspondientes a las cuchillas o desconectores. Se utilizan para la protección contra cortocircuitos de transformadores, condensadores, derivaciones de cables, motores, o bien para aplicaciones especiales. Los fusibles protegen a los aparatos y a las líneas eléctricas, contra los efectos térmicos y dinámicos de grandes intensidades de cortocircuitos, las cuales quedan interrumpidas al incrementarse la intensidad de corriente.

La operación de los fusibles durante la desconexión es óptima bajo una cierta intensidad de la corriente en cortocircuito, y decrece si las intensidades de la corriente en cortocircuito superan ese valor.

Existen tres tipos de fusibles en mediana tensión

- Fusibles en vacío
- Fusibles tipo expulsión
- Fusibles de potencia limitadores de corriente

Fusible en vacío

En este fusible se separan los contactos que están en un recipiente herméticamente sellado en el que está hecho el vacío, a medida que se separan los contactos la corriente se concentra en las pequeñas zonas del electrodo, estos no provocan ruido y se pueden montar en lugares reducidos como en tableros.

Fusibles de tipo de expulsión

Este tipo de fusible utiliza el gas a alta presión para provocar la extinción del arco producido por el corto circuito, cuando la presión es alta, provoca que el sello se desprenda y deje escapar el gas en forma explosiva, provocando la interrupción.

Cuando se interrumpe la corriente de corto circuito éste vuelve a su estado normal, estos fusibles provocan mucho ruido por lo que son más utilizados en líneas aéreas.

Fusibles limitadores de corriente

Está diseñado de tal forma que, al fundirse el elemento fusible se introduce una alta resistencia de arco en el circuito, antes de la corriente pico del primer medio ciclo. Esto restringe la corriente de corto circuito a un valor menor.

Los fusibles limitadores de corriente tienen una doble acción, por un lado reducen la corriente de falla al introducir una resistencia elevada en el circuito y por otro, debido a lo anterior eleva el factor de potencia, defasando la onda de corriente, acercándola a la onda de voltaje, acercando sus valores en cero, limitando así el tiempo de interrupción dentro del primer semiciclo de la onda de corriente.

Material. El elemento principal, debe estar formado por una o varias cintas de plata con pureza de 99.9 %, enrolladas uniformemente sobre un cuerpo porta elemento dentado en forma de estrella, construido con material cerámico de gran resistencia mecánica. El interior del fusible debe estar relleno con arena sílica de formulaciones y granulometría adecuada u otro material similar que funcione como medio de extinción del arco. El elemento secundario debe estar formado por una o varias cintas de nicromel u otro material adecuado para funcionar como medio de extinción del arco.

Uso. Utilizados en ruptofusibles tripolares dentro del gabinete M 23 I o E para proteger equipos, cables, o líneas de distribución instalados en las redes subterráneas de LYFC. Dentro de sus aplicaciones típicas, se puede mencionar la protección de transformadores de potencial y protección de cargas pequeñas (hasta 3,000 KVA) en circuitos de alta capacidad de C.C.

Su curva característica es casi vertical, lo que dificulta la coordinación. La acción de forzar la corriente limitándola durante la interrupción, produce sobretensiones transitorias, por lo que puede ser necesaria una adecuada protección con apartarrayos. La construcción de estos fusibles es con elemento fusible de plata y arena sílica como medio de extinción.

Para la elección de los fusibles tienen que conocerse los siguientes valores:

- Tensión máxima de servicio en el punto de instalación.
- Potencia nominal del banco de transformadores.
- Requisitos con la relación de escalonamiento o selectividad de los fusibles

4.5.4 Cuchillas

Es el elemento del seccionador, que realiza la apertura o cierre de la trayectoria del circuito cuando no existe corriente, aún cuando el potencial nominal este presente y esta formado por un mecanismo de energía potencial a base de resortes y navajas de conducción de la capacidad adecuada al circuito que se secciona. El tipo de operación, puede ser en aire, aceite en hexafluoruro de azufre (SF₆) y en vacío. Los seccionadores utilizados en la plaza son de operación en aire.

4.5.5 Interruptores

Estos dispositivos eléctricos realizan la misma función que las cuchillas, con los mismos tipos de operación, con la salvedad que esos pueden abrir el circuito aún cuando este presente la máxima corriente posible, que es la de corto circuito.

Basados en el tipo de elementos que intervienen en la apertura del arco, se pueden clasificar los interruptores en:

- Vacío
- Neumáticos

- Hexafluoruro de azufre
- Gran volumen de aceite
- Pequeño volumen de aceite

Los que se emplearon en la plaza son del tipo neumático trifásico de operación, en estos interruptores los contactos abren simultáneamente el circuito, aunque existe una diferencia de tiempo entre el cierre del primero y último polo. A esta diferencia de tiempo se le conoce como dispersión y se utiliza para reducir las sobretensiones debidas a impulsos por maniobra.

4.5.6 Plantas Electrónicas

Existen tres tipos de plantas electrónicas que se pueden clasificar de acuerdo con su forma de operación:

- a) Plantas de Emergencia
- b) de Servicio continuo
- c) de Servicio ininterrumpible de potencia (UPS)

En este trabajo solo daremos cuenta de las primeras, ya que sirven de soporte para las ocho subestaciones pertenecientes a los servicios particulares de mayor carga en la plaza, con transformador propio y tensión de servicio en 23 KV.

Las de servicio continuo son para poblaciones en donde no existe servicio proporcionado por el gobierno y sirven para venta y distribución del fluido eléctrico, o en aquellos lugares en donde el suministro público es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que se requieren, lo cual no es aplicable a esta plaza.

El sistema de servicio ininterrumpible de potencia (UPS) es útil solo para cargas menores, muy especiales, como instrumental médico, equipo de computo, comunicaciones, etc. Dentro de la plaza este tipo de soporte es seleccionado individualmente por cada locatario basados en sus necesidades propias.

4.5.6.1 Plantas eléctricas de emergencia

El suministro de energía eléctrica por medios emergentes, en algunos casos es indispensable para afrontar condiciones de interrupción del servicio público de energía eléctrica y evitando situaciones de peligro, ya sea por que se pierdan, dañen o suspendan una producción o ventas, o bien se pongan en peligro vidas y bienes materiales.

De aquí la importancia de poner atención en su selección, adquisición e instalación, así como mantener esmero y cuidado en todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia solamente operará unas cuantas veces al año, y durante períodos relativamente cortos, ya que el suministro general de energía eléctrica se hace cargo de la demanda normal, y solamente al fallar ésta se requiere un sustituto para algunas cargas, y por consiguiente en lugares con buen suministro, una planta de emergencia trabajará muy poco, aún sumándole los tiempos de ejercitación semanal que se aconsejan, para mantenerla en su punto de operación óptimo.

Una planta eléctrica se compone de las siguientes partes:

- A) Un motor primo a gasolina, a diesel, a gas, o de turbina.
- B) El generador eléctrico es generalmente un alternador de dos, cuatro o seis polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.
- C) Controles e interruptor general.
- D) Interruptor de transferencia o de doble tiro.
- E) Accesorios

La principal utilidad de tener un equipo de emergencia es para no suspender los servicios esenciales como alumbrado mínimo, señalización de rutas de evacuación, sistemas contra incendio, elevadores, etc. La característica deseable del equipo es que sea confiable y disponible.

Las plantas de emergencia deben ubicarse en lugares donde se pueda aislar fácilmente el ruido y haya facilidad de extraer los gases de la combustión. Estos lugares tendrán amplitud suficiente para la instalación de los tanques del combustible y el tránsito de personas (principalmente de mantenimiento) y rutas para transporte de los mismos equipos y materiales para su operación.

4.6 EQUIPOS DE MEDICIÓN

La relación de equipos utilizados en esta plaza incluye los wathhorímetros de 15 a 100 A, a 127/220 V. Los equipos de medición con transformadores de corriente de 150, 300 y 600 a 5 A, para 220 V y equipos de medición de relación de 5, 15, 50 y 150 a 5 A para 23 KV se seleccionaron de acuerdo con la tabla siguiente:

			Waththorímetros	Equipo de Medición Baja tensión polifásico			MTS 23-			
			15-100	150/5	300/5	600/5	5/5	15/5	50/5	150/5
REG	BT	10 SERVS 1 FASE	10							
	BT	75 SERVS 2 FASES	150							
	BT	130 SERVS 3FASES	390							
ESPECIAL	BT	SERVICIOS 3 FASES		16						
	BT	SERVICIOS 3 FASES			14					
	BT	SERVICIOS 3 FASES				1				
	MT	SERVICIOS 3 FASES								2
	MT	SERVICIOS 3 FASES					3			
	MT	SERVICIOS 3 FASES							2	
TOTAL DE EQUIPOS			550	31			8			

Tabla 4.3

4.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

A la fecha de elaboración de este trabajo, la descripción del sistema es como se muestra en la tabla 4.4, dado que los trabajos no se han concluido aún, se pueden presentar modificaciones a las especificaciones originales del anteproyecto que se discutirán posteriormente dentro del capítulo VI, en donde se presentan las conclusiones, se muestra también en la figura 4.2 el diagrama unifilar modificado.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL (TABULAR)		
A	Acometida Transición aérea-subterránea	3 Apartarrayos DV 23 3 Portafusibles 23 332 3 Terminales enchufe 23E 1x 240P
A-B	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23PT 1x240
B	Caja de interconexión	1 Caja CS-23. 3.500
B-C	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x35
C	Subestación de Liverpool	1 Equipo MI 23 3 Transformadores de 1000 KVA
B-D	Tramo alimentador principal	3 Cables 23PT 1x240
C'	Subestación de Palacio de Hierro	1 Equipo MI 23 3 Transformadores de 1000 KVA
D-C'	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23PT 1x240
D	Cuarto de interconexiones poniente	2 Gabinetes M 23 I tipo 2Q 2R.
D-E	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x35
E	Subestación de servicios generales	1 Equipo MI 23 4 Transformador de 750 KVA
D-F	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23TC 1x 35
F	Subestación Sanborn's	1 Equipo MI 23 1 Transformador de 600 KVA
D-G	Tramo alimentador secundario	6 Cables 23 TC 1 x 50
G	Subestación poniente LYFC	2 Transformadores de 750 KVA c/u.
D-I	Tramo de alimentador Principal	3 Cables 23 PT 1 x240
I	Cuarto de interconexiones Oriente	2 Gabinete M 23 I tipo 2Q 2R
I-H	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1 x 50
H	Subestación Suburbia	1 Equipo MI 23 1 Transformador de 750 KVA
I-J	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x 50
J	Subestación Marti	1 Transformador de 300 KVA 1 Equipo MI 23
I-K	Tramo de alimentador secundario	6 Cables 23 TC 1x 50
K	Subestación Oriente LYFC	2 Transformador de 750 KVA
I-L	Tramo de alimentación secundario	3 Cables 23 TC 1 x 50
L	Subestación Wings	1 Equipo MI 23 1 Transformador de 225 KVA
I-M	Tramo de alimentador secundario	3 Cables 23 TC 1x 50
M	Subestación Sears	2 Transformador de 750 KVA 1 Equipo MI 23
I-N	Tramo de alimentador principal	3 Cables 23 PT 1 x 240
N	Acometida Transición aéreo -subterránea	3 Terminales enchufe 23E 1x240P 3 Portafusibles 23 332 3 Apartarrayos DV 23

Tabla 4.4

4.8 CANALIZACIONES Y REGISTROS

La canalización normalizada en LYFC para cableado subterráneo de mediana tensión, esta formada por bancos de ductos de asbesto - cemento con números de vías en múltiplos de cuatro, es decir 4, 8, 12 ó más vías, de 75 mm de diámetro interior cada una, colocadas linealmente a lo largo de las banquetas o en cruce de arroyos uniendo registros o pozos de visita.

En baja tensión las canalizaciones son del mismo material y colocadas a lo largo de banquetas y cruce de arroyos aunque no en todos los casos se unen a pozos de visita o registros, y su diámetro es de 100 mm.

En el caso del cableado de la plaza se tuvo que hacer una excepción a ésta norma ya que el cable seleccionado 23PT 1x240 es de tal diámetro que el tendido del cable en la tubería de 75 mm se hace casi imposible por la fricción generada.

Por la razón anterior se seleccionó la tubería de 100 mm de diámetro, con lo que se facilitó la instalación del cable.

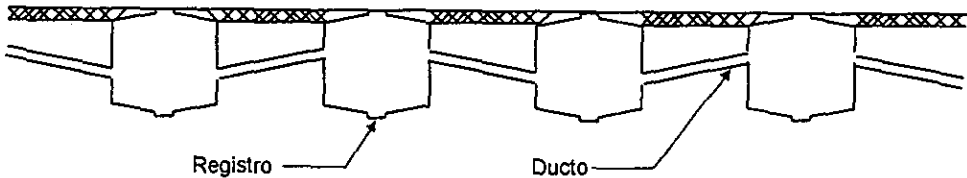
En cada banco de ductos de cuatro vías se usan solamente tres vías, una para cada cable monopolar dejándose una vía libre para casos de mantenimiento o emergencias. Si en un tramo tenemos dos circuitos trifásicos, se instala un banco de ductos de ocho vías dejando dos vías libres y así sucesivamente.

Los ductos que unen dos registros deben instalarse con una pendiente del 2% con la finalidad de facilitar el desagüe. El siguiente tramo después del registro llevará una pendiente igual pero de diferente sentido. En el registro donde llega el desagüe se coloca un resumidero o pocillo de absorción para que el agua se filtre al subsuelo.

Los bancos se tienden a una profundidad de un metro, medido a partir de la parte superior del banco para casos de MT y de ochenta cm para BT y se protegen

con una capa de concreto de setenta y cinco mm de espesor de las cargas dinámicas y golpes accidentales.

Los registros se instalan a una distancia máxima de cincuenta metros entre cada uno de ellos en tramos de instalaciones rectas y entre distancias variables cuando existen cambios de dirección, a fin de facilitar el tendido y las reparaciones. Los pozos de visita se instalan habitualmente en aquellos lugares donde se instalan equipos de seccionamiento, de derivación o en puntos de uniones de los cables. Se muestran a continuación dichas canalizaciones y registros en forma gráfica.



Disposición de la pendiente en un sistema de ductos

4.9 CALIDAD DE SERVICIO

Una vez seleccionado el equipo estamos seguros que se brindará un buen nivel de calidad de servicio, sin embargo existen factores que hay que considerar para elevar aun más la confiabilidad del sistema.

Algunos factores son: armónicas, sistema en anillo, comunicación, etc. Nos enfocaremos solamente en las armónicas que a continuación se describen.

4.9.1 Armónicas

4.9.1.1 Origen de las armónicas

Las armónicas, son ondas de corriente y voltaje; múltiplos de la fundamental y que se producen cuando dentro de las instalaciones eléctricas, existen equipos que no se comportan de manera lineal, como es el caso de las UPS para alimentar computadoras, controles de velocidad para motores de corriente directa, controladores de velocidad para motores de corriente alterna, etc.

Estas cargas, al ser de comportamiento no lineal, distorsionan la onda fundamental, tanto de corriente como de voltaje, provocando que los valores que se tengan dentro de la instalación no sean los esperados, sino que generalmente sean mayores; ya que estas armónicas se superponen a la fundamental, tanto en la corriente como en el voltaje, incrementando sus valores.

4.9.1.2 Consecuencias de las armónicas

Dado que las armónicas, se suman a los valores fundamentales; esto trae como consecuencia que los equipos instalados en lugares donde existen estas, no estén trabajando en condiciones nominales, ya que ni el voltaje ni la corriente serán los marcados en la placa.

Desafortunadamente, lo anterior no se puede detectar por equipo de medición convencional, ya que se diseñan para redes a 60 Hz y puesto que las armónicas son múltiplos de la fundamental, siempre serán mayores de ese valor, es decir, 180, 300, 420 Hz, etc. Por tanto, pasan inadvertidas para dichos equipos de medición.

Los equipos que más resienten la presencia de corrientes armónicas, son los capacitores, ya que al ser fabricados con materiales aislantes plásticos (polipropileno), les afecta el incremento de temperatura provocado por las corrientes armónicas.

Por otro lado el capacitor, al ser de reactancia inversa comparado con un equipo inductivo, tiende a *amplificar las armónicas y a provocar en ciertas condiciones de operación de riesgo de resonancia y destrucción de algunos equipos eléctricos o daños a la instalación.*

Por lo tanto, cuando en una instalación se detecta la presencia de corrientes armónicas, *debe tenerse cuidado al corregir el factor de potencia, no colocar tal cantidad de capacitores que se pudiera crear el riesgo de resonancia, es decir igualar la reactancia inductiva de los equipos, con la reactancia capacitiva de los capacitores, creando con esto un circuito resonante y daños a la instalación.*

4.9.1.3 Manera de detectarlas

Para determinar si en una instalación existen armónicas, es necesario realizar mediciones con un analizador de armónicas, equipo diseñado especialmente para detectar la presencia de éstas. De acuerdo con el contenido de armónicas encontrado, *se determina la mejor solución.*

4.9.1.4 Soluciones a las armónicas

Dependiendo de los daños que estén causando las armónicas, es como se *determina la mejor solución; por ejemplo, en algunos casos, un porcentaje considerable de armónicas en corriente, va a provocar disparos injustificados de interruptores, calentamiento de motores, etc.; Mientras que un porcentaje considerable de armónicas en voltajes, va a provocar daños a los aislamientos de transformadores, equipos eléctricos, motores, etc.*

La mejor manera de solucionar un problema de armónicas en corriente es eliminarlas mediante un filtro de armónicas, el cual esta formado por un capacitor y un reactor conectados en serie referidos a tierra y que a su vez se conectan en paralelo al equipo generador de armónica, el reactor se sintoniza para que al

detectar la presencia de una determinada armónica, la envíe a tierra, con lo que se limpia la instalación de la presencia de las armónicas.

Cuando las armónicas únicamente afectan a los capacitores, la solución más sencilla es instalar al o los capacitores un reactor antiarmónico o un reactor de choque, el cual impedirá que las armónicas dañen al capacitor, pero sin eliminar a las armónicas.

Los problemas anteriormente descritos son en casos críticos de existencias de armónicas de valores demasiado altos, generalmente, los niveles encontrados en industrias típicas o en edificios no son muy elevados y no requieren instalaciones de filtros de armónicas y para el caso de capacitores únicamente se debe tener cuidado de ubicarlos en lugares más alejados de los equipos generadores de armónicas o instalarlos en otros circuitos donde no alimenten dicho equipos.

4.9.1.5 Normalización

Aunque en México, no existe una normalización relativa el contenido de armónicas, nos referiremos a la norma IEEE 519-1992, que es la que define los niveles máximos de armónicos, permitidos en una instalación eléctrica.

A continuación se presentan los valores máximos permitidos, tanto como para corriente como para voltaje y cuyas recomendaciones se consideran vigentes para problemas de armónicas.

Valores Limite de Distorsión Armónica en Corriente (%)

Icc/Icarga	Orden de la armónica					Distorsión Total %
	< 11	11-16	17-22	23-34	>35	
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Valores Limite de Distorsión Armónica en Voltaje (%)

Máxima Distorsión %	Voltaje del Sistema		
	2.3 a 69 KV	60 a 138 KV	>138 KV
Individual	3	1.5	1
Total	5	2.5	1.5

En lo que respecta a las armónicas en corriente, el porcentaje máximo permisible, se calcula de acuerdo con la proporción entre la corriente de corto circuito del sistema donde se conecta la acometida del cliente y la corriente de la carga del cliente, es decir, la corriente que en un momento dado consume toda su instalación.

Cabe mencionar que en este caso, se cuida que los valores máximos de armónicas, no dañen tanto a los equipos del cliente, como a los de los demás usuarios conectados al mismo sistema.

Las armónicas de corriente, generalmente se atenúan, es decir, se pierden en los transformadores, cables, tableros y otros equipos; además en caso de existir cantidades, el primero en detectarlas es el propio usuario que las genera, ya que le provocan problemas como los que se mencionaron con anterioridad.

Para el caso de las armónicas en voltaje, el porcentaje máximo permisible es provocado por el equipo generador de armónicas y es independiente del tamaño de la carga del cliente ya que de una distorsión considerable en voltaje, afecta la estabilidad del sistema, más que a los equipos del propio cliente y por lo tanto afecta la calidad de la energía suministrada a otros usuarios conectados al mismo sistema.

Pero independientemente de lo anterior para el caso de edificios e industrias típicas, los niveles de distorsión en voltajes siempre son menores al 3% con lo que no se afecta al sistema ni a la estabilidad del mismo, por lo tanto generalmente se pone más atención a la distorsión en la onda de corriente que es la que si alcanza en muchos casos, valores considerables.

CAPITULO V PROGRAMA DE ACTIVIDADES

5.1 PROGRAMA DE OBRAS

Una obra eléctrica de esta magnitud inicia con un anteproyecto, el cual requiere para su inicio de algunos datos importantes como el censo de cargas, ubicación de los servicios, cuantificación aproximada de los equipos necesarios. Todas estas actividades, aún cuando no se cuentan como parte del anteproyecto en sí, requieren de tiempo y recursos humanos para llevarlas a cabo. Para esta etapa se utilizaron 2 personas que iniciaron el acopio de datos el 25 de Febrero de 1996 y concluyeron el 19 de Marzo del mismo año.

5.1.1 Anteproyecto

Como antes de la remodelación de la plaza, existía solamente un área para alojar los transformadores que alimentaban a todos los servicios menores (la subestación que en este trabajo hemos llamado Poniente), después de conocer la carga y el aumento previsto de servicios, se modificó el centro de carga haciéndose necesario disponer de un área extra (subestación Oriente), de esta manera la carga se divide y se ubican en ambos espacios los equipos necesarios para suministrar la energía a los servicios menores y los equipos para la distribución en mediana tensión para los servicios solicitados a 23KV, los cuales disponen de área suficiente para alojarse dentro de su propia subestación eléctrica.

La creación de una nueva subestación necesariamente implicó la interconexión de ambas por medio de cable subterráneo, que en un principio se planeo pasaría por el centro de la Plaza, sin embargo la trayectoria se cambió ya que el área del estacionamiento por el cual se tendería, se convirtió en zona de comercios, quedando como nueva ruta la periferia del Centro Comercial.

Con la asignación de los espacios para las subestaciones se definieron las áreas donde se tenderían los ductos y se construirían los pozos y registros. Al final del primer capítulo de este trabajo se habló de la mecánica que se siguió para el otorgamiento de estos espacios, lo planeado se llevaría un tiempo aproximado de treinta días.

5.1.2 Proyecto eléctrico

Basados en los cálculos realizados en el capítulo tres se procedió a la cuantificación de los equipos y accesorios que se requerirían en la instalación permanente. Se definieron el costo y sus especificaciones técnicas del material y equipos a emplear, esta etapa abarco aproximadamente cuarenta y cinco días.

5.1.3 Obra civil

Definidos los equipos, las trayectorias de los cables, los espacios de las subestaciones, estacionamientos y áreas comerciales, se utilizaron los planos del anteproyecto para iniciar la obra civil, que consiste básicamente en la instalación de ductos, pozos y registros, así como la construcción de los cuartos tanto de las subestaciones como los cuartos para los equipos de medición. El periodo de tiempo estimado de la obra civil fue del 22 de Abril de 1996 al 30 de Noviembre de 1996.

5.1.4 Obra eléctrica provisional

Para llevar a cabo la modificación de la instalación eléctrica, fue necesario montar una instalación eléctrica gemela, que se encargara de la alimentación de los servicios que la subestación poniente normalmente energizaría, mientras esta se reubicaba, debido a que su espacio sería ocupado por "El Palacio de Hierro". Una subestación provisional, los buses de distribución en baja tensión y su cableado, los interruptores principales de los locales, sus medidores y sus alimentadores (desde los interruptores hasta el punto de intersección), además de todo el cableado para

DIAGRAMA REMODELADO

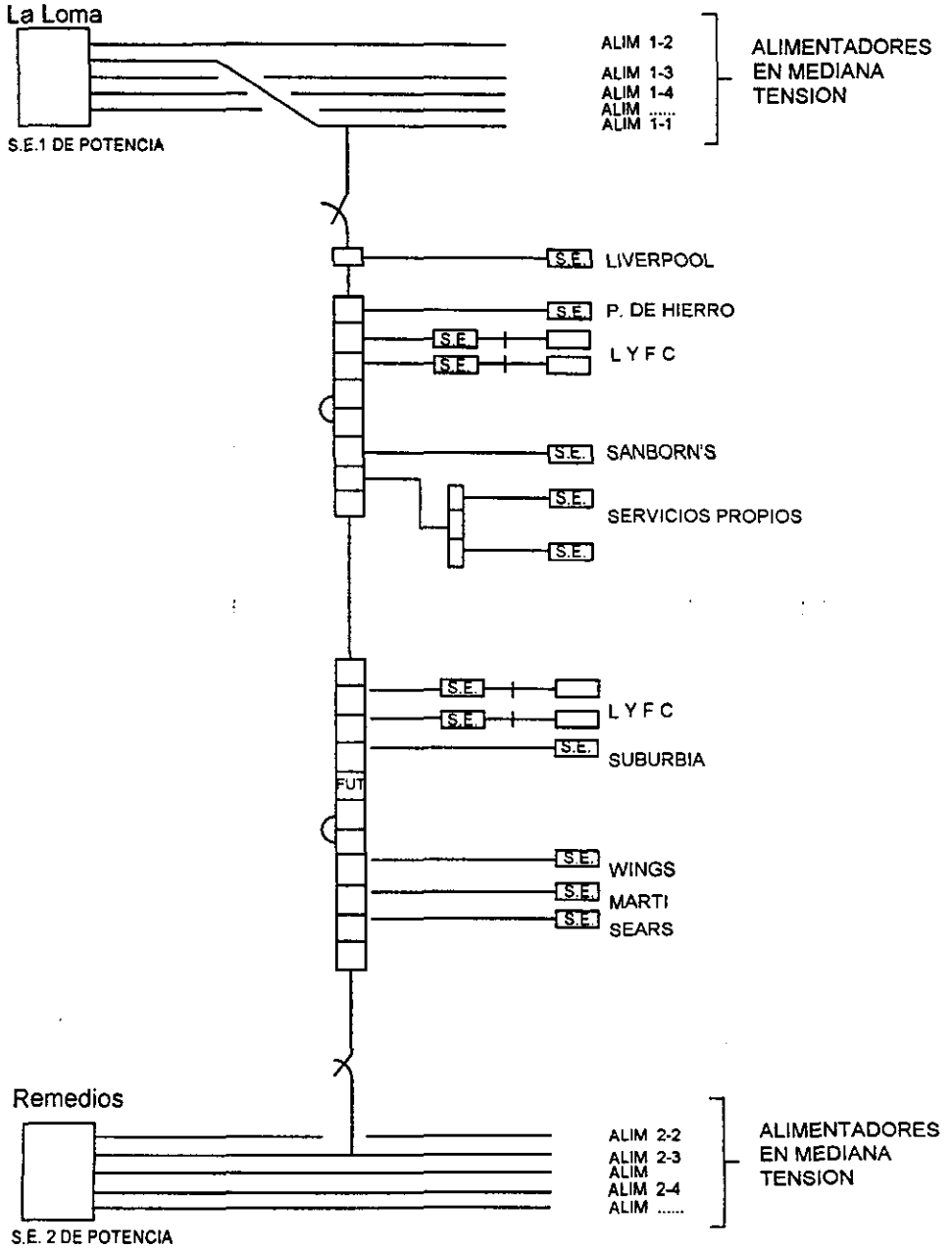


DIAGRAMA UNIFILAR MODIFICADO

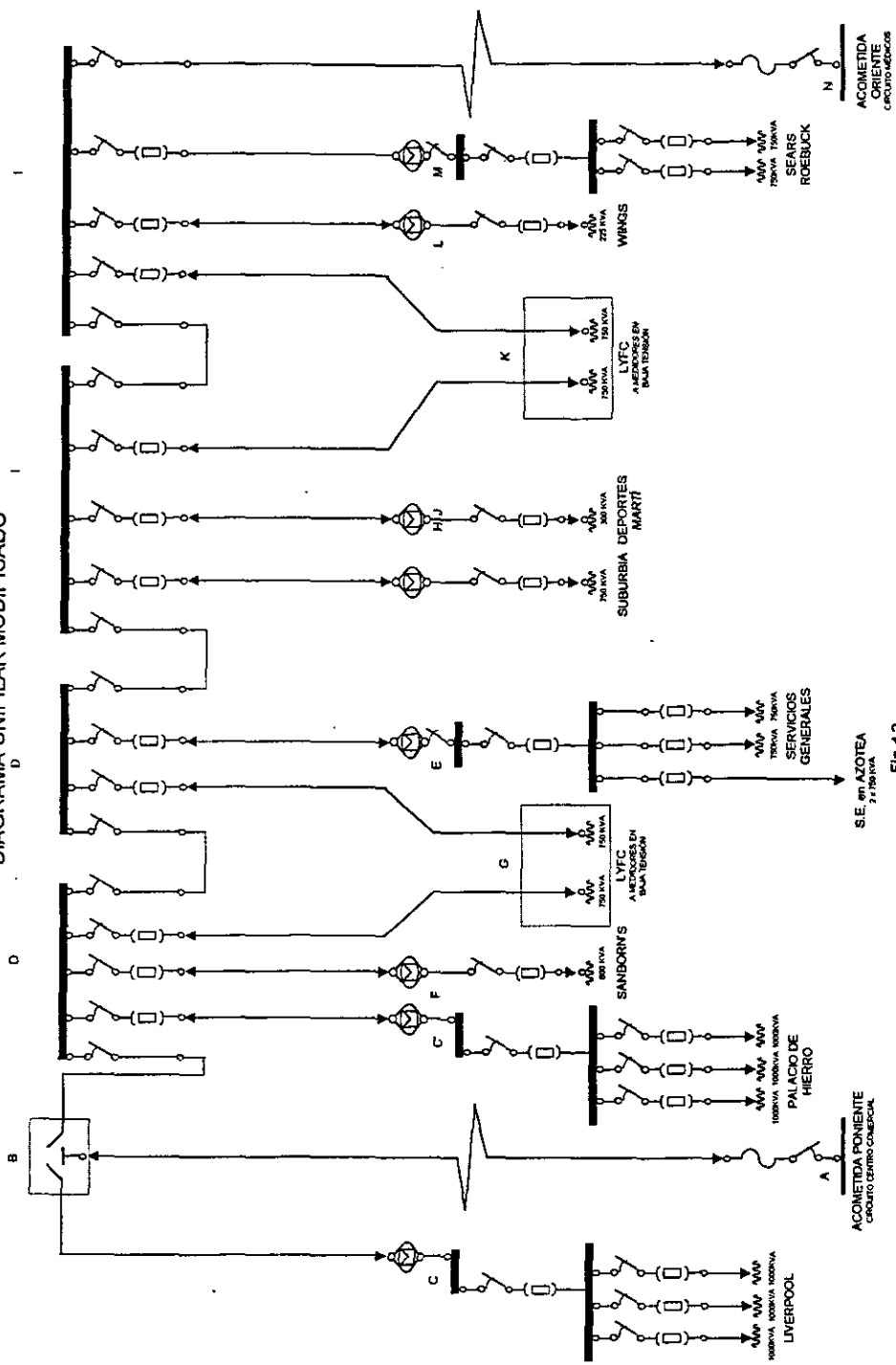


Fig. 4.2

ACOMETIDA ORIENTE CIRCUITO 420/23008

S.E. DE AZOTEA 21,750 VOA

ACOMETIDA PONIENTE CIRCUITO CENTRO COMERCIAL

los locales comerciales (136 en total en BT y 4 en MT), es lo que conforma la mencionada instalación eléctrica gemela.

En una parte del estacionamiento cubierto, se ubicó la subestación provisional, que consiste en dos gabinetes M 23 de 5 secciones cada uno, que alimentan a la subestación de "Sanborns" (600 KVA) a la subestación de servicios generales de la plaza (300 KVA) y a la subestación de LYFC (1500 KVA) que suministra los servicios menores en BT a los locales comerciales, la figura 5.1 muestra de manera gráfica los cambios en la disposición de las subestaciones de la plaza, incluyendo la subestación provisional.

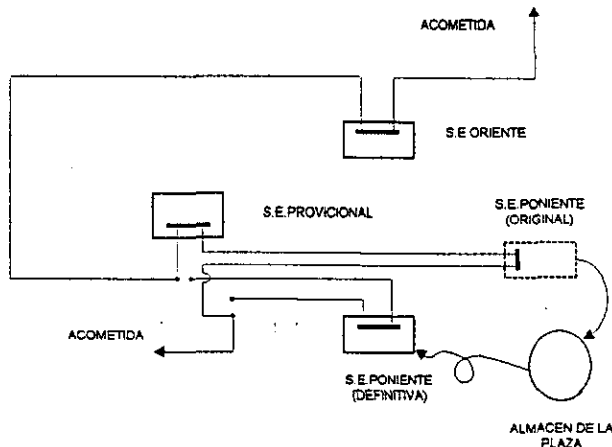


Fig. 5.1

En el plan original, se contempla el desmontaje de los equipos de la subestación Poniente y su almacenaje mientras se termina la obra civil de los cuartos de la subestación definitiva y de los equipos de medición, durante este tiempo la subestación rentada proporcionaría el servicio a la carga correspondiente. A partir de la fecha de terminación de la instalación eléctrica gemela, se empieza a dismantelar la subestación poniente, conectando en forma progresiva todos los servicios en la subestación rentada, realizando la interconexión de los equipos de las SE's (original - rentada) con la finalidad de seguir proporcionando una

excelente calidad en el servicio, ya que como se ha mencionado, dicho servicio no puede ser interrumpido debido a las pérdidas económicas que esto ocasionaría.

Dado que la obra civil marca la pauta a seguir en definición de tiempo y puesto que la subestación rentada debe permanecer hasta el momento en que se termine la instalación y cableado permanente de los equipos y servicios de la nueva subestación Poniente, el tiempo requerido de renta se planeo en base al avance de la obra civil más una tolerancia para imprevistos. El total del tiempo estimado fue de 13 meses, después de los cuales el equipo rentado se devolvería.

5.1.5 Obra eléctrica definitiva

La adquisición de los equipos, accesorios y cables necesarios en la instalación eléctrica se ordenaron al terminar el proyecto eléctrico, proporcionando las especificaciones obtenidas de los cálculos realizados anteriormente, algunos de ellos como en el caso de los transformadores requieren de un tiempo determinado para la fabricación y suministro de los mismos, mientras tanto el equipo de disponibilidad inmediata se recibe y su instalación se lleva a cabo a medida que la obra civil lo permite.

La instalación de los buses de baja tensión se realiza al paralelo de la instalación de los gabinetes al momento de terminación de la obra civil de los cuartos y el cableado de baja tensión posteriormente, quedando interconectados los usuarios con la subestación correspondiente, pasando por las concentraciones de los equipos de medición.

Al recibirse los transformadores, para la subestación Oriente se procede a su instalación siguiendo la cronología marcada para la terminación de la obra civil de los cuartos de las subestaciones. Mientras que los transformadores de la subestación Poniente son a su vez instalados en su nuevo local después de estar almacenados durante 6 meses.

Con el montaje de los transformadores en las subestaciones terminadas, se procede a la instalación y ajuste de los interruptores, para hacer la conexión en mediana tensión posteriormente.

El cambio de suministro de energía de la subestación rentada a la subestación permanente se realiza paulatinamente en bloques de # usuarios durante las noches con la colaboración del personal de la Plaza.

Los tiempos planeados para cada una de las actividades descritas anteriormente se muestran en forma esquemática, por medio de un Diagrama de Gant al final del capítulo.

5.2 SEGURIDAD

En todo el desarrollo del proyecto, uno de los aspectos que nunca se descuido fue el de seguridad.

Seguridad existió en el diseño de los ductos y su trayectoria, al haber seleccionado las rutas donde casi no existen pasos peatonales o en la periferia del norte y cuando fue necesario usar áreas de tránsito peatonal, se escogieron aquellas zonas de poco tránsito, como estacionamientos y jardines. No se cruzaron locales comerciales ni pasillos. Los registros y pozos de visita se localizaron siguiendo el mismo criterio.

En las subestaciones, donde los cables afloran a la superficie, se prepararon los registros y junto a ellos los transformadores quedando los cables y sus terminales entre estos y la pared. Las subestaciones a su vez se encuentran siempre bajo llave, no existiendo ningún espacio donde quepa una persona. Sólo existen rejillas de ventilación colocadas en lugares inaccesibles.

En el caso de las conexiones a los gabinetes de derivación, los cables y sus terminales afloran dentro de los gabinetes, que son equipos sellados y aterrizados para garantizar la seguridad en caso de fallas.

Todo el equipo eléctrico y los materiales se conectan a la red de tierras. Las acometidas también cuentan con sus juegos de apartarrayos para limitar los sobrevoltajes en los extremos de la plaza.

Los cuartos de medición con voltajes en BT se encuentran bajo llave y con acceso solamente a personal de la plaza capacitado para reparaciones y mantenimiento, o en compañía de personal de la suministradora para revisión de lecturas, instalación y cortes. En cuanto a los cuartos de gabinetes y subestaciones de LYFC, únicamente personal de ésta empresa tiene acceso a ellos, así como para las subestaciones propiedad de los usuarios, la misma empresa se hace cargo de cuidar la seguridad y mantenimiento. De la misma manera se harán cargo de sus instalaciones los locatarios menores.

La suministradora revisa periódicamente los ductos, registros y subestaciones, verificando que no haya agua en los ductos ni registros así como la supervisión en el funcionamiento de los transformadores, la red de tierras y puntos calientes del cableado.

5.3 COSTOS

El paso del arreglo de la figura 5.2 al arreglo mostrado en la figura 5.3 tuvo un costo de \$1'071,078.00.

Este cambio fue necesario debido a que el tramo de alimentador que sigue la trayectoria D-G-I-K, estaba instalado en un área que desempeñaba la función de estacionamiento, y un tramo más que se encontraba bajo un pasillo peatonal, que posteriormente, dentro del programa de remodelación, quedaría cubierto por locales

comerciales, siendo sumamente inconveniente dejar ésta trayectoria en esa posición.

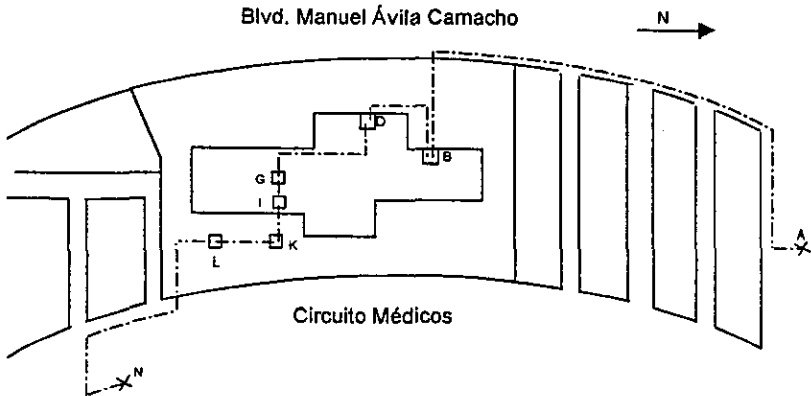


Fig. 5.2

La caja ubicada en el punto L también desaparece, al mismo tiempo que la bóveda "Comermex" que estaba a un lado de esta.

Se buscó la trayectoria que estuviera a salvo de las obras inducidas al construir el "Palacio de Hierro", como la planta de tratamiento y los edificios que funcionarán como estacionamiento .

Esta trayectoria se muestra en la figura 5.3 (tramo K-Q-D), el área encerrada por un óvalo es el lugar donde se llevarán a cabo los arreglos del cambio de lugar de la subestación a su sitio definitivo, así como la instalación de la subestación gemela que tendría una existencia efimera, mientras dure la obra y que se utilizará para mantener con energía eléctrica a todos los servicios vigentes, en su área de influencia.

En la figura 5.4 se muestra el área empleada con las conexiones ya terminadas.

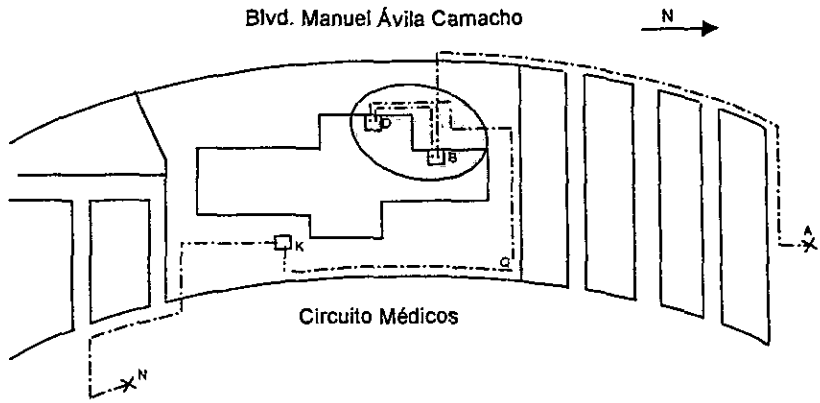


Fig. 5.3

Ampliación

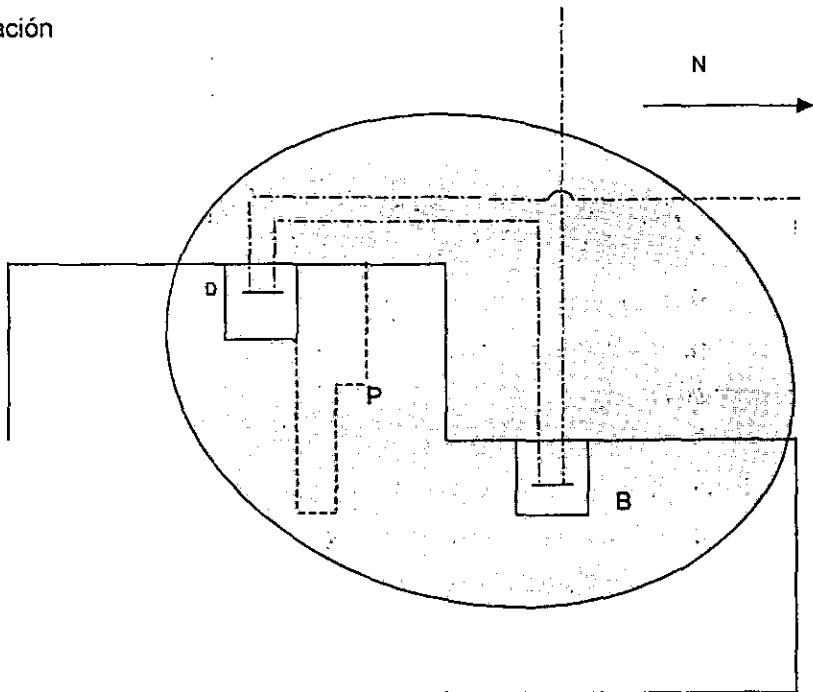


Fig. 5.4

El paso de la figura 5.4 a la figura 5.5 nos muestra los cambios llevados a cabo para la interconexión de la subestación gemela.

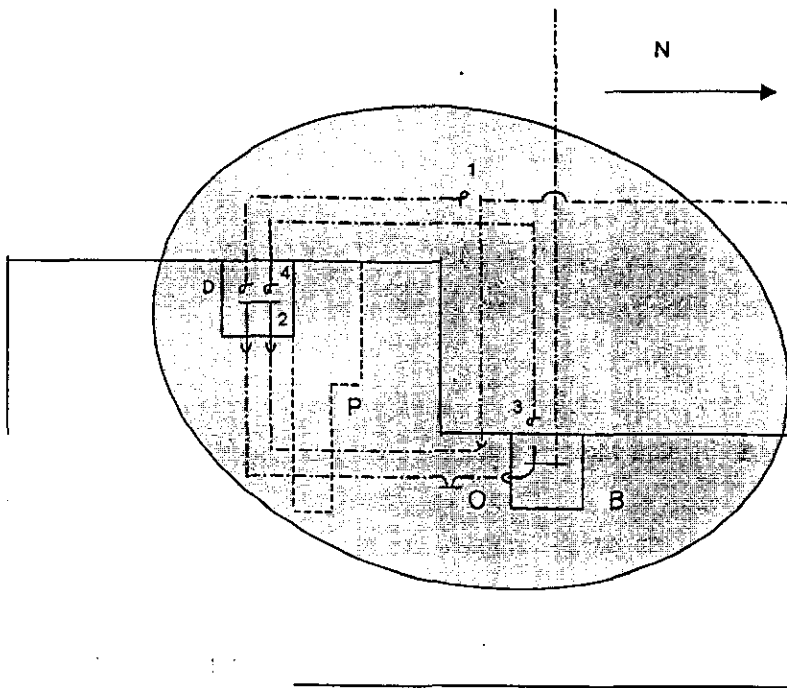


Fig. 5.5

Se seccionó el circuito en el punto 1 y se unió a otro que se instaló del punto 1 al punto 2, pasando a lo largo de (O). Del bus 2 en "D" se instaló otro circuito paralelamente a la anterior hasta el bus en (O) que es el de la subestación gemela, de aquí, otros conductores salen hasta conectar con la caja C.S. en "B" previo seccionamiento del circuito en "3" .

También se desconectan los dos circuitos que van de "3" y "1" hasta 4 del bus 2, en "D".

Estando conectado el sistema, de la manera descrita, el bus "O" , rentado, forma parte de la subestación gemela, compuesto por 7 celdas, cuatro de ellas sirviendo como derivaciones. Una de ellas conectando a la subestación de Sanborn's, la siguiente a la de servicios generales y las otras dos a los transformadores de 750 KVA cada uno, rentados, que proporcionarían los servicios en BT a los locales comerciales correspondientes.

De esta manera se evitaron las interrupciones al suministro, los cambios de las conexiones de los servicios se llevaron a cabo programadamente y en turnos nocturnos, de la subestación ubicada en "D", a su lugar provisional en "O".

Estas cuatro celdas alojan a los interruptores, de la capacidad adecuada que protegen a los circuitos y transformadores descritos.

La siguiente celda estará ocupada por el interruptor general de estos cuatro transformadores.

Las últimas dos sirven de enlace del circuito alimentador de llegada y el de salida, cada una de ellas alojando un juego de cuchillas de operación sin carga para flexibilizar el sistema.

En la figura 5.6 muestra el diagrama que describe la manera en que finalmente quedaron conectados los alimentadores a la subestación definitiva, ubicada en el área señalada como "P" , punto 7. Esto se logró reconectando el circuito en el punto "1" , seccionando los circuitos en "6" y uniendo dos tramos de circuito, de "6" al bus "7" en "P". Desconectando el circuito del bus "B", en "5". Y conectando el tramo de circuito en "3" y "7" en "B" y "P" respectivamente. Por último se retiraron los tramos de circuito que quedaron desconectados para quedar como se muestra en la figura 5.7 y en una vista ampliada como en la figura 5.8 . Que es la posición final del cableado.

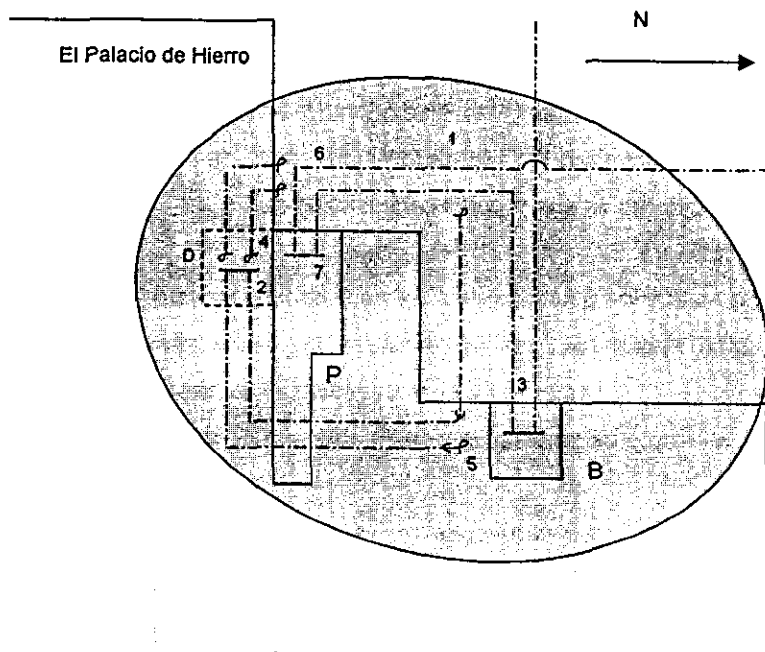


Fig. 5.6

Lo que se describió en los puntos previos corresponde sólo a el arreglo de cables de energía y su reacomodo con el fin de ir energizando las diferentes etapas y subestaciones.

Este recableado fue una parte del proceso, dentro de este mismo también se realizó el retiro completo de la subestación ubicada en "D". Esta subestación estaba formada de dos gabinetes de derivación con cuatro celdas cada uno, cuatro de ellas se usaban para enlaces con los alimentadores que venían del exterior y para "amarres" entre ellos. Los cuatro restantes se usaban para alimentar a la subestación de servicios generales, a la subestación de Sanborn's, ambas fuera del ámbito de la subestación que estamos describiendo y que son propiedad particular de cada empresa, y los dos restantes a dos transformadores de LYFC, que alimentan a los servicios (136) en baja tensión de la plaza (lado poniente).

Después de los transformadores, y alimentados por ellos mismos se hallaban los buses "abiertos y de fases separadas" con capacidad de 1500 A. Y para conectar 20 cables por cada fase para las concentraciones de medidores sencillos y también para los servicios especiales. Así mismo junto a estas concentraciones y equipos de medición se encontraban los interruptores generales de cada uno de estos servicios y sus alimentadores en sus propias canalizaciones.

Esta subestación ocupaba un área de 300 m² aproximadamente distribuidos en cuatro áreas separadas, dos de ellas restringidas y para acceso exclusivo del personal de LYFC, y las otras dos con acceso libre a personal de mantenimiento de la plaza (interruptores de los servicios en baja tensión y sus cableados).

Estos equipos y sus cableados se trasladaron al área denominada "P" donde quedarán final y definitivamente instaladas. En ésta área también se alojarán los equipos de la subestación "Palacio de Hierro" y la de "Servicios Generales".

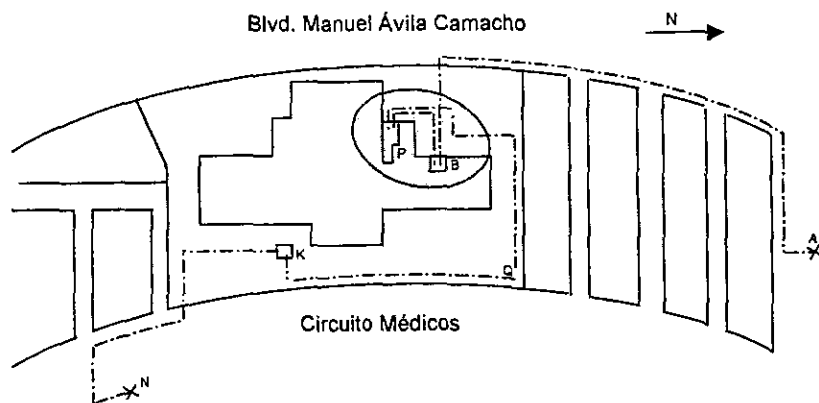


Fig. 5.7

Antes de este traslado se constituyó la subestación gemela y por último se hizo el cambio definitivo.

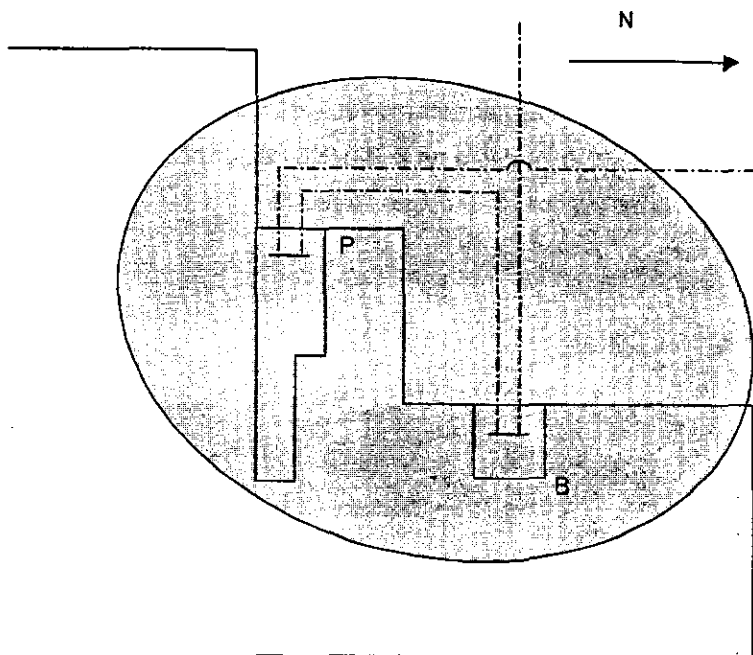


Fig. 5.8

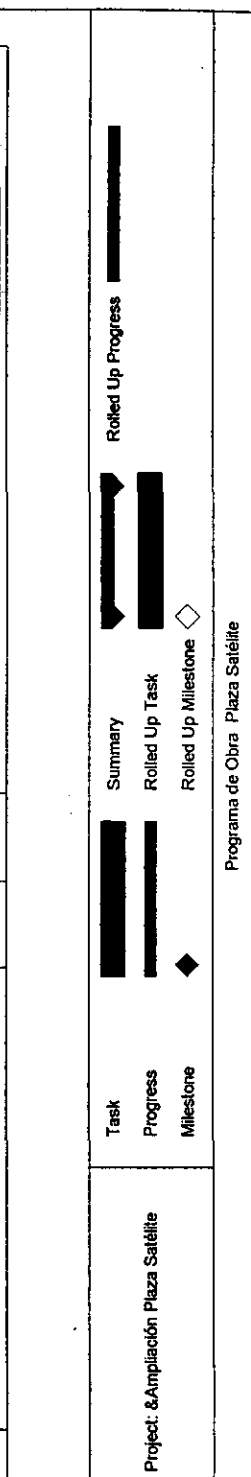
Los costo de los cambios descritos se resumen a continuación sin impuestos.

Relocalización de trayectoria de líneas 1a	\$ 1' 071, 078.00
Relocalización de trayectoria de líneas 2a	\$ 314, 964.97
Retiro e instalación de subestación	\$ 692, 161.88
Equipos de medición (2) alta tensión	\$ 39, 332.16
Cableado para concentraciones y equipos de medición	\$ 166, 788.41
Equipos de medición (21) baja tensión	\$ 58, 406.67
Concentraciones (41) para wathhorímetros (303)	\$ 108, 826.27
	\$ 2' 301,558.00

En este total se debe considerar que no hubo exigencia de pago de LYFC del importe de los 303 wathorímetros que hubiera sido necesario instalar dos veces (gemela definitiva).

De los costos de la subestación de servicios generales y del Palacio de Hierro no se tiene datos ya que el hermetismo en las inversiones es práctica común. Por nuestra parte estimamos un costo de \$ 700,000.00 por cada una de ellas constando de los elementos mostrados en el diagrama unifilar.

ID	Task Name	Start	Finish	Qtr 2, 1996			Qtr 3, 1996			Qtr 4, 1996			Qtr 1, 1997			Qtr 2, 1997	
				Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
39	Obra eléctrica provisional	1/04/96	26/03/97														
40	Requisición de Equipo de renta	1/04/96	1/04/96														
41	Recepción de equipo	15/05/96	20/05/96														
42	Instalación de Equipo	16/05/96	29/05/96														
43	Cableado y conexión de Equipo	20/05/96	31/05/96														
44	Desinstalación de equipo provisional	6/03/97	26/03/97														
45	Obra eléctrica definitiva	13/06/96	6/03/97														
46	Adquisición de Equipos	13/06/96	4/09/96														
47	Tendido de cableado	24/06/96	23/07/96														
48	Instalación de gabinetes	2/12/96	13/12/96														
49	Instalación de Transformadores	9/12/96	13/12/96														
50	Ajuste de Interruptores	18/12/96	23/12/96														
51	Conexiones A. T.	16/12/96	20/12/96														
52	Buses B. T.	2/12/96	4/12/96														
53	Concentraciones	5/12/96	26/02/97														
54	Watthorímetros y Eq. de Medición	9/12/96	28/02/97														
55	Cableado B. T.	16/12/96	5/03/97														



Programa de Obra Plaza Satélite

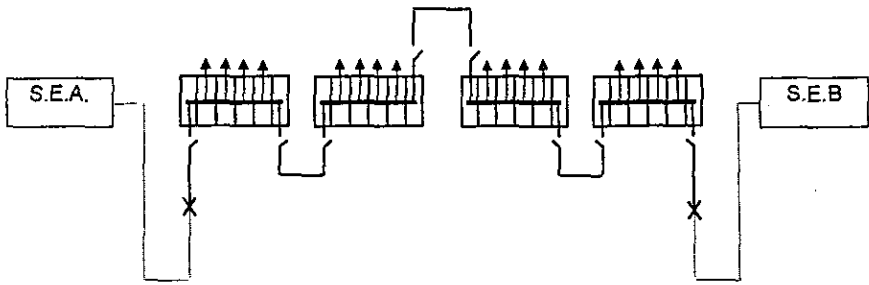
CAPITULO VI COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

En todos los proyectos de Ingeniería Eléctrica se requiere de conocimientos teóricos, así como de aquellos que se adquieren durante el desempeño de la práctica profesional, este trabajo incluye información de ambos tipos, proporcionando el enlace entre la teoría adquirida en la escuela y la aplicación de ésta, a una obra real.

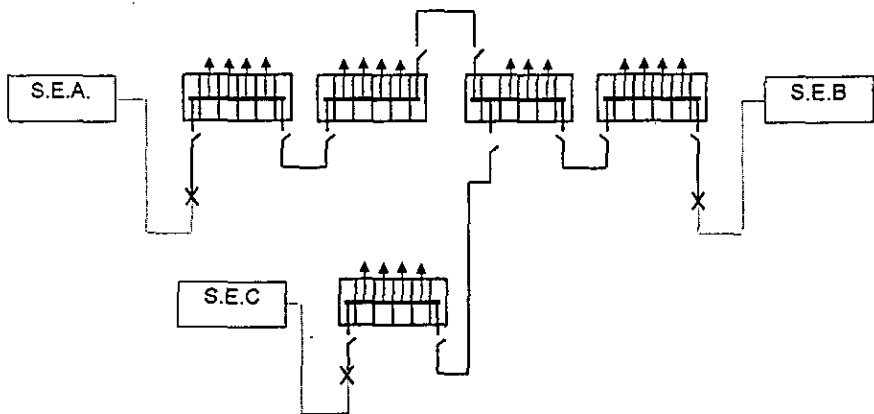
En el desarrollo de este trabajo de la "Ampliación del Sistema de Distribución Eléctrica del Centro Comercial Plaza Satélite", se cubrieron las necesidades que se presentaron en el momento del anteproyecto, tomando de entre las diferentes alternativas para dar solución a dichas necesidades, las que más se ajustaban a las posibilidades de ejecución; al final se cumplió con el objetivo principal que era el suministrar la energía eléctrica requerida de la calidad y en la cantidad suficiente.

Dentro de las aportaciones que esta tesis presenta, se encuentran: el aprovechamiento eficiente de los espacios, lo destacado de la coordinación lograda durante el trabajo de conexión y desconexión de la alimentación de los locales comerciales, y por último, la propuesta llevada a cabo, de disponer 3 alimentadores de la red metropolitana para el suministro de energía a la plaza, estableciendo una configuración sin precedente, con la cual la confiabilidad del servicio esta por demás respaldada.

El arreglo de distribución eléctrica primeramente propuesto en la tesis, con alimentación desde dos subestaciones diferentes, contiene un grado elevado de confiabilidad y flexibilidad en el manejo de las cargas, toda vez que se instalaron seccionadores en uno o más puntos estratégicos de la red, y que en caso de emergencia grave, un solo alimentador pueda proporcionar toda la carga, tal y como se muestra en el siguiente dibujo.



Sin embargo, en el tiempo en que se realizaban los trabajos de la obra, se analizó nuevamente la red de distribución y se determinó que, debido a que la Plaza se encuentra al centro de tres subestaciones de potencia: Remedios, La Loma y Careaga, se tomó la decisión de que se alimentara a partir de tres puntos y no solamente de dos como originalmente se había planeado. De tal manera, que al final el arreglo de alimentación quedó de la siguiente forma:



Como se puede observar, este arreglo supera al anterior en confiabilidad y flexibilidad, ya que ante la pérdida completa de una de las subestaciones, las otras dos proporcionan la energía eléctrica al Centro Comercial, sin sobrecargarse en exceso.

Un aspecto importante a mencionar que deja este trabajo como experiencia, es el de considerar no solo las implicaciones técnicas, sino también las de tipo económico que conllevan proyectos de esta magnitud, ya que de no hacerlo, los tiempos logrados quedan fuera de proporción con respecto a los planeados, como lo fue en este caso, baste mencionar que el programa de obras original, tenía previsto terminarse, en el mes de febrero de 1997, habiendo iniciado el mes de mayo de 1996. Sin embargo, a la fecha, aún no se termina la construcción, teniendo un avance del 80% aproximadamente, esto es, el tiempo calculado de obra era de 10 meses y el tiempo real se aproxima a los 30, es decir tres veces más.

Este retraso se debe a la dosificación de los recursos aplicados, a la elevación de precios de materiales y equipo, y al tiempo invertido en la obtención de financiamientos.

Se puede observar el alto grado de dificultad en la coordinación de los trabajos, por el hecho de construir con la "casa habitada", donde los locatarios y los visitantes prácticamente no sufrieron molestias. Durante la construcción, los visitantes de la Plaza realizaron sus actividades normalmente, ya que a excepción de los tapias instalados y los accesos provisionales, los demás trabajos pasaron desapercibidos. No fue necesario cerrar la plaza ni un solo día por causa de la ampliación y por el contrario la afluencia de visitantes fue aumentando a medida que los nuevos comercios se fueron inaugurando.

Estamos seguros que este trabajo será una guía útil para el proyectista interesado, pues muestra la metodología a seguir para proyectar y construir un sistema de distribución de cierta magnitud, tomando en cuenta no solo los aspectos técnicos, sino también haciendo notar que es importante considerar los socioeconómicos, de manera que las soluciones se materialicen, tal y como sucedió en nuestro caso.

BIBLIOGRAFÍA

Cálculo y análisis de regímenes de trabajo de redes eléctricas
N.D. Anísimova, V. A. Venikov
Ed. Mir, Moscú. 1978

Fundamentos de Instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión
Gilberto Enríquez Harper
Ed. LIMUSA. México, 1975

Redes Eléctricas
Jacinto Viqueira Landa
Ed. Representaciones y servicios de Ingeniería. México, 1973

Instalador de cables
L. Smirnov
Ed. Mir, Moscú. 1969

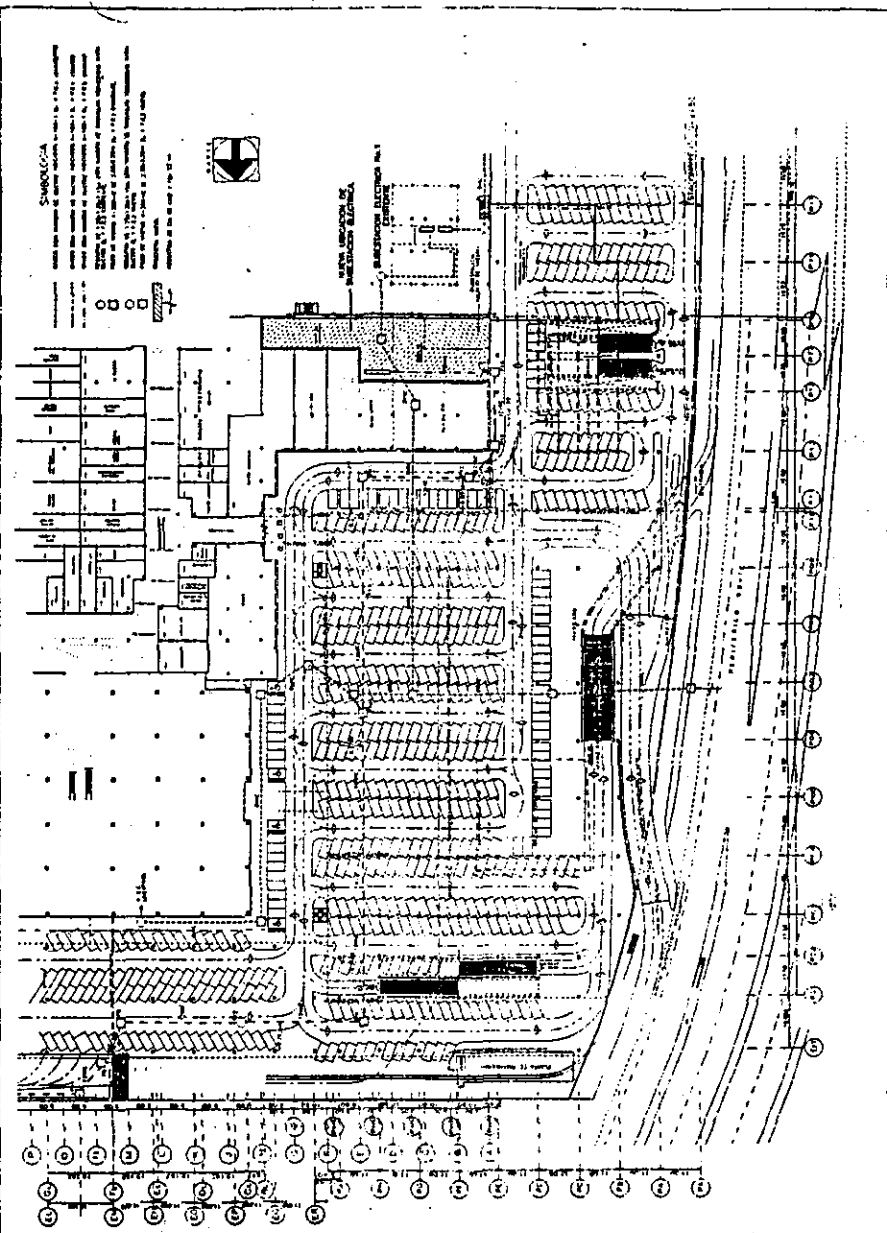
Manual técnico de cables de energía
Ing. Víctor Sierra Madrigal, Ing. Alfonso Sansores Escalante.
Ed. McGraw - Hill, México, 1985

Elements of power system analysis
William D: Stevenson, Jr.
Ed. McGraw - Hill, Japón. 1969

Procedimiento para coordinación de protecciones de sobrecorrientes en sistemas de
distribución
Ed. C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), México. 1984

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP- 1994
Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la Energía Eléctrica.
Diario Oficial de la Federación, 10-octubre-1994

APÉNDICES



SINBOLOGIA

■ Muro de mampolenas
 □ Muro de ladrillo
 ○ Puerta
 ● Ventana
 ○ (con línea) Ventana con rejas
 ○ (con línea y punto) Ventana con rejas y alacena
 ○ (con línea y punto) Ventana con rejas y alacena y persiana
 ○ (con línea y punto) Ventana con rejas y alacena y persiana y alacena
 ○ (con línea y punto) Ventana con rejas y alacena y persiana y alacena y persiana



DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 SECCION DE INGENIERIA DE OBRAS PUBLICAS



A
 1:1000

DESARROLLO Y PLAN DE CALIFICACION DE CALIFICACIONES Y LINEAS EN SERVICIO VOLTAJE
 SUBSTACION ELECTROSTATICA No. 1 (CONTINENTE)

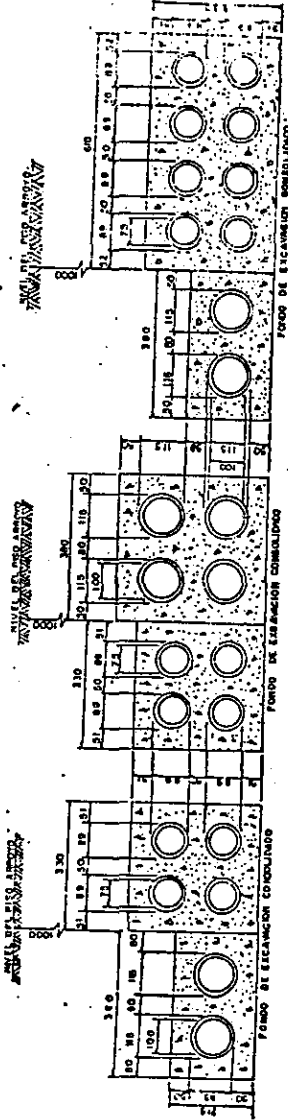
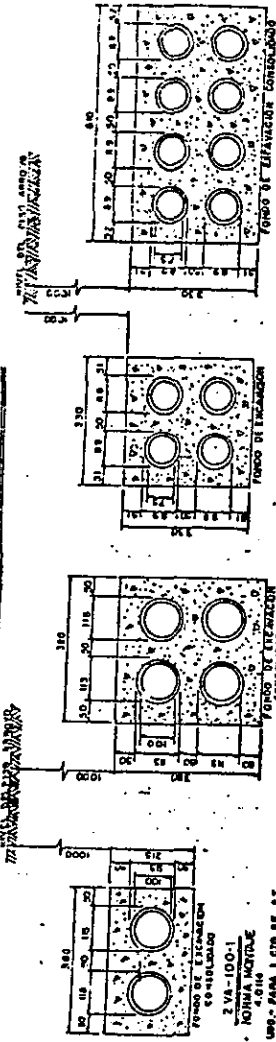
A B C D E F G H I J K L M
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

SIGNOS CONVENCIONALES LA

NORMAS Ly F
INSTRUCCION
3.0017

NOMBRE	SIGNO	NOMBRE	SIGNO
Líneas baja tensión 1 hilo		Líneas 60 kV en torre 3 hilos	
Líneas baja tensión 2 hilos		Líneas 85 kV en torre 3 hilos	
Líneas baja tensión 3 hilos		Líneas 85 kV en poste 3 hilos	
Líneas baja tensión 4 hilos		Líneas 150 kV en torre 3 hilos	
Líneas de 6 kV		Líneas 150 kV en poste 3 hilos	
Líneas de 6 kV doble circuito		Líneas 220 kV en torre 3 hilos	
Líneas de 6 kV 3 hilos realzada		Líneas 220 kV en poste 3 hilos	
Líneas de 23 kV		Líneas 400 kV en torre 3 hilos	
Líneas de 23 kV doble circuito			
Apararrayos		Poste de concreto reforzado especial (CR-12 E) o (CR-14E)	
Capacitores		Restaurador	
Cortacircuitos fusible		Retenida de ancla	
Cortador líneas de A.T.		Retenida de poste	
Corte abierto en B.T.		Retenida entre postes	
Corte cerrado en B.T.		Seccionador	
Cuchillas en aire operación Individual (23601)		Terminal de cable subterráneo	
Cuchillas en aire operación Individual (6401)		Terminal de cable subterráneo con cortacircuitos fusible	
Equipo medición (ejemplo: 600 V - 200/5 amp)		Termomagnético 300/400	
Indicador de corriente de falla		Tierra	
Interruptor en aceite		Torre de transmisión	
Interruptor en aire operación en grupo con carga		Transformador en poste de acero	
Poste de acero (A-13) o' mas		Transformador en poste de concreto	
Poste de concreto (CR-9) o' menos		Transformador 6 kV en subestación	
Poste de concreto (CR-12) o'(CR-14)		Transformador 23 kV en subestación	
Poste de concreto macizo (CR-12M)		Zona de árboles	
<p>USO: En dibujos y presupuestos de Líneas Aéreas en combinación con colores, de acuerdo a lo siguiente: Actual: negro Propuesto: rojo Por retirar: verde Reemplazar: morado Las instalaciones de propiedad particular se representan con el mismo signo que las de Luz y Fuerza pero en color azul y con la anotación: Particular</p>			
<p>CLAVE DEL NOMBRE: LA = Líneas aéreas</p>			
<p>Jul 53 2 Rev: Ago 95</p>			

DUCTO-CRUCERO S-ARREGLOS



NOTAS: 1- COTAS EN MM.
2- DUCTOS DE ASBESTO CEMENTO
3- CEMENTO 100 Kg 2-mp

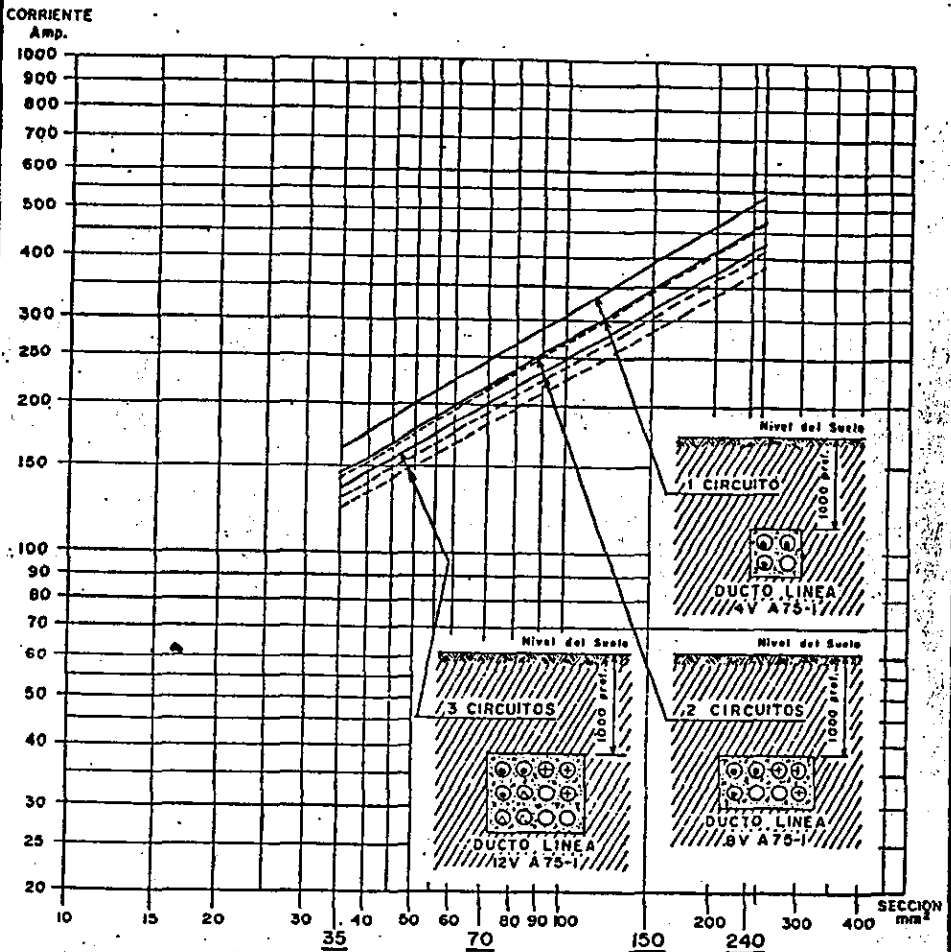
COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
ARREGLOS DE DUCTOS CRUCEROS

TIPO	INDICACIONES
PROYECTO	FECHA
DISEÑO	ELABORADO
REVISADO	APROBADO
FECHA	FECHA

CABLES 23PT 1 x EN DUCTOS

CORRIENTES ADMISIBLES NORMAL Y MAXIMA

NORMAS L y F.
INSTRUCCION
3.0022



(Los subrayados son los calibres normales)

Los corrientes admisibles son para las siguientes condiciones:

Corriente normal (—): Temp. del conductor = 65°C; Temp. ambiente = 20°C; Resistividad térmica del suelo = 120°C cm/watt; Factor de carga = 75%.

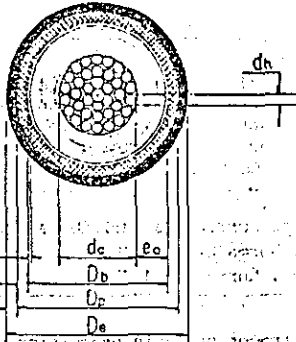
Corriente máxima (---): Es para las mismas condiciones anteriores pero Temp. del conductor = 75°C

REFERENCIA: IEEE - IPCEA "Power Cable Ampacities, Copper Conductors 1933.

CABLES 23PT 1x150, 1x240

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0006

1 de 2



CS

STM SOLC	CARACTERISTICAS (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100)	UNIDAD	CABLE 23PT 1x150	CABLE 23PT 1x240
N	Sección del conductor de cobre Número de hilos	mm ²	150	240
dc	Diámetro del conductor	mm	37	37
dh	Diámetro de cada hilo	mm	15.90	20.12
ca	Espesor aislamiento de papel y cintas semiconductores	mm	2.27	2.874
em	Espesor cinta de cobre	mm	6.10	6.10
ep	Espesor de cubierta plomo	mm	0.08	0.08
et	Espesor de cubierta exterior termoplástica	mm	2.0	2.2
Db	Diámetro bajo cubierta plomo	mm	1.65	2.0
Dp	Diámetro sobre cubierta plomo	mm	28.10	34.0
De	Diámetro exterior del cable	mm	32.74	38.5
	Peso del cobre	Kg/Km	33.45	42.0
	Peso del plomo	Kg/Km	1360	2177
	Peso total del cable	Kg/Km	2200	2816
	Longitud del tramo de cable	m	4440	6100
	Tolerancia en longitud	%	500	500
	Carrete CS	Pzs	-0.5	-0.5
	Peso del carrete CS, con el tramo de cable	kg	8.16.8	8.16.8
			2430	3264
Rca	Resistencia a 50 Hz y 75°C	Ohm/Km	0.153	0.1088
X	Reactancia a 50 Hz	Ohm/Km	0.21	0.19
Z	Impedancia a 50 Hz y 75°C	Ohm/Km	0.27/56°	0.21/68°
ΔV	Caída de tensión por fase	Volt/Amp-Km	0.25	0.20
I	Corriente normal de trabajo	Amp	345	450
	Corriente máxima de trabajo	Amp	320	510

CABLES 23PT 1x150, 1x240	NORMAS LyF MATERIAL 2.0006
---------------------------------	-----------------------------------

2 de 2

Las corrientes de trabajo son para cables en ductos, un circuito, temp. ambiente 20°C, Resistividad del suelo 120°C cm/watt, factor de carga 75%; la normal con conductor a 65°C y la máxima a 75°C

MARCA E IDENTIFICACION:
 Sobre la cubierta de polietileno o de policloruro de vinilo (PVC) y en toda su longitud, el cable deberá tener impresa con caracteres realzados, una inscripción leyenda (cuatro datos), repetida cada 50 cm. aproximadamente. Nombre o identificación del fabricante, nombre del cable según la presente Norma LyF, propiedad C.L.F.C. y año de fabricación.

REFERENCIA:
 Cables 23PT en ductos corrientes admisibles, Norma LyF 3.0022
 Cables 23PT empleo, Norma LyF 3.0018
 Cables Pt (23, 6, B), Norma LyF 1.0008

ENPAQUE:
 La longitud de los tramos de cable especificada, se debe enrollar en un carrete de madera 8.16.8 Norma LyF 2.0057-"CARRETES CS"

PRUEBAS DE ACEPTACION:
 Conforme a la Norma LyF 1.0008 "Cables PT" (23, 6, B)
 Las pruebas de aceptación se efectuarán en presencia y de conformidad con el Laboratorio LyF.

USO:
 En 23KV; preferentemente para troncales en circuitos de 3 fases en Ducto-Líneas en los locales de los servicios desde pozos o SE's y en tramos cortos en SE's y postes.

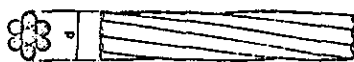
CLAVE DEL NOMBRE:
 23 = 23 KV
 P = Plomo, cubierta
 T = Termoplástico, cubierta exterior
 1x = Un conductor
 150, 240 = Sección nominal del conductor en mm²

LIT:	EVAL:	COR:	COT:	COT:	COT:	COT:	COT:	COT:	COT:
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

CABLES Aid (ALUMINIO DESNUDO)

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0109

1 de 2



7 hilos



19 hilos

NOMBRE	Hilos	Equiva-	Diáme-	Sección	Resisten-	Resis-	Corrien-	Folio
		lento	tro		cia C.A.	tencia		
		al Cud	d			a 50°C	mecáni-	mal de
		AWG o MCM	mm			Ohm/Km	ca Líni	trabajo
			mm				te Kg	Amp
CABLE Aid 4	7	5	5.88	21.15	1.515	410	120	LA-21-304
CABLE Aid 2	7	4	7.42	33.63	0.949	321	150	LA-21-302
CABLE Aid 1/0	7	2	9.35	53.48	0.599	939	220	LA-21-300
CABLE Aid 3/0	7	1	10.51	67.43	0.475	1157	240	LA-21-320
CABLE Aid 3/0	7	1/0	11.80	85.33	0.375	1425	250	LA-21-330
CABLE Aid 4/0	7	2/0	13.25	107.2	0.253	1754	330	LA-21-340
CABLE Aid 200	19	3/0	15.06	135.2	0.237	2195	420	LA-21-3200
CABLE Aid 335	19	4/0	15.90	170.5	0.185	2940	470	LA-21-3330
CABLE Aid 555	19	350	21.74	262.0	0.101	4253	530	LA-21-3550

NOMBRE	Peso Kg/km	Cantidad por carrete		Cable		Uso
		m	Kg	Aid 4	Aid 2	
CABLE Aid 4	57.7	5000	230	Aid 4 fase		Todos los tramos de AP serie y multi
CABLE Aid 2	31.8	3500	321	Aid 4 neutro		Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 10 Kva
CABLE Aid 1/0	145.0	2000	392	Aid 2 fase		Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 25 Kva y con cables del primer cruzero
CABLE Aid 3/0	184.2	1500	275	Aid 2 neutro		
CABLE Aid 3/0	232.2	1000	302			Dos primeros tramos de D.T. a cada lado de transformadores de 50, 75 y 100 Kva
CABLE Aid 4/0	292.6	1000	253	Aid 3/0 fase		
CABLE Aid 200	570.0	1000	370	Aid 2 neutro		
CABLE Aid 335	457.7	1500	201			
CABLE Aid 555	773.0	1500	1150	Aid 335		Líneas de 0 Kv y 25 Kv
				Aid 555		Líneas de 25 Kv

Nota: Los cables de calibre 1/0, 3/0, 4/0 y 200 no son de uso normal

CABLES Al_d (ALUMINIO DESNUDO)

NORMAS LYF
MATERIAL
2. 0109

2 de 2

CARACTERÍSTICAS:

Coefficiente de dilatación $\alpha = 2.3 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Módulo de elasticidad $E = 619000 \text{ Kg/cm}^2$.

Torcida capa exterior es derecho

Paso menor que 21 d.

Paso preferible 13.5 d.

Aluminio duro

Resistividad máxima del cable a 20°C = 28.28 Ohm mm²/Km.

$$R_2 = \frac{226.1 + t_2}{226.1 + t_1}$$

$$R_1 = \frac{226.1 + t_1}{226.1 + t_1}$$

R1 = Resistencia a la temperatura t1

R2 = Resistencia a la temperatura t2

Cable según Normas ASTM-B231-y CSA-C49 (últimas revisiones)

Tolerancia en peso $\pm 10\%$

La capacidad de conducción de corriente está basada en las siguientes condiciones: Temperatura ambiente = 25°C, Incremento temperatura 40°C, Velocidad de viento 0.6 m/seg, superficie del conductor negra.

CLAVE DEL NOMBRE:

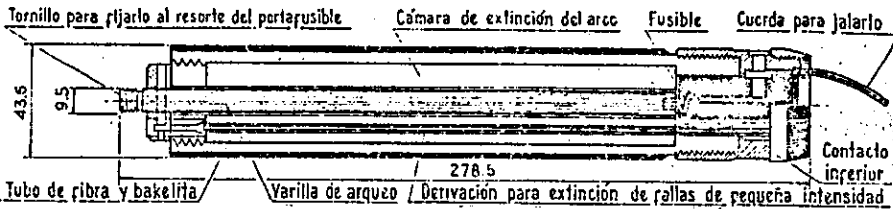
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, calibre AWG.

265 = 265900 CM; 335 = 336400 CM; 555 = 556500 CM

Al_d = Aluminio desnudo.

FUSIBLES 23 SC-5 SM

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0136



NOMBRE	Corriente permanente Amp.	Corriente mínima de fusión en Amps.		Nº de Catálogo	PORTA-FUSIBLE	Folio
		5 min.	0.1 Seg.			
FUSIBLE 23- 1E-SC 5SM	1	1.5	6.5	133001	23 332	LA-38-28001
FUSIBLE 23- 3E-SC 5SM	3	7	75	133005	"	LA-38-28003
FUSIBLE 23- 5E-SC 5SM	5	12	120	133007	"	LA-38-28005
FUSIBLE 23- 10E-SC 5SM	10	25	215	133015	"	LA-38-28010
FUSIBLE 23- 15E-SC 5SM	15	36	320	133025	"	LA-38-28015
FUSIBLE 23- 20E-SC 5SM	20	47	400	133030	"	LA-38-28020
FUSIBLE 23- 25E-SC 5SM	25	60	500	133040	"	LA-38-28025
FUSIBLE 23- 30E-SC 5SM	30	71	600	133050	"	LA-38-28030
FUSIBLE 23- 40E-SC 5SM	40	92	780	133060	"	LA-38-28040
FUSIBLE 23- 50E-SC 5SM	50	115	820	133075	"	LA-38-28050
FUSIBLE 23- 65E-SC 5SM	65	150	1250	133100	"	LA-38-28065
FUSIBLE 23- 80E-SC 5SM	80	190	1500	133125	"	LA-38-28080
FUSIBLE 23-100E-SC 5SM	100	230	1900	133150	"	LA-38-28100
FUSIBLE 23-125E-SC 5SM	125	300	2500	133200	"	LA-38-28125
FUSIBLE 23-150E-SC 5SM	150	375	3000	133250	"	LA-38-28150
FUSIBLE 23-200E-SC 5SM	200	500	3600	133300	"	LA-38-28200
FUSIBLE 23-250E-SC 5SM	250	600	4600	133400	"	LA-38-28250
FUSIBLE 23-300E-SC 5SM	300	750	5700	133500	"	LA-38-28300

USO: Proteger transformadores y servicios de 23 000 volts contra sobre corriente, con capacidad interruptiva de corto circuito trifásico simétrico hasta 750 000 kva.

CAPACIDAD DEL BANCO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS EN kva		FUSIBLE	CAPACIDAD DEL BANCO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS EN kva		FUSIBLE
Hasta	35	23- 1E-SC 5 SM	de 1401	a 1750	23- 50E-SC 5 SM
de 36	a 100	23- 3E-SC 5 SM	de 1751	a 2300	23- 65E-SC 5 SM
de 101	a 175	23- 5E-SC 5 SM	de 2301	a 2800	23- 80E-SC 5 SM
de 176	a 350	23-10E-SC 5 SM	de 2801	a 3500	23-100E-SC 5 SM
de 351	a 500	23-15E-SC 5 SM	de 3501	a 4300	23-125E-SC 5 SM
de 501	a 700	23-20E-SC 5 SM	de 4301	a 5000	23-150E-SC 5 SM
de 701	a 850	23-25E-SC 5 SM	de 5001	a 7000	23-200E-SC 5 SM
de 851	a 1000	23-30E-SC 5 SM	de 7001	a 8700	23-250E-SC 5 SM
de 1001	a 1400	23-40E-SC 5 SM	de 8701	a 10400	23-300E-SC 5 SM

Clave del nombre: 23 = 23 000 volts
1,3..300 = Corriente nominal
SC = SRC Electric Co.
5SM = Tipo de fusible según S & C

E = Fusible que soporta su corriente nominal permanentemente a 30°C y funde en 5 minutos con una corriente de 200 a 240 % de la nominal.

Mar. GVS Rev. 1 Jul 73

EQUIPO MTS 23

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0477

3 de 3

USO:

Empleado en servicios trifásicos de 23 kV con acometida subterránea a subestación abierta, mide los consumos de kWh, - kVArh y demanda máxima en kW.
Seleccionar el equipo conforme a la instrucción LyF 3.0065.

CLAVE DEL NOMBRE:

- M = Medición
- T = Terminales de cables subterráneos de alimentación del equipo.
- S = Separable, la sección de medición y terminales.
- 23 = 23 000 V tensión nominal de alimentación.

CM

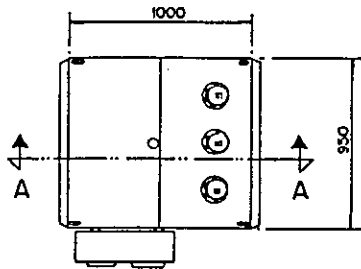
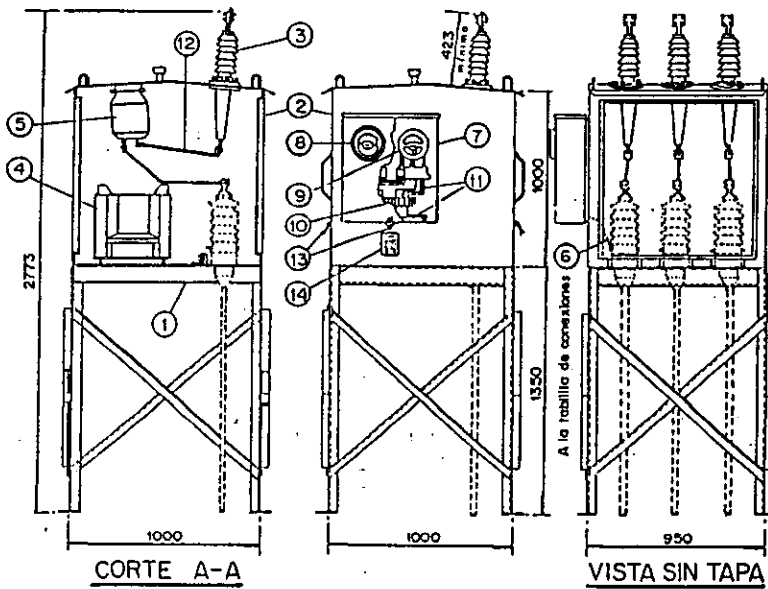
CS

EQUIPO MTS 23

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0477

1 de 3

CN
CS



E s c . : S i n

Acotaciones en mm

Mar 78 | Rev. | Feb 93 | Ago 95

EQUIPO MTS 23

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0477

2 de 3

MATERIAL:

Ref	Nombre	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Estructura M 231:5	2.0405	pza	1
2	Gabinete M 23	2.0670	pza	1
3	Aislador pasamuro 23-50 a 600	2.0573	pza	3
4	Transformador potencial 13 200	2.0453	pza	3
5**	Transformador de corriente 23-5 a 600	2.0451	pza	3
6	Tablilla de conexiones 5y7 (de 7 elementos)	2.0585	pza	1
7	Caja 2 MP ó MR	2.0362	pza	1
8*	Varhorímetro DM-T 2 x 10-1	2.0688	pza	1
9*	Varhorímetro 2 x 10-1	2.0054	pza	1
10	Varhorímetro 2 x 10-1	2.0056	pza	1
11	Tablilla de prueba, 8y10 (de 10 elementos)	2.0583	pza	1
12	Cable Cuf 14 A, E, C, N, R, V	2.0676	m	45
13	Cable BTC-1 x 70 ó 1 x 150	2.0041	m	3
14	Sello de plomo A	2.0250	pza	3
14	Placa de datos equipo de medición 23 kv	2.0689	pza	1

- * Este equipo puede substituirse por un medidor de estado sólido.
** Seleccionar los TC's de acuerdo a la demanda máxima.

MARCADO E IDENTIFICACION:

El equipo debe llevar una placa fija al tanque conteniendo los datos indicados en la norma LyF 2.0689.

EMPAQUE:

Debe protegerse para evitar daños durante el transporte, - manejo y almacenamiento.

PRUEBAS:

De acuerdo a lo indicado en esta norma y a las solicitadas para cada componente del equipo.

REFERENCIAS:

Consultar las siguientes normas en su última revisión.
LyF 3.0065 Empleo de equipos de medición
Normas LyF Las indicadas en el cuadro de material de esta norma.

Mar 78 Rev : Feb 93 Ago95

9

FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0693

3 de 3

debe llevar marcado en su exterior y en forma visible; el -
nombre del material según la presente norma, nombre del - -
fabricante y la leyenda "frágil, manéjese con cuidado".

CS

PRUEBAS :

Según la norma NMX-J-149, última revisión

REFERENCIAS :

LyF 1.7850.12 Ruptofusible tripolar 23401 F-6 a 160,
última revisión

NMX-J-149 Fusibles limitadores de corriente en Alta -
Tensión, última revisión

IEC 282-1 Current Limiting Fuses, última revisión

USO :

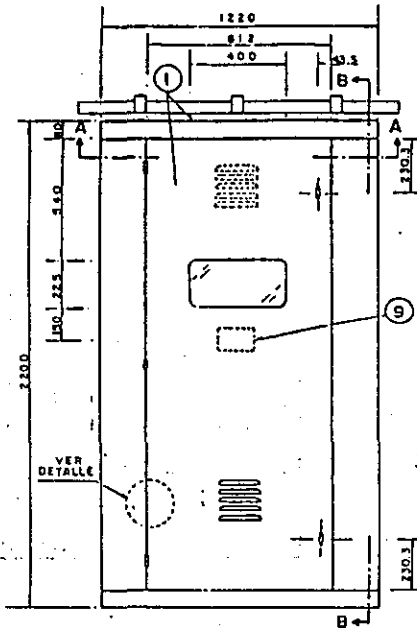
Utilizados en ruptofusibles tripolares dentro de Gabinete -
M 23 I o E para proteger :
Equipos, cables o líneas de distribución instalados en las
redes subterráneas de Luz y Fuerza del Centro.

CLAVE DEL NOMBRE :

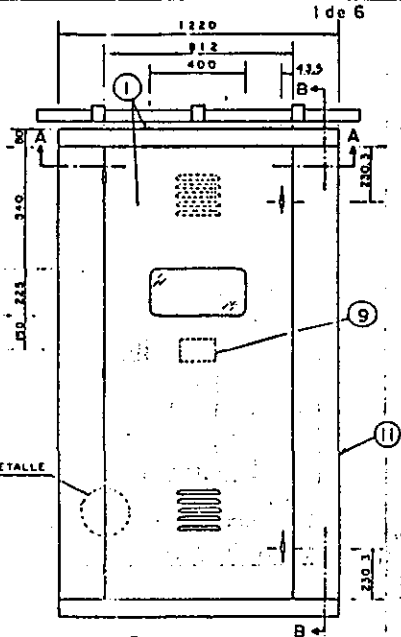
23 = 23 kV, tensión nominal
6 a 160 = Corriente nominal en amperes.

GABINETE M 23 IOE

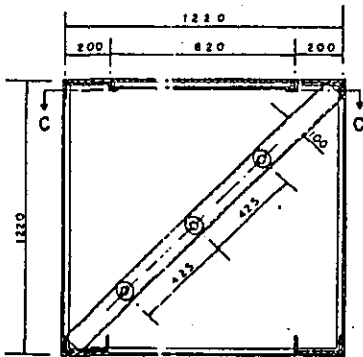
NORMAS Ly F
MATERIAL
2.0530



**ELEVACION DEL
MODULO INTERRUPTOR TIPO Q**



**ELEVACION DEL
MODULO INTERRUPTOR TIPO R**



**COORTE A-A
DE LOS MODULOS TIPO Q, R**

DETALLE

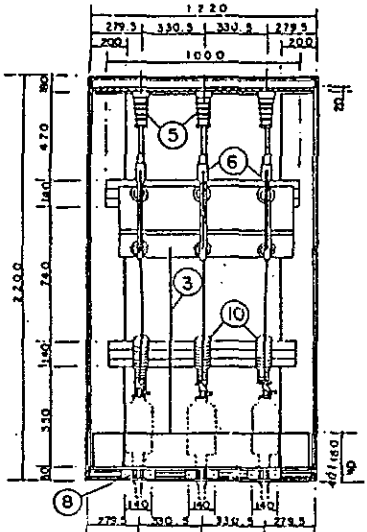


**TRENCILLA
PARA ATRI RIZAR PUERTAS**

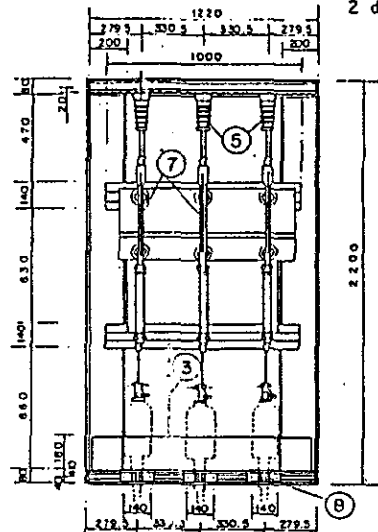
GABINETE M. 23 I o E

NORMAS U y F
MATERIAL
2.0530

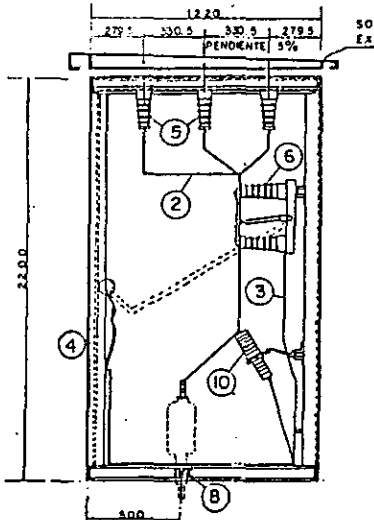
2 de 6



CORTE C-C DEL MODULO TIPO Q

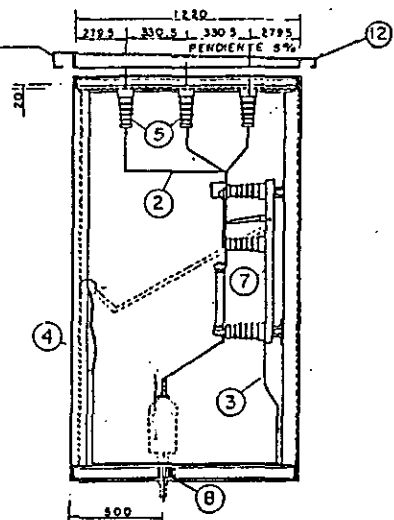


CORTE C-C DEL MODULO TIPO R



CORTE B-B DEL MODULO TIPO Q

SOLO TIPO
EXTERIOR



CORTE B-B DEL MODULO TIPO R

GABINETE M 23 I o E

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0530

3 de 6

CARACTERISTICAS:

MATERIALES COMPONENTES: DEL MODULO TIPO Q.

Ref	Nombre	Material
1	Cuerpo y puertas	Lámina de fierro calibre #12 USG de - 2.65 mm de espesor, con dos cerraduras G, de acuerdo a normas LyF 2.0360
2	Bus principal	Solera de cobre electrolítico, conductividad 98%, área de la sección transversal 6.35 x 50.8 mm, de acuerdo a norma LyF 1.0115 C. Para gabinetes de dos o más módulos los buses de interconexión entre ellos deben ser de una sola pieza.
3	Bus de tierra	Solera de cobre electrolítico, conductividad 98%, sección transversal de 6.35 x 32 mm, de acuerdo a norma LyF-1.0115 C.
4	Trencilla	Cinta flexible de malla de cobre electrolítico, conductividad 98% y de sección transversal 6.35 x 32 mm.
5	Aislador soporte	Aisladores que deben cumplir con las siguientes características: MECANICAS: Carga al cantilever 1000 kg. ELECTRICAS: Tensión de aguante de impulso por rayo 150 kV a 0 msnm. Tensión de aguante 60 Hz, 50 kV (seco) Distancia crítica de flameo mínima de 280 mm.
6	Interruptor en aire 23401	De operación en grupo con accionamiento de apertura y cierre rápido, con palanca y disco manual (del lado derecho) según norma 1.5677.12
8	Soporte terminales	Fierro canal de 101.6 mm, que permita soportar tres terminales monofásicas instalado en la base de la estructura del tablero.

Dic 82 |
 Rev: |
 Abr 83 |
 Feb 84 |
 Sep 92 |
 Sep 94 |
 Ago 95

GABINETE M 23 I o E	NORMAS LyF MATERIAL 2.0530
----------------------------	---

4 de 6

9	Placa de identificación	De acero inoxidable, latón cromado o aluminio, los números, diagramas y caracteres deben estar grabados y pintados en color negro, el resto de la placa, al color natural del material. Los datos deben estar en español.
10	Apartarrayos clase intermedia (IOM)	De óxidos metálicos (zinc) de acuerdo a norma LyF 1.0077 A.
11	Acabado	Esmalte alquidálico, color gris tenue para el tipo interior, y una doble capa de esmalte alquidálico-color verde seguridad, de acuerdo a norma LyF 1.0060 D para el tipo exterior.
12	Cubierta superior	Para módulos tipo intemperie el gabinete debe contar con una cubierta de lámina de fierro calibre #12 USG de 2.65 mm de espesor, de una pieza, con una o dos pendientes de 5% mínimo, considerando la pendiente del frente hacia atrás o del centro a los lados. Para gabinetes de dos o más módulos la cubierta superior debe ser de una sola pieza.

MATERIALES COMPONENTES: DEL MODULO TIPO R

Ref.	Nombre	Materiales
1	Cuerpo y puertas	Lámina de fierro calibre #12 USG de 2.65 mm de espesor, con dos cerraduras G, de acuerdo a norma LyF 2.0360.
2	Bus principal	Solera de cobre electrolítico, con ductividad 98%, sección transversal de 6.35 x 50.8 mm, de acuerdo a norma LyF 1.0115 C. Para gabinetes de dos o más módulos los buses de interconexión entre ellos debe ser de una sola pieza.

GABINETE M 23 I o E

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0530

5 de 6

3	Bus a tierra	Solera de cobre electrolítico, conductividad 98%, sección transversal de 6.35 x 32 mm, de acuerdo a norma LyF 1.0115 C.
4	Trencilla	Cinta flexible de malla de cobre -- electrolítico, conductividad 98% y de sección transversal 6.35 x 32 mm
5	Aislador soporte	Aisladores que deben cumplir con -- las siguientes características: MECANICAS: Carga al cantilever 1000 kg. ELECTRICAS: Tensión de aguante 60 Hz, 50 kV (se co). Distancia crítica de flameo mínima de 280 mm.
7	Ruptofusibles	Interruptor en aire de operación en grupo para 23 kV, 400 A, servicio -- interior, accionamiento rápido y -- asociado con fusibles limitadores -- de corriente.
8	Soporte terminales	Fierro canal de 101.6 mm, que permita soportar tres terminales monofásicas instalado en la base de la estructura del tablero.
9	Placa de identificación.	De acero inoxidable, latón cromado o aluminio, los números, diagramas y caracteres deben estar grabados y pintados en color negro, el resto de la placa, al color natural del material. Los datos deben estar en español.
11	Acabado	Esmalte alquidálico, color gris tenue para el tipo interior, y una doble capa de esmalte alquidálico color verde seguridad de acuerdo a -- norma LYF 1.0060 D, para el tipo exterior.
12	Cubierta superior	Para módulos tipo intemperie el gabinete debe contar con una cubierta de lámina de fierro calibre # 12 de 2.65 mm de espesor, de una pieza, -- con una o dos pendientes de 5% mínimo, considerando la pendiente del --

Dic 82 | Rev: | Abr 83 | Feb 84 | Sep 92 | Sep 94 | Ago 95

GABINETE M 23 I o E

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0530

6 de 6

frente hacia atrás o del centro a los lados.
Para gabinetes de dos o más módulos la cubierta superior debe ser de una sola pieza.

MARCADO E IDENTIFICACION:

De acuerdo a lo indicado en el punto 9 de la tabla anterior.

PRUEBAS:

De acuerdo a lo indicado en esta norma y a la especificación LyF 1.0048.

REFERENCIAS:

Plano D.L.F N-486	"Gabinete M 23 I o E"
Norma LyF 1.0048	"Gabinete M 23 I o E"
Norma LyF 1.0060 D	Catalogo de Componentes
Norma LyF 1.0115 C	"Solera de cobre electrolítico"
Norma LyF 1.5677.12	"Interruptor tripolar en aire 23401"

USO:

Permite alimentar en derivación simple o múltiple uno, dos o más transformadores o servicios de 23 kV, dependiendo del número y tipo de módulos que se acoplen.

CLAVE DEL NOMBRE:

M = Modular
23 = 23 kV, tensión nominal
I = Interior, tipo de servicio
E = Exterior, tipo de servicio

Dic 82 Rev: Abr 83 Feb 84 Sep 92 Sep 94 Ago 95

PORTAFUSIBLE 23 332

NORMAS LYF
MATERIAL
2.0052

2 de 2

NOMBRE	DIMENSIONES					
	A		B		C	
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
	PORTAFUSIBLE 23 332					
813	32	527	20 3/4	1111	43 3/4	
D		E		F		
603	23 3/4	335	14 3/8	354	15 1/2	

Volts Nominales	Amp Máx.	Nº de Catálogo	Tamaño	Parte móvil Nº de catálogo	Capacidad de corto circuito simétrico a 23000 volts en Kva	Peso neto kg
23000	300	87513 R2	5	85153 R2	750000	33

UDO: Fijado a dos crucetas de 152 mm (3") con 4 tornillos méq. 1/2" x 2 1/2" empleando Fusible 23 30-CM se instala uno en cada fase de 23 Kv para proteger transformadores y servicios de 23000 volts contra sobrecorriente usando fusible según Norma Lyf 2.4952.40 y contra corrientes de cortocircuito de acuerdo con capacidad indicada en la tabla.

CARACTERÍSTICAS: Tipo interperie.- Semejante al S & C Electric Company - Tipo CM
Al fundirse el fusible desaparece la tapa indicadora que lleva en la parte inferior.

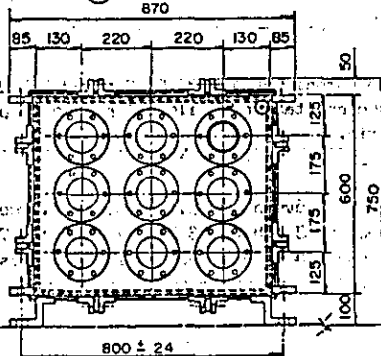
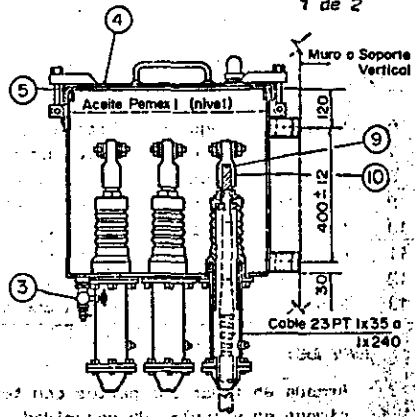
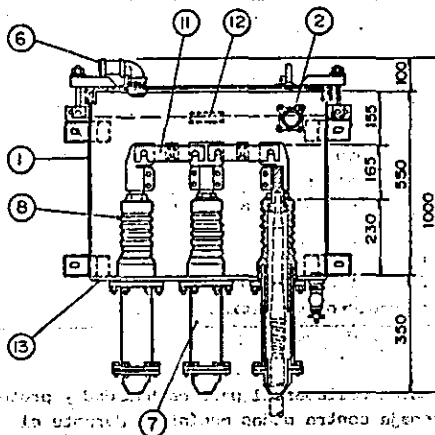
CLAVE DEL NOMBRE:

- 23 (primera y segunda cifra) = 23000 volts
- 3 (tercera cifra) = 300 Amp
- 32 (últimas cifras) = 32000 Amp Capacidad de corto circuito asimétrico, factor de asimetría = 1.5

CAJA CS 23.3. 500

NORMAS L y F
MATERIAL
2.0263

1 de 2



Capacidad de aceite aprox. 185 lts.
Peso de la caja (sin aceite) aprox. 260 Kg.
Aceite Pemex I y cable 23 PT lx35 o lx240
no incluidos en este material.

Esc. 1:15

Acotaciones en mm

MATERIAL:

Ref.	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
1	Cuerpo	Placa hierro 6.3(1/2"), Cadminizado o Galv. después de maquinado
2	Indicador de nivel de aceite	Magnético
3	Válvula de drenaje y muestreo	Bronce
4	Tapa	Placa hierro 6.3(1/2"), Cadminizada o Galv. después de maquinada
5	Junta	Noopreno

(sigue en 2 de 2)

Leh. (19) Rev. Jun 7 (oct 7)

CAJA CS 23.3.500

NORMAS Ly F
MATERIAL
2.0263

2 de 2

Ref.	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
(Viene de 1 de 2)		
6	Válvula de seguridad	Bronce
7	Cuerpo de la terminal	Latón bronce o aluminio
8	Boquilla aislante	Resina epoxica ó porcelana
9	Conector interior	Cobre electrolítico laminado o bronce alta conductividad
10	Conector exterior	99 % Cu, 1 % Pb
11	Placa conexión	Cobre electrolítico
12	Placa de datos	Acero inoxidable ó latón cromado
13	Fondo	Placa acero inoxidable no magnético 9.5 (3/8)
<p>EMPAQUE:</p> <p>Armada en todas sus partes con terminales selladas al paso de humedad y protecciones en válvulas de seguridad y drenaje contra daños mecánicos durante el transporte.</p>		
<p>ACEPTACION:</p> <p>Conforme a esta Norma, Especificación Normal Ly F 1.2004.05 Caja 23.3.500 y dibujo Distribución 0540-12359-A y B. La aceptación se llevará a cabo en presencia y de conformidad con el Laboratorio.</p>		
<p>USO:</p> <p>Fijada a muro o soporte vertical en pozo, Bóveda o S.E., permite interconectar 3 circuitos de cables formado cada uno por 3 cables 23 PT 1 x 35 ó 1 x 70 ó 1 x 150 ó 1 x 240. La conexión y desconexión se hace por medio de placas removibles sin potencial; es para 500 Amp. Puede trabajar sumergida en agua a 3 m de profundidad.</p>		
<p>CLAVE DEL NOMBRE:</p> <p>CS = Para Cables Subterráneos 23 = 23 kV 3 = 3 vías 500 = 500 Amp. por vía</p>		
Feb. 69	Rev:	Jun 71 Oct 77

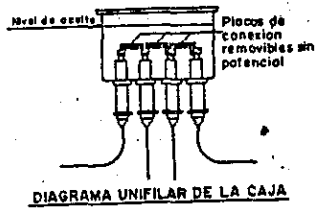
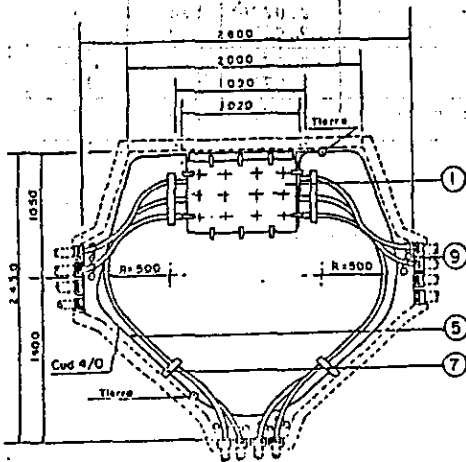
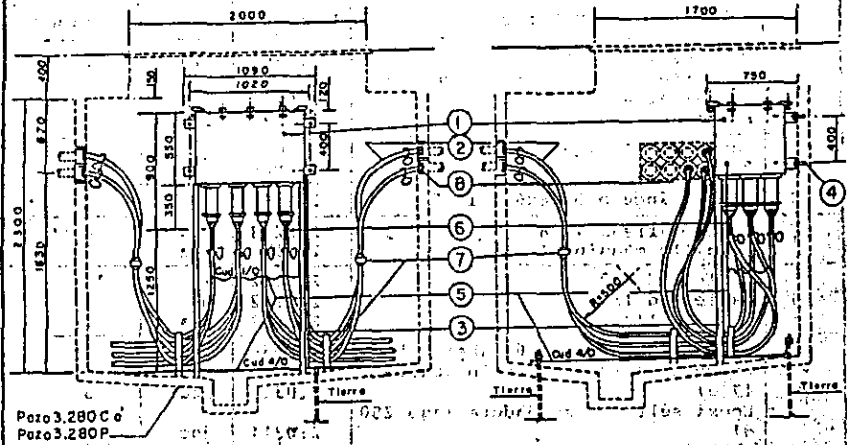
CS

123

CAJA CS 23.4.500

NORMAS L y F
MONTAJE
4.0059

Ida 2



Esc. 1:40

Acotaciones en mm.

CAJA CS 23.4.500

NORMAS LyF
MONTAJE
4.0059

2 de 2

MATERIAL :

Ref	Nombre	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Caja CS 23.4.500	2.0264	pza	1
	Aislantes y auxiliares terminal 23E 1x240 C	2.0033	jgo	12
	Aceite aislante no inhibido	2.0296	l	240
2	Cable 23 PT 1x35 6 23 PT 1x70	2.0030	m	85
	6 23 PT 1x150 6 23 PT 1x240	2.0006		
3	Perfil ángulo 50.8x6.3x1600	2.0317	pza	2
4	Ancla barréna 15.8	2.0238	pza	4
	Tornillo máquina 15.9x64	2.0187	pza	4
5	Cable Cud 4/0	2.0102	m	14
	Cable Cud 1/0	2.0102	m	8
	Grapa C 1/2	2.0267	pza	3
6	Soldadura Sn-Pb 40-60 (barra 4 kg)	2.0534	pza	3
	Fundente soldadura Sn-Pb (barra 17 g)	2.0318	pza	3
	Epoxi sellador soldadura (jgo 250 g)	2.0314	jgo	4
7	Abrazadera 3 cables 37M (6 46M)	2.0235	pza	8
	Mensula CS 35 C	2.0220	pza	8
	Porcelana mensula CS 37	2.0270	pza	8
8	Opresor sello ducto 75	2.0275	pza	12
	Sello ducto 75-47	2.0279	pza	12
9	Placa identificación cable 23	2.0027	pza	24

APLICACION :

Instalada en pozo 3.280C 6 3.280P permite conectar o desconectar sin potencial 4 circuitos de cables 23 PT 1x35 6 1x70 6 1x150 6 1x240 de acometida, ramal o troncal, por medio de sus placas de conexión.

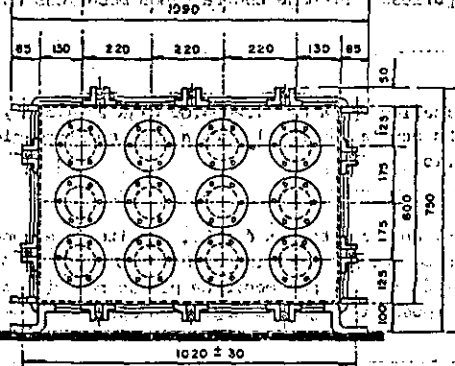
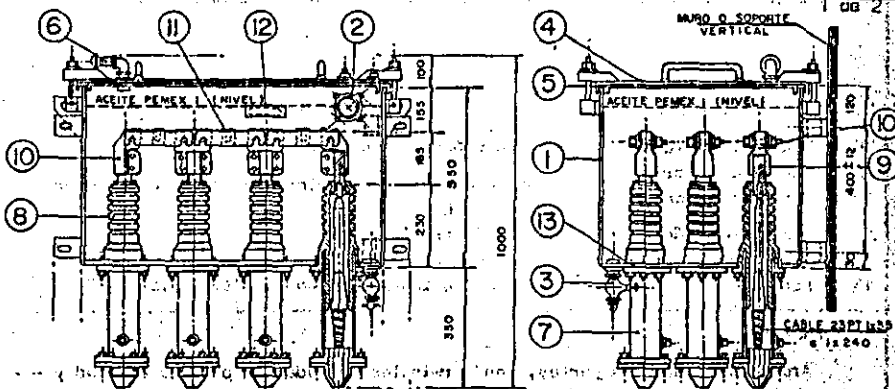
CLAVE DEL NOMBRE :

CS = Para cables subterráneos
23 = 23 kV, tensión nominal
4 = 4 vías de la caja
500 = 500 A por vía

Rev: Mar 74, Abr 76, Feb 86, Jun 95

CAJA CS 23.4.500

NORMAS LyF
MATERIAL
2.0264



CAPACIDAD DE ACEITE APROX. 250 Litros
 PESO DE LA CAJA (SIN ACEITE) APROX. 330 Kg
 ACEITE PEMEX y CABLE 23PT 135 e 1240 NO INCLUIDOS EN ESTE MATERIAL.

Esc. 1:15

Anotaciones en mm

MATERIAL:

Ref.	NOMBRE	MATERIALES Y ACABADO
1	Cuerpo	Placa hierro 6.3(1/4") cadmizado ó Galv. después de maquinado
2	Indicador de nivel de Aceite	Magnético
3	Válvula de drenaje y muestreo	Bronce
4	Tapa	Placa hierro 6.3(1/4") Cadmizado ó Galv. después de maquinado.
5	Junta	Neopreno
6	Válvula de seguridad	Bronce
7	Cuerpo de la terminal	Latón, bronce ó aluminio

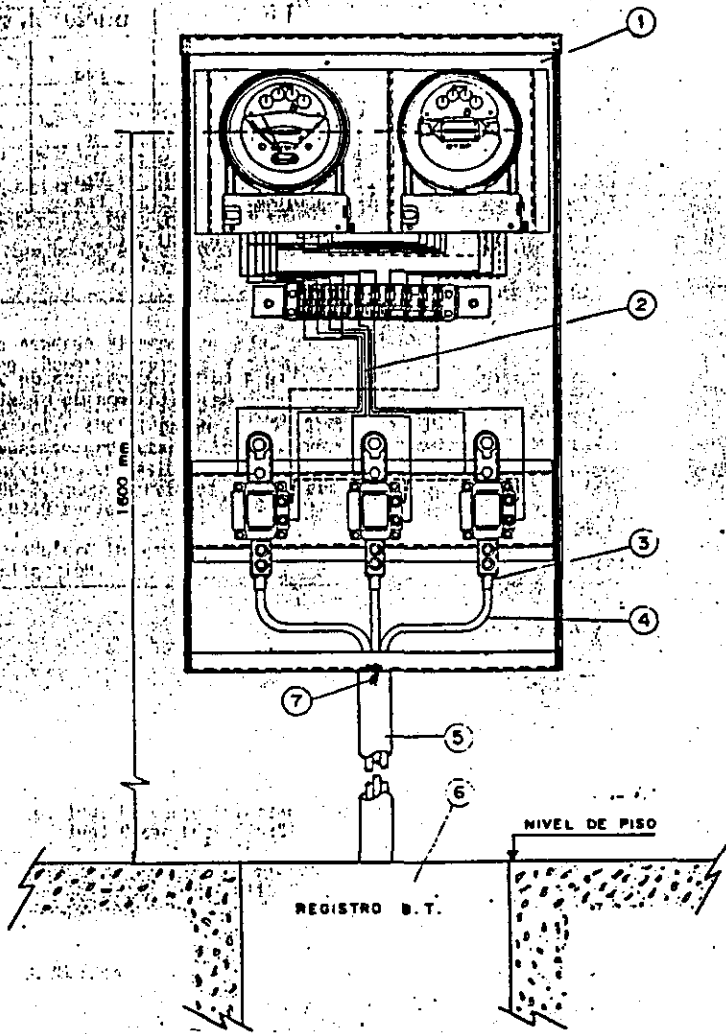
Sigue en 2 de 2

Dis. 6/5	Rev:	Jun 70	Jun 70	Oct 70					
----------	------	--------	--------	--------	--	--	--	--	--

ASISTENTE
ATMOM

EQUIPO MBP

NORMAS LYF
MONTAJE
4.0248



EQUIPO MBP

NORMAS LyP
MONTAJE
4.0248

MATERIAL (En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma LyP	Unidad	Cantidad
1	Equipo MBP de 150, 300 ó 600 Amp.	2.0476	Pza	1
2	alambre CUF	2.0077	m	-
3	Zapatillas C70 - 2 a C400 - 2	2.0010	Pza	3
4	Cable BTG	2.0041	m	-
5	Tubo PVC de 50 mm de diámetro		m	-
6	Registro BT		Pza	-
7	Sello de plano A	2.0250	Pza	1

Nota.- Los materiales indicados en las referencias 5 y 6 deben ser proporcionados y colocados por el cliente.

APLICACION:

Fijado a muro interior ó exterior mediante 4 tornillos máquina de 9.5 x 101.6 mm (3/8" x 4") permite medir en servicios trifásicos de BT el consumo en kw, kvahr y la demanda máxima en kw.

CLAVE DEL NOMBRE:

- M = Medición.
- B = Baja tensión.
- P = Polifásico.

187