

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA**  
**CONSTRUCCIÓN DE UNA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOS**  
**CIRCUITOS SUBTERRÁNEOS EN 115 KV MACTUMATZA**  
**ENTRONQUE EL SABINO-TUXTLA 1.**

**ASESOR INTERNO:**

**ING. JORGE DIAZ HERNANDEZ**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. RAMON PEÑA OVANDO**

**ALUMNO:**

**CUSTODIO VAZQUEZ EDGAR ANTONIO**  
**BORRALLAS ROBLERO IRAM ALEXANDER**

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; 18 de diciembre del 2015.**

## Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	6
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	6
<b>1.2°-Estado del arte</b> .....	6
<b>1.3°- Justificación</b> .....	7
<b>1.4°-Objetivo</b> .....	7
<b>1.5 Metodología; diagrama a bloques</b> .....	7
<b>2. Fundamento teórico</b> .....	9
<b>2.1 Sistemas de Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica</b> .....	9
<b>2.2 TIPO DE POZOS DE VISITA</b> .....	11
<b>2.3 TIPO DE EMPALMES</b> .....	12
<b>2.4 Fibra Óptica</b> .....	13
<b>3. Descripción de la obra</b> .....	15
<b>3.1 Descripción de la obra</b> .....	15
<b>3.2 Característica de la obra</b> .....	16
<b>3.3 Plano de macrolocalización</b> .....	17
<b>3.4 Plano de microlocalización</b> .....	18
<b>3.5 Diagrama unifilar mostrando la localización de la línea de alta tensión aérea interconectada al sistema nacional</b> .....	19
<b>4°- ingeniería civil</b> .....	20
<b>4.1 Requerimientos a verificar antes de iniciar la obra civil</b> .....	20
<b>4.2 Etapas de la obra civil</b> .....	20
<b>4.3 Instalación y construcción de ductos para línea subterránea de 115 kV</b> .....	20
<b>4.4 instalación y construcción de pozos de visita (P, L y E)</b> .....	27
<b>4.5 Construcción cimentación para poste de transición troncocónico</b> .....	35
<b>5°- Ingeniería Electromecánica</b> .....	38
<b>5.1 Inspección preliminar</b> .....	39
<b>5.2 Empaque</b> .....	39
<b>5.3 Carga y descarga</b> .....	40
<b>5.4 Transporte</b> .....	41
<b>5.5 Parámetros eléctricos</b> .....	41
<b>5.6 Instalación del cable</b> .....	43

<b>6. Electromecánica.....</b>	<b>52</b>
<b>6.1 Puesta a Tierra .....</b>	<b>54</b>
<b>6.2 Cable de potencia.....</b>	<b>55</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>75</b>
<b>Referencias Bibliográficas: .....</b>	<b>76</b>

## Índice de figuras

**Fig. 1.1 Diagrama a bloques del hardware.**

**Fig. 2.1 Elementos de un sistema de energía eléctrico.**

**Fig. 2.2 Pozo de visita para alta tensión de paso tipo L.**

**Fig. 2.2.1 Pozo de visita para alta tensión de paso tipo T**

**Fig. 2.2.3 Pozo de visita para alta tensión de paso/empalme tipo E-69/P-115.**

**Fig. 2.3. Conector subterráneo.**

**Fig. 2.3.1. Partes de un conector.**

**Fig. 3.1 plano de macrolocalizacion**

**Fig. 3.2 plano de microlocalizacion**

**Fig. 3.3 diagrama unifilar**

**Fig. 4.1 Ejemplo de una excavación a cielo abierto por medio de zanja**

**Fig. 4.2 Vaciado de concreto**

**Fig. 4.3 Relleno y compactación con PAD banquetta.**

**Fig. 4.4 Relleno y compactación con PAD arroyo.**

**Fig. 4.5 Perforación horizontal dirigida**

**Fig. 4.6 Corte con disco**

**Fig. 4.7 Intercepción de ductos**

**Fig. 4.8 Registro fabricado en sitio**

**Fig. 4.9 Registro prefabricado**

**Fig. 4.10 Excavación para pozo de visita**

**Fig. 4.11 Montando acero de pozo de visita**

**Fig. 4.12 Cimbra para muros de pozo de visita**

**Fig. 4.13 colado de loza pozo de visita**

**Fig. 4.14 instalación de ménsulas**

**Fig. 4.15 limpieza de ducto**

**Fig. 4.16 Guiadora de ductos**

**Fig. 4.17 Excavación para troncocónico**

**Fig. 4.18 Colocación de acero de troncocónico**

**Fig. 4.19 Colado de plantilla de troncocónico**

**Fig. 4.20 Cimentación de troncocónico**

**Fig. 5.1 Verificación del sello termocontráctiles**

**Fig. 5.2 Forma adecuada de carga y descarga de carretes**

**Fig. 5.3 Formas de alinear las bridas del carrete correctamente para evitar daño en cables**

**Fig.5.4 Tendido de cable**

**Fig. 5.5 Malacate**

**Fig. 5.6 Destorcedor**

**Fig. 5.7 Grillete**

**Fig. 5.8 Jalado de cable por la polea**

**Fig. 5.9 Jalado de cable pasando por los rodillos**

**Fig. 5.10 Soportes de carrete**

**Fig. 5.11 Radio mínimo de curvatura para cable**

**Fig. 5.12 Tensión de jalado**

**Fig.6.1 Troncocónico**

**Fig. 6.2 Detalle de transición aéreo-subterránea**

**Fig. 6.3 componentes del cable de potencia**

**Índice de tablas**

**Tabla 4.1 Factor de relleno de los ductos**

**Tabla 4.2 Perforación direccional vs cielo abierto**

**Tabla 5.1 parámetros eléctricos**

**Tabla 5.2 parámetros eléctricos**

**Tabla 5.3 parámetros eléctricos**

**Tabla 5.4 radio mínimo de curvatura**

**Tabla 6.1 Sección transversal**

**Tabla 6.2 Espesor de la pantalla semiconductor extruida sobre el conductor**

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

Las líneas de transmisión son las de mayor tensión en un Sistema Eléctrico, también de mayor longitud y que manipulan los mayores bloques de potencia. Puesto que en sus distintos niveles de tensión, transmiten y distribuyen la energía eléctrica, así como interconectar a distintas partes del sistema. El transporte y distribución de la energía eléctrica se realiza a través de líneas aéreas o subterráneas.

La línea de subtransmisión 73990 sabino-tuxtla1 SAB-TGU-1 se encuentra conectada al bus de la Subestación SABINO, esta alimenta a la subestación SABINO Y TUXTLA 1 Ésta línea sufre en promedio 1 salida anual, entre sus causas se encuentran: por vientos fuertes, contaminación por excremento de aves, contaminación por nidos.

Con el crecimiento de población, la línea tienen un incremento constante que representa un aumento en la demanda de suministro eléctrico y de acuerdo al pronóstico de crecimiento en los próximos 10 años, la demanda en la línea aumentará 7.24% lo que significa un aumento en la carga y a su vez, pérdidas de energía eléctrica.

Se pretende introducir una línea de dos circuitos de subtransmisión subterránea en 115 Kv para alimentar a la nueva subestación Mactumatzá MAA desde el entronque de la línea 73M10 TGU-SAB para estabilizar la demanda de energía en subestaciones cercanas ya que contara con 5 circuitos de salida a corto plazo y 10 a futuro dependiendo del crecimiento en el pronóstico de la demanda.

## 1.2°-Estado del arte

C.F.E., realiza la conversión de red eléctrica aérea a subterránea para la remodelación del cableado del centro en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en media tensión con un voltaje de 13.8 kv se han instalado 10 mil 100 líneas de transmisión, se han colocado 25 mil metros de cable en media tensión y 12 mil metros en baja tensión para alimentar 5 mil 597 servicios domésticos y los comercios de la zona. [1]

C.F.E., se construyó línea de subtransmisión en 115 kV TXS-73R20-RDB para anillar subestaciones Tuxtla Sur TXS y Real del Bosque RDB. Esto para solucionar problemas de radialidad en subestación RDB y reducir pérdidas de energía en línea de subtransmisión TGD-73360-TXS Tuxtla Dos-Real del Bosque. [2]

C.F.E., se construyó una línea de subtransmisión subterránea 1-115kv-0+875km-xlp 750 KCM TGU-1-TXN 73760 [3]

Jaime Luna Leiva, Instituto Politécnico Nacional, desarrolló un método para diseño de líneas de subtrasmisión usando la ecuación de cambio de estado usando una hoja de cálculo. Así mismo, se realizan los cálculos de parámetros para solucionar problemas de conectividad. [4]

Lo que aquí se propone como proyecto es realizar la construcción de línea de alta tensión en 115 kv de dos circuitos subterráneo Kcmil, para alimentar la subestación mactumatza MAA, para proporcionar una mayor calidad y confiabilidad en el suministro del servicio eléctrico a los clientes.

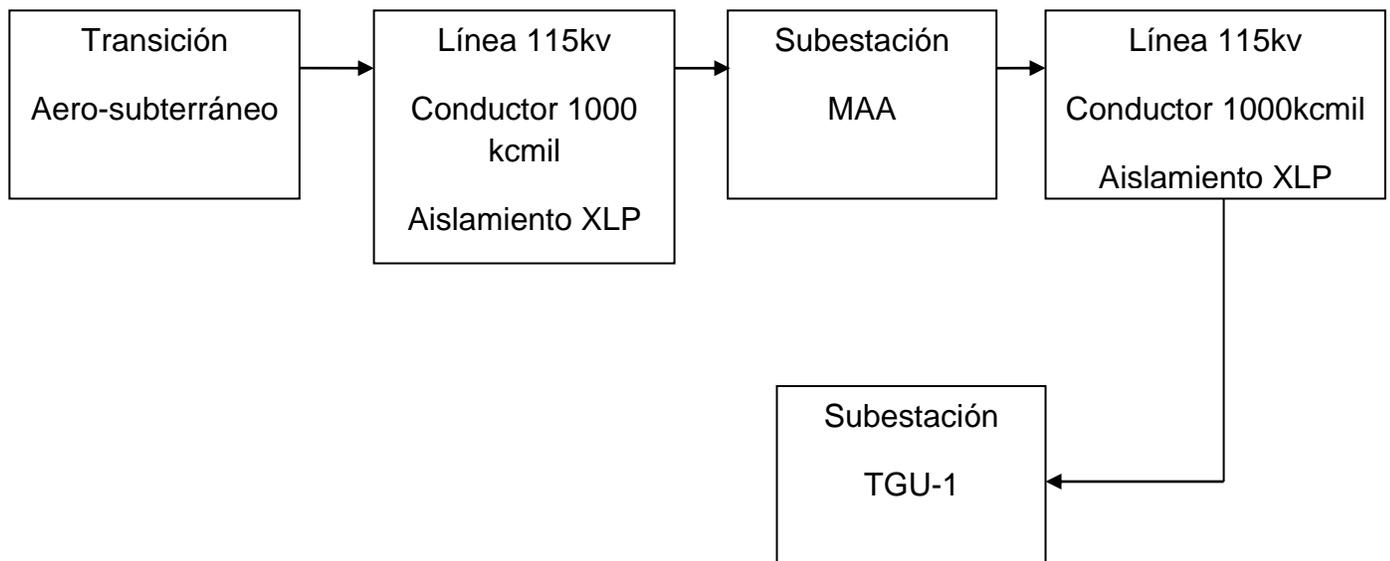
### 1.3°- Justificación

Este proyecto es importante debido a que con él, CFE (Comisión Federal de Electricidad), empresa encargada de suministrar la energía eléctrica a toda la Zona Tuxtla, proporcionará una mayor calidad y confiabilidad en el suministro del servicio eléctrico a sus clientes. Del mismo modo se disminuyen las pérdidas de energía en el sistema eléctrico lo que significa un ahorro económico significativo.

### 1.4°-Objetivo

Realizar la construcción e instalación de una línea subterránea en 115 kv para suministrar energía eléctrica a la subestación Mactumatza entronque El sabino-Tuxtla 1, aplicar las instalaciones del cableado de potencia y normas de referencia para la elaboración del proyecto eléctrico de alta tensión subterráneo.

### 1.5 Metodología; diagrama a bloques



**Fig. 1.1** Diagrama a bloques del hardware.

En el bloque uno se encuentra el Poste metálico autosoportado para transición aéreo - subterráneo para líneas de transmisión y subtransmisión, con accesorios para línea aérea de un circuito, directamente empotrados en la cimentación, acabado galvanizado por inmersión en caliente.

En el bloque dos encontramos la línea de subtransmisión. La cual se refiere a la transmisión de la energía eléctrica que no proviene directamente de la fuente de generación, es decir; que ha pasado ya por varios puntos de distribución; tales como las subestaciones. También la subtransmisión se refiere a las líneas que transportan energía de medio voltaje o de distribución, en oposición a las que interconectan sistemas de alto voltaje y transmiten energía a través de largas distancias.

En el bloque dos también se encuentra el conductor 115 kv Cable de potencia monopolar con conductor de sección transversal de  $506.7 \text{ mm}^2$  de aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) para una tensión máxima de operación de 115 kV entre fases, nivel de aislamiento (NBAI al 100 %), provisto de pantalla metálica y barrera bloqueadora contra la migración longitudinal de agua para ser utilizado en un sistema trifásico con tensión nominal de 115 kV.

Empalme premoldeado de una sola pieza con pantalla continua o seccionada, para conexión a cable de potencia tipo XLP de sección transversal de  $506.7 \text{ mm}^2$  (1000 kcmil) de aluminio, para una tensión nominal de operación de 115 kV entre fases, NBAI 550 kV provisto de pantalla metálica y cubierta protectora de PVC, para ser utilizado en un sistema trifásico.

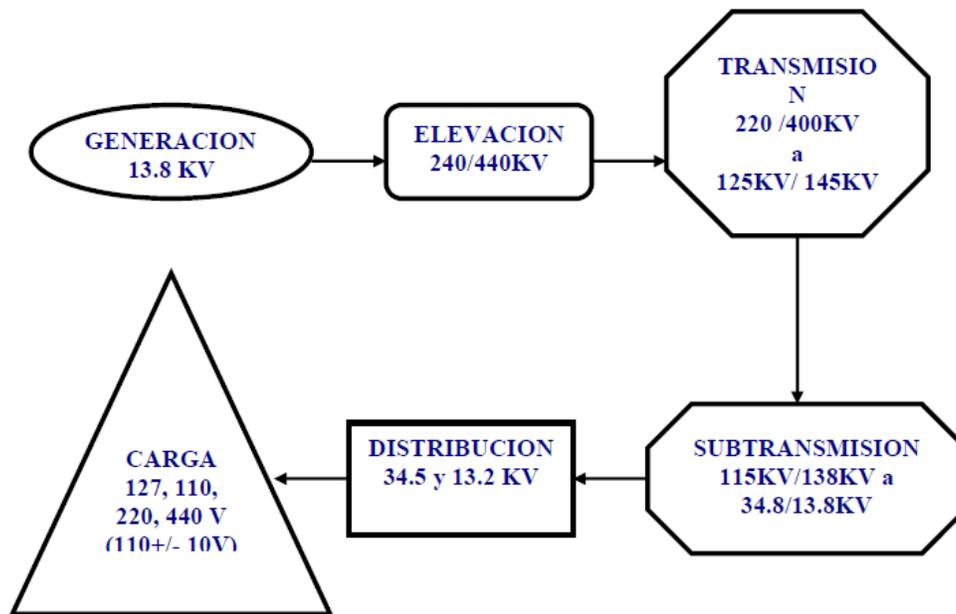
En el bloque tres y cinco se encuentran la S.E. MAA y TGU-1 la cual permiten el aumento de la tensión generada. Este proceso se usa comúnmente para facilitar el transporte de la energía, la reducción de las pérdidas del sistema y mejoras en el proceso de aislamiento de los conductores. La tensión secundaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV.

La tensión primaria de los transformadores está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión 69, 115, 240 o 400 kV. Dentro de la S.E. MAA Y TGU-1 se localiza la bahía eléctrica, la cual nos sirve para conectar un circuito, en este caso la línea de subtransmisión de 115KV al sistema de barrajes colectores de un patios de conexiones.

## 2. Fundamento teórico

### 2.1 Sistemas de Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica.

Es el conjunto de dispositivos para transportar o guiar la energía eléctrica desde una fuente de generación a los centros de consumo (las cargas). Y estos son utilizados normalmente cuando no es costeable producir la energía eléctrica en los centros de consumo o cuando afecta el medio ambiente (visual, acústico o físico), buscando siempre maximizar la eficiencia, haciendo las pérdidas por calor o por radiaciones las más pequeñas posibles.



**Fig. 2.1** Elementos de un sistema de energía eléctrica.

El sistema de energía eléctrica consta de varios elementos esenciales para que realmente la energía eléctrica tenga una utilidad en residencias, industrias, etc. Todo comienza cuando en las plantas generadoras de energía eléctrica de las cuales existen varias formas de generar la energía (plantas geotérmicas, nucleares, hidroeléctricas, térmicas, etc.).

Después de ese proceso la energía creada se tiene que acondicionar de cierta Manera para que en su transportación a los centros de consumo se tenga el Mínimo de pérdidas de esa energía, y para eso está el proceso de elevación de Voltaje.

Al transmitir la energía se tiene alta tensión o voltaje y menos corriente para que existan menores pérdidas en el conductor, ya que la resistencia varía con respecto

a la longitud, y como estas líneas son demasiado largas las pérdidas de electricidad por calentamiento serían muy grandes.

Esa electricidad llega a los centros de distribución el cual estos ya envían la electricidad a los centros de consumo, donde estos reciben electricidad ya acondicionada de acuerdo a sus instalaciones ya sean 110, 127, 220 v, etc.

### **Clasificación de la energía eléctrica en México.**

La energía eléctrica se puede clasificar de acuerdo a la cantidad de volts que esta contenga. En México la energía es clasificada de acuerdo a el Artículo 2 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica la cual fue avalada por la Comisión Federal de Electricidad y Clasifica a la tensión de operación:

Voltaje < 1000 v ----- Baja tensión.

1001 < Voltaje < 35000 v ----- Mediana tensión.

220000 < Voltaje > 35000 v ----- Alta tensión (Para nivel de Subtransmision).

Voltaje > 220000 v ----- Alta tensión (para nivel de transmisión.)

### **Y de acuerdo con su carga:**

#### Media Tensión

- Tarifa O-M Tarifa Ordinaria con demanda menor a 100KW.
- Tarifa H-M Tarifa horaria con demanda mayor a 100KW.
- Tarifa H-MC Tarifa horaria para servicio general en media tensión para demanda de 100KW o más para corta duración.

#### Nivel de Subtransmision.

- Tarifa H-s Tarifa horaria para servicio general.
- Tarifa H-SL Tarifa horaria para servicio general de larga utilización.

#### Nivel Transmisión.

- Tarifa H-T Tarifa horaria para servicio general.
- Tarifa H-TL Tarifa horaria para servicio general de larga utilización.

## 2.2 TIPO DE POZOS DE VISITA

Recinto subterráneo accesible desde el exterior, donde se colocan equipos, cables y sus accesorios para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.



**Fig. 2.2** Pozo de visita para alta tensión de paso tipo L.



**Fig. 2.2.1** Pozo de visita para alta tensión de paso tipo T



**Fig. 2.2.3** Pozo de visita para alta tensión de paso/empalme tipo E-69/P-115.

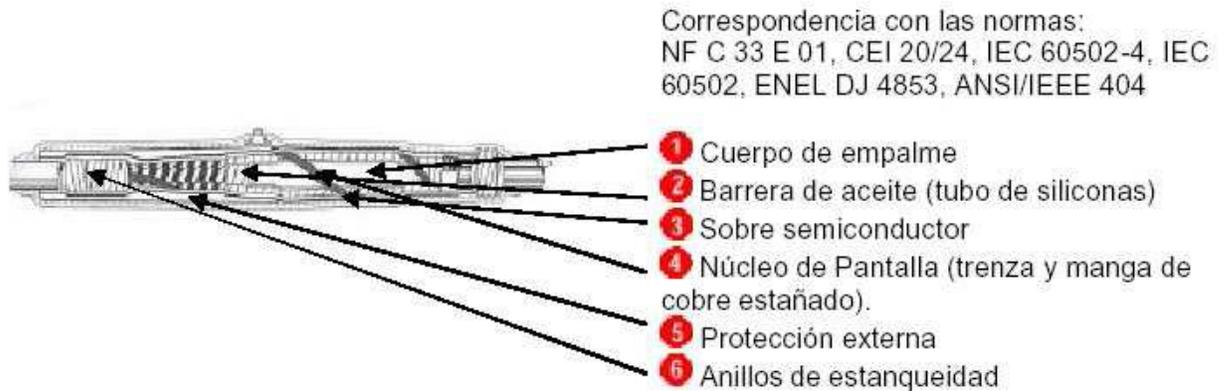
### **2.3 TIPO DE EMPALMES**

El empalme es el accesorio que conecta dos tramos de una línea subterránea. En la unión de cables aislados debe garantizarse la continuidad de todos los elementos que constituyen el cable: el conductor, la pantalla, el aislante, la cubierta, etc. La unión del conductor se realiza mediante manguitos o elementos metálicos que alojan los dos conductores y que constituyen el cuerpo del empalme.



**Fig. 2.3.** Conector subterráneo

El resto de elementos se unen a través de accesorios en su mayoría retráctiles de forma tubular que se colocan concéntricos al manguito.



**Fig. 2.3.1.** Partes de un conector

## 2.4 Fibra Óptica

Características particulares para cable de guarda con fibras ópticas y accesorios  
Correspondientes a la especificación CFE E0000-21

En la siguiente sección se hablara del tipo de fibra óptica que llevara la línea subterránea, en este proyecto la línea contara con el tipo monomodo ya que también existe del tipo multimodo, esto con la finalidad de dar a conocer cuáles son las ventajas que algunos proyectos subterráneos lleven fibra óptica y que consideraciones se deben tomar para hacer la instalación de estas.

### **Tipos de cables de fibra óptica: Monomodo:**

La fibra de monomodo permite una mayor capacidad para transmitir la información porque puede retener la fidelidad de cada pulso de luz a grandes distancias sin la dispersión causada por los múltiples modos. Además la fibra de monomodo presenta menor atenuación de la fibra que la multimodo, por tanto se puede transmitir más información en menos tiempo.

Una clase importante de fibra de monomodo es la fibra con polarización fija (PMF o polarization-maintaining fiber). Todas las fibras ópticas monomodo pueden transmitir luz polarizada de forma alterna. La fibra con polarización fija está diseñada para propagar solo una polarización de entrada. Esto es relevante si se habla de componentes como moduladores externos que requieren una entrada de luz polarizada.

Esta fibra tiene una característica no vista en otros tipos de fibra. Además del núcleo, existen 2 círculos adicionales llamadas barras de tensión. Como su nombre lo dice, estas barras de tensión crean tensión en el núcleo de la fibra, de tal manera que es favorecida la transmisión de solo un plano de polarización de luz. Las fibras monomodo experimentan no linealidades que pueden afectar el funcionamiento del sistema.

**Para la instalación de la Fibra Óptica se deben tomar las siguientes consideraciones:**

a) Dejar un ducto de 2 pulgadas exclusivo para la fibra óptica. El cable debe ser del tipo dieléctrico de acuerdo a las características que defina el área de comunicaciones en las Bases de Proyecto.

Se deben considerar las cajas de empalme necesarias.

En la llegada a la Subestación considerar el gabinete y distribuidor óptico.

Por ningún motivo se debe proyectar la instalación de una caja de empalme de fibra óptica donde haya empalme de conductor.

En transiciones se debe considerar una caja de empalme de Cable de Guarda con Fibras Ópticas a Cable Dieléctrico con Fibras Ópticas.

Prever la longitud del cable para dejar la vueltas (cocas) necesarias para realizar los empalmes.

En cada registro se debe rotular la leyenda "PRECAUCIÓN FIBRA ÓPTICA", como se indica en el punto de Nomenclatura de Pozos de Visita.

En los registros el cable se debe instalar con protección de tubo flexible mínimo de 3/4 de pulgada fijado en la parte superior.

En el interior de la subestación para el caso de que se utilice la trinchera del cableado de control de debe instalar adosado a una de las paredes, un ducto de tubo conduit mínimo de 1 pulgada para alojar la fibra óptica.

Independientemente de lo anterior se debe interactuar con el área de comunicaciones para el diseño final.

## **3. Descripción de la obra**

### **3.1 Descripción de la obra**

Consiste en una línea de dos circuitos subterráneos en 115 kV, para lo cual se debe construir la obra civil para dos circuitos partiendo de la SE. Mactumatzá hasta llegar al registro tipo “T” número 18 existente, ubicado aproximadamente en el kilómetro 2.8, incluye la construcción de la obra civil para conexión al pozo de visita número 20 existente para la transición aéreo-subterráneo.

De la misma forma los trabajos para la instalación del poste de transición y el cableado de un circuito aproximado a 3.18 kilómetros; tendiéndose de la subestación Mactumatzá hasta la subestación punto de apertura de la línea de alta tensión existente El Sabino - Tuxtla 1, utilizando el tramo de ductos y pozos de visita existentes.

Dicho cableado debe ser con cable de sección transversal de 506.7 mm<sup>2</sup> de aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP en fases, cable de cobre desnudo de sección transversal de 126.7 mm<sup>2</sup> en el neutro corrido y cable de fibra óptica (36 fibras) dieléctrico en toda la trayectoria de la línea y en las casetas de control de las subestaciones,

La construcción de los ductos se debe realizar utilizando el método de perforación horizontal dirigida llevándose a cabo en calles del área urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en el Estado de Chiapas. Esta obra incluye la ejecución de los trabajos de construcción de obra civil, electromecánica, pruebas y puesta a punto de la línea de alta tensión subterránea “Mactumatzá entq. El Sabino – Tuxtla 1” de 115 kV, incluyendo los empalmes y terminales necesarias para conectar la transición aéreo – subterráneo y la SE. Mactumatzá.

La línea de alta tensión subterránea “Mactumatzá entq. El Sabino – Tuxtla 1” tiene la finalidad de suministrar energía eléctrica a la subestación Mactumatzá ubicada en el predio sin número de la prolongación de la vigésima calle poniente-sur, colonia San José de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

La cual consta de bancos de ductos de Polietileno de Alta Densidad PAD de 15.24 cm (6 pulgadas) y 5.08 cm (2 pulgadas), pozos de visita, cables subterráneos, cables de fibra óptica, poste de transición aéreo – subterráneo y terminales tipo exterior en la subestación y postes, así como las cajas de aterrizamiento de pantallas del cable de potencia y cajas de empalme de fibra óptica.

### **3.2 Característica de la obra**

Altitud (m.s.n.m.) ----- **520**

Temperatura máxima exterior (°C) ----- **45**

Temperatura mínima exterior (°C) ----- **13**

Velocidad máxima de viento (Km/h) ----- **120**

Humedad relativa promedio mensual del mes más alto (%) ----- **80**

Días con heladas por año: ----- 0

Máxima precipitación pluvial del mes en 24 horas (mm) ----- **398.4**

Coeficiente sísmico de terreno firme (g) ----- **0.36**

Coeficiente sísmico de terreno semi-firme (g) ----- **0.64**

Coeficiente sísmico de terreno compresible (g) ----- **0.64**

Nivel de contaminación: ----- **Media**

Tipo de contaminación (salina, industrial, otra) ----- **Industrial**

#### **Topografía del terreno**

En general la topografía de la zona es de bajo relieve, lo que favorece que el trazo de la línea eléctrica se ubique en terrenos con un mínimo de pendiente; el criterio de ubicar el trazo en terrenos planos minimiza la modificación del suelo, relieve y paisaje, y además facilita la construcción.

#### **Usos del suelo y tipos de vegetación**

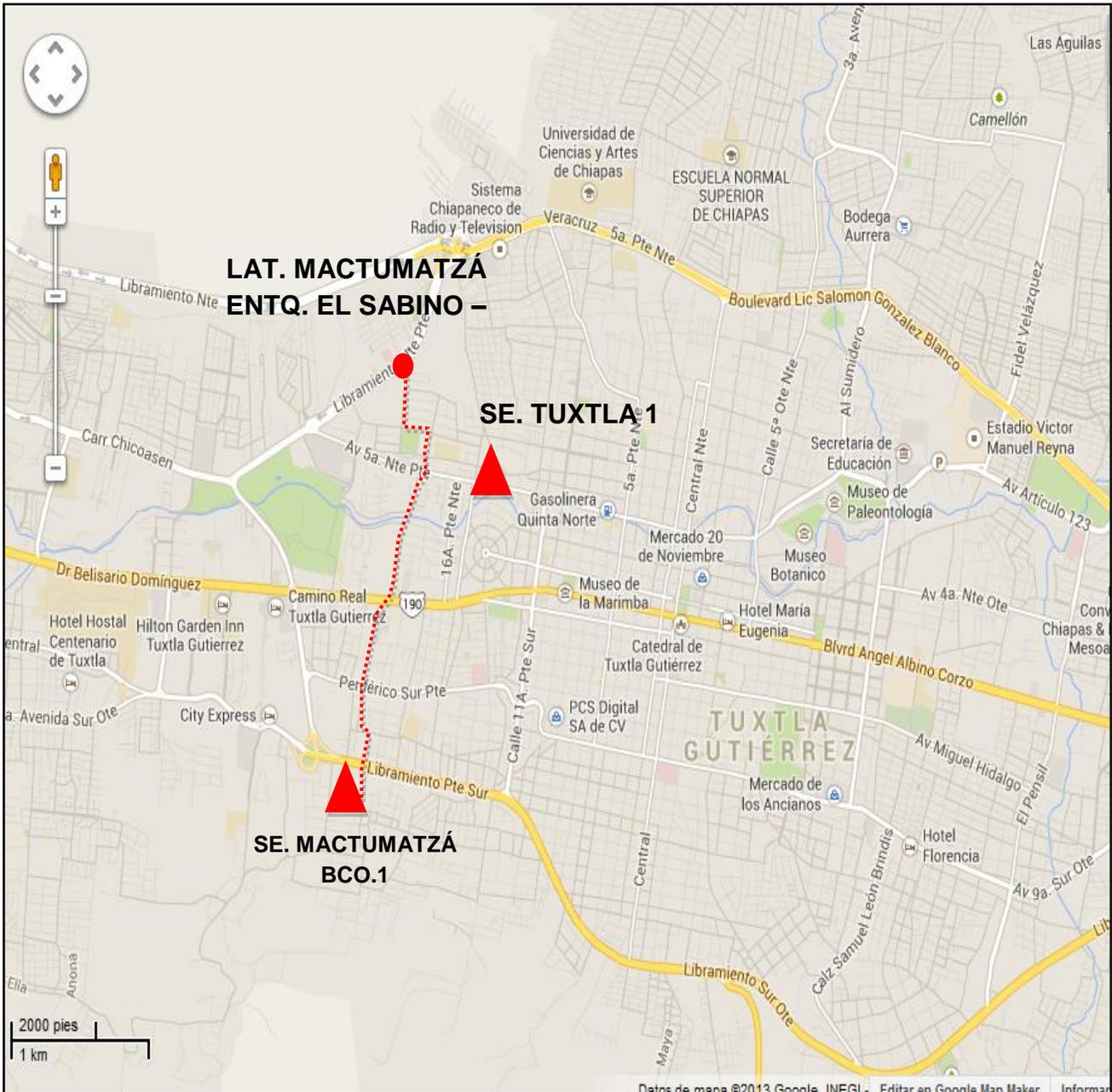
Para realizar el trazo de la línea de transmisión eléctrica y específicamente la ubicación de la línea subterránea, se tomó en consideración el uso del suelo y la vegetación presente, procurando en todo momento de afectar en menor grado tanto al ambiente como a la población existente.

#### **Áreas Naturales Protegidas**

La ruta propuesta no contempla incidir en algún Área Natural Protegida de carácter Federal o Estatal.

### 3.3 Plano de macrolocalización

La línea de alta tensión subterránea Mactumatzá entq. El Sabino – Tuxtla 1, inicia su trayectoria en la SE. Mactumatzá al entronque con la LAT. El Sabino-Tuxtla 1, cruzando las calles del área suburbana y urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



*Fig. 3.1 plano de macrolocalización*

### 3.4 Plano de microlocalización

La línea de alta tensión subterránea Mactumatzá entq. El Sabino – Tuxtla 1, se localiza en la zona urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, partiendo de la SE Mactumatzá ubicada en la calle 21 poniente-sur s/n, colonia San José, periférico sur – poniente al libramiento norte.



Fig. 3.2 plano de microlocalizacion

### 3.5 Diagrama unifilar mostrando la localización de la línea de alta tensión aérea interconectada al sistema nacional

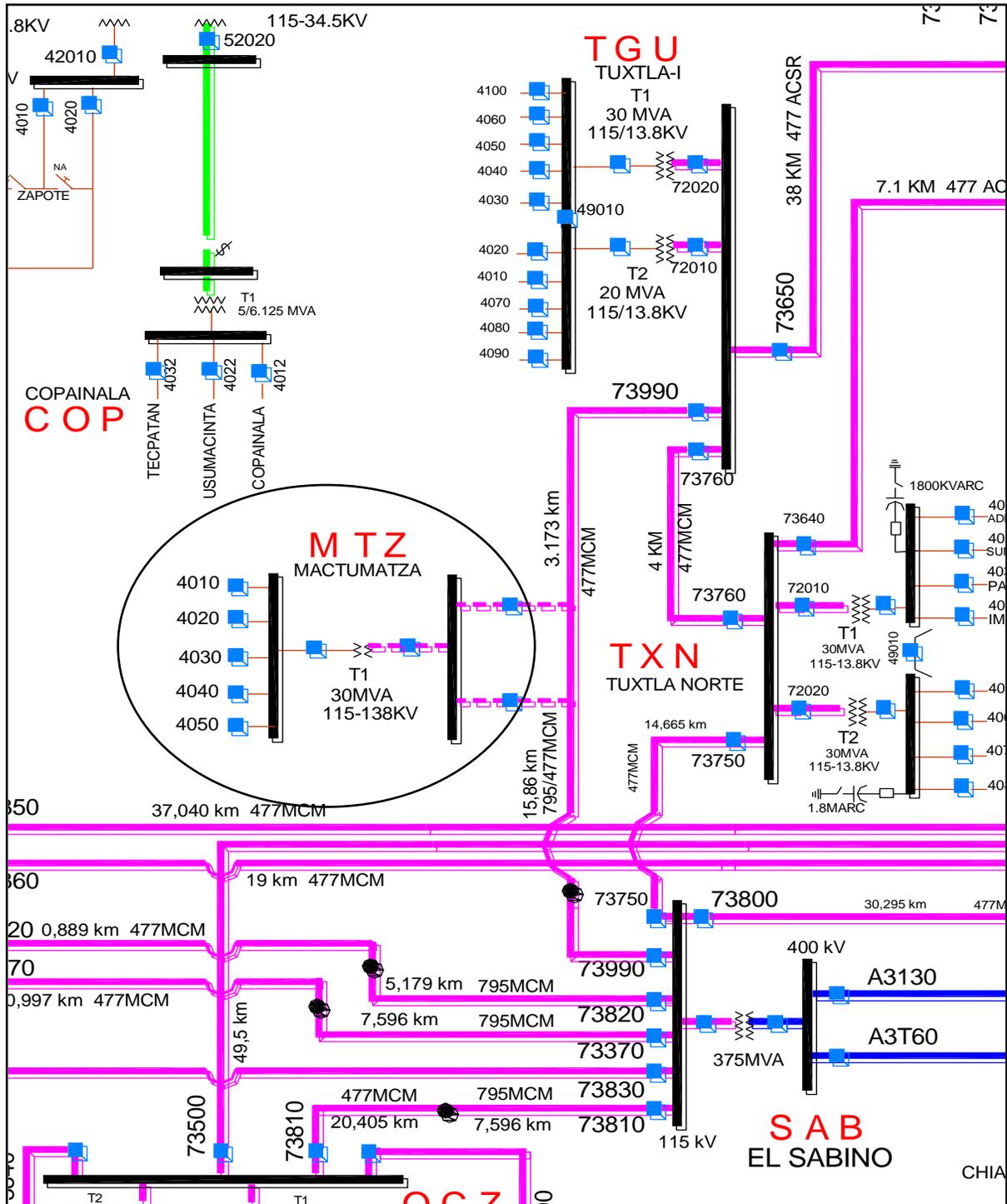


Fig. 3.3 diagrama unifilar

## **4°- ingeniería civil**

Para este trabajo la obra civil es un aspecto secundario, ya que esta cuestión la ve un ingeniero civil aunque para nosotros es importante conocer a grandes rasgos como se lleva a cabo esta parte para que así ambos se puedan ponerse de acuerdo para poder realizar un buen proyecto y sobre todo que se entregue en el tiempo planeado; es por esta razón que hemos decidido dedicar un capítulo a lo que se refiere a obra civil en las instalaciones eléctricas subterráneas.

### **4.1 Requerimientos a verificar antes de iniciar la obra civil**

1. Uso del suelo.
2. Reglamentos municipales.
3. Instalaciones existentes (agua potable, drenaje, telefonía, televisión por cable, Fibra óptica, alumbrado público.
5. Tráfico vehicular y peatonal.
6. Disponibilidad de aéreas para instalación de equipos.

### **4.2 Etapas de la obra civil**

1. Definición del trazo
2. Excavación de la zanja
3. Colocación del banco de ductos
4. Relleno y compactado
5. Colocación o colado de los registros
6. Limpieza de la obra

### **4.3 Instalación y construcción de ductos para línea subterránea de 115 kV**

Se refiere al suministro de todos los insumos necesarios y la construcción de los bancos de ductos para alojar cables de potencia de 115 kV y cables de fibra óptica, incluyendo las medidas de seguridad propias y por terceros. La instalación de los bancos de ductos se debe realizar por el método de perforación horizontal dirigida para lo cual el equipo a utilizar debe tener la capacidad de perforar diferentes tipos de terrenos.

De resultar imposible la perforación previa autorización de la CFE, se debe realizar a cielo abierto y es responsabilidad del Contratista la obtención de los permisos con las autoridades correspondientes para hacer la excavación hasta dejar los bancos de ductos listos para los trabajos correspondientes.

## Cielo abierto por medio de zanjas

La excavación por medios mecánicos es recomendable donde se sepa que no existan otras instalaciones, en el caso que la zanja tenga que ser profunda y el terreno no sea estable, se debe ampliar hasta encontrar el reposo del material. Las dimensiones de la zanja dependen del tipo de banco de ductos a instalar, de acuerdo a las normas de distribución de líneas subterráneas. En la figura se muestra un ejemplo de una excavación a cielo abierto por medio de una zanja.



*Fig. 4.1 Ejemplo de una excavación a cielo abierto por medio de zanja*

## Factor de relleno de los ductos

El factor de relleno que se usa en los ductos varía de acuerdo al número de conductores que este contenga, en la tabla se mencionan los factores de relleno en los ductos según especificaciones de CFE es importante mencionar que el porcentaje que se da en la tabla es del espacio ocupado por los conductores y no del espacio vacío del ducto.

Número de conductores dentro del ducto	1	2	3 o más
Porcentaje máximo de llenado	53 %	31 %	40 %

*Tabla 4.1 Factor de relleno de los ductos*

## **Vaciado de concreto**

El colado debe de ser monolítico en tramos definidos (por ejemplo entre registros), se deben de tapar los ductos en los extremos durante el colado para evitar que el concreto penetre en los ductos. Para banqueteta se debe utilizar concreto de 50 kg/cm<sup>2</sup> y para arroyo utilizar concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup>. Además el concreto debe vibrarse de manera que se asegure la eliminación de vacíos.



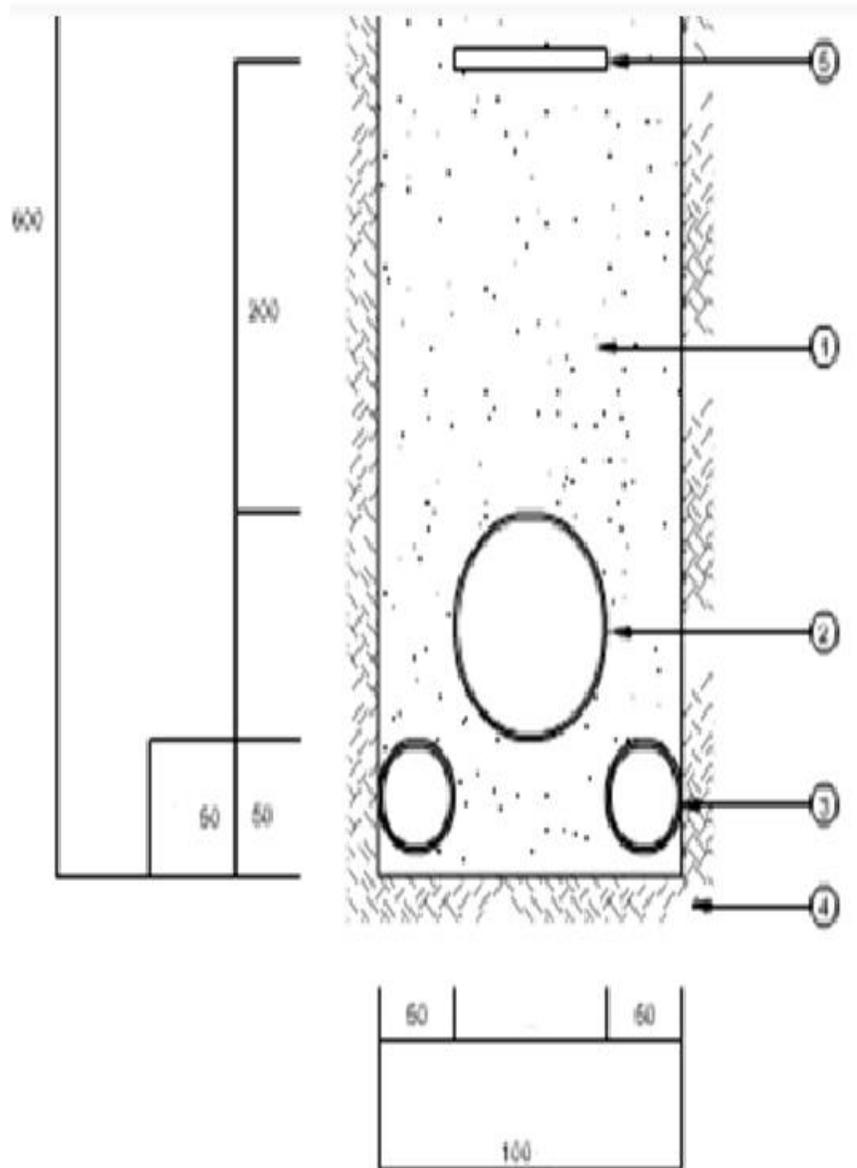
*Fig. 4.2 Vaciado de concreto*

## **Relleno y compactación**

Este se puede hacer por medio manuales o mecánicos, para el relleno se puede utilizar material producto de la excavación si no contiene materiales orgánicos o boleo mayor a 3/4". Periódicamente se revisaran las compactaciones en los puntos que la supervisión considere convenientes por medio de un laboratorio autorizado.

### **Relleno y compactación con PAD banqueteta**

El relleno debe efectuarse en capas no mayores de 15 cm de espesor, con la humedad óptima para obtener una compactación de piso 90% PROCTOR y relleno de 90% PROCTOR. En la siguiente figura se muestran los valores de relleno y compactación con PAD para banqueteta.



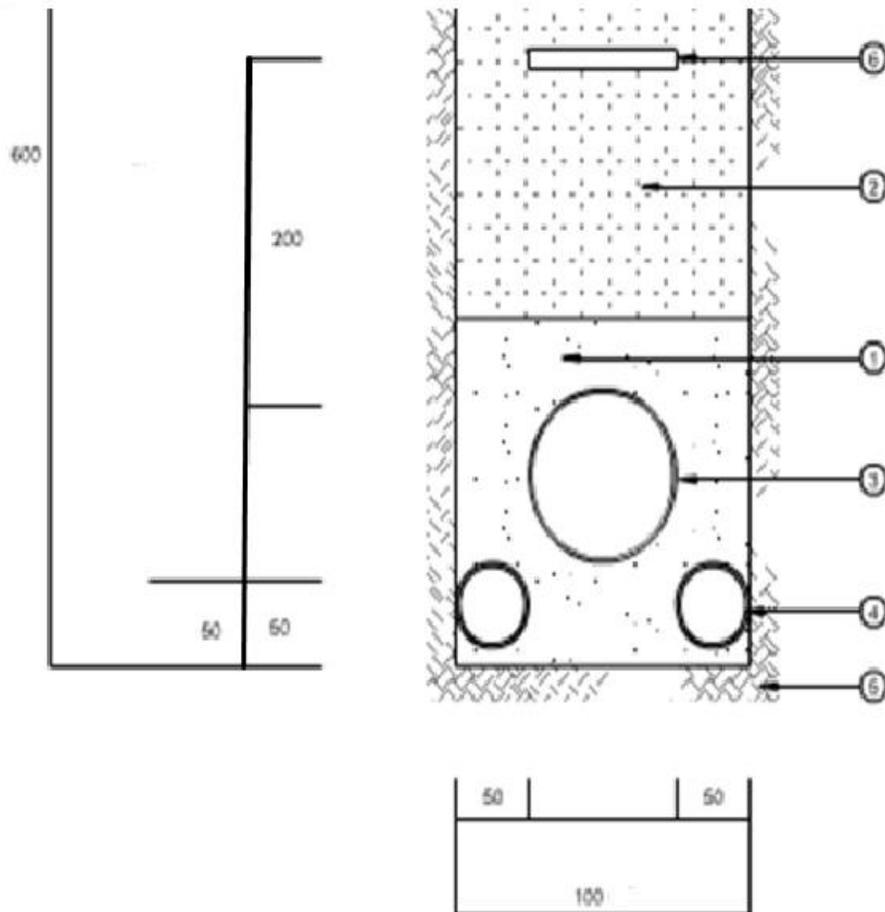
**Fig. 4.3** Relleno y compactación con PAD banqueta.

Notas:

- 1°- Relleno de material compactado (90% MINIMO)
- 2°-Ducto de polietileno de alta densidad de 50.8, 75 o 152.4mm
- 3°-Ducto de polietileno de alta densidad de 38.1 o 50.8mm
- 4°-Piso compactado (90% MINIMO)
- 5°-Cinta señaladora de advertencia 100mm

## Relleno y compactación con PAD arroyo

El relleno debe efectuarse en capas no mayores de 15 cm de espesor, con la humedad óptima para obtener una compactación de piso 90% PROCTOR, relleno uno de 90% PROCTOR y relleno 2 de 95% PROCTOR. En la figura se puede observar el relleno y compactación con PAD pero ahora para arroyo.



**Fig. 4.4** Relleno y compactación con PAD arroyo.

Notas:

- 1°- Relleno de material compactado (90% MINIMO)
- 2°- Relleno de material compactado (95% MINIMO)
- 3°-Ducto de polietileno de alta densidad
- 4°-Ducto de polietileno de alta densidad
- 5°-Piso compactado (90% MINIMO)

## Perforación horizontal dirigida

Mediante este sistema también se puede realizar la instalación de ductos, reduciendo al mínimo el rompimiento de la capa del terreno, evitándose así la abertura de calles y banquetas, pero solo se utilizan ductos PAD. La figura muestra el ejemplo de la perforación direccional y se puede apreciar que el rompimiento del terreno es menor que si se realiza la instalación por medio de excavación a cielo abierto.



**Fig. 4.5** *Perforación horizontal dirigida*

Lo primero a realizar antes de iniciar la perforación es definir bien la trayectoria que va a tener esta perforación, una vez que ya está coordinado todo el equipo de trabajo se procede a hacer el corte con un disco como se ve en la figura del primer registro según las dimensiones.



**Fig. 4.6** Corte con disco

Posteriormente se demuele y retiran los restos del acabado para empezar a realizar la excavación del registro, una vez que ya está la excavación se interceptar los ductos, en la siguiente figura se observa la poca excavación que se necesita realizar cuando la instalación es por medio de la perforación direccional, esto es tan solo para interceptar los ductos y hacer el registro.



**Fig. 4.7** Intercepción de ductos

## Perforación direccional vs cielo abierto

En la siguiente tabla se hace una comparación entre los dos métodos de instalar líneas de transmisión subterránea por lo que se ve que la perforación horizontal dirigida contribuye de manera sustancial a la reducción de costos en la instalación de ductos en zonas habitadas.

ACTIVIDAD	CIELO ABIERTO	PERFORACION HORIZONTAL
Movimiento de la tierra	Si	No
Afectación a la comunidad	Si	Mínima
Medidas de seguridad peatonal	Si	Minima
Cama de arena	Si	No
Relleno	Si	No
Compactación	Si	No
Restricciones viales	Si	No

**Tabla 4.2** Perforación direccional vs cielo abierto

### 4.4 instalación y construcción de pozos de visita (P, L y E)

El pozo de visita se diseñará para absorber la disposición de cable de potencia entre el último tramo de línea y la acometida del mismo a la estructura de transición. La disposición y dimensiones interiores del pozo de visita serán iguales a los pozos de visita para empalmes.

La ubicación será en banquetas, camellones o zonas verdes públicas, evitando su colocación en estacionamientos, banquetas angostas, salidas de vehículos, zonas verdes particulares, puertas o salidas de peatones. La colocación debe de ser sobre una plantilla de concreto pobre (100 kg/cm<sup>2</sup>) de 10 cm de espesor, debidamente nivelada de acuerdo al perfil de piso terminado. La colocación de registros puede ser de 2 maneras:

- Fabricación en sitio.
- Prefabricados.

En la figura se muestra como es un registro fabricado en sitio y en la figura se ve el ejemplo de un registro prefabricado.



**Fig. 4.8** Registro fabricado en sitio



**Fig. 4.9** Registro prefabricado

### **Pozo fabricado en sitio**

Como su nombre lo dice este pozo se hace en el mismo lugar de la excavación, el concreto que se utilice debe tener un impermeabilizante del tipo integral a fin de evitar filtraciones de agua. Es necesario vigilar el correcto troquelado de la cimbra para evitar que durante el vibrado este se abra. Por cada 5 m<sup>3</sup> de volumen de concreto colado deben obtenerse muestras para ser probadas a los 7, 14 y 28 días de colado. Los resultados se asentaran en una bitácora indicando los registros o tramos de donde se utilizó ese concreto.

En caso de existir nivel freático muy alto las juntas de construcción que se tengan deben ser tratadas para evitar filtraciones y se cerrara el cárcamo. Después de la construcción del piso y las paredes se procederá a conformar la loza superior donde se colocaran marcos y tapas, estas se deben fijar al acero de refuerzo soldadas al armado de la loza, con el objeto de que estos queden ahogados en el concreto.

### **Pozo prefabricado**

Estos pozos se fabrican en una parte distinta a la de la obra, una vez que en la obra todo está listo para colocar el pozo se lleva este pozo prefabricado y simplemente se coloca con una grúa en su lugar, este tipo de registro es muy útil cuando la obra se está llevando a cabo en una zona habitada para así evitar el cierre de calles y sobre todo no afectar a las personas que viven cerca de ese lugar.

Cabe destacar que las tapas de acceso al interior de los pozos de visita se deben diseñar de acuerdo con las especificaciones CFE- 2DI00-04, 37, 38 ó 39, su colocación será a nivel de banqueta o calle en zonas de tránsito vehicular o al nivel de pasto en jardines y su posición en proyección vertical no debe coincidir con los cables instalados, para evitar que en caso de ruptura, caigan sobre estos dañándolos.

Los pozos de visita para alta tensión en este proyecto se clasifican en:

- Pozos para empalmes “E”
- Pozo de deflexión “L”
- Pozo de paso “P”

## Construcción:

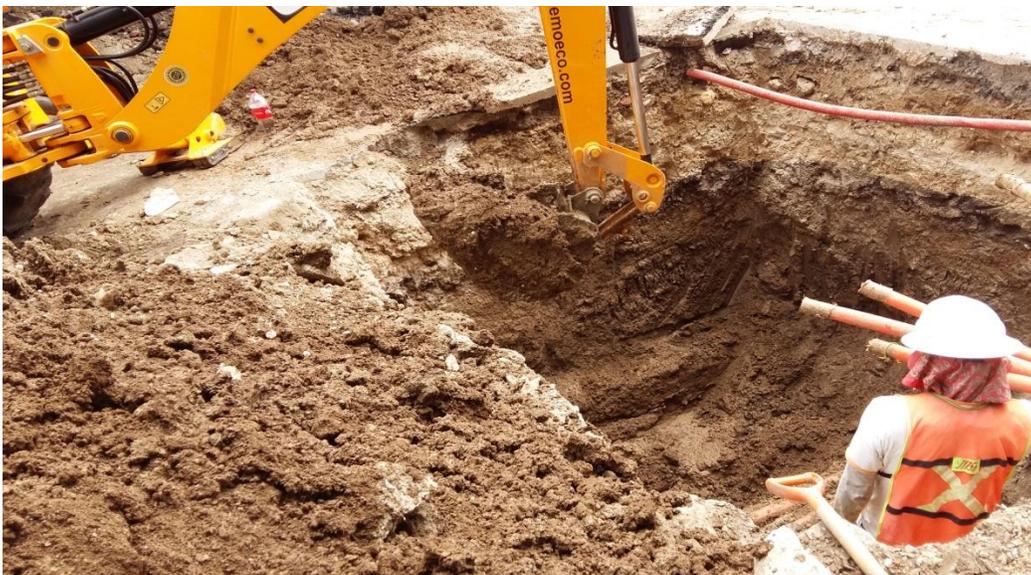
### Trayectoria

La trayectoria que deben de seguir los ductos en los cuales se instala el cable, debe seguir en la medida de lo posible una trayectoria recta entre sus extremos, y de la misma manera que en los sistemas directamente enterrados, si la trayectoria del ducto sigue una ruta paralela a otro tipo de instalación, no debe de situarse directamente arriba o abajo.

Además de que debe evitar colocarse en terrenos inestables y altamente corrosivos, en el caso de que la trayectoria no sea recta, la desviación debe hacerse por medio de pozos de visita suficientemente grandes para realizar maniobras. Por otro lado, en caso de que sea más de un ducto, se recomienda que exista una distancia de 7 [cm] entre cada ducto instalado y se recomienda instalar un ducto extra para efectos de que más adelante se requiera instalar una fase más.

### Excavación

Cuando ya está claramente definida la trayectoria del cable, se procede a realizar el trabajo de excavación de la zanja para después colocar el banco de ductos, en éste punto una señalización adecuada y medidas de seguridad evitan accidentes, en lugares de mucho tráfico se programa la excavación en horarios y días no hábiles. Las dimensiones de la zanja dependen como siempre, del número de circuitos que han de instalarse.



*Fig. 4.10 Excavación para pozo de visita*

### **Acero de refuerzo.**

El acero de refuerzo debe estar libre de óxido e impurezas, si contiene alguna oxidación se debe cepillar hasta retirar el óxido, así mismo se debe vigilar que los traslapes, diámetros y armado en general cumpla con lo indicado en los planos correspondientes. Por debajo del piso del pozo de visita se colocara un cárcamo para el drenaje y conexión de la varilla del sistema de tierras. El armado de estos elementos se debe integrar al armado del acero de refuerzo y al concreto de los registros que serán colados en forma simultánea para evitar la junta fría.



*Fig. 4.11 Montando acero de pozo de visita*

### **Cimbra.**

Debido a que el registro está enterrado y en contacto con el suelo la cimbra interior y exterior debe ser adecuada para que evite que entre la humedad al acero de refuerzo y se tengan daños estructurales en el corto o mediano plazo, vigilando que la cimbra interior cumpla con un acabado aparente. Se debe utilizar algún aditivo para impregnar la cimbra evitando la contaminación del acero y del suelo.

Cuando el suelo sea estable y permita perfilar la forma del registro, se podrá colar éste contra terreno natural (evitando cimbra exterior) previo zarpeo del mismo, para evitar la contaminación al momento del vaciado del concreto. En terrenos muy inestables se podrá utilizar como cimbra exterior block o tabique de concreto.



**Fig. 4.12** Cimbra para muros de pozo de visita

### **Colado**

El concreto usado deber ser con una  $f'c$  de 250 kg/cm<sup>2</sup> de fraguado normal, de 12 a 14 cm de revenimiento y con agregado pétreo no mayor de 19 mm (3/4 de pulgada). Durante la fabricación del concreto se debe suministrar algún impermeabilizante del tipo integral a fin de evitar filtraciones de agua.

Por cada 5 m<sup>3</sup> de volumen de concreto colado deben obtenerse 4 muestras para ser probadas a los 7, 14, 21 y 28 días de colado. Los resultados se deben asentar en la bitácora indicando el tramo donde se usó dicho concreto. Las pruebas deben ser efectuadas en cualquier laboratorio acreditado por la EMA.

El colado de la losa superior de los pozos de visita se debe hacer una vez que se hayan fijado los marcos, con el objeto de que estos queden ahogados dentro de la sección de la losa de concreto. No se harán trabajos de soldadura después de la colocación de los marcos aros y una vez que el colado de la losa esté concluido



**Fig. 4.13** colado de losa pozo de visita

## **Anclas**

La colocación de anclas debe ser de acero galvanizado con un diámetro de 19 mm con la forma de "U", en su fabricación, los dobleces se deben hacer en frío y posteriormente extra-galvanizarse por inmersión en caliente. Se fijaran al acero de refuerzo de los muros de los pozos por medio de soldadura de alta penetración, cuidando su plomeo y ubicación dentro de los pozos.

La colocación y fijación del marco se debe hacer al acero de refuerzo de los pozos de visita a través de soleras de 25 mm x 6.3 mm, soldadas al armado de la losa superior de los pozos de visita debiendo asegurar su correcta instalación y nivelación. Invariablemente se debe utilizar la tapa y marco 84 A con tornillo de seguridad.

Si la entrada del pozo está ubicada con arroyo de calle. Si se encuentra en banqueta, se debe emplear el aro y tapa 84B con tornillo de seguridad construidas de acuerdo a las especificaciones CFE 2DI00-04, CFE 2DI00-37, CFE 2DI00-38, y CFE 2DI00-39 según corresponda.

## **Soportaría**

Los cables pueden quedar instalados directamente sobre el piso, autosoportados por medio de clemas aislantes, herrajes metálicos con correderas y ménsulas, o sobre charolas. La decisión sobre el uso del tipo de soporte estará condicionada al medio donde se hará la instalación, ya que en algunos lugares se tiene contaminación por aguas tratadas, vapores corrosivos, humedad. Además de que la selección de los materiales debe considerar el medio ambiente.



**Fig. 4.14** *instalación de ménsulas*

## **Limpieza, verificación y guiado de ductos**

Una vez que ya están instalados los ductos para el tendido de los cables, es importante comprobar que las condiciones en el interior de los ductos sea la óptima, de la misma manera como es necesario hacer una limpieza de éstos para asegurar que los cables entrarán sin sufrir ningún daño o avanzar sin ningún problema, para verificarlo se utiliza un dispositivo cilíndrico, el cual se hace pasar por el interior así como para limpiar los ductos de lodo, tierra o algún otro material extraño se utilizan dispositivos metálicos.

Como prueba final de que los ductos están adecuadamente dispuestos para recibir al cable de potencia sin problema, se recomienda hacer pasar una guía de un grosor adecuado para verificarlo, sin embargo y como mejor recomendación, no existe mejor material que sirva para verificar las condiciones del ducto que una muestra del mismo cable o por lo menos del mismo calibre que el que se va a instalar.



**Fig. 4.15** limpieza de ducto



**Fig. 4.16** *Guiadora de ductos*

Después de realizar ésta tarea, se procede a dejar una guía de acero o nylon para facilitar la instalación posterior del cable, además de que los ductos se sellan para evitar que nuevamente tengan que limpiarse el día de la instalación por lo tanto hasta aquí terminaría lo que es la obra civil en los pozos de visita.

#### **4.5 Construcción cimentación para poste de transición troncocónico**

##### **Excavación para poste troncocónico**

Las cepas o si queremos llamarlas zanjas son excavaciones en donde se construye la cimentación para una posterior construcción. Es muy importante en las excavaciones para cimientos tener en cuenta el ancho que es su caso será de 1.48m y la profundidad será de 5.10m ya que debe ser de un tamaño adecuado a las dimensiones de los cimientos que se van a construir, por el contrario, el cimiento no va entrar ya que las dimensión es muy angosta o también se desperdiciara trabajo si se realiza una excavación más ancha o más profunda.

Otras de las cosas relevantes para las excavaciones para cimientos es el suelo, en general las capas superficiales de suelo es llamada suelo vegetal; estas son poco firmes y por tanto son inadecuadas para que tengan un buen sostén del cimiento. Es por eso que las capas más adecuadas para soportar la base de la construcción son las capas más profundas del suelo, ya que son más estables y más resistentes.



**Fig. 4.17** *Excavación para troncocónico*

### **Instalación de acero de refuerzo**

El acero de refuerzo debe estar libre de óxido e impurezas, si contiene alguna oxidación se debe cepillar hasta retirar el óxido, así mismo se debe vigilar que los traslapes, diámetros y armado en general cumpla con lo indicado en los planos correspondientes. Por debajo del piso del pozo de visita se colocara un cárcamo para el drenaje y conexión de la varilla del sistema de tierras. El armado de estos elementos se debe integrar al armado del acero de refuerzo y al concreto de los registros que serán colados en forma simultánea para evitar la junta fría.



**Fig. 4.18** *Colocación de acero de troncocónico*

## Colado de plantilla

El colado debe de ser monolítico en tramos definidos (por ejemplo entre registros), se deben de tapar los ductos en los extremos durante el colado para evitar que el concreto penetre en los ductos. Para banqueta se debe utilizar concreto de 50 kg/cm<sup>2</sup> y para arroyo utilizar concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup>. Además el concreto debe vibrarse de manera que se asegure la eliminación de vacíos.



*Fig. 4.19 Colado de plantilla de troncocónico*

## Cimentación para troncocónico

El concreto usado deber ser con una  $f'c$  de 250 kg/cm<sup>2</sup> de fraguado normal, de 12 a 14 cm de revenimiento y con agregado pétreo no mayor de 19 mm (3/4 de pulgada). Durante la fabricación del concreto se debe suministrar algún impermeabilizante del tipo integral a fin de evitar filtraciones de agua y queda terminado la obra civil del poste troncocónico.



*Fig. 4.20 Cimentación de troncocónico*

## **5°- Ingeniería Electromecánica**

Terminada ya la Obra Civil y antes de iniciar la instalación del cable, se señalarán los ductos en las paredes de cada registro indicando sobre las mismas y de acuerdo al proyecto, la fase que le corresponderá a cada ducto, igualmente en el interior de cada pozo de visita E, L Y T. Antes de indicar la instalación del cable debe instalarse la soportaría necesaria de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

Este capítulo establece los mecanismos adecuados para la instalación de un sistema de cables, y es justamente en éste punto en donde se transfiere la responsabilidad de lo que pase con el cable de potencia de la empresa que fabrica el cable al instalador, salvo que los problemas que surjan después tengan que ver con la fabricación del mismo cable o los accesorios, todo lo demás tiene que ser asumido por el responsable de la instalación.

### **Definición de cables subterráneos**

Se denomina cable, en general, al conjunto formado por uno o varios conductores cableados, adecuadamente aislados, casi siempre provistos de uno o más recubrimientos protectores. Se llama pieza a la longitud de cable que es objeto de suministro; esta longitud es del orden de decenas o centenas de metro, y un suministro puede incluir varias piezas.

Se denomina muestra, a la longitud del cable necesaria para la realización de pruebas y ensayos eléctricos y mecánicos; esta longitud es relativamente corta y no excede de algunos metros. En la figura se muestra una pieza de conductor comercial con sus diferentes capas: conductor eléctrico, pantalla semiconductora, aislamiento, pantalla semiconductora y cubierta exterior se observa la constitución de un cable subterráneo.

Los servicios que se brindan mediante los cables de potencia de alta tensión son de gran responsabilidad y exigen una buena instalación para su óptimo funcionamiento, para ello se necesitan conocer los principios básicos de un cable de potencia, ya no en términos de parámetros eléctricos, sino su manejo mecánico.

Una forma equivocada de manipular a un cable aislado que no ha sido instalado puede ocasionar daños graves que afecten su vida útil o que se manifestarán en el momento de ponerlos en servicio, por lo cual es de vital importancia realizar una instalación de calidad, que se traduce en el propósito principal de éste trabajo de tesis.

## 5.1 Inspección preliminar

La inspección preliminar consiste principalmente en la supervisión del estado del cable en el momento en el que es proporcionado por la fábrica, una inspección visual puede ser importante pero no determinante para saber si el cable está en buenas condiciones o está dañado en alguna parte, este proceso se vuelve complicado sobre todo en los casos en los que la longitud del cable es muy grande, sin embargo es necesario corroborar que lo que está entregando la fábrica corresponda con lo solicitado.

## 5.2 Empaque

El manejo de un cable de energía debe ser cuidadoso, por lo cual es fundamental el tipo de empaque que se use, que está determinado por el tamaño del cable, así como el medio de transporte que se va a utilizar para su traslado. Por lo general, los cables se empaquetan en carretes de madera que deben atender de manera estricta el radio mínimo de curvatura del cable, de esta forma se seleccionan las bridas y el tambor del carrete, sin olvidar que también debe tomarse en cuenta la longitud y el paso del cable.

El carrete debe contar con las indicaciones adecuadas en las bridas que indiquen la dirección en que debe rodarse el cable para que no se desenrolle. De la misma manera, debe verificarse que los tramos de cable cuenten con una protección termocontráctil con material sellador que no permita la entrada de humedad al interior del cable. Otro punto que debe revisarse con detenimiento es que las puntas de cada tramo de cable estén sujetas al carrete para evitar que éste se desenrolle en el recorrido que hace y en el manejo que se le da.



*Fig. 5.1 Verificación del sello termocontráctiles*

### 5.3 Carga y descarga

Una vez que el o los carretes han sido llevados hasta el lugar en el cual van a almacenarse para de ahí ser trasladados nuevamente hacia el lugar de la obra, es importante usar las maniobras adecuadas para bajarlos del camión. La forma en cómo se carga será la misma manera en cómo se ha de descargar el material y por ningún motivo utilizar la forma habitual de hacer saltar los carretes del vehículo sin tomar ningún tipo de precaución.

Por lo tanto, para cargar o descargar una bobina de cables debe de utilizarse un montacargas o bien buscar una plataforma que esté a la misma altura de los mismos carretes sobre el camión de carga, tal y como se muestra en las figuras siguientes.



*Fig. 5.2 Forma adecuada de carga y descarga de carretes*

De ésta manera se garantizará la integridad física de los carretes, ya que es lamentable que por no darle el manejo adecuado sufran daños irreparables, un ejemplo de ellos es quienes recomiendan utilizar rampas de arena o tierra sobre las que se rueden las bobinas para descargarlas del camión, lo cual es sumamente riesgoso considerando que el peso de los carretes es de algunas toneladas, de acuerdo a las características del cable que se va a instalar.

## 5.4 Transporte

Otro aspecto importante en el manejo de cables es su transporte, el medio más utilizado son los camiones de carga, aunque no es el único. Lo importante es la forma en cómo se acomodan los carretes en caso de ser más de uno, pues si se colocan de forma equivocada los cables pueden sufrir daños. Los carretes deben de colocarse en posición vertical y tiene que tener alineadas las bridas, con algunas bases de madera y aseguradas con cadenas que impidan que se muevan durante el traslado en el medio de transporte.



*Fig. 5.3 Formas de alinear las bridas del carrete correctamente para evitar daño en cables*

## 5.5 Parámetros eléctricos

Disposición de fases	Subterráneo
Numero de circuitos	2 (cableado de un circuito)
Tensión de transmisión nominal	115 KV
Frecuencia	60 HZ
Nivel básico de aislamiento	550 KV

*Tabla 5.1 parámetros eléctricos*

**Cable de potencia de sección transversal de 506.7 mm<sup>2</sup> de aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP)**

Sección transversal del conductor de energía	506.7 mm <sup>2</sup> (1000 kcmil)
Material del conductor	Aluminio
Numero de alambres	61
Diámetro exterior nominal en mm	70.61 mm
Espesor nominal del aislamiento	20.3
Peso aproximado del cable en Kg/m	7
Tipo de aislamiento	Polietileno de cadena cruzada (XLP)
Temperatura máxima del conductor operación normal	90 °C
Nivel de aislamiento	100%
Barrera bloqueadora	Si

*Tabla 5.2 parámetros eléctricos*

**Cable de cobre desnudo de sección transversal de 126.7 mm<sup>2</sup>**

Sección transversal	126.7 mm <sup>2</sup>
Diámetro completo	15.24 mm
Resistencia a la ruptura	5.14 kg
Peso	1.149 kg/m
Resistencia a 20 °C	0.144 Ohm/km

*Tabla 5.3 parámetros eléctricos*

## 5.6 Instalación del cable

El cable debe de trasladarse con precaución al lugar de la instalación, y dependiendo de la distancia que exista desde el almacén hasta el lugar en donde ha de ser colocado el cable serán los recursos utilizados para situar el carrete en donde se requiere. Es importante señalar que el carrete cuenta con duelas de protección que deben de retirarse con el cuidado adecuado para que el cable no sea dañado por los clavos con los que se aseguran dichas duelas.

Una vez ya presente en el lugar de la instalación, el carrete de cable se debe colocar en el lugar adecuado de forma que la salida del cable se efectúe por la parte superior y ubicado de tal manera que el cable no sufra dificultades para tomar la alineación del tendedo.

El grupo de trabajo debe contar con un coordinador quien será el que organice la instalación, verificando y coordinando a las demás personas para que el jalado sea parejo en todo el trayecto aplicando las medidas de seguridad correspondientes. Cada persona debe cuidar que el cable no sufra dobleces ni torceduras.



**Fig.5.4** *Tendido de cable*

Como se muestra en la figura anterior, debe de utilizarse un elemento para cargar el cable del eje y así permitir su libre giro para desenrollar el cable que está siendo tendido. Generalmente se utilizan gatos mecánicos y una estructura metálica con altura y capacidad adecuada para la carga que se está sosteniendo. La base debe de ser amplia para garantizar la estabilidad de la bobina durante su instalación y rotación. Es suficiente una elevación del carrete sobre el piso de unos 10 a 20 [cm].

## Ojo de Tracción

Una vez colocado el cable sobre la estructura que le permitirá girar libremente se procede a jalar el extremo del cable que ha quedado en la parte superior a través de la trayectoria preparada para que anide el cable se debe de preparar dicha punta para ser jalada, esto se logra mediante la colocación de un ojo o cabezal de tracción con la resistencia suficiente para soportar la fuerza de arrastre.

En algunos casos la fábrica se encarga de enviar el cable con éste accesorio, sin embargo no es muy recomendable utilizarla y por cuestiones de seguridad es mejor instalar uno nuevo para evitar que en el trayecto de jalado éste no resista y se rompa. Para tener una mayor eficiencia en el jalado del cable, en ocasiones se utiliza el ojo de tracción junto con una malla trenzada (calcetín), que distribuye de mejor manera la fuerza con la que se está jalando el cable.

## Malacate

Para realizar el jalado de un cable de potencia a través de una trayectoria de instalación pueden utilizarse muchos mecanismos, sin embargo ninguno de ellos suele ser eficiente como lo es un malacate, que tiene como característica principal la de controlar la fuerza con la que se está realizando el jalado mediante la medición de un dinamómetro.

En éste caso, el instalador establece una tensión máxima de jalado que ha calculado en el caso de que esa fuerza sea superada en la medición que se ha establecido en el dinamómetro, el mecanismo con el que cuenta el malacate se encarga de interrumpir el jalado. Cuando esto sucede, quiere decir que existe algún problema riesgoso que tiene que ver con alguna obstrucción en la trayectoria del cable que no le permite avanzar, o bien alguna complicación de que se ha enredado el cable en el carrete.



**Fig. 5.5** Malacate

## **Dinamómetro**

El dinamómetro es un instrumento que juega un papel importante en el jalado del cable, generalmente incorporado en el malacate, cuenta con un mecanismo que se encarga de medir la fuerza que se está utilizando para el jalado del cable, incluso plasma en una gráfica la relación tiempo o distancia y fuerza. El dinamómetro instalado en el malacate se puede programar para establecer la tensión máxima de jalado, y en caso de que éste se supere, el proceso de jalado se interrumpa.

## **Destorcedor**

En la punta del cable que se va a instalar, además del ojo de tracción, suele colocarse un destorcedor, que consiste en una engrane de de balines, ya que durante el jalado del cable éste tiende a girar sobre el eje de tracción y de ésta manera se logra que gire libremente sin que exista algún problema en el mismo cable.



**Fig. 5.6** Destorcedor

## Grilletes

Los grilletes son las piezas de metal en forma de U, que es atravesada en sus extremos por un perno (gusano), y es de gran utilidad para la instalación de cables, ya que sirven para sujetarlos de manera fija generalmente a la pared, y de ésta manera el cable respeta la trayectoria planeada a pesar de su longitud y peso. El uso de los grilletes es fundamental cuando el cable sigue una trayectoria vertical, en donde el cable tiene que permanecer fijo a la pared.



*Fig. 5.7 Grillete*

## Poleas

Las poleas son ruedas acanaladas que giran alrededor de un eje, por cuya superficie pasa una cuerda o cadena. El uso de las poleas es práctico en casos que se cuenta con libertad de espacio para la instalación de un cable de energía, y que sirve para variar la dirección de jalado de un cable de energía sin la fuerza que se necesita para dicho jalado sea demasiado grande, ya que un adecuado arreglo de poleas reduce considerablemente el esfuerzo que debe de realizarse, en este caso, para el jalado del cable que se va a instalar.



*Fig. 5.8 Jalado de cable por la polea*

## Rodillos

Un rodillo es un cilindro de metal o madera que gira sobre un eje que sirve para facilitar el desplazamiento de algún elemento a través de su superficie. Para la instalación de cables de energía, los rodillos se colocan para facilitar el desplazamiento del cable a través de éstos, y con esto facilitan el trabajo de jalado del cable. Es recomendable revisar que los rodillos de madera en caso de usarse, estén correctamente lijados y una superficie tersa que no implique ningún riesgo de que una astilla pueda introducirse en el cable.



*Fig. 5.9 Jalado de cable pasando por los rodillos*

## Soportes y flechas para carretes

Ya se ha mencionado que es de vital importancia el adecuado manejo de los cables de energía, lo cual implica por supuesto, un cuidadoso manejo de los carretes en donde se contienen los cables, para ello existen dos elementos muy importantes que se utilizan para su manejo.

El soporte se utiliza para colocar el carrete en la posición apropiada para que el cable comience a ser jalado por el malacate, por lo que debe de existir un mecanismo que además de que soporte el cable, debe de permitir un libre giro sobre su eje.

La estructura metálica que sirve como soporte bien puede ser construida en el campo mediante una base de metal que cargue el carrete su eje y un arreglo de gatos hidráulicos que permiten subir o bajar el eje de acuerdo al tamaño y peso del carrete.



**Fig. 5.10** Soportes de carrete

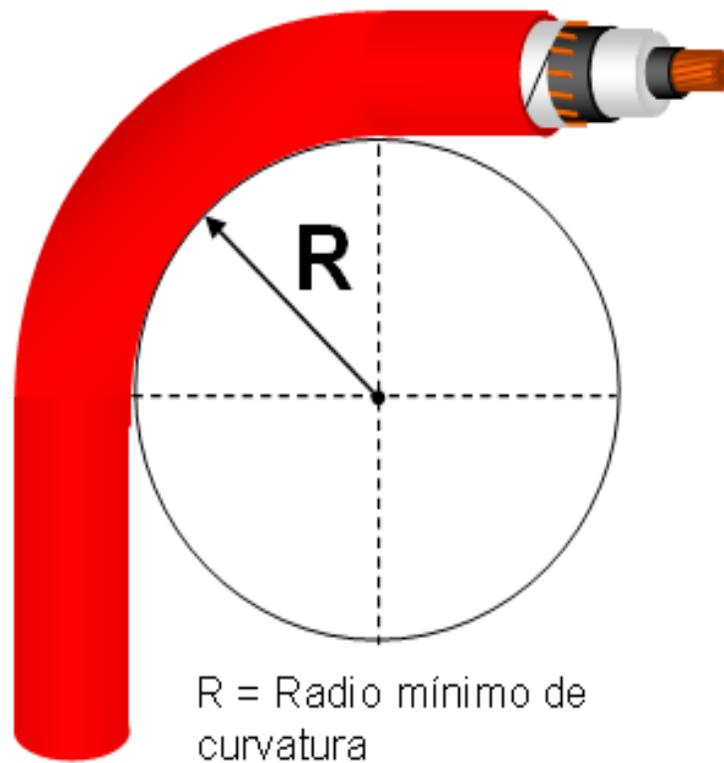
El eje, como se observa en la fotografía, se utiliza no solamente para que el carrete descansa sobre la base, sino también para que el carrete sea transportado adecuadamente, considerando que el eje que se utiliza para el carrete debe de tener la resistencia mecánica suficiente para no doblarse y servir de medio para que el carrete completo pueda ser cargado.

### **Parámetros mecánicos del cable de energía**

Los parámetros mecánicos deben de considerarse para determinar las fuerzas a las que se le puede someter al cable, y son determinantes para conservar a dicho cable en buenas condiciones, por lo cual a continuación se menciona la forma y las expresiones que permiten saber las tensiones máximas a las cuales se le puede someter a un cable de energía antes y durante su instalación.

### **Radio mínimo de curvatura durante y después de la instalación**

El radio mínimo de curvatura es el parámetro que indica el valor al que se puede doblar un cable, y están establecidos valores específicos que deben de respetarse para evitar daños en el cable. Por lo tanto, ese radio de curvatura mínimo debe de mantenerse presente en el momento de realizar la instalación del cable. La curvatura de un cable es una medida del cambio que sufre la dirección del vector tangente a una curva cuando se desplaza a lo largo de ésta.



**Fig. 5.11** Radio mínimo de curvatura para cable

Cuando se utilicen tubos de PAD o PADC, los cambios de dirección pueden ser absorbidos por estos, siempre y cuando se respete el radio mínimo de curvatura el cual debe ser de 15 veces el diámetro exterior y la presión lateral no rebase los límites permisibles para el cable durante el jalado.

<b>RADIO MÍNIMO DE CURVATURA PARA CABLE DE 69 a 115 kV</b>	
<b>Tipo de cable</b>	<b>Radio mínimo de curvatura</b>
Termoplástico	15 x Diam. Ext. (mm)
Polietileno reticulado (XLP)	15 x Diam. Ext. (mm)

**Tabla 5.4** radio mínimo de curvatura

Cuando se utilicen tubos de PADC estos deben quedar alineados evitando deflexiones agudas que propicien la pérdida de hermeticidad en los puntos de unión, en secciones rectas se permiten pequeñas deflexiones en los cople no mayores a 2 grados con respecto al eje de la línea. En todos los cambios de dirección agudos en proyección horizontal se debe utilizar pozos de visita, igualmente en los cambios verticales que indique el proyecto.

Los ductos de PADC, con campana integrada o con cople, deben garantizar una unión hermética. La unión de los ductos de polietileno de alta densidad corrugados serán por medio de cople o espigas campana de acuerdo con la norma AASHTO M252-97 y los requisitos de hermeticidad al agua de acuerdo a la norma ASTM D3212-9697.

### **Tensión máxima jalando del conductor**

Cuando se está realizando una instalación de un cable de potencia, es claro que éste es sujeto a una fuerza de jalado para que pueda desplazarse a través del medio en el que se está instalando, sin embargo, esa fuerza a la que es sometido en uno de sus extremos no puede descuidarse, sino más bien es el principal valor que debe de supervisarse cuando se está jalando el cable, pues el no hacerlo puede provocar un desacomodo en los componentes del cable.



*Fig. 5.12 Tensión de jalado*

Donde:

$T_m$ = Tensión máxima permisible en kg

### **Calculo de tensión máxima**

El valor máximo aceptable de la fuerza que se puede aplicar a un cable para su instalación depende del elemento del cable en donde se aplique la fuerza: el conductor, la cubierta o la armadura de alambres.

1) Tensión máxima aceptable usando anillo de tracción en el conductor:

Como se mencionó anteriormente nuestro Conductor es de aluminio:

## Formula

$$T_{\text{máx}} = 2,72 \times n \times A$$

Donde:

$T_{\text{máx}}$ = Tensión máxima permisible en kg.

$n$ = Número de conductores para los que se aplica la tensión.

$A$ = Área de la sección transversal de cada conductor de los conductores (miles de circular-Mils: kcmil).

Por lo tanto nos queda que la tensión máxima de nuestro cable de potencia de 115 kv será así:

Nuestros datos:

$$T_{\text{máx}}=2.72$$

$$n=1$$

$$A=506.7\text{mm}^2$$

$$\text{Resultado: } T_{\text{máx}}=2.72 \times 1 \times 506.7=1378.224\text{kg}$$

## Cálculo de la tensión necesaria para la instalación

La tensión necesaria para instalar un cable con peso  $W$  en una longitud de ducto de  $L$  metros, se puede calcular como sigue:

Tramo recto:

$$T_n = L_n \times W \times f$$

Donde:

$T_n$ = Tensión en el punto  $n$  (kg).

$L_n$ =longitud del ducto

$W$ =peso del cable

$f$ =coeficiente de fricción (generalmente=0.5)

En este cálculo lo más que se pudo jalar el cable en línea recta fue de 300m el resultado es el siguiente:

$$R=T_n=300 \times 7 \times 0.5=1050\text{kg}$$

Curva intermedia:

$$T_n = T_{n-1} \times f_c$$

Donde:

$T_n$  = Tensión en el punto n (kg).

$T_{n-1}$  = Tensión necesaria para jalar el cable hasta el punto inmediato anterior a la curva (kg)

$F_c$  Factor de curva

En este cálculo la deflexión más grande que se tubo fue de 90° el cable en línea curva el resultado es el siguiente:

$$R = T_n = 1050 \times 0.4 = 420 \text{kg}$$

## 6. Electromecánica

### Característica de la instalación Transición aéreo-subterránea

Las transiciones son el conjunto de estructuras y dispositivos cuya finalidad primordial es realizar la interconexión del sistema eléctrico aéreo con el sistema subterráneo. La selección adecuada de la estructura, terminales y protecciones permitirá mayor confiabilidad, seguridad y continuidad del servicio.

Las estructuras que servirán de soporte de fijación a los cables deberán tener resistencia mecánica suficiente para soportar el peso de los cables y accesorios, además de las condiciones del medio ambiente y la corrosión. El diseño de la estructura dependerá del número, tipo y tensión de los cables, además de los dispositivos de protección.

Las transiciones aéreo-subterráneas se podrán efectuar en torres de acero, o postes metálicos, tomando en cuenta para el análisis de diseño y fabricación de la estructura la especificación CFE J1000-50 Y CFE J6100-54 respectivamente adicionalmente se debe considerar:

a) para estructuras de CFE normalizadas

Verificar el cumplimiento de las distancias eléctricas (fase-fase fase-tierra) de la estructura, con respecto a los elementos que lo constituyen: cadena de aisladores, apartarrayos y terminales para el cable de potencia.

b) para estructuras de nuevo diseño

Para el dimensionamiento electromecánico de las estructuras se debe considerar los siguientes datos:

Utilización eléctrica mecánica

Velocidad regional del viento con datos estadísticos en los últimos 50 años

Angulo de blindaje

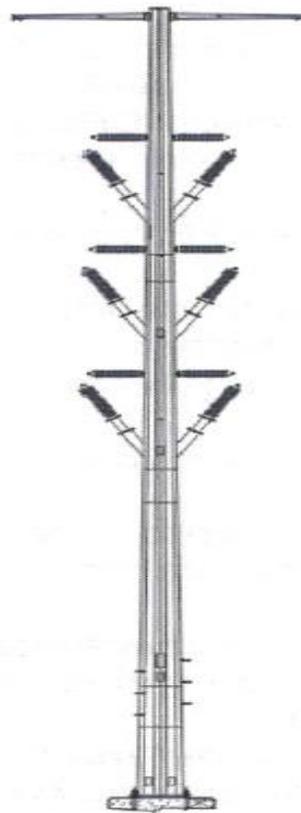
Altura sobre el nivel del mar

Tensión máxima de operación

### **Estructuras de transición**

Al diseñar una transición en alta tensión sobre una torre o poste metálico es fundamental tener un criterio que pueda servir para el análisis y selección de los principales equipos y materiales que la forman el diseño de la estructura será a partir del modelo definido dentro del proyecto electromecánico y teniendo en cuenta lo siguiente:

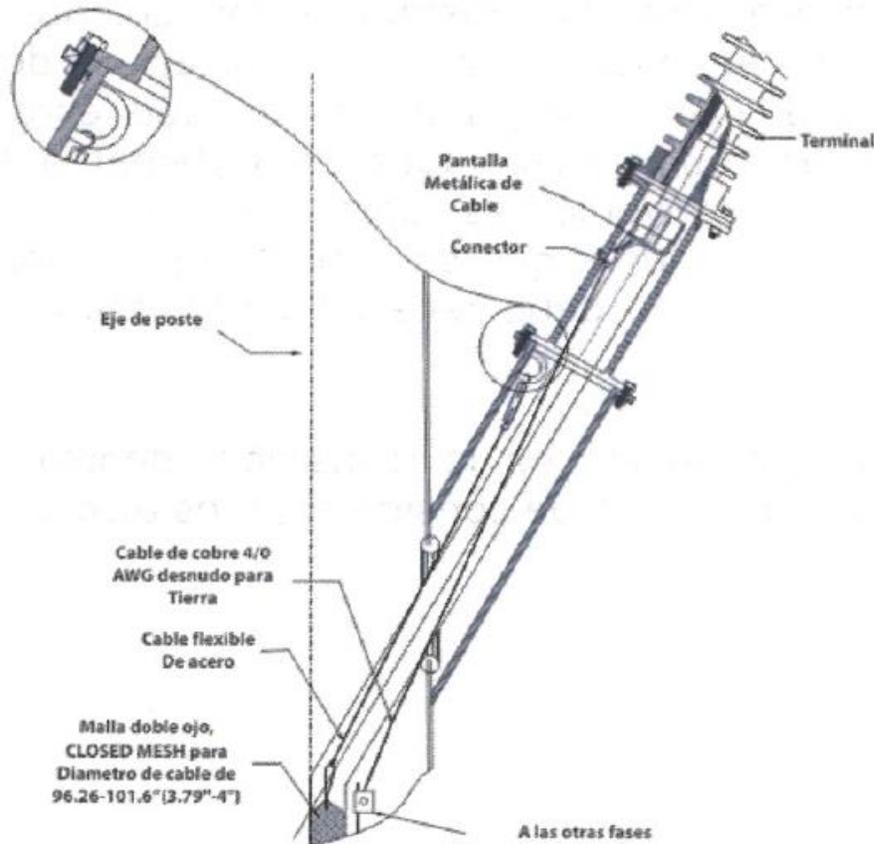
POSTE TRONCOPIRAMIDAL PARA  
TRANSICIÓN DE DOS LINEAS  
SUBTERRÁNEAS



**Fig.6.1** Troncocónico

En la sección inferior del poste debe considerarse el espacio libre para la acometida de cable hacia el pozo de visita. Considerando las cargas por la masa del cable terminales apartarrayos y accesorios así como las generadas por maniobras de elevación en la estructura

Incluir dentro del diseño de la estructura, los dispositivos adicionales de soporte y sujeción de cables, terminales, y apartarrayos. Incluyendo el sistema de sujeción del cable en el interior del poste.



**Fig. 6.2** Detalle de transición aéreo-subterránea

### 6.1 Puesta a Tierra

Los cables de energía monopoles tienen en su construcción una pantalla metálica que puede constar de alambres, cintas planas o corrugadas, cubierta metálica o una combinación de estas. La pantalla metálica rodea al conductor central que transporta corriente y están operando normalmente al potencial de tierra.

Cuando los cables de energía transportan corriente alterna, se induce una tensión en la pantalla metálica y fluyen corrientes a lo largo de las pantallas, si están conectadas entre sí para formar un circuito cerrado, por ejemplo las pantallas sólidamente conectadas y aterrizadas en ambos extremos del cable. Estas corrientes inducidas en las pantallas son indeseables porque causan pérdidas por calor las cuales reducen la capacidad de conducción de corriente del cable y por tal razón se han desarrollado varios métodos de conexiones especiales de la pantalla. Para lo cual las pantallas de los cables son conectadas y aterrizadas de tal manera que se elimine o reduzca estas corrientes longitudinales en las pantallas.

Para circuitos con cables de energía monopoles transportando corrientes superiores a 500 A, se debe de realizar una conexión especial, con el propósito de reducir las pérdidas, la cual permita un tamaño notablemente más pequeño del conductor a ser usado.

## **6.2 Cable de potencia**

La función primordial de los conductores eléctricos es transmitir eficientemente la energía eléctrica. Esto puede asegurarse mediante el control de calidad de los cables, a través de las pruebas que se realizan en los laboratorios de los fabricantes que garantiza su confiabilidad durante la operación y con ello la continuidad del servicio.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, el fabricante tiene poco o ningún control sobre las operaciones de transporte, almacenaje, instalación y conexiones, por lo que es recomendable efectuar pruebas eléctricas para tener la seguridad de que el cable se encuentra en buenas condiciones para entrar en servicio. Además, muchos usuarios han detectado que con el tiempo, el cable en operación revela algún daño

Existente de origen en la fabricación o durante la instalación, los cuales no fueron detectados durante las pruebas de fábrica o de instalación. La corriente eléctrica máxima que pueden transportar los cables, en cada condición de operación debe ser menor o igual a la capacidad de conducción de corriente determinada mediante los cálculos basados en métodos de ingeniería reconocidos para tal fin, tomando en cuenta las temperaturas máximas de operación. Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta es el aterrizaje de las pantallas metálicas de los cables ya que la capacidad de conducción de corriente de los cables depende de ello.

## **Tiempo de liberación de fallas a tierra**

Los cables con un nivel de aislamiento de 100% pueden utilizarse en sistemas provistos con dispositivos de protección, tales que las fallas a tierras se eliminen tan pronto como sea posible, pero en cualquier caso cerca de un minuto. Los cables con nivel de aislamiento de 133% corresponden a los designados anteriormente para los sistemas no aterrizados.

Estos cables pueden ser utilizados en caso en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría 100% de nivel de aislamiento, pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presenta la falla será desenergizada en un tiempo no mayor de una hora. Así mismo, pueden ser utilizados cuando sea deseable emplear un espesor de aislamiento adicional al de los cables con 100% de nivel de aislamiento.

## **Elementos del cable.**

### **Conductor**

### **Pantalla sobre el conductor**

Un material semiconductor, que sirve de interface entre conductor y aislamiento. El redondeo de la superficie conductor que se logra, resulta fundamental para mantener las líneas de campo dieléctrico radiales, y la mejor operación del material aislante.

### **Aislamiento.**

La estabilidad térmica del polietileno reticulado debe ser tal que le permita admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo en el conductor de hasta 90° C, y tolerar temperaturas de cortocircuito de 250° C.

### **Semiconductora sobre aislamiento:**

### **Capa extruida de material semiconductor.**

La capa semiconductor externa está formada por una mezcla extruida y reticulada de características químicas semejantes a las del aislamiento, pero de baja resistencia eléctrica.

### **Pantalla metálica**

Puede estar formada por una cubierta de aleación de plomo, aluminio soldado sin costura, cobre soldado sin costura, por una cinta longitudinal de cobre corrugado y otros diseños. Asimismo, la pantalla puede ser obturada para evitar la propagación

longitudinal del agua. Proporciona un sello hermético a prueba de agua y una trayectoria para corriente de corto circuito

### **Cubierta exterior**

De polietileno termoplástico PE, de muy bajo índice de higroscopicidad o de PVC especialmente resistente a la humedad y agentes atmosféricos y con excelentes características mecánicas. Antes de poner en servicio un cable de potencia, este deberá probarse para tener la seguridad de que tanto el propio cable como sus accesorios (terminales), soportarán las condiciones operativas a que serán sometidos.

La elevación de la temperatura durante los ciclos de carga puede causar cambios importantes en las dimensiones del sistema. Cuando los cables están directamente enterrados, muchas veces el efecto de estos cambios se observa en las terminales o empalmes del cable.

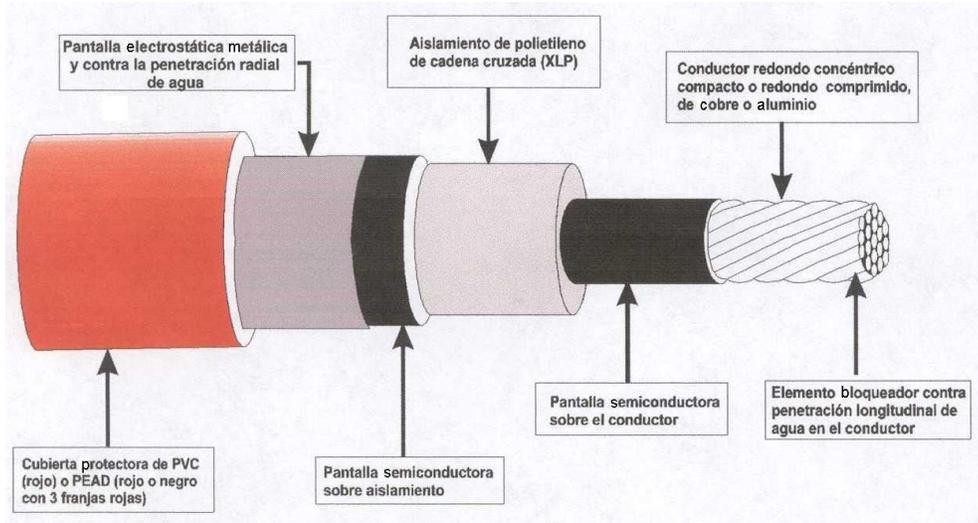
Las fuerzas termomécánicas durante la expansión que se lleva a cabo dentro de la unión o empalme pueden llegar a reacomodar o incluso a deformar el empalme. En el diseño del empalme o terminal se hace necesario considerar medios adecuados de soporte que resulten suficientes para evitar el efecto de las fuerzas termomécánicas.

De acuerdo con AEIC CS-7, cables con aislamiento XLP hasta 138 kV pueden operar a una temperatura de máxima en el conductor de 90 °C; la temperatura para emergencias es normalmente de 105 °C. Aunque la temperatura ambiente varía con la ubicación, la temperatura de verano considerada es de 25 °C y la de invierno 15 °C.

Fuentes externas de calor incrementan la temperatura real del terreno. Los mismos valores son de utilidad para cables aislados con XLP para voltajes de 230kV y 345KV. Mediante el análisis periódico de gases disueltos se puede mantener una buena supervisión de sistemas que utilizan cables con aislamiento a base de papel-aceite.

Un análisis oportuno de los resultados obtenidos (DGA) hace posible la detección de fallas incipientes, y resulta factible evitar que una falla se haga crítica. El chequeo oportuno de los manómetros para monitoreo de la presión del aceite, hace posible determinar si su condición de operación es aceptable y estado de deterioro. Una inspección más constante se hace necesaria principalmente cuando los equipos se localizan en áreas húmedas o al estar expuestos a efectos corrosivos.

El desplazamiento que se presenta en empalmes de estos cables es un problema preocupante especialmente para ciertos diseños de este cable. Una posibilidad para investigar si se ha presentado este fenómeno en un empalme es mediante la inspección con equipo de rayos X.



**Fig. 6.3** componentes del cable de potencia

## Conductores

Deben ser de aluminio duro o de cobre suave, según se indique en las Características Particulares. El conductor de aluminio duro, de Clase B puede ser cableado redondo concéntrico comprimido o redondo concéntrico compacto, según se indique en las Características Particulares y cumplir con la norma NMX-J-142-ANCE.

## Sección transversal

La sección transversal mínima en relación con la tensión, debe ser la indicada en la tabla siguiente

Tension nominal entre fases (kV)	Sección transversal del cable (mm <sup>2</sup> )
69	253,4
<b>115</b>	<b>380</b>
138	380

**Tabla 6.1** Sección transversal

## Sellado del conductor

Todos los cables para uso en ambiente seco, húmedo o mojado, los intersticios del conductor se deben llenar con un material, compatible con los demás componentes del cable a todo lo largo del mismo, con objeto de evitar la penetración de agua a lo largo del conductor.

### Pantalla Semiconductora Sobre el Conductor

#### Material

Sobre el conductor se debe aplicar una pantalla de material semiconductor termo fijo de color negro, compatible con el aislamiento y el conductor, el cual debe tener las mismas características térmicas que las del aislamiento. Así mismo, la superficie exterior en contacto con el aislamiento debe ser de apariencia lisa y tersa y estar firmemente adherida al aislamiento y cumplir con la norma NMX-J-142-ANCE.

Cuando la CFE lo requiera esta pantalla debe ser elaborada con compuestos súper lisos y súper tersa, lo cual se debe indicar en las Características Particulares. La utilización de estos conceptos deben ser verificados por la Gerencia del LAPEM.

#### Espesor

El compuesto debe ser extruido sobre el conductor y el espesor mínimo en cualquier punto no debe ser menor indicado en la tabla 3 y la norma NMX-J-142-ANCE.

Designación del conductor	Espesores (mm)	
	Mínimo en cualquier punto	Promedio mínimo
Mayor de 253,4 hasta 506,7	0,50	0,625
Mayor de 506,7	0,60	0,75

**Tabla 6.2** Espesor de la pantalla semiconductora extruida sobre el conductor

## Temperatura de operación

El diseño y construcción del cable debe ser tal que pueda operar satisfactoriamente en lugares secos, húmedos o mojados a una temperatura máxima continua en el conductor de:

90 °C para operación normal.

130 °C para operación en condiciones de emergencia.

250 °C para operación en condiciones de corto circuito.

## Pantalla Semiconductora Sobre el Aislamiento

### Material

La pantalla semiconductora se debe aplicar mediante el proceso de triple extrusión, directamente sobre el aislamiento. Esta pantalla en una capa de material semiconductor termofijo, compatible con el aislamiento y la pantalla metálica, debe ser de color negro, presentar apariencia lisa, tersa y cumplir con la norma **NMX-J-142-ANCE** y estar claramente identificada en forma legible y permanente con la leyenda que indique, que debe retirarse antes de elaborar empalmes y/o instalar terminales, permitiéndose una

## PRUEBAS A CABLES.

Los cables de potencia para tensiones de 69 kV a 138 kV con aislamiento XLP deben cumplir con las pruebas de prototipo, rutina y aceptación. Pruebas de aceptación.- En esta prueba el fabricante debe verificar todos los tramos y a cada uno de los conductores terminados, Debe cumplir con lo especificado en la norma **NMX-J-142-ANCE**:

### ➤ CORRIENTE

$$I = \frac{PA (mva)}{V(MV)(FP)(1.732)}$$

Donde:

PA: Potencia Aparente en megavoltsampere

V: volts

FP: Factor de Potencia

POR LO TANTO

$$I = \frac{18 \text{ MVA}}{(0.115)(0.9)(1.732)} = 100.4087 \text{ A}$$

➤ **CAIDA DE TENSION**

$$e = (I)(Z)(d)$$

Donde:

e= caída de tensión (V)

I= corriente en amperes (A)

z= impedancia ( $\Omega/\text{km}$ )

d= distancia (km)

POR LO TANTO:

$$e = (100.4087) \left( 0.120 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) (3.173 \text{ km}) = 38.2316 \text{ v.}$$

➤ **PERDIDAS DE ENERGIA**

$$P = (i)^2 (R)(d)(\sqrt{3})$$

Donde:

P= perdidas (w)

i= corriente en amperes (A)

R= resistencia ( $\Omega/\text{km}$ )

d= distancia (km)

$$P = (100.4087)^2 \left( 0.075 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) (3.173 \text{ km})(\sqrt{3}) = 4155.6087 \text{ w}$$

$$P = 4155.6087 \text{ w} ==> 4.1556 \text{ kw}$$

$$\text{Potencia Aparente} = \frac{w}{f.p.} = \frac{4.1556 \text{ kw}}{0.9} = 4.6173 \text{ kva}$$

$$PA = 4.6173 \text{ KVA esto es igual a } 4.6173 \times 10^{-3} \text{ MVA}$$

18 MVA  $\rightarrow$  100%

$4.6173 \times 10^{-3} \rightarrow X$

$$X = \frac{(4.6173 \times 10^{-3} \text{ MVA})(100\%)}{18 \text{ MVA}} = 0.0256\%$$

Por lo tanto la pérdida será de un 0.0256% y las pérdidas de energía deben ser menores que un 1% en líneas de 115 kv.

$e = 38.2316 \text{ v} \Rightarrow 0.0382316 \text{ kv}$ .

115 kv = 100 %

$0.0382316 = x$

$$X = \frac{(0.0382316 \text{ kv})(100\%)}{115 \text{ kv}}$$

$X = 0.0332\%$

La caída de tensión en líneas de 115 kv debe ser menor al 1%

Empalmes

Los empalmes deben ser diseñados y fabricados para garantizar una adecuada conexión de todos los elementos que constituyen el cable de potencia sin sufrir deformaciones y sin alterar sus propiedades mecánicas y eléctricas de funcionamiento. Los empalmes que se instalen deben cumplir con la norma **NMX-J-158**.

A continuación se muestra el procedimiento para Lo que es la instalación de empalmes:

Capacitar a los extremos de los cables en la posición de montaje recta y arreglarlo. Después se calienta, los cables deben ser Enderezado. Antes de comenzar a preparar el cable, el cable se debe enfriar a temperatura ambiente. Seguir Las instrucciones de instalación para la preparación de cable.









Engrase el palo con grasa de silicona y la inserta a través del cuerpo de la junta. Gire la Articulación cuerpo para engrasar el órgano conjunto interior.

2008/03/14 10:15



Después de grasa de silicona se aplica

2008/03/14 10:16

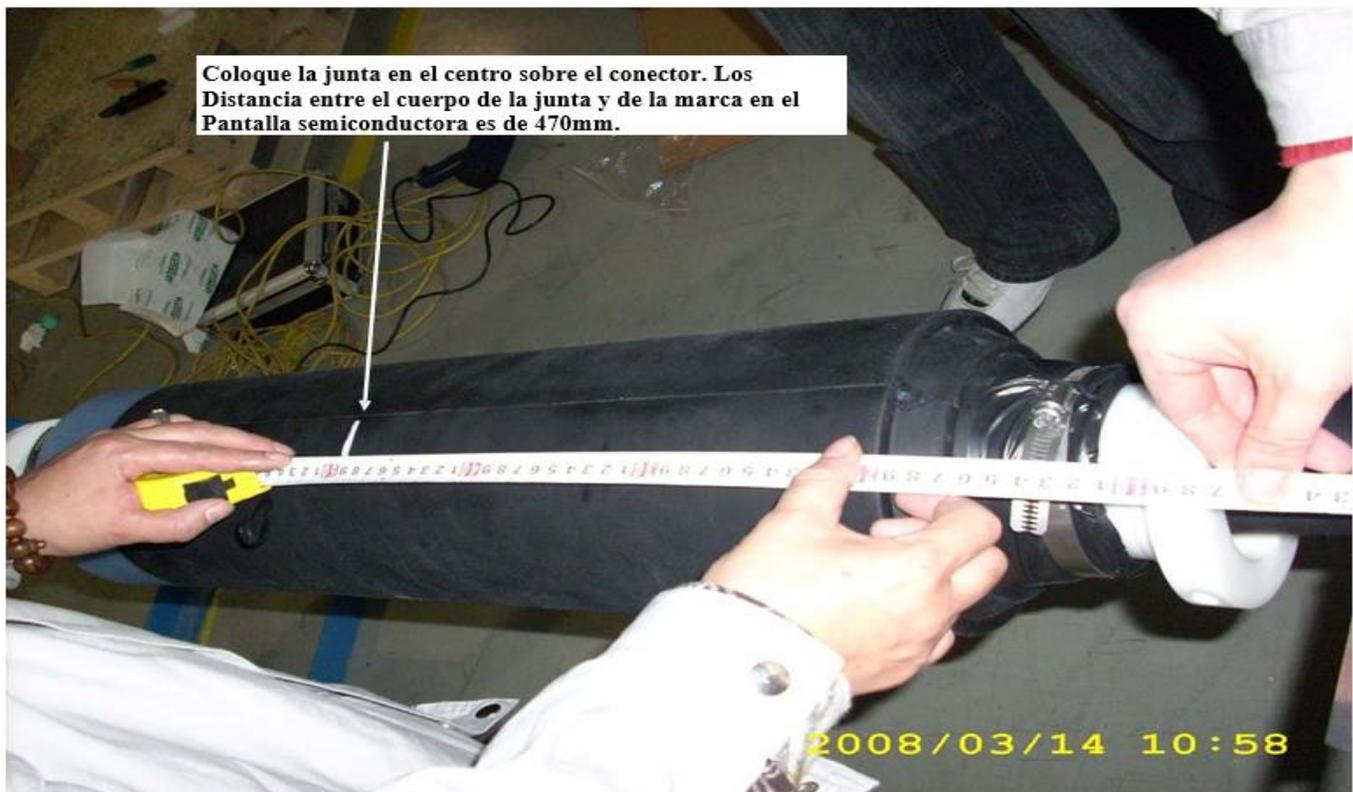
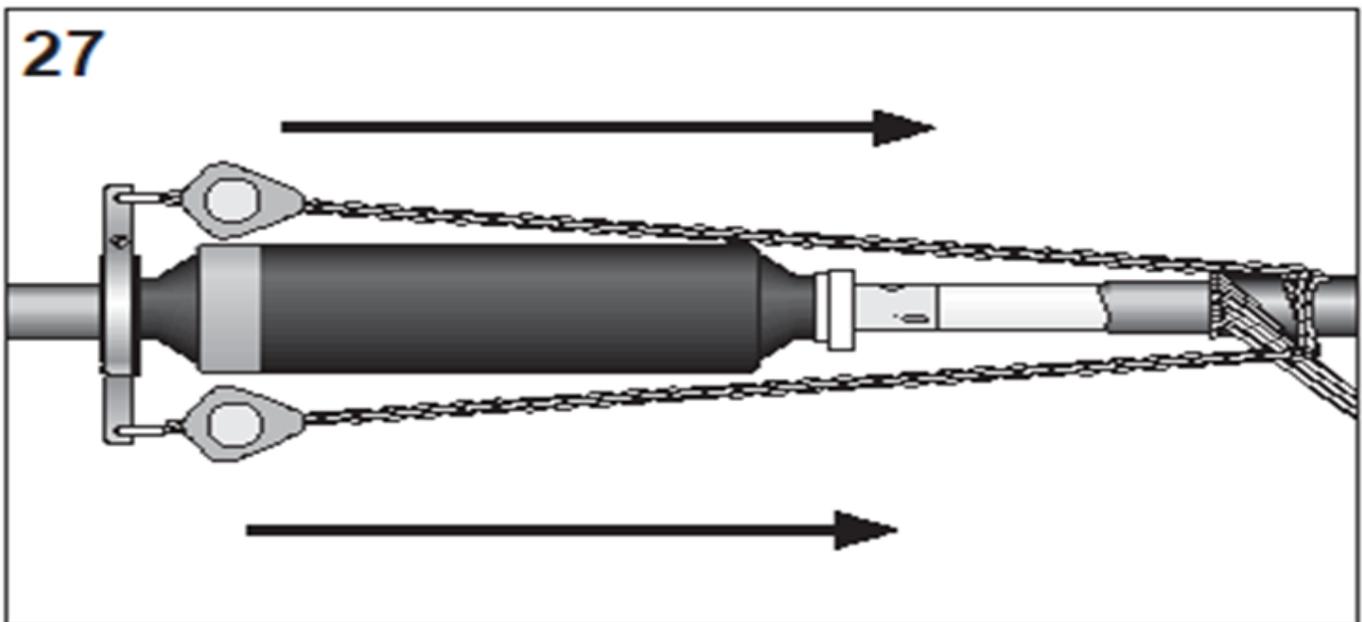


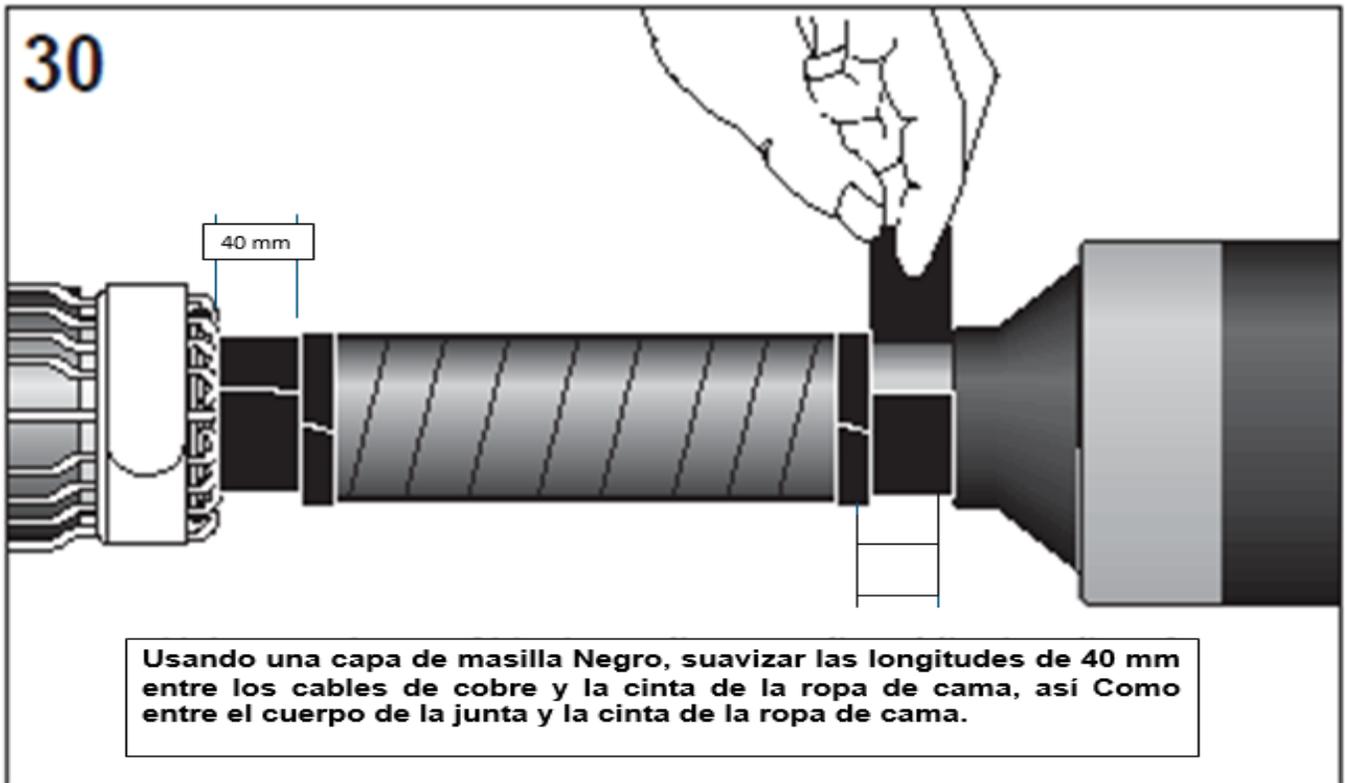




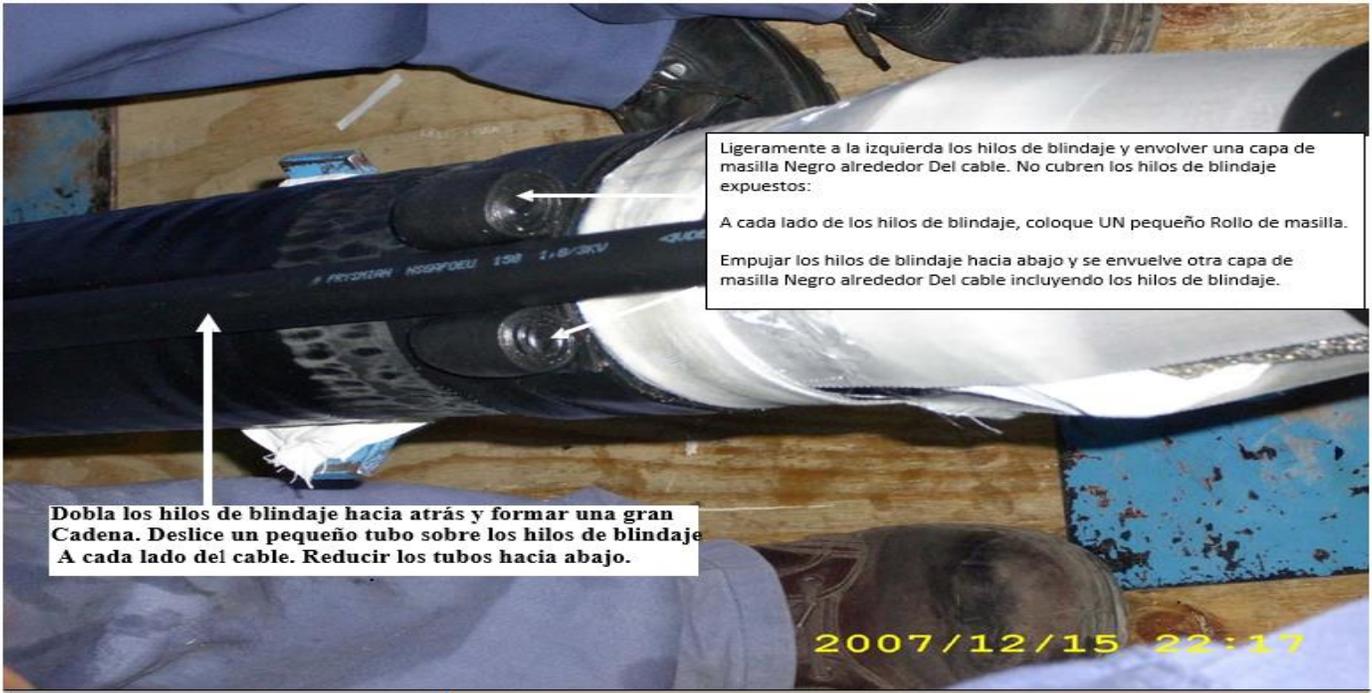


Instalar la unidad de la hélice en el otro lado Del cuerpo de unión. Utilizar una cuerda y dos cuadras de la cadena para empujar el cuerpo de la junta siempre el conector.











## Conclusión

Creemos que el trabajo realizado fue muy importante ya que en México se cuenta con poca información acerca de las instalaciones subterráneas, es por eso que quisimos aportar un poco a este tema que es tan importante sobre en la zona del estado de Chiapas. Si bien es cierto que una instalación eléctrica subterránea es más cara que una aérea pero la instalación subterránea cuenta con varias ventajas como la seguridad que estas brindan a la personas, el mantenimiento es mínimo comparado con las líneas aéreas y la principal ventaja el impacto visual en el ambiente es mucho menor.

Hay que tener en cuenta que para realizar una instalación eléctrica subterránea se necesita ir con las autoridades correspondientes para conocer si ya existen instalaciones subterráneas para no dañarlas y poder dar un mantenimiento adecuado. Para realizarlas este tipo de obra es necesario contar con ingenieros civiles para realizar toda la obra civil y que estén bien coordinados con los ingenieros electricistas para que toda la instalación se pueda realizar de manera eficiente y sobre todo que todo que no tenga fallas.

La instalación de ductos mediante perforación direccional e instalación de registros prefabricados es la mejor opción cuando hablamos de la conversión de las instalaciones aéreas a subterráneas en los centros históricos de las ciudades, aéreas habitadas y lugares con alta concentración de actividades. La instalación de ductos a cielo abierto, representa la mejor opción en el caso de nuevos desarrollos habitacionales, comerciales y de servicios.

A fin de cuentas se cree que en futuro la mayoría de las líneas eléctricas van a ser subterráneas pues cuentan con muchas ventajas, muchas veces esto no es cuestión de si beneficia o no, y en el caso particular de México el gran problema es el justificar técnica, económica, social y políticamente, para que sean aprobados los proyectos.

## **Referencias Bibliográficas:**

NOM-001-SEDE Instalaciones Eléctricas (Utilización).

Norma Distribucion-Construccion de sistemas subterráneos – CFE –G.

Norma Distribucion-Construccion de sistemas subterráneos – CFE –AT-DP.

Norma Distribucion-Construccion de sistemas subterráneos – CFE-BMT-EOCEMAH.

Norma Distribucion-Construccion de sistemas subterráneos – CFE –AT-C.

Norma Distribucion-Construccion de sistemas subterráneos – CFE –EOCOE-AT.

DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION SUBTERRANAEAS – CFEDCDLTS01.

POSTES METALICOS PARA LINEAS DE TRANSMISION Y SUBTRANSMISION –CFE-J6100-54.

CONSTRUCCION DE SISTEMAS SUBTERRANEOS – CFE-DCCSSUBT.

NMX-J-158-ANCE

NMX-J-142-ANCE