

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).

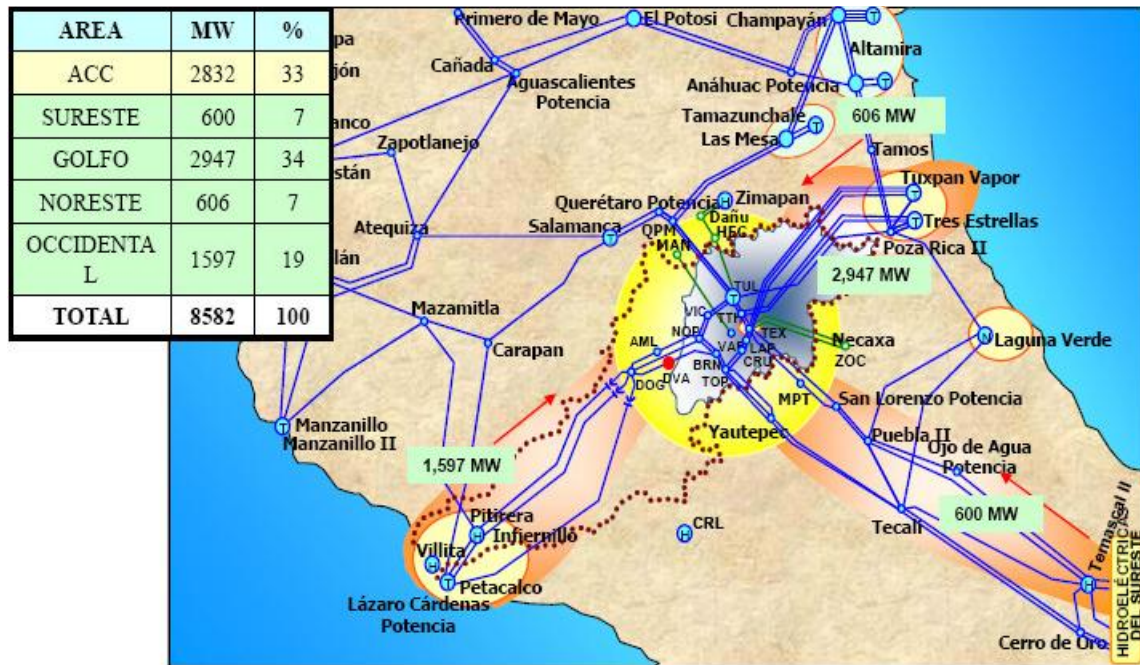


Figura 1.6 Mapa de localización de los lugares que transmiten energía eléctrica para la zona centro del país incluida la Ciudad de México.

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 intemperie 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.

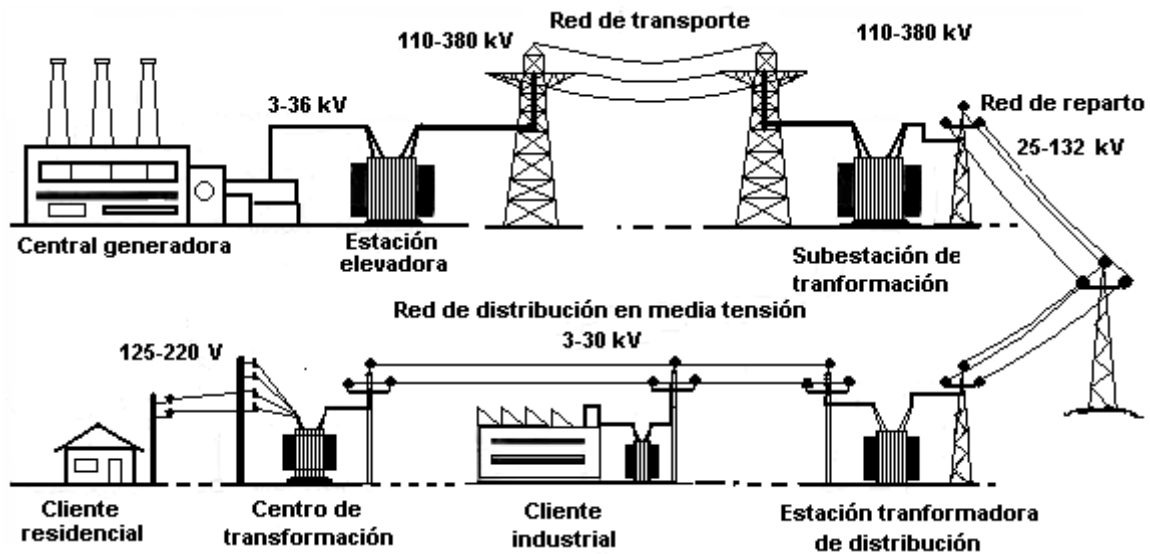


Figura 1.9 Esquema de generación, transmisión y distribución eléctrica.

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.

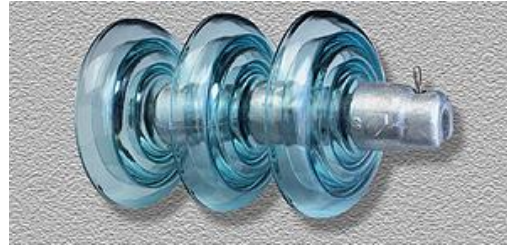


Figura 1.13 Aislador de vidrio templado.

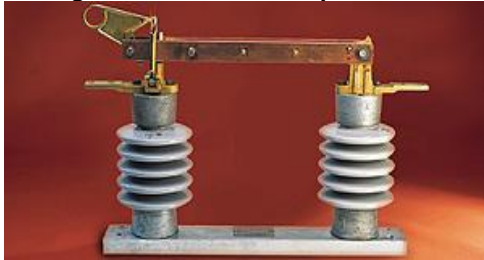


Figura 1.14 Interruptor tipo "cuchillas"



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 reconectores 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 TENSION
 *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 ($f'c=350$ kg/cm²) 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.



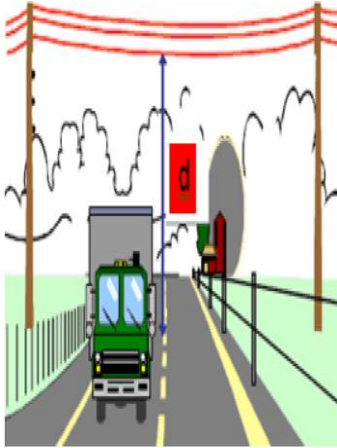
Figura 1.34 Poste de concreto reforzado con equipo manual de seccionamiento.

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 la 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.

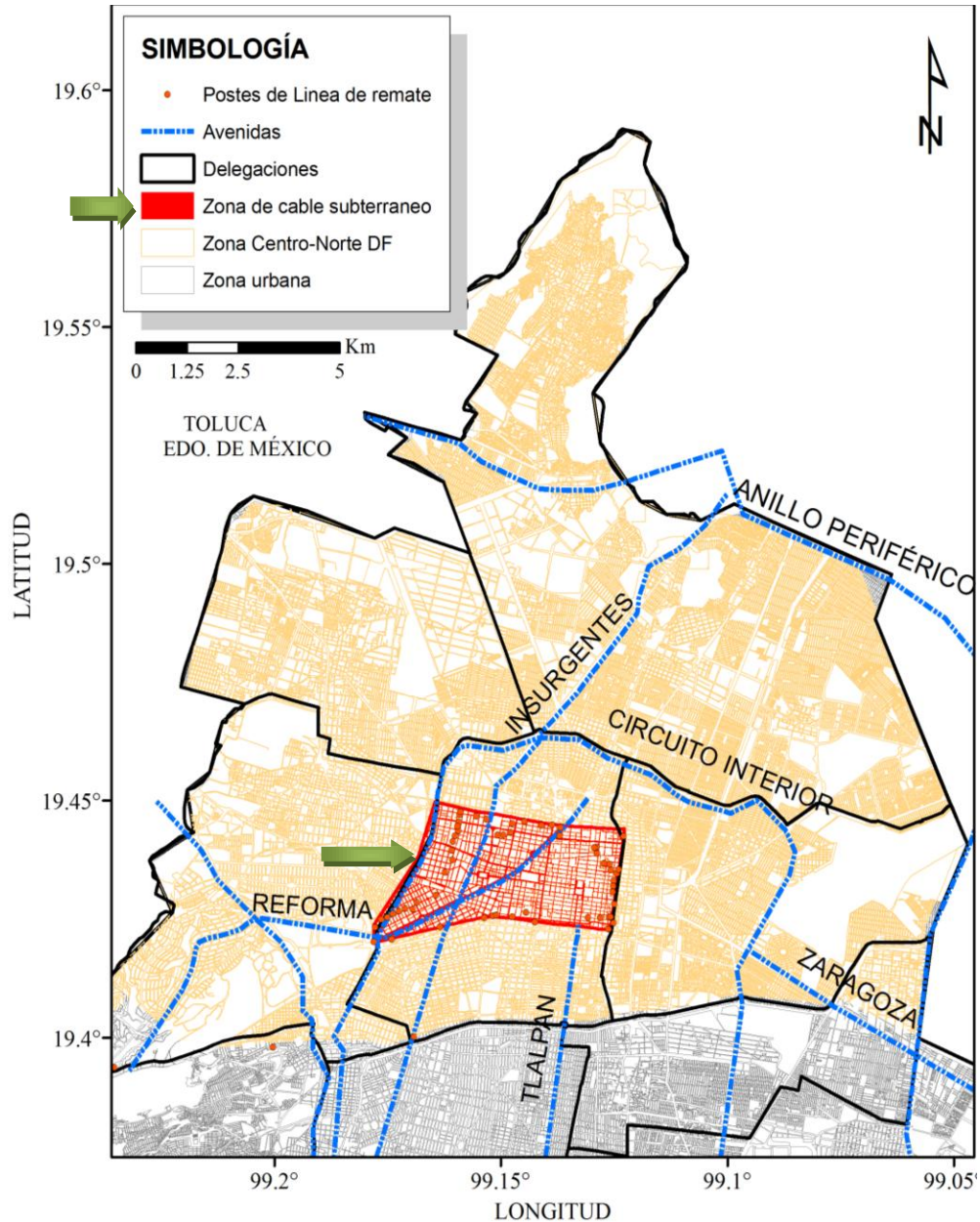


Figura 1.42 Comparación de cable subterráneo con líneas aéreas en el Distrito Federal.

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.

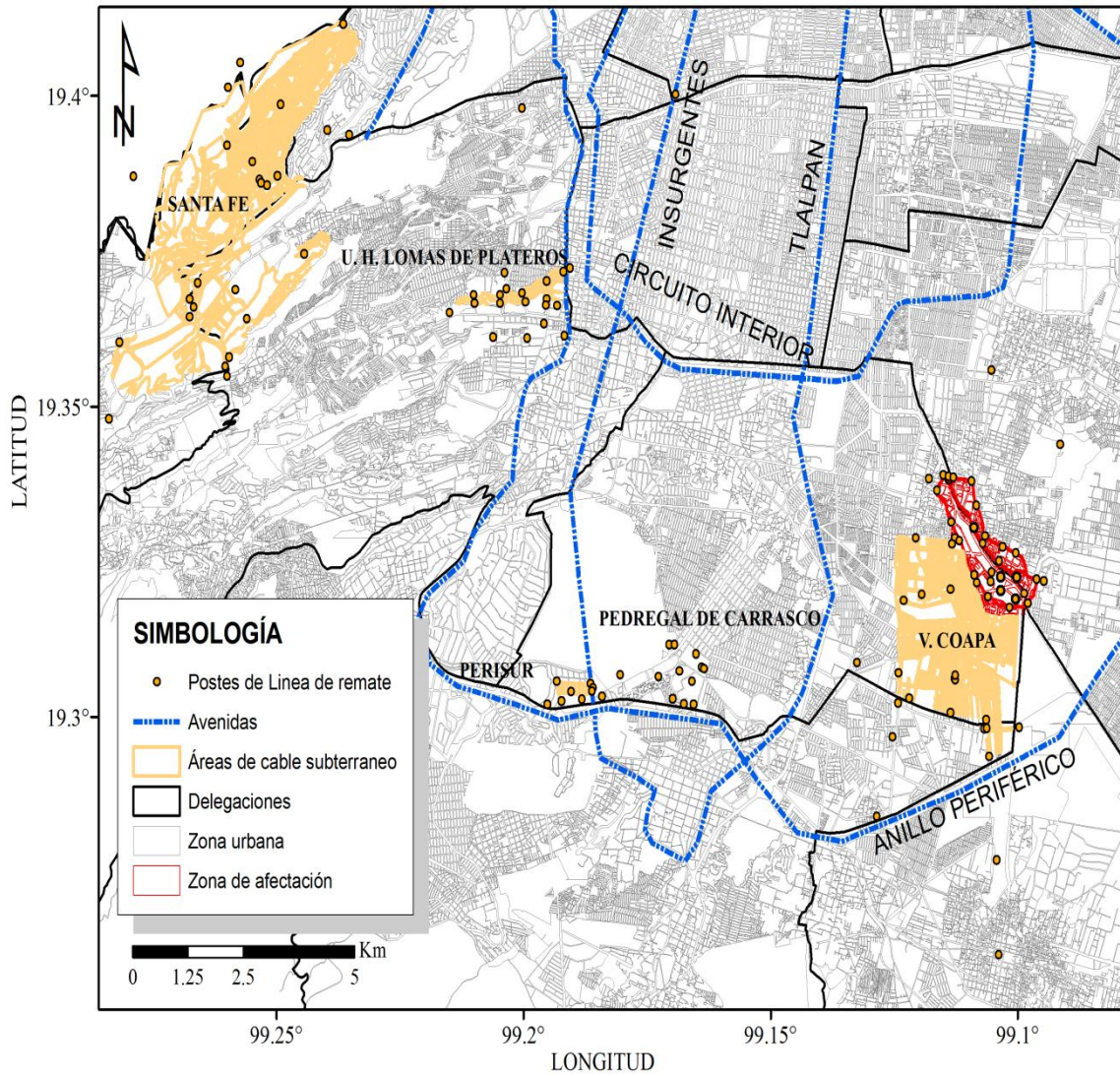


Figura 1.45 Algunas zonas con instalaciones con cable subterráneo.

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 mas 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 ultimo consta de tres carretes aislantes de porcelana para cada una de las tres fase 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.

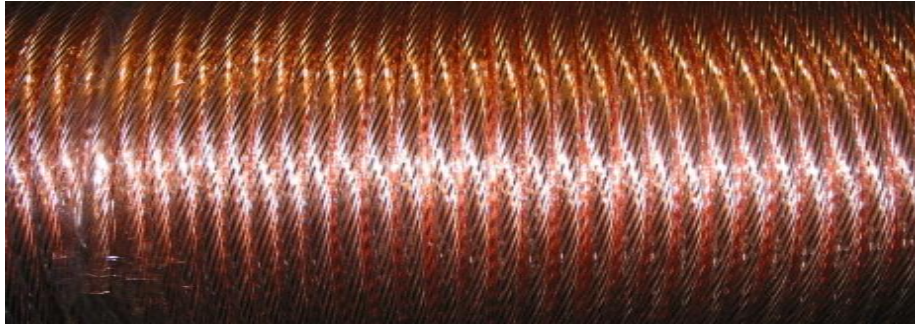


Figura 1.48 Cable de cobre de calibre 1/0 desnudo o Cud- 1/0.

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.

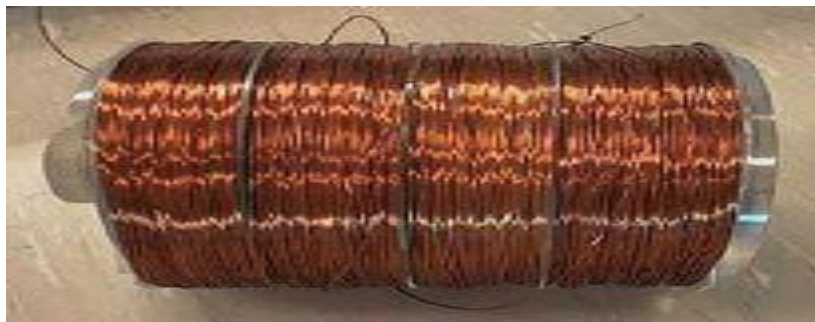


Figura 1.49 Alambre de cobre desnudo de calibre No 4 o Cud 4.

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.

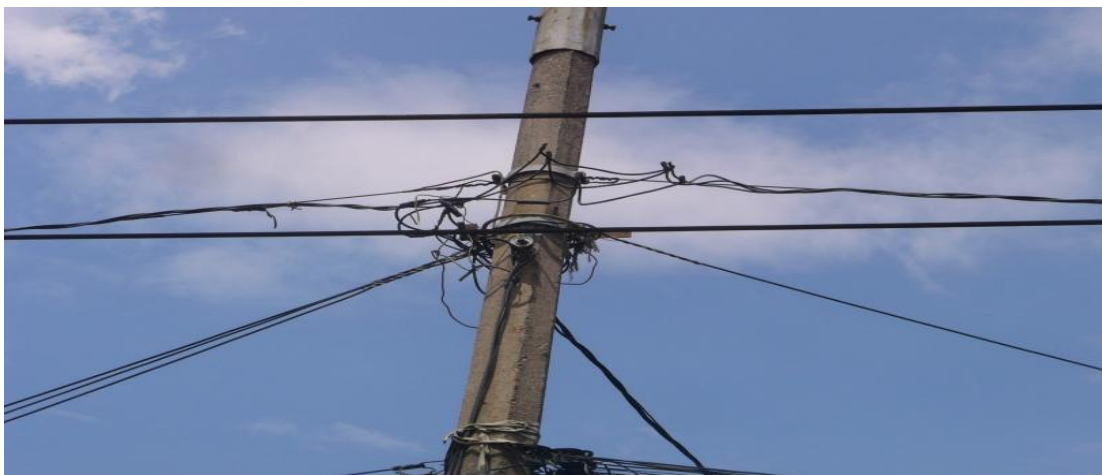


Figura 1.51 Cable trenzado de calibre 3x4 para redes de baja tensión.

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.

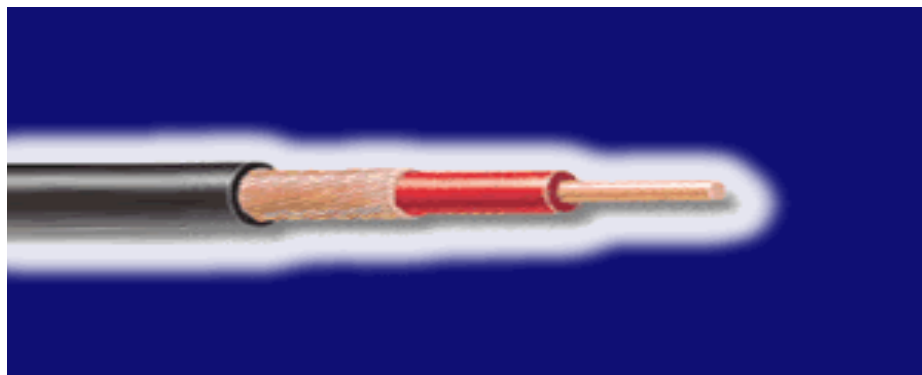


Figura 1.55 Cable concéntrico para acometidas.

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.