

21121  
39



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA CIVIL DE LA  
LINEA DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN SUBTERRANÉA  
SAN BERNABÉ ENTRONQUE AGUILAS - TOPILEJO

MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A:

**JUAN MOISÉS RICO FALCÓN**

ASESOR: M. EN C. RAÚL PINEDA OLMEDO



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ACATLAN, EDO. DE MEXICO.

MAYO DE 2003.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo de tesis.

NOMBRE: RICO FALCÓN

JUAN MOISES

FECHA: 23 MAYO DE 2003

FIRMA: [Signature]



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**GANAR PERDIENDO**

Pedí a Dios fortaleza para poder triunfar; fui hecho débil para que aprenda humildemente a obedecer.

Pedí salud para poder hacer grandes cosas; me fue dada flaqueza para que pueda hacer mejores cosas.

Pedí riqueza para poder ser feliz, se me dio pobreza, para que pueda ser sabio.

Pedí poder, para ser el orgullo de los hombres, se me dio debilidad, para que pueda sentir la necesidad de Dios.

Pedí todas las cosas para poder disfrutar la vida, se me concedió vida, para que pueda disfrutar todas las cosas.

No se me dio nada de lo que pedí, pero todo lo que deseaba y algo incluso a pesar de mí. Las oraciones que expresé fueron respondidas.

De entre todos los hombres, yo he recibido la mejor bendición.

Autor Anónimo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**A DIOS.**

POR DARMER LA DICHA DE VIVIR Y LA OPORTUNIDAD DE SERVIR A MI PRÓJIMO.

**A MIS PADRES.**

**MARÍA Y JOSÉ**, COMO UN TESTIMONIO DE MI INFINITO APRECIO Y AGRADECIMIENTO POR TODA UNA VIDA DE ESFUERZOS Y SACRIFICIOS, BRINDÁNDOME SIEMPRE CARIÑO Y APOYO CUANDO MÁS LO NECESITE.

DESEO DE TODO CORAZÓN QUE ESTE LOGRO LOS SIENTAN COMO SUYO

CON AMOR, ADMIRACIÓN Y RESPETO.

**A MI ESPOSA.**

**CLAUDIA IVETT**, PUEDES SER UNA PERSONA PARA EL MUNDO, PERO PARA MÍ TÚ ERES EL MUNDO, POR ESE GRAN AMOR, COMPRENSIÓN, APOYO INCONDICIONAL Y POR MOTIVARME A LA CULMINACIÓN DE ESTE TRABAJO.

TE AMO NO POR QUIEN ERES, SINO POR QUIEN SOY CUANDO ESTOY CONTIGO.

**A MI TÍO ESTEBAN.**

POR APOYARME CUANDO MÁS LO NECESITE.

**A MIS HERMANOS TERESA, SALVADOR, HUGO Y KARLA.**

GRACIAS POR SER.

**A MI TÍO GABRIEL.**

POR HABER CONTRIBUIDO EN QUE RENACIERA EN MI EL DESEO DE SUPERACIÓN.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y A MIS PROFESORES.**

POR PREPARAR A NUESTRA JUVENTUD Y CONTRIBUIR CON EL DESARROLLO DE NUESTRO PAÍS.

**A MIS SINODALES.**

- ING. ALEJANDRO IGNACIO PEÑA BONILLA
- ING. MIGUEL MOISÉS ZURITA ESQUIVEL.
- ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ.
- ING. PABLO MIGUEL PAVÍA ORTIZ

EN PARTICULAR AL **M. EN C. RAÚL PINEDA OLMEDO** POR HABER ACEPTADO DIRIGIR ESTE TRABAJO

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO AL **ING. ALEJANDRO IGNACIO PEÑA BONILLA**, POR APOYARME INCONDICIONALMENTE Y POR SER MUCHO MÁS QUE UN BUEN PROFESOR, POR SER UN GRAN AMIGO.

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL AL **ING. JAIME GALVÁN DOMÍNGUEZ**, POR COMPARTIR SU EXPERIENCIA PROFESIONAL PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## PRÓLOGO

El fluido eléctrico representa para una sociedad moderna lo que la sangre para el cuerpo humano. Esta analogía nos lleva a reflexionar sobre la importancia de suministrar esta energía con la mayor eficiencia y seguridad a un costo razonable.

Sin embargo, el proceso para realizar este suministro en forma eficiente, segura y económica, requiere de un gran esfuerzo que conjunta los conocimientos en diferentes disciplinas. Estos conocimientos se aplican para resolver los problemas que se presentan en el proceso de generación, transmisión y transformación del fluido eléctrico hasta llevarlo al usuario.

Por la importancia de la construcción de la Línea de Transmisión San Bernabé entronque Águilas – Topilejo, para reforzar el Sistema Troncal Nacional en la tensión de 230 kv, a la zona central de la República Mexicana, surge mi interés de exponer el procedimiento utilizado en la construcción de la obra civil del tramo subterráneo de esta obra. Mismo que se describe desde los antecedentes que dieron origen a la construcción, pasando por una breve introducción de lo que son las Líneas de Transmisión hasta la descripción de los procedimientos que corresponden a cada actividad.

El propósito de este trabajo es presentar un panorama general del proceso de construcción de este proyecto. Cabe mencionar que los conocimientos adquiridos en la **Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán** durante mi etapa de preparación fueron de vital importancia ya que sin ellos, no hubiera sido posible lograr desarrollar adecuadamente y poder continuar participando en la construcción de obras del sector eléctrico, que son muy importantes para el desarrollo de nuestro país.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ÍNDICE GENERAL**

	Pag.
<b>PRÓLOGO.</b>	
<b>1.GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES Y CAUSAS QUE ORIGINARON LA CONSTRUCCIÓN EN FORMA SUBTERRÁNEA.	1
<b>2.IMPORTANCIA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.</b>	<b>4</b>
2.1.INTRODUCCIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	4
2.2.CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.	4
2.2.1.LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE TORRES AUTOSOPORTADAS PARA 400, 230 Y 115 KV. EN 1 CIRCUITO.	6
2.2.2.LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE TORRES AUTOSOPORTADAS PARA 400, 230 Y 115 KV. EN 2 O MÁS CIRCUITOS.	6
2.2.3.LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA 400, 230 Y 115 KV. EN 1 O 2 CIRCUITOS.	7
2.2.4.LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTES TIPO MORELOS PARA 115 KV. EN 1 O 2 CIRCUITOS.	7
2.2.5.LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTES DE CONCRETO Y MADERA PARA 115 KV. EN 1 CIRCUITO.	7
2.2.6. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS PARA 115 Y 230 KV EN 2 O MÁS CIRCUITOS.	8
TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, SILUETAS Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.	10
<b>3.UBICACIÓN DE LA OBRA.</b>	<b>25</b>
<b>4.OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SAN BERNABÉ ENTRONQUE ÁGUILAS – TOPILEJO.</b>	<b>27</b>
<b>5. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA CIVIL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SAN BERNABÉ ENTRONQUE ÁGUILAS – TOPILEJO (TRAMO SUBTERRÁNEO).</b>	<b>28</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.	28
5.1.1. INFORMACIÓN GENERAL	28
5.2. CARACTERÍSTICAS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	29
5.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.	29

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

5.2.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	Pag.	30
5.3.	TRAMO SUBTERRÁNEO.		32
5.3.1.	EXCAVACIÓN		32
5.3.2.	PLANTILLA.		35
5.3.3.	CIMBRADO DEL BANCO DE DUCTOS.		39
5.3.4.	COLOCACIÓN DE DUCTOS		41
5.3.5.	COLOCACIÓN DE CONCRETO.		44
5.3.6.	RELLENO		49
	<b>CONCLUSIONES.</b>		<b>54</b>
	<b>REFERENCIAS.</b>		<b>57</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO 1**  
**"GENERALIDADES".**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.1. ANTECEDENTES Y CAUSAS QUE ORIGINARON LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN FORMA SUBTERRÁNEA.

En México en el año de 1879 se inicia la utilización de la electricidad en procesos industriales, con la instalación de un sencillo generador en la fabrica textil "La Americana" en León, Guanajuato. Pocos años después, las minas utilizaron el fluido eléctrico para la operación de desagüe en sus tiros, entre otros usos. En julio de 1880 se llevaron a cabo los primeros experimentos para el alumbrado público.

Una década después, se construye en México la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua, aprovechando como fuente primaria para la generación eléctrica las caldas de agua de los ríos.

A principios del siglo XX, en varios estados de la República funcionaban plantas hidráulicas destinadas a satisfacer las necesidades del sector productivo regional (fábricas, industrias y minas). La energía excedente se destinaba a servicios urbanos.

El francés Arnold Vaquié mediante una concesión gubernamental promovió el primer proyecto importante para generar electricidad por medio de caldas de agua del río Necaxa, hecho que dió origen a la empresa canadiense Mexican Light & Power Company Limited, la cual cambiará posteriormente su denominación a Compañía Mexicana de Luz Y Fuerza Motriz. Fue tal el auge de la electricidad, que para 1920 funcionaban en nuestro país 199 compañías mediante la inversión de empresarios extranjeros.

Sin embargo, ante la falta de eficiencia en el otorgamiento del servicio por parte de dichas empresas y la aparición de una serie de anomalías: abusos en el cobro de tarifas, aplicación de multas y fallas en el suministro, se creó un clima de descontento entre los consumidores que afectó los procesos de producción industrial y agrícola. Además, amplias zonas rurales carecían totalmente del fluido eléctrico. La situación entró en orden cuando el 14 de agosto de 1937, el Poder Ejecutivo Federal, representado por Lázaro Cárdenas del Río, decretó la creación de la COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (C.F.E.), con la encomienda de organizar un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para el beneficio del pueblo de México.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El inicio de operaciones de la C.F.E. permitió establecer un vínculo entre el suministro del fluido y los objetivos sociales del proyecto nacional. Integrar una industria eléctrica fue un proceso lento, y difícil que requirió de acciones de tipo legislativo para facilitar el crecimiento de la C.F.E. y el establecimiento del control del sector público en materia tarifaria. En 1959, las dos principales empresas extranjeras que comercializaban la electricidad recibían de la C.F.E. el 70 % de la energía que revendían.

Entonces el gobierno inicia, un proceso de compra de las compañías extranjeras que culmina el 27 de septiembre de 1960, cuando el presidente Adolfo López Mateos nacionaliza la industria eléctrica, consolidando así el proceso del desarrollo económico de México.

En la actualidad, el consumo de energía eléctrica ha crecido enormemente, por lo que es de vital importancia la construcción y modernización de plantas generadoras y líneas de transmisión, para reforzar el Sistema Troncal Nacional y poder así enfrentar y apoyar el desarrollo del país con un servicio eficiente e ininterrumpido. De aquí surge la necesidad de incrementar el voltaje en la línea de transmisión San Bernabé entronque Águilas -Topilejo.

Mediante los decretos del Ejecutivo Federal publicados en el Diario Oficial de la Federación los días 22 de noviembre y 7 de diciembre de 1943, la C.F.E. adquirió una franja de 140.00 m de ancho por 117.00 km de longitud, para el derecho de vía de las líneas de transmisión de energía eléctrica. Dicha franja en lo sucesivo designada DERECHO DE VÍA (D.V.), inicia en la Exhacienda de Ixtapantongo, Estado de México, y concluye en el Olivar de los Padres, Distrito Federal, cruzando por terrenos que fueron ejidales, comunales, particulares y federales.

Actualmente se encuentran instaladas las Líneas de Transmisión Ixtapantongo - Alamo L1 y L2 y Tingambato - Taxqueña de 150 kv. Debido a la necesidad de atender el incremento de la demanda de energía eléctrica en el Distrito Federal, se hizo necesario efectuar trabajos de modernización en dichas líneas a fin de incrementar su capacidad a 230 kv. lo cual se ha dificultado por la presencia de asentamientos humanos irregulares dentro del terreno correspondiente al D.V.

La oposición de los vecinos de la zona a que se realicen en el D.V. las citadas obras, se basa en que las comunidades así como los propietarios originales o los terceros que compraron terrenos alegan que no se les pagó la

indemnización por la expropiación a que se refiere los decretos citados. En consecuencia se han logrado impedido la conclusión de las obras de modernización, en un tramo de aproximadamente 7.2 km de la línea de transmisión Lázaro Cárdenas – Donato Guerra – San Bernabé – Anillo 230 kv. localizado en los poblados de San Lorenzo Acopilco, San Pablo Chimalpa y Loma del Padre, ubicados en la Delegación Cuajimalpa de Morelos, D.F.

Debido a la constante negativa de los pobladores de permitir el llevar a cabo los trabajos de modernización de las líneas en forma aérea, la C.F.E., optó por proponer que las líneas se construyeran en forma subterránea, reduciendo con esto el D.V. de 140.00 m a 16.00 m de ancho. La trayectoria fue definida, por la propuesta acordada por la Gerencia de Desarrollo Social de la C.F.E. y los representantes de los poblados arriba citados. Dicha propuesta consiste en que la construcción del ducto eléctrico para el cable subterráneo sea paralelo a los ductos de PETRÓLEOS MEXICANOS (PEMEX), ya que de esta manera ambas instalaciones representarían una sola afectación, disminuyendo el número de predios invadidos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO 2**  
**"IMPORTANCIA DE LAS LÍNEAS DE**  
**TRANSMISIÓN".**

... CON  
FALLA DE ORIGEN

3-A

## **2.1. INTRODUCCIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.**

Las líneas de transmisión tienen la función de transmitir por medio de cables la energía eléctrica en altos voltajes desde los centros de producción hasta los centros de consumo con seguridad y eficiencia. Se constituyen por cables, soportes (postes y/o estructuras de acero) y desplantadas sobre cimentaciones de concreto.

Las características del cable dependen del voltaje de la energía que se transporta. Por su parte, las características de los soportes y la cimentación son función del cable a instalar.

En las líneas de transmisión, a diferencia de otras obras, debe considerarse que su construcción se desarrolla simultáneamente en diferentes frentes que se ubican en áreas con características geográficas, topográficas y climáticas que las hacen de difícil acceso. Siendo estos algunos de los principales factores que deben ser tomados en cuenta para el análisis de su diseño, construcción y operación.

En nuestro país, los centros de producción de energía eléctrica se encuentran distantes de los centros de consumo. Tomando en cuenta que en los últimos años el desarrollo industrial y urbano se ha incrementado, es de vital importancia contar con un sistema eléctrico nacional confiable que garantice un adecuado suministro a los sectores industrial, comercial, agrícola y doméstico.

## **2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.**

Actualmente se utilizan diversos tipos de estructuras para la construcción de líneas de transmisión y se clasifican de acuerdo a la tensión de la línea, ya sea a base de postes de concreto, de acero o estructuras metálicas (tabla 2.1). Tendiendo a la utilización de estructuras multicircuitos las cuales presentan una serie de beneficios como:

- Minimizar el costo global de los proyectos.
- Minimizar la afectación en cuanto a tenencia de la tierra.
- Minimizar el impacto ambiental.

Este tipo de arreglo es utilizado principalmente en los entronques para aperturas de líneas o en zonas urbanas a fin de disminuir los espacios necesarios para su instalación.



Los cuatro tipos de estructuras básicas para la construcción de líneas de transmisión para las diferentes tensiones que opera C.F.E. en todo el territorio nacional son:

**Remate.** Es la primer estructura de una línea de transmisión; esta contiene los aisladores de porcelana o vidrio en posición horizontal; su función es resistir la carga y el tirón de los cables. Después de un determinado número de torres se instala otra de remate, con el propósito de que absorba toda la tensión mecánica y el peso acumulado de los conductores o rotura de los mismos. Si alguna de las estructuras cae por causas imprevistas, la de remate más cercana evitara que las demás se desplomen como fichas de domino.

**Suspensión.** Es de las estructuras más comunes. Se puede distinguir por que los aisladores están en posición vertical y únicamente tiene la función de sostener los cables de alta tensión.

**Deflexión.** Esta estructura tiene la función de cambiar el ángulo (dirección) de la línea. En este tipo de estructura los aisladores están en posición horizontal.

**Transposición.** Sus brazos (crucetas) no están a la misma altura entre uno y otro. En cada determinado número de kilómetros se instala una torre de este tipo con la finalidad de cambiar el cable derecho al lado izquierdo y viceversa, evitando el contacto entre ambos, con el propósito de aminorar la disipación de potencial (figura No. 2.2.-K).

Estas estructuras pueden ser robustas, esbeltas, altas, bajas o una combinación de dichas características. Dependiendo del número de circuitos y condiciones del terreno, así como de requerimientos tanto técnicos como económicos.

Existe otro tipo de estructura que es la de modelo U invertida, misma que se utiliza en las subestaciones de transformación, en la elevadoras de potencia (donde se reponen las pérdidas de los conductores) y en las reductoras (donde se define el voltaje de distribución). Sus funciones son entregar o recibir los conductores de la primera o última torre, sin ningún esfuerzo mecánico; también constituyen una tierra física que protege a las subestaciones y al personal.

**TABLA 2.1 " CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LA  
 CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN".**

TENSIÓN (kv)	CIRCUITOS (No.)	POSTES DE CONCRETO	POSTES MORELOS	POSTES TRONCOCÓNICOS	ESTRUCTURAS AUTOSOPORTADAS
400	1				
400	2				
230	1				
230	2				
230	4				
115	1				
115	2				

A continuación se describen los diferentes tipos de estructuras utilizadas en la construcción de líneas de transmisión y sus principales características:

**2.2.1 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE TORRES AUTOSOPORTADAS PARA 400, 230 Y 115 KV EN UN CIRCUITO.**

Las torres de 1 circuito se utilizan en zonas rurales y montañosas; y pueden ser de tensión y suspensión. Se componen básicamente de un cuerpo común, aumentos y extensiones; lo cual les da la versatilidad para alcanzar la altura necesaria y adaptarse al terreno donde serán instaladas (figuras No 2.2.-C, G, L).

Su cimentación consiste en una estructura de concreto armado tipo zapata-columna con una profundidad aproximada de 3.0 m, o bien, en el caso de zonas donde se presentan terrenos rocosos, pilones de concreto armado anclados.

**2.2.2 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE TORRES AUTOSOPORTADAS PARA 400, 230 Y 115 KV. EN 2 O MÁS CIRCUITOS.**

Las torres de multicircuitos se utilizan para la instalación de líneas de Transmisión en zonas urbanas, evitando con esto la construcción de 2 o más líneas paralelas. Se dividen en torres de tensión y suspensión. Se componen de un cuerpo común, aumentos y extensiones, lo cual les da la versatilidad para dar la altura necesaria y adaptarse al terreno donde serán instaladas (figuras 2.2 – B, D, E, I).

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Su cimentación consiste en una estructura de concreto armado tipo zapata-columna con una profundidad aproximada de 3.0 m, o bien, en el caso de zonas donde se presentan terrenos rocosos, pilones de concreto armado anclados.

### **2.2.3 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA 230 Y 115 KV. EN 1 O 2 CIRCUITOS.**

Los postes troncocónicos en 1 o 2 circuitos son utilizados en zonas urbanas, reduciendo el espacio requerido para su instalación respecto al de una torre. Se componen de módulos para dar la altura necesaria, herrajes y cables conductores, además de mejorar el aspecto estético e impacto ambiental (figuras 2.2 – F, H, J, M).

Su cimentación consiste en pilas de concreto armado con diámetros aproximados de 1.6 m y profundidades hasta de 15.0 m, dependiendo de la tensión de la línea y la capacidad de carga del terreno donde serán instalados.

### **2.2.4 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTES TIPO MORELOS PARA 115 KV. EN 1 O 2 CIRCUITOS**

Las estructuras a base de postes tipo morelos en 1 o 2 circuitos son utilizadas en zonas suburbanas, reduciendo el espacio requerido para su instalación respecto al de una torre. La desventaja de estos postes respecto a los postes troncocónicos es que requieren de la instalación de retenidas en las estructuras de tensión. Por otra parte son de menor altura y disminuyen en menor grado el impacto ambiental (figura 2.2-N).

La cimentación de estos postes requiere de una zapata-columna a una profundidad aproximada de 2.0 a 3.0 m, dependiendo del tipo de poste y capacidad de carga del terreno al nivel de desplante.

### **2.2.5 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A BASE DE POSTE DE CONCRETO Y MADERA PARA 115 KV. EN 1 CIRCUITO.**

Las estructuras a base de postes de concreto o madera son utilizadas para líneas de transmisión, en zonas rurales. Están compuestas por postes de concreto o madera, crucetas, contravientos y herrajes y cables. Presentan la

gran desventaja de requerir la instalación de una serie de retenidas que origina que éstas estructuras abarquen gran espacio (figuras 2.2 O, P).

Las estructuras de madera son comúnmente utilizadas intercaladamente en cruce con vías de comunicaciones, líneas eléctricas o algún obstáculo que requiera de dar altura a la línea de subtransmisión.

Para su empotramiento se efectúan excavaciones cuya profundidad es de 1.5 m + 10% de la longitud del poste y 0.6 a 1.0 m de diámetro, una vez colocado el poste se rellenan las oquedades con piedra bola y material producto de la excavación a fin de rigidizar las estructuras.

### **2.2.6 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS PARA 115 Y 230 KV. EN 2 O MÁS CIRCUITOS.**

Cuando no es posible instalar una línea de transmisión en torres o postes por las calles de una ciudad y existe la necesidad de alimentar una subestación, la solución puede darse con cables aislados de potencia tendidos en forma subterránea, también puede suceder que por razones de impacto ambiental en algunas zonas residenciales o turísticas se tenga que usar el sistema subterráneo.

Un ejemplo de esto lo podemos ver en la zona hotelera de Can Cun, en donde se tienen 12 km de doble circuito en 115 kv; otro ejemplo puede ser el D.F. en donde la Cia. Luz y Fuerza del Centro (LYFC) tiene un anillo de 85 kv y otro de 230 kv.

Vale la pena mencionar que en México se empezaron a emplear los cables de potencia en transmisión de fabricación nacional, en el año de 1962, diez años después se fabricaron cables para 230 kv. Los cables de potencia son conductores aislados para tensiones de 1 hasta 1000 kv, su empleo en líneas subterráneas y submarinas que pueden ser de transmisión o distribución. Los metales empleados como conductores son el cobre y el aluminio de temple suave. Es muy importante en la construcción, la supervisión de cada uno de los conceptos de obra siguientes:

**Excavación.** Es importante que al hacer la excavación se tenga cuidado con los obstáculos que se encuentren, como son los drenajes, tomas de agua, ductos telefónicos y otros servicios, para que los daños que pudieran causarse sean los mínimos.

**Tendido y colocado de ductos y construcción de bahías.** Para la colocación de concretos en la construcción del banco de ductos y las bahías se deberá cuidar que cumplan con lo establecido en la especificación de C.F.E.

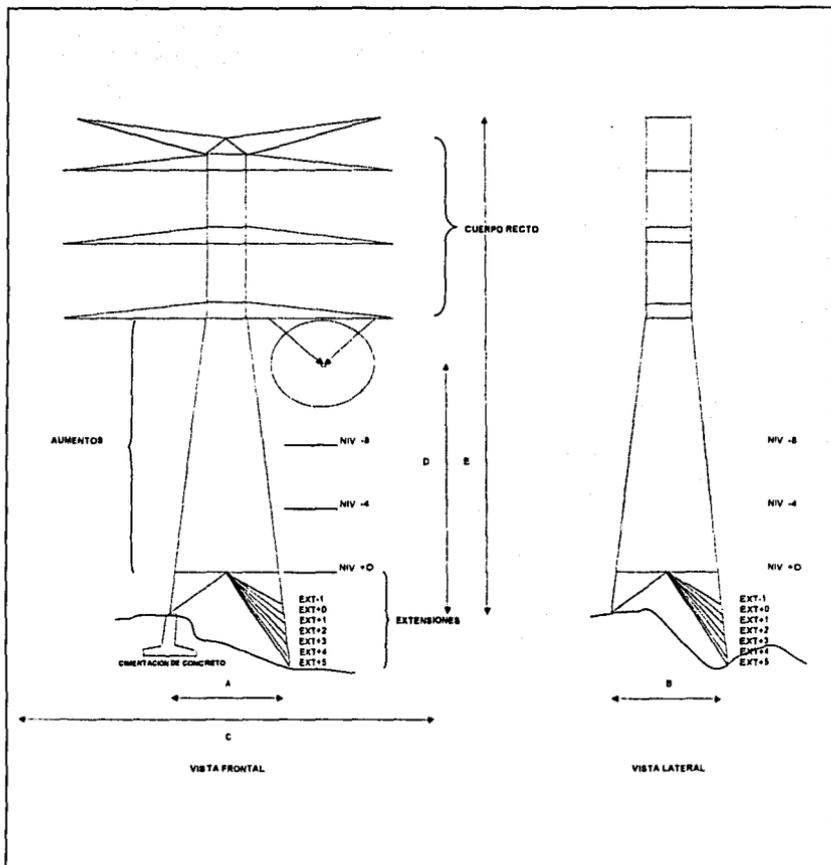
**Instalación de cable de potencia.** Antes de iniciar el tendido del cable es muy importante verificar que los ductos estén limpios y sin ninguna obstrucción que pudiera dañar el cable, esto se hace pasando dispositivos de limpieza.

Durante el tendido del es importante observar el dinamómetro previamente instalado y de manera permanente, para un mejor control de la tensión de jalado.

**Empalmes.** Como el fabricante del cable tiene limitaciones en la longitud del mismo y no puede suministrar el cable de una sola pieza, se tiene la necesidad de elaborar empalmes, los cuales consisten en reconstruir cada uno de los elementos de que está compuesto el cable y son: unir el conductor, reconstruir la pantalla sobre el conductor, rehacer el aislamiento, reconstruir la pantalla sobre el aislamiento y por último, la cubierta exterior de protección.

**Pruebas de campo.** Una vez que se termina el montaje de empalmes y antes de conectar y energizar la línea es necesario hacer pruebas eléctricas al cable.

A continuación se muestran algunos de los tipos de estructuras utilizadas en la construcción de líneas de transmisión, su silueta básica y características principales.

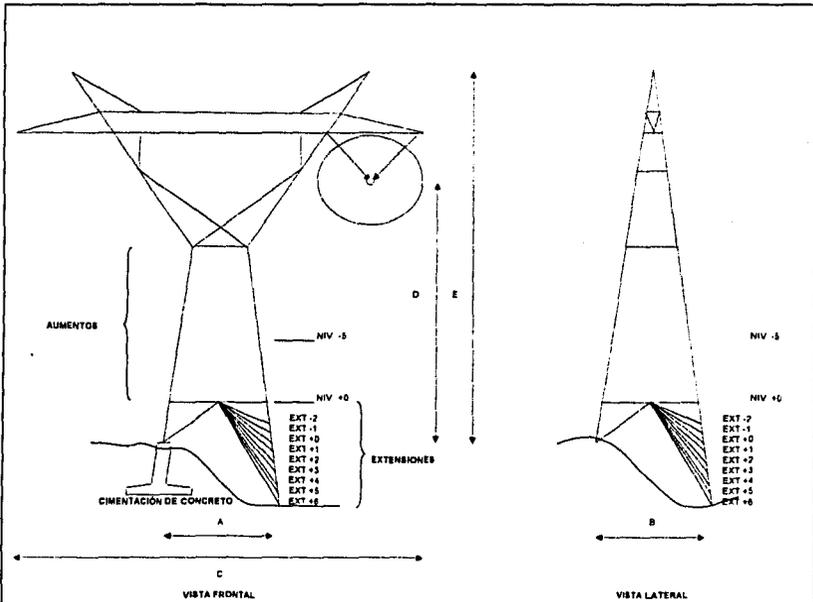


RESÚMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 400 KV. EN 2C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	CLARO ( m )	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 Y 4 EXT. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
4BR2	DH	REMATE		10.93	10.93	32.41	34.85	82.35	
4BC2	DD	SUSPENSIÓN		6.9	6.9	24.2	25	48.9	
4R2Z	ET	DEFLEXIÓN							28.824

FIGURA 2.2 B "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 400 KV. EN 2 CIRCUITOS"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

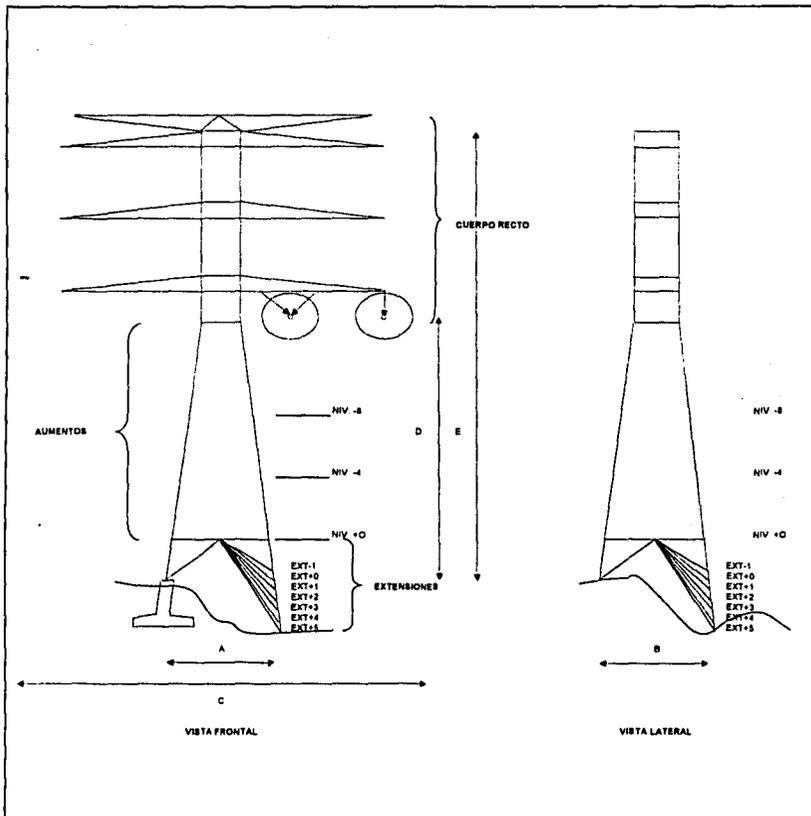


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 400 KV. EN 1C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
A	A6	SUSPENSIÓN	0°/860/800	6.35	6.35	20	25	34.2	6.483
B	A6	SUSPENSIÓN	0°/1000/1800	6.35	6.35	21	25	35.1	8.122
B	A6	DEFLEXIÓN	5°/850/1200	6.35	6.35	21	25	35.1	8.122
C	AX	DEFLEXIÓN	5°/1200/1800	9.13	9.13	25.4	20.9	31.7	12.021
C	AX	DEFLEXIÓN	25°/850/800	9.13	9.13	25.4	20.9	31.7	12.021
D	B	DEFLEXIÓN	60°/850/800	9.63	9.63	26.4	19.8	32.6	14.375
D	B	REIMATE	0°/850/800	9.63	9.63	26.4	19.8	32.6	14.375
T	10	TRANSPOSICIÓN	0°/860/800	9.63	9.63	32.5	20.5	40.2	16.85
AM	3	SUSPENSIÓN	0°/860/800	6.35	6.35	22.68	25.2	35.3	7.185
BM	A7	SUSPENSIÓN	0°/1000/1800	6.35	6.35	24	25	36.6	9.388
CM	AY	DEFLEXIÓN	25°/850/800	9.66	9.66	31.8	22	36.45	19.951
DM	9	DEFLEXIÓN	60°/850/800	9.76	9.76	28.6	19.8	33.05	17.777
DM	9	REIMATE	0°/850/789	9.76	9.76	28.6	19.8	33.05	17.777
TM	11	TRANSPOSICIÓN	0°/850/800	9.76	9.76	42.4	24.3	38.8	18.173
4BA1	DI	SUSPENSIÓN	0°/860/800	9.76	9.76	20.00		33.65	5.977
4BB1	DA	SUSPENSIÓN	0°/860/800	9.76	9.76			32.4	5.860
4BC1	DL	SUSPENSIÓN	0°/860/800	9.76	9.76			32.4	5.819
4BR1	DM	TENSION		10.42	10.42				11.187
4PN1	EL	SUSPENSIÓN	0°/780/850	6.34	6.34	30.1	21	29.38	7.427
4PM1	EM	SUSPENSIÓN	0°/780/1000	7.02	7.02	33.93	20.9	28.81	9.517
4PC1	EN	SUSPENSIÓN	0°/1900/1800	9.5	9.5	35.15	20.9	30.02	10.266
4PR1	EO	DEFLEXIÓN	60°/850/1000	9.38	9.38	30.87	21.27	34.4	17.039
4PR1	EO	REIMATE	30°/860/850	9.38	9.38	30.87	21.27	34.4	17.039

FIGURA 2.2 C "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 400 KV. EN 1 CIRCUITO"

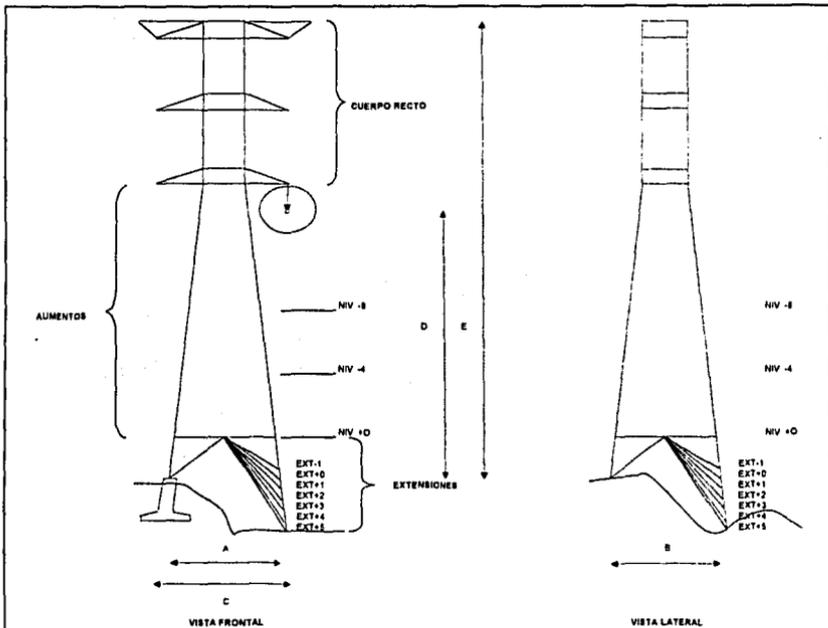
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 4C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 Y 4 EXT. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
2M4	dn	SUSPENSIÓN	07/480/825	6.25	6.25	22.1	20.1	40.9	14.075
2RZ4	do	REMATE	07/480/825	8.07	8.07	23.7	20.1	40.9	22.611
2RZ4	do	DEFLEXIÓN	07/480/825	8.07	8.07	23.7	20.1	40.9	22.611

FIGURA 2.2.D. "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 4 CIRCUITOS"

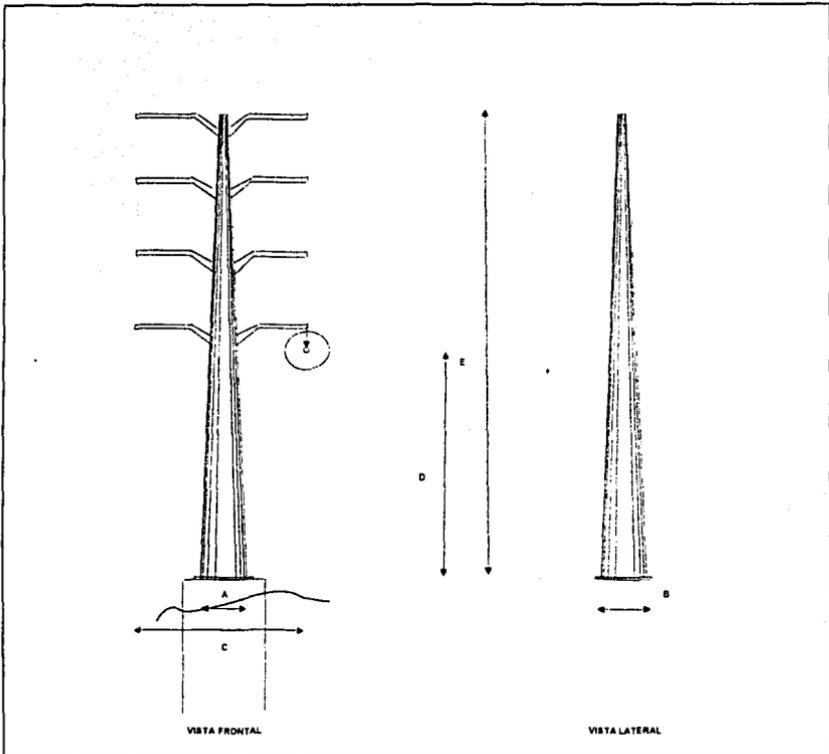


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 2C

CLASIFICACION	CLAVE	USO	DEFLEXION / CLARO (m.)	DIMENSIONAMIENTO (m)					FESO EN NIV. +0 Y ± EXT. ±8 (Tons)
				A	B	C	D	E	
JR1	BO	SUSPENSIÓN	3'730/1000	7.23	7.23	14.84	21.9	41.84	0.898
JR1	CT	SUSPENSIÓN	3'730/1000	8.96	8.96	16.64	23.9	41.84	0.935
JR2	BO	SUSPENSIÓN	3'730/1000	7.27	7.27	14.84	21.78	40.96	0.898
JR2	BC	SUSPENSIÓN	3'730/1000	8.93	8.93	14.06	21.8	39.84	0.935
JR3	CP	SUSPENSIÓN	3'460/980	7.07	7.07	16.88	27.8	38.84	0.864
JR3	BP	REMATO	0'460/780	7.87	7.87	18.21	18.84	40.5	11.867
JR3	CW	REMATO	0'360/780	7.13	7.13	18.09	21.84	40.5	10.503
JR3	K1	REMATO	0'460/780	7.76	7.76	18.84	18.8	39.8	12.846
JR3	BA	SUSPENSIÓN	3'460/980	6.87	6.87	12.28	21.21	37.37	0.848
JR3	CV	SUSPENSIÓN	3'460/980	7.01	7.01	13.8	21.21	37.37	0.864
JR3	DT	SUSPENSIÓN	3'460/980	6.93	6.93	12.28	22.88	37.37	0.848
JR3	BL	DEFLEXIÓN	18'460/980	7.53	7.53	16.8	18.84	38.7	7.837
JR3	CU	DEFLEXIÓN	18'460/980	6.84	6.84	14.7	18.84	38.7	0.864
JR3	DB	DEFLEXIÓN	18'460/980	7.87	7.87	14.8	18.84	38.7	10.288
JR3	BB	DEFLEXIÓN	18'460/980	13.7	13.7	18.8	38	38	0.287
JR3	CF	DEFLEXIÓN	30'460/780	7.84	7.84	14.8	18.84	38.7	0.894
JR3	B2	DEFLEXIÓN	30'460/980	6.89	6.89	14.7	18.84	38.7	12.848
JR3	FF	DEFLEXIÓN	30'460/780	7.84	7.84	14.8	18.8	41.4	0.894
JR3	BR	DEFLEXIÓN	30'460/1000	6.89	6.89	14.84	18.84	40.5	0.864
JR3	ZZ	REMATO	80'480/1000	7.73	7.73	18.84	18.49	40.5	12.174
R206	D0	DEFLEXIÓN	0'460/780	6.93	6.93	7.8	18.2	38.1	7.837
R206	D1	DEFLEXIÓN	80'360/780	6.91	6.91	7.8	18.2	38.1	0.897
R206	D2	DEFLEXIÓN	18'30'380/980	6.89	6.89	8.8	18.2	38.1	0.897
C	CA	SUSPENSIÓN	3'730/1000	7.86	7.86	9.8	21.1	48.7	0.897
B	BA	SUSPENSIÓN	0'460/980	6.87	6.87	7.8	12.3	40.21	0.897

FIGURA 2.2 E "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 2 CIRCUITOS"

TRABAJOS CON  
 FALLA DE ORIGEN

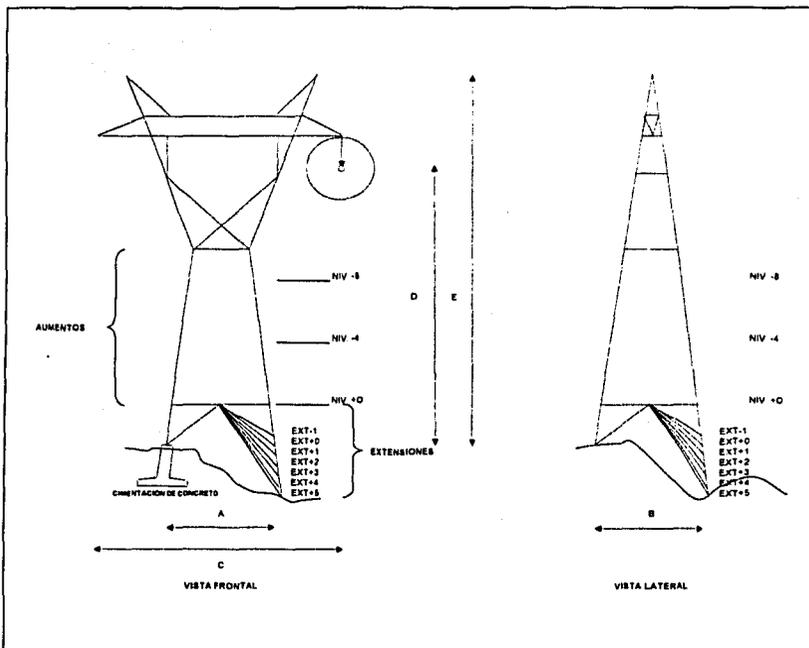


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 2C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO ( m )	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
PAT5 22	S/C	SUSPENSIÓN	3°/128/180	0.78	0.78	8.9	14.48	27.9	3.993
PAT60 22	S/C	DEFLEXIÓN	60°/128/180	0.88	0.88	8.6	13.6	28.9	8.035
PAT18 22	S/C	DEFLEXIÓN	18°/128/180	0.83	0.85	8.62	13.6	28.9	4.928
PAT30 22	S/C	DEFLEXIÓN	30°/128/180	0.79	0.79	8.84	13.6	28.9	6.286
PATR 22	S/C	REMATE	0°/128/180	1.08	1.08	8.66	13.6	28.9	7.364
PAT90 22	S/C	DEFLEXIÓN	0-90°/128/180	1.04	1.04	8.86	13.6	28.9	9.282

FIGURA 2.2 F "SILUETA GENERAL DE POSTES TRONCOCÓNICOS DE 230 KV. EN 2 CIRCUITOS"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

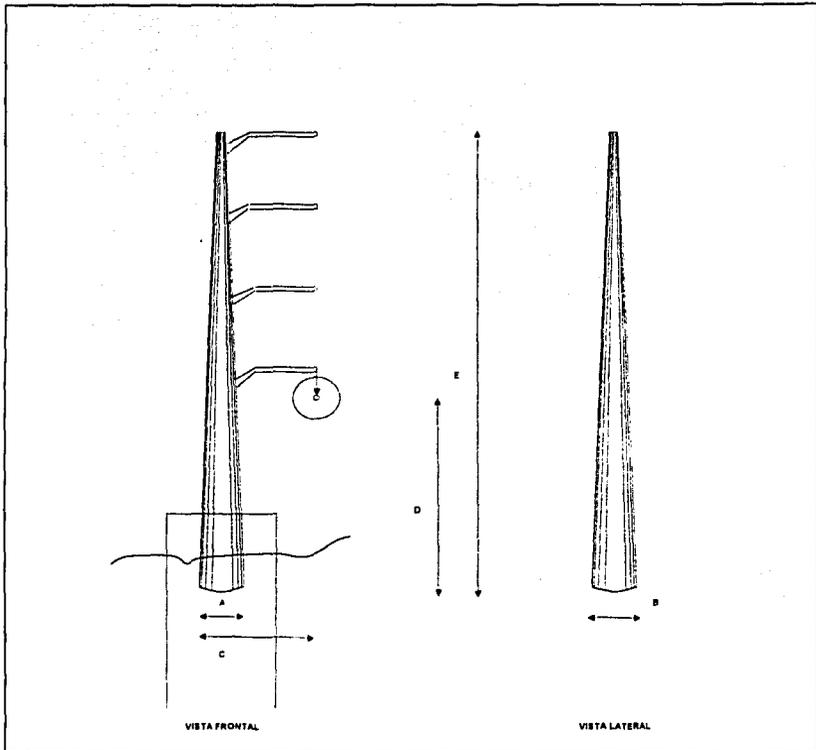


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 1C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. 0 y 4 EXT. 0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
2B1	BM	SUSPENSIÓN	2'800/825	4.39	4.39	14.78	22.83	28.64	4.705
2B1	CR	SUSPENSIÓN	2'800/825	5.16	5.15	14.4	20	28.68	4.862
2B1	DX	SUSPENSIÓN	2'400/800	4.82	4.62				8.354
2C1	BN	SUSPENSIÓN	2'750/1000	5.37	5.37	17.08	18.77	37.04	5.615
2C1	CS	SUSPENSIÓN	2'750/1000	4.45	4.45	17	20.01	27.27	5.01
2D1	BO	SUSPENSIÓN	2'1100/1800			20	20	27.21	6.15
2M1	CQ	SUSPENSIÓN	2'1400/800	6.315	5.15	14.4	20	28.68	4.743
2M1	BL	SUSPENSIÓN	2'1400/800	4.39	4.39	14.78	19.97	28.64	4.759
2R1	BS	DEFLEXIÓN	80'1400/800	6.1	6.1	14.6	17.04	25	6.427
2R1	BS	REMATE	0'1400/800	6.1	6.1	14.6	17.04	25	6.427
2S1	BK	SUSPENSIÓN	2'1400/800	4.39	4.39	12.77	16.48	24.85	4.45
2X1	BP	DEFLEXIÓN	18'400/800	6.09	6.09	13.6	17.29	25	4.466
2Y1	E1	DEFLEXIÓN	30'400/800	5.15	5.15				
2Y1	BO	DEFLEXIÓN	30'400/800			14.6	17.01	24.99	6.383
2Z1	BR	DEFLEXIÓN	80'400/1000	6.09	6.09	14.6	17.29	25.7	5.317
2Z1	E2	DEFLEXIÓN	50'400/1000	6.09	6.09				
2BR1	FA	DEFLEXIÓN	68'480/1000	7.78	7.78				
2BR1	FA	REMATE	18'480/800	7.78	7.78				
2BC1	EX	SUSPENSIÓN	0'1000/1200	7.35	7.35				

FIGURA 2.2 G "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 1C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. #0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
PAT 21	S/C	SUSPENSIÓN	3*180/180	0.78	0.78	4.34	14.45	27.8	3.995
PAT 90 21	S/C	TENSIÓN	0-90*180/180	0.81	0.81	4.4	8.85	28.9	7.889

FIGURA 2.2 H "SILUETA GENERAL DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 230 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

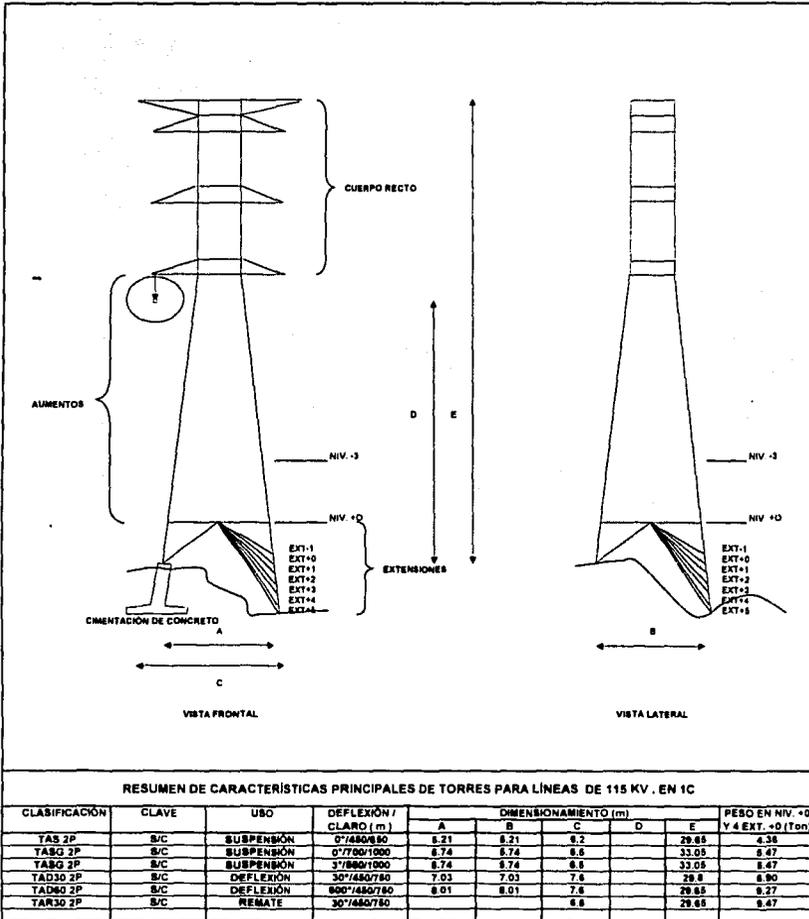
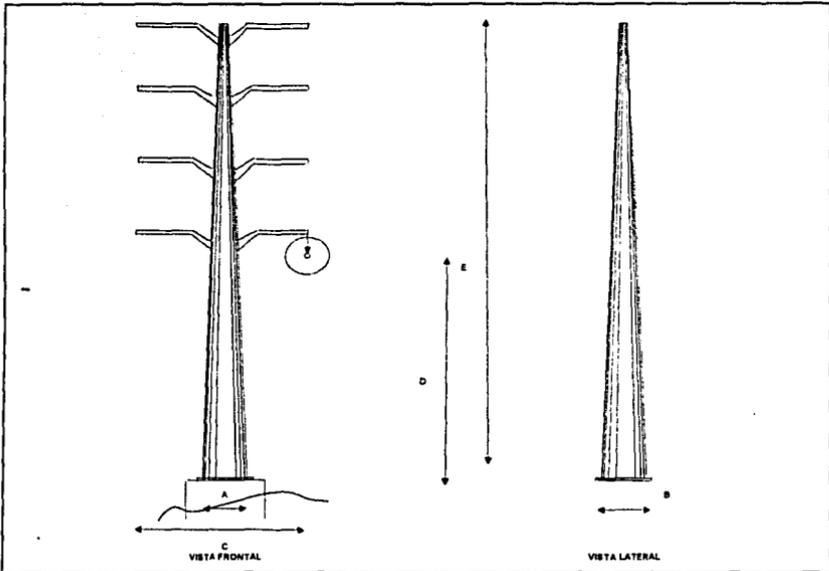


FIGURA 2.2 | "SILUETA BÁSICA DE TORRES PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 2C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)				PESO EN NIV. *D (Ton)
				A	B	C	D	
MPT2S	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180				17	3135
MPT5D18	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180				17	
MPT5D20	S/C	DEFLEXIÓN	20°/185/180				17	
MPT2D30	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180	0.85	0.85	8.8	17	21.1D
MPT2D80	S/C	DEFLEXIÓN	60°/185/180				17	7728
MPT2R80	S/C	REMATE	60°/185/180				17	8348
MPT2D90	S/C	DEFLEXIÓN	90°/185/180	1.03	1.03	8.8	17	28.1D
CPT2S	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180				17	
CPT2D10	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180				17	
CPT2D20	S/C	DEFLEXIÓN	20°/185/180				17	
CPT2D30	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180				17	
CPT2D80	S/C	DEFLEXIÓN	60°/185/180				17	
CPT2R80	S/C	REMATE	60°/185/180				17	
CPT2D90	S/C	DEFLEXIÓN	90°/185/180				17	
121DMP	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180	0.89	0.89	8.04	17	28.1
1218MP	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180	0.82	0.82	4.8	17	28.32
1218MPP	S/C	DEFLEXIÓN	80°/185/180	1.02	1.02	8.14	17	28.1
1218MPP	S/C	DEFLEXIÓN	60°/185/180	0.82	0.82	8.14	17	28.1
1218MPP	S/C	REMATE	0°/185/180	0.82	0.82	8.14	17	28.1
1218MPP	S/C	DEFLEXIÓN	18°/185/180	0.78	0.78	8.96	17	28.1
MPT2D 30 BR	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180	1.09	1.09	8.88	17	28.1
MPT2D 10 BR	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180	0.88	0.88	8.88	17	28.1
MPT2R 0 BR	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180	0.88	0.88	8.88	17	28.33
MPT2R 60 BR	S/C	REMATE	60°/185/180	1.38	1.38	8.31	17	28.1
MPT2D 90 BR	S/C	DEFLEXIÓN	90°/185/180	1.42	1.42	4.92	17	28.1

FIGURA 2.2 J "SILUETA GENERAL DE POSTES TRONCOCÓNICOS DE 115 KV. EN 2 CIRCUITOS"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

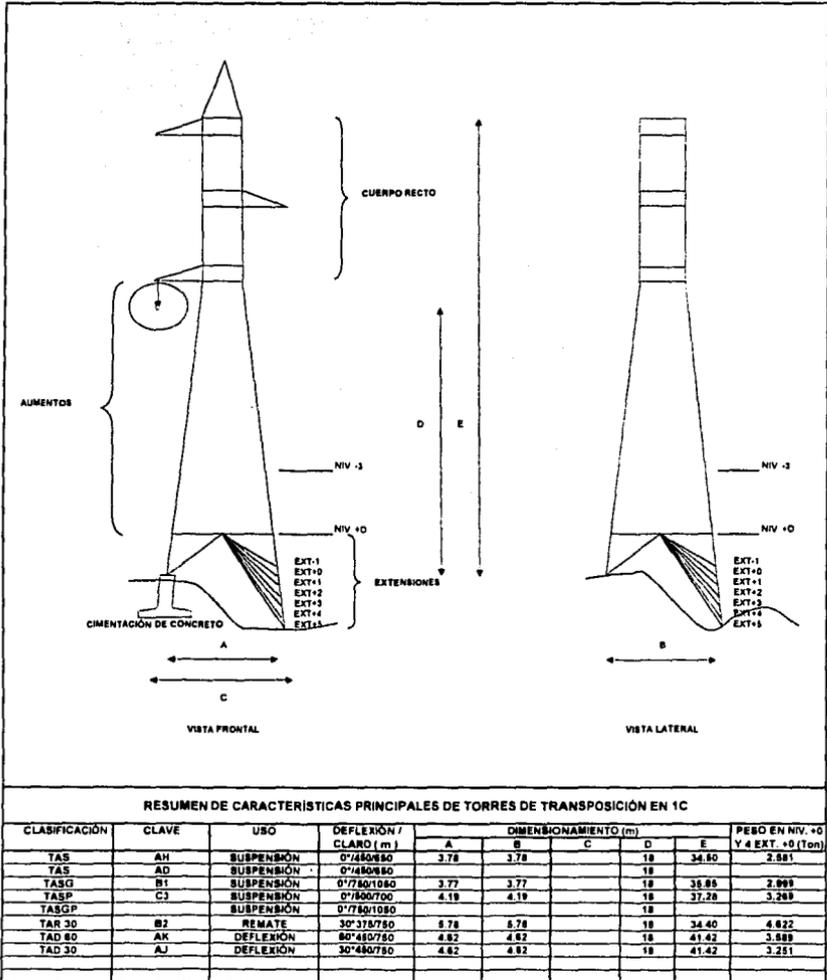
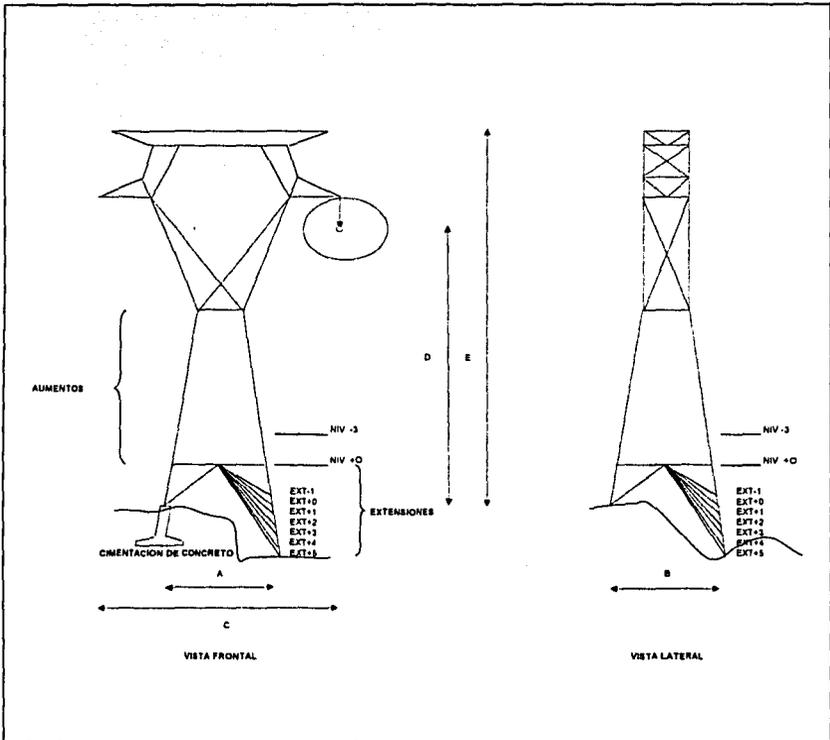


FIGURA 2.2 K "SILUETA BÁSICA DE TORRES DE TRANSMISIÓN EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

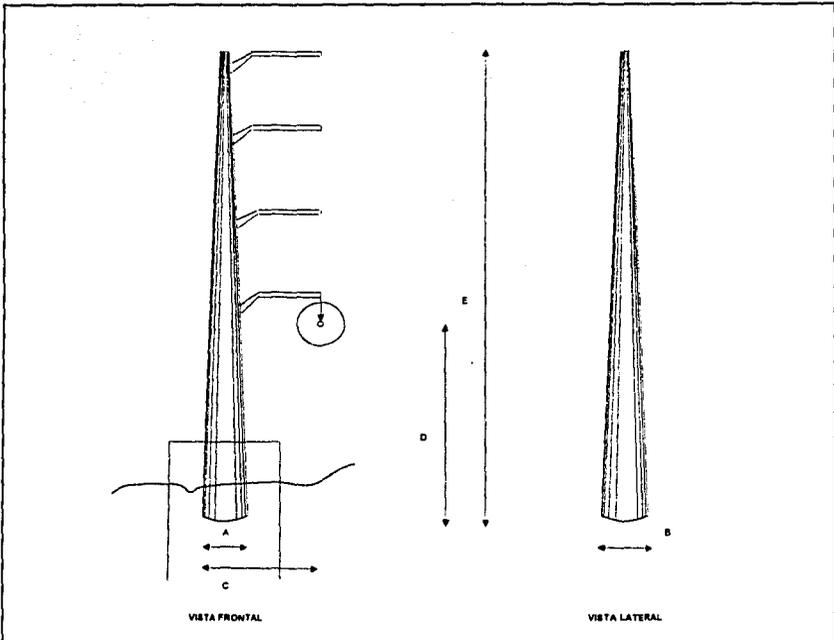


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TORRES PARA LÍNEAS DE 115 KV . EN 1C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO ( m )	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 Y 4 EXT. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
1B1	D1	SUSPENSIÓN ( 785 )	2'400/450	6.96	6.96	7.00	20.00	24.00	3.864
1C1	D3	SUSPENSIÓN ( 477 )	2'400/450	4.96	4.96	7.00	20.00	24.00	3.000
1M1	D2	SUSPENSIÓN ( 477 )	2'400/450	3.99	3.99	6.70	20.00	24.00	2.342
1YR1	DR	DEFLEXIÓN	30'7480/600	4.96	4.96				4.316
1YR1	DR	REMATE	0'7400/350	4.96	4.96				4.316

FIGURA 2.2 L "SILUETA GENERAL DE TORRES PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

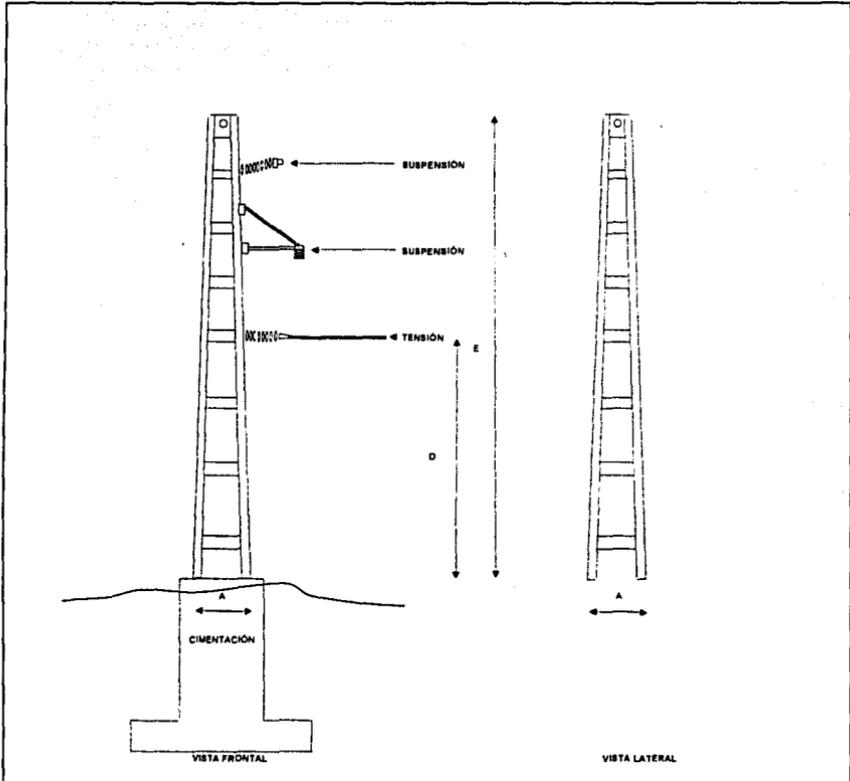


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 115 KV . EN 1C DIRECTAMENTE EMPOTRADOS

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
MPTS	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180				17		2.274
MPTD10	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180				17		3.187
MPTD20	S/C	DEFLEXIÓN	20°/185/180				17		4.184
MPTD30	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180				17		4.963
MPTD80	S/C	DEFLEXIÓN	80°/185/180				17		6.033
MPTR80	S/C	REMATE	80°/185/180				17		6.458
MPTD90	S/C	DEFLEXIÓN	90°/185/180				17		7.216
CPTS	S/C	SUSPENSIÓN	0°/185/180				17		3.283
CPTD10	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180				17		4.103
CPTD20	S/C	DEFLEXIÓN	20°/185/180				17		4.815
CPTD30	S/C	DEFLEXIÓN	30°/185/180				17		5.686
CPTD80	S/C	DEFLEXIÓN	80°/185/180				17		7.207
CPTD90	S/C	DEFLEXIÓN	90°/185/180				17		8.001
MPTD-10-BR	S/C	DEFLEXIÓN	10°/185/180	0.7	0.7	5.83	17	28.8	2.901

FIGURA 2.2 M "SILUETA GENERAL DE POSTES TRONCOCÓNICOS PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

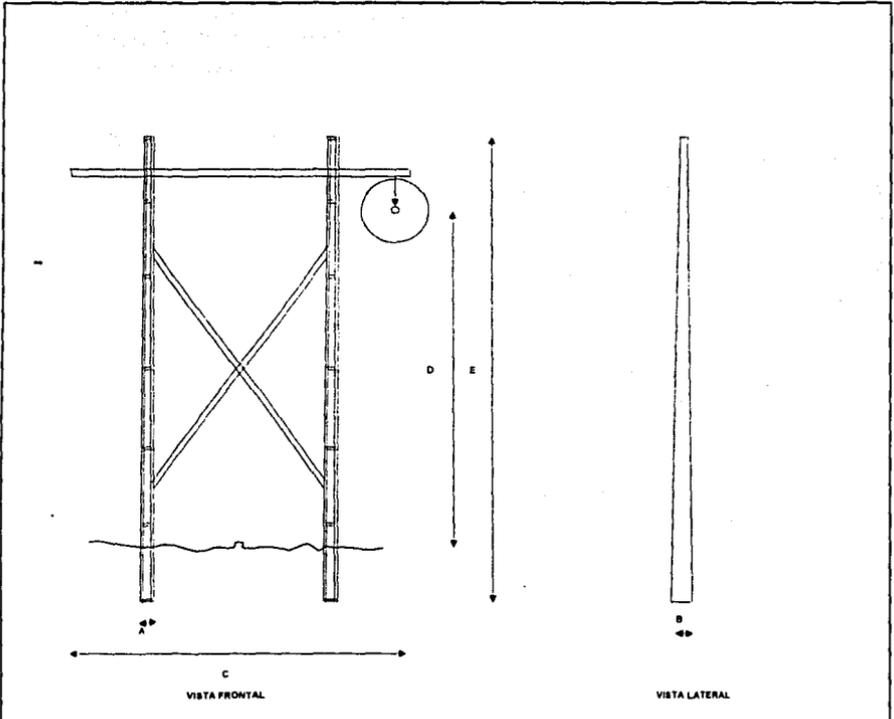


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTRUCTURAS A BASE DE POSTES  
 MORELOS PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 O 2 C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO ( m )	DIMENSIONAMIENTO (m)					PESO EN NIV. +0 (Ton)
				A	B	C	D	E	
PMOS - I	S/C	SUSPENSIÓN	0°/100/110	0.78	0.78		11.18	20.5	1.121
PMOD - II	S/C	DEFLEXIÓN	60°/100/110	0.95	0.95		15.28	25.9	2.291
PMOR - II	S/C	REMATE	0°/100/110	0.95	0.95		18.28	25.8	2.291
PMOD - III	S/C	DEFLEXIÓN	90°/100/110	1.11	1.11		10.43	21	2.755
PMOR - III	S/C	REMATE	0°/100/110	1.11	1.11		10.43	21	2.755

FIGURA 2.2 N "SILUETA BÁSICA DE ESTRUCTURAS A BASE DE POSTES MORELOS PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 O 2 CIRCUITOS"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

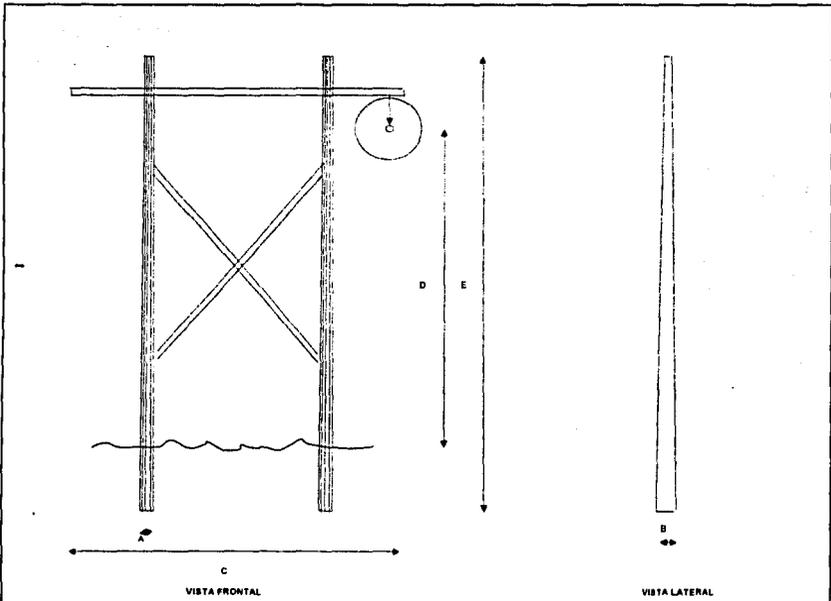


RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTRUCTURAS A BASE DE POSTES DE CONCRETO PARA LÍNEAS 115 KV. EN 1C

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO (m)	DIMENSIONAMIENTO (m)				
				A	B	C	D	E
IS	S/C	SUSPENSIÓN	0'260	0.4	0.2	8.4	10.82	13
ISR	S/C	SUSPENSIÓN	0'290	0.4	0.2	8.4	10.82	13
ISG	S/C	SUSPENSIÓN	0'281	0.4	0.2	8.4	10.82	13
IR	S/C	TENSIÓN	0'252	0.4	0.2	10.26	10.5	13
IRD	S/C	DEFLEXIÓN	0'253	0.4	0.2	10.26	10.5	13
IRG	S/C	TENSIÓN	0'254	0.4	0.2	10.26	10.79	13

FIGURA 2.2 O "SILUETA BÁSICA DE ESTRUCTURAS A BASE POSTES DE CONCRETO PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ESTRUCTURA A BASE DE POSTES DE MADERA PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO

CLASIFICACIÓN	CLAVE	USO	DEFLEXIÓN / CLARO ( m )	DIMENSIONAMIENTO (m)		
				C	D	E
MS-55	S/C	SUSPENSIÓN	0°/300	8.4	11.73	18.764
MS-60	S/C	SUSPENSIÓN	0°/280	8.4	13.51	18.288
MS-65	S/C	SUSPENSIÓN	0°/280	8.4	14.48	19.812
MSG-55	S/C	SUSPENSIÓN	0°/300	8.4	11.73	18.764
MSG-60	S/C	SUSPENSIÓN	0°/290	8.4	13.51	18.288
MSG-65	S/C	SUSPENSIÓN	0°/280	8.4	14.48	19.812
MSRG-55	S/C	SUSPENSIÓN	0°/300	8.4	11.73	18.764
MSRG-60	S/C	SUSPENSIÓN	0°/290	8.4	13.51	18.288
MSRG-65	S/C	SUSPENSIÓN	0°/280	8.4	14.48	19.812
MSR-55	S/C	SUSPENSIÓN	0°/300	8.35	11.73	18.764
MSR-60	S/C	SUSPENSIÓN	0°/290	8.35	13.51	18.288
MSR-65	S/C	SUSPENSIÓN	0°/280	8.35	14.48	19.812
MR-55	S/C	TENSIÓN	0°/450	10.45	11.73	18.764
MR-60	S/C	TENSIÓN	0°/430	10.45	13.51	18.288
MR-65	S/C	TENSIÓN	0°/405	10.45	14.48	19.812
MRD-55	S/C	DEFLEXIÓN	90°/450	10.45	11.73	18.764
MRD-60	S/C	DEFLEXIÓN	90°/430	10.45	13.51	18.288
MRD-65	S/C	DEFLEXIÓN	90°/405	10.45	14.48	19.812
MRGD-55	S/C	DEFLEXIÓN	90°/450	10.45	11.86	11.86
MRGD-60	S/C	DEFLEXIÓN	90°/430	10.45	13.24	13.24
MRGD-65	S/C	DEFLEXIÓN	90°/405	10.45	14.61	14.61
MRO-55	S/C	TENSIÓN	0°/850	10.45	11.86	11.86
MRO-60	S/C	TENSIÓN	0°/830	10.45	13.24	13.24
MRO-65	S/C	TENSIÓN	0°/805	10.45	14.61	14.61

FIGURA 2.2 P "SILUETA BÁSICA DE ESTRUCTURAS A BASE DE POSTES DE MADERA PARA LÍNEAS DE 115 KV. EN 1 CIRCUITO"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO 3**  
**"UBICACIÓN DE LA LÍNEA DE**  
**TRANSMISIÓN".**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

24-A

### **TRAYECTORIA.**

De una adecuada selección de la trayectoria depende la economía del proyecto, tanto para la construcción como para el mantenimiento durante la vida útil de la línea. Desafortunadamente, para este caso específico, la trayectoria fue definida única y exclusivamente tomando en cuenta el aspecto social.

La trayectoria que constituye la línea de transmisión San Bernabé entronque Águilas - Topilejo está dividida en cuatro tramos, de los cuales, dos son subterráneos y dos aéreos, tal como se observa en la figura No. 3.1. El primer tramo subterráneo tiene su origen frente a la subestación eléctrica (S.E.) San Bernabé, es operada por LYFC. La longitud de este es de 5.315 Km, de los cuales 2.0 Km pertenecen a la comunidad (zona comunal de San Lorenzo Acopilco) y el resto forma parte de la pequeña propiedad, ambos tramos pertenecientes al pueblo de San Lorenzo Acopilco. El primer tramo aéreo cuenta con una longitud de 0.761 Km, el cual cruza la barranca de San Pablo Chimalpa, el segundo tramo subterráneo tiene un desarrollo de 0.770 Km, el cual atraviesa por terrenos del poblado de Loma del Padre, el segundo tramo aéreo sirvió para el cruce de la carretera federal México - Toluca y del mismo modo, entroncarse con las líneas de transmisión existentes. Los tres poblados por donde fue construida la obra pertenecen a la Delegación Política de Cuajimalpa de Morelos, Distrito Federal.

### **USO DE SUELO.**

En su mayoría el suelo era utilizado para actividades agrícolas, como son la siembra de maíz, maguey pulquero, árboles frutales (limón, ciruelo, capulín, pera, etc.), pasto, etc. También se localizaban casas habitación que por lo regular formaban parte de los asentamientos irregulares, cabe mencionar que dentro de dichos poblados el uso de suelo también, aunque en poca proporción, era comercial.

### **VIALIDADES DE APOYO.**

Dentro de las vialidades de apoyo o de acceso a la zona de obra se tienen la carretera federal México - Toluca y la Autopista México - Toluca.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

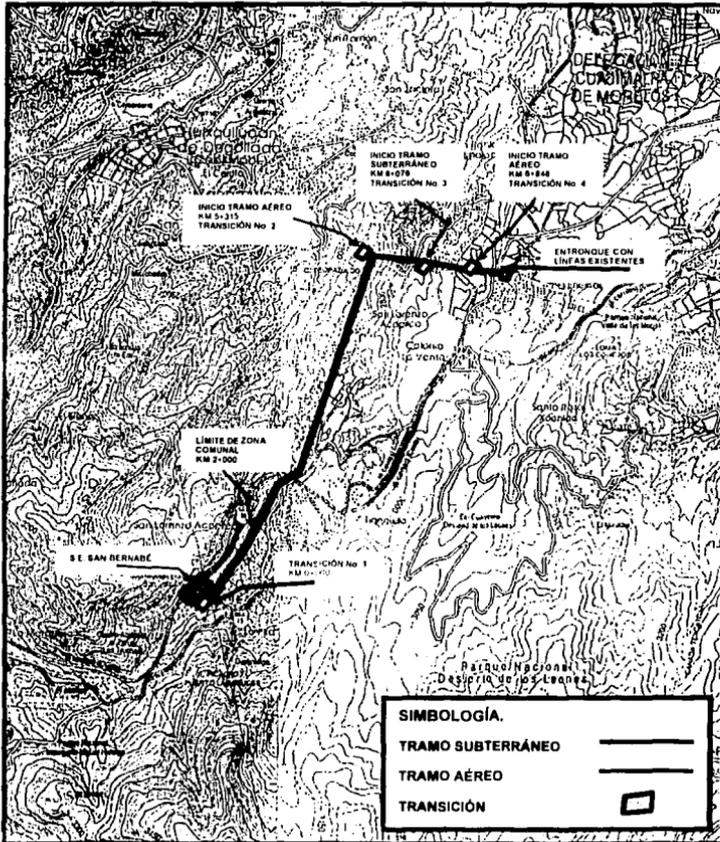


FIGURA 3.1 "UBICACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE L.T. SAN BERNABÉ  
ENTRONQUE ÁGUILAS - TOPILEJO"

**CAPÍTULO 4**  
**"OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA**  
**LÍNEA DE TRANSMISIÓN SAN BERNABÉ**  
**ENTRONQUE ÁGUILAS - TOPILEJO".**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

26-A

Actualmente, el incremento en el consumo de energía eléctrica ha crecido en forma muy importante, por lo que es de vital importancia la construcción de nuevas planta generadoras, así como de nuevas líneas de transmisión para reforzar el Sistema Troncal Nacional y poder enfrentar y apoyar al desarrollo del país con un servicio eficiente e interrumpido.

Las líneas de transmisión tienen como objetivo fundamental la transportación de la energía eléctrica en altos voltajes desde los centros de generación hasta los centros de consumo, con seguridad y eficiencia.

Cuando una línea de transmisión aérea no es posible llevarla por las calles de una ciudad y se tiene la necesidad de alimentar una subestación, la solución se puede dar con cables aislados de potencia instalados en forma subterránea. También, por razones de impacto ambiental o por problemas de origen social en algunas zonas residenciales o turísticas se tiene que usar el sistema subterráneo.

Dentro de los programas de inversión de obras del sector eléctrico (POISE) se contemplan diferentes obras de modernización, dentro de las cuales se encuentra el incremento en la capacidad de transmisión, de la línea de transmisión San Bernabé entronque Águilas – Topilejo. Esta línea servirá para abastecer parte del Distrito Federal y su área metropolitana, para de esta forma mantener la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.

La necesidad de atender el incremento de la demanda de energía eléctrica en el Distrito Federal requiere efectuar los trabajos de modernización en las líneas de transmisión Ixtapantongo – Alamo L1 Y L2 y Tingambato – Taxqueña, y así aumentar su capacidad de transmisión de 150 kv a 230 kv. Dichos trabajos serán efectuados en forma subterránea y sobre el derecho de vía de dichas líneas, las cuales se encuentran instaladas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO 5**  
**"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA**  
**CIVIL DEL LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SAN**  
**BERNABÉ ENTRONQUE ÁGUILAS -**  
**TOPILEJO (TRAMO SUBTERRÁNEO)".**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

27-A

## 5.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

### 5.1.1 - INFORMACIÓN GENERAL.

La COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD requería de la construcción de un tramo de línea subterránea y aérea para complementar la unión entre la Subestación San Bernabé con la Subestación Cuajimalpa como parte integral de la red programada de 230 kV, 4 circuitos, asociada a la Subestación San Bernabé.

Considerando que esta línea es parte fundamental del sistema de alimentación de la red de la zona metropolitana a través del anillo de la ciudad de México y con el objeto de prevenir cualquier contingencia se requería la instalación de cable de potencia con una sección de 1600 mm<sup>2</sup> segmental (con 4 segmentos), con aislamiento tipo XLP y cubierta de polietileno de alta densidad de color rojo, para satisfacer una capacidad de transmisión de 1240 amperes (419 MW) por circuito. Cumpliendo con lo requerido por las Gerencias de Programación tanto de C.F.E. como de LYFC (usuario final).

El tramo subterráneo tiene su inicio en la transición N°1, localizada frente a la Subestación San Bernabé, con un desarrollo de 5.315 Km, medidos horizontalmente, hasta la transición N° 2, de este último punto y hasta la transición N° 3 la longitud es de 0.761 Km, medidos horizontalmente y construido en forma aérea, de la transición N° 3 a la transición N° 4, fue subterráneo con un desarrollo de 0.770 Km, medidos horizontalmente. A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

partir de este punto se hizo un enlace con los tramos aéreos existentes con un desarrollo de 0.345 Km, medidos horizontalmente. En la línea norte hasta la estructura derivadora 319 bis de la Subestación Cuajimalpa, con un desarrollo de 0.318 Km, medidos horizontalmente, para la conexión con la torre N° 336 de la línea central.

La trayectoria de la línea subterránea se localiza en forma paralela y cercana al derecho de vía de un gasoducto de 10" de diámetro denominado "Venta de Carpio – Toluca", y a un poliducto de 8" de diámetro denominado "Barranca del Muerto", de la Agencia de Ventas Toluca ambos operados por PEMEX.

## 5.2. CARACTERÍSTICAS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

### 5.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.

Tensión Nominal del sistema entre fases	230.000 V
Número de Circuitos	4 (Cuatro).
Longitud Total de la Línea Subterránea medida horizontalmente	6.10 Km.
Longitud Total de la Línea Aérea medida horizontalmente	1.10 Km.
Tipo de estructuras de Transición	Torres Autoportadas TTAOB y Postes Troncoconicos PT 230+0 de acero con galvanizado especial.
Cable conductor desnudo suministro de C.F.E.	AAC 1113 Cable de Aluminio Puro.
Cable de guarda suministro de C.F.E.	AAS 7 # 8 con alambres de acero con recubrimiento de aluminio soldado.
Cable Subterráneo	Cable de Potencia 230 Kv, 1 x 1600 mm <sup>2</sup> Segmental de Cu (con 4 segmentos), Aislamiento XLP, con pantalla selladora a la penetración longitudinal de agua y pantalla metálica de plomo extruido continuo que

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

	funcione como barrera adicional para evitar la penetración radial de agua y cubierta de polietileno de alta densidad de color rojo.
Resistencia eléctrica al pie de la torre y poste PT230+0	10 Ohms (máximo).
Número de conductores por fase (tramo aéreo)	Uno.
Cadena doble de tensión suministro de C.F.E.	18 aisladores de porcelana o de vidrio templado, código 2028x7.
Disposición entre fases	Vertical.
Temperatura Máxima de la zona	(+)35.00 ° C.
Temperatura Media de la zona	(+)15.40 ° C.
Temperatura Mínima de la zona	(-)2.00 ° C.
<b>Viento con Velocidad de Ráfaga de 3 segundos a 10 metros.</b>	
Para un Periodo de Retorno de 10 Años	90 Km/h.
Para un Periodo de Retorno de 50 Años	110 Km/h.
Empalme para cable de potencia 230 Kv	Premoldeado.
Transiciones	4 Transiciones.

### 5.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

La línea de transmisión San Bernabé entronque Águilas - Topilejo está formada por 2 tramos subterráneos y 2 tramos aéreos; considerándose 2 enlaces para acometer a las subestaciones San Bernabé y Cuajimalpa.

El tramo subterráneo consta de 4 circuitos formados con cables de Potencia colocados en poliductos corrugados de color rojo de alta densidad, ahogados en concreto y desplantados sobre una plantilla de concreto de baja resistencia. Cada banco de ductos contiene 2 circuitos con tres fases, se consideraron en este tramo bahías de empalme, de deflexión, de transición, herrajes y accesorios para soportar a los cables de potencia.

Dentro del alcance del contrato se consideró el diseño, suministro y construcción de un puente denominado "Las Maromas", que sirvió como

soporte para cruzar la línea subterránea con la autopista México – Toluca, en la Av. Monte de las Cruces.

A lo largo de la línea se consideraron 4 puntos de transición. La primera transición se localiza frente a la Subestación San Bernabé y para esta transición fueron utilizados dos postes de acero troncocónicos PT230+0 con galvanizado especial, alojándose en cada estructura 2 circuitos. En las otras tres transiciones se instalaron torres autosoportadas de transición/remate TTAOB colocadas de tal forma que en cada estructura se alojaron 2 circuitos.

Las transiciones de los tramos subterráneos a los tramos aéreos fueron realizadas a través de bahías de transición. Los predios adquiridos por la C.F.E para la construcción de las transiciones fueron protegidos con una barda perimetral con un acceso, rematada en todo el perímetro con concertina de acero.

La parte aérea consistió en el cruce con la barranca de Chimalpa, el cruce con la carretera federal México – Toluca. Además del enlace con las torres existentes N° 319 norte y 336 central a la torre de derivación de LYFC frente a la Subestación Cuajimalpa. Incluyendo la interconexión de la transición N° 1 al marco de la Subestación San Bernabé.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3. TRAMO SUBTERRÁNEO.

#### 5.3.1. EXCAVACIÓN

Las excavaciones para los bancos de ductos son aquellas que se efectuaron para formar la sección donde se colocó la tubería que integró los conductos para la instalación de los cables de potencia.

Una vez identificado el límite del derecho de vía, se realizaron sondeos para detectar las posibles interferencias a lo largo del área de trabajo. Estos sondeos se realizaron en forma manual con pico y pala y/o barra de línea, una vez localizadas las instalaciones, fueron identificadas y referenciadas topográficamente; además de dejar testigos para su localización. Con el fin de evitar accidentes, se procedió a tapar el sondeo con el material producto de excavación.

La remoción de la cubierta vegetal se hizo de forma manual, para el caso donde se encontraban árboles y donde no existían, se hizo por medios mecánicos (figura 5.1). La excavación fue realizada con una excavadora sobre orugas y una excavadora sobre neumáticos, las cuales depositaban directamente el material a los camiones de volteo. Los camiones circulaban sobre los ductos de PEMEX para tal efecto, se hizo un colchón con el material producto de la excavación de 4.0 m de ancho por, aproximadamente, un metro de espesor, el cual fue compactado ( figura 5.2).

Con la finalidad de no dañar el terreno natural y facilitar el afine del fondo, la excavación se realizó hasta 5.00 cm antes del nivel de la plantilla. El afine de excavación se llevó a cabo por medios manuales, con el fin de lograr una superficie adecuada para el cimbrado y colado de la plantilla.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

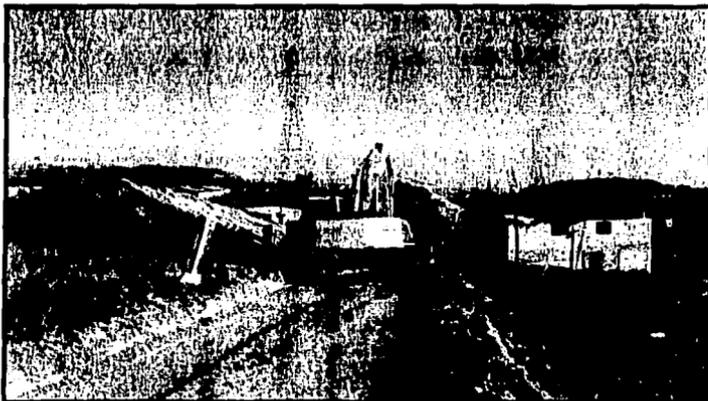
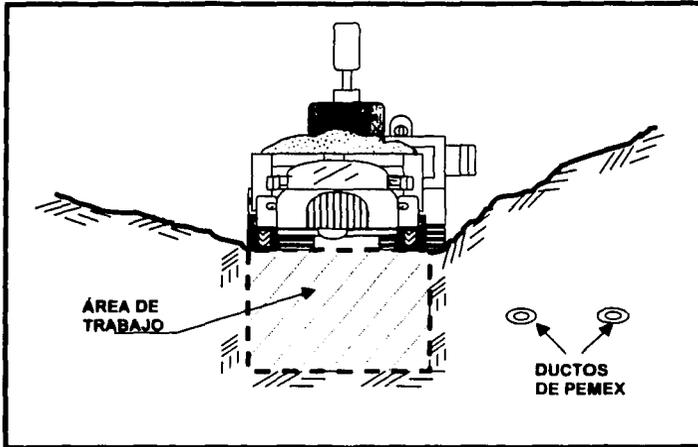


FIGURA 5.1. "REMOCIÓN DE CAPA VEGETAL CON MEDIOS MECÁNICOS"



FIGURA 5.2. "CARGA DE CAMIÓN SOBRE DUCTOS DE PEMEX"

En los casos donde el espacio lateral era insuficiente, el camión se ubicó directamente sobre el área de trabajo para ser cargado por la excavadora (figura 5.3).



**FIGURA 5.3. "CARGA DE CAMIÓN SOBRE EL ÁREA DE TRABAJO"**

El material excedente producto de excavación, era retirado en camiones de volteo y su disposición final fue un banco de tiro. Cabe mencionar que para evitar alguna sanción por parte de las autoridades correspondientes, el material una vez cargado en el camión era cubierto con una lona, ya que para llegar al sitio de tiro era necesario utilizar la carretera federal a Toluca (figura 5.4). Al término de la jornada de trabajo la excavación, a lo largo y ancho, era protegida con cinta de señalización, a manera de protección, para evitar accidentes.

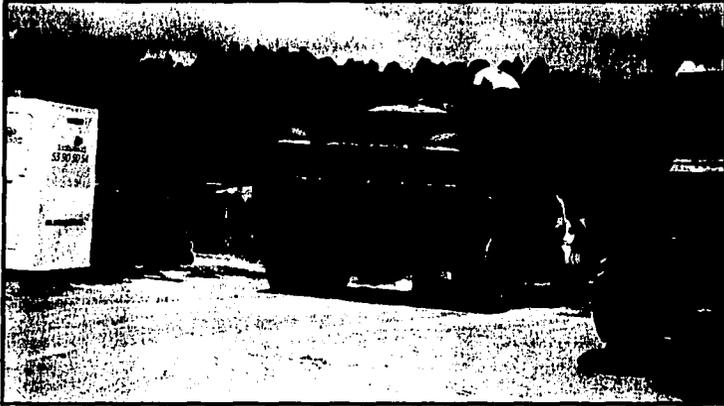


FIGURA 5.4. "COLOCACIÓN DE LONA PARA EL TRASLADO DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN"

### 5.3.2. PLANTILLA.

Con la finalidad de proporcionar una superficie adecuada, esto es limpia y con una textura rugosa para que al desplantar el banco de ductos, éste cuente con una mayor adherencia se colocó una plantilla de concreto pobre, cuya resistencia fue de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , con un espesor de 0.08 m y un ancho de 1.50 m a lo largo de la excavación.

Este concreto se elaboró en planta estacionaria y se transportó en un camión-revolvedora. Previo a la colocación del concreto, se realizaron los muestreos para verificar que el revenimiento no rebasara lo especificado por C.F.E. (7.00 cm con una tolerancia de  $\pm 2.00 \text{ cm}$ ) y se procedía a llenar los cilindros para ser ensayados a los 7, 14 y 28 días de edad. Cabe mencionar que la empresa,

Concretos Cruz Azul, quien suministró el concreto, realizó sus muestreos para con esto tener los datos necesarios en caso de alguna aclaración respecto a la calidad de su producto.

Una copia de los resultados obtenidos en las pruebas efectuadas al concreto, así como de las notas donde se especificaba la hora de salida de la planta y la de llegada a la obra del concreto se anexaban a la estimación, esto para verificar que este intervalo no rebasara lo establecido por C.F.E., que para este caso fue de 45 minutos y de esta forma el responsable del departamento de servicios técnicos de C.F.E. determinara si procedía o no el pago.

El cimbrado de la plantilla se efectuó con perfil metálico, el cual fue fijado con varillas clavadas directamente al terreno natural, para evitar el desplazamiento lateral (figura 5.5).



FIGURA 5.5. "COLOCACIÓN DE CIMBRA PARA PLANTILLA"

Para poder llevar a cabo el colado, la contratista solicitaba la autorización de la Supervisión de C.F.E. y programaba su laboratorio de pruebas. La supervisión de C.F.E llenaba un formato en el cual se verificaba que se cumpliera con el proyecto aprobado para su construcción, que las condiciones del terreno fueran las adecuadas, que se contara con el equipo y personal especificado en su oferta técnica y que estuviera presente el laboratorio de pruebas.

La colocación del concreto se realizó con tubos de P.V.C. (figura 5.6) o canalones (figura 5.7) y en algunos casos, donde las circunstancias lo ameritaban, se utilizó una excavadora (figura 5.8). Esto para evitar la caída libre a más de 1.0 m de altura y con esto prevenir la segregación de la mezcla. Cuando se contaba con espacio lateral se metía el camión-revolvedora, en caso contrario se utilizaba una bomba de concreto.

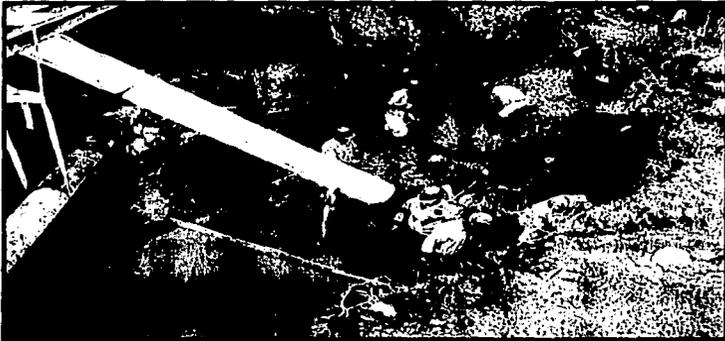


FIGURA 5.6. "COLOCACIÓN DE CONCRETO EN PLANTILLA CON TUBO DE P.V.C."



FIGURA 5.7. "COLOCACIÓN DE CONCRETO EN PLANTILLA CON CANALONES"



FIGURA 5.8. "COLOCACIÓN DE CONCRETO EN PLANTILLA CON EXCAVADORA"

El concreto se extendió de forma manual con pala y acomodado con equipo vibrador de combustión. Con el propósito de facilitar el cimbrado del banco de ductos, se colocaron tacones de madera de 10 x 15 x 5 cm. a cada 0.80 m en ambos lados de la plantilla (figura 5.9). El retiro del perfil metálico que sirvió de cimbra para la plantilla fue de forma manual.

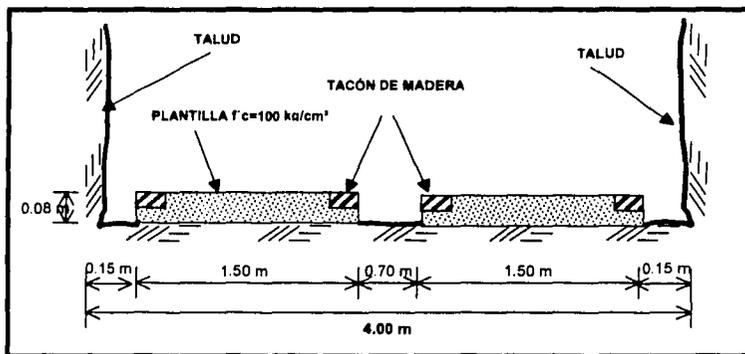


FIGURA 5.9 "TACONES DE MADERA PARA LA COLOCACIÓN DE CIMBRA DEL BANCO DE DUCTOS"

### 5.3.3 CIMBRADO DEL BANCO DE DUCTOS.

La cimbra se colocó de forma manual apoyada directamente sobre la plantilla, clavada en los tacones de madera. Para evitar que al vaciar el concreto la cimbra sufriera deformaciones que perjudicaran la sección del banco, se troqueló con polines y se colocaron tirantes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Basándose en el trazo y los niveles indicados por la brigada de topografía, la cimbra fue alineada con ayuda de un hilo, el cual era colocado por los maestros de obra (figura 5.10). Conforme se iba cimbrando el banco de ductos se iban colocando los separadores de concreto, la cimbra que se utilizó fue metálica, la cual fue debidamente tratada con un desmóldante para evitar la adherencia del concreto y así facilitar su retiro.

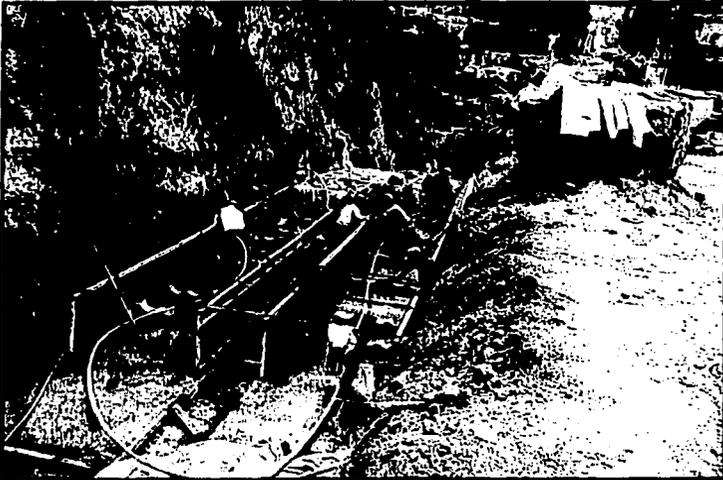


FIGURA 5.10 " COLOCACIÓN DE CIMBRA Y SEPARADORES PAR EL BANCO DE DUCTOS"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A diferencia del colado de la plantilla, la supervisión de C.F.E. solicitó a la contratista que le entregara un programa semanal de colados, para poder verificar con tiempo el trazo, los niveles, la adecuada colocación de la cimbra y se procedía a la colocación de los poliductos.

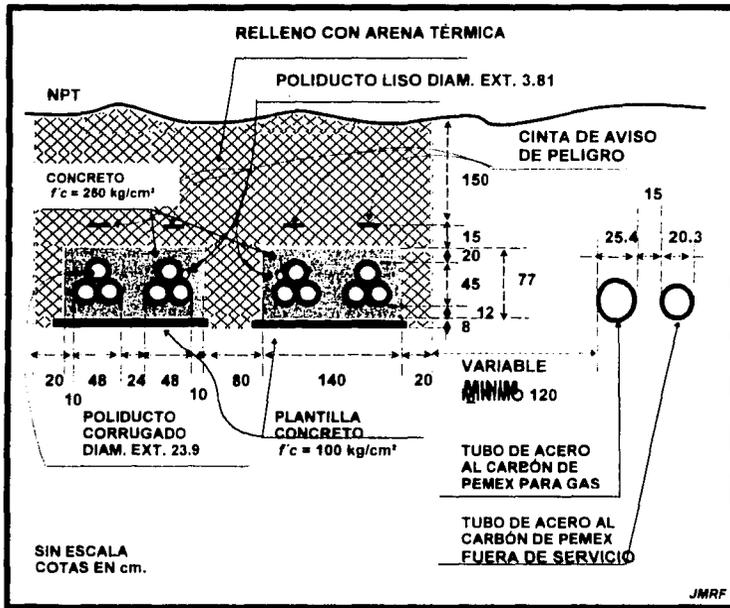
#### **5.3.4 COLOCACIÓN DE DUCTOS.**

Con la finalidad de alojar el cable de potencia dentro del encofrado de concreto se instalaron poliductos de polietileno de alta densidad corrugados con interior liso de 0.239 m de diámetro de color rojo (figura. 5.13). En la figura 5.11 se puede apreciar una sección tipo con sus dimensiones, en la cual se muestra el arreglo de los poliductos.

Dentro de las especificaciones de C.F.E. se estableció que no se aceptaría que los poliductos se colocaran directamente sobre la plantilla de concreto por lo que los separadores deberían proporcionar una distancia mínima de 50 mm. Los separadores que se utilizaron fueron fabricados de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  (figura 5.12), los cuales proporcionaron una separación entre la plantilla y el poliducto de 0.12 m.

Los separadores se colocaron a una distancia de 2.50 m en tramos corridos de poliducto, y cuando por alguna razón se acoplaron uno o más tramos, fueron colocados a una distancia de 1.50 m uno del otro entre el acoplamiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FIGURA 5.11 "DIMENSIONES DEL BANCO DE DUCTOS A BASE DE CONCRETO UTILIZANDO POLIDUCTOS CORRUGADOS".**

Para la instalación de la tubería corrugada se siguieron los pasos:

- a). Colocar el tramo de tubería que se deseaba instalar en el fondo de la excavación.



FIGURA 5.12 "SEPARADORES DE CONCRETO REFORZADO"

- b).Retirar la película plástica de protección que se encontraba cubriendo el empaque de los extremos.
- c).En los casos en que la tubería no contaba con el empaque, se procedía a limpiar con una franela húmeda el primer valle del extremo de la tubería.
- d).Se biseló la tubería en sus extremos para proteger el paso del cable de potencia. Esto se hizo tomando el biselador por el mango y girándolo a todo lo largo de la circunferencia ejerciendo una presión mínima sobre el tubo. Eliminando el canto del corte en el tubo, y obteniendo una pequeña rebaba la cual fue extraída antes de la instalación de la tubería dentro del cople.
- e).Se lubricó con un trapo húmedo todo el empaque y el interior de la campana del cople donde se ensamblaron las partes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

f). Se empujó hasta que se escuchó el chocar de la tubería en el fondo del cople.

Se dejó preparada la salida de cada poliducto, colocándole un tapón de P.V.C. para evitar que al colar el banco de ductos, el concreto penetrara en el interior y obstruyera el paso del cable de potencia.

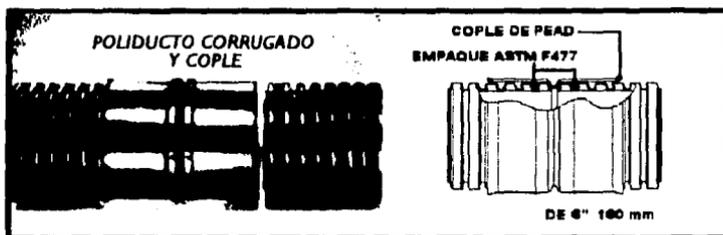


FIGURA 5.13 "VISTA DEL POLIDUCTO CORRUGADO Y SU COPLE HERMÉTICO."

### 5.3.5 COLOCACIÓN DE CONCRETO.

La colocación del concreto en el banco de ductos se efectuó a tiro directo con ollas revolventoras y canalones o con una excavadora (figuras 5.14 y 5.15), cuando el espacio era suficiente para hacer esta maniobra pero cuando no, se utilizó una bomba de concreto, ya sea estacionaria o con pluma (figuras 5.16 y 5.17). Este concreto fue elaborado en planta, extendido con pala y vibrador de combustión, su resistencia a la compresión fue de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .



FIGURA 5.14 "COLADO DEL BANCO DE DUCTOS CON CANALÓN."

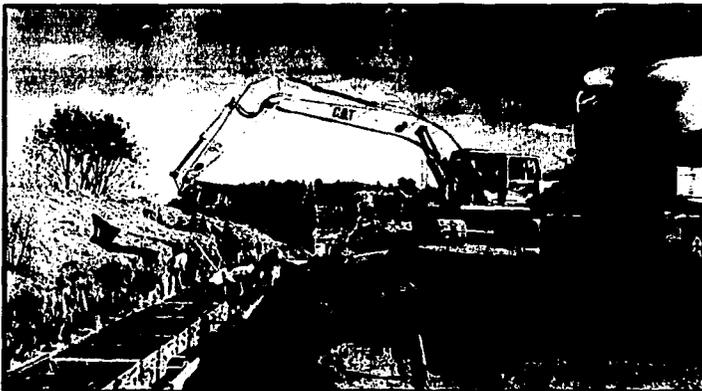


FIGURA 5.15 "COLADO DEL BANCO DE DUCTOS CON EXCAVADORA."

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

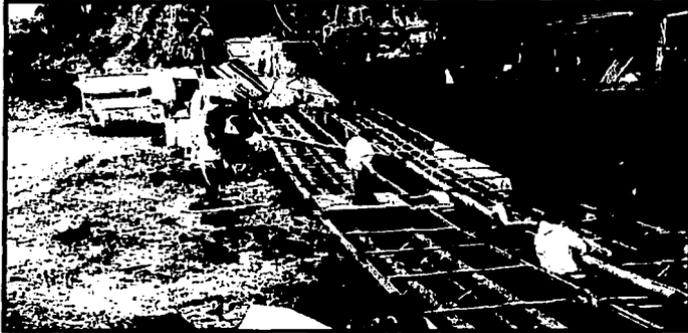


FIGURA 5.16 "COLADO DEL BANCO DE DUCTOS CON BOMBA ESTACIONARIA."

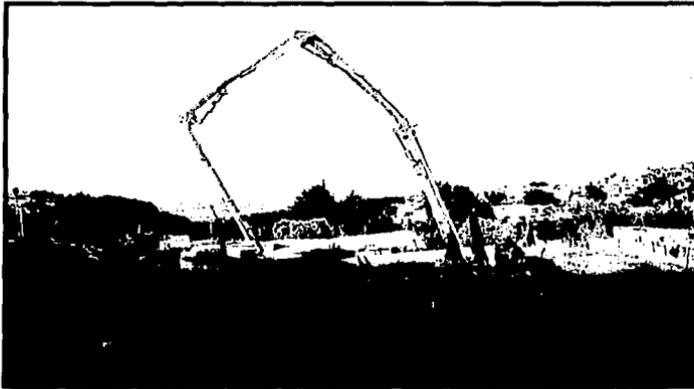


FIGURA 5.17 "COLADO DEL BANCO DE DUCTOS CON PLUMA."

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El laboratorio de pruebas tomó las muestras correspondientes y verificó junto con la supervisión de C.F.E. los siguientes puntos:

***Durante la colocación del concreto:***

- a). Con el fin de que el concreto fluyera fácilmente era necesario que su colocación fuera hecha con rapidez.
- b). Se evitó, que el concreto fuera acarreado más de 1.50 m, para evitar su segregación.
- c). En lo referente a la compactación del concreto, se realizó con equipo de vibración de inmersión, el cual se utilizó hasta que el concreto estuvo completamente compactado, sin dejar huecos visibles o provocar segregación o sangrado excesivo.

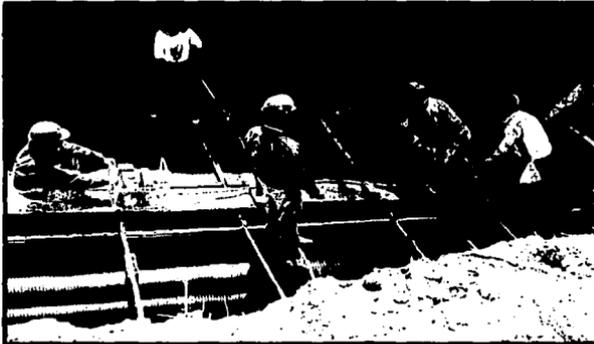


FIGURA 5.18 "COMPACTACIÓN DEL CONCRETO CON VIBRADOR."

- d). Que el concreto se colocara en capas horizontales de entre 20 y 30 cm.
- e). Que la penetración del vibrador se realizara lo mas verticalmente posible y espaciada de 15 a 30 cm, penetrando 10 cm por lo menos en la capa inferior. Retirándolo lentamente, para eliminar los vacíos del concreto, así como para ligar la capa superior con la subyacente.
- f). Que el tiempo de inmersión del vibrador oscilara entre los 5 y 10 segundos; quedando prohibido colar sin el empleo del vibrador.
- g). Para ligar un concreto fresco con otro ya endurecido, la junta de construcción correspondiente se trató en toda su superficie de tal manera que quedara exenta de material suelto o mal adherido, así como de la lechada superficial. Para obtener una superficie rugosa y sana, donde el agregado quedara expuesto; fue necesario llevar a cabo el picado y remover la lechada.
- h). Se cuidó que previo a la continuación del colado, las juntas de construcción estuvieran limpias, libres de polvo, aceites, basura o cualquier otro elemento que pudiera afectar la liga entre el concreto viejo y el concreto nuevo.

Una vez alcanzada la resistencia estructural de manera que pudiera soportar cargas normales de construcción, se procedió al descimbrado en forma manual con la ayuda de cuñas de madera que facilitaron la separación de la cimbra con el concreto sin deteriorarlo (figura 5.19).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FIGURA 5.19 "DESCIMBRADO DEL BANCO DE DUCTOS."

Mediante la aplicación, con rodillos, de dos capas, de membrana, a razón de entre 3 y 5 m<sup>2</sup> por litro, se realizó el curado de concreto del banco de ductos, para evitar la pérdida de humedad, dicho curado se efectuó inmediatamente después de haber retirado la cimbra. Antes de colocar el compuesto para el curado, las superficies fueron humedecidas completamente con agua y la membrana de curado se aplicó tan pronto como el agua libre desapareció.

### 5.3.6 RELLENO.

El material que se suministró como relleno en las trincheras para los cables de potencia en la línea de transmisión subterránea, fue una arena cuyo contenido de arcilla fue a base de caolín en una cantidad no menor del 5% y no mayor del 8% y con una densidad de arena seca compactada de aproximadamente 1615 kg/cm<sup>3</sup>, la cual fue denominada Arena Térmica.

El traslado de la arena térmica se hizo con camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>. Cuando el clima era desfavorable, demasiado húmedo, no se permitía que se hicieran viajes (figura 5.20).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FIGURA 5.20 "DESCARGA DE ARENA TÉRMICA."

El téndido y compactación de la arena se realizó de la siguiente manera:

1. Del nivel N -250.00 al N -165.00 (figura 5.21) se extendió de forma manual en capas de 20.00 cm y se compacto con una "bailarina" (compactador manual de gasolina).
2. Del nivel N -165.00 al nivel NPT 0.00 (figura 5.21) se extendió en capas de 20.00 cm con un minicargador y fue compactado con un rodillo liso vibratorio (figuras 5.22, 5.23 y 5.24).
3. En el nivel N -150.00 se colocó una cita de aviso de peligro (figura 5.25), esto para evitar que el ducto sea dañado por trabajos que se realicen dentro del derecho de vía.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

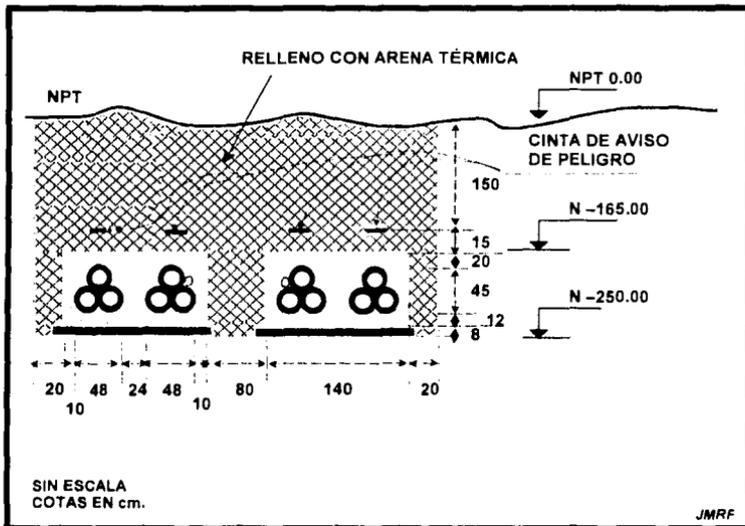


FIGURA 5.21 "NIVELES DEL RELLENO DEL BANCO DE DUCTOS".

Cuando por condiciones de topografía del terreno no era posible la utilización del minicargador, se extendía el material de forma manual con palas y se compactaba con pizones de mano.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



FIGURA 5.22 "TENDIDO DE LA ARENA TÉRMICA CON EL MINICARGADOR  
FRONTAL."



FIGURA 5.23 "COMPACTADO DE ARENA TÉRMICA CON RODILLO LISO  
VIBRATORIO."



FIGURA 5.24 "COMPACTADO DE ARENA TÉRMICA."



FIGURA 5.25 "CINTA DE AVISO DE PELIGRO."

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CONCLUSIONES**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

53-A

**PROYECTO L. T. SAN BERNABÉ ENTRONQUE ÁGUILAS – TOPILEJO (TRAMO SUBTERRÁNEO).**

La línea de transmisión San Bernabé entronque Águilas - Topilejo tiene como objetivo fundamental transportar la energía eléctrica generada en la Planta Termoelectrica de Petacalco a la Subestación Eléctrica (S.E.) Donato Guerra y posteriormente a la S. E. San Bernabé en los límites del Distrito Federal interconectándose con las centrales generadoras del Valle de México, Tula e Infiernillo directamente. Reforzando el Sistema Troncal Nacional, con lo cual se verán beneficiados el estado de México y el Distrito Federal principalmente, reflejándose en la confiabilidad del suministro de energía eléctrica a nivel:

**Industrial.**

El gran crecimiento industrial en el Distrito Federal y su área metropolitana demandan día a día un mayor consumo de energía eléctrica, requiriendo además este servicio de manera ininterrumpida, con lo que esta obra contribuye al logro de estos objetivos por parte de la Comisión Federal de Electricidad.

**Comercial.**

El comercio establecido en las ciudades del centro de nuestra República requieren de un servicio eléctrico eficiente e ininterrumpido, toda vez que de ello depende el servicio que estos prestan a la sociedad, desde la simple iluminación hasta sus sistemas de cobro, seguridad, computo y administración de los mismos. Con lo que esta obra contribuye al logro de estos objetivos por parte de la Comisión Federal de Electricidad.

**Doméstico.**

El nivel industrial y comercial es poco perceptible por parte de los usuarios a nivel doméstico. Además, tomando en cuenta que aun existen zonas donde se carece de este servicio a nivel doméstico, con la puesta en servicio de esta obra, se cuenta con la capacidad instalada para continuar con la construcción de las redes de distribución hacia las zonas marginadas, lo cual es una demanda constante en todas las ciudades de nuestro país.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La modernización de la Línea de Transmisión San Bernabé entronque Águilas – Topilejo, es un ejemplo de que en nuestro país se están llevando a cabo obras con tecnología de punta. Estas obras requieren de profesionales capacitados para enfrentarse a este tipo de retos, para que no solo lo visualicen desde el punto de vista técnico, sino también en el social, dado al estrecho trato que se tiene con la población, la cual, en el mayor de los casos, es de escasos recursos y, por consiguiente, de gran vulnerabilidad a las personas abusivas, que solo buscan el beneficio personal.

Una de los motivos para desarrollar este trabajo, fue presentar de una manera práctica el proceso constructivo de una línea de transmisión subterránea, dado que durante la carrera no existe ninguna materia que haga referencia a este tipo de obras y como experiencia personal, uno llega a la vida laboral conociendo muy pocos casos prácticos.

Durante la ejecución de la obra aprendí que es muy importante que antes y durante la supervisión de cualquier concepto de obra, es necesario conocer, por lo menos, los siguientes aspectos:

**El contrato.** Es necesario conocer el importe del contrato, el plazo de ejecución de los trabajos, el catálogo y programa de ejecución de cada concepto, el programa de utilización del equipo y/o maquinaria y el programa de utilización del personal técnico y de campo, esto con el propósito de exigirle a la contratista que cumpla con lo establecido en sus ofertas de concurso.

**El alcance de los precios unitarios.** Es muy importante conocer el alcance de cada uno de los precios unitarios, ya que en ocasiones se presentan algunas actividades que no fueron contempladas dentro del mismo y por lo tanto, se tiene que solicitar a la contratista un análisis, con su justificación, del precio unitario extraordinario. Un ejemplo de este caso se presentó cuando se estaba llevando a cabo la excavación para la construcción del banco de ductos, ya que dentro del alcance del precio unitario no fue contemplada la demolición de las viviendas que se localizaban dentro del DV.

**Procedimientos.** Para poder exigir que un concepto de obra sea ejecutado correctamente, es necesario saber cuál es la forma adecuada de hacerlo, es por

CON  
FALLA DE ORIGEN

esto, que los procedimientos de obra representan un papel muy importante para el supervisor.

**Bitácora de obra.** Es muy importante el uso de la bitácora, ya que representa un instrumento legal y por lo tanto se debe tener un especial cuidado en lo que se va a escribir y también en lo que no se va a escribir, ya que en ocasiones por no atender las notas que de la contratista, puede ser que se entienda que se está aceptando o que se está de acuerdo con lo asentado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## REFERENCIAS

1. Autores varios. **Manual de Diseño de Obra Civil, Métodos de Análisis y Diseño**, C.2.3. Estructuras para Transmisión de Energía Eléctrica.
2. Autores varios. **Curso Integral Sobre Líneas de Transmisión**, 8.0. Construcción de Líneas de Transmisión.
3. Nárez Vega M. H. **Procedimientos de construcción de la Línea de Transmisión Lázaro Cárdenas - Donato Guerra Tramo 2**, Tesis Profesional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, 1999.
4. Autores varios. **Especificación para la Construcción del Banco de Concreto Utilizando Poliductos Corrugados**, C.F.E./C.P.T.T., México, 2000.
5. Autores varios. **Especificación para el Diseño y Suministro de Estructuras de Transición**, C.F.E./C.P.T.T., México, 2000.
6. Autores varios. **Especificación para la Construcción de Bahías**, C.F.E./C.P.T.T., México, 2000.
7. Autores varios. **Manual del Sistema de Aseguramiento de Calidad, Protección Ambiental y Seguridad Industrial**, C.F.E./C.P.T.T., México, 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN