



44
21

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS. CRITERIOS
PARA LA ELECTRIFICACION DE FRACCIONAMIENTOS
RESIDENCIALES POR RED AEREA SEGÚN LUZ Y FUERZA"**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

FERNANDO CRUZ MENDOZA

ASESOR: ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas. "Criterios para la electrificación de fraccionamientos residenciales por red aérea según luz y fuerza."

que presenta el pasante: Fernando Cruz Mendoza,
con número de cuenta: 8031000-0 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 28 de agosto de 19 97.

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Jaime Rodríguez H.</u>	<u>J. Keller</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Pedro Guzmán T.</u>	<u>P. Guzmán</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Casildo Rodríguez A.</u>	<u>C. Rodríguez</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Benjamín Contreras S.</u>	<u>B. Contreras</u>

DEP/VOBOSEM

A MIS PADRES

SABIENDO QUE JAMAS EXISTIRA UNA FORMA DE AGRADECER UNA VIDA DE LUCHA, SACRIFICIO Y ESFUERZO CONSTANTE, SOLO DESEO QUE ENTIENDAN QUE LOS LOGROS CONSEGUIDOS A LO LARGO DE MI VIDA SE HAN INSPIRADO EN SUS IDEALES.

A MIS HERMANOS

POR SU PROFUNDA CONFIANZA Y APOYO QUE SIEMPRE DEPOSITARON EN MI Y PORQUE LAS PERSONAS VITALES CRREEN EN EL CAMBIO, LO INTENTAN, LO PROCURAN Y LO CONSIGUEN.

A MI MADRE YOLANDA

POR SU INBORRABLE RECUERDO Y POR HABERME DADO JUNTO CON DIOS, LA OPORTUNIDAD DE LLEGAR A ESTE MOMENTO CULMINANTE EN MI VIDA.

A MI NOVIA

POR BRINDARME SIEMPRE EN TODO MOMENTO SU AMOR, COMPRESION Y TIEMPO, Y POR QUIEN DESEO CADA DIA SER MEJOR COMO PERSONA, PROFESIONISTA Y COMPAÑERO EN LA BUSQUEDA DE LA FELICIDAD.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

PORQUE DE UNA MANERA DESINTERESADA ME BRINDARON SU CARIÑO, AFECTO Y SU AMISTAD; Y QUE CONTRIBUYERON A MI FORMACION ACADEMICA Y PROFESIONAL.

A MIS PROFESORES

POR LA OPORTUNIDAD QUE TUVE DE CONVIVIR CON USTEDES EN ARAS DE FORJARME A LA MISTICA QUE RIGE NUESTRA INSTITUCION DE PREPARAR UNA JUVENTUD QUE SERA EL SIMIENTO DE UN MEXICO MEJOR.

A MI ASESOR

GRACIAS POR LA AYUDA PRESTADA EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS . CRITERIOS PARA LA ELECTRIFICACION DE FRACCIONAMIENTOS RESIDENCIALES POR RED AEREA SEGUN LUZ Y FUERZA .

OBJETIVO.

NORMALIZAR LOS CRITERIOS TECNICOS QUE SE DEBEN SEGUIR PARA LA ELABORACION DE PROYECTOS REALIZADOS POR TERCEROS, PARA UN FRACCIONAMIENTO RESIDENCIAL DENTRO DE LA ZONA QUE SUMINISTRA LUZ Y FUERZA.

COMPRENDE BASICAMENTE EL CRITERIO DE DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION (M.T.) BAJA TENSION (B.T.) Y APLICACION DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA RED AEREA.

CONTENIDO.

1.- INTRODUCCION.

1.1 GENERALIDADES.	1
1.2 CARACTERISTICAS DE SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.	2
1.3 ALIMENTADORES PRIMARIOS DE DISTRIBUCION.	4

2.- ESTUDIO DE FALLAS Y SUS CAUSAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREA 23 KV.

2.1 ESTUDIO DE FALLAS.	10
2.2 ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO Y METODO DE CALCULO..	12

3.- ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED DE MEDIA Y BAJA TENSION PARA FRACCIONAMIENTOS RESIDENCIALES.

3.1 GENERALIDADES. . . . .	.21
3.2 CARACTERISTICAS DE LAS CARGAS. . . . .	.22
3.3 TIPOS DE CARGAS. . . . .	.24
3.4 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED DE MEDIA TENSION. . . . .	.29
3.5 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED DE BAJA TENSION. . . . .	.52
3.6 ACOMETIDAS Y MEDIDORES. . . . .	.53
3.7 SISTEMAS DE TIERRAS. . . . .	.58
3.8 PROCESO NORMATIVO PARA LA ELECTRIFICACION DE FRACCIONAMIENTOS CONSTRUIDOS POR TERCEROS.	.59

4.- APLICACION A UN FRACCIONAMIENTO RESIDENCIAL TIPO.

4.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO. . . . .	.64
4.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO. . . . .	.66
4.3 EVALUACION DE LA CARGA DEL FRACCIONAMIENTO. . . . .	.70
4.4 DETERMINACION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE SUBESTACIONES. . . . .	.72
4.5 DETERMINACION DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE MEDIA TENSION. . . . .	.77
4.6 DETERMINACION DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE BAJA TENSION. . . . .	.78
4.7 CALCULO DE CORTO CIRCUITO. . . . .	.97

5.- CONCLUSIONES.103
------------------------------------	------

BIBLIOGRAFIA105
-------------------------------	------

APENDICE

CAPITULO 1
INTRODUCCION

1.1 Generalidades.

Durante los últimos años, México se ha desarrollado en una forma espectacular dando a la provincia el impulso de la descentralización y siendo la Industria Eléctrica uno de los fundamentos principales de este desarrollo, debe de ir siempre a la vanguardia pues la industrialización en el país ponen al sector eléctrico el deber de incrementar su capacidad para hacer frente a las demandas crecientes de energía, ya que las actividades que se desempeñan en la vida diaria, van acompañadas, la mayoría de las veces por el uso de la energía eléctrica, siendo en esta época un elemento de consumo inevitable y de primera necesidad.

Las características del fluido eléctrico en su condición de energético fácilmente transportable, capaz de convertirse limpia y eficazmente en energía mecánica para toda clase de usos industriales, comerciales, domésticos y de transporte; su uso conocido como fuente de iluminación, su eficaz utilización para alimentar los dispositivos de la comunicación y la computación, hace prever para los próximos años un gran crecimiento en su demanda, los incrementos de consumidores de energía son proporcionales al aumento exponencial de la población, esto origina el crecimiento en generación, transmisión, distribución, igualando siempre la producción al consumo de energía.

Esta situación ha traído como consecuencia que la compañía de Luz y Fuerza, se extienda día a día, teniendo la obligación de suministrar el servicio eléctrico satisfaciendo las condiciones inherentes de cantidad, calidad y continuidad.

Conforme la tecnología se ha ido desarrollando, los equipos y sistemas industriales van siendo más sofisticados y requieren cierta estabilidad en la energía eléctrica para su óptima operación, por lo que una interrupción en el fluido eléctrico, por pequeña que esta sea, ocasiona grandes pérdidas en la producción industrial, causando además innumerables trastornos a los hospitales, sistemas de comunicación, sistemas viales, bombeo de agua potable, etc., todo esto sin contar las pérdidas por diferentes conceptos de la propia compañía suministradora, por lo tanto continuamente se busca la forma de disminuir el tiempo total anual de interrupciones, incrementando el mantenimiento, instalando nuevas protecciones, haciendo arreglos que garanticen mayor continuidad, etc. Es difícil eliminar completamente las interrupciones pero si podemos aminorarlos, buscando la manera de que estas afecten a un mínimo de consumidores.

1.2 Características de servicio de los sistemas de distribución.

Los sistemas de energía eléctrica, están formados de una gran diversidad de cargas eléctricas en una región, en plantas generadoras que producen la energía eléctrica consumida por las cargas, red de transmisión y red de distribución para transportar la energía de las plantas generadoras a los puntos de consumo y todo el equipo adicional indispensable para que el suministro de energía se realice con las características de regulación de tensión, continuidad en el servicio, control de frecuencia y costos.

A) Regulación de tensión.

Los aparatos que funcionan con energía eléctrica son diseñados para trabajar a una tensión determinada y su funcionamiento será óptimo siempre y cuando la tensión no varíe más allá de los límites determinados, ya que la vida del equipo se reduce cuando estos límites son rebasados, por lo que una variación de 5% se considera satisfactoria y una variación de 10% es aún tolerable.

B) Continuidad en el servicio.

La continuidad en el servicio se puede asegurar mediante las siguientes disposiciones:

- Sistema de protección adecuada.
- Restablecimiento rápido.
- Sistema de alimentación de emergencia.
- Sistema de alimentación alternativo.

C) Control de frecuencia.

En México los sistemas eléctricos funcionan a una frecuencia de 60 Hz. Las variaciones de frecuencia tienen un rango tolerable que depende de las características de control de la frecuencia en su pureza o sea un porcentaje de armónicas despreciable, ya que la presencia de estas ocasiona pérdidas adicionales y puede llegar a afectar el buen funcionamiento de ciertos aparatos.

1.3 Alimentadores primarios de distribución.

Los alimentadores primarios son los elementos encargados de distribuir la energía eléctrica de la subestación de potencia a la carga, generalmente adoptan configuraciones que permiten hacer movimientos de carga con relativa facilidad, llevar a cabo ampliaciones en la red con un mínimo de modificaciones, asegurar el manejo de continuidad y operar de la manera más eficiente posible.

Las tensiones de operación de los alimentadores primarios son función de : el valor de la potencia a alimentar, las pérdidas, el costo de instalación, el costo de mantenimiento y las restricciones de espacio de la vía pública que presenten los reglamentos en vigor.

Los arreglos son los siguientes :

- *Sistema Radial.*
- *Sistema en Anillo.*
- *Sistema Primario Selectivo.*

Sistema radial.

Los alimentadores por sus características constitutivas y de operación son de tipo radial porque la corriente solo tiene una trayectoria entre la fuente de alimentación y la carga. Esta es la configuración fundamental de los alimentadores y la forma más general que presenta es la que se ilustra en la figura 1.1. en la que se observa la línea principal denominada troncal y las derivaciones denominadas ramales, así como las cuchillas seccionadoras, seccionadores que se emplean como elementos de seccionalización y se operan en forma manual y automática respectivamente.

Cada subestación alimenta en forma independiente y de acuerdo a su capacidad a un cierto número de alimentadores y a su vez cada alimentador a una cierta zona en forma independiente; cada alimentador posee un nombre o número para tratarlo y distinguirlo de los demás. Este nombre se le asigna generalmente tomándolo de la colonia que abastece o bien de la calle por donde desarrolla su línea troncal.

La alimentación de tipo radial consiste generalmente en lo siguiente:

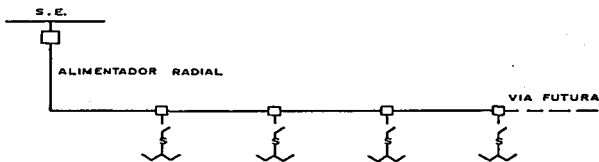
Sale de la subestación, se desplaza a la carga de las calles que forman el conjunto urbano, comercial ó industrial que se electrifica y alimenta los transformadores de distribución directamente o bien por medio de pequeños ramales. En el alimentador radial la mayor densidad de corriente se presenta en el tramo comprendido entre la subestación y la primera carga. Por consiguiente la corriente va disminuyendo a medida que la troncal se aleja de la subestación por lo que se podría pensar en la posibilidad de disminuir el calibre de la troncal. Sin embargo en la práctica, la reducción del calibre pocas veces se realiza debido a la interconexión con otros alimentadores; la prevención de cambios futuros y la regulación de voltaje no lo permiten. Ver figura 1.1.

En caso de falla en cables o equipo el tiempo de interrupción generalmente de acuerdo a datos estadísticos es de 10 a 12 horas considerando que se cuenta con los equipos adecuados y de personal calificado que opere el sistema.

Sistema en Anillo.

Este sistema esta constituido cuando la alimentación a la carga se hace a través de una o más fuentes de alimentación formando un "Anillo", el anillo deberá operar en un punto abierto, generalmente en el punto medio. (fig.1.2)

RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION

FIGURA
1.1

SISTEMA DE OPERACION RADIAL

Al ocurrir la falla en el sistema, una vez localizado el punto de falla, para restablecer el servicio se deberá seccionar el tramo dañado. Este sistema debe contemplar en su diseño la capacidad y regulación adecuadas para alimentar de emergencia toda la carga con una sola fuente.

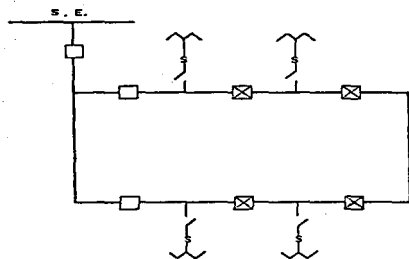
La duración de interrupciones debidas a fallas en los cables primarios es entre 3 y 4 horas que es el tiempo necesario para localizar el tramo dañado y efectuar las maniobras de seccionamiento. Este sistema es recomendable en áreas plenamente planificadas tales como : fraccionamientos residenciales, conjuntos habitacionales y centros comerciales.

Sistema Primario Selectivo.

Este sistema emplea alimentadores que parten de la misma o de diferentes fuentes (subestación), cada uno de ellos se alimenta de porciones iguales de carga en una zona y al salir de operación alguno de ellos, los demás, tienen la capacidad para alimentar toda la carga. Ver figura 1.3.

En cada subestación se tiene la posibilidad de seleccionar la alimentación por medio de un seccionador de operación manual o automática. La falla de cualquiera de los alimentadores provocará una interrupción que durará el tiempo necesario para transferir la carga y éste tiempo será mayor o menor si el equipo de transferencia es manual o automático, en éste último caso la interrupción no es mayor a 2 ó 3 segundos, ya que no es necesario localizar el punto de falla para hacer la transferencia.

Este arreglo se recomienda en la alimentación de servicios importantes en zonas turísticas y comerciales así como en hospitales y centros médicos donde se requiere una elevada continuidad.



SISTEMA EN ANILLO

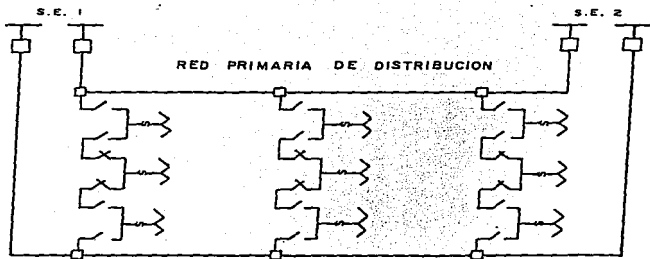


FIGURA
1.3

SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO

CAPITULO 2

**ESTUDIO DE FALLAS Y SUS CAUSAS EN EL
SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREA 23 KV**

2.1 Estudio de fallas.

El camino que recorre la energía eléctrica desde el lugar donde se produce hasta el sitio donde se va a utilizar, para su aprovechamiento y consumo, está constituido de un conjunto de aisladores, conductores, equipos accesorios, etc.

Este conjunto de elementos se encuentran expuestos a diversas alteraciones en su constitución física, ya sea por los regímenes de trabajo interno; sobrecargas, operación de los elementos de desconexión, o por las condiciones extensas de trabajo; como la temperatura, humedad, presión del viento, vibraciones, golpes por diversos motivos y los elementos que constituyen el medio circundante como son los árboles, barrancas, tejabanos, contaminación, etc.

Estas alteraciones propician que el sistema eléctrico interrumpa su operación normal de suministro de energía; dependiendo del lugar donde se presente la falla, será la extensión de la interrupción. Existen diferentes formas de clasificar las fallas, para efectos de protección, de la siguiente forma :

- Por su persistencia.
- Por su intensidad.
- Por su ubicación.

Por su persistencia se dividen en fallas transitorias y permanentes.

En el sistema aéreo, las *fallas transitorias* (consideradas menores a cinco minutos), se presentan en un rango de 75% a 95% y están relacionadas de algún modo con las condiciones climatológicas, pudiendo ser en algunos casos autoeliminadas o ser eliminadas mediante dispositivos de interrupción instantánea generalmente en 1, 2 ó 3 intentos en el tiempo menor a 45 segundos, siendo las causas más comunes las siguientes:

- Contactos instantáneos entre conductores desnudos, debido generalmente a las acciones del viento.
- Contacto de objetos extraños al sistema (ramas de árboles, objetos colgantes, aves que disminuyan la distancia de aislamiento, etc.).
- Flameó de aisladores.
- Falsos contactos.
- Arqueos por contaminación ambiental.
- Sobrecorrientes instantáneas.

Se ha demostrado de acuerdo a estadísticas, que en el primer recierre se eliminan hasta el 88% de las fallas, en el segundo hasta un 5% y en el último un 2% adicional. A su vez las *fallas permanentes* se presentan en un 5% y son aquellas que persisten sin importar con qué rapidez se abra el circuito, siendo las más comunes las siguientes:

- Contacto sólido entre conductores o de conductor (es) a tierra (corto circuito 3 fases, 2 fases, 1 fase).
- Vandalismo (daño al equipo).
- Sobrecargas permanentes.
- Degradación de aislamiento.
- Falla de equipo.
- Fraude.
- Conexiones erróneas.
- Mano de obra deficiente.

Por su intensidad se reconocen tres grupos a saber, las sobrecorrientes severas que se manifiestan por un corto circuito en algún punto cercano a la salida del alimentador; las sobrecorrientes que se presentan durante la energización de equipos conectados a la línea, trátase de carga fría y/o efectos de magnetización; y finalmente, las corrientes pequeñas debidas a fallas de alta impedancia.

Por su ubicación estas se clasifican conforme a la unidad relevadora que actúe, pueden ser de dos tipos. El primero comprende aquellos casos en los que la falla se detecta mediante la unidad de tiempo, y se identifican como de baja densidad; o bien se consideran que ocurren a través de una impedancia de valor moderada o bien que han ocurrido lejos de la subestación.

En caso en que actúa la unidad instantánea, se considera que la falla es muy severa y se ubica próxima a la subestación.

2.2 Estudio de corto circuito.

Un sistema de distribución debe estar diseñado para entregar energía a los puntos en que se va a utilizar, sin interrupciones ni restricciones y a un costo razonable. Para lograrlo, no se deben de perder de vista las necesidades operacionales normales y además se debe tomar una cantidad razonable de previsiones para proteger al sistema. Un detalle aparentemente pequeño pero de gran importancia es el hecho de que la amenaza más grande al suministro de energía la constituye la falla de corto circuito, pues su incidencia implica un cambio violento en la operación del sistema debido a que la energía que previamente se estuviese entregando a la carga, se ira ahora hacia la falla.

Esta liberación incontrolada de energía puede ser destructiva, causando fuego y daños estructurales no solo en el lugar original de la falla, sino también en otros puntos del sistema por los que circula la energía hacia la falla. Sin embargo, el aislamiento de la falla por los equipos desconectores más cercanos a ella, limitará el daño en el punto de falla e impedirá que la misma y sus efectos se propaguen al resto del sistema.

Las clases de falla que pueden presentarse son :
fallas de fase a tierra, fase a fase, doble fase a tierra y fallas trifásicas.

La magnitud de la corriente de corto circuito trifásica es función de :

- La potencia de corto circuito de la fuente.
- La impedancia de los transformadores.
- La impedancia de la línea de media tensión.
- La impedancia de la falla.
- La conexión a tierra del neutro del transformador.

Utilidad del cálculo de corrientes de falla :

a) Calcular la corriente de corto circuito que deben ser capaces de abrir los fusibles, restauradores ,etc.

b) Calcular las corrientes de falla, las cuales son comparadas con los valores que pueden resistir los conductores desnudos, cables aislados, transformadores.

c) Selección, ajuste y coordinación de dispositivos de protección de corto circuito, tales como relevadores, fusibles.

Los valores de corto circuito en un sistema eléctrico varían con el tiempo, dependiendo de los cambios en la estructura del mismo y del incremento de unidades generadoras e interconexiones con otros sistemas. El valor de la potencia de corto circuito en las barras de 23 Kv de las subestaciones de potencia es proporcionada por la Gerencia de Planeación* de la Compañía de Luz y Fuerza.

A continuación se determinarán algunas fórmulas para obtener la potencia de corto circuito trifásico y de fase a tierra en las barras de 23 KV de la subestación .

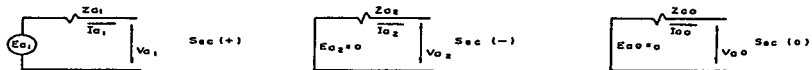
Falla trifásica : En condiciones trifásicas balanceadas, sólo existe secuencia positiva (fig. 2.1), por lo tanto :

$$I_{..} = I_{..} = E_{..} / Z_{..}$$

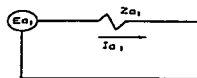
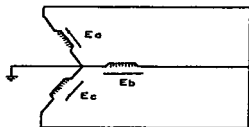
Falla de fase a tierra : En condiciones de falla de fase a tierra existen las tres componentes de secuencia positiva, negativa y cero y éstas son iguales (fig. 2.1), por lo tanto :

$$I_{..} = 3I_{..} = 3E_{..} / (2Z_{..} + Z_{..})$$

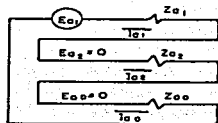
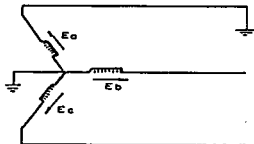
Como sabemos desde la fuente al punto de falla, el sistema genera, transmite y distribuye a diferentes rangos de voltaje, lo que dificulta el manejo de las redes de secuencia para determinar valores de impedancia y corriente. Se hace necesario utilizar un sistema de unidades que homogenice las variables utilizadas. Podemos fijar un valor conocido y expresar cualquier otro en por unidad, ya que el producto o el cociente de las cantidades en p.u., proporciona otra cantidad en p.u. Las ecuaciones que relacionan estas cantidades son las siguientes :



FALLA TRIFASICA



FALLA DE FASE A TIERRA


 FIGURA
 2.1

$$I_{B_{3\phi}} = (KVA_{B_{3\phi}}) / (\sqrt{3} \times KV_{B_{3\phi}}) \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_{B_{3\phi}} = (KVA_{B_{3\phi}}) / \sqrt{3} \times KV_{B_{3\phi}} = (KV_{B_{3\phi}})^2 / MVA_{B_{3\phi}} \dots\dots(2)$$

Sistema Por Unidad

$$I_{cc} (p.u.) = I_{cc} (amp.) / I_{B_{3\phi}} \dots\dots\dots(3)$$

Igualando $I_{B_{3\phi}}$ de las ecc. 1 y 3 obtenemos $I_{cc} (p.u.)$

$$I_{cc} (p.u.) = (\sqrt{3} \times KV_{B_{3\phi}}) I_{cc} / (KVA_{B_{3\phi}})$$

$$\text{Pero } kVA_{cc} = \sqrt{3} \times KV_{B_{3\phi}} \times I_{cc}$$

$$I_{cc} (p.u.) = KVA_{cc} / KVA_{B_{3\phi}}$$

Los valores en por unidad de impedancias de secuencia positiva y cero de la fuente (anexo 1) están referidos a una potencia base de 100 000 KVA.

En un transformador la impedancia de secuencia positiva es igual a la impedancia de secuencia negativa. La impedancia de secuencia cero depende de la conexión de sus devanados. La figura 2.2 muestra los circuitos equivalentes para algunas de las conexiones más comunes. De las conexiones ilustradas, únicamente existe una trayectoria de las corrientes de secuencia cero para la No. 3 y la No. 5 ,si Z_n es cero, la impedancia de secuencia cero es igual a la impedancia de secuencia positiva.

DIAGRAMA DE CONEXIONES FUENTE CARGA	CIRCUITO EQUIVALENTE DE SECUENCIA CERO	Z VISTA DESDE EL LADO CARGA
	REFERENCIA DE SECUENCIA CERO FUENTE Z_0 CARGA O	$Z_{0c} = \infty$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = \infty$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = Z_1$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = \infty$
	F O $3Z_n$ Z_0 C O	$Z_{0c} = Z_1 + 3Z_n$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = \infty$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = \infty$
	F O Z_0 C O	$Z_{0c} = \infty$

Z_0 = IMPEDANCIA DE SECUENCIA DEL TRANSFORMADOR
 Z_1 = IMPEDANCIA DE SECUENCIA POSITIVA DEL TRANSFORMADOR
 Z_n = IMPEDANCIA DEL NEUTRO
 Z_{0c} = IMPEDANCIA EQUIVALENTE DE SECUENCIA DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO VISTA DESDE EL LADO CARGA

 FIGURA
 2.2

Los datos suministrados por el fabricante son en % y sabemos $Z\% = 100 (Z_{p.u.})$ de donde nuestra fórmula para transformadores se reducirá como sigue :

$$Z_T (p.u.) = \% Z_T / MVA_{nom.T}$$

La impedancia de una línea depende además de las características físicas del conductor, de la disposición con respecto a los otros conductores del sistema trifásico para la secuencia positiva y negativa (que tienen el mismo valor) y de las propiedades del terreno, el número de hilos de guarda, características físicas de los mismos y su disposición respecto a los conductores del sistema trifásico para la secuencia cero.

En la tabla No. 1 se muestran los valores de impedancia de secuencia positiva y cero, de arreglos de las líneas aéreas de 6 y 23 KV, empleados en Luz y Fuerza.

Mediante la contribución de las corrientes de corto circuito se puede determinar lo que se requiere hacer en diagramas de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero respectivamente, a partir de éstas se pueden obtener las impedancias equivalentes vistas desde el punto de falla hacia la fuente de alimentación del corto circuito. Por lo que se inicia con un diagrama unifilar del sistema, representando los elementos pasivos que son las impedancias tanto de las máquinas rotatorias como las impedancias de las líneas de transmisión, de las redes de distribución, transformadores, todo tipo de reactores y resistencias limitadoras indicando los datos principales de cada elemento a una potencia base seleccionada junto con las tensiones bases convenientes para dar referencia a todas las impedancias a un valor común de potencia y a las tensiones adecuadas.

IMPEDANCIA DE LINEAS AEREAS

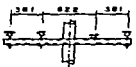


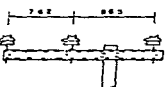
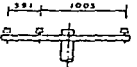
TEN- SION NOMI- NAL	MONTAJE	CONDUCTOR	CORRIENTE NORMAL DE TRABAJO	IMPEDANCIA Z ₀ OHM/KM	IMPEDANCIA Z ₁ OHM/KM	CAIDA POR FASE VOLTS A 1 KM	
BT		ALAMBRE CUD 6 ALAMBRE CUD 4 ALAMBRE CUD 2 CABLE CUD 1/0	100 135 180 310	2.78 <u>153.89*</u> 2.51 <u>158.12*</u> 2.38 <u>178.37*</u> 2.27 <u>179.50*</u>	1.55 <u>16.8*</u> 1.03 <u>23.1*</u> 0.72 <u>33.5*</u> 0.55 <u>46.4*</u>	1.55 1.03 0.72 0.55	
		ALAMBRE CUD 6 ALAMBRE CUD 4 ALAMBRE CUD 2 CABLE CUD 1/0	100 135 180 310	2.775 <u>153.07*</u> 2.468 <u>163.09*</u> 2.315 <u>170.81*</u> 2.234 <u>173.37*</u>	1.54 <u>11.5*</u> 1.00 <u>22.2*</u> 0.69 <u>31.4*</u> 0.51 <u>44.6*</u>	1.54 1.00 0.69 0.51	
		CABLE BM Cu 3 x 4 CABLE BM Cu 3 x 1/0 CABLE BM Al 3 x 2 CABLE BM Al 3 x 1/0	103 195 103 195	2.936 <u>167.64*</u> 2.655 <u>177.79*</u> 2.838 <u>166.32*</u> 2.693 <u>173.12*</u>	0.98 <u>17*</u> 0.40 <u>114.4*</u> 1.01 <u>110.1*</u> 0.61 <u>118.28*</u>	0.98 0.40 1.01 0.61	
	23KV		CABLE Al ₃ 336	470	1.929 <u>179.04*</u>	0.43 <u>163.8*</u>	0.43
			CABLE Al ₃ 356	580	1.897 <u>181.38*</u>	0.38 <u>173.3*</u>	0.38
			CABLE ACSR 2 (6/11)	160	2.318 <u>137.46*</u>	1.16 <u>23.6*</u>	1.16
CABLE ACSR 1/0 (6/11)			220	2.120 <u>163.66*</u>	0.86 <u>33.7*</u>	0.86	
CABLE ACSR 4/0 (6/11)			330	1.983 <u>174.18*</u>	0.38 <u>121.0*</u>	0.38	
CABLE ACSR 336 (26/7)	470	1.928 <u>178.76*</u>	0.42 <u>163.2*</u>	0.42			
8KV		CABLE Al ₃ 336	470	1.973 <u>179.29*</u>	0.40 <u>162.1*</u>	0.40	
		CABLE ACSR 2 (6/11)	160	2.25 <u>160.28*</u>	1.13 <u>23.0*</u>	1.13	
		CABLE ACSR 1/0 (6/11)	220	2.165 <u>165.30*</u>	0.84 <u>34.4*</u>	0.84	
		CABLE ACSR 4/0 (6/11)	330	2.027 <u>173.30*</u>	0.56 <u>49.3*</u>	0.56	
		CABLE ACSR 336 (16/11)	470	1.964 <u>178.97*</u>	0.40 <u>161.3*</u>	0.40	

TABLA 1

En la figura 2.3 se muestra un diagrama unifilar así como los diferentes diagramas de secuencias positiva, negativa y cero respectivamente.

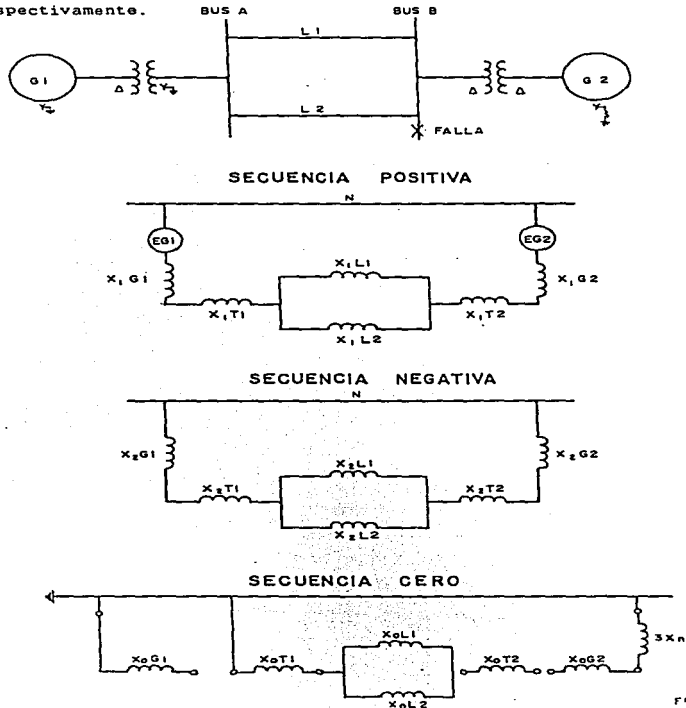


FIGURA 2.3

CAPITULO 3

**ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED DE
MEDIA Y BAJA TENSION PARA FRACCIONAMIENTOS
RESIDENCIALES**

3.1 Generalidades.

Dado que la Ley y Reglamento de Servicios Públicos de Energía Eléctrica actuales, contemplan la posibilidad de realización de proyectos y obras de fraccionamientos realizados por terceros, este capítulo pretende resumir las características mínimas que deben considerar los solicitantes en sus proyectos de electrificación.

Los fraccionamientos, son en cierto modo un conjunto de casas individuales agrupadas conforme a un plan de lotificación, que sigue un principio de urbanización distinto del que se tiene en el urbanismo tradicional.

De acuerdo a la Ley de Desarrollo Urbano del D.F., en su artículo 61, se entiende por :

"Fraccionamiento, es la división de un terreno en lotes, requiriendo el trazo de una o más vías públicas".

El Reglamento de Fraccionamiento, establece en su artículo 18, que : "El fraccionador hará por su cuenta el trazo en los ejes de las vías públicas comprendidas dentro del fraccionamiento, así como el amojonamiento y lotificación de las manzanas, debiendo cuidar de la conservación de todas las mojoneras, incluyendo las del deslinde del terreno".

Un fraccionamiento residencial, es una urbanización con desarrollo horizontal principalmente. En estos desarrollos , la mayor parte de las construcciones, se dan para casas habitación y una pequeña parte a obras de servicio colectivo, como son los centros comerciales, escuelas, instalaciones de fuerza y alumbrado. La densidad de carga es del orden de 0.5 a 10 MVA por kilómetro cuadrado y una carga instalada por lote, de 1 a 10 KW aproximadamente.

Existen dos formas de fraccionamiento, que presentan aspectos diferentes en cuanto a la red eléctrica que los alimenta. Los que construyen en forma inmediata las casas habitación y los que venden solamente los lotes y las casas se construyen posteriormente, de una manera dispersa y sin obedecer a un plan general.

Las formas y dimensiones de los lotes que presentan los fraccionamiento, son reguladas por las dependencias oficiales apeandose a las reglamentaciones existentes. De una manera general y para fines de diseño de la red eléctrica, se considera que los frentes de los lotes van de los 8.00 m. a los 25m., con superficies que van desde 200 hasta 1000 m² con una densidad promedio de 30 lotes por manzana.

Una característica particular de los servicios representados por los fraccionamientos, es que no puede existir un desarrollo posterior de la carga en superficie y únicamente se debe tomar en cuenta la evolución de los servicios existentes. Es por lo tanto, posible determinar la magnitud de la demanda total y diseñar y construir redes adecuadas y capaces de absorber el crecimiento.

Por lo que al costo del servicio se refiere, los fraccionamientos son un ejemplo típico de las imposiciones y restricciones de tipo estético y puede ser objeto de estudios más complicados el determinar el grado de economía que se logra con los tipos de redes eléctricas adoptadas para su alimentación.

3.2 Características eléctricas de las cargas.

Parámetro elemental en el diseño de una red de distribución eléctrica es el conocimiento de la carga eléctrica a servir, motivo por el cual la definición o determinación de la misma se deberá hacer lo mas preciso posible.

Carga instalada.- Es la suma de las potencias nominales de los aparatos o equipos existentes y conectados en un área determinada; se expresa en Kw ó KVA.

Demanda.- Es la potencia consumida por la carga y se expresa en watts, voltamperes, a un factor de potencia determinado; generalmente se determina para un intervalo de tiempo específico.

Demanda Máxima.- Es la demanda mayor que se tiene en un intervalo de tiempo definido en un sistema o instalación.

Factor de Demanda.- Es la razón de la demanda máxima de un sistema y la carga instalada o conectada al mismo.

Factor de Diversidad.- Es la razón de la suma de las demandas máximas individuales de las partes de un sistema y la demanda máxima del sistema completo. Es mayor que uno.

Factor de Simultaneidad.- Es el recíproco del factor de diversidad, por lo que su valor es inferior a uno.

Factor de Utilización.- Es la razón de la demanda máxima de un sistema y la capacidad nominal del mismo. Mientras que 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 con respecto a su capacidad nominal.

La consideración de estos factores es de elemental importancia en el desarrollo de un proyecto y su aplicación tendrá el efecto de aproximarnos a valores reales de demanda de la carga, ya considerada como un todo, y junto con la caída de voltaje poder determinar la sección de los conductores y capacidad de los transformadores, etc.

Si el proyecto se basara en valores de demanda únicamente, esto equivaldría a suponer que en un fraccionamiento todos los servicios estuvieran demandando su valor máximo a un mismo tiempo, situación que no es real ya que existe una diversidad en el uso de los aparatos y equipos existentes; esto nos lleva a considerar, además del factor de demanda, el factor de simultaneidad, cuyos valores varían de acuerdo al número de usuarios conectados , ver tabla 1.

3.3 Tipos de cargas.

De casa habitación. - Está compuesta básicamente por unidades de alumbrado incandescente, pequeños motores eléctricos de : licuadoras, refrigeradores, lavadoras, rasuradoras, bombas para agua, ventiladores, etc., aparatos electrónicos como radios, consolas, televisores, hornos de micro-ondas y elementos productores de calor como : parrillas, planchas, calefactores, tostadores, etc.

La suma de las potencias nominales de estos dispositivos o aparatos es la carga instalada, valor que afectado por los factores de demanda y simultaneidad nos da la demanda máxima coincidente por servicio que es el valor base o de arranque en la elaboración de todo proyecto.

Cuando por alguna circunstancia se desconoce el valor de la carga instalada, se puede recurrir a hacer muestreos en casa habitadas de fraccionamientos de niveles económicos similares a aquél por proyectar; el valor así determinado será el de la demanda máxima correspondiente a cada servicio. Cuando el muestreo se realiza a nivel de circuito de baja tensión, a la salida del transformador, la demanda así medida entre el número de servicios conectados o alimentados del mismo, será el valor de demanda máxima coincidente.

Alumbrado Público.— Su función es iluminar en forma suficiente y eficiente: avenidas, calles, pasillos, jardines, etc., para permitir una circulación segura de vehículos y personas por la noche.

RELACION DE FACTORES DE DEMANDA

TIPO DE SERVICIO	F. D.
Casa habitación y condominios	0.4 - 0.7
Alumbrado público	1.0
Sistema de bombeo	0.7 - 0.8
Iglesias	0.3 - 0.4
Escuelas	0.4 - 0.5
Servicios propios de edificio	0.4 - 0.5
Tiendas de autoservicio	0.4 - 0.5
Restaurantes	0.5 - 0.6
Bancos	0.4 - 0.5
Cines	0.4 - 0.5
Centros sociales y deportivos	0.38- 0.48
Talleres pequeños (molinos, herrerías, etc.)	0.42- 0.52

RELACION DE FACTORES DE COINCIDENCIA

N° DE CONSUMIDORES	F. C.
De 1 a 4	1.0
De 5 a 9	0.78
De 10 a 14	0.63
De 15 a 19	0.53
De 20 a 24	0.49
De 25 a 29	0.46
De 30 a 34	0.44
De 35 a 39	0.42
De 40 a 49	0.41
De 50 en adelante	0.40

TABLA I

El tipo de lámpara empleado por lo general es el mercurial y últimamente la de vapor de sodio a alta presión, con capacidades de 150, 250 y 400 watts. De acuerdo a su magnitud, las lámparas pueden operar a 127 ó 220 volts. Cuando operan a 127 volts, los circuitos suelen consistir de un sólo hilo si se emplea la misma postería de la red de distribución, pues las lámparas se conectan al neutro del sistema de distribución secundaria. Cuando son de 220 volts se instalan dos hilos para cada circuito; que se instalan en un poliducto enterrado a lo largo de las calles y en ductos de asbesto cemento en los cruces de arroyos. Las derivaciones y conexiones de las lámparas, instaladas en postes apropiados, se ejecutan y ubican en registros de aproximadamente 0.60 x 0.60 x 0.60 m.

Instalaciones que la propia compañía realiza en las colonias proletarias, se utilizan los postes de la red de distribución, colocando la ménsula de la lámpara entre las líneas de alta y baja tensión, con lo cual quedan ya obligados tanto la altura de la lámpara con respecto al piso como el espaciamiento entre lámparas. La única variable a calcular es la capacidad de la lámpara, y esta selección debería realizarse de manera que se evitasen manchones de luz en el piso. Sin embargo, dado que estas instalaciones se realizan a un costo mínimo, el alumbrado es más bien de intensidad insuficiente, con lo que el problema de los posibles manchones de luz se desvanece por sí solo.

Los circuitos de alumbrado público no se controlan con medidor. Se calculan a tarifa fija de acuerdo al número de lámparas y a la capacidad de las mismas.

Las unidades de alumbrado público son cargas constantes y no tienen diversidad en su uso, así que sus factores de demanda y diversidad tiene un valor igual a la unidad. El factor de potencia de las mismas varía entre 60 y 90% debido al reactor necesario para su correcto funcionamiento.

Al proyectista de la red de distribución eléctrica de un fraccionamiento solo le interesa conocer de un proyecto de alumbrado público: Las características eléctricas del equipo por instalar, la localización exacta de los puntos de alimentación a los circuitos de alumbrado y el valor que como carga eléctrica representa dicho equipo.

Fuerza o bombeo.— La necesidad que en nuestra vida diaria tenemos del agua y el confort a que en la vida moderna estamos acostumbrados al servirnos de ella, trae aparejada la necesidad del uso de bombas para hacer llegar el líquido a las casas cuando se trata del agua potable o bien para desalojarla cuando se trata de aguas negras.

Acopladas a las bombas y para su funcionamiento, se instalan motores eléctricos del tipo de inducción monofásica o polifásicos alimentados en baja tensión ya sea a 127 o 220 volts; su factor de potencia oscila alrededor de un 85% y su eficiencia de un 90%.

La operación de las bombas siempre será a plena carga, por tanto, su factor de demanda será igual a la unidad así como su factor de simultaneidad cuando se trata de grupos de bombas ya que prestan servicios motivados por la misma causa.

La carga que representan los motores expresada en KVA está dada por la fórmula :

$$\text{KVA} = \text{HP} \times 0.746 \div \text{Eficiencia} \times \text{Factor de potencia}$$

De escuelas.— Las escuelas que son otro tipo de servicio que comúnmente aparecen como cargas eléctricas en los fraccionamientos, se caracterizan por ser una repetición en cuanto al tipo de dispositivos o aparatos eléctricos que se presentan en una casa habitación aunque con diferencia en su forma de uso. Esto es, en una escuela como en una casa el dispositivo eléctrico que predomina es el correspondiente al alumbrado, así como el contacto para la conexión de motores pequeños.

El tipo de alumbrado que en una escuela predomina es a base de lámparas fluorescentes, cuyo factor de potencia está determinado por el reactor que para su funcionamiento se le acople pudiendo ser de un valor que oscile entre 0.7 y 0.85. En una casa habitación se emplea, por lo general unidades incandescentes cuyo factor de potencia es igual a la unidad por ser cargas cien por ciento resistivas.

En una escuela el alumbrado se emplea totalmente, esto es, su coincidencia y por tanto su demanda, como la del alumbrado público, es de cien por ciento, esto no ocurre en una casa habitación ya que todas las lámparas de la misma no se encienden u ocupan al mismo tiempo, por lo que su coincidencia es menor a la unidad.

Por lo que respecta a los pequeños motores de una escuela, que pueden ser para herramientas de talleres o dispositivos de laboratorio, estos se ocupan con una cierta coincidencia en los tiempos dedicados a estas clases y con demandas de cada uno de un cien por ciento. En las escuelas la carga eléctrica por motores es en general mayor que la que en una casa habitación se presenta por el mismo concepto, además de que en dichas escuelas se tienen cargas propias por bombeo de aguas negras o agua potable.

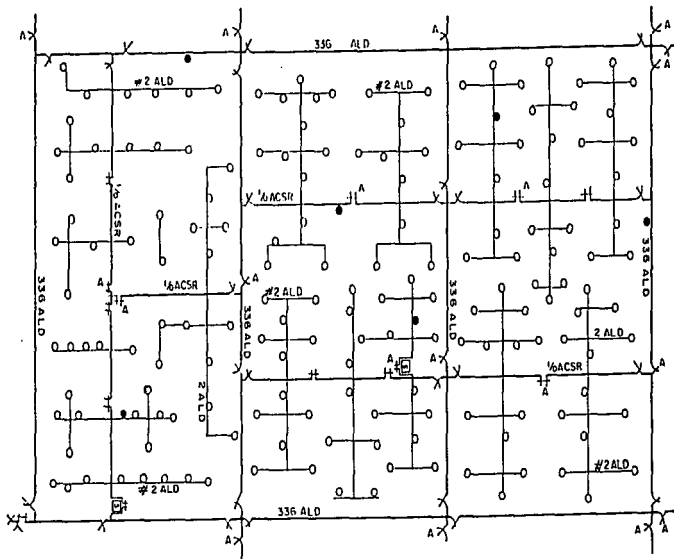
De centros sociales y deportivos.- Son cargas similares a las ya mencionadas en los otros tipos de servicios o cargas, por lo que a dispositivos eléctricos se refiere y, por tanto, a características específicas de cada uno considerados en forma aislada. La diferencia estriba, al igual que en las escuelas, en su forma y tipo de uso ya que por responder a otro tipo de necesidad, recreación de cuerpo y espíritu, sus características como carga global difieren de las de una casa habitación o una escuela. Por ejemplo, la demanda mayor se presenta una o dos veces a la semana, sábado y/o domingo, presentándose en el centro deportivo durante el día y en el centro social durante la noche, por lo que la demanda del conjunto se reduce de valor que si se considerara coincidente, prueba de esto reside en el hecho de que este tipo de carga tiene un valor de factor de demanda que oscila entre 0.38 y 0.48, según la tabla anexa de valores medios de factores de demanda.

La relación de demanda y simultaneidad que se dan a son el resultado de muestreos y por tanto de la experiencia de la Compañía de luz en la atención de este tipo de servicios. Sus valores son los que sirven de guía en el desarrollo de los proyectos.

3.4 Elementos constitutivos de la red de media tensión.

El equipo y materiales con que se constituyen las redes de fraccionamientos, debe ser del tipo y calidad aceptada por las Normas y Especificaciones de la Compañía. En un proyecto particular, la selección de los componentes que formarán la red que se tiene en estudio, deberán ser en cuanto a capacidad, de acuerdo a los valores que arrojen los cálculos y en cuanto a características pegadas estrictamente a lo que fijen las normas así como los instructivos y guías de aplicación establecidas. (Ver figura 3.1).

ESTRUCTURA DE LA RED AEREA DE 23 KV



X INTERRUPTOR EN AIRE, CAPACIDAD NOMINAL 600 AMPERES,
1 CAMARA DE EXTINCION (OPERACION MANUAL)

A CUCHILLAS DE NAVAJA PARA ABRIR SIN CARGA (OPERACION
MANUAL)

X JUEGO DE TERMINALES MONOFASICAS DE 23 KV

Y JUEGO DE PARARRAYS DE 23 KV

O TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

A INTERRUPTORES Y CUCHILLAS
NORMALMENTE ABIERTAS

● ACOMETIDA PARA SERVICIO 23 KV

— ALD 336

— ACSR 1/2

— ACSR No 2

⎓ SECCIONADOR 23KV

Los circuitos primarios poseen principalmente los siguientes elementos :

- a) Conductores.
- b) Postes.
- c) Aisladores y crucetas.
- d) Equipos de seccionamiento y protección.
- e) Transformadores de distribución.

Conductores.- Los conductores más empleados en las redes aéreas son de aluminio; usándose el calibre 336 en las troncales, que soporta una corriente normal de 470 amp. En las líneas de amarre se usa normalmente el cable de aluminio con refuerzo de acero (ACSR) calibre 1/0 que soporta una corriente normal de 220 amp. En los ramales se utiliza preferentemente el ACSR calibre 2 que soporta una corriente de 160 amp.

Se ha dado preferencia al uso de conductores de aluminio, desplazando al cobre en su empleo como conductor, y ello se basa en las siguientes razones :

- Menor peso a igualdad de resistencia eléctrica y longitud.
- Resistencia a la corrosión.
- Economía.
- Facilidad de fabricación.
- Resistencia a la tracción.

De todas ellas la principal es, desde luego la economía, con los precios normales del mercado, el conductor de aluminio con alma de acero, llamado ACSR, es más barato que el equivalente de cobre. Además a igualdad de conductibilidad, el ACSR es un 50% más resistente y un 20% más ligero, con lo que puede trabajarse con flechas menores. En la práctica, esta ventaja se aprovecha para aumentar los claros interpostales, o sea para disminuir el número de postes.

Postes.- Las líneas aéreas de distribución se soportan mediante postes de diversos materiales. Cuando se utilizan además para instalar equipo pesado, como son los transformadores de distribución, o los interruptores en aire, etc., se prefiere usar postes de acero o concreto. Cuando el poste sólo sirve para apoyo de los conductores, puede usarse la madera o el concreto.

Los postes de madera tienen la ventaja de la facilidad del transporte, y que no se deterioran al ser arrastrados en lugares inaccesibles para los vehículos. Pero la madera es muy cara en nuestro país y, además, carecemos de árboles apropiados. Teniendo que importar los postes de madera y tomando en cuenta, que las maderas requieren un tratamiento muy costoso para resistir la intemperie y el envejecimiento, resultan a un precio incoesteable. En la Ciudad de México, existe un decreto prohibiendo su uso en el área urbana a causa de su aspecto antiestético.

No obstante lo elevado del precio, mayor peso, poca resistencia a los impactos, la Compañía ha optado por emplear postes de concreto, ella misma fabrica sus propios postes.

El uso de postes plantea el problema del claro interpostal, este es desde luego un problema económico; lo conveniente sería usar el menor número de postes que se pudiera. La compañía instala los postes entre 40 y 60 m. de claro interpostal, no permitiéndose claros mayores excepto para salvar barrancas y aceptando los claros menores sólo por razones topográficas.

Para estructuras de paso se utilizan los postes CR-12 y para estructuras de subestaciones tipo poste, de remate y de cambio de dirección se emplean los postes CR-12E.

Aisladores y crucetas.- Los aisladores que se emplean en la construcción de líneas aéreas de 23KV deben ser del tipo alfiler A56-2 y A56-3 para zonas de alta contaminación (ambos de porcelana vidriada), en los postes donde la línea sea de paso y en donde se remata la línea serán del tipo de suspensión S52-3.

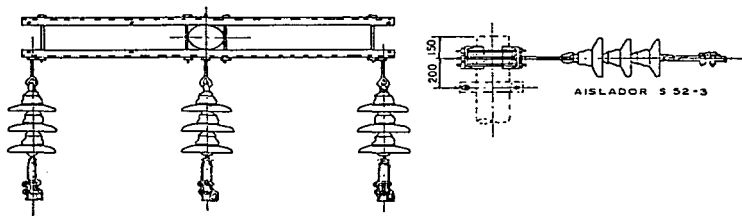
Las crucetas utilizadas son de fierro canal liviano de 150 mm de ancho y de diferentes longitudes según la disposición de los conductores. Ver fig. 3.2.

Equipos de seccionamiento y protección.-

Las fallas que ocurren en un sistema de distribución, si no son rápidamente aisladas, producen grandes daños a los equipos instalados, lo cual significa pérdidas económicas y problemas a los consumidores y a la Compañía; para disminuir al máximo esto, se dispone de sistemas adecuados de protección en todas las instalaciones del sistema.

No obstante que el sistema de distribución de la Compañía, está en constante crecimiento, continuamente se estudia la forma de disminuir el tiempo total anual de interrupciones de los alimentadores primarios, bien sea instalando nuevas protecciones, buscando nuevos arreglos que garanticen mayor continuidad y seguridad, así como ensayando nuevos materiales que soporten condiciones de trabajo más severas. Por lo que es de vital importancia definir con claridad las características con las que todo sistema de protección debe regirse :

- a) *Confiabilidad.*
- b) *Selectividad.*
- c) *Rapidez de operación.*
- d) *Discriminación.*



P A S O 23



FIGURA
3.2

a) *Confiabilidad.*- Requisito cualitativo, pero cuantitativamente podremos decir que es la probabilidad de falla. La cual puede ocurrir por el sistema de protección, o también por el equipo de maniobra; por lo tanto, todos los componentes o circuitos relacionados con la eliminación de falla deben considerarse como fuentes potenciales de falla. Las fallas pueden reducirse a un pequeño riesgo, si se les da un mantenimiento regular y completo. Las causas más frecuentes de falla que intervienen en esta característica es la calidad del personal y esto debido a sus errores.

b) *Selectividad.*- Propiedad que sirve para aislar al elemento del sistema que se encuentra en condición de falla, dejando en su estado inicial a los restantes. La selectividad es absoluta si la protección responde sólo a las fallas que ocurren dentro de su propia zona y relativa si se obtiene mediante la graduación de ajuste de las protecciones en las diferentes zonas que pueden responder a una determinada falla.

c) *Rapidez de operación.*- Los dispositivos de protección son dispositivos de acción rápida por las siguientes razones :

- 1) No debe rebasarse el tiempo crítico de eliminación.
- 2) Los aparatos eléctricos pueden dañarse si se les hace soportar corrientes de falla durante un tiempo prolongado.
- 3) Los dispositivos no deben ser tan rápidos, deben tener un límite de tiempo de operación para no disparar en condiciones de transitorias.

d) *Discriminación.*- La protección debe ser lo bastante sensitiva como para operar confiablemente en condiciones mínimas de falla, si ésta ocurre dentro de su propia zona y debe permanecer estable bajo carga máxima o persistentes condiciones de falla. Es decir, la protección debe tener un diseño y cálculo tal, que sepa distinguir cuando es tiempo de actuar y cuando no.

Los principios anteriores nos llevan a una clasificación de protecciones primarias y de respaldo. La protección primaria protege los componentes principales del sistema desconectando al presentarse un disturbio la menor cantidad posible de elementos, es decir la menor cantidad posible de usuarios.

La protección de respaldo opera cuando la primaria falla y se emplea únicamente contra corto circuito debido a que éste representa el tipo de falla predominante en los sistemas eléctricos .

Equipos de seccionamiento.

a) *Interruptores en aire (23-601)*, de operación manual, en grupo de 600 amp. y una cámara de extinción, para usarse exclusivamente en troncales y líneas de amarre, en los puntos de derivación. Ver fig. 3.3.

b) *Cuchillas de navaja monopolares* para abrir sin carga en los ramales de acuerdo a la densidad y a la estructura del proyecto. Ver fig. 3.4.

La norma de empleo de los elementos de seccionamiento en la red de 23 Kv, como se ilustra en la fig 3.1, es la siguiente:

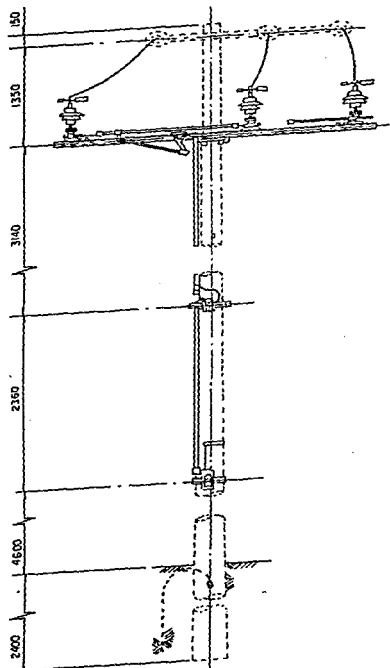
1.- Los tramos de troncal entre dos nodos, que carezca de derivaciones de línea de amarre, llevan un solo juego de interruptores en aire de 600 amp. en cualquiera de sus extremos.

2.- Los tramos de troncal entre dos nodos, que tengan una o varias derivaciones de líneas de amarre llevan dos juegos de interruptores en aire de 600 amp.

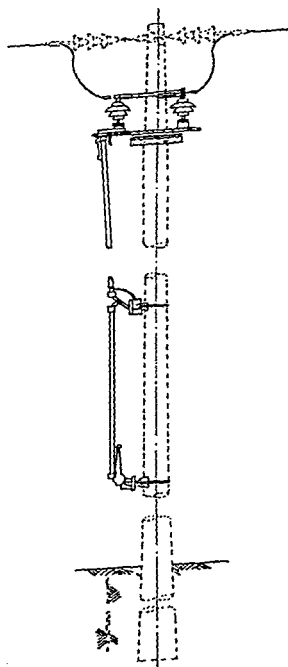
3.- Las líneas de amarre llevan en puntos intermedios juegos de cuchillas de navaja, alimentando grupos de transformadores.

INTERRUPTOR EN AIRE 23 601

37



ELEVACION FRONTAL



ELEVACION LATERAL

FIGURA

33

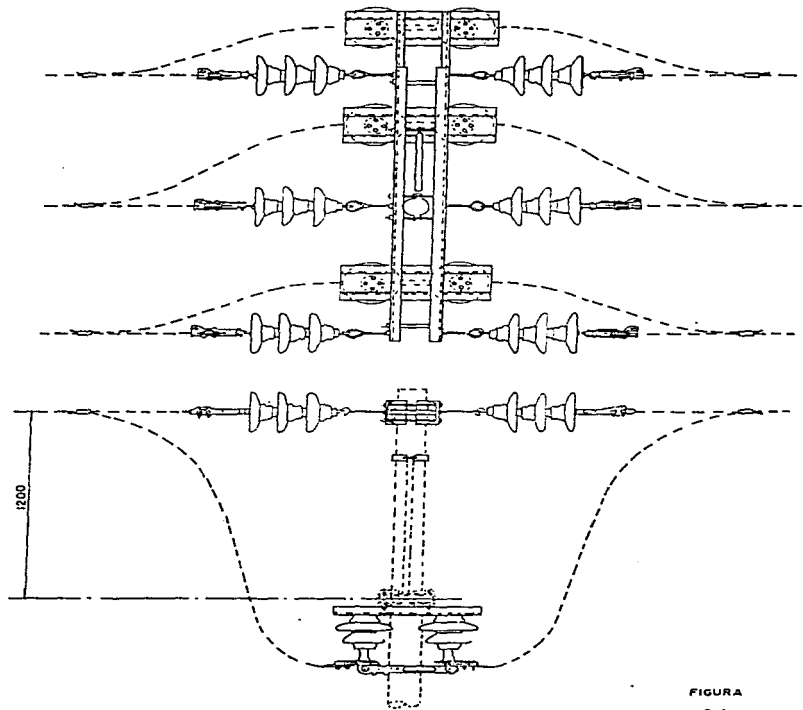


FIGURA
3.4

Equipo de protección.

En las líneas se instalan elementos de protección contra sobrecorrientes y sobretensiones, los primeros son los seccionadores y fusibles, y los segundos los pararrayos.

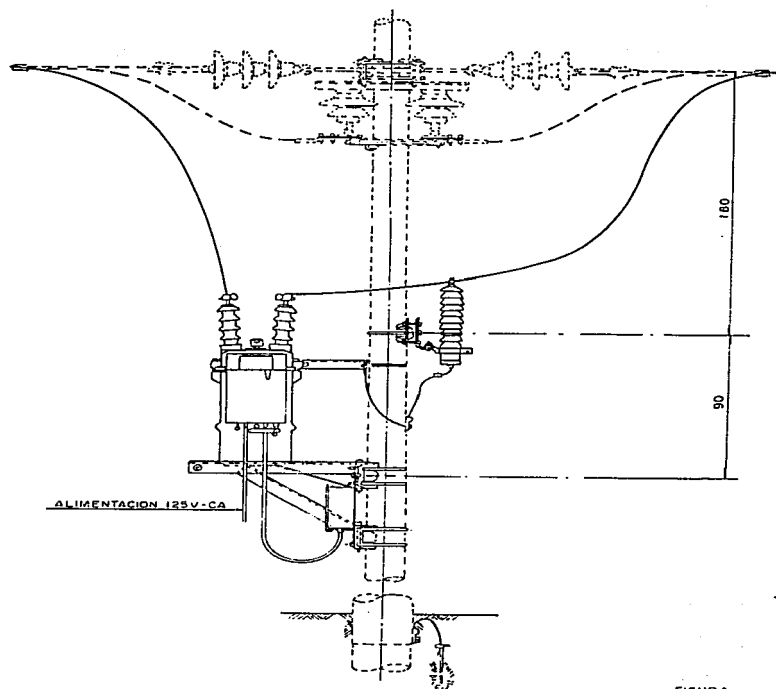
Seccionalizadores.- Es un dispositivo de protección que automáticamente aísla el sector con falla del resto del sistema, este dispositivo sirve para abrir un circuito con carga, pero no bajo condiciones de falla.

El seccionalizador no es un dispositivo de interrupción y por consecuencia no puede usarse solo, es localizado en serie con un restaurador a una determinada distancia y sobre su lado de carga, donde esté último es un dispositivo automático diseñado para interrumpir corrientes de falla, el cual tiene la característica de discriminar las fallas instantáneas de las permanentes a través de aperturas y recierres (normalmente de 3 a 4) quedando la última en estado de apertura definitiva bajo una secuencia predeterminada. Ver fig. 3.5.

Cada vez que el restaurador suspende la corriente de falla, el seccionalizador se encarga de llevar la cuenta de memoria y después del número al que fue ajustado previamente, abre los contactos, siempre en un circuito desenergizado.

No existe conexión mecánica o eléctrica entre el restaurador y el seccionalizador, de ésta forma, una falla permanente en una zona de la línea puede ser aislada, sin ocasionar que el restaurador opere a abierto permanente. El seccionalizador puede suspender corriente a carga normal, por lo tanto, puede ser usado como un interruptor de apertura de carga, debido a su operación manual de apertura y cierre del circuito, lo cual proporciona un medio posible de seccionalizar la línea de carga.

SECCIONADOR AUTOMATICO LA 23400 FT

FIGURA
3.5

Cuando ocurre una falla en el circuito atrás del seccionador, si la magnitud de la corriente de falla que fluye a través de éste, es lo suficiente alta, el seccionador la detecta y esta preparado para contar el número de veces que el restaurador opera. Durante el tiempo que el circuito esté abierto, el contador de operaciones del seccionador se mueve un paso hacia la posición de disparo. Si la falla es eliminada mientras el restaurador está abierto, el contador del seccionador regresara a su posición normal después que se cierre el circuito.

Sin embargo si la falla persiste, cuando el circuito esté nuevamente energizado, el contador de la corriente de falla en el seccionador se preparará para contar nuevamente la apertura del restaurador. Si el restaurador está calibrado para abrir en la N operación de disparo, el seccionador se calibrará para disparar durante el tiempo que el circuito esté abierto después de la N-1 operación de apertura del restaurador.

El seccionador es un dispositivo que es relativamente barato, porque no necesita interrumpir corrientes de falla y consecuentemente no tiene capacidad interruptiva.

Un seccionador tiene funciones y dispositivos que hacen que su uso sea ventajoso tanto para su aplicación así como para su localización, por lo tanto :

a) Los seccionadores deben ser usados en serie con y sobre el lado carga de un restaurador o interruptor de cierre.

b) El restaurador de respaldo debe ser capaz de censar una falla mínima a través de la zona de protección del seccionador.

c) La corriente mínima de falla en la zona de protección debe de exceder la corriente mínima actuante del seccionador.

d) Un seccionalizador puede ser usado para reemplazar a un fusible lateral, donde el incremento de la carga requiere un rendimiento mayor del fusible.

e) Un seccionalizador puede ser usado para dar un nuevo punto de seccionalización adicional sobre un ramal lateral.

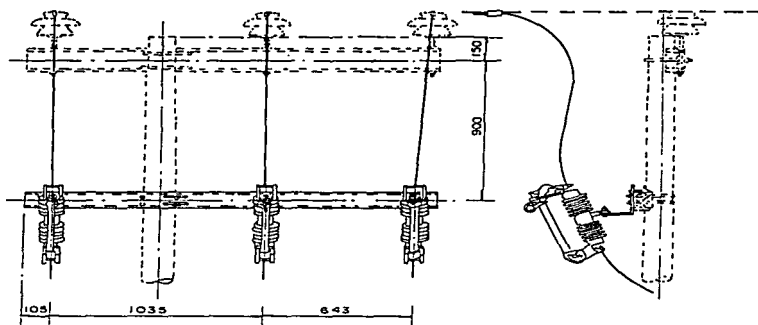
Cortacircuito fusible.- En sistemas de distribución los cortacircuitos fusibles pueden subdividirse en dos grupos básicos: de distribución y de potencia.

Tipo distribución (D-23 112).- La mayoría de los cortacircuitos fusibles opera bajo el principio de expulsión, empleando un tubo de fibra de vidrio cuya pared interna esta cubierta con un barniz especial de-ionizante para confinar el arco y un listón fusible. Al interrumpir la corriente de falla, el tubo de-ionizado se calienta cuando el fusible se funde, emitiendo gases de-ionizantes, los cuales se acumulan dentro del tubo forzando, comprimiendo y enfriando el arco dentro del tubo, de tal manera que los gases son expulsados por los extremos del tubo llevando parte de las partículas ionizadas del arco. Fig.3.6.

El restablecimiento del arco una vez que la corriente de falla ha pasado por el punto cero, es impedido por la presencia de los gases de-ionizantes que por su extrema turbulencia y presión hacen que se incremente la resistencia dieléctrica del aire atrapado dentro del tubo expulsando con alta presión las partículas remanentes ionizadas del arco dentro del tubo.

El fusible es un dispositivo protector contra sobrecorrientes en circuitos y equipo eléctrico. Al presentarse una condición anormal de sobrecorriente en un circuito tal que requiera la apertura del fusible, este último, deberá cumplir dos funciones :

CORTA CIRCUITO FUSIBLES 23-112 Y 23-220

FIGURA
3.6

1.- Aislar la porción del circuito en disturbio, del resto del circuito no fallado.

2.- Responder con prontitud para impedir cualquier daño a los equipos sin falla en el circuito afectado.

La selección adecuada del fusible involucra tres consideraciones:

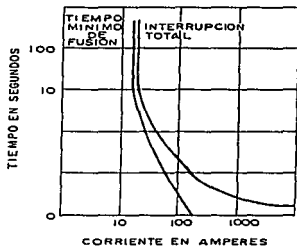
a) Bajo condiciones de operación normal, el fusible no debe interrumpir el circuito.

b) El fusible debe proteger a los componentes del circuito a lo largo de cualquier condición de sobrecorriente es decir, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito.

c) En caso de ocurrir una falla hacia el lado, carga de dos o más fusibles dispuestos en cascada, únicamente debe actuar el que se encuentre más cercano al punto de falla.

El tiempo de fusión de un elemento fusible depende del valor de la corriente y de la sección transversal del mismo. Los fabricantes de fusibles generalmente proporcionan dos juegos de curvas características de tiempo-corriente para fusibles. Unas son las curvas de fusión mínima y las otras las curvas de interrupción total. Ver fig. 3.7.

1.- Característica tiempo-corriente de fusión mínima (MMT) establece dentro de un rango de corriente, los diferentes tiempos que deben transcurrir entre la aparición de la falla y el momento en el que el elemento se funde por calentamiento y se establece el arco eléctrico.



TRANSF. TIPO	KVA's	FUSIBLE
POSTE	45	3
	75	3
	112.5	6
	150	8
	225	10
	300	12

FIG. 3.7

2.- Característica tiempo-corriente de interrupción total (MCT) o tiempo máximo de limpieza es el intervalo de tiempo entre la aparición de la falla y apertura total del elemento fusible; es la suma del tiempo mínimo de fusión y el tiempo de arco.

Por lo que respecta al fusible, es importante reconocer dos aspectos en cuanto al comportamiento eléctrico para su selección. Uno bajo condiciones de circuito normales y otro ante sobrecorriente en el circuito.

En el primer caso, el fusible admite el paso de la corriente normal de carga a través del circuito; de tal manera que deben verificarse la corriente nominal y las características de fusión en la zona de sobrecarga momentánea, para evitar la apertura innecesaria del fusible.

Bajo la segunda condición de comportamiento, el fusible debe ser capaz de interrumpir la sobrecorriente, limitar la energía hacia el punto de falla; así como soportar la tensión entre sus terminales, durante la extinción del arco hasta alcanzar la condición de apertura total.

Conforme a lo anterior, la selección apropiada del fusible destinado a proteger al equipo instalado en un circuito expuesto a falla, debe comprender :

- a).- La característica de fusión (curva tiempo-corriente).
- b).- La capacidad interruptiva.
- c).- La tensión nominal.
- d).- Corriente nominal.
- e).- Frecuencia.

La Compañía de Luz y Fuerza en el sistema de distribución, emplea los fusibles tipo "k" o rápidos, llamados así por tener una velocidad de fusión de 6 a 8.1 segundos, teniendo una capacidad de conducción de corriente nominal que esta comprendida en un rango de 3 a 200 amperes. Ver figura 3.7.

Tipo potencia (D-23 220).- La característica principal del fusible de potencia es su alta capacidad interruptiva a base de una cámara que encierra y obliga la extinción del arco.

Los fusibles de potencia más utilizados por la Compañía es el tipo SMD-20 de la marca S&C, cuyo funcionamiento se describe brevemente : Su elemento fusible se encuentra en el centro de un cilindro hueco acompañado de ácido bórico seco y comprimido. El elemento fusible está sometido a una tensión mecánica ejercida por un resorte antes de su operación, cuando el elemento fusible se funde, el resorte impulsa un extremo de este elemento hacia la cámara de ácido bórico haciendo que el arco se extinga. La intensa temperatura producida por el arco vaporiza y disocia el ácido bórico y da por resultado la formación de vapor de agua y ácido bórico inerte. La interrupción del arco se lleva a cabo mediante la acción deionizante del vapor y la alta turbulencia del ácido bórico, el cual causa un valor de deionización mayor que la ionización producida por el arco. El gas inorgánico expulsado del portafusible tiene una muy alta rigidez dieléctrica y no produce flameo entre partes vivas.

Estos tipos de fusibles son rápidos e interrumpen corrientes de corto circuito en aproximadamente medio ciclo. Los fusibles de potencia más utilizados son los tipo K.

En términos generales, la aplicación del cortacircuito fusible depende de la corriente de carga, tensión del sistema, tipo de sistema y corriente de falla y también factores como su seguridad, economía y localización intervienen en su uso.

Apartarrayos.- Las sobretensiones producidas en una línea por descargas atmosféricas directas o indirectas no pueden prevenirse, pero los daños a transformadores y otros equipos de líneas pueden evitarse por medio de apartarrayos. fig. 3.8.

Los apartarrayos son aparatos de protección que limitan las sobretensiones en el equipo protegido conduciendo la onda de sobretensión a tierra por una trayectoria de baja impedancia.

Para distribución son usados los llamados autovalvulares, que actúan como válvulas de seguridad, derivando a tierra las ondas de sobretensión que pudieran dañar los aislamientos de los equipos. Los apartarrayos deben ser instalados lo más cerca posible de los aparatos que se quieren proteger. Para el caso de los circuitos primarios de distribución la Compañía de Luz y Fuerza emplea los apartarrayos en :

a) .- (Apartarrayos DOM) Los transformadores de distribución instalados en zonas que registran gran cantidad de disturbios atmosféricos, así como el equipo eléctrico instalado en las redes aéreas.

b) .- (Apartarrayos IOM) En las instalaciones que presentan puntos de transición de red aérea a red subterránea, como son acometidas a servicios particulares, fraccionamientos, unidades habitacionales y salidas de alimentadores de la subestación de distribución.

Una consideración importante en la aplicación de apartarrayos para la protección de transformadores de distribución es la localización adecuada para evitar la posibilidad de que operen los fusibles. Si el apartarrayos se conecta entre el transformador y el fusible, en caso de una descarga atmosférica la onda de corriente pasa por el fusible y puede fundirlo sacando al transformador, innecesariamente de servicio. Por lo tanto, la conexión de los apartarrayos debe hacerse entre la línea y los fusibles.

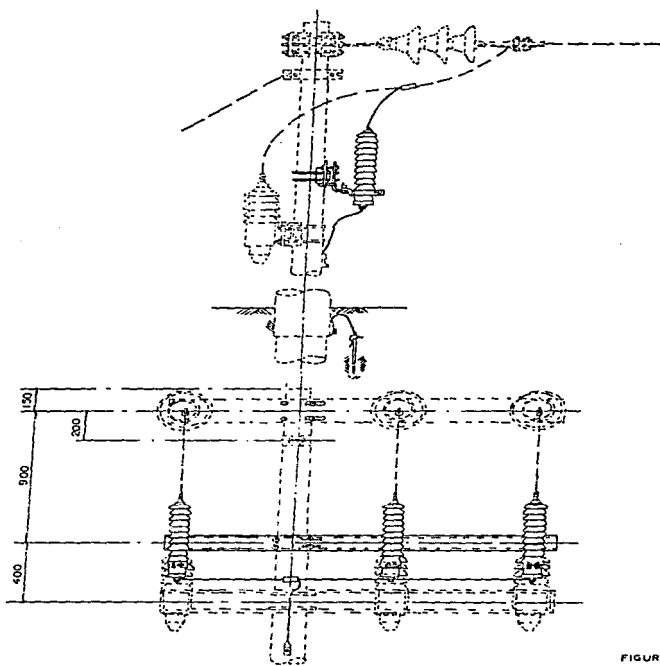


FIGURA
3.8

Transformadores de distribución.- En la red de media tensión aérea de los fraccionamientos se emplean transformadores trifásicos tipo poste, con conexión delta en el primario y estrella en el secundario.

La capacidad de los transformadores seleccionados en el proyecto dependerá de los valores de carga y demanda del mismo, debiéndose seleccionar preferentemente de 45, 75 ó 112.5 KVA.

El régimen de carga inicial considerado del transformador debe ser como máximo el 80% de su capacidad nominal.

Los transformadores tipo poste, se deben instalar lo más cercano al centro de carga de sus zonas de influencia, nunca en las esquinas de las calles. Los lugares de instalación deben ser de fácil acceso y que estos no afecten la estética del conjunto, ni obstaculice la vialidad. Ver fig. 3.9.

Para determinar y calcular la capacidad de los transformadores, que alimentarán una zona determinada se obtiene en base a la demanda máxima que se tenga en dicho sistema y no a la carga instalada que se encuentre conectada, estos valores se deberán expresar en kilovolts-ampere (KVA) pudiendo expresarse esto de la siguiente manera:

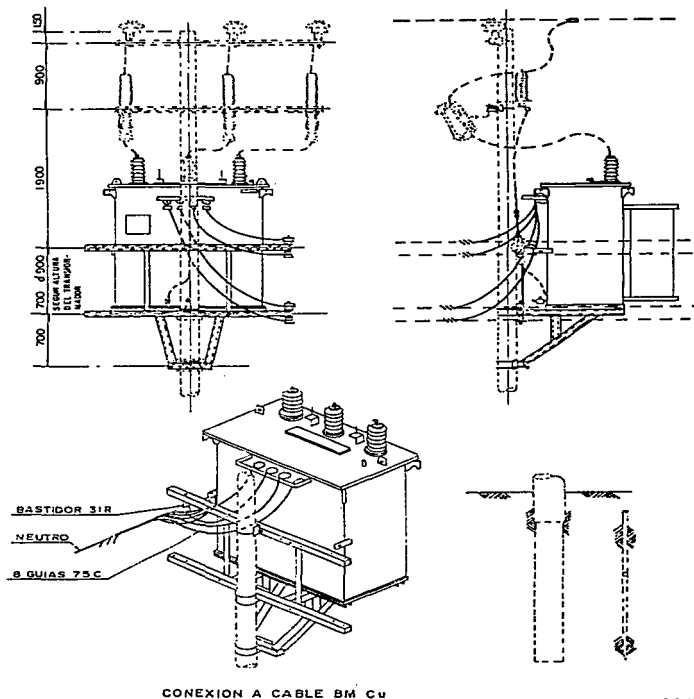
$$C_t = C_{ins_1} / F_{dem_1} + C_{ins_2} / F_{dem_2} + \dots + C_{ins_n} / F_{dem_n}$$

$$C_t = Dm_{máx_1} + Dm_{máx_2} + \dots + Dm_{máx_n}$$

Se debe de tomar en cuenta que los factores de demanda varían de acuerdo al tipo de servicio que se esté alimentando, una vez determinada la demanda máxima ya sea si se está alimentando un sistema o la suma de varios sistemas se tendrá que tomar en cuenta el factor de reserva mencionado anteriormente siendo este del 80% de la capacidad nominal del transformador.

TRANSFORMADOR POSTE 23 B 45-150

51



Posteriormente se determina si la capacidad obtenida del transformador esta dentro de los valores comerciales, en caso de que el valor obtenido en KVA no coincida con alguno de los valores antes mencionado, se elegirá el valor inmediato superior.

3.5 Elementos constitutivos de la red de baja tensión.

La estructura de la red de baja tensión, es radial, adecuada con dispositivos para llevar a cabo movimientos de carga entre transformadores adyacentes. Estos dispositivos, son los aisladores TB 54-1.

La Compañía usa sus líneas de distribución secundaria de acuerdo a dos disposiciones :

1.- Línea abierta desnuda, soportada mediante bastidores que disponen verticalmente los conductores, quedando las fases arriba y el neutro en la parte inferior. Los conductores de las fases se soportan en unos carretes de porcelana que les proporcionan el aislamiento requerido, mientras que el hilo neutro se fija a unos rollos de zinc o de hierro fundido, que pone a tierra todo el herraje. Todo el conjunto, formado por los tres carretes y el rollo, está atravesado por una varilla de acero.

2.- Línea trenzada, de conductores aislados, alrededor de un cable desnudo, también de cobre que sirve de neutro. Esta última disposición tiene la ventaja de su mejor apariencia pues la línea casi se pierde frente de las fachadas de las casas, tiene sin embargo, el inconveniente de que hay que quitar el aislamiento para conectar cada acometida y, además, que en caso de una falla se suele quemar por tramos enteros. Es ideal en zonas arboladas y protege contra conexiones fraudulentas.

Para cruzar vías de comunicación tales como carreteras o ferrocarriles, y siempre que se desea ganar altura, la línea aérea secundaria se construye en posición horizontal, apoyándola en crucetas, sujetando los conductores a aisladores de campana del tipo de alfiler. Ver fig 3.10 y 3.11.

La selección del calibre, en la red de baja tensión está normalizado solamente a dos calibres, el 4 AWG para líneas generales y el 1/0 AWG para líneas reforzadas, generalmente los primeros tramos a partir del transformador. el hilo neutro es en ambos casos de # 4 .

En los lugares donde únicamente exista red de baja tensión, se utilizaran postes CR 9 .

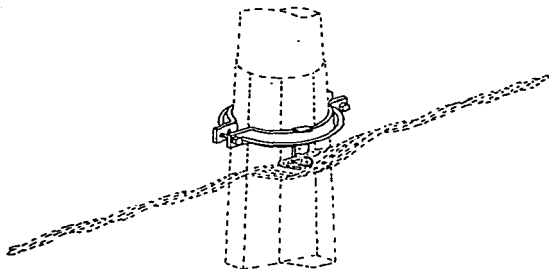
Para el diseño de la red secundaria, es necesario proyectar los circuitos trifásicos de baja tensión, siguiendo la geometría de la carga, la cual se afina posteriormente al dimensionar la red, teniendo en cuenta que la regulación del voltaje máximo permisible para los alimentadores secundarios es de 5% y de 1% para la acometida.

3.6 Acometidas y medidores.

Las acometidas son las encargadas de conectar las instalaciones particulares de los consumidores a las líneas de suministro. Esta conexión siempre debe ser realizada por personal de la Compañía, y en todo caso debe de ir provista de su respectivo medidor, lo cual requiere la celebración previa de un contrato. Cualquier conexión realizada por personal ajeno a la empresa, es considerada fraudulenta y se expone a la sanción que prescribe la ley.

PASO BT 1

54



PASO BT 2

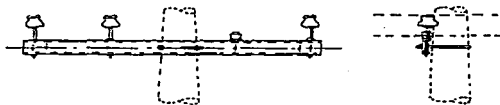


FIGURA 3.10

PASO BT 3

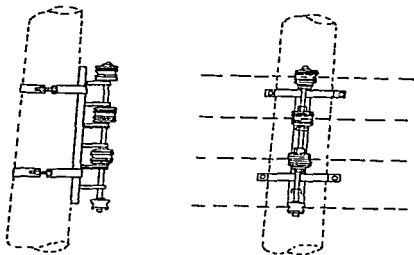


FIGURA 3.11

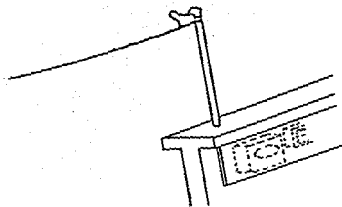
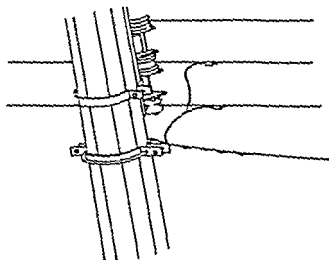
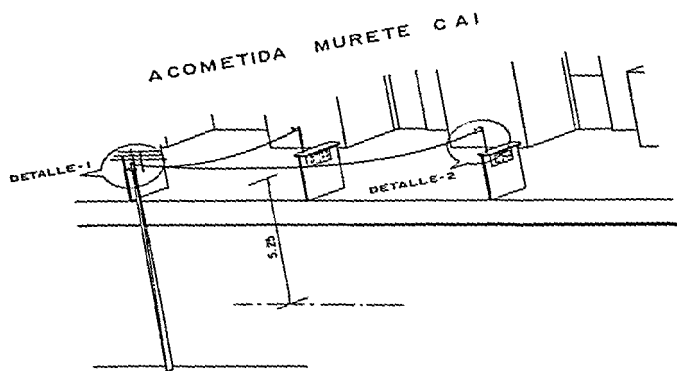
Las acometidas son del voltaje estipulado por el contrato del servicio y de magnitud adecuada al monto del mismo.

Las acometidas de baja tensión, no se protegen de ninguna forma, la única protección la proporciona el fusible del primario del transformador de distribución.

Los servicios de baja tensión que excedan de 30 Kw de demanda máxima, también se suministran con acometidas subterráneas. Servicios de menor magnitud, se suministran con acometidas aéreas. Son éstas cables concéntricos consistentes en un conductor sólido, de alambre de cobre, en el centro, y alrededor de él, después de un aislamiento termoplástico, va un conductor en espiral de alambre mucho más delgado pero que en conjunto, totaliza la misma cantidad de cobre del conductor central. Una capa de aislamiento termoplástica más una cubierta weatherproof, completan el conductor. Se trata, en efecto, de un conductor excesivamente grueso y pesado para su calibre, que sólo encuentra su justificación en que proporciona una cierta protección contra el robo de energía antes del medidor, pues quien desee violar este cable provoca inevitablemente un corto circuito. Se utiliza el calibre CCE 12 como mínimo, bien sea para servicios monofásicos o trifásicos.

Las acometidas parten del poste, apoyadas en un herraje especial en forma de anillo y se apoyan en la fachada del servicio, procurando la altura reglamentaria, sobre todo cuando cruzan la calle. Nunca se realizan acometidas a medio tramo.

En acometidas a servicios en baja tensión que no requieren medición de demanda máxima, Luz y Fuerza instalará waththorímetros monofásicos s-100. Ver figura 3.12.



DETALLE - 1

DETALLE - 2

FIG. 3-12

De los circuitos que alimentan carga de fuerza (motores para bombas, etc.), nunca se derivan de acometidas a clientes domésticos. En caso que se requiera alimentar un circuito de alumbrado público, se puede energizar directamente del circuito con carga doméstica.

Ya sean waththorímetros o equipos, se instalan en muretes de tabique de 1.70 m de altura en forma en forma tal que la carátula del equipo por leer quede aproximadamente a una altura de 1.50 metros. Estos muretes se le solicitan al fraccionador, quien los instala en el límite o colindancia de los predios.

3.7 Sistema de tierra.

El reglamento de instalaciones eléctricas exige a los usuarios tener su propia conexión a tierra y dice. En un sistema secundario de suministro puesto a tierra cada servicio individual debe tener una conexión a un electrodo de tierra. Esta conexión debe hacerse como parte de la instalación del usuario, en el lado de abastecimiento del medio de desconexión principal y no en el lado de la carga.

A pesar de este requisito, pocos usuarios de baja tensión tienen sus tierras instaladas, sin embargo algunos usuarios que tienen equipos especiales, instalan sus tierras tal como lo exige el reglamento.

El mismo reglamento para instalaciones dice : El valor de la resistencia a tierra de los electrodos artificiales no debe ser superior a 25 Ohms, en las condiciones más desfavorables, cuando no se pueda lograr esta resistencia con un solo electrodo debe emplearse cuando menos un electrodo adicional.

Los sistemas de tierra en baja tensión aparentemente son los más simples, sin embargo es un hecho que la mayor parte de accidentes por este concepto ocurren en el hogar, en regaderas eléctricas, tinas de hidromasaje, etc.

3.8 Proceso normativo para la electrificación de fraccionamientos contruidos por terceros.

De conformidad con la normatividad vigente relacionada con el Servicio Público de Energía Eléctrica, Luz y Fuerza del Centro tiene la obligatoriedad de acatar las disposiciones legales que le son inherentes.

En este sentido es particularmente importante destacar el Artículo 17 de este reglamento, el cual con referencia a la participación de los usuarios en la electrificación de fraccionamientos contruidos por terceros dispone lo siguiente:

La construcción de las obras e instalaciones que formen parte de la urbanización correspondiente, necesarias para el suministro de energía eléctrica a los adquirentes o usuarios, se sujetará a lo siguiente :

- I. Los urbanizadores tendrán a su cargo la realización de las obras.
- II. Previamente acreditarán ante el suministrador haber obtenido, de las autoridades competentes, la correspondiente aprobación del fraccionamiento, anexando los planos de la lotificación respectiva.
- III. Deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas y las especificaciones del suministrador y utilizar únicamente los materiales y equipos que cumplan con ellas.

- IV. El proyecto y el proceso de instalación deberán estar aprobados por el suministrador. Para esto responderá dentro de los treinta días siguientes a la presentación de los documentos respectivos por el interesado, entendiéndose el silencio del suministrador, transcurrido este plazo, como una aprobación.
- V. Las obras e instalaciones deberán ejecutarse bajo la supervisión del suministrador.
- VI. El urbanizador deberá convenir con el suministrador, previamente a la ejecución de las obras e instalaciones, que una vez terminadas estas serán transferidas en propiedad y entregadas con las formalidades del caso al suministrador, el cual tendrá a su cargo la operación y mantenimiento respectivos a partir de la recepción.
- VII. Las obras e instalaciones requeridas para el servicio del alumbrado público, que en su caso deba efectuar el urbanizador de conformidad con la autorización que la dependencia o entidad competente le hubiera otorgado, deberán independizarse de las mencionadas en las fracciones precedentes y se entregaran por el urbanizador a la propia dependencia o entidad para su operación y mantenimiento.

En virtud de la urgencia de Luz y Fuerza por dar una respuesta adecuada al gran número de solicitudes presentadas por terceros para la electrificación de fraccionamientos y así mismo posibilitar la regularización de algunas obras ya iniciadas sin una debida autorización, por no contar con el proceso normativo al que la ley obliga, este organismo se vio en la necesidad de implementar el proceso, aún cuando este no se encontrara totalmente concluido. Sin embargo la adopción de esta medida ha resuelto de gran importancia para L.F.C. puesto que le ha permitido resolver los casos presentados y comprobar las ventajas y bondades que el proceso presenta en la práctica.

La aprobación para la construcción de la Red de Distribución de Energía Eléctrica para el fraccionamiento será en base a las siguientes características:

- 1.- Tipo de fraccionamiento.
- 2.- Superficie total.
- 3.- Número de servicios.
- 4.- Demanda máxima.
- 5.- Planes futuros de expansión, incluyendo etapas con sus demandas de energía eléctrica correspondiente.
- 6.- Tipo de red de distribución. El proyecto de la red se desarrollara bajo las siguientes características:
 - a).- Diagrama unifilar.
 - b).- Simbología.
 - c).- Tensión del circuito primario.
 - d).- Calibre y material de los circuitos primarios.
 - e).- Calibre y material de los circuitos secundarios.
 - f).- El sistema de distribución a diseñar en la red primaria será 3 fases 3 hilos y en la red secundaria 3 fases, 4 hilos.
 - g).- Los transformadores a instalar serán trifásicos conexión delta-estrella, de la clase de aislamiento adecuado a la tensión del sistema.

- h).- La regulación de tensión.
 - i).- Descripción del alumbrado público.
 - j).- Todos los materiales y equipos a utilizar, estarán sujetos a la aprobación de LFC y deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas.
 - k).- En la ejecución de los trabajos se acataran las disposiciones indicadas en las normas de LFC vigentes de montajes y materiales de líneas aéreas, cables subterráneos y conexiones y medidores.
- 7.- Programa de obra calendarizado.

Para tal efecto se acompaña la siguiente documentación:

- 1.- Copia de factibilidad del servicio.
- 2.- Copia del oficio de aprobación del fraccionamiento expedido por la autoridad competente.
- 3.- Copia heliográfica del plano de lotificación aprobado por la autoridad correspondiente (escala 1:250 ó 1:500 según le convenga), el cual debe contener la siguiente información:
 - a).- Trazo de calles.
 - b).- Áreas verdes y de donación señalando la carga en Kw prevista para éstas.
 - c).- Croquis de localización con respecto a la zona de la ciudad en que se encuentra ubicado, a una escala de 1:10000.

- d).- Localización de las instalaciones existentes de LFC dentro del fraccionamiento.
- e).- Localización de instalaciones públicas existentes en el fraccionamiento.
- f).- Irregularidades del terreno, dependiendo de lo accidentado del mismo.
- g).- Cuadro de firmas del responsable del proyecto y del interesado.

CAPITULO 4

**APLICACION A UN FRACCIONAMIENTO
RESIDENCIAL TIPO**

4.1 Generalidades del proyecto.

El fraccionamiento a electrificar, llamado "San Antonio", se localiza al noreste de la Ciudad de México, en el Barrio de Custitla en el Municipio de Tizayuca, Hidalgo; a una altura sobre el nivel del mar de 2400 m y con una temperatura ambiente de 22°C. Ver figura 4.1.

Dicho fraccionamiento se construirá en tres etapas que habilitaran 460 casas habitación de interés social (INFONAVIT), para un igual número de familias hidalguenses con una carga total de 332 KVA, en una superficie total de 74,236 m².

En nuestro país los fraccionamientos residenciales se diferencian según el nivel económico de sus habitantes, por lo consiguiente, la demanda de energía eléctrica por consumidor está bajo un criterio.

En la siguiente tabla se muestran las clasificaciones de conjuntos habitacionales obtenidos de datos estadísticos recabados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

TIPO DE FRACCIONAMIENTO	SUP/LOTE	DEMANDA MAXIMA COINCID/LOTE
POPULAR	HASTA 160m ²	0.5 - 0.6 KVA
MEDIO	160 - 300m ²	0.6 - 1.5 KVA
DE LUJO	MAS DE 300m ²	MAS DE 1.5 KVA

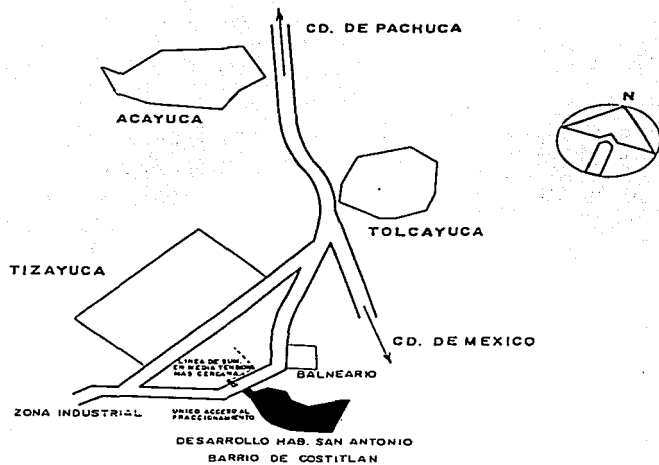


FIGURA 4.1

Ya que la superficie por vivienda es de 6 x 15 m y de acuerdo a la tabla anterior, el fraccionamiento es de tipo popular, aunque la demanda coincidente por vivienda sea mayor de 0.6 KVA.

4.2 Descripción del proyecto.

El objetivo de este proyecto consiste en proporcionar al usuario la energía eléctrica en cantidad y calidad necesaria, este fraccionamiento será alimentado en media tensión por red aérea con un voltaje de 23 KV y una red de distribución aérea con un voltaje de 220/127 volts en baja tensión.

La Red de Media Tensión.- está será construida con aislamiento de tipo alfiler de porcelana para una tensión nominal de 23 kV en tres fases con un conductor de aluminio con alma de acero (ACSR) calibre de 1/0 en la troncal y del número 2 en los ramales; con una extensión de aproximadamente 847 m lineales.

Las estructuras a utilizar serán según normas de Luz y Fuerza como paso 23, deflexiones 23 D15 y D60, remates gruesos y delgados según el calibre del conductor; el herraje a emplear en la construcción de las redes de media y baja tensión será galvanizado por proceso de inmersión en caliente después de maquinado y con las normas de calidad respectivas.

Todos los materiales como herrajes, aislamientos, cables de conducción y equipos de transformación serán montados en postería de concreto octagonal de 6, 9 y 12 m de altura.

La Red de Baja Tensión.- la línea secundaria será construida con aislamiento tipo carrete en 3 fases - 1 neutro; con conductor de cobre semiduro calibre 1/0 a lo largo de los 2 o 3 primeros tramos interpostales, denominado cud 4/0 a los lados del transformador y calibre 4, denominado cud 4/4, hasta el remate final del circuito correspondiente a dicho transformador. El tipo de línea de baja tensión será abierta y soportada en estructuras paso BT-3 con bastidor 84 amarrada con alambre de cobre desnudo y semiduro calibre 8 y 10, el cable o alambre del neutro viajara y será amarrado a un carrete metálico; en los tramos finales o de remate será aterrizada con una varilla copperweld de 10 pies de longitud y 5/8" de diámetro, denominadas tierras. Los metros lineales promedio en la baja tensión son 2266 m con 59 luminarios tipo suburbano de 150 watts v.s.a.p. de 220 volts en 12 circuitos de alumbrado público.

Estas líneas de baja tensión correrán y formarán medios anillos (radiales) para que en caso de que algún transformador sufriera daño o estuviera fuera de operación se pueda puentear a otro circuito evitando que los usuarios se queden sin servicio eléctrico, los circuitos quedan independientes y no son interconectados, estos serán montados en postería de 12 y 9 m según sea el caso. Ver figura 4.2.

Las acometidas domiciliarias.- Estas acometidas serán montadas en postes de concreto a través de una abrazadera anillo CM 8 en la parte inferior del bastidor 84 de donde se amarrara con remate preformado el cable concéntrico calibre 10, dejando en este una punta de 1.00 m promedio para conexión del departamento de medidores, se tendera el cable tanto en banqueta como en arroyo a no más de 35 metros de distancia del poste a la acometida domiciliaria, se construirá un nicho, para colocar mufa de aluminio de 1 1/4" de diámetro a tubo conduit pared gruesa galvanizada de 1 1/4" y a base de madera de 40 x 40 x 1.9 cm e interruptor de seguridad de 2 x 30 amp. a 250 volts. Fig. 4.3.

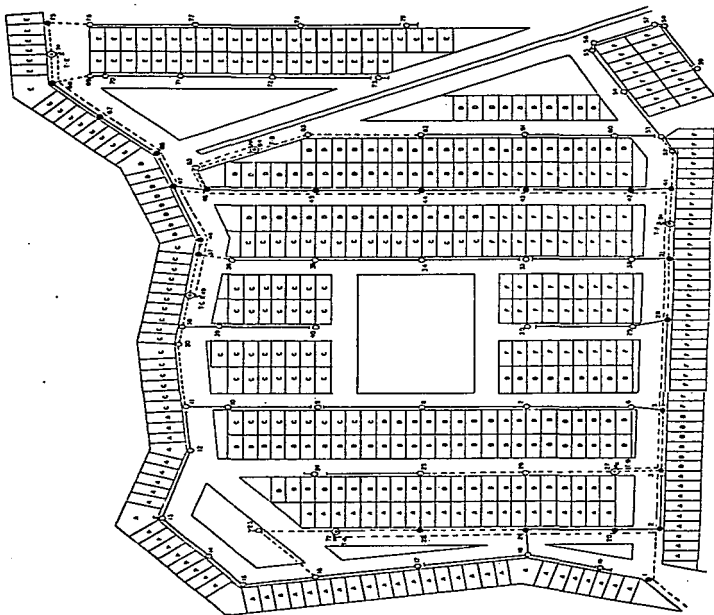
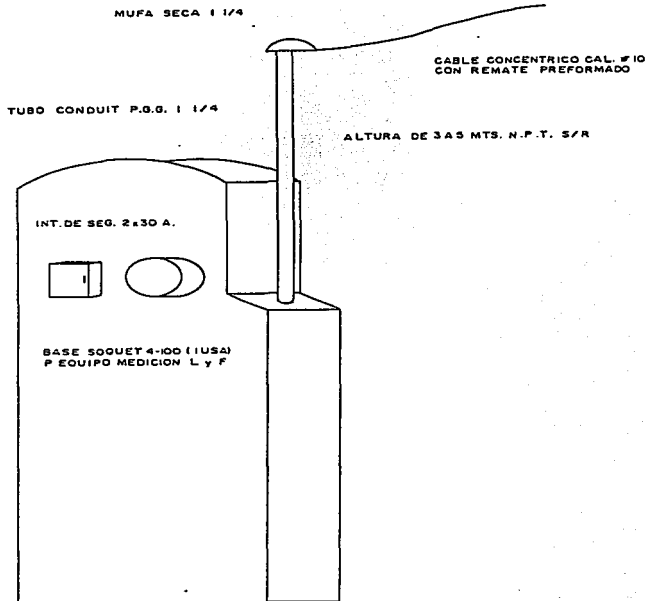


FIGURA 4.2



MURETE DE MEDICION TIPO

FIGURA 4.3

El cable bajará hasta la tabla de madera conectando al interruptor de seguridad y quedando pendiente la colocación del medidor por cuenta del departamento de medidores de L y F.

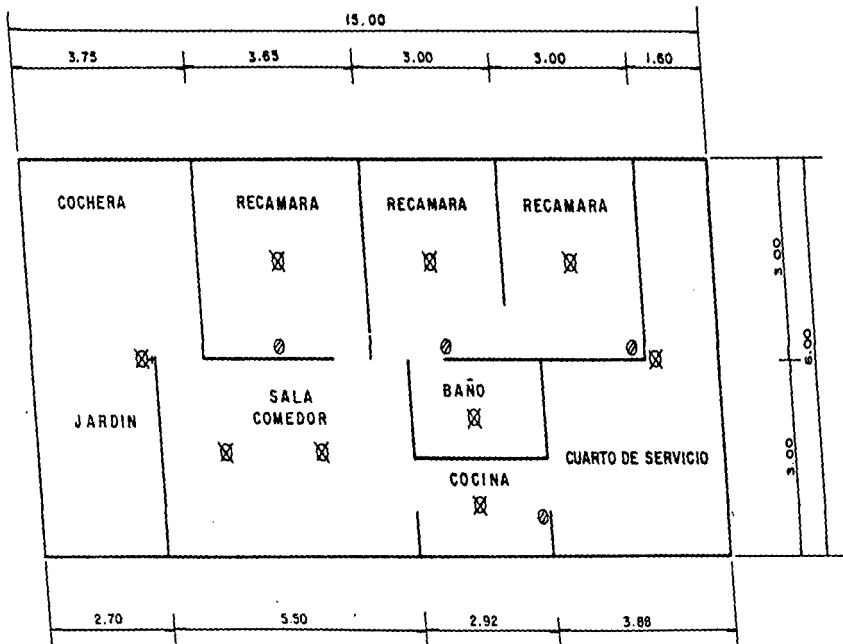
4.3 Evaluación de la carga del fraccionamiento.

La demanda coincidente total del fraccionamiento se determina sumando a la demanda coincidente de las viviendas más la demanda del alumbrado público.

La demanda coincidente total de las viviendas se obtiene aplicando a la carga instalada manifestada por el fraccionador un factor de demanda y un factor de coincidencia; siendo la demanda del alumbrado público igual al cien por ciento de la carga instalada, esto es, se le considera a este tipo de carga un factor de demanda y coincidencia igual a la unidad. En base a lo anterior tenemos:

Para la designación de carga por cada vivienda se determinara de acuerdo a la casa tipo (se anexa dibujo casa tipo), tomando en cuenta que la carga distribuida de cada casa es como sigue.

	Arbotante 75 watts	Incandecente 75 watts	Contacto 180 watts
Cochera	1		1
Jardín	1		
Sala-comedor		2	2
Recamara 1		1	1
Recamara 2		1	1
Recamara 3		1	1
Cocina		1	2
Baño		1	1
Cuarto. de servicio		1	2
CARGA TOTAL	150	600	1980
(2.730 KW)			



CASA TIPO FRACCIONAMIENTO TIZAYUCA

$$F. D. = 0.6$$

$$F. C. = 0.4$$

$$F. P. = 0.9$$

La demanda coincidente por casa (DCC) será

$$DCC = (2.730 \times 0.6 \times 0.4) / 0.9 = 0.728 \text{ KVA}$$

La demanda coincidente total (DCTC) será

$$DCTC = 460 \text{ casas} \times 0.728 = 334.88 \text{ KVA}$$

La demanda coincidente del A.P. (DCAP) 150watts será

$$F. D. = 1.0$$

$$F. C. = 1.0$$

$$F. P. = 0.9$$

Considerando además un 25% por carga del reactor

$$DCAP = (150 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.25) / 0.9 = 0.208 \text{ KVA}$$

La demanda coincidente total del A.P. (DCTAP)

$$DCTAP = 59 \text{ luminarios} \times 0.208 = 12.29 \text{ KVA}$$

Por lo tanto, la demanda coincidente total (DCT) del fraccionamiento es :

$$DCT = DCTC + DCTAP = 334.88 + 12.29 = 347.17 \text{ KVA}$$

4.4 Determinación del número y capacidad de subestaciones.

La determinación de la capacidad de los transformadores a instalar, es tomando como base que la capacidad del transformador no exceda una carga de más del 80% en toda su capacidad instalada, tanto en acometidas como en alumbrado, por lo que se prevé un 20% de capacidad de reserva que permita absorber aumentos futuros de carga. Por tanto, el nuevo valor de demanda es de :

Si 348 KVA - 80%

$$ND - 100\% \quad ; \quad ND = 348 \times 100 / 80 = 435 \text{ KVA}$$

Como las capacidades normalizadas para los transformadores de distribución varían, según se indica en el capítulo 3, para determinar el número y capacidad de estas, se presentan las alternativas en la tabla 1.

La alternativa 1.- Por ser alto el número de los transformadores, el número de servicios alimentados por cada uno de ellos se reduce, por lo que en caso de falla en alguno, el número de clientes afectado es menor. Como desventaja presenta su alto costo de instalación.

La alternativa 2.- Aunque aumenta la cantidad de consumidores por transformador, en relación a la alternativa 1, su número resulta razonable. Su costo de instalación se reduce bastante, por lo que esta alternativa es aceptable.

ALTERNATIVA NUMERO	CAPACIDAD DE TRANSF. EN KVA			COSTO UNITARIO EN PESOS	COSTO TOTAL EN PESOS
	45	75	112.5		
1	10	-	-	16,930.00	169,300.0
2	-	6	-	20,675.00	124,050.0
3	-	-	4	22,695.00	90,780.0
4	-	5	1	-	126,070.0

T A B L A 1

La alternativa 3.- Esta alternativa aunque es la más económica desde el punto de vista instalación, trae como consecuencia por su número reducido de transformadores, que el radio de acción de los circuitos de baja tensión será muy grande teniendo que emplear circuitos demasiado largos y calibres bastante gruesos para poder dar los voltajes de servicios adecuados; así mismo, el número de clientes afectados en caso de falla aumenta considerablemente, por lo que esta alternativa se presenta como la más desfavorable.

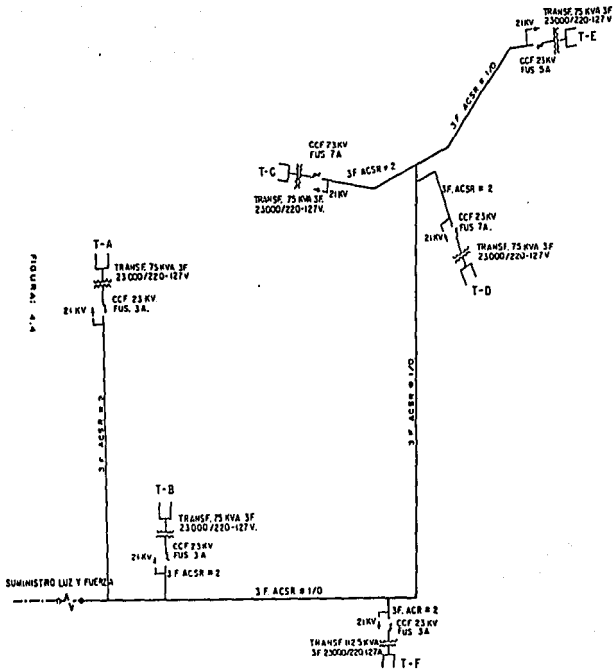
La alternativa 4.- Dado que los criterios para determinar la zona de influencia de cada transformador depende de que el diseño de la red secundaria se efectuará con la ayuda del plano de lotificado del fraccionamiento, en donde la red sigue el trazo de las calles y avenidas de acuerdo a las necesidades de la carga, la longitud de los circuitos y la caída de tensión máxima permisible se propone esta alternativa, la cual tiene un costo de instalación un poco mas elevado que la alternativa 2.

Por lo anterior expuesto, se opta por la alternativa 4, siendo el número de las subestaciones aproximadamente el promedio de las otras alternativas. En la tabla 2 se muestra el cuadro de cargas obtenido para el fraccionamiento "San Antonio".

Una vez conocido el número de transformadores a instalar, el paso siguiente consiste en determinar la localización adecuada de los mismos, procurando que su instalación sea lo más cercano al centro de carga de su zona de influencia; para ello se realiza un anteproyecto, el cual se comenta con el responsable de la urbanización del fraccionamiento, con el fin de que si existe algún inconveniente se haga un ajuste que resulte favorable al fraccionador sin perder de vista el interés de la compañía suministradora. Ver figura 4.4 .

BANCO No.	No. DE LOTES	0.728 KVA X VIVIENDA	No. DE LAMPARAS	0.208 KVA X LAMPARA	TOTAL KVA	CAP. BANCO KVA	%	BALANCEO FASES		
								A	B	C
T - A	74	53.67	15	3.12	57.00	75	76	24	25	25
T - B	83	60.42	5	1.04	61.46	75	81.9	27	29	27
T - C	70	50.96	8	1.66	52.62	75	70.16	24	23	23
T - D	73	53.14	7	1.456	54.6	75	72.80	24	24	25
T - E	59	42.95	11	2.20	45.23	75	60.30	20	20	19
T - F	101	73.52	13	2.70	76.22	112.5	67.80	34	33	34
TOTAL	460	334.00	59	12.25	347.13	487.5	71.20	153	154	153

TABLA 2



4.5 Determinación del calibre del conductor de media tensión.

Para calcular el conductor de media tensión se considera la capacidad total de transformación del fraccionamiento "San Antonio", ubicado en el punto más alejado que es de 616 metros, se considera la carga total de 487.5 KVA en este mismo punto y determinamos que con un conductor ACSR # 1/0 se tendrá una caída de voltaje de 0.02% y la corriente nominal de este conductor es de 220 amp. El conductor al voltaje de 23 KV conducirá en el caso crítico una corriente de 12.61 amp. dato muy por debajo de la capacidad del conductor.

$$I = \text{KVA} / (\sqrt{3} \times \text{KVA}) = 487.5 / (\sqrt{3} \times 23) = 12.23 \text{ amp.}$$

Calculando el porciento de regulación de la red de media tensión del fraccionamiento, tenemos:

$$\% \text{Reg} = (E - V) \times 100 / V \quad \text{donde}$$

$$E = V + e ; \quad E - V = e ; \quad V = E - e \quad \text{por lo tanto}$$

$$\% \text{Reg} = e \times 100 / (E - e) \quad \text{de donde} \quad e = I \times L \times \Delta V$$

E Voltaje de suministro (voltaje inicial); volts.

V Voltaje de la carga (voltaje final); volts.

ΔV Caída de voltaje por fase unitaria*; volts/amp x Km

I Corriente demandada por la carga; amperes

L Longitud del tramo del conductor desde la fuente; Km

e Caída de tensión del conductor; volts.

$$e = 12.23 \times .616 \times 0.86 = 6.478 \text{ Volts}$$

$$\%Reg = 6.478 \times 100 / (23000 - 6.478) = 0.028\%$$

4.6 Determinación del calibre del conductor en baja tensión.

En los sistemas de distribución es importante determinar el calibre del conductor el cual alimentará una carga determinada, ya que de no ser el adecuado ocasionaría grandes problemas de regulación, calentamiento, a su vez, esto ocasionaría envejecimiento prematuro del aislamiento del conductor y en condiciones más severas de sobrecarga podría ocasionar hasta un corto circuito. En el caso de que el calibre del conductor elegido sea de mayor calibre al que se requiere, no causaría problemas eléctricos, pero si, un gasto más elevado en la instalación.

Para determinar el calibre del conductor de baja tensión apropiado hacemos un estudio de caída de voltaje para cada circuito del transformador, tomando en cuenta las cargas individuales de las viviendas que se suministraran de cada poste así como de las luminarias instaladas en los mismos. El estudio se realiza para un sistema trifásico, donde los valores obtenidos muestran una regulación permisible hasta el servicio más alejado del 5%. El estudio de los cálculos obtenidos por circuito de cada transformador, se realizan con las formulas definidas en el punto anterior, se presentan de la manera siguiente:

La caída por fase de los conductores empleados (Cud 1/0 y 4) es de 0.51 y 1.0 respectivamente así como la corriente normal de trabajo es de 310 y 135 amperes.

Para el transformador A (TA) circuito 1

TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	ΔV V / (A x KM)	(VOLTS)
TA 23	61.10	.024	0.51	0.74
23 16	60.55	.030	0.51	0.92
16 15	42.27	.030	1.0	1.26
15 14	34.09	.024	1.0	0.81
14 13	23.90	.025	1.0	0.60
13 12	11.99	.042	1.0	0.50
TOTAL	61.10	.175		4.83

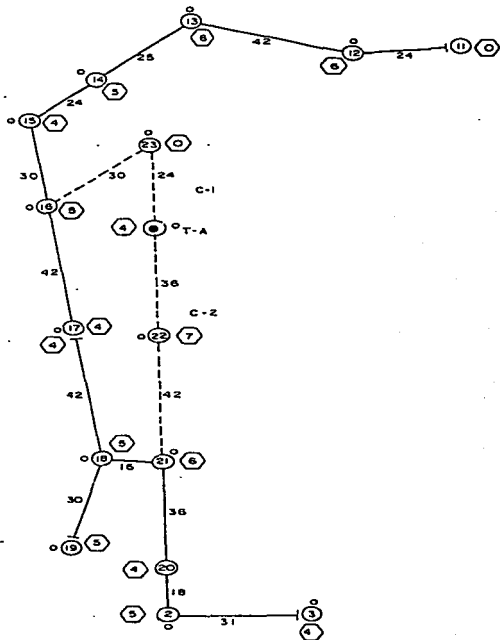
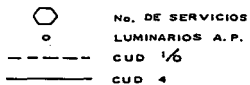
$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = (483) / (127 - 4.83) = 3.95\%$$

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

Para el transformador A (TA) circuito 2

TA	22	76.66	.036	0.51	1.46
22	21	65.75	.042	0.51	1.40
21	20	25.92	.036	1.0	0.93
20	2	18.28	.018	1.0	0.33
2	3	8.18	.031	1.0	0.25
TOTAL		79.66	.163		4.37

$$\%Reg = (437) / (127 - 4.37) = 3.5\%$$



Para el transformador B (TB) circuito 1

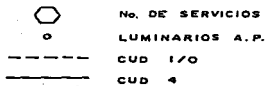
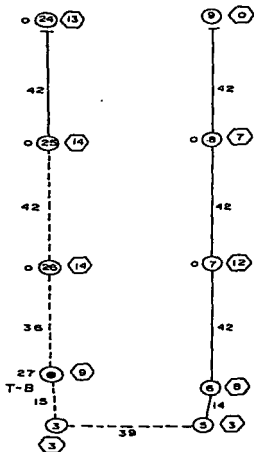
TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	AV V/ (A×KM)	e (VOLTS)
TB 26	79.93	.036	0.51	1.46
26 25	52.65	.042	0.51	1.12
25 24	25.37	.042	1.0	1.06
TOTAL	79.93	.120		3.64

$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = 364 / (127 - 3.64) = 3.0\%$$

Para el transformador B (TB) circuito 2

TB	3	64.11	.015	0.51	.049
3	5	58.38	.039	0.51	1.16
5	6	52.65	.014	1.0	0.73
6	7	37.37	.042	1.0	1.57
7	8	13.91	.042	1.0	0.58
TOTAL		64.11	.152		4.53

$$\%Reg = 453 / (127 - 4.53) = 3.6\%$$



Para el transformador C (TC) circuito 1

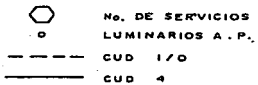
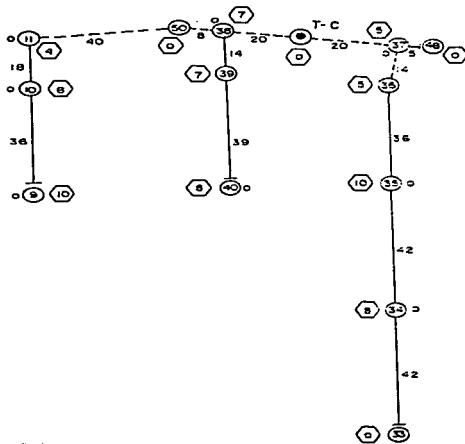
TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	ΔV V/ (AxKM)	e (VOLTS)
TC 37	55.11	.020	0.51	0.56
37 36	45.01	.014	0.51	0.32
36 35	35.46	.036	1.0	1.27
35 34	15.82	.042	1.0	0.66
TOTAL	55.11	.112		2.81

$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = 281 / (127 - 2.81) = 2.20\%$$

Para el transformador C (TC) circuito 2

TC	38	82.93	.020	0.51	0.84
38	11	39.82	.048	0.51	0.97
11	10	31.64	.018	1.0	0.56
10	9	19.64	.036	1.0	0.70
TOTAL		82.93	.122		3.07

$$\%Reg = 307 / (127 - 3.07) = 2.4\%$$



Para el transformador D (TD) circuito 1

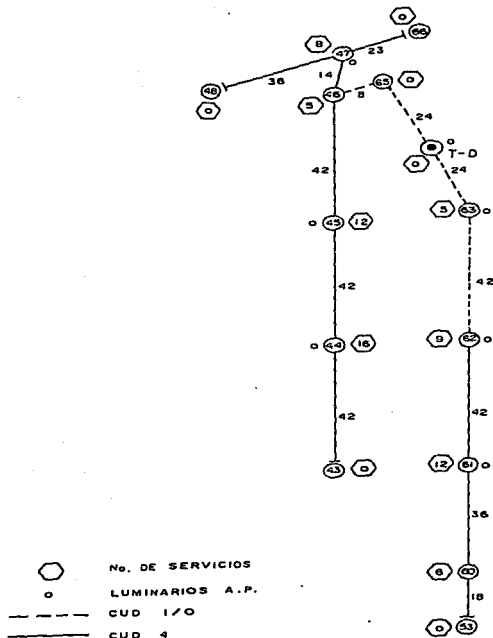
TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	ΔV V/ (A x KM)	e (VOLTS)
TD 63	62.75	.024	0.51	0.76
63 62	52.65	.042	0.51	1.12
62 61	34.92	.042	1.0	1.46
61 60	11.46	.036	1.0	0.41
TOTAL	62.75	.144		3.75

$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = 375 / (127 - 3.75) = 3.0\%$$

Para el transformador D (TD) circuito 2

TD	46	79.93	.032	0.51	1.30
46	45	54.56	.042	1.0	2.29
45	44	31.10	.042	1.0	1.30
TOTAL		79.93	.116		4.89

$$\%Reg = 489 / (127 - 4.89) = 4.0\%$$



Para el transformador E (TE) circuito 1

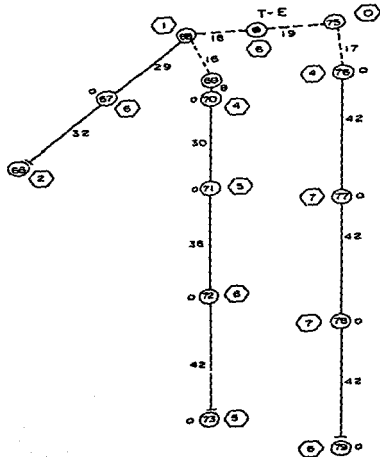
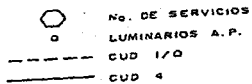
TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	ΔV V/ (AxKM)	e (VOLTS)
TE 75	48.54	.019	0.51	0.47
75 76	48.0	.017	0.51	0.41
76 77	39.82	.042	1.0	1.67
77 78	25.91	.042	1.0	1.08
78 79	12.0	.042	1.0	0.50
TOTAL	48.54	.162		4.13

$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = 413 / (127 - 4.13) = 3.36\%$$

Para el transformador E (TE) circuito 2

TE	68	58.66	.018	0.51	0.53
68	70	40.38	.024	0.51	0.50
70	71	32.20	.030	1.0	0.96
71	72	22.10	.036	1.0	0.79
72	73	10.1	.042	1.0	0.42
TOTAL		58.66	.150		3.20

$$\%Reg = 320 / (127 - 3.20) = 2.58\%$$



Para el transformador F (TF) circuito 1

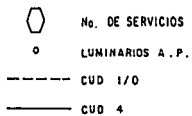
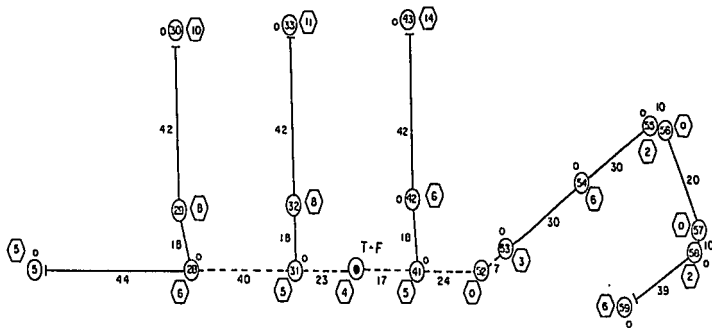
TRAMO ENTRE PUNTOS	CARGA (AMP)	DISTANCIA (KM)	ΔV V/(AxKM)	e (VOLTS)
TF 41	88.37	.017	0.51	0.76
41 53	38.99	.031	0.51	0.61
53 54	32.72	.030	1.0	0.98
54 55	20.72	.030	1.0	0.62
55 58	16.36	.040	1.0	0.65
58 59	12.0	.039	1.0	0.46
TOTAL	88.37	.187		4.08

$$\%Reg = (e \times 100) / (E - e) = 408 / (127 - 4.08) = 3.3\%$$

Para el transformador F (TF) circuito 2

TF	31	104.1	.023	0.51	1.22
31	28	57.10	.040	0.51	1.16
28	29	35.07	.018	1.0	0.63
29	30	19.79	.042	1.0	0.83
TOTAL		104.1	.123		3.84

$$\%Reg = 384 / (127 - 3.84) = 3.11\%$$



4.7 Calculo de corriente de corto circuito.

Para determinar la capacidad de corto circuito en el punto de acometida del fraccionamiento "San Antonio" se haran las siguientes consideraciones:

-Se utilizara el sistema en P. U.

-Se utilizaran los valores de Z_1 y Z_0 en las barras de la S.E. Tizayuca proporcionadas por la Cia. Luz y Fuerza.

-Para poder determinar el tipo de cortacircuitos fusible que se instalaran en los transformadores de distribución, se emplearan los valores de Z_1 y Z_0 de los cables de media tensión, mencionados en el capítulo 3. Ver figura 4.5.

S. E. TIZAYUCA

ALIMENTADOR TIZ-22

$$P_{cc1\phi} = 276.36 \text{ MVA}$$

$$P_{cc2\phi} = 275.84 \text{ MVA}$$

$$Z_{111} = 0.02 + j0.3613 \Omega = 0.3618 \angle 86.83^\circ \Omega \text{ p.u.}$$

$$Z_{011} = 0.0186 + j0.3634 \Omega = 0.3638 \angle 87.06^\circ \Omega \text{ p.u.}$$

Considerando como valores base:

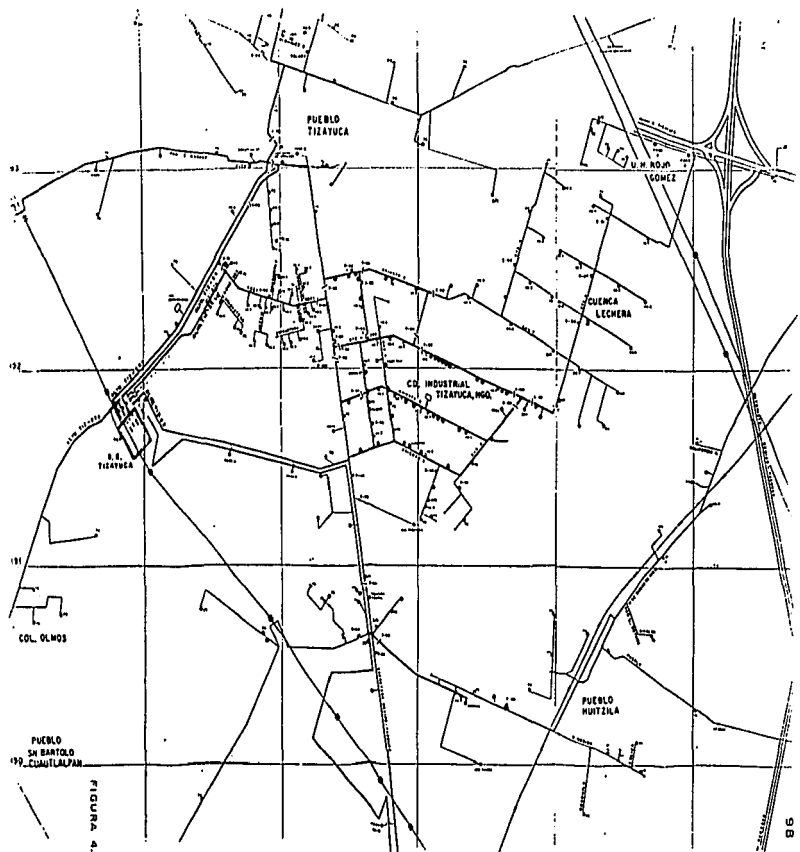


FIGURA 4.3

$$P_{BASE} = 100 \text{ MVA}$$

$$V_{BASE} = 23 \text{ KV}$$

$$\text{Longitud del conductor ALD 336} = 3.130 \text{ KM}$$

$$\text{Longitud del conductor ACSR 1/0} = 2.270 \text{ KM}$$

$$Z_{IALD} = 0.1898 + j0.3858 \text{ } \Omega/\text{KM} = 0.43 \text{ } \angle 63.8^\circ \text{ } \Omega/\text{KM}$$

$$Z_{OALD} = 0.3667 + j1.893 \text{ } \Omega/\text{KM} = 1.929 \text{ } \angle 79.04^\circ \text{ } \Omega/\text{KM}$$

$$Z_{IACSR} = 0.6983 + j0.5018 \text{ } \Omega/\text{KM} = 0.86 \text{ } \angle 35.7^\circ \text{ } \Omega/\text{KM}$$

$$Z_{OACSR} = 0.8737 + j1.9315 \text{ } \Omega/\text{KM} = 2.12 \text{ } \angle 65.66^\circ \text{ } \Omega/\text{KM}$$

$$\begin{aligned} Z_{IALD} &= (0.1898 + j0.3858 \text{ } \Omega/\text{KM}) 3.130 \text{ KM} \\ &= 0.594 + j1.2075 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{OALD} &= (0.3667 + j1.893 \text{ } \Omega/\text{KM}) 3.130 \text{ KM} \\ &= 1.147 + j5.925 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{IACSR} &= (0.6983 + j0.5018 \text{ } \Omega/\text{KM}) 2.27 \text{ KM} \\ &= 1.585 + j1.139 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{OACSR} &= (0.8737 + j1.9315 \text{ } \Omega/\text{KM}) 2.27 \text{ KM} \\ &= 1.983 + j4.384 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

Pasando las impedancias a por unidad :

$$\begin{aligned} Z_{IALD} &= (0.594 + j1.2075) \times 100 / (23)^2 \\ &= 0.112 + j0.228 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{OALD} &= (1.147 + j5.925) \times 100 / (23)^2 \\ &= 0.216 + j1.120 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{IACSR} &= (1.585 + j1.139) \times 100 / (23)^2 \\ &= 0.30 + j0.215 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{OACSR} &= (0.8737 + j1.9315) \times 100 / (23)^2 \\ &= 0.374 + j0.828 \Omega \end{aligned}$$

Determinando la impedancia total del sistema :

$$\begin{aligned} Z_{ITOTAL} &= Z_{ISS} + Z_{IALD} + Z_{IACSR} \\ &= (0.02 + j0.3613) + (0.112 + j0.228) + (0.30 + j0.215) \\ &= 0.432 + j0.8043 = 0.912 \angle 61.75^\circ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{OTOTAL} &= Z_{OBS} + Z_{OALD} + Z_{OACSR} \\ &= (0.0186 + j0.3634) + (0.216 + j1.12) + (0.374 + j0.828) \\ &= 0.6086 + j2.311 = 2.390 \angle 75.24^\circ \Omega \end{aligned}$$

$$I_{BASE} = 100000 \text{ KVA} / (\sqrt{3} \times 23 \text{ KV}) = 2513 \text{ AMP}$$

Para una falla trifásica tenemos:

$$\begin{aligned} I_{p.u.} &= E / Z_{ITOTAL} = 1.0 / 0.912 \angle 61.75^\circ \\ &= 1.096 \angle -61.75^\circ \text{ AMP} \end{aligned}$$

$$I_{cc1\phi} = 2513 \times 1.096 = 2.755 \text{ KAMP}$$

Con un factor de asimetría de 1.6, la corriente de corto circuito asimétrica es de :

$$I_{cca} = 2.755 \times 1.6 = 4.40 \text{ KAMP}$$

Para una falla de fase a tierra tenemos:

$$\begin{aligned} I_{p.u.} &= 3E / (2 Z_{ITOTAL} + Z_{OTOTAL}) \\ &= 3.0 / (2(0.912) + (2.390)) \\ &= 3.0 / 4.18 \angle 69.39^\circ \\ &= 0.717 \angle -69.39^\circ \text{ AMP} \end{aligned}$$

$$I_{cc1\phi} = 2513 \times 0.717 = 1.803 \text{ KAMP}$$

Con un factor de asimetría de 1.6, la corriente de corto circuito asimétrica es de :

$$I_{cca} = 1.803 \times 1.6 = 2.884 \text{ KAMP}$$

Con estos resultados obtenidos se determina que los cortacircuitos fusible a emplear son los D-23112, ya que protege a los transformadores tipo poste en 23 KV contra sobrecorrientes de acuerdo a la capacidad del fusible empleado y contra corrientes de cortocircuito de 12 KAMP asimétricos.

CONCLUSIONES

La elaboración de este trabajo tuvo como propósito principal el dar a conocer los criterios a seguir para la elaboración de proyectos de redes de distribución, así como también las normas de diseño de acuerdo a lo requerido por la compañía suministradora en este caso Luz y Fuerza.

La complejidad en los sistemas eléctricos de potencia y en las redes de distribución en particular, las podemos facilitar haciendo una selección del material a utilizar, esto lo obtenemos mediante la normalización de materiales y equipos, lo que nos permite de una manera sencilla y eficaz seleccionar el material adecuado a instalar en este tipo de fraccionamientos, además del conocimiento de las condiciones físicas, topográficas, climatológicas del lugar y los niveles económicos y culturales de sus habitantes.

Otra de las finalidades es que a raíz de que fue publicado el día 31 de Mayo de 1993, en el reglamento de la Ley de Servicios Públicos de Energía Eléctrica en el capítulo 14 referente a obra de alumbrado público y urbanización para fraccionamientos, en el cual se autoriza la participación de terceros para la electrificación de fraccionamientos, la compañía se vio en la necesidad de implementar un proceso normativo para la electrificación de estos. Ya que anteriormente no se permitía que terceros realizaran este tipo de trabajos para L.F.C.

Un punto importante es el aspecto económico ,ya que el costo de la electrificación del fraccionamiento por terceros se ve disminuido al emplear su propia mano de obra ya que esta es más barata, pero no de la misma calidad, que la de la C.L.F.

Esto permite a los terceros poder participar en la electrificación de fraccionamientos siempre y cuando cumplan con las normas de Luz y Fuerza, creando a su vez más fuentes de trabajo y permitiendo así mayor desarrollo de infraestructura en el país, teniendo un mayor auge en la construcción de fraccionamientos, permitiendo la creación de un mayor número de viviendas para la población.

BIBLIOGRAFIA

SISTEMAS DE DISTRIBUCION
ROBERTO ESPINOSA Y LARA.

SISTEMAS DE TIERRAS
GUILLERMO LOPEZ MONROY.

MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES
ENRIQUEZ HARPER.

NORMAS TECNICAS (MATERIALES Y MONTAJES)
COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA.

PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES POR MEDIO DE FUSIBLES
ING. ALFREDO JUAREZ TORRES.

APENDICE

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1996 (JUNIO DE 1995) **

NUM. DE BUS	SUBESTACION	C.C.1F		C.C.1F	IMP. SEC(+)		IMP. SEC(0)		R1(X1)	R0(X1)	X0(X1)
		MVA	MVA		R1(O1)	X1(O1)	R0(O1)	X0(O1)			
394	AGUA VIVA	119,8	129,31	1,0793	0,0609	0,8325	0,0325	0,6500	0,0727	0,0390	0,7888
310	ALZATE	161,79	120,10	0,7424	0,0873	0,6119	0,0632	1,2627	0,1427	0,1033	2,0636
222	AMOMOLULCO	124,65	127,41	0,6922	0,0413	0,54	0,0632	1,2627	0,0765	0,1170	2,3383
223	ANGANGUEO	31,075	37,39	1,2031	1,8260	2,6479	0,0901	1,7994	0,6904	0,0340	0,6796
224	ARAGON	162,21	162,15	0,8899	0,0261	0,5481	0,024	0,7522	0,0513	0,0438	1,3724
226	ATENCO	163,01	162,58	0,8884	0,0331	0,5454	0,024	0,7522	0,0607	0,0440	1,3792
225	ATIZAPAN	282,43	279,98	0,9913	0,0183	0,3536	0,0181	0,3629	0,0518	0,0512	1,0263
299	ATOTONILCO	101,56	114,90	1,1314	0,1033	0,9792	0,032	0,6416	0,1055	0,0327	0,6552
305	AJURORA	284,61	281,78	0,9901	0,018	0,3509	0,0181	0,3615	0,0513	0,0516	1,0302
354	AYOTLA	260,12	278,36	0,9937	0,0187	0,3565	0,0185	0,3633	0,0525	0,0519	1,0191
329	AZCAPOTZALCO	353,64	353,48	0,9995	0,0145	0,2824	0,0145	0,2828	0,0513	0,0513	1,0014
227	BARRIENTOS	394,99	263,50	0,6671	0,0154	0,2527	0,0316	0,6314	0,0609	0,1250	2,4986
283	CACAHUAMILPA	49,448	74,17	1,5000	0,9775	1,7704	0,0000	0,0000	0,5521	0,0000	0,0000
228	CAREAGA	194,55	168,50	0,8661	0,0286	0,5132	0,024	0,7522	0,0557	0,0468	1,4657
229	CARMEN	211	201,44	0,9547	0,0682	0,469	1E-06	0,545	0,1454	0,0000	1,1620
373	CEILAN	284,21	281,35	0,9900	0,0179	0,3514	0,0183	0,3621	0,0509	0,0521	1,0304
402	CERRILLO 1	270,49	271,87	1,0051	0,0210	0,3691	0,0185	0,3636	0,0569	0,0501	0,9851
233	CHALCO	165,63	153,08	0,9242	0,0402	0,6024	0,024	0,7522	0,0667	0,0398	1,2487
290	CHAPINGO	347,3	351,58	1,0123	0,0159	0,2875	0,0141	0,2771	0,0553	0,0490	0,9638

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1956 (JUNIO DE 1956) **

DE BUS	SUBESTACION	C.C.3F	C.C.1F	C.C.1FD	IMP. SEC. (1)	IMP. SEC. (0)	R1(X)	R0(X)	X0	(01)	(02)	(03)
		MVA	MVA	C.C.3F	R1(01)	X1	R0(01)	X0	(01)	(02)	(03)	(01)
212	COAPA	282,75	280,45	0,9919	0,0183	0,3532	0,0183	0,3619	0,0518	0,0518	1,0246	
291	CONDESA	186,47	170,58	0,9169	0,0355	0,5351	0,0340	0,6812	0,0663	0,0635	1,2730	
335	CONDESA B	184,27	163,25	0,8859	0,0358	0,5415	0,024	0,7522	0,0661	0,0443	1,3891	
361	CONTADERO I	349,42	350,45	1,0030	0,0149	0,2858	0,0142	0,2833	0,0521	0,0497	0,9913	
211	CONTRERAS	212,02	279,87	0,9924	0,0185	0,3541	0,0183	0,3623	0,0522	0,0517	1,0232	
215	COYOACAN	347,96	349,34	1,0040	0,0150	0,2870	0,0145	0,2836	0,0523	0,0505	0,9852	
313	CUAJIMALPA	458,68	392,59	0,8559	0,0135	0,2176	0,0169	0,3277	0,0620	0,0777	1,5060	
346	CUAUHTEMOC	347,84	349,35	1,0043	0,0149	0,2871	0,0144	0,2834	0,0519	0,0502	0,9871	
230	CUAUTITLAN	192,99	167,71	0,8690	0,0281	0,5174	0,0240	0,7522	0,0543	0,0464	1,4538	
231	CUERNAVACA	171,46	123,42	0,7198	0,0365	0,5821	0,0632	1,2627	0,0627	0,1086	2,1692	
450	C. GORDO C.	212,16	135,93	0,6407	0,0247	0,4707	0,0632	1,2627	0,0525	0,1343	2,6826	
216	C. GORDO	401,33	265,36	0,6612	0,0136	0,2488	0,0316	0,6314	0,0547	0,1270	2,5378	
234	ECATEPEC	230,54	190,42	0,8259	0,022	0,4332	0,0371	0,707	0,0508	0,0856	1,6320	
308	ESTADIO	390,01	354,85	0,9099	0,0227	0,2554	0,0172	0,3323	0,0889	0,0673	1,3011	
235	GUADALUPE	204,65	133,84	0,6540	0,0288	0,4878	0,0632	1,2627	0,0590	0,1296	2,5886	
297	HILY TEJ.	120,4	110,63	0,9189	0,0677	0,8278	0,1431	1,0418	0,0818	0,1729	1,2585	
309	HUASTECA	191,08	166,75	0,8727	0,0296	0,5225	0,024	0,7522	0,0567	0,0459	1,4396	
236	IGUALA	115,83	34,65	0,2992	0,0834	0,8593	0,0024	6,9376	0,0971	0,0028	8,0735	

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1996 (JUNIO DE 1996) **

NUM. DE BUS	SUBSTACION	C.C.1.F.		C.C.1.F.		IMP. SEC.1		IMP. SEC.2		R1/X1	R0/X1	X0/X1
		MVA	MVA	C.C.3.F.	C.C.3.F.	R1(OH)	X1	R0(OH)	X0	(O1)	(O1)	(O1)
237	INDIANILLA	194,15	168,30	0,8660		0,0297	0,5142	0,024	0,7522	0,0578	0,0467	1,4629
238	INSURGENTES	174,16	157,84	0,9063		0,04	0,5728	0,024	0,7522	0,0698	0,0419	1,3132
239	IROLO	151,28	144,65	0,9575		0,1000	0,6534	0,0240	0,7522	0,1530	0,0367	1,1512
353	IROLO B	151,28	144,35	0,9575		0,1	0,6534	0,024	0,7522	0,1530	0,0367	1,1512
209	KAMICUILFAN	63,64	95,15	1,1412		0,2174	1,1756	0,0378	0,756	0,1849	0,0322	0,6431
213	IXTAFALAPA	293,39	280,37	0,9911		0,0182	0,3524	0,0182	0,3619	0,0516	0,0516	1,0270
241	IXTLAHUACA	161,3	119,94	0,7436		0,0921	0,6131	0,0632	1,2627	0,1502	0,1031	2,0595
242	JAMAICA	196,33	169,38	0,8627		0,0277	0,5086	0,024	0,7522	0,0545	0,0472	1,4790
243	JASSO A	182,22	127,02	0,6971		0,0345	0,5477	0,0632	1,2627	0,0630	0,1154	2,3055
412	JOROBAS	275,65	274,96	0,9975		0,0187	0,3623	0,0188	0,365	0,0516	0,0519	1,0075
10	JUANDO	147,92	161,97	1,0949		0,0670	0,6727	0,0250	0,5000	0,0996	0,0372	0,7433
205	K-0	292,52	280,35	0,9923		0,0181	0,3535	0,0182	0,3617	0,0512	0,0515	1,0232
245	K-42	167,06	178,89	1,0708		0,069	0,5946	0,024	0,48	0,1160	0,0404	0,8073
405	LA QUEBRADA	82,732	83,46	1,0088		0,0627	1,2071	0,0588	1,1758	0,0519	0,0487	0,9741
107	LECHERIA	405,39	463,44	1,1432		0,0093	0,2465	0,0077	0,1538	0,0377	0,0312	0,6239
311	LERMA	151,5	116,14	0,7666		0,0742	0,6559	0,0632	1,2627	0,1131	0,0964	1,9251
246	LOMA	204,21	133,71	0,6548		0,0294	0,4888	0,0632	1,2627	0,0601	0,1293	2,5833
247	MADERO	307,85	296,99	0,9647		0,0168	0,3244	0,0182	0,3600	0,0518	0,0561	1,1097
210	MAGDALENA	194,59	169,12	0,8691		0,027	0,5132	0,0237	0,7458	0,0526	0,0462	1,4532

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1996 (JUNIO DE 1996) **

NUM. DE BUS	SUBESTACION	C.C.F.		C.C.F.F.	IMP. SEC. (X)			R1(X)	R0(X)	X0(X)	
		MVA	MVA		R1(Q)	X1(Q)	R0(Q)				
320	MERCED	347,94	349,33	1,0040	0,0152	0,287	0,0148	0,2836	0,0530	0,0516	0,9882
248	MOCTEZUMA	179,18	160,54	0,8060	0,0300	0,5573	0,0240	0,7522	0,0538	0,0431	1,3497
249	MORALES	206,38	134,33	0,6509	0,0269	0,4838	0,0632	1,2627	0,0556	0,1306	2,6100
420	MORELOS	275,31	274,69	0,9977	0,0195	0,3627	0,0188	0,3652	0,0538	0,0518	1,0069
220	NAUCALPAN	207,38	134,61	0,6491	0,0278	0,4814	0,0632	1,2627	0,0577	0,1313	2,6230
250	NETZAHUALC.	161,6	150,77	0,9330	0,0473	0,617	0,024	0,7522	0,0767	0,0389	1,2191
323	ODON DE BUEN	430,49	377,98	0,8780	0,0151	0,2318	0,0169	0,3287	0,0651	0,0729	1,4180
207	OLIVAR	188,29	165,32	0,8780	0,0292	0,5303	0,0240	0,7522	0,0551	0,0453	1,4184
292	ORO	141,71	143,94	1,0157	0,1157	0,6961	0,0337	0,6751	0,1662	0,0484	0,9698
187	PACHUCA	166,87	153,80	0,9217	0,0499	0,5972	0,024	0,7522	0,0836	0,0402	1,2595
252	PAHITLAN	163,77	152,02	0,9283	0,0456	0,6089	0,0240	0,7522	0,0749	0,0394	1,2353
221	PATERA	109,53	105,96	0,8756	0,0294	0,5268	0,024	0,7522	0,0558	0,0456	1,4279
253	PEÑSADOR MEX.	281,87	279,87	0,9929	0,0183	0,3543	0,0184	0,3619	0,0517	0,0519	1,0215
338	PERALVILLO	345,56	347,69	1,0062	0,0150	0,2890	0,0145	0,2837	0,0519	0,0502	0,9817
415	P.I. REFORMA	75,381	78,32	1,0390	0,0963	1,3231	0,0588	1,1758	0,0728	0,0444	0,8887
254	REFORMA	192,59	167,51	0,8698	0,0297	0,5184	0,024	0,7522	0,0573	0,0463	1,4510
218	REMEDIOS	287,07	283,52	0,9876	0,0176	0,3479	0,018	0,361	0,0506	0,0517	1,0377
255	REYES	191,72	130,01	0,6781	0,029	0,5208	0,0632	1,2627	0,0557	0,1214	2,4245

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1996 (JUNIO DE 1996) **

NUM. DE BUS	SUBSTACION	C.C.3F	C.C.1F	C.C.1F7	IMP. SEC (I)		IMP. SEC (O)		R1(X1)	R0(X1)	X0(X1)
		MVA	MVA	C.C.3F	R1(O1)	X1	R0(O1)	X0	(O1)	(O1)	(O1)
256	SALTO	79,977	81,09	1,0139	0,0645	1,2487	0,0599	1,1973	0,0517	0,0480	0,9588
209	SAN ANDRES	193,16	168,55	0,8726	0,0291	0,5169	0,0236	0,7442	0,0563	0,0457	1,4397
214	SAN ANGEL	348,69	349,88	1,0034	0,0149	0,2864	0,0142	0,2835	0,0520	0,0496	0,9899
258	SAN LAZARO	207,97	134,78	0,6481	0,0300	0,4799	0,0632	1,2627	0,0625	0,1317	2,6312
287	STA. CRUZ	286,08	282,85	0,9887	0,0177	0,3491	0,0181	0,3611	0,0507	0,0518	1,0344
219	TACUBA	192,77	168,21	0,8726	0,0297	0,5179	0,0237	0,7458	0,0573	0,0458	1,4400
332	TACUBAYA	336,72	340,97	1,0126	0,0170	0,2965	0,0146	0,2855	0,0573	0,0492	0,9629
259	TAXCO	129,79	35,40	0,2727	0,0541	0,7686	0,0024	6,9376	0,0704	0,0031	9,0263
378	TAXQUEÑA 1F A	268,2	278,42	1,0381	0,0204	0,3723	0,0165	0,3314	0,0548	0,0443	0,8901
206	TAXQUEÑA 3F B	411,66	578,76	1,4052	0,0139	0,2424	0,0147	0,0318	0,0573	0,0606	0,1312
379	TAXQUEÑA 3F C	318,18	332,66	1,0455	0,0175	0,3138	0,0136	0,2729	0,0558	0,0433	0,8697
368	TECAMACHALCO	283,39	280,82	0,9909	0,0183	0,3524	0,0182	0,3621	0,0519	0,0516	1,0275
295	TEP. PAR. IND.	181,72	192,61	1,0599	0,0349	0,5492	0,0228	0,4564	0,0635	0,0415	0,8310
342	TIZAYUCA	276,36	275,84	0,9981	0,02	0,3613	0,0186	0,3634	0,0554	0,0515	1,0058
260	TOLUCA	196,28	131,40	0,6694	0,033	0,5084	0,0632	1,2627	0,0649	0,1243	2,4837
303	TULANCINGO	182,81	201,43	1,1018	0,0693	0,5426	0,0197	0,3957	0,1277	0,0363	0,7293
217	VALLE DE MEX.	208,79	135,00	0,6466	0,025	0,4783	0,0631	1,2628	0,0523	0,1319	2,6402
261	VALLEJO	283,64	280,93	0,9904	0,018	0,3521	0,0185	0,3623	0,0511	0,0525	1,0290
262	VERONICA	191,16	166,79	0,8725	0,0295	0,5223	0,0240	0,7522	0,0565	0,0460	1,4402

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
DEPARTAMENTO DE PLANEACION
VALORES DE CORTO CIRCUITO Y RELACIONES DE IMPEDANCIA
CONDICIONES NORMALES

** ESTUDIO DE FALLAS EN 23 KV CONDICIONES NORMALES PARA 1996 (JUNIO DE 1996) **

NUM. DE BUS	SUBSTACION	C.C.F. MVA	C.C.F. MVA	C.C.F. C.C.F. (%)	IMP. SEC. R (01)	IMP. SEC. X (%)	IMP. SEC. R (01)	IMP. SEC. X (%)	R/X (%) (01)	R/X (%) (01)	R/X (%) (01)
389	VERTIZ	349,55	350,58	1,0029	0,0148	0,2857	0,0143	0,2832	0,0518	0,0501	0,9912
257	VICTORIA	286,89	283,41	0,9875	0,0176	0,348	0,0181	0,3612	0,0506	0,0520	1,0379
277	VIDRIO PLANO	179,72	160,64	0,8949	0,0352	0,5553	0,0240	0,7522	0,0634	0,0432	1,3546
277	V. FLORES	179,72	160,64	0,8949	0,0352	0,5553	0,024	0,7522	0,0634	0,0432	1,3546
263	XALOSTOC	228,29	185,20	0,8077	0,0216	0,4356	0,3355	0,7038	0,0496	0,7702	1,6157
385	XOCHMILCO 1	348,81	350,05	1,0035	0,0149	0,2853	0,0142	0,2833	0,0520	0,0496	0,9895
264	ZICTEPEC	163,65	120,69	0,7375	0,0631	0,6078	0,0631	1,2628	0,1038	0,1038	2,0777
251	ZIMAPAN	68,67	81,98	1,1938	0,3332	1,4176	0,0378	0,756	0,2350	0,0267	0,5333
240	ZUJIPANGO	171,06	156,13	0,9127	0,0388	0,5833	0,024	0,7522	0,0665	0,0411	1,2896

FALLA MÁXIMA TRIFÁSICA
S.E. COCUIMALPA 458,68 MVA

FALLA MÁXIMA MONOFÁSICA
S.E. TAXQUEÑA 578,765 MVA