



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**AFECTACIONES A LA INFRAESTRUCTURA
DEL SISTEMA ELÉCTRICO POR
FENÓMENOS NATURALES Y OTROS EN LA
CIUDAD DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JOSÉ LUIS PASTÉN RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Eduardo Reinoso Angulo

Agosto 2010





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.

Dedicado a:

Mi Padre, quien me enseñó a ser tenás y valorar la gran importancia que tienen los hombres que como él nunca dejaron de luchar y hacerme sentir orgullosamente universitario.

A mi Madre, por su inmenso amor que me motivo a ser alguien en la vida.

A mis Hijos, por la gran fuente de inspiración que son, y me demuestran todos los días lo orgullosos que se sienten de mí y yo de ellos.

A mis Hermanos que siempre me han apoyado.

Y a esa gran hermosa mujer que me inspiró, que creyó en mí y que además me dio paz en mi corazón.

Agradecimientos:

A la Universidad manantial de grandes hombres, mi alma mater que es un gran orgullo pertenecer a ella honrándola todos los días trabajando con tesón para así cubrir de gloria su nombre inmortal.

A la Facultad de Ingeniería, que es la mejor de todas y sus valiosos conocimientos que hace que emanen más y mejores ingenieros para cubrir las necesidades del país

A todos y cada uno de mis maestros que con su sabiduría me enseñaron con gran espíritu y convicción de que se puede ser cada día mejor.

Al doctor Eduardo Reinoso Angulo por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar con él en esta importante parte de mi vida que nunca olvidaré.

Al Instituto de Ingeniería que me dio la oportunidad de seguir superándome día con día hasta alcanzar mi objetivo.

A mis amigos y compañeros de mi vida.

Índice

Índice de figuras	81
Índice de tablas	86
Resumen	7
Introducción	8
1 Capítulo 1.....	9
Problemática	9
1.1 Generalidades	9
1.2 Generación eléctrica.....	9
1.3 Transporte.....	12
1.4 Distribución	14
1.4.1 Infraestructura para la distribución	16
1.4.2 Redes de distribución	18
1.4.3 Red aérea de distribución eléctrica o líneas aéreas	21
1.4.4 Postes de concreto reforzado	24
1.4.5 Transformadores	30
1.4.6 Instalación de transformador trifásico aéreo.....	31
1.4.7 Redes subterráneas de distribución de mediana tensión	33
1.4.8 Redes de distribución aérea de baja tensión.....	38
1.4.9 Red de distribución de baja tensión subterránea	42
1.4.10 Acometidas	44
2 Capítulo 2 Afectaciones por el viento	46
2.1 Introducción.....	46
2.2 Afectaciones por viento en cables de alta tensión con catenaria	46
2.3 Afectaciones por viento en letreros espectaculares	47
2.4 Afectaciones por viento en los árboles	48
2.5 Afectación por viento en cables de mediana tensión con exceso de catenaria	49

3	Capítulo 3 Afectaciones por efecto de la lluvia	51
3.1	Introducción.....	51
3.2	Lluvia y árboles tocando los cables de mediana tensión	52
3.3	Lluvia por en los arboles por encima del cableado electico de mediana tensión.....	52
3.4	Lluvia y tormenta eléctrica en zona arbolada con cableado eléctrico de mediana tensión.....	53
3.5	Lluvia en zona de red subterránea con cableado eléctrico de mediana tensión	54
3.6	Lluvia en zona de cableado eléctrico de mediana y baja tensión.....	54
4	Capítulo 4 Afectaciones por efecto de sismo	55
4.1	Definición	55
4.2	Introducción.....	55
4.3	Daños que provocaría un sismo en torres de alta tensión y subestaciones eléctricas	56
4.4	Daños que provocaría un sismo con magnitud menor a 8.1 en la escala Richter en la Ciudad de México	56
4.5	Daños permanentes que provocó el sismo de 1985 en la Ciudad de México.....	59
4.6	Daños por trabajos mal ejecutados por personal de la empresa prestadora de servicio	61
4.7	Daños que provocaría un sismo mayor igual al que ocurrió en el año de 1985 en la Ciudad de México	62
5	Capítulo 5 Afectación al sistema eléctrico por otros	66
5.1	Introducción.....	66
5.2	Accidente por electrocución alguna persona	66
5.2.1	Accidentes de trabajadores del sistema eléctrico.....	66
5.2.2	Accidentes de trabajadores de la construcción	67
5.2.3	Accidentes de cualquier persona	70
5.3	Accidente por electrocución de algún animal.....	71

5.4	Afectaciones por poste chocado.....	71
5.5	Fallas por falta de mantenimiento a las instalaciones eléctricas de alta, mediana y baja tensión.....	75
5.6	Fallas por falta de mantenimiento a las instalaciones eléctricas en zona industrial o habitacional.....	78
	Conclusiones.....	80
	Referencias.....	85
	Anexos.....	86

Resumen

En México la energía eléctrica es producida por distintas formas y en distintos tipos de generadoras eléctricas tales como centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, geotermoeléctricas, nucleoeeléctricas y otras. Esta energía eléctrica es transportada por cables de alta tensión en torres de acero a distintas poblaciones determinadas. Posteriormente, está viaja a lo largo y ancho del territorio nacional hasta llegar a diferentes partes de la República Mexicana como es el caso de la Ciudad de México. Dicha energía entra a la ciudad por distintas partes, esto depende de la localización de la planta generadora de la que se trate, llega a distintas subestaciones eléctricas para disminuir la tensión eléctrica, estas son subestaciones reductoras, y están localizadas dentro del valle de México; la función de éstas es disminuir la tensión eléctrica pasando de alta a mediana tensión para su posterior distribución. Esto se realiza en su gran mayoría a través de la red aérea de mediana tensión, la cual cubre casi en su totalidad la ciudad capital y su zona conurbada (existe una parte significativa dentro del primer cuadro de la Ciudad de México y en algunos puntos en la periferia la cual es alimentada de energía eléctrica vía subterránea). La red aérea de distribución de mediana tensión eléctrica es soportada en postes de concreto reforzado o postes de acero troncocónicos, los cuales deben de tener por norma de seguridad no menos de diez metros de altura, la red aérea nace a la salida de las distintas subestaciones eléctricas reductoras que hay en esta ciudad, corre esta red aérea de mediana tensión en los distintos circuitos predeterminados de la ciudad cubriendo así distintas zonas, cada una de las subestaciones tiene un determinado número de circuitos y de esta manera se cubren las necesidades de todo el valle de México. Esta red aérea de distribución eléctrica por su naturaleza, es muy susceptible a tener frecuentes interrupciones en el suministro de dicha energía por múltiples eventos que se pueden suscitar a lo largo de la red, tales eventos como afectaciones al sistema eléctrico por lluvia, viento, sismo u otros, en estos últimos se presentan múltiples y frecuentes accidentes como son: postes chocados, personas o animales electrocutados, entre otros. Lo anterior afecta directamente en la distribución de energía eléctrica provocando pérdidas económicas en el sector público e industrial, además de la consiguiente molestia a la ciudadanía en general.

Introducción

En esta obra se da a conocer al lector en una primera instancia las principales formas de generación, transmisión y distribución eléctrica para la Ciudad de México. Se presenta una descripción general de la infraestructura eléctrica actual instalada de la red de sustentación aérea y de la red subterránea, además las principales causas por las cuales se presentan las diferentes formas de interrupción de energía eléctrica en la Ciudad de México. Se consideran que intervienen principalmente dos factores, el primero son interrupciones por fenómenos naturales como, viento, lluvia y sismo, en el caso de la lluvia y el viento son eventos que sí a la infraestructura eléctrica actual se le diera el mantenimiento adecuado no se vería afectado por ninguna razón, en el caso del sismo solo que este fuera de una gran magnitud (mayor a 7.0 grados en la escala de Richter) se tendrían afectaciones al sistema eléctrico, y el segundo por factores en donde interviene directamente la ciudadanía con una muy alta probabilidad de provocar accidentes como pueden ser los provocados por los automovilistas que afectan chocando y derribando directamente a los diferentes tipos de elementos que sustentan la infraestructura de distribución eléctrica, como son postes de concreto reforzado o de acero troncocónicos, con o sin transformadores trifásicos u otra clase de equipo de distribución, personal de la empresa que abastece de energía eléctrica a la población con accidentes en cables de conducción eléctrica, o personas de cualquier índole que por ignorancia tocan los cables energizados por descuido o a propósito y se accidentan, además de algunos animales que sin querer se electrocutan. Todo lo anterior provoca interrupción en el suministro de energía eléctrica, dependiendo de las condiciones y el tipo de siniestro que se tenga en la red eléctrica de distribución será el tiempo de trabajos de reparación de dicha red y esto a su vez será el Tiempo de Interrupción Usuario (TIU).

Capítulo 1

Problemática

Existe en la Ciudad de México una gran falta de información para la población en general, ya que no saben las causas por las cuales se ve afectado el suministro de energía eléctrica y su consecuente interrupción. En este documento se enunciarán los que generalmente afectan directamente a las distintas formas de transmisión y distribución en redes eléctricas, desarrollando en diferentes capítulos las distintas formas de interrupción que pueden ser por fenómenos naturales tales como el viento, la lluvia, los sismos y otros. En estos últimos una parte son por errores del hombre ya que los accidentes de tipo vial afectan directamente a las instalaciones de la infraestructura eléctrica, o accidentes por personas en el cableado y que además en algunas muchas zonas dicha infraestructura data de los años 50's y 60's, y requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo constante.

1.1 Generalidades

Existen muchos motivos por los cuales se ven afectadas las distintas formas o redes de transmisión y distribución eléctrica. Estas son de transmisión la red aérea de alta tensión y de distribución la red aérea y subterránea de mediana y baja tensión. En general podemos dividir estas afectaciones en cuatro grandes grupos.

- Por efecto del viento
- Por efecto de la lluvia
- Por efecto de sismo y
- Otros

A continuación se mencionan algunas formas de generación de energía eléctrica.

1.2 Generación eléctrica

En la actualidad en México la energía eléctrica se genera en diversas centrales, tales como:

- Hidroeléctricas
- Termoeléctricas
- Geotermoeléctricas
- Nucleoeléctricas y
- Otras.

Por medio de turbinas y en la mayoría de estos casos, como elemento principal, se utiliza el agua, ya sea en estado líquido o de vapor que mueven distintos tipos de turbinas las cuales giran a grandes velocidades, que a su vez están conectadas con generadores

eléctricos que producen este tipo de energía renovable. A continuación se presentan aquí algunos ejemplos

En las figuras 1.1 a 1.4 se puede observar algunas de las formas de generación eléctrica aprovechando el impulso de un recurso natural renovable que es el agua, en todas las generadoras se encuentra una subestación elevadora. Ésta se encarga de elevar el potencial eléctrico para su posterior transmisión hacia las distintas ciudades y es transportada por torres de alta tensión.



Figura 1.1 Presa hidroeléctrica Zimapán en el estado de Hidalgo.



Figura 1.2 Termoeléctrica del valle de México ubicada en el municipio de Acolman del estado de México.



Figura 1.3 Geotermoelectrica los Azufres II ubicada en el municipio de Ciudad Hidalgo en el estado de Michoacán.



Figura 1.4 Central nucleoelectrica Laguna Verde ubicada en la población de Laguna Verde en el estado de Veracruz.

Posterior a la generación de la energía eléctrica, ésta se canaliza a una subestación elevadora, la cual transforma y eleva el potencial eléctrico generado en lo que se denomina alta tensión, esto es que de las generadoras entregan un potencial eléctrico de 3 a 36 kV y la subestación eleva la tensión eléctrica a un rango de 132 a 420 kV para su transmisión a las diferentes poblaciones del territorio nacional.

1.3 Transporte

El transporte de la energía eléctrica generada por diferentes centrales se hace por vía aérea en torres de acero las cuales sustentan cables de alta tensión y finalmente llegan a subestaciones de cada población. Estas subestaciones son reductoras de tensión eléctrica para su posterior distribución dentro de cada una de las distintas ciudades del país.

En la figura 1.5 se puede apreciar el tendido eléctrico aéreo de transmisión de la presa generadora hidroeléctrica la Yesca. En esta al igual que otro tipo de generadoras su principal propósito es de dotar de energía eléctrica a diferentes poblaciones del país. Esta energía es transportada a lo largo y ancho del país en redes de transmisión. En estas redes el potencial eléctrico fluye por cableado de alta tensión y es soportada en torres de acero, estas líneas de transmisión transportan dicha energía hasta las distintas subestaciones eléctricas reductoras ubicadas en distintas ciudades como la de México para su posterior distribución.



Figura 1.5 Salida de la subestación elevadora y transporte de la presa hidroeléctrica la Yesca, ubicada en el municipio de El Nayar en el estado de Jalisco.

En la figura 1.6 se presenta un mapa con la red troncal del área central del país en la cual se puede observar que la mayor parte de la energía eléctrica que es demandada por esta parte central es traída de lugares muy retirados tales como la hidroeléctrica de Zimapán, la hidroeléctrica de Necaxa, la nucleoeléctrica de Laguna Verde en Veracruz, entre otras. En el recuadro de la izquierda se pueden observar los porcentajes y las cantidades en Megawatts que son requeridas para esta parte central. Más de 70% de la energía recibida por el área de control central (ACC) se genera y es transportada desde lugares remotos. (Fuente: Luz y Fuerza del Centro, Subdirección de Producción, 25 de junio de 2009).

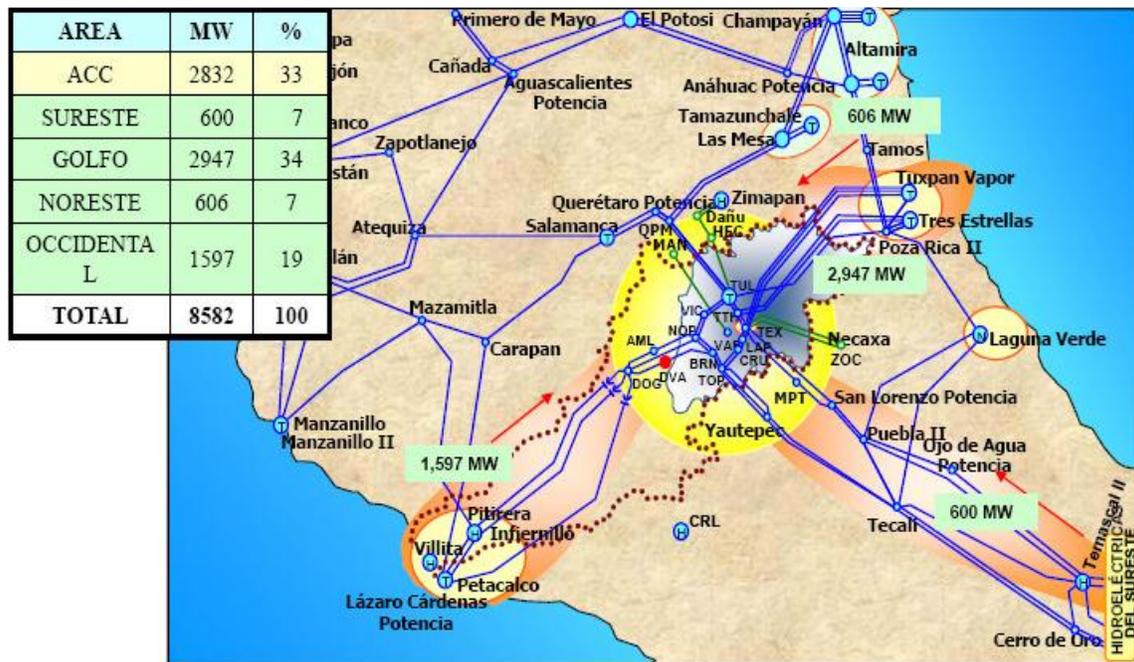


Figura 1.6 Mapa de localización de los lugares que transmiten energía eléctrica para la zona centro del país incluida la Ciudad de México.

Es necesario crear más y mejores plantas de generación eléctrica, ya que en un tiempo no muy lejano las actuales se verán rebasadas por la gran demanda de energía que tiene la parte centro del país. Esto se ve reflejado en algunos apagones que se presentan en la actualidad y de no ser atendida esta demanda los apagones se verán con mayor frecuencia, además de verse afectada toda clase de industria que utilice energía eléctrica.

En la figura 1.7 se puede observar una de tantas “avenida de las torres” que existen en la Ciudad de México, este nombre es tomado por la red aérea de alta tensión que pasa por ahí, estas vienen de distintas partes del país y recorren por circuitos determinados el valle de México, pero todas al igual que esta llegan a una determinada subestación eléctrica.



Figura 1.7 Vista de red de transmisión eléctrica aérea dentro de la Ciudad de México.

Para la ciudad de México la Comisión Federal de Electricidad (CFE), trae desde lugares muy lejanos la energía eléctrica por todos los circuitos predeterminados llámese “avenidas de las torres” a las distintas subestaciones eléctricas existentes, estas se denominan subestaciones eléctricas reductoras, en las cuales se procesa la tensión eléctrica para su posterior distribución. Estas líneas de transmisión se pueden ver en la figura 1.6 donde se muestra la red troncal de la zona centro del país.

1.4 Distribución

Para entender un poco más sobre la distribución del potencial eléctrico es necesario saber de dónde nace la energía eléctrica que dota a la Ciudad de México y su zona conurbada. Esta nace de las diferentes subestaciones eléctricas reductoras instaladas en lugares estratégicos.

Una subestación eléctrica reductora es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía. Su equipo principal es el transformador.

En la figura 1.8 se muestra parte de una subestación eléctrica reductora de intermedia que reducen el nivel de tensión eléctrica hasta valores que, habitualmente está entre 13.2, 15, 23, 45 ó 66 kV y entregan la energía a la red de distribución. En la Ciudad de México se distribuye tensión eléctrica de 23 kV, conocida también como energía eléctrica de mediana tensión.



Figura 1.8 Subestación eléctrica reductora de intemperie.

Desde las subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora) que ha de construir la infraestructura de distribución y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes. Estas líneas energizadas a distintas tensiones y las instalaciones en que se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red de distribución. En el caso del valle de México las líneas son energizadas con mediana tensión para su distribución, y pueden ser aéreas o subterráneas.

Se considera en cuestión a la tensión eléctrica en la Ciudad de México lo siguiente:

- Alta tensión de 132 hasta 400 kV
- Mediana tensión de 13.2 hasta 66 kV
- Baja tensión de 127 hasta 330 V

Posteriormente a esto, en los centros de transformación, se reducen los niveles de tensión eléctrica hasta valores comerciales (baja tensión) aptos para el consumo doméstico e industrial, típicamente 330 V. Estos centros de transformación son para la Ciudad de México aéreas en poste o de pedestal a nivel de piso o subterráneas.

En el esquema de la figura 1.9 se puede observar, a grandes rasgos, la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, para los diferentes usuarios como son los domésticos, industriales, recreativos, hospitalarios o comerciales.

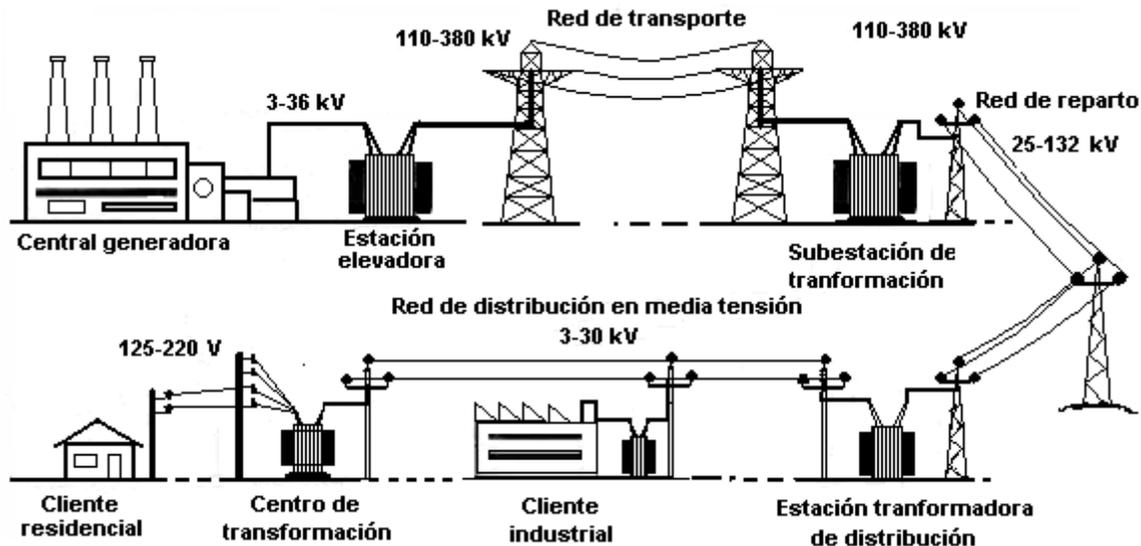


Figura 1.9 Esquema de generación, transmisión y distribución eléctrica.

1.4.1 Infraestructura necesaria para la distribución

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios, elementos y materiales útiles para el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Como la principal forma de distribución en esta ciudad es aérea se inicia con una descripción general de la misma. De una manera muy general podemos señalar algunos de los principales elementos y materiales que comprenden la parte de la sustentación de la red aérea de mediana tensión, como son postes de concreto reforzado y acero troncocónico de diferentes tamaños, cables de distintos calibres, crucetas de acero A-36 de canal de cuatro y seis pulgadas de ancho, soportes para aisladores, aisladores de porcelana y vidrio templado, interruptores de corriente tipo “cuchillas”, apartarrayos, cortacircuitos, plataformas para transformadores, transformadores trifásicos, y otros elementos para dar mantenimiento a las líneas de mediana tensión como seccionadores, además de muchos otros elementos para distintas funciones que en este caso no abundaremos. Véase figuras de la 1.10 a la 1.19.



Figura 1.10 Cruceta de acero de 4" A-36 de nombre 43 Normal.



Figura 1.11 Soporte para aislador Porcelana.



Figura 1.12 Aislador de porcelana.

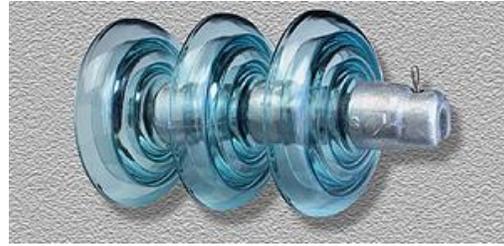


Figura 1.13 Aislador de vidrio templado.

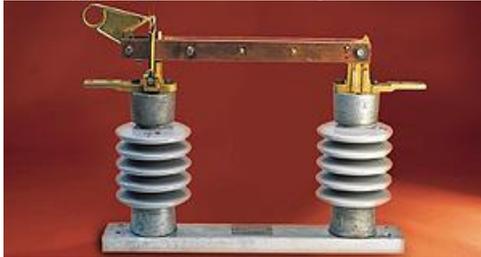


Figura 1.14 Interruptor tipo "cuchillas"



Figura 1.15 Apartarrayos.



Figura 1.16 Plataforma para transformador aéreo.



Figura 1.17 Cortacircuitos tipo "C"



Figura 1.18 Transformador trifásico.



Figura 1.19 Cable ACSR- 336 de 1/0.

En la figura 1.20 podemos encontrar instalados en un poste de acero troncocónico A-17, elementos como cruceta 43 N (ver figura 1.10) que sustenta en la parte superior a tres soportes con sus tres aisladores de porcelana (ver figuras 1.11 y 1.12), estos aisladores soportan al cable de aluminio ACSR-336 de calibre de 1/0 (ver figura 1.19) que lleva un potencial eléctrico de mediana tensión, más abajo se tienen otras dos crucetas 43 N en las cuales se sustentan por un lado tres apartarrayos (ver figura 1.15) y por otra tres cortacircuitos ver figura (1.17), que a su vez alimentan a un transformador trifásico aéreo el cual está sustentado en una plataforma de acero A-36 (ver figuras 1.16 y 1.18) y este transformador alimenta a un mercado popular. Este es uno de tantos casos de instalaciones eléctricas en la cual intervienen algunos elementos de sustentabilidad y distribución eléctrica que existen en la Ciudad de México, hay muchos más elementos que conforman la infraestructura eléctrica actual los cuales se van a ir describiendo conforme se presenten la instalaciones de las que se esté haciendo referencia y que están instalados a todo lo largo de la red eléctrica.



Figura 1.20 Transformador trifásico aéreo.

1.4.2 Redes de distribución

Un sistema de distribución eléctrica es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación eléctrica reductora de potencial hasta el usuario. La distribución de energía eléctrica comprende las líneas primarias o líneas de mediana tensión de distribución, los transformadores de distribución y las líneas secundarias o líneas de baja tensión de distribución, las acometidas y los medidores.

En el flujo eléctrico de mediana tensión al interrumpirlo por cualquier causa busca la continuidad y se crea un arco eléctrico de 23 kV, y es necesario contar con equipos de seccionamiento. Para la Ciudad de México existen muchos circuitos de mediana tensión predeterminados que dan servicio a un determinado número de usuarios, estos equipos cuentan con diferentes tipos de seccionadores para poder dar mantenimiento o seccionar los lugares en donde exista una falla y así de esa manera poder hacer los trabajos de reparación que requiera dichos circuitos. Estos pueden ser automáticos o manuales.

En la figura 1.21 se muestra un reconectador automático de gas. Este equipo reconecta automáticamente el potencial eléctrico de mediana tensión, es decir que hace recierres de energía eléctrica a 6,8 y 10 segundos después de alguna interrupción en el suministro eléctrico, si el problema persiste interrumpe el flujo eléctrico e internamente rompe el arco eléctrico con lo cual no hay continuidad. Trabaja a base de gas SF₆ (Sulfur Hexafluoride Hexafluoruro de Azufre) que es dieléctrico, más pesado que el aire y muy seguro con el medio ambiente, y sirve para dar mantenimiento a la red aérea de mediana tensión. Estos reconectadores se instalan a la mitad de la red de distribución troncal, ya que la subestación eléctrica reductora también hace recierres.



Figura 1.21 Reconectador automático de gas GVR (Gas Voltage Recloser).

A continuación se hace mención de otro tipo de seccionadores instalados a lo largo de los circuitos de la red eléctrica de mediana tensión, además del anterior en postes de concreto reforzado o de acero troncocónicos. Existen otro tipo de equipos instalados en lugares estratégicos llamados seccionadores eléctricos tele controlados y manuales. El tele controlado detectan entre otros, algún calentamiento en las líneas de tensión eléctrica, sobrecarga eléctrica, cruce de entre líneas o algún accidente y de manera automática secciona o interrumpe el flujo eléctrico como el que se ve en la figura 1.22.



Figura 1.22 Equipo seccionador tele controlado JOSLYN.

Los seccionadores manuales se operan de dos maneras, con potencial y sin potencial eléctrico. Los que se operan con potencial deben de tener instaladas cuchillas tripolares ALDUTI, estas tienen instalados explosores que por medio de vacío y con un solo movimiento en el control manual accionan mecánicamente los tres explosores, los cuales rompen el arco eléctrico. En la figura 1.23 se muestra un ejemplo de lo anterior.



Figura 1.23 Cuchillas tripolar ALDUTI.

Los seccionadores que se operan de forma manual sin potencial eléctrico son un sistema cuchillas interruptoras, las cuales se instalan de manera invertida. Se operan de manera manual con pértigas dieléctricas una por una, como el sistema que se muestra en la figura 1.24. Todo esto es con el fin de evitar lo más posible el Tiempo de Interrupción Usuario (TIU).



Figura 1.24 Cuchillas invertidas manuales con cortador.

En la figura 1.25 se muestra la planta termoeléctrica Jorge Luque que genera y abastece de energía eléctrica a una parte de la zona norte del valle de México, esta cuenta con su propia subestación reductora, la cual entrega de manera rápida potencial eléctrico de 23 kV y lo envía a las redes aéreas de mediana tensión para dar servicio a la ciudadanía. Se pueden ver los distintos elementos, como crucetas, aisladores de vidrio templado, apartarrayos, cortacircuitos etc., ya anteriormente descritos sobre todo en la parte de sustentación de líneas aéreas de distribución de mediana tensión eléctrica.



Figura 1.25 Central termoeléctrica Jorge Luque.

A continuación se hace una descripción de manera general de la red aérea o líneas aéreas de distribución.

1.4.3 Red aérea de distribución eléctrica o líneas aéreas

La red de distribución eléctrica aérea se divide principalmente en dos:

- Red aérea de mediana tensión o líneas aéreas de mediana tensión y
- Red aérea de baja tensión o líneas aéreas de baja tensión.

Red aérea de mediana tensión o líneas aéreas de mediana tensión.

La red de distribución aérea de mediana tensión es una red automática, esto es que funciona con múltiples dispositivos desde las subestaciones eléctricas reductoras, hasta los reconectores anteriormente descritos que detectan cualquier falla en el suministro de energía eléctrica y normalizan con sus respectivos recierres el flujo de energía eléctrica hasta donde sea posible. También cuenta con muchos y múltiples equipos de seccionamiento tele controlados y manuales, los cuales al operarse aíslan lo más posible el lugar de la falla para posteriormente hacer las reparaciones pertinentes.

La red aérea de mediana tensión, se inicia por la salida de la subestación reductora que por vía subterránea alimenta con cables especiales al primer poste de concreto reforzado o de acero troncocónico la red de distribución. Esta salida se inicia con unos interruptores de corriente llamados “cuchillas de salida” o “primeras de salida”, que son interruptores de corriente manuales, que se instalan en vía aérea en los postes de concreto reforzado o en postes de acero troncocónico de una altura aproximada de 14 metros. Esta altura por normas técnicas se procura mantener a lo largo de toda la red de distribución en la Ciudad de México. En las figuras 1.26 y 1.27 se observa el inicio para dos circuitos de la red aérea de distribución de mediana tensión de una de tantas subestaciones reductoras (esta es la subestación San Ángel Ubicada en Av. 5 de Mayo esq. Alta Tensión, de Álvaro Obregón D.F., y abastece a un gran número de usuarios al Sur- Poniente de la Ciudad de México).



Figura 1.26 “Cuchillas” interruptoras primeras de salida de la subestación reductora San Ángel.



Figura 1.27 Primeras de salida de otro circuito de la subestación San Ángel.

Cabe señalar que existen en lugares estratégicos otras subestaciones reductoras que dotan de energía eléctrica junto con esta a toda la ciudad capital y su zona conurbada.

La red aérea la energía eléctrica es distribuida generalmente por cableado de aluminio con un alma de acero galvanizado reforzado como el que se muestra en la figura 1.28.



Figura 1.28 Cable de aluminio con alma de acero galvanizado reforzado para la distribución eléctrica de mediana tensión.

Esta red sale con una carga eléctrica de mediana tensión (23 KV) la cual que se compone de tres fases de potencial eléctrico, y corre a lo largo de los circuitos predeterminados para toda la ciudad, salvo en lugares que existan cables subterráneos, este cable aéreo es para el valle de México de tres calibres que a continuación se detallan.

A continuación se detallan los diferentes tipos de cables y calibres de aluminio para la red aérea de distribución de energía eléctrica, o líneas aéreas de mediana tensión.

- | | |
|--|---|
| 1. – ACSR (Aluminum Cable Steel Reinforced)
Cable de Aluminio Reforzado con Acero | No 2 American Wire Gauge Standard
Calibre No 2 |
| 2. - ACSR (Aluminum Cable Steel Reinforced)
Cable de Aluminio Reforzado con acero | 1/0 American Wire Gauge Standard
Calibre 1/0 |
| 3. - ACSR (Aluminum Cable Steel Reinforced)
Cable de Aluminio Reforzado con acero | 336 American Wire Gauge Standard
Calibre 336 |

Calibre del cable de las normas americanas estándar. (Ver ANEXO 1)Tabla de grosores AWG American Wire Gauge

En la figura 1.29 se puede observar otro tipo de presentación de conductor para la mediana tensión de los calibres ya descritos denominado conductor ACSR semi-aislado, en el cual su recubrimiento de aislamiento no protege de una descarga eléctrica, solo se utiliza en zonas arboladas para evitar interrupción del flujo eléctrico. En la última década antes del cierre de Luz y Fuerza del Centro se instalaron múltiples circuitos dentro y fuera de la Ciudad de México, circuitos nuevos y ya existentes donde se cambió este tipo de conductor en lugar de cable desnudo, que es muy vulnerable a fallas además de que este cable instalado anteriormente datan de los años 60's.



Figura 1.29 Cable ACSR 336 semi-aislado a detalle.

En la figura 1.30 se puede apreciar el conductor de aluminio en carretes para su tendido por arriba de los postes, esta red aérea está distribuida y soportada por aisladores de porcelana instalados en soportes con cuerda de plomo que a su vez se colocan en crucetas de acero A-36 en postes de concreto reforzado y de acero troncocónicos de diferentes tamaños y nomenclaturas, a continuación se mencionaran los postes que más se utilizan para la red de mediana tensión instalados y por instalar en la Ciudad de México. Los postes que más se utilizan son los de concreto reforzado ya que los postes de acero troncocónicos se colocan para dar más altura a las líneas de mediana tensión o para hacer libramientos de puentes vehiculares o peatonales.



Figura 1.30 Cable ACSR 336 desnudo en carretes.

1.4.4 Postes de concreto reforzado

Los postes de concreto reforzado son elementos indispensables para la instalación de red de distribución eléctrica aérea. Están armados con acero de refuerzo y colados en moldes especiales de diferentes tipos y tamaños, dependiendo del uso al que va a ser destinado cada uno de ellos, (ver tabla No 1.1). Para mayor información acerca del tipo de armado del poste de concreto reforzado (Ver ANEXO No 2) donde se detallan tanto los armados y diámetros de varillas como toda la nomenclatura a la que se refiere su dimensionamiento.

En la figura 1.31 se pueden apreciar los postes de concreto reforzado para la instalación de red aérea de mediana o baja tensión. Estos se almacenan a cielo abierto y son colocados en diferentes zonas dentro de la Ciudad de México y acomodados por sus diferentes tamaños para los distintos usos que se les tenga que dar. Dependiendo del tipo de instalación que se tenga para cada poste este será de una clase especial, ya que en ocasiones estos tienen que soportar equipos como transformadores trifásicos aéreos, seccionadores automáticos y manuales, líneas de mediana y baja tensión, soportes del trolebús, líneas telefónicas y líneas de tele cable, entre otros y por eso se debe de instalar el poste de concreto reforzado adecuado para cada tipo de instalación. A continuación se menciona a grandes rasgos la instalación o el anclaje de un poste de concreto reforzado para el tendido de red aérea o líneas aéreas de mediana tensión.



Figura 1.31 Postes de concreto con acero de refuerzo en almacén a cielo abierto.

Los postes se anclan en una excavación de 80 a 90 cm de diámetro como se puede ver en la figura 1.32 y a una profundidad de 1.6 a 1.8 metros dependiendo de las condiciones del terreno, ya que si es de constitución firme no hay problema pero si es blanda se tiene que hacer una capa de piedra para evitar el hundimiento del poste, después con camión conocido como brazo hidráulico como el que se aprecia en la figura 1.33 se coloca el poste hasta que quede a plomo con respecto de la horizontal del lugar, posterior a esto se colocan 4 capas de piedra braza, amacizando cada una a mano con pisón- barreta y tres capas de tierra de el mismo lugar.



Figura 1.32 Excavación para poste de concreto reforzado.



Figura 1.33 Brazo hidráulico colocando poste de concreto.

Tabla 1.1 Para Postes de concreto reforzado.

POSTE	EMPOTRAMIENTO	CAPAS DE PIEDRA	PESO	Uso	CARGA DE RUPTURA
	(Metros)		(Kg)		Kg
CR-9	1.6	4	850	BT	700
CR-12	1.8	4	1100	BT Y MT	750
CR-12- M	1.8	4	1440	EQUIPO Y MT	1140
CR-12 -E	1.8	4	1342	EQUIPO Y MT	1475
CR-14	1.8	4	1150	BT Y MT	900
CR-14 - E	1.8	4	1420	BT Y MT	1475

*C CONCRETO BT BAJA TENCION M MACISO
 *R REFOTZADO MT MEDIANA TENCION
 *E ESPACIAL EQUIPO TRANSFORMADORES, SECCIONADORES, ETC.

Instalación de poste de acero troncocónico

Estos se anclan en una excavación de 80 a 90 cm de diámetro también y a una profundidad de 2.0 hasta 2.4 metros y utilizando también un brazo hidráulico para poder ponerlo en posición vertical. Posterior a esto también como en el caso de los postes de concreto reforzado se colocan 4 capas de piedra braza, amacizando cada una a mano con pisón- barreta y tres capas de tierra del mismo lugar en donde se está instalando dicho poste. Cabe hacer la siguiente precisión: para ambos casos de instalaciones de postes, en lugares de la zona del lago como en centro de la ciudad o en lugares como el ex lago de Texcoco (Netzahualcóyotl), el nivel freático se presenta a unos 50 cm de profundidad, lo cual se resuelve colocando una base de acero elaborada con 2 piezas de cruceta de 40 a 50 cm, soldadas una con otra y colocadas en el fondo de la excavación, si no se hace esta adaptación el poste se hunde de mas y ya no cumple con las especificaciones de seguridad, en la zona 1 y la zona 2 (de transición).

Tabla 1.2 Diferentes tipos de postes de acero troncocónicos y sus diferentes usos así como su nomenclatura para su instalación en la ciudad de México y su zona conurbada.

POSTE	EMPOTRAMIENTO	CAPAS DE PIEDRA	PESO	Uso
	metros		kg	
A13X26 TC	2.3	4	450	Remates, derivaciones
A14X33 TC	2.4	4	495	Para instalar equipo, atravesar puentes y otros.
A15X33 TC	2.5	4	650	Para instalar equipo, atravesar puentes y otros.
A17X33 TC	2.6	4	720	Para instalar equipo, atravesar puentes y otros
A20X33 TC	2.6	4	870	Para instalar equipo, atravesar puentes y otros

*A ACERO TC TRONCO CONICO
 *13 LONGITUD DEL POSTE EXPRESADO EN METROS
 *26 DIAMERO DE LA BASE EXPRESADO EN CENTIMETROS

Estas tablas 1.1 y 1.2 son de las normas de los manuales de instalación y mantenimiento de líneas aéreas de la escuela de capacitación de Luz y Fuerza del Centro. Aquí unos ejemplos de postes de concreto reforzado y de acero troncocónico instalados en las calles de la Ciudad de México. En la figura 1.34 se puede observar un poste CR-14 E Especial con un equipo seccionador denominado cuchillas tripolares ALDUTI, este poste es especial porque está diseñado para soportar grandes cargas con una resistencia de hasta ($f'c=350 \text{ kg/cm}^2$) y poder colocar toda clase de equipos aéreos, además de soporta un cortador con la red aérea de distribución eléctrica de mediana y baja tensión, también soporta luminaria, redes de teléfono y tele cable.



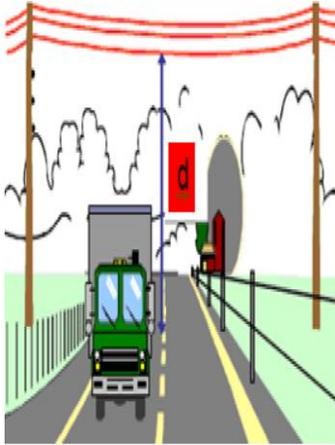
Figura 1.34 Poste de concreto reforzado con equipo manual de seccionamiento.

En la figura 1.35 se observa un poste de acero troncocónico A-17 el cual tiene instalado un seccionador de gas GVR (Gas Voltage Recloser) aéreo con toda la preparación de elementos de sustentación y operación como son las crucetas de acero A-36, sus tres explosores con un tanque rompe arcos sustentado en plataforma de acero conectado en la parte de la distribución de red aérea de mediana tensión, que en este caso es troncal, la cual debe de estar lo más alto posible para accidente de tipo vial. A continuación se da una recomendación para la altura que deben de estar las líneas de distribución de mediana tensión.



Figura 1.35 Poste de acero troncocónico A-17 con plataforma, y seccionador automático.

Distancia actual y futura recomendada del suelo a la línea aérea de distribución eléctrica dependiendo del potencial de que se trate. Recomendaciones de distancia mínima al suelo “d” en cruces con carreteras, calles callejones, zonas peatonales, aéreas sujetas a tráfico vehicular, para la distribución de energía eléctrica de líneas aéreas. Según el Reglamento de Instalaciones Eléctricas (RETIE)



Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia d (m)
500	11.5
230/220	8.5
115/110	6.1
66/57.5	5.8
44/34.5/33	5.6
13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
Menor que 1.0 para Grandes avenidas	5.6
Menor que 1.0	5

En la Ciudad de México se manejan tensiones nominales entre fases. Para la mediana tensión es de 23 kV, y para la baja tensión se maneja 330 V. Es muy importante tomar en cuenta estas recomendaciones ya que respetando estas distancias para esta ciudad se pueden evitar muchos accidentes de tipo vial, además de que el poste de concreto reforzado CR-12 con 12 metros de altura que es el más corto para las líneas de mediana tensión (ver tabla 1.1) y ya empotrado y revestido la distancia “d” mínima, para esta tensión nominal la altura queda de 10.20 m, y para la baja tensión el poste más corto es el CR-9 con 9 metros de altura (ver tabla 1.1) y ya empotrado y revestido la “d” mínima para esta tensión nominal queda de 7.4 metros de altura.

A continuación se describe la distancia entre postes o también conocida como distancia entere tramo y tramo. En general la distancia que existe entre poste y poste va de un rango de entre los 20 a 70 metros, esto depende de la localidad en donde se encuentren, ya que existen tramos muy cortos y muy largos en una misma localidad. Esto dificulta encontrar la falla de esta red, cabe señalar que el crecimiento indiscriminado e irregular de la Ciudad de México desfavorece la infraestructura actual de la red eléctrica instalada. Esto se traduce en un mayor tiempo de interrupción el flujo eléctrico. En la figura 1.36 se puede apreciar como ejemplo de altura y distancia entre tramos, un poste de acero troncocónico A-17 TC ya anclado, en el poste se colocan crucetas de acero en la parte superior de diferentes tamaños sujetas con abrazaderas tipo “U”, y dependiendo de la zona en la cual serán colocadas, son de distintos tipos, pero en general soportan tres aisladores de porcelana, los cuales a su vez se empotran en unos soportes de acero galvanizado con rosca de plomo para el aislador, el soporte del aislador se atornilla a la cruceta para fijarlo, y así hacer el tendido de la red de distribución aérea de mediana tensión que en este caso está a 15 m de altura.



Figura 1.36 Tendido eléctrico e instalación de equipos en postes de acero y concreto.

Después se hace el tendido del cableado, en el inicio va la red principal, la cual recibe el nombre de línea troncal. Esta red es de gran importancia ya que es de donde nace la distribución eléctrica del aérea de las subestaciones, y además corre en circuitos muy grandes predeterminados, generalmente por las avenidas primarias, los cuales cubren un gran número de sectores pre-destinados y que se van acoplando conforme las necesidades que vayan surgiendo, es decir conforme crezca la ciudad y sus necesidades, estos sectores abarcan un gran número de colonias, esta línea es de calibre ACSR 336, por lo general no se acostumbra a colocar ningún equipo en esta red, salvo en algunos casos y por algunas necesidades muy especiales, como son los equipos de seccionamiento para el mantenimiento de esta red, a su vez la troncal abástese a otros circuitos medianos de cable de aluminio de menor calibre ACSR 1/0, que conforman circuitos más pequeños, que por lo general corren por avenidas secundarias, estas se denominan derivaciones o ramales primarios, estas corren a lo largo y ancho de las colonias en las cuales se hacen circuitos más pequeños de dicho cable, en esta red se colocan toda clase de equipos, principalmente cortadores con interruptores tipo “cuchillas”, transformadores trifásicos, mufas para servicio a particulares, gubernamentales, hospitalarios de recreación etc., “cortadores” que son cortacircuitos para una segunda derivación, es decir que esta red funciona como línea principal para un gran número de cuadras que a su vez derivan a la línea final denominada ramal final esta es de cable de aluminio ACSR del No 2, la cual recorre calles más pequeñas, hasta los transformadores que abastecen un número predeterminado de manzanas, esto depende de la capacidad del mismo. Un ejemplo es dependiendo del número de usuarios es como se planean lo distintos ramales, un transformador de 112 .5 KVA alimenta a unas seis manzanas de unas 30 casas cada una o un edificio de departamentos de gran tamaño, o una industria de tamaño mediano.

En la figura 1.37 se puede apreciar lo que se conoce como “Cortador”, el cual consta de una cruceta de 4” de acero A-36, sujeta con dos abrazaderas “U”, tres aisladores de porcelana con sus soportes, tres cortacircuitos tipo “C” con sus respectivos fusibles, y sus conexiones que van de cable de aluminio ACSR 336 a cable de aluminio ACSR 1/0, este sistema permite hacer una derivación a un determinado número de transformadores trifásicos aéreos y dar servicio a varias manzanas los fusibles son de protección para las líneas de derivación por si pasa alguna interrupción en las líneas de conducción eléctrica y viceversa.



Figura 1.37 Derivación de línea troncal de cable ACSR de calibre 336 a línea primaria o ramal de cable ACSR de calibre de 1/0.

1.4.5 Transformadores

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferro magnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Para Ciudad de México existen instalados dos tipos de transformadores “terciarios” o más comúnmente conocidos como trifásicos.

- Transformador trifásico aéreo.
- Transformador trifásico de pedestal.

1.4.6 Instalación de transformador trifásico aéreo

El transformador trifásico aéreo, recibe las tres fases de la red aérea de mediana tensión y como lo dice su nombre transforma y reduce el potencial eléctrico de 23 kV a tres fases de 127 volts cada una, y además una fase extra del transformador llamada “tierra”, para tener el complemento positivo (+) y negativo(-) y dar servicio a los distintas demandas, a este sistema se le conoce como red aérea de baja tensión o líneas aéreas de baja tensión, de aquí es donde se conectan los hogares, pequeñas industrias, así como de diversos tipos de consumidores de energía eléctrica. Para la zona del centro también existen transformadores trifásicos pero estos se encuentran en bóvedas espaciales o en cajas de concreto reforzado, también se les conoce como transformadores trifásicos de pedestal, su línea de alimentación al igual que la red aérea es de 23 kV y corre por el subsuelo de las calles del centro, así como las líneas de distribución de baja tensión para dar servicio a las acometidas de los diferentes usuarios. Existen otras zonas en la Ciudad de México en donde hay cables y transformadores subterráneos o de pedestal pero son alimentados por líneas aéreas y se conectan a mufas que van a la red subterránea. Cabe aclarar que más adelante se detallaran las redes aéreas y las de cable subterráneo.

Transformadores Trifásicos:

Estos equipos son de tipo aéreo, para fraccionamientos residenciales, industrias, hoteles, centros comerciales, otras zonas urbanas y rurales con alimentación trifásica, pueden ser tipo costa o normal, ver figura 1.38.

Tipo: Poste - Trifásico, 60 Hz
 Tipo de líquido: Aceite mineral no inhibido
 kVA: 15 - 150
 Nivel de aislamiento: 12, 25 y 34.5 kV
 Voltaje secundario: 220Y/127V - 440Y/254V
 Norma: NOM-002-SEDE y NMX-J-116-ANCE
 Especificación: NRF-025-CFE-2002 y F.C. (LFC-GDD-174)



Figura 1.38 Transformador trifásico aéreo de 75 kVA de capacidad.

En la figura 1.39 se muestra un transformador trifásico aéreo instalado en la red troncal esta soportado por un poste de concreto reforzado especial CR-14 E por un caso de exceso de demanda de energía eléctrica, ya que por la zonificación el tamaño de esta manzana en particular es muy grande, por lo que se tienen que hacer este tipo de modificaciones a la red principal.



Figura 1.39 Transformador instalado en la red troncal.

Los transformadores trifásicos aéreos son instalados en plataformas de acero A-36 que previamente están colocadas en postes de concreto reforzado especial (CR-12E o CR-14E) o poste de acero troncocónicos (del A-13 al A-17) los cuales son colocados con plumas hidráulicas, (véase tablas 1.1 y 1.2 de postes), estos dependiendo de su capacidad de transformación (kilo vatio amperio kVA) varia su peso, pero en general son homogéneos y muy pesados, así de esa manera mientras más sea su capacidad de transformación mayor es su cobertura de servicio. En la tabla 1.3 se hace el comparativo.

Tabla 1.3 Diferentes capacidades de transformadores en (kilovatios Amper kVA) y pesos en la red aérea de la Ciudad de México.

Capacidad de transformación en (kVA)	Peso en (kg)
30	315
45	390
75	570
112.5	645
150	740



Figura 1.40 Transformador trifásico aéreo PROLEC de General Electric.

Existen en la actualidad un gran número de transformadores trifásico aéreos instalados en la red de muchos tamaños, capacidades y marcas comerciales, actualmente se están instalando transformadores que se han ido homogeneizando de tamaño, pero con diferentes capacidades de transformación, en la figura 1.40 se muestra un transformador marca PROLEC de General Electric que estandariza sus dimensiones pero no sus capacidades de transformación para cubrir las demandas de los usuarios, para mayor información técnica ver referencias de PROLEC de General Electric.

1.4.7 Redes subterráneas de distribución de mediana tensión

La red subterránea en el centro de la Ciudad de México es una red automática en la cual consta de pozos de visita para el mantenimiento en el cableado y para los equipos de seccionamiento, los transformadores se encuentran en bóvedas y cajas de concreto, el cableado de mediana tensión eléctrica generalmente es de calibre de 0000 (cuatro ceros) (ver tablas de cable de calibres AWG), corre a todo lo largo de las calles del centro lleva un potencial de 23 kV en los cuales están cubiertos y protegidos con aceite dieléctrico además en la actualidad el forro es de un material más maleable y de un aislante para protegerlo de la fauna nociva del lugar, esta red automática, aunque es muy vieja que data de los años 60's y 70's incluyendo los transformadores se puede seguir operando correctamente pero requiere de mantenimiento preventivo y correctivo constante y bien planeado. En la zona centro de la capital se concentra el mayor número de usuarios que tienen sus redes de distribución eléctrica por vía de cable subterráneo, de los transformadores que reducen la tensión eléctrica estratégicamente colocados, se hace el tendido de cables también por vía subterránea y se conectan las redes de distribución eléctrica de baja tensión y posteriormente dar servicio a las diferentes acometidas de cada uno de los usuarios, y grandes comercios de esta zona del país, así como las distintas dependencias gubernamentales tanto federal como estatal y la iluminación del zócalo capitalino.

En la figura 1.41 se pueden apreciar los distintos pozos de visita de la red subterránea de distribución de mediana y baja tensión, así como de bóvedas en donde se localizan los transformadores en las calles de 5 de Mayo y Francisco I Madero en el centro de la Ciudad de México.



Figura 1.41 Zona centro de la Ciudad de México.

En la figura 1.42 Se puede apreciar un mapa en donde se puede ver a grandes rasgos las zonas del Distrito Federal que comprende el área de distribución eléctrica de cable subterráneo de la parte conocida como el centro de la capital y compárala con el área de distribución eléctrica de líneas aéreas, en este mapa se ve claramente que es una parte muy pequeña del cableado subterráneo con respecto al resto de la ciudad y su zona conurbada.

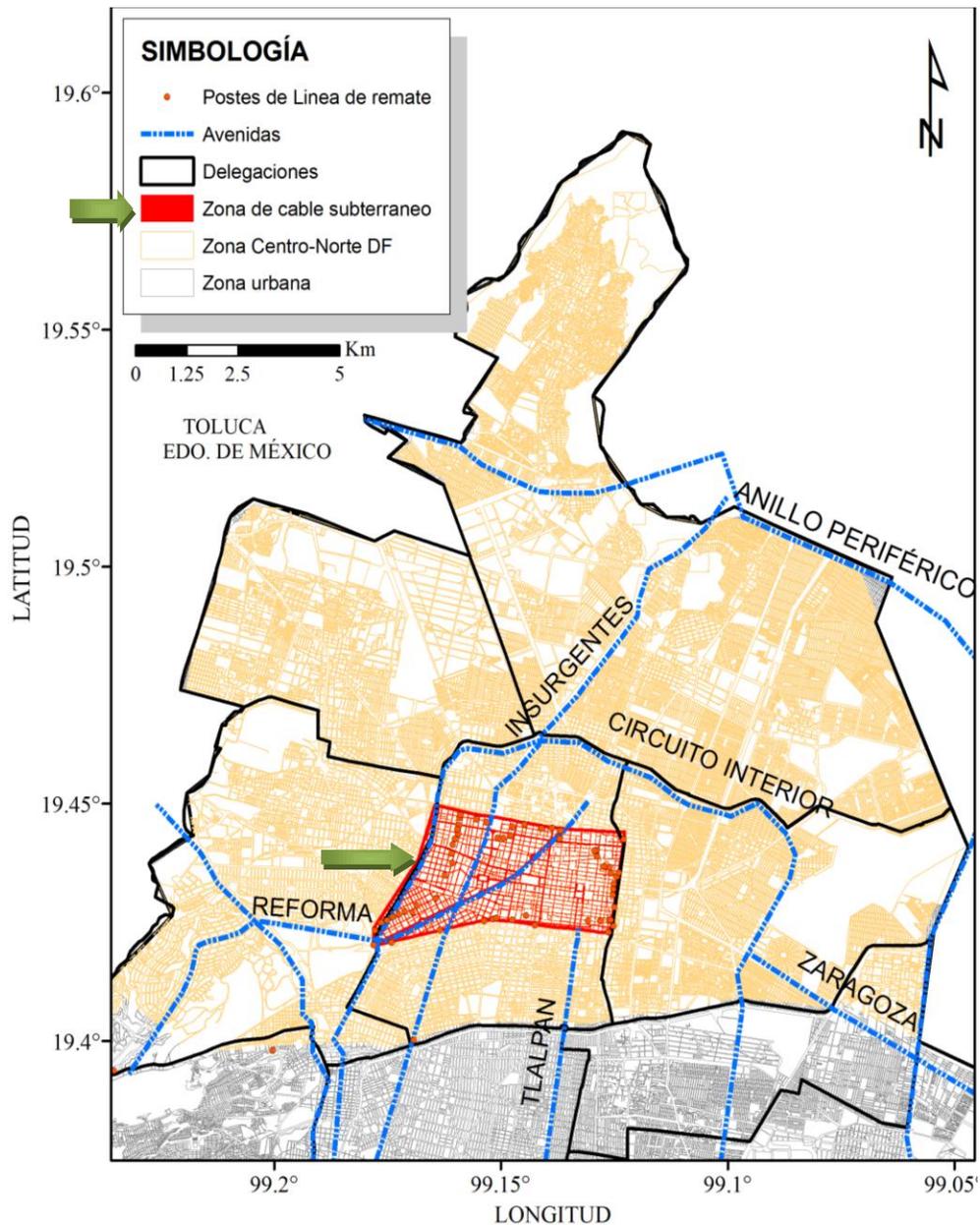


Figura 1.42 Comparación de cable subterráneo con líneas aéreas en el Distrito Federal.

En la figura 1.43 se ve la toma aérea de distribución de mediana tensión que alimenta los transformadores trifásicos de pedestal de la zona habitacional de Pedregal de Carrasco al sur del distrito federal, este tipo de alimentación de le conoce con el nombre de mufa de alimentación de líneas aéreas a cable subterráneo.



Figura 1.43 Mufa de alimentación de mediana tensión.

Existen otras zonas en donde se utiliza cableado subterráneo pero solo comprende la parte prediseñada para sus instalaciones de distribución subterráneas como la que se muestra en la figura anterior, estas cuentan también con pozos de visita para la correcta inspección del cableado subterráneo y de los equipos de seccionamiento además de ver las condiciones en que se encuentren operando los transformadores trifásicos, la red de mediana tensión, en estas instalaciones el cableado de mediana tensión no está protegida con aceite dieléctrico como las de la zona centro de la capital ya que son tramos muy cortos de cable que van del poste a los transformadores trifásicos subterráneos colocados en bóvedas, a esto se le conoce como mufa de acometida aérea a cable subterráneo, para alimentar a los transformadores trifásicos, en estos se reducen el potencial eléctrico de mediana a baja tensión y también corre por vía subterránea y para su posterior distribución a las diferentes acometidas de los distintos usuarios dentro de la una unidad habitacional.

En la figura 1.44 se ve un transformador trifásico de pedestal, estos pueden trabajar a intemperie o en bóvedas diseñadas para su instalación y su inspección, son el tipo de transformadores que se emplean en los lugares en donde se encuentran instalaciones de red subterránea de distribución de baja tensión. En este caso se trata de una instalación en un parque industrial que con este tipo de transformador alimenta a una bodega de gran tamaño que se utiliza como frigorífico para almacenar leche, esto se ubica en Tizayuca en el estado de Hidalgo.



Figura 1.44 Transformador trifásico de pedestal.

Esto es de tomarse en cuenta porque este tipo de alimentadores es muy vulnerable a sufrir cualquier afectación en el poste de alimentación o en la misma red aérea de distribución de mediana tensión que alimenta a dicha mufa de servicio, en la práctica este tipo de instalaciones hasta el poste de acometida de servicio se tienen los mismos problemas que se tienen a lo largo de la red aérea, y cuando se tiene algún tipo de interrupción en el flujo eléctrico los equipos automáticos reconectores hacen los respectivos recierres para tratar de dar continuidad al suministro eléctrico, y de esa manera tratar en lo posible evitar molestias a los usuarios por la interrupción de energía eléctrica. Existen en la Ciudad de México muchas zonas habitacionales, centros comerciales, parques recreativos, zonas de hospitales, zonas industriales y edificaciones de gobierno que tienen este tipo de instalación de mufa de acometida aérea a cable subterráneo de servicio como la descrita anteriormente.

Como ejemplos que tienen este tipo de acometidas podemos mencionar las zonas comerciales de Santa Fe, Peri Sur, Gran Sur, Plaza Satélite, las Unidades Habitacional de Lomas de Plateros, Pedregal de Carrasco, zonas residenciales de Santa Fe, Villa Coapa, los parques recreativos como Six Flags o la Feria de Chapultepec o alguna dependencia de gobierno como el Tribunal Federal Electoral (TRIFE), instalaciones en zonas de hospitales, parques industriales, etc. entre otros.

En la figura 1.45 Se pueden apreciar un mapa con algunas zonas en la Ciudad de México de este tipo toma de instalación eléctrica que aunque sus instalaciones de distribución de baja tensión son de cableado subterráneo la principal fuente de alimentación para su transformación es por vía de líneas aéreas de mediana tensión, con lo que las hace igual de vulnerables que al resto de la ciudad y en todo lo largo de la red.

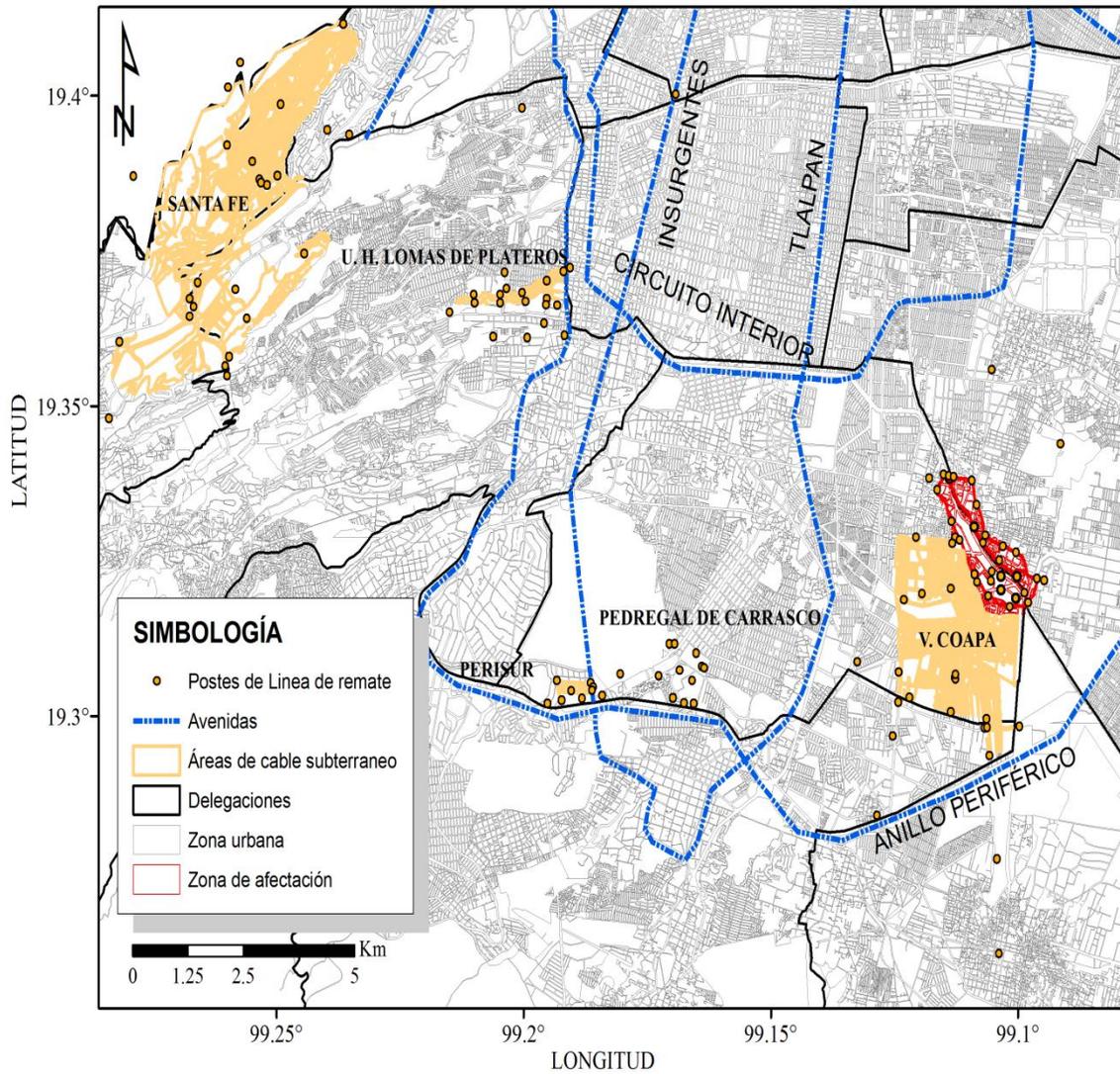


Figura 1.45 Algunas zonas con instalaciones con cable subterráneo.

1.4.8 Redes de distribución de baja tensión

De los diferentes circuitos de la red de distribución eléctrica aérea mediana tensión ramificados en la ciudad de México, de diferentes tipos de cables y calibres de esta red de mediana tensión y después de los distintos centros de transformación de tensión eléctrica (transformadores) ya descrita, nacen las redes de de distribución eléctrica de baja tensión. Estas son de cuatro tipos.

- Red de distribución aérea de baja tensión de línea abierta.
- Red de distribución aérea de baja tensión de línea trenzada.
- Red de distribución aérea de baja tensión de línea mixta.
- Red de distribución subterránea de baja tensión.

Red de distribución aérea de baja tensión de línea abierta.



Figura 1.46 Salidas de transformador y tendido aéreo de línea abierta de distribución de baja tensión.

Esta red nace desde las cuatro salidas del transformador trifásico aéreo o mejor conocidas como fases (figura 1.46), tres que son de 127 Volts cada una y una fase llamada “tierra” o fase de negativo, las cuales son transportadas desde las salidas del transformador por cables llamados guías de calibre de 000 (tres ceros ver anexo de normas AWG) hasta llegar a las fases del cableado de la red de distribución aérea de baja tensión instaladas en aisladores de forma de carretes hechos de porcelana ubicados los bordes de de las crucetas de la plataforma de sustentación del transformador, ambas instaladas en el poste, y los cables que a su vez son las fases de 127 Volts cada una soportadas en carretes de porcelana y la tierra soportada en carrete de pomo, esto es para ambos lados del transformador o como se le conoce comúnmente para ambas alas del transformador, posteriormente a lo largo del recorrido del circuito en todos los postes se colocan los denominados soporte 84 P (de paso), los cuales también tienen tres aisladores de porcelana para las tres fases de 127 V y uno de plomo para la fase “tierra”.

Este sistema es uno de los más instalados en la Ciudad de México y su zona conurbada porque es más eficiente, ya que él las horas pico o de mayor demanda de energía eléctrica los cables sufren de constante calentamiento y este tipo de instalación ayuda mucho más al enfriamiento de la red de distribución aérea de mediana y baja tensión.

En la figura 1.47 se puede apreciar la red aérea de distribución de baja tensión también conocida como “línea abierta”, esta se instala con abrazaderas al poste y en soporte 84-P de paso, este último consta de tres carretes aislantes de porcelana para cada una de las tres fases de 127 volts y un carrete de plomo para la fase “tierra”.



Figura 1.47 Red de distribución aérea de baja tensión.

Por lo general en la red aérea de distribución de baja tensión en la Ciudad de México existen instalados cuatro tipos de cable, dos de cable de cobre forrado trenzado y dos de cable de cobre desnudo, básicamente estos últimos dos tipos de calibre de cable de cobre para la red de distribución de línea abierta, que se instalan a lo largo del recorrido de las calles hasta formar un pequeño circuito el cual es alimentado por un solo transformador trifásico aéreo.

En la figura 1.48 se ve el cable de cobre desnudo y su calibre que se utiliza para la instalación de línea abierta aérea de baja tensión en sus tres fases positivas (+), este calibre es necesario sobre todo a las salidas del transformador por la gran demanda que pueda tener en horas pico, es decir cuando los usuarios demanden energía eléctrica casi al mismo tiempo, el complemento de dicha energía es con la fase denominada “tierra” o negativo(-) se hace instalando alambre de cobre desnudo de otro calibre que a continuación se describe.

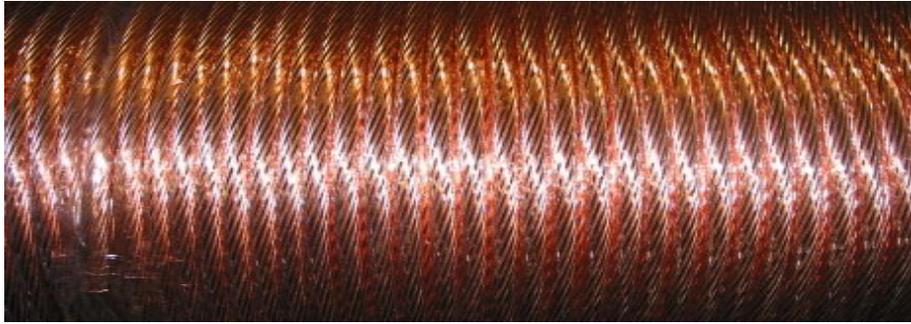


Figura 1.48 Cable de cobre de calibre 1/0 desnudo o Cud- 1/0.

En la figura 1.49 se puede apreciar el complemento de la red de distribución aérea de la salida de un transformador trifásico aéreo (ver figura 1.38), este es alambre de cobre desnudo o Cud 4 generalmente es utilizado a todo lo largo del recorrido del circuito de la red baja tensión. Estas redes llegan a los distintos tipos de usuarios para finalmente conectarse a la red de baja tensión.

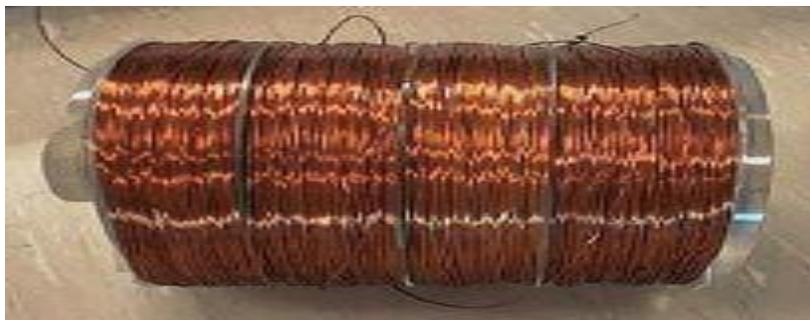


Figura 1.49 Alambre de cobre desnudo de calibre No 4 o Cud 4.

En la línea abierta de baja tensión se utiliza cable de calibre de 1/0 para ambas alas de la salida del transformador y algunos tramos más, para los siguientes tramos y todo el circuito de alimentación se utiliza alambre Cud 4. No se recomienda instalar este sistema de red aérea en zonas arboladas ya que las ramas de los árboles crecen entre las líneas y se corre el peligro de un corto circuito.

Red de distribución aérea de baja tensión de línea trenzada

El cable trenzado para las redes de distribución aéreas de baja tensión se utiliza básicamente en zonas arboladas, consta de tres líneas de conducción forradas y una desnuda, las cuales vienen trenzadas de fábrica en forma helicoidal para poder ser homogéneas a todo lo largo de los circuitos de alimentación. Este cableado puede ser de cobre o de aluminio, por experiencia se sabe que es más eficiente el conductor de cobre por su resistencia al calentamiento debido a la demanda de carga eléctrica.

En la figura 1.50 se aprecia el inicio de la red de distribución aérea trenzada de baja tensión con cable de calibre de 1/0, que es soportada en un bastidor con carrete de plomo de la fase desnuda es decir de la “tierra”, al igual que la línea abierta es alimentada desde el transformador hasta el inicio de la red, por tramos de cables llamados guías de calibre 000 (tres ceros ver anexo de normas), este calibre de cable es necesario para soportar la demanda sobretodo en horas pico y al igual que la línea abierta se pueden cubrir algunos tramos más.



Figura 1.50 Cable trenzado de baja tensión de calibre de 1/0 en la salida de transformador trifásico aéreo.

En la figura 1.51 se aprecia el cable trenzado de de calibre 3x4 que se instala el resto del circuito de alimentación de baja tensión, este tipo de cableado es sostenido en bastidores de un solo carrete de plomo o en bastidor 84p y amarrado del cable que en de cobre desnudo o la fase “tierra”, hasta cerrar el circuito para dar servicio a los usuarios por medio de las acometidas, la reducción del calibre es para incrementar la eficiencia en las tomas de corriente de baja tensión.

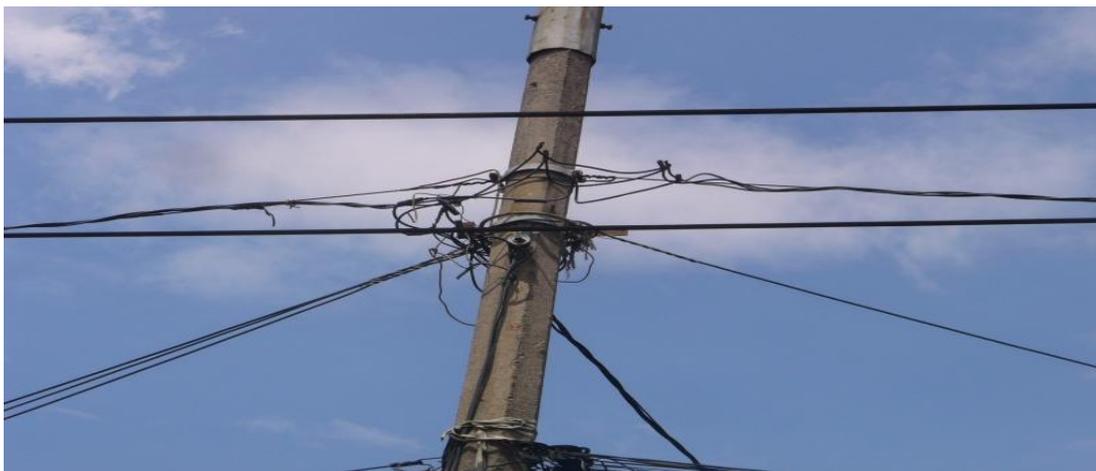


Figura 1.51 Cable trenzado de calibre 3x4 para redes de baja tensión.

Al igual que en la línea abierta de baja tensión en este tendido eléctrico, se crean los distintos tipos de circuitos de que se componen los denominados “sectores” los cuales están calculados para darles servicio a determinado número de usuarios, esto es que dependiendo del número de estos se le asigna la capacidad del transformador trifásico aéreo, en un rango promedio van desde los 30kVA hasta los 150kVA de capacidad, esto es que a mayor capacidad del transformador mayor es su área de cobertura de servicio.

Red aérea de distribución de baja tensión de línea mixta

Esta red es una combinación de las dos anteriores como se ve en la figura 1.52, pero no menos importantes, ya que el cable trenzado está diseñado para las zonas arboladas, porque no presenta ningún riesgo de corto circuito de entre líneas, además de que existen distintos tipos de zonas arboladas y no arboladas dentro de las mismas localidades en donde está instalada esta red de distribución eléctrica, y tomando en cuenta que toda la red de distribución aérea de baja tensión de la Ciudad de México y su zona conurbada es de cualquier tipo de las anteriores.



Figura 1.52 Transición de línea trenzada a línea abierta mejor conocida como red de distribución de baja tensión mixta.

1.4.9 Red de distribución de baja tensión subterránea

En la figuras 1.53 se pueden ver las cepas de preparación necesaria de la instalación de la red de distribución de baja tensión subterránea, iniciando con el tendido de tubos flexibles de policloruro de vinilo (PVC), posteriormente metiendo entre los tubos el cableado de de distribución de baja tensión, el cual es generalmente cable de cobre forrado con aislante de calibre 1/0. De aquí se hacen las preparaciones para las acometidas que pueden ser de cualquier índole, es decir que pueden ser acometidas para industrias, comercios, hospitalarios, habitacional o de todos a la vez.



Figura 1.53 Preparación de tubería para instalación de red subterránea de baja tensión.

En la figura 1.54 se aprecian los tubos de PVC ya terminados con el tendido de la red subterránea de distribución de baja tensión para dar servicio a los diferentes usuarios, por medio de acometidas subterráneas de servicio.



Figura 1.54 Tubería de PVC terminada y preparada para la instalación de red de baja tensión de cable subterráneo.

Esta por su naturaleza la fuente de alimentación de los transformadores trifásicos de pedestal es por vía aérea como ya se vio en las redes subterráneas de distribución de mediana tensión, este tipo de instalaciones se hace para ramificar toda la red subterránea de distribución de baja tensión en el lugar predeterminado de servicio para después conectar las respectivas acometidas a los distintos usuarios en distintos lugares que pueden ser una unidad habitacional, una zona de centro comercial, de índole gubernamental o de carácter recreativo, así de esta manera se conectan las tres fases de 127 volts cada una (+) y la cuarta fase “tierra” (-), al transformador trifásico de pedestal a la red de baja tensión, este transformador de acuerdo a las necesidades de la zona o de servicio a cubrir se calcula para determinar su capacidad de carga en kilo volt amperio (kVA). Este tipo de distribución de energía eléctrica al igual que la red de distribución aérea de baja tensión, dependen directamente de la red de distribución aérea de mediana tensión, ya que por cualquier motivo en la red de distribución de mediana tensión se vea interrumpido el flujo eléctrico este se verá reflejado inmediatamente en las redes subterráneas de baja tensión y las consecuentes molestias a los usuarios.

1.4.10 Acometidas

La acometida es una derivación desde la red de distribución de baja tensión de la empresa de servicio eléctrico hacia cualquier edificación, termina en el interruptor principal de servicio instalado después del medidor de energía eléctrica que es el punto de entrega de la energía. Este es el punto donde comienza las instalaciones internas propias del inmueble, las acometidas son instaladas con cable concéntrico de diferentes calibres, y para distintos usos en la Ciudad de México.

En la figura 1.55 se muestra el cable que se necesita para las conexiones de servicios a los diferentes tipos de usuarios este cable se llama concéntrico en espiral, dependiendo de la carga y del número de servicios dependerá el calibre del cable concéntrico. En la tabla 1.4 se muestran los principales calibres de cable concéntrico así como de sus principales características de instalación, cabe aclarar que a mayor demanda de energía eléctrica, mayor será el calibre de cable.

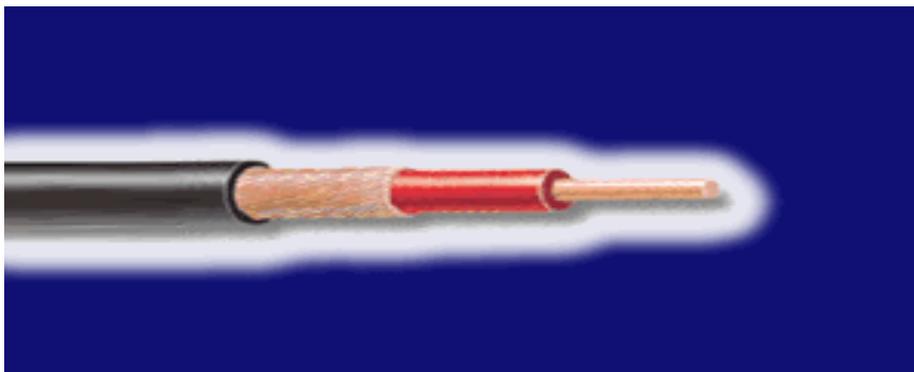


Figura 1.55 Cable concéntrico para acometidas.

Tabla 1.4 Muestra las principales características de instalación de cable concéntrico.

TABLA 1.4 CARACTERÍSTICAS CABLE CONCENTRICO ESPIRAL (CCE) 600 V							
Calibre	Sección del conductor central	Corriente Admisible a 25°C	Temperatura de Operación	Resistencia a la CD a 25°C	Peso total aproximado del cable	Longitud por rollo	Peso total aproximado por rollo
AWG		Amperes	°C	Ohms/km	kg/km	m	kg
12	3.31	32	60	5.42	95	250	24
10	5.26	43	60	3.4	135	250	34
6	13.3	80	60	1.34	345	200	69
4	21.15	106	60	0.84	515	150	77

En los casos, que son muchos, se tiene la acometida de servicio, esto se hace con cable concéntrico el cual está formado por un centro de alambre de cobre y recubierto de aislante de hule, de color rojo, después una capa de hilos de cobre desnudo y todo recubierto de aislante de hule generalmente de color negro, este cable se conecta de la siguiente manera, el cable de cobre que está formado de múltiples hilos de cobre se le conoce como tierra y este se conecta a la red de baja tensión que puede ser de líneas aéreas, o de líneas aéreas de cable trenzado o de cable subterráneo, inicialmente en la

“fase tierra”, de acuerdo al criterio del instalador se coloca primero el cable desnudo que viene en forma espiral de cobre en la “fase tierra” o negativo(-) y segundo el alambre recubierto de aislante en color rojo en la “ fase vivo” o positivo(+) que se requiera, esto depende generalmente de que tantas acometidas estén conectadas en las distintas “fases”, de aquí podemos deducir que el servicio de cada usuario puede ser monofásica de 127 volts, bifásica de 220 volts, y trifásica de 330 volts, cada fase de la red aérea de baja tensión es de 127 volts esto depende del tipo de demanda de cada servicio y también de la carga de servicio de la red de distribución de baja tensión al tipo de usuario.

Capítulo 2

Afectaciones por efecto del viento

Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de "ráfagas". Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman "turbonadas". Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media, como por ejemplo "brisa", "temporal", "tormenta", "huracán" o "tifón".

2.1 Introducción

En la Ciudad de México y su zona conurbada la red de distribución eléctrica aérea de mediana y baja tensión instalada es de aproximadamente un 90%, el otro 10% es de red subterránea, pero con alimentación aérea, con lo cual es muy vulnerable al verse afectada por diferentes fenómenos naturales. En los casos cuando existen en la ciudad vientos y rachas que van desde 20 a 60 km/h, es suficiente para poner en riesgo el tendido de red aérea, porque es interrumpido el flujo eléctrico de muchas maneras por efecto del viento. Estas son desde la caída de letreros espectaculares, ramas de tamaño regular o ramas de gran tamaño y peso, hasta grandes y pesados arboles. Dependiendo de la zona donde ocurra esta caída de ramas o arboles, se van a ver afectados los diferentes circuitos o sectores de esta ciudad, esto es que si el siniestro ocurre en línea troncal se verán afectadas muchas colonias y por consiguiente sus distintos ramales y miles de usuarios, y así de esa manera se puede ir disminuyendo la afectación y la interrupción con forme cambie el lugar de este evento.

2.2 Afectación por viento en cables de alta tensión con catenaria

En el territorio nacional la transmisión de energía eléctrica de alta tensión como ya se vio, es transportada por cables de alta tensión en torres de acero. La distancia de entre torre y torre es variable de acuerdo con las condiciones del terreno y las necesidades de instalación (figura 2.1), pero en general en los tramos más largos la distancia entre torres es de hasta 1500 m. Estas separaciones provocan catenaria en los cables y cuando las rachas de vientos de 153 a 178 km/h, como los de un huracán de categoría 2, la catenaria del cableado eléctrico comienza a moverse de tal manera que los cables de alta tensión chocan entre sí y provocan una sobrecarga que al detectarlos por la subestación reductora interrumpe de manera automática el flujo del potencial eléctrico. Este tipo de afectación por rachas de viento en cables de alta tensión ya ocurrió en el estado de Morelos en la década de los 70's e interrumpió la transmisión de energía eléctrica de alta tensión repercutiendo en la distribución en la subestación San Ángel ubicada al sur de la capital, este problema de líneas de transmisión se solucionó colocando al centro del

cableado una boya dieléctrica de color generalmente naranja, la cual evita por efecto del viento el choque de líneas de alta tensión. Esto sucede cada vez menos ya que se está atacando el problema con mayor tecnología en mejoramiento en el diseño de las torres de alta tensión y evitando lo más posible la catenaria.



Figura 2.1 Líneas de transmisión de alta tensión.

2.3 Afectación por viento en letreros espectaculares

En el caso de letreros espectaculares, cuando caen por efecto de ráfagas de vientos de 60 km/h o más en la red de distribución eléctrica aérea de mediana tensión, como el que se muestra en la figura 2.2, provocan corto circuito en la red de tal magnitud que las líneas de distribución se ven afectadas. Los daños son; interrupción súbita e inmediata del flujo eléctrico, caída de líneas energizadas, derribo de postes de concreto reforzado o de acero troncocónicos, sobrecarga en los transformadores trifásicos que les provoca un daño irreparable y la probabilidad muy alta de electrocución a personas en el lugar del siniestro, por los recierres de la red automática de los reconectores automáticos instalados. En este tipo de accidentes generalmente se derriban también las redes de baja tensión eléctrica, además de los daños a nivel usuario. Dependiendo del lugar en la red aérea donde ocurra el siniestro será el tiempo de interrupción.



Figura 2.2 Letreros derribados sobre el tendido eléctrico.

2.4 Afectación por viento en los árboles

En el caso de las ramas de los arboles este fenómeno natural es de gran relevancia ya que es de carácter impredecible, porque la mayoría de los arboles en la Ciudad de México que se caen por efecto del viento son eucaliptos y los denominados “hules” ya que estos son muy vulnerables al desgajamiento, tanto en su raíz como de sus ramas que al desprenderse por efecto del viento, de tener una gran tamaño y una alta concentración de agua en su interior, caen de forma transversal en las tres fases de la red aérea de mediana tensión, esta por la humedad de las ramas entra en corto circuito y las líneas de mediana tensión energizadas se caen, además se ve interrumpiendo el suministro de energía eléctrica a los transformadores trifásicos. Cuando estas líneas aéreas caen tienen potencial eléctrico y son de gran peligro para la sociedad en general. En el caso que las ramas sean de gran tamaño los daños son considerables como, derribo de postes de concreto así como de líneas de mediana y baja tensión, además del peligro inminente a la población en general. En el caso de caída de ramas en línea aérea abierta de baja tensión, los daños son similares a los anteriores, pero no hay tanto peligro de electrocución pero si de daños irreversibles en los aparatos domésticos y algunos industriales ya que aquí se presenta una sobrecarga en las fases de baja tensión. Un ejemplo es, al caer la rama en el tendido eléctrico los cables que van desnudos chocan entre si y provocan aumento al doble o al triple de voltaje para una misma acometida y afecta en milésimas de segundos los diferentes aparatos. En los meses de enero a mayo se presentan rachas de viento por debajo de un huracán de categoría 1 (119–153 km/h), es decir de 20 a 60 km/h, que es suficiente para derribar árboles de grandes tamaños en el tendido eléctrico como el que se ve en la figura 2.3, los daños son más severos ya que derriban varios postes de concreto reforzado y de acero troncocónicos, ruptura en general de todos los elementos ya descritos anteriormente, derribo también de equipos de seccionamiento, luminarias, transformadores aéreos, líneas de mediana y baja tensión, y dependiendo de qué tan ceberos sean los daños es el tiempo que se ve interrumpido el flujo eléctrico. Además de los daños ocasionados a los automóviles, a las casas, y el peligro inminente a la población en general.



Figura 2.3 Imágenes de daños por derribo de árboles.

Otra razón por la que se ve interrumpido el flujo eléctrico es si está en movimiento las puntas de los árboles tocan y mueven los cables de mediana tensión de cualquier calibre antes mencionados, y si además es de cable desnudo se interrumpe el flujo eléctrico, pero existen en la red aérea los reconectores, que al detectar cualquier intromisión en el tendido eléctrico el alimentador se interrumpe, es cuando entran los reconectores y hacen los respectivos recierres del flujo eléctrico. Estos son tres recierres, los cuales se accionan a los 6,8 y 10 segundos respectivamente, si el problema es de esta índole el sistema lo detecta y lo soluciona de inmediato, ya que es una red automática. Si el problema es más severo el alimentador después de recierres deja de emitir potencial eléctrico, sin embargo este tipo de interrupción en el flujo eléctrico ocurre siempre que las ramas de los árboles tocan por efecto del viento el tendido eléctrico. Cabe señalar que con cable semi-aislado no ocurre esto ya que es ideal para zonas arboladas, es recomendable mandar brigadas de inspección ocular para hacer reportes y una planeación de poda de árboles en toda la red aérea de baja y mediana tensión, para evitar esta clase de interrupción en la red aérea de distribución eléctrica en general.

2.5 Afectaciones por viento en cables de mediana tensión con exceso de catenaria

En la figura 2.4 se ve un poste de concreto reforzado CR-12 muy desplomado con casi 30 grados de inclinación con respecto a la vertical, esto provoca exceso de catenaria en las líneas de distribución de mediana tensión. Este poste está ubicado en la calle de Canal Nacional entre las calles de Bienes Nacionales y Agricultores de la colonia Estrella Culhuacán en la delegación Iztapalapa.



Figura 2.4 Exceso de catenaria en poste desplomado con líneas de mediana tensión.

Cuando por alguna razón se produce catenaria en líneas de mediana tensión y se presentan súbitamente ráfagas de vientos de 80 a 120 km/h como las que se presentan en los meses de febrero y marzo, provocan en los cables un movimiento oscilatorio, y esto a su vez induce lo que se conoce como “choque de entre líneas”, por este hecho se crea un corto circuito en la red de mediana tensión, el cual por estar las líneas energizadas y por efecto del calentamiento intempestivo se funden y se vienen abajo con la inminente

posibilidad de que le caiga a algún transeúnte, ya que como se trata de una red automática los reconectores entran en acción y hacen sus respectivos recierres del potencial eléctrico, con lo cual puede afectar a cualquier elemento en donde están derribadas las líneas. También ocurre que al entrar en cortocircuito las líneas de distribución de mediana tensión los transformadores más próximos tengan una sobrecarga la cual los daña inmediatamente, y a su vez se presente variación de voltaje, saliendo tan alto del transformador que afecta a los diferentes aparatos eléctricos industriales y domésticos. Además y es tanta la descarga eléctrica en los transformadores que se pueden afectar de tal manera que no se recuperen y sea necesario reemplazarlos por transformadores nuevos. Esto depende de la zonas donde este el desperfecto, si se encuentra muy lejos del lugar de donde se tenga que transportar los reemplazos, por ejemplo, si esto ocurre en las afueras de la ciudad, se tardarían de 10 hasta 36 horas, dependiendo de las capacidades de los transformadores y de la existencia en almacén. Existen por muchas razones en la Ciudad de México un gran número de líneas en este estado y en peligro inminente de un “choque de entre líneas”, este problema se soluciona poniendo a plomo los postes y dándole a cada caso tensión mecánica a los tramos de cables de mediana tensión eléctrica ya que las líneas de mediana tensión eléctrica con una buena tensión mecánica entre postes cortan el efecto del viento. Para la distribución subterránea de mediana y baja tensión también se ve interrumpida en estos casos ya que la alimentación a estos sistemas es por vía aérea y como ya se vio es vulnerable a tener afectaciones también por efecto del viento, y el inminente riesgo que se genera por la poca altura de los cables con respecto al arrollo vehicular. Es evidente el deterioro que tienen los elementos de sustentación de la línea troncal de este poste y de la derivación a otro tales como el cortador con sus cortacircuitos tipo “C” todo a punto de desprenderse por la tensión mecánica ejercida en la parte superior del poste.

Capítulo 3

Afectaciones por efecto de la lluvia

La lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Es también la precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga y si el diámetro es menor sería llovizna. La lluvia se mide en milímetros al año, menos de 200 son insuficientes, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1.000 son suficientes, entre 1.000 y 2.000 son abundantes y más de 2.000 son excesivas. La lluvia depende de tres factores: la presión, la temperatura y, especialmente, la radiación solar.

En la figura 3.1 se puede apreciar una lluvia torrencial la cual provoca muchas interrupciones al sistema eléctrico en la Ciudad de México por su condición de red aérea de distribución de mediana y baja tensión.

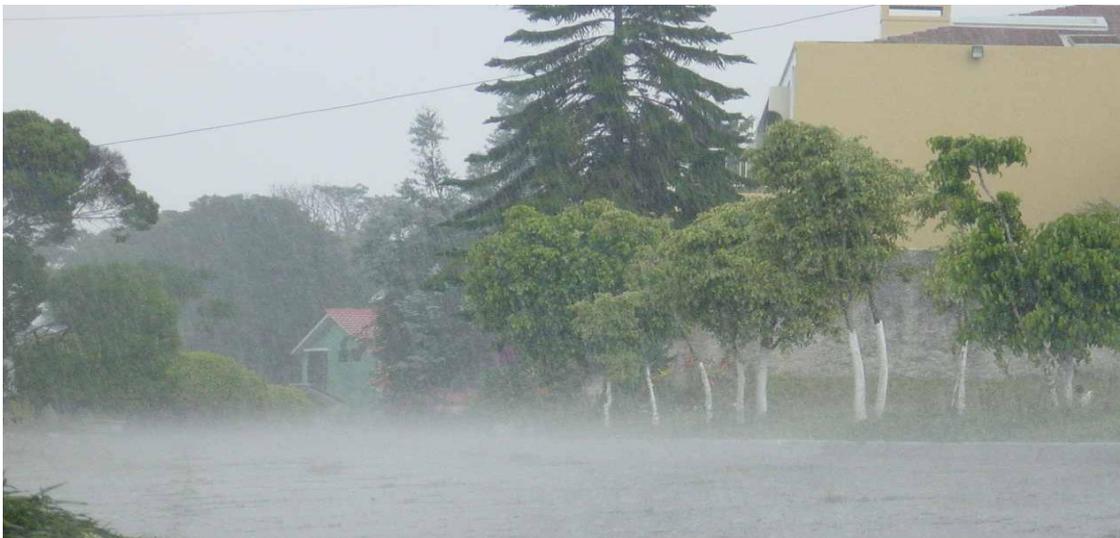


Figura 3.1 Lluvia intensa.

3.1 Introducción

Cuando se presenta la lluvia como se ve en la figura 3.1 en la Ciudad de México son muchas las causas por las cuales se ve interrumpido el flujo eléctrico, principalmente por falta de mantenimiento a las diferentes redes de distribución eléctrica, que pueden ser aéreas o subterráneas. Además de que la red aérea es muy vulnerable por cualquier siniestro inesperado que se presente a lo largo de esta. A continuación se enuncian los que con mayor ocurrencia se presentan.

3.2 Lluvia y árboles tocando el cableado eléctrico de mediana tensión

En el momento que empieza a llover como se puede apreciar en la figura 3.1, cuando las puntas de los árboles están tocando la red de mediana tensión y esta se encuentra desnuda, y al hacer tierra con los árboles mojados interrumpe el flujo eléctrico de manera estrepitosa que por este hecho es detectado por el sistema y automáticamente corta el flujo eléctrico. y Entran en función los reconectores automáticos instalados estratégicamente en la red de distribución de mediana tensión y si el problema persiste después de los tres recierres se corta el flujo eléctrico, hay que detectar en donde se esté ocasionando este problema y corregirlo, pero esto lleva tiempo ya que debe de recorrer por personal especializado todo el circuito eléctrico o sector que este sin energía, tramo por tramo, y dependiendo de la zona en que se encuentre la falla hacer las reparaciones pertinentes, además de detectar de qué clase de alimentación sea, es decir, si la línea es troncal o de ramal. En este caso es necesario tener un adecuado control sobre las redes aéreas de mediana y de baja tensión, procurando una buena programación de poda de árboles que debe de ser estrictamente necesaria. Este problema se soluciona instalando en zonas arboladas cable ACSR semi-aislado como el que se muestra en la figura 1.29 del calibre que se requiera en toda la red aérea, esto se debe de hacer con una gran estrategia de programación y tratar de ir localizando todos los circuitos o sectores donde sea requerido este cableado o en su momento tenerlo que reemplazar ya que existen muchos lugares en donde está instalado este cable pero es desnudo, principalmente en la periferia de la ciudad.

3.3 Lluvia en los árboles por encima del cableado eléctrico de mediana tensión

Cuando se presenta lluvia las ramas de los árboles se llenan de agua y por el peso se desgajan y caen en las líneas de mediana y baja tensión. Además de lo anteriormente señalado, la interrupción puede durar mucho tiempo independientemente si se trata de red de mediana o baja de tensión. Para estos efectos se deberá de trabajar sin potencial eléctrico ya que se hacen las reparaciones con conectores tubulares a mano.

Generalmente las lluvias están acompañadas de rachas de vientos y al combinarse estos, existe una gran probabilidad de que se presenten árboles derribados en el tendido eléctrico lo cual nos lleva a que dependiendo del tamaño del árbol o árboles, estos nos pueden causar un daño que va desde algo muy sencillo como líneas de baja tensión o ramales de mediana tensión, hasta el derribe de líneas troncales, así como de los postes contiguos al árbol caído y derribando los postes de concreto reforzado o de acero troncocónicos por efecto dominó, en algunos casos se han derribado hasta diez postes en un solo evento. Si le agregamos que hay postes derribados con transformador, se genera una gran pérdida económica para las pequeñas y grandes industrias que se quedan sin flujo eléctrico por un lapso grande (Tiempo Interrupción Usuario TIU). La experiencia

laboral indica que se tarda hasta 40 horas-hombre de trabajo ya que la reparación de estos daños son de manera muy lenta, se deben reemplazar los postes deteriorados por postes nuevos, y generalmente deben de quedar en el mismo lugar e irlos quitando a mano de su base y luego con plumas hidráulicas colocar dichos postes nuevos, además de rehacer el tendido eléctrico con materiales nuevos, identificar si existen equipos en los postes caídos y si es así reemplazarlos y finalmente reconectar al potencial eléctrico de baja y mediana tensión.

Cuando se conjugan fenómenos como fuertes rachas de vientos acompañado de abundante lluvia y granizo que además de que cae en un lapso muy corto en zonas arboladas los daños son de gran magnitud ya que caen ramas de gran tamaño y árboles en las redes de mediana y baja tensión, espectaculares, en distintos puntos de la red, así como distintos tipos árboles tal como ocurrió el 29 de julio de 2010 en Santa Fe. Los daños son muy altos, comenzando con el TIU, varios postes de concreto reforzado y de acero troncocónicos, líneas caídas, transformadores aéreos, equipos de transformación, entre otros y demás elementos que soportan la red de energía eléctrica. Además de los riesgos que este súbito evento implicó a la sociedad en esta zona de la capital.

3.4 Lluvia y tormenta eléctrica en zona arbolada con cableado eléctrico de mediana tensión

En la zona conocida como el Desierto de los Leones localizado al poniente de la ciudad en tiempo de lluvias caen rayos en los arboles como se ve en la figura 3.2, y estos caen sobre el tendido eléctrico derribándolo e interrumpiendo el potencial y de esta manera verse afectados un número muy importantes de usuarios. Además existe otro lugar muy cerca de ahí “el Valle da las Monjas”, donde pasa el potencial eléctrico que dota de energía eléctrica a una gran parte de la delegación Cuajimalpa.



Figura 3.2 ejemplo de rayo partiendo en dos a un árbol.

3.5 Lluvia en zona de red subterránea con cableado eléctrico de mediana y baja tensión

Para cuando llueve en las redes de distribución de mediana y baja tensión subterráneas, en algunos casos se ven afectadas por la clase de alimentación que tengan, es decir que si estas dependen de la red aérea de distribución, todo lo anteriormente mencionado le afectan directamente, pero cuando no le afecta, este tipo de instalación deberá de tener un mantenimiento perfectamente planificado, ya que si se inundan los pozos de visita y las líneas de distribución de mediana tensión y no hay mantenimiento, el agua desplaza al aceite dieléctrico que sirve de aislante. El calor y el tiempo favorecen que la red entre en corto circuito y generalmente se produzcan incendios del recubrimiento del cableado y las famosas explosiones como las ocurridas en el año 2010 en el centro de la capital. Para cuando sea red subterránea de baja tensión y los pozos de visita se llenan de agua por efecto de la oxidación del cobre se tienen falsos contactos y por consiguiente las molestias a los usuarios de la falta del flujo eléctrico, además de los posibles cortos circuitos en estas redes subterráneas y sus daños ocasionados a los usuarios.

3.6 Lluvia en zona con cableado eléctrico de mediana y baja tensión

Existe otra causa de falta de energía eléctrica en redes de distribución aérea de baja tensión llamados falsos contactos en línea abierta, por efecto de la oxidación en el cable o alambre desnudo de cobre, la lluvia, el viento o ambos, las acometidas empiezan con el tiempo a presentar falsos contactos, ya que estas se conectan directamente las puntas en forma de espiral a la línea abierta de baja tensión. Estos no ocurren para el cableado de ACSR de aluminio, ya que casi no existe oxidación en este material, además de que las derivaciones se hacen con conectores especiales de aluminio y se instalan con presión hidráulica dichos conectores sellando perfectamente la unión.

En temporadas de lluvia se presentan casos especiales por los cuales se ve interrumpido el flujo eléctrico. En zonas arboladas donde existe fauna, por ejemplo en la zona sur de la ciudad donde hay ardillas las cuales pasan entre los alambres que alimentan a un transformador trifásico aéreo con un potencial de 23 kV, y si además está mojada se electrocuta y provocan un corto circuito, lo detecta inmediatamente el reconector y de manera automática trata de solucionar el problema, haciendo los típicos tres recierres. Pero si el animal se queda muerto en la parte de la alimentación del transformador el problema persistirá, entonces hay que verificar tramo por tramo de ese sector de líneas aéreas de mediana tensión y equipo por equipo, hasta encontrar la falla. En tiempos de secas también se accidentan ardillas pero no interrumpe el flujo eléctrico por no estar mojadas. También se conoce la interrupción del flujo eléctrico por causa de otros animales pero eso se abordará en otro tema.

Capítulo 4

Afectaciones por efecto de sismo

4.1 Definición

Un terremoto, también llamado sismo o temblor de tierra es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. Los más importantes y frecuentes se producen cuando se libera energía potencial elástica acumulada en la deformación gradual de las rocas contiguas al plano de una falla activa, pero también pueden ocurrir por otras causas, por ejemplo en torno a procesos volcánicos, por hundimiento de cavidades cársticas o por movimientos de ladera.

4.2 Introducción

Dependiendo de la intensidad del sismo provocan múltiples formas de daños a la infraestructura eléctrica que a su vez propician interrupción de dicha energía. A lo largo de la historia en la Ciudad de México se han presentado sismos de gran magnitud como el de 1985, en ciertas circunstancias que tienen relevancia en cuanto a la destrucción de distintas edificaciones (figuras 4.1 y 4.2) y de sistemas principalmente de distribución eléctrica, por la vulnerabilidad de su instalación, ya que la gran mayoría es de red aérea.



Figura 4.1 Edificios del centro derribados por el sismo de 1985 en Av. Lázaro Cárdenas o eje central.



Figura 4.2 Secretaria de Comercio muy deteriorada por el sismo de 1985.

4.3 Daños que provocaría un sismo en torres de alta tensión y en subestaciones eléctricas

Para las torres de alta tensión y su red aérea de transmisión es muy importante tomar en cuenta la intensidad del sismo por la catenaria que exista entre torre y torre, y evitar en lo posible el choque de entre líneas, bajo estas circunstancias se han rediseñado estas estructuras y sus líneas de conducción, en la actualidad salvo un caso muy extremo de terremoto si se verían afectadas, y se reflejaría inmediatamente en las subestaciones reductoras y por lo tanto en la distribución eléctrica.

En los sismos del pasado inmediato en las subestaciones en la Ciudad de México no se han reportado daños por este tipo de fenómeno, pero si se presentara uno igual o mayor que el que se presentó en 1985, que fue de 8.1 grados Richter, sí se presentarían afectaciones a estos sistemas de distribución eléctrica ya que se dañarían algunos de sus principales elementos de recepción de las líneas de alta tensión, tales como aisladores de porcelana, apartarrayos, transformadores de patio, cortacircuitos de cuchillas, y demás elementos que conforman a una subestación reductora típica de esta ciudad. (Ver referencia “perdidas en subestaciones eléctricas por sismo”)

4.4 Daños que provocaría un sismo con magnitud menor a 8.1 en la escala Richter en la Ciudad de México

En el caso de un sismo de 6.5 a 7.5 que han ocurrido en esta ciudad, independientemente de la duración la experiencia nos dice que provoca entre otros el choque de entre líneas de mediana y baja tensión y sus consecuentes daños, tales como cortos circuitos, elevación de potencial y sus consecuentes daños irreparables en los transformadores trifásicos, daños a los aparatos industriales y domésticos, y en el caso de postes de concreto reforzado deteriorados por el tiempo con las varillas expuestas, la caída inminente de la parte que soporta las crucetas que soportan el tendido eléctrico, ya que existen postes que datan de los años 50's que están muy deteriorados y esto representa

una forma latente de interrupción en el flujo eléctrico. Además que estos postes deteriorados soportan también líneas telefónicas y cable de televisión de paga, esto es muy peligroso también para la sociedad ya que las personas caminan por el lugar y no ven el riesgo inminente en el que se encuentran en ese lugar. Existen muchos postes en estas condiciones, ya que además de haber rebasado su vida útil, los movimientos telúricos hacen que actúen como palancas en sí mismos, deteriorándolos todavía más y estar en peligro de caer.

En la figura 4.3 se aprecia la imagen de un poste de concreto reforzado muy deteriorado con las varillas expuestas a la altura de las líneas aéreas de distribución de baja tensión ubicado al sur de la ciudad en la Colonia Jardines del Pedregal, delegación Coyoacán. (Fecha de las imágenes; julio de 2010)



Figura 4.3 poste de concreto reforzado muy deteriorado por el tiempo.

En la figura 4.4 se muestra un poste de concreto reforzado con las varillas expuestas y con la parte superior apunto de venirse abajo en la parte superior de la sustentación de las crucetas de acero que sostienen a las líneas de mediana tensión, de red troncal.



Figura 4.4 poste de concreto reforzado a punto de venirse debajo de la parte superior.

Otro tipo de daños por este tipo de sismos son, que al moverse por efecto de sismo los postes de concreto reforzado de más de 20 años de vida útil, provocan la caída de pedazos de concreto como el que se muestra en la figura 4.5 y por consiguiente la exposición de varillas a la intemperie y su inminente oxidación y corrosión que aumentan su posible caída, lo cual se vería reflejado inmediatamente en la interrupción del flujo eléctrico.



Figura 4.5 Poste de concreto reforzado deteriorado por el tiempo con las varillas expuestas.

En la figura 4.6 se ve el peligro latente que representan los postes de más de 20 años de vida útil, ya que este poste se encuentra ubicado en una de las zonas más transitadas por personas y por vehículos, además existe muy cerca de ahí una base de transporte público que en horas pico está con mucha gente haciendo largas filas. Este poste está ubicado en Av. Universidad y Miguel A. de Quevedo.



Figura 4.6 poste de concreto reforzado muy deteriorado por el tiempo con pedazos de concreto a punto de caer.

Como este tipo de postes de concreto reforzado existen muchos en la Ciudad de México, y esto implica que hay que hacer una buena planeación de reemplazo de postes deteriorados por postes de concreto reforzado de nueva generación.

Otra de las consecuencias que se generan por este tipo de sismos son el de “recorrido” de su base de transformadores como el que se ve en figura 4.7. Esto es que los transformadores trifásicos aéreos se deslizan sobre su plataforma de sustentación, soportada en postes de concreto reforzados y de acero troncocónicos en donde son instalados, quedando al borde de caerse y el peligro inminente para la sociedad. En esta imagen se puede apreciar un transformador aéreo al borde de su plataforma, en el caso de un sismo del rango antes mencionado es muy posible que se venga abajo. Este transformador trifásico aéreo está ubicado en Av. Miramontes casi esquina Calle Cerro de las Campanas delegación Coyoacán. Y como este ejemplo hay muchos.



Figura 4.7 Transformador trifásico aéreo recorrido de su base al borde de su plataforma.

4.5 Daños permanentes que provocó el sismo de 1985 en la ciudad de México

Desde el sismo de 1985 existen muchos postes de concreto reforzado y de acero troncocónico desplomados, y en un evento de esta magnitud se pueden venir abajo. En la figura 4.8 se aprecia un poste de acero troncocónico con cortador y un equipo de seccionamiento manual (cuchillas tipo ALDUTI) ubicado en calle Canal Nacional casi esquina con Luis Galván delegación Iztapalápa que se encuentra desplomado; además lleva línea troncal de ACSR 336, cableado de televisión de paga, cableado telefónico. Este poste en un sismo se vendría abajo, por que oscilaría el equipo de seccionamiento que es muy pesado que actuaría como brazo de palanca en su base, además de que el suelo en donde está empotrado tiene un nivel freático muy alto por estar a un lado del canal nacional, además del peligro que esto ocasiona a la población. Cabe señalar que existen muchos postes en estas condiciones, que deben de ser atendidos, con una pronta respuesta de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).



Figura 4.8 poste de acero troncocónico con equipo de seccionamiento manual desplomado con red troncal.

En mi experiencia no se atendieron estas anomalías por parte de Luz y Fuerza del Centro por cuestiones políticas que obligaban a la empresa y a los trabajadores a atender otras prioridades pero sin material, el cual en los últimos diez años hasta su extinción se fueron negando los materiales y los recursos a todos y cada uno de los departamentos. Pretexto perfecto para su extinción, el gobierno federal fue juez y parte.

En la figura 4.9 se puede apreciar la zona que se vería afectada y quedar sin energía eléctrica si el poste de la figura 4.8 se vinieran abajo por efecto de algún sismo ya que es red troncal. Para este tipo de trabajos se requerirían de 24 hasta 40 horas de trabajo ya que como se aprecia tiene el poste un equipo de seccionamiento manual que son unas cuchillas tipo ALDUTI, además de colocar un poste nuevo. Cabe señalar que es muy importante este tipo de seccionadores ya que se pueden operar con potencial en las líneas y así arreglar algún desperfecto más adelante.

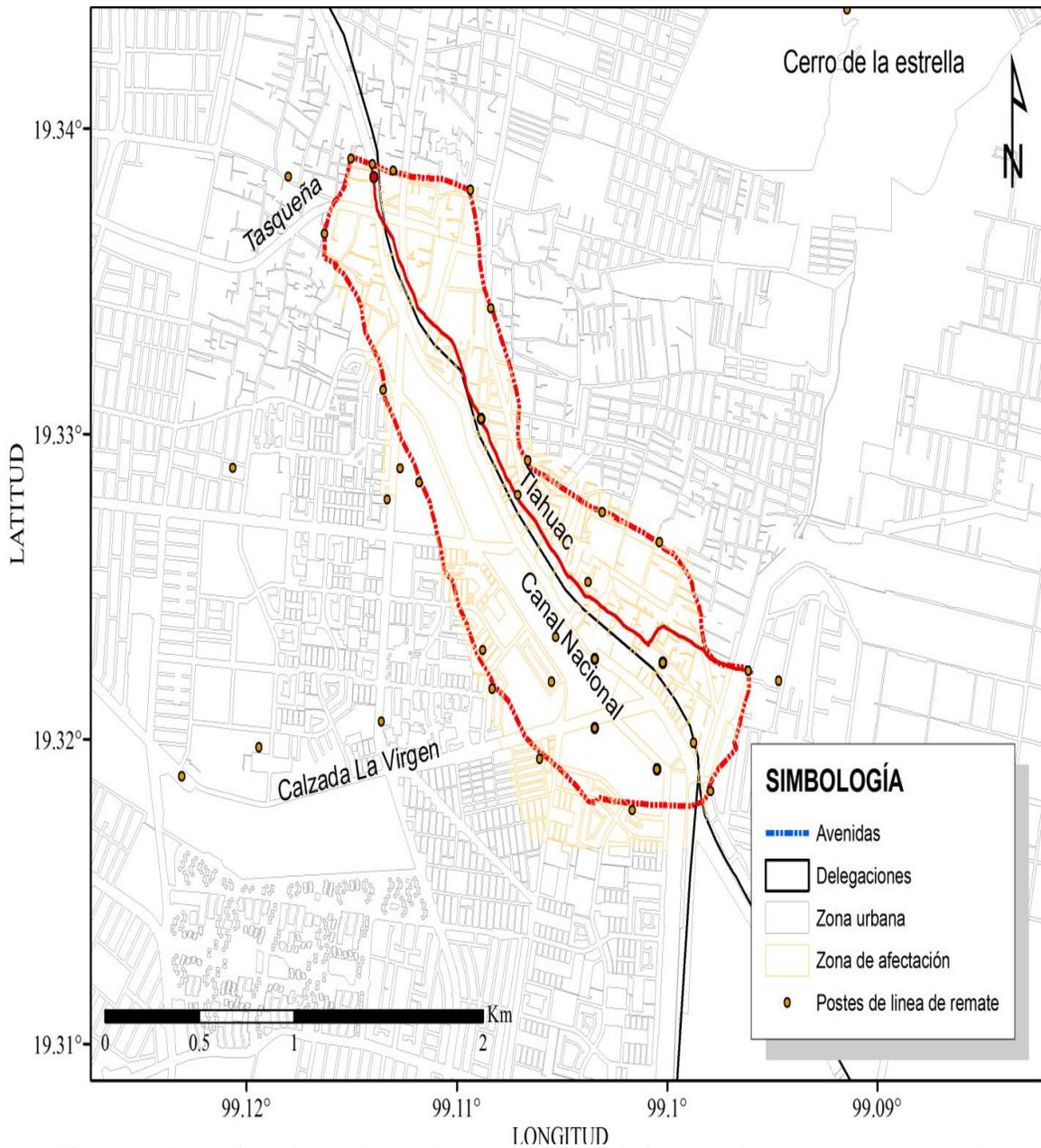


Figura 4.9 Zona afectada en el caso de que se viniera abajo poste de acero con red troncal.

4.6 Daños por trabajos mal ejecutados por personal de la empresa prestadora del servicio

En la figura 4.10 se muestra el mismo poste de concreto reforzado en fechas distintas, en la primera es del 14 de febrero de 2009, y el de la segunda es del 23 de septiembre de 2010, Se aprecia el poste plomado y luego desplomado unos 30 grados con respecto a la horizontal del suelo, este poste se afectó después de haber realizado un ramal o una derivación hacia un transformador trifásico aéreo, en forma incorrecta, ya que además de hacer mal el tendido eléctrico en el poste en forma diagonal, las líneas de mediana tensión están a una altura aproximada de 5 metros con respecto al arroyo vehicular, por el desplome (fuera de normas técnicas), además este trabajo se realizó por trabajadores subcontratados por la CFE, que a pesar de ver su trabajo mal hecho se fueron. Este poste está ubicado en la calle de Canal Nacional esquina con Relaciones Exteriores, colonia San Andrés Tomatlan delegación Iztapalapa.



Figura 4.10 Poste de concreto reforzado antes y después de hacer un ramal.

Esta línea es troncal y abastese de flujo eléctrico a unas 10 colonias al oriente de la ciudad, si este poste y su línea de mediana tensión se sometieran por un sismo de intensidad de hasta 8.1 grados Richter como el de 1985, esta se verían afectadas de manera significativa, por que el poste de concreto reforzado se vendría abajo, además las líneas de mediana tensión tienen demasiada catenaria y tendrían un choque de entre líneas y sus ya mencionadas consecuencias. Los postes desplomados y muy deteriorados por el tiempo se vendrían abajo y el peligro inminente que representa para la población en general de que se le caiga un poste o muera por electrocución.

4.7 Daños que provocaría un sismo mayor o igual al que ocurrió en el año de 1985 en la ciudad de México

En la figura 4.11 se aprecian los trabajos después del sismo de 1985 de reinstalación de la red aérea de mediana tensión por parte de los trabajadores de líneas aéreas de Luz y Fuerza del Centro (L yFC). En esta imagen se aprecia una “jirafa” con canastilla doble con sus ocupantes reinstalando las líneas de mediana tensión, frente al edificio que se encontraba en Av. Insurgentes Esquina Álvaro Obregón de la colonia Roma.

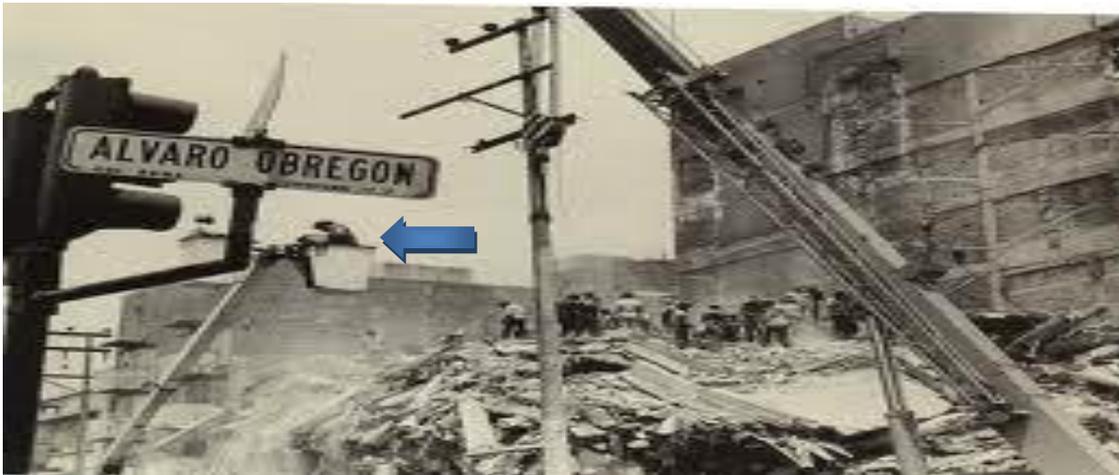


Figura 4.11 Edificio derrumbado por el sismo de 1985.

En sismos superiores a 7.5 y hasta 8.1 en la escala de Richter, que es el de mayor intensidad hasta ahora registrado en la Ciudad de México, los daños son por demás muy destructivos. Se presentarían choque de entre líneas de baja y mediana tensión y su inminente caída, daños irreparables a los transformadores trifásicos por la sobrecarga o por la caída al suelo (destruyéndose por completo), derribe de postes de concreto de más de 20 años de servicio postes descabezados. La experiencia nos revela que hay choques de automóviles por las ondas y se han registrado estos en postes de concreto reforzado o de acero troncocónicos, pueden ser vehículos livianos, medianos o muy pesados y esto nos lleva a la proporción de daños por el choque. También cuando el sismo empieza a derribar bardas de tabique y caen sobre los postes también se ve afectado el flujo eléctrico. Pero cuando el sismo es muy fuerte y comienza a derribar edificios y casas los daños son devastadores porque junto con los escombros comienzan a derribarse en el caso de la red aérea, líneas de mediana y baja tensión, postes nuevos y viejos de concreto reforzado y troncocónicos con todos sus elementos de sustentación como son las crucetas, aisladores soportes etc., transformadores trifásicos aéreos, equipos de seccionamiento tele controlados y manuales, y demás redes que también soportan los postes de las redes aéreas como las de teléfonos y televisión de paga.

En la figura 4.12 se puede observar daños por el sismo de 1985 tanto a la infraestructura eléctrica subterránea como a la aérea, por un lado el edificio volcado sobre la acera por donde pasan la red subterránea y por otro lado postes de concreto reforzado desplomados con la red aérea de mediana tensión.



Figura 4.12 Edificio de departamentos derribado en el sismo de 1985.

Los daños en la infraestructura eléctrica subterránea en el caso que se presentara un sismo como el que fue en 1985 de 8.1 grados Richter, donde los daños se concentraron en las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc del centro de la capital, además de ser daños muy altos, el tiempo en lograr a empezar a cuantificar los daños es de varios meses, en estos casos también se hacen seccionamientos de los lugares dañados y dejando sin energía toda la zona afectada, para posteriormente comenzar a restaurar las líneas subterráneas que alimentan a toda esta zona. En la figura 4.13 se aprecian postes que datan de los años 60's con un deterioro muy importante ya que estos no resistirían ningún tipo de sacudida porque se caerían.



Figura 4.13 Postes de concreto reforzado con las varillas expuestas muy deteriorado por el tiempo que datan de los años 60's.

En la figura 4.14 se puede apreciar un ramal de mediana tensión con cable ACSR de calibre de 1/0, el cual esta a no menos de 5 metros de altura, fuera de norma que es de 6.5 m,(de normas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RTIE) además en esta figura se muestra una pipa con gas pasando por debajo del ramal, si por alguna razón llegara a tocar las líneas de mediana tensión se provocaría un accidente de proporciones mayúsculas que afectaría no solo a la red eléctrica sino también a la población en un perímetro muy extenso, como este ejemplo hay muchos más, ya que es demasiado grande la Ciudad de México y su zona conurbada. Imágenes de la figura anterior, tomadas en el mes de junio del 2010.



Figura 4.14 Línea de mediana tensión con exceso de catenaria muy peligrosa.

En caso de que se presentara en la Ciudad de México un sismo mayor a 8.1 grados Richter, la infraestructura eléctrica actual no dejaría de reportar fallas en el suministro de energía ya que como se mencionó existen múltiples elementos que mal sustentan algunos de sus principales sistemas de distribución, tales como, postes desplomados y deteriorados por el tiempo con las varillas expuestas, transformadores trifásicos aéreos recorridos de su base, líneas a punto de desprenderse de sus aisladores, líneas de mediana y baja tensión con demasiada catenaria con lo cual chocarían las líneas, árboles y sus ramas crecidas dentro de las líneas de distribución de mediana y baja tensión que por esta condición y el sismo provocarían también cortos circuitos, etc. Es necesario un plan muy ambicioso de mantenimiento preventivo y correctivo para poder dar sustentabilidad a toda la red de distribución eléctrica.

En el sismo de 1985 a todos los trabajadores de Líneas Aéreas de la Compañía de Luz y Fuerza de centro se les dio un reconocimiento por parte de organismos internacionales como Japón y Canadá ya que en tan solo tres días restablecieron la energía eléctrica al 100% en la Ciudad de México.

Capítulo 5

Afectaciones al sistema eléctrico por otros

5.1 Introducción

Las afectaciones en el sistema eléctrico en la Ciudad de México por otras causas, que no sean las antes mencionadas son de una gran variedad así como de diferente índole. A continuación se enlistarán estas causas y posteriormente se hará una descripción de cada una de estas afectaciones que interrumpen el flujo eléctrico.

Estas pueden ser:

- Que se accidente por electrocución alguna persona
- Que se accidente por electrocución algún animal
- Afectaciones al sistema eléctrico por poste chocado
- Por falta de mantenimiento a las instalaciones eléctricas de alta, mediana y baja tensión
- Por falta de mantenimiento a instalaciones eléctricas en zona industrial o habitacional

5.2 Accidente por electrocución alguna persona

5.2.1 Accidentes de trabajadores del sistema eléctrico

En la figura 5.1 se ve una maniobra con línea viva o energizada, la cual consiste en retirar una cruceta de acero y el poste de concreto que se aprecia debajo de las canastillas en donde el trabajador que está en el mismo poste está libre de peligro de la línea central pero las laterales están protegidas con unos elementos aislantes llamados protectores rígidos de línea viva, estos permiten al trabajador realizar su labor un poco más seguro, pero en esta ocasión se utilizó un protector de línea equivocado, ya que este tipo de protector tiene una ranura por debajo para poder instalarlo en la línea y si por alguna razón la línea protegida se acerca a la cruceta de acero provocaría una descarga eléctrica que podría ser mortal para el trabajador que está en el poste de concreto. Estos trabajos se realizaron en el periférico sur a un costado de la “glorieta de vaqueritos” en el mes de agosto de 2010.



Figura 5.1 Trabajos con línea viva (LV), trabajos con potencial de mediana tensión.

Cuando se accidenta algún trabajador del sistema eléctrico, generalmente es por algún descuido de su parte, en la figura 5.1 se ve lo que se conoce como trabajos con “línea viva”, (LV) que consiste en dar mantenimiento a las líneas de mediana tensión sin quitar el potencial eléctrico, esto es que en los diferentes lugares de los usuarios no se corta el flujo eléctrico mientras se hacen estos trabajos y a los consumidores no les afecte el TIU. Estos trabajos consisten e reemplazar algún elemento de la red aérea, como pueden ser apartarrayos, cortacircuitos, soportes con sus aisladores, o cambiar en todo su conjunto el sistema de suspensión de la red aérea, de un poste deteriorado a un poste nuevo, que consta de cruceta de acero, tres soportes y tres aisladores de porcelana y mover los cables con un potencial de 23 kV, en todas estas maniobras puede ocurrir algún descuido y por consiguiente algún accidente, puede ser mortal para el trabajador y las líneas de mediana tensión se vienen abajo, con lo cual se ve afectado el sistema eléctrico, y dependiendo en donde ocurra este se verán afectados el número de usuarios, es decir que si es línea troncal o de derivación. También existen los trabajos en la red aérea de baja tensión pero ahí los accidentes muy rara vez provocan accidentes graves, y lo más significativo es que si algún trabajador del sistema eléctrico provoca por descuido un corto circuito bastara con reemplazar los fusibles del transformador más cercano y los de los usuarios.

5.2.2 Accidentes de trabajadores de la construcción

En las figuras 5.2 y 5.3 se pueden apreciar imágenes de trabajadores de la construcción que sufrieron quemaduras por descarga eléctrica de mediana tensión, la primera en mano con quemaduras de tercer grado y a punto de ser amputada, la segunda es quemadura en abdomen por estar muy cerca de la línea de mediana tensión ya que cuando hay una descarga eléctrica de este tipo sale fuego literalmente, estas fueron bajadas de internet. Cuando ocurren accidentes por parte de los trabajadores de la construcción, es principalmente por descuido y por la falta de información sobre el peligro que representa el sistema aéreo eléctrico, ya que la experiencia nos dice que no saben que la energía eléctrica que fluye por el cableado de mediana tensión no es necesario tocarlo si no que esta energía a una distancia de 30 centímetros salta por medio de un arco eléctrico de 23 kV y esta corriente “busca” aterrizarse y si está de por medio alguna persona, por ahí se aterriza y le sale esta energía al accidentado generalmente por los pies, estos accidentes

pasan con las maniobras en los edificios con las varillas cerca del cableado eléctrico, también se han accidentado los llamados “plomeros”, que haciendo maniobras en las edificaciones con los tubos de cobre se acercan a las líneas de mediana tensión provocando el arco eléctrico y sus consecuencias, y así se pueden seguir enumerando este tipo de accidentes que es muy recurrente por diferente tipo de trabajadores, tales como pintores, carpinteros, herreros, etc., pero lo esencial es que también afectan por su accidente a el sistema eléctrico y dependiendo de la zona del accidente (línea troncal o de derivación) se verán afectados en número de usuarios. Este tipo de accidentes es el segundo que más ocurre en la Ciudad de México, y esto provoca una constante de interrupción en el fluido eléctrico, ya que dependiendo en que parte del tendido eléctrico afectado se tendrán que realizar un número determinado de maniobras para restablecer el flujo en la red y en la manera de lo posible abatir el (Tiempo de Interrupción Usuario TIU).



Figura 5.2 Quemadura por electricidad de mediana tensión en mano.



Figura 5.3 Quemadura por electricidad de mediana tensión en abdomen

Recomendación de distancias de edificaciones según el Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas (RETIE)

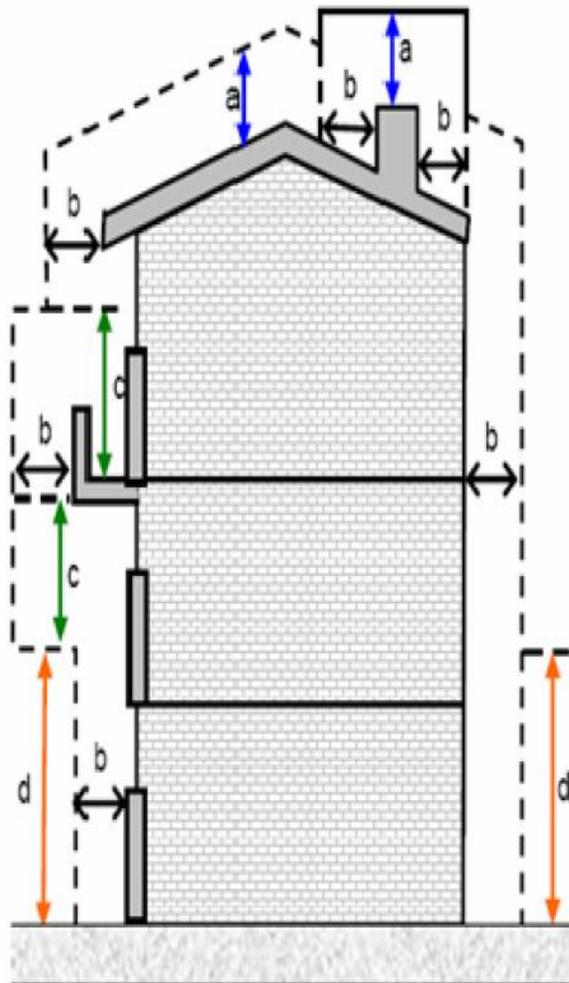


Figura 5.4 distancias mínimas en edificaciones.

Tensión nominal entre Fases (kV)	Distancia (m)
En a	
44/34.5/33	3.8
13.8/13.2/11.4/7.6	3.8
Menor que 1.0	0.45
En b	
115/110	2.8
66/57.5	2.5
44/34.5/33	2.3
13.8/13.2/11.4/7.6	2.3
Menor que 1.0	1.7
En c	
44/34.5/33	4.1
13.8/13.2/11.4/7.6	4.1
Menor que 1.0	3.5
En d	
500	8.6
230/220	6.8
115/110	6.1
66/5.7	5.8
44/34.5/33	5.6
13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
Menor que 1.0	5.0

Existen en la Ciudad de México muchos riesgos porqué no se apegan a estas recomendaciones si se toma en cuenta que solo se maneja dos tipos de tensiones nominales de interfaces en la distribución de energía eléctrica de líneas aéreas dentro de la capital que son, para la mediana tensión nominal es de 23 kV y de 110 v para la baja tensión nominal, en las siguientes figuras se pueden observar los graves riesgos para la sociedad en general que implica tener tan cerca de las viviendas u oficinas las líneas con potencial eléctrico, desafortunadamente en mi experiencia no se respetan las distancias mínimas para las edificaciones de cualquier índole, por la gran desproporción del crecimiento en la periferia de la ciudad en general y los graves riesgos a toda la población.

5.2.3 Accidentes de cualquier persona

Cuando ocurre un accidente eléctrico a cualquier persona, es esencialmente por la falta de conocimiento que representa el peligro de las líneas de mediana y baja tensión, así como de las conexiones de los transformadores trifásicos aéreos, ya que estos están conectados a una tensión de 23 kV, existen en la Ciudad de México un gran número de lugares en donde la red aérea pasa muy cerca de las ventanas de las casas habitación, edificios multifamiliares, edificios de oficinas ver figuras 5.5, 5.6 y 5.7, esto es provocado por la indiscriminada creciente población de la Ciudad de México y su zona conurbada, los lugares en donde se presentan mas este tipo de accidentes en las zonas de barrancas de la periferia de los cerros que circundan esta ciudad, tales como las de la delegación Álvaro Obregón como se muestran en estas imágenes, en donde la línea de mediana tensión y las conexiones a los transformadores así como de la línea abierta de baja tensión pasa a escasos centímetros de las ventanas y sus techos, provocando que cualquier persona de accidente, la experiencia nos dice que la mayoría de los accidentados en estas zonas son niños que con algún artículo casero (ganchos para ropa de metal o utensilios de cocina) intenten tocar la red de mediana tensión o propietarios tratando de arreglar el cable de la instalación de su antena aérea del televisor, y esto también dependiendo de la zona en donde ocurra este accidente se verán afectados los usuarios y el tiempo de interrupción.



Figura 5.5 Imagen de transformador muy cerca de ventanas en casa habitación.



Figura 5.6 Líneas de mediana tensión muy cerca de ventanas en zona comercial.



Figura 5.7 Líneas de mediana tensión muy cerca de edificio y ventanas.

5.3 Accidente por electrocución algún animal

Existe otra clase de interrupción de la energía eléctrica, que es menos común, pero se da, cuando por alguna razón un águila se para en las líneas aéreas de mediana tensión y al abrir a lo ancho sus alas para emprender el vuelo, provocan un arco eléctrico de entre líneas que pasa por su cuerpo y esto provoca la caída de líneas y así también su consiguiente interrupción de flujo eléctrico. Otro animal que provoca esta situación son las ardillas en zonas arboladas que merodean alrededor de los transformadores trifásicos aéreos y cuando están en las conexiones de mediana tensión se electrocutan y quedan muertas y secas, si no está lloviendo los equipos de recierres entran en acción y aunque la interrupción no es prolongada si dura unos segundos. Otro animal que provoca esta interrupción son las ratas ya que el recubrimiento del cableado en las líneas de mediana tensión subterráneas es roído y al quedar desnudo con cualquier elemento húmedo que pase por ahí provocara un corto circuito como los que sucedieron en el centro de la ciudad, esto último solo se puede prevenir con un adecuado y programado mantenimiento. Cabe señalar que ni las palomas ni los pájaros tienen la suficiente envergadura en sus alas para provocar un corto circuito.

5.4 Afectaciones por poste chocado

Un poste chocado y derribado afecta directamente al flujo eléctrico en su entorno y a la comunidad en general, esto es que dependiendo de qué elementos de distribución ya descritos, este sosteniendo el poste se verán afectadas una mayor o menor número de usuarios, esta es la principal causa de interrupción de energía eléctrica en la Ciudad de México, que conlleva a un lapso muy grande de tiempo para su reinstalación. Estos ocurren principalmente por conductores con exceso de velocidad, alcoholizados, drogados, manejando en piso mojado, por fallas mecánicas de los vehículos, por distracción, y en un caso extremo por sismo y que el conductor por efecto de este choque.

En los postes de concreto reforzado o troncocónico chocados y derribados se tienen que averiguar:

- Si sustenta equipo y de que clase.
- Si sustenta solamente cableado de baja tensión eléctrica.

Si sustenta equipo y además cableado de baja y mediana tensión eléctrica

En el caso de que lleve equipo, averiguar qué clase de equipo es, esto dependerá del tiempo de interrupción de energía eléctrica, por la sustitución de un equipo nuevo, estos pueden ser transformadores trifásicos, equipos de seccionamiento, cuchillas, etc. En el caso de que solo lleve cableado de baja tensión la afectación solo se verá reflejada en unas cuantas cuadras. En el caso de que sustente equipo y líneas de baja y mediana tensión eléctrica la afectación será de dimensiones mayores, ya que se trata de los postes de mayor tamaño por normas de instalación, ver tablas 1.1 y 1.2, y dependerá de que clase de red de distribución se vea afectada e interrumpida, esto es que si se trata solo de un pequeño ramal o una derivación mayor o si se trata incluso de red aérea de línea troncal.

En la ciudad de México existen múltiples postes chocados y derribados por diferentes tipos de vehículos, en la figura 5.8, se puede apreciar un poste de concreto reforzado derribado por un vehículo de no más de dos toneladas de peso, en este caso en particular el poste lleva línea troncal ACSR-336, la cual seguramente afecto a un número significativo de usuarios, los cuales tuvieron una interrupción de hasta 24 horas en reanudar el servicio.



Figura 5.8 Poste CR-14 chocado y derribado.

Este tiempo es porque primero, se deberá de reportar el siniestro a la dependencia indicada, después dar la orden a los trabajadores para que se dirijan a la zona del siniestro, posteriormente se debe de localizar el nuevo lugar para hacer la excavación para colocar el poste nuevo, hacer la propia excavación, esta por la zona de la que se trata el tiempo es de unas 6 horas aproximadamente, mas lo que se tarde el camión en trasladar el poste nuevo desde el depósito hasta la zona del siniestro, mas lo que se tarde los trabajadores en colocar el poste nuevo en posición horizontal y amacizarlo, para que quede totalmente a plomo el poste, mas lo que se tarden los trabajadores en colocar todos los elementos que sustentan la red aérea eléctrica, como pueden ser crucetas, aisladores de porcelana,

apartarrayos, cortacircuitos, mufas para circuitos subterráneos, etc., mas levantar y tender el cableado y colocarlo en su lugar, y posteriormente conectar y reanudar el servicio. Si por alguna razón existiera alguna prioridad de falta de energía eléctrica que afectara por esta o por otra causa a otra zona como puede ser de hospitales, dependencias gubernamentales o incluso de la presidencia de la república, primero se atenderían a estas y después a las demás.

En la figura 5.9 tomada el día 23 de Agosto de 2010, se puede apreciar el mismo poste CR-14 chocado y recorrido de su base el cual es sostenido solo por los cables de mediana tensión, esto es en periférico sur a la altura del número 4268, este poste está muy peligroso, tanto para los transeúntes como a los conductores porque con otro impacto en este se vendría abajo con sus terribles consecuencias y la inevitable interrupción del flujo eléctrico.



Figura 5.9 Poste de concreto reforzado CR- 14 chocado y recorrido de su base.

En la figura 5.10 se puede observar un poste de concreto reforzado CR-14 chocado y recorrido de su base el cual esta sostenido solo por los cables de mediana tensión.



Figura 5.10 Poste de concreto reforzado CR-14 chocado y recorrido de su base con mucho tiempo deteriorado.

Este poste de concreto reforzado es muy peligroso, ya que si es golpeado nuevamente se vendría abajo causando grandes daños, además de un lapso muy grande de interrupción de la energía eléctrica por que esta red es troncal y depende de este un gran número de ramales y por consiguiente de un gran número de transformadores trifásicos aéreos, que a su vez afectan a un gran número de usuarios.

Al siguiente tramo en dirección del tránsito vehicular que va de oriente a poniente, se encuentra un poste a punto de descabezarse y venirse abajo de la parte superior en donde está sustentada la línea de mediana tensión, esto implica que se vería afectado inmediatamente el potencial eléctrico (ver figura 5.11), además de ser muy peligroso para cualquiera que pase por ahí, ya que se trata de una avenida muy transitada y también para la población en general.



Figura 5.11 Poste de concreto reforzado CR-14 muy deteriorado por el tiempo y a punto de caer.

En mi experiencia personal los postes chocados y derribados con línea de mediana tensión ocurren en la zona metropolitana poniente cuando menos uno cada semana y hasta siete en un solo día, estos últimos sucedieron por el choque de un tráiler que al derribar un solo poste por efecto dominó derribo los demás.

Si hacemos un análisis de la probabilidad de que se presente este evento a nivel Ciudad de México y zona metropolitana veremos que esta es muy alta, reflejando así la principal causa de interrupción prolongada de energía eléctrica. Para la cual se debe de hacer un gran trabajo de supervisión y prevenir como atacar este evento que es inevitable, y ver la manera de tener los elementos y recursos mecánicos y humanos necesarios a la mano para atacar este problema. Algo que es urgente es contar con suficientes camiones “broca” para poder hacer más rápido las perforaciones y colocar el poste nuevo, ya que en la actualidad los trabajos de excavación de un hoyo para poste chocado se hacen a mano, y si además se tiene que colocar el poste en el mismo lugar, se debe de hacer un análisis nuevo y muy detallado de cómo reemplazar el poste chocado y derribado en el mismo lugar. Esto pasa en lugares como en las esquinas de vialidades primarias de esta ciudad que no tienen lugar para reubicar la excavación del poste para poder colocarlo.

Existe otro problema en la Ciudad de México porque hay instalados muchos postes de concreto reforzado muy deteriorados como el que se aprecia en la figura 5.12, en esta imagen se aprecian los elementos que sustentan línea de mediana tensión, y con grandes posibilidades de venirse abajo con un pequeño impacto producido con cualquier vehículo por pequeño que este sea, estos los derriba de la parte más débil y esta es por lo general la parte superior del poste por debajo de la cruceta de acero que detiene el cableado, en este caso es línea troncal y afectaría a un número muy importante de usuarios. En estos eventos se pueden repetir con los postes de acero troncocónicos, ya que hay una gran variedad de estos postes deteriorados por el tiempo de más de 30 años de edad ya que datan de los años 60's, pero no se ve el deterioro por fuera del poste, es decir que como son de acero tienen diferente avance de corrosión en su interior, y son muy vulnerables a cualquier impacto por parte cualquier vehículo que sea y por lo tanto muy peligrosos para la población en general independientemente que también sería una causa de interrupción del flujo eléctrico y su inevitable (Tiempo de Interrupción Usuario TIU).



Figura 5.12 Poste CR-14 muy deteriorado por el tiempo con las varillas expuestas a punto de caer.

5.5 Fallas por falta de mantenimiento a las instalaciones eléctricas de alta, mediana y baja tensión

En las subestaciones reductoras en donde llega el potencial de alta tensión es muy importante darle frecuentemente mantenimiento preventivo y correctivo a los transformadores de patio ya que estos son esenciales para dar servicio a la ciudadanía, pero si no se hace a tiempo puede ocurrir un accidente como el que ocurrió en el mes de septiembre de 2010 (ver figura 5.13) en donde explotaron dos transformadores que lamentablemente mataron a dos trabajadores de comisión federal de electricidad (CFE), pero también se debe a que este personal no conoce estas instalaciones que fueron de Luz y Fuerza del Centro (L y FC), esta subestación es reductora de alta a mediana tensión para su posterior distribución.



Figura 5.13 Momentos de incertidumbre por explosión de transformadores de patio en la subestación Coyoacán en septiembre de 2010.

Otra falla en la interrupción del flujo eléctrico es por la creciente demanda de los usuarios a los transformadores, esto es que cuando se instala un transformador está diseñado para un determinado número de usuarios, pero cuando comienza a crecer la población y su demanda de carga eléctrica este se ve rebasado y empieza a tener sobrecarga y mientras más demande de los usuarios más tendrá que soportar el transformador y al cabo de un tiempo se quema por exceso de carga, lo que se debe de hacer es colocar otro de mayor capacidad o seccionar el circuito dividiéndolo en dos y colocar dos transformadores uno para cada uno que compensen la carga que demanden los usuarios. Este también es uno de los deterioros que requieren de más tiempo para el reemplazo del transformador y reanudar el suministro de energía eléctrica a los usuarios. Cabe señalar que este problema no es fácil de detectar ya que solo con el tiempo y la creciente demanda aunque lenta va deteriorando el transformador poco a poco hasta la falla súbita e irreparable.

También existen daños a los transformadores por tiempo de uso, esto es que el deterioro se va dando conforme pasa el tiempo de transformación y este a su vez por efectos del intemperismo se llega a fisurar y empieza a tirar el aceite que protege al embobinado del interior del transformador, al quedar seco de aceite en el instante que no tenga el mínimo requerido este se quema de manera por demás estrepitosa y de esa manera interrumpe el suministro de energía eléctrica a los usuarios y su prolongado tiempo de reemplazo.

Otro caso es cuando en un muy prolongado lapso como se aprecia en la figura 5.14 los soportes que sostienen a los aisladores de porcelana que se colocan en las crucetas de acero, la parte central de estos soportes es plomo y con el continuo cambio de temperaturas el plomo se degrada y por la tensión mecánica de los cables se zafan los aisladores de plomo hasta que la línea de mediana tensión choca con la cruceta de acero y produce un corto circuito y una falla súbita en la interrupción del potencial eléctrico. Esto también pasa con los propios aisladores de porcelana, que con el paso del tiempo y como están en constante trabajo de soporte de líneas y por el tiempo se cuarteán y se estrellan, esto es suficiente para que por ahí se aterrice el potencial de mediana tensión y produzca una falla también súbita e interrumpa el paso del flujo eléctrico, y dependiendo de la zona en donde suceda esto (línea troncal o de derivación) va a afectar un número determinado de usuarios.



Figura 5.14 Aisladores de porcelana en mal estado a punto de zafarse de sus soportes y su cruzeta muy inclinada.

Aunque solo se presenta en épocas decembrinas, también genera una interrupción en el flujo eléctrico, en circuitos cortos como los de un solo transformador, son las interrupciones por sobrecarga de parte de los usuarios que ponen un gran número de “series de luces navideñas”, dentro y fuera de sus casas o edificios como se muestra en la figura 5.14, esto ocasiona fallas intermitentes en el suministro de energía. Una serie de luces consume un promedio de 50 watts aproximadamente, en este caso es como si en un corto lapso se encendieran 600 focos de 100 Watts cada uno, adicional a los que ya existen de los usuarios y que en promedio en cada casa son 5 además de los enceres domésticos y si le sumamos los de la red e alumbrado público, la demanda al transformador se incrementa en un 30% de su capacidad lo que ocasiona una sobredemanda, por lo cual el transformador se ve rebasado en su diseño original para cubrir un determinado número usuarios, esto ocasiona que se funda uno, dos o los tres fusibles, esto se reflejado en que en la noche algunas casa tengan luz y otras no. La experiencia revela que esta causa requiere un tiempo significativo para su reparación ya que esto se repite con frecuencia en muchas colonias del valle de México y su zona conurbada. Si este evento lo multiplicamos por todos los que suceden en esta época del año, el personal de la compañía prestadora del servicio generalmente se ve rebasado por la gran demanda de reportes por esta causa, con lo cual genera un TIU, muy significativo. La solución a este problema es la instalación de transformadores de mayor capacidad.



Figura 5.15 gran demanda de energía eléctrica en épocas decembrinas.

Otro problema se suscita cuando no se da mantenimiento a elementos de seccionamiento manual como las denominadas “cuchillas” ALDUTI, en la figura 5.16 se puede observar un seccionador manual el cual requiere de mantenimiento urgente ya que al no contar con su adecuado funcionamiento por estar muy oxidadas, prolongara por muchas horas el tiempo que se requiere para una maniobra de seccionamiento y de interrupción de potencial eléctrico en lo que se abren o se cierran dichas cuchillas, está maniobra no debe de tardar más de tres minutos, pero en estas circunstancias la interrupción se prolongara por varias horas, este mantenimiento se debe de dar con línea viva estas se encuentran ubicadas en Av. Picacho Ajusco frente el parque recreativo de Six Flags . Esto fue documentado en día 30 de Agosto de 2010.



Figura 5.16 “cuchillas” tipo ALDUTI sin mantenimiento.

En la figura 5.17 Se pueden observar los trabajos a las cuchillas ALDUTI que les urgía mantenimiento descritas anteriormente, realizándolos por personal de comisión federal de electricidad (CFE) con línea viva, es decir que se trabaja con potencial eléctrico de mediana tensión, esto se detecto un día antes de dicho mantenimiento por mi experiencia, en algunos casos están dejando de utilizar estos elementos de seccionamiento manual y los están colocando en forma directa es decir que solo le dan continuación a las líneas de mediana tensión por medio de unos “puentes” del mismo calibre del cable conductor, esto reduce la capacidad de aislar la zona en donde se tengan que hacer trabajos preventivos o correctivos y en determinado momento seguir dando servicio al parque recreativo que se encuentra enfrente (Six flags) esto se documento el día 31 de Agosto de 2010.



Figura 5.17 Mantenimiento con línea viva a unas “cuchillas” ALDUTI.

5.6 Fallas por falta de mantenimiento a instalaciones eléctricas en zona industrial o habitacional

Otra causa de interrupción eléctrica es cuando en una zona industrial no se tiene el adecuado mantenimiento a sus instalaciones eléctricas, esto provoca cortos circuitos dentro de dichas instalaciones o aterrizajes de alguna de las fases en alguna estructura del lugar, provocando así una descompensación en el flujo eléctrico que afecta directamente a el transformador trifásico, este comienza a trabajar en demasía, pero el fusible que alimenta al transformador se debe de quemar y proteger e este, pero generalmente no se quema porque dicho fusible es para detectar fallas en mediana tensión, entonces se calientan las líneas de baja tensión, si es línea abierta se ponen al rojo vivo y comienzan a “colgarse” hasta chocar con potencial unas con otras hasta que por este problema la echa irremediamente abajo, interrumpiendo el flujo eléctrico a un número determinado de usuarios que alimenta dicho transformador, por otra parte si es línea trenzada también se calienta y se funde el aislante que reviste a los cables e irremediamente entran en contacto unos con otros y provocando un corto circuito que también afecta directamente a los usuarios dejándolos también si energía eléctrica, en ambos casos los problemas se incrementan ya que como se vio anteriormente, no solo se quedan sin energía eléctrica sino que también se queman aparatos de uso domestico y algunos industriales. No es necesario que sea zona industrial para que este tipo de falla se dé, también en zonas habitacionales se da, ya que se han detectado este tipo de problemas en casas habitación, pero son de los problemas más difíciles de detectar por que en un determinado circuito de alimentación de un transformador trifásico de una determinada zona de alimentación, hay que revisar tramo por tramo y de ser necesario revisar el servicio de las acometidas una por una de todas y cada una de las casas de los usuarios hasta encontrar el problema y resolverlo.

Conclusiones:

La red de distribución eléctrica en la Ciudad de México y su zona conurbada en su gran mayoría es aérea, por lo tanto es muy vulnerable a sufrir cualquier tipo de afectaciones por fenómenos naturales y por la sociedad, además de que hay elementos de sustentación en muy mal estado físico tales como postes de concreto reforzado por estar muy deteriorados por el tiempo que datan de los años 50's y 60's y que en el caso de un sismo de mediana intensidad el peligro inminente de venirse abajo, así como también postes de acero troncocónicos desplomados y que soportan equipos de transformación o de seccionamiento. Es indispensable hacer un gran proyecto de reestructuración de la infraestructura actual en colaboración con otras disciplinas del campo de la Ingeniería. Para poder contar con una continuidad en el flujo eléctrico en cualquier tipo de distribución de mediana o baja tensión en cualquier parte de la ciudad, se deben de hacer muchos planes de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo entre ellos, una adecuada planificación de programas de poda de árboles. Las futuras instalaciones eléctricas se deberán de proyectar correctamente para no tener déficit de carga eléctrica como en la actualidad, trabajando en equipo con otros ingenieros se pueden hacer muchos proyectos que hagan más duradera la presente y futura infraestructura eléctrica en general, así como de dar fácil y rápido mantenimiento preventivo y correctivo a la red eléctrica de cualquier tipo dentro y fuera de la ciudad. También en el campo de la investigación se deben de crear nuevas formas para evitar las interrupciones de energía eléctrica en redes de distribución por fenómenos naturales o por accidentes y también investigar formas más rápidas de mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de aumentar la eficiencia en la distribución y disminuir en la manera de lo posible el Tiempo de Interrupción Usuario (TIU). De la red subterránea se puede concluir que aunque es una instalación muy vieja que data de los años 50's, y 60's y algunos transformadores de los 70's se puede seguir operando correctamente pero requiere de mantenimiento tanto preventivo como correctivo constante y bien planeado, las explosiones que ocurren hasta el día 12 de noviembre de 2010 se han incrementado en un 400% con más de 180 explosiones, esto es por falta de mantenimiento por ser una red automática. Además del desconocimiento del personal que trató de operarla, también ocurre que en los posos de visita en donde se encuentran los equipos de seccionamiento que los están retirando y dando continuidad al potencial eléctrico con lo que las posibilidades de hacer una interrupción de energía eléctrica en una área en específico son nulas. Esto provoca que ya no sea una red automática, de no ser atendido esta red de distribución queda la sociedad en un peligro inminente de sufrir quemaduras por las latentes explosiones en la red de distribución de red subterránea del centro de la Ciudad de México.

Índice de figuras	pagina
Figura 1.1 Presa hidroeléctrica de Zimapán.....	10
Figura 1.2 Termoeléctrica del valle de México	10
Figura 1.3 Geotermoeléctrica los Azufres II	11
Figura 1.4 Central nucleoeléctrica Laguna Verde	11
Figura 1.5 Salida de la subestación	12
Figura 1.6 Mapa de localización de los lugares que transmiten energía eléctrica para la zona centro del país incluida la Ciudad de México.	13
Figura 1.7 Vista de red de transmisión eléctrica aérea en la Ciudad de México.....	14
Figura 1.8 Subestación eléctrica reductora de intemperie.....	15
Figura 1.9 Esquema de generación, transmisión y distribución eléctrica.....	16
Figura 1.10 Cruceta de acero de 4" A-36 de nombre 43 N.....	16
Figura 1.11 Soporte para aislador de porcelana	16
Figura 1.12 Aislador de porcelana	17
Figura 1.13 Aislador de vidrio templado	17
Figura 1.14 Interruptor tipo "cuchillas".....	17
Figura 1.15 Apartarrayos	17
Figura 1.16 Plataforma para transformador aéreo	17
Figura 1.17 Cortacircuitos tipo "C"	17
Figura 1.18 Transformador trifásico	17
Figura 1.19 Cable ACSR- 336 de 1/0.....	17
Figura 1.20 Transformador trifásico aéreo	18
Figura 1.21 Reconectador automático de gas GVR (Gas Voltaje Recloser).....	19
Figura 1.22 Equipo seccionador tele controlado JOSLYN.....	19
Figura 1.23 Cuchillas tripolar ALDUTI.....	20
Figura 1.24 Cuchillas invertidas manuales con cortador	20
Figura 1.25 Central termoeléctrica Jorge Luque	21
Figura 1.26 "Cuchillas" interruptoras primeras de salida de la subestación reductora San Ángel.....	22
Figura 1.27 Primeras de salida de otro circuito de la subestación San Ángel	22
Figura 1.28 Cable de aluminio con alma de acero galvanizado reforzado para la distribución eléctrica de mediana tensión.	23
Figura 1.29 Cable ACSR 336 semi-aislado.....	23
Figura 1.30 Cable ACSR 336 desnudo en carretes	23
Figura 1.31 Postes de concreto con acero de refuerzo en almacén a cielo abierto.....	24
Figura 1.32 Excavación para poste de concreto reforzado	25
Figura 1.33 Brazo hidráulico colocando poste de concreto	25
Figura 1.34 Poste de concreto reforzado CR-14 E con equipo manual de seccionamiento	27
Figura 1.35 Poste de acero troncocónico A-17 con plataforma y seccionador automático	27
Figura 1.36 Tendido eléctrico e instalación de equipos en postes de acero y concreto	29
Figura 1.37 Derivación de línea troncal de cable ACSR de calibre 336 a línea primaria o ramal de cable ACSR de calibre de 1/0.	30
Figura 1.38 Transformador trifásico aéreo de 75 kVA de capacidad.....	31
Figura 1.39 Transformador instalado en la red troncal.....	32
Figura 1.40 Transformador trifásico aéreo PROLEC de General Electric.....	32
Figura 1.41 Zona del centro de la Ciudad de México	33

Figura 1.42 Comparación de cable subterráneo con líneas aéreas en el Distrito Federal	34
Figura 1.43 Mufa de alimentación de mediana tensión	35
Figura 1.44 Transformador trifásico de pedestal	36
Figura 1.45 Algunas zonas con instalaciones con cable subterráneo	37
Figura 1.46 Salida de transformador y tendido aéreo de línea abierta de distribución de baja tensión	38
Figura 1.47 Red de distribución aérea de baja tensión	39
Figura 1.48 Cable de cobre de calibre 1/0 desnudo o Cud - 1/0	40
Figura 1.49 Alambre de cobre desnudo de calibre No 4 o Cud 4	40
Figura 1.50 Cable trenzado de baja tensión de calibre de 1/0.....	41
Figura 1.51 Cable trenzado de calibre 3x4.....	41
Figura 1.52 Transición de línea trenzada a línea abierta.....	42
Figura 1.53 Preparación de tubería para de distribución de baja tensión	43
Figura 1.54 Tubería de PVC terminada para red de distribución de baja tensión	43
Figura 1.55 Cable concéntrico para acometidas	44
Figura 2.1 Líneas de transmisión de alta tensión	46
Figura 2.2 Letreros derribados sobre el tendido eléctrico.....	48
Figura 2.3 Imágenes de daños por derribe de arboles	49
Figura 2.4 Exceso de catenaria en poste desplomado.....	50
Figura 3.1 Lluvia intensa	51
Figura 3.2 Ejemplo de rayo partiendo en dos a un árbol	53
Figura 4.1 Edificios del centro derribados por el sismo de 1985 en Av. Lázaro Cárdenas o eje central	55
Figura 4.2 Secretaria de Comercio muy deteriorada por el sismo de 1985	56
Figura 4.3 Poste de concreto reforzado muy deteriorado por el tiempo	57
Figura 4.4 Poste de concreto reforzado a punto de venirse debajo de la parte superior.....	57
Figura 4.5 Poste de concreto reforzado deteriorado por el tiempo con las varillas expuestas.....	58
Figura 4.6 Poste de concreto reforzado muy deteriorado por el tiempo con pedazos de concreto a punto de caer	58
Figura 4.7 Transformador trifásico aéreo recorrido de su base al borde de su plataforma	59
Figura 4.8 poste de acero troncocónico con equipo de seccionamiento manual desplomado con red troncal.....	60
Figura 4.9 Zona afectada en el caso de que se viniera abajo poste de acero con red troncal.....	61
Figura 4.10 Poste de concreto reforzado antes y después de hacer un ramal	62
Figura 4.11 Edificio derrumbado por el sismo de 1985	63
Figura 4.12 Edificio de departamentos derribado en el sismo de 1985	64
Figura 4.13 Postes de concreto muy deteriorados por el tiempo que datan de los años 60's	64
Figura 4.14 Línea de mediana tensión con exceso de catenaria muy peligrosa.....	65
Figura 5.1 Trabajos con línea viva (LV), estos trabajos se hacen con potencial de mediana tensión.....	67
Figura 5.2 Quemadura por electricidad de mediana tensión en mano	68
Figura 5.3 Quemadura por electricidad de mediana tensión en abdomen.....	68
Figura 5.4 Distancias mínimas en edificaciones.....	69
Figura 5.5 Imagen de transformador muy cerca de ventanas en casa habitación	70
Figura 5.6 Líneas de mediana tensión muy cerca de ventanas en zona comercial	70

Figura 5.7 Líneas de mediana tensión muy cerca de edificio y ventanas	71
Figura 5.8 Poste de concreto reforzado CR-14 chocado y derribado	72
Figura 5.9 Poste de concreto reforzado CR- 14 chocado y recorrido de su base	73
Figura 5.10 Poste de concreto reforzado CR-14 chocado y recorrido de su base con mucho tiempo deteriorado	73
Figura 5.11 Poste de concreto reforzado CR-14 muy deteriorad por el tiempo y a punto de caer	74
Figura 5.12 Poste CR-14 muy deteriorado por el tiempo con las varillas expuestas a punto de caer	75
Figura 5.13 Momentos de incertidumbre por explosión de transformadores de patio en la subestación Coyoacán. en septiembre de 2010.....	76
Figura 5.14 Gran demanda de energía eléctrica en épocas decembrinas.....	77
Figura 5.15 Aisladores de porcelana en mal estado a punto de zafarse de sus soportes y su cruceta de acero muy inclinada	77
Figura 5.16 “Cuchillas” tipo ALDUTI sin mantenimiento	78
Figura 5.17 Mantenimiento con línea viva a unas “cuchillas” ALDUTI.....	79

Índice de tablas

Índice de tablas.....	86
Tabla 1.1 Para postes de concreto reforzado	26
Tabla 1.2 Para postes de acero troncocónico	26
Tabla 1.3 Diferentes capacidades de transformadores en (kilovatio Amper kVA) y pesos en la red aérea de la Ciudad de México	32
Tabla 1.4 Características de cable concéntrico en espiral	44

Referencias

Jaimes, M.A, Reinoso E, Patricia A, y Guillermo L (2009), “**PÉRDIDAS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS POR SISMO**”.

Asociación, Colombiana de Ingenieros Agosto 2008 (RETIE), **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas de Colombia.**

Frente de trabajadores de la energía, de México (2009), Organización obrera afiliada a la federación sindical mundial, **XIII FORO DE ENERGÍA, 2ª PARTE PRIVATIZACIÓN FURTIVA DE LA ELECTRICIDAD Y EL AGUA** mapa red troncal, <http://www.fte-energia.org/>

Wikipedia la enciclopedia libre (2010) **Subestaciones Eléctricas** [http:// www.es. Wikipedia.org/](http://www.es.Wikipedia.org/)

Industria real S.A. de C.V. (2010) **Herrajes Eléctricos** <http://www.industriareal.com/>

ECISA, construcciones (2010) **Fabrica de postes de concreto** <http://www.ecisa.com.mx/>

PROLEC GE Industria eléctrica (2010) **TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS AÉREOS Y DE PEDESTAL** <http://www.prolec.com/>

ENTEC Electric and Electronic Co. Ltd. (2008) **GAS VOLTAGE RECLOSER** [http:// www.entecene.co.kr](http://www.entecene.co.kr)

THOMAS AND BETTS, Power Transmission Lines (2009) **RECLOSER CONTROL JOSLYN** <http://www.joslynhivoltage.com/cat351Jrecloser.htm>

Nuestro clima, **Clima, meteorología, medio ambiente y ciencia** <http://.nuestroclima.com/>

Skyscraper forums (2000) City **FOTOS SISMO DE 1985** <http://www.skyscrapercity.com/>

Google Earth **Imagen de poste de acero desplomado con equipo de seccionamiento manual** <http://www.earth.google.es/>

Google Earth **Imagen de poste de concreto reforzado antes de ser desplomado** [http:// www.earth.google.es/](http://www.earth.google.es/)

Seguridad y accidentes 2 (2009) **Galería de electro-fotos referencia de mano quemada** <http://vazparfotos.tripod.com/fotos tips/seguridad2.HTM/>

Consejos de emergencias (2008) **Imagen de abdomen quemado** <http://www.monclovitas.com/foro/index.php/>

MILENIO diario (2010) **Imagen de accidente en subestación Coyoacán** [http:// www.impresomilenio.com/](http://www.impresomilenio.com/)

Anexo 1

Tabla de grosores AWG (American Wire Gauge)

La presente tabla muestra la equivalencia entre los grosores AWG y el sistema de medida inglés (imperial).

Dia-mils = diámetro en mils (1 mil = 1e-3 pulgadas)

TPI = turns-per-inch, vueltas por pulgada. útil para el cálculo de bobinados.

Dia-mm = diámetro en mm

Circ-mils = área de la sección recta en mils circulares (1 circ-mil = d^2 siendo d el diámetro en mils).

Ohms/kft = ohms por 1000 pies

Ft/Ohm = Número de pies requeridos para 1 ohm de resistencia

Ft/Lb = Pies por Libra de peso

Ohms/Lb = Ohms por libra de peso.

Lb/kft = Libras por 1000 pies

*Amps = Tasa de corriente admisible basado en 750 circ-mils por ampere.

MaxAmp = Corriente máxima admisible basado en 500 circ-mils por ampere.

1 Ft = 0.3048 m

1 inch = 0.0254 m

1 Lb = 453.5924 g

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max Amps
0000	459.99	2.1740	11.684	211592	0.0490	20402	1.5613	0.0001	640.48	282.12	423.18
000	409.63	2.4412	10.405	167800	0.0618	16180	1.9688	0.0001	507.93	223.73	335.60
00	364.79	2.7413	9.2657	133072	0.0779	12831	2.4826	0.0002	402.80	177.43	266.14

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max Amps
0	324.85	3.0783	8.2513	105531	0.0983	10175	3.1305	0.0003	319.44	140.71	211.06
1	289.29	3.4567	7.3480	83690	0.1239	8069.5	3.9475	0.0005	253.33	111.59	167.38
2	257.62	3.8817	6.5436	66369	0.1563	6399.4	4.9777	0.0008	200.90	88.492	132.74
3	229.42	4.3588	5.8272	52633	0.1970	5075.0	6.2767	0.0012	159.32	70.177	105.27
4	204.30	4.8947	5.1893	41740	0.2485	4024.7	7.9148	0.0020	126.35	55.653	83.480
5	181.94	5.4964	4.6212	33101	0.3133	3191.7	9.9804	0.0031	100.20	44.135	66.203
6	162.02	6.1721	4.1153	26251	0.3951	2531.1	12.585	0.0050	79.460	35.001	52.501
7	144.28	6.9308	3.6648	20818	0.4982	2007.3	15.869	0.0079	63.014	27.757	41.635
8	128.49	7.7828	3.2636	16509	0.6282	1591.8	20.011	0.0126	49.973	22.012	33.018
9	114.42	8.7396	2.9063	13092	0.7921	1262.4	25.233	0.0200	39.630	17.456	26.185

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max Amps
10	101.90	9.8140	2.5881	10383	0.9989	1001.1	31.819	0.0318	31.428	13.844	20.765
11	90.741	11.020	2.3048	8233.9	1.2596	793.93	40.122	0.0505	24.924	10.978	16.468
12	80.807	12.375	2.0525	6529.8	1.5883	629.61	50.593	0.0804	19.765	8.7064	13.060
13	71.961	13.896	1.8278	5178.3	2.0028	499.31	63.797	0.1278	15.675	6.9045	10.357
14	64.083	15.605	1.6277	4106.6	2.5255	395.97	80.447	0.2031	12.431	5.4755	8.2132
15	57.067	17.523	1.4495	3256.7	3.1845	314.02	101.44	0.3230	9.8579	4.3423	6.5134
16	50.820	19.677	1.2908	2582.7	4.0156	249.03	127.91	0.5136	7.8177	3.4436	5.1654

17	45.257	22.096	1.1495	2048.2	5.0636	197.49	161.30	0.8167	6.1997	2.7309	4.0963
18	40.302	24.813	1.0237	1624.3	6.3851	156.62	203.39	1.2986	4.9166	2.1657	3.2485
19	35.890	27.863	0.9116	1288.1	8.0514	124.20	256.47	2.0648	3.8991	1.7175	2.5762

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max Amps
20	31.961	31.288	0.8118	1021.5	10.153	98.496	323.41	3.2832	3.0921	1.3620	2.0430
21	28.462	35.134	0.7229	810.10	12.802	78.111	407.81	5.2205	2.4521	1.0801	1.6202
22	25.346	39.453	0.6438	642.44	16.143	61.945	514.23	8.3009	1.9446	0.8566	1.2849
23	22.572	44.304	0.5733	509.48	20.356	49.125	648.44	13.199	1.5422	0.6793	1.0190
24	20.101	49.750	0.5106	404.03	25.669	38.958	817.66	20.987	1.2230	0.5387	0.8081
25	17.900	55.866	0.4547	320.41	32.368	30.895	1031.1	33.371	0.9699	0.4272	0.6408
26	15.940	62.733	0.4049	254.10	40.815	24.501	1300.1	53.061	0.7692	0.3388	0.5082
27	14.195	70.445	0.3606	201.51	51.467	19.430	1639.4	84.371	0.6100	0.2687	0.4030
28	12.641	79.105	0.3211	159.80	64.898	15.409	2067.3	134.15	0.4837	0.2131	0.3196
29	11.257	88.830	0.2859	126.73	81.835	12.220	2606.8	213.31	0.3836	0.1690	0.2535

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max Amps
30	10.025	99.750	0.2546	100.50	103.19	9.6906	3287.1	339.18	0.3042	0.1340	0.2010
31	8.9276	112.01	0.2268	79.702	130.12	7.6850	4145.0	539.32	0.2413	0.1063	0.1594
32	7.9503	125.78	0.2019	63.207	164.08	6.0945	5226.7	857.55	0.1913	0.0843	0.1264
33	7.0799	141.24	0.1798	50.125	206.90	4.8332	6590.8	1363.6	0.1517	0.0668	0.1003
34	6.3048	158.61	0.1601	39.751	260.90	3.8329	8310.8	2168.1	0.1203	0.0530	0.0795
35	5.6146	178.11	0.1426	31.524	328.99	3.0396	10480	3447.5	0.0954	0.0420	0.0630
36	5.0000	200.00	0.1270	25.000	414.85	2.4105	13215	5481.7	0.0757	0.0333	0.0500
37	4.4526	224.59	0.1131	19.826	523.11	1.9116	16663	8716.2	0.0600	0.0264	0.0397
38	3.9652	252.20	0.1007	15.723	659.63	1.5160	21012	13859	0.0476	0.0210	0.0314
39	3.5311	283.20	0.0897	12.469	831.78	1.2022	26496	22037	0.0377	0.0166	0.0249
40	3.1445	318.01	0.0799	9.8880	1048.9	0.9534	33410	35040	0.0299	0.0132	0.0198

Anexo 2

