

15
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE
LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T A N
RAFAEL CARRASCO AGUILAR
Y
EDGAR GABRIEL ORTIZ PRADO

MEXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

261604



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-152/96

Señores

EDGAR GABRIEL ORTIZ PRADO
RAFAEL CARRASCO AGUILAR
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS"

I.	INTRODUCCION
II.	ANTECEDENTES
III.	ESTUDIOS PREVIOS
IV.	SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
V.	VERIFICACION TOPOGRAFICA
VI.	LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
VII.	CIMENTOS DE ESTRUCTURAS
VIII.	MONTAJE DE ESTRUCTURAS
IX.	INSTALACION DE CABLES
X.	PUESTA EN SERVICIO
XI.	PROBLEMATICA DE LINEAS
	CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

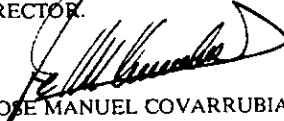
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria a 26 de noviembre de 1996.

EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf

Agradecimientos de Edgar Gabriel Ortiz Prado:

Rafaelcarrascoaguilardonsoniaruizmaríadelaluzteoyotldavidjamespascoech
alkenarcisofedericogabrielortizortizgenovevamartínezcarlsaganmiguelc
ovarrubiassolisfranciscocortezpradogustavobalmorinegretehugosánche
zmárquezomaraltamiraareyánpaulocésarortizpradopedroinfante cruzdo
roteoarangodeliarociosúdrezmartínezjoséluisalvarezfrutosreginaldoher
nándezromeroveronicagonzálezlabastidaalbertolegarretabeatrizcalvillo
angelvelazcogustavovegapachecoanabelaguilarchaberofernandoanayaro
xanamolinarimedinaluisarmandoortizmirandaludwigvanbeethovenoscarp
ereortizjosesarukankermaryvivashernándezmiguelangelsilvageróni
morogeliotafoyacortezdavidcarreraestradajoséanjelmarinrobertofonta
ninivisanioracioneyesvivasjuanamariamendozaandradeveronicasilvaoca
mpomiguelcruzespitiaraymundosúdrezmartínezleopoldocarranzcozavalais
aiastlara julietacitilivegapachecoameliacamposrafaelaburtovaldezfranc
iscocontrerasvacafernandodavidortizpradojuanrulfomiguel faradayirine
osauzaluceroogazaleonarturonavamastacheyolandagonzálezmainhartzef
erinogómezvaldovinosclaudiasalomeduarte calixtovictormanuel tabaresm
iguelangelrodríguezvega jorgehinojosacarlosrene carrascoaguilarpetraar
eyánlopézarlossalinasdegortarivicentebolañosfigueróajosécoriaberins
taincarlosolagaraypalacioswilliamanthonygranvilleluisernestocortezpra
dojohnpaulgeorgeringocandelarioesperanzabeatrizhortenciacortezgonz
áleznicolassauzacalderonalejandrosánchezhuertarosariogadalupe silva
campomarilynmonroejuanmatusermandoaltamiragallardobartolomeosim
psonarmandoortizpradomarco aureliotorresherreragabilondosolereduar
docortezhernándezmaríadelrocielizaldemoraahbramortizenriquesanju
rjoemeliapradosauzamichelendebeatrizpereaortizgilbertosotelodvilafe
rnandoo carranzaguadarramaroberto hernándezgaticamarcostrejoraymu
ndosúdrezvivasnarcisofabianortizpradoalbeatrizvázquezgonzálezart
uroazuelaferdinandp.beerarmandoaltamiraareyánnataliovdzquezbonoed
gelarryadamalejandoponceserranoodethgonzálezcitilaliitzelduartealta
miravictormanuelhernándezlizamirellecortezpradogeorgelucasguadalup
eloaezaroberto carvajalrodríguezfelipepradoquintanaralberto einsteingo
dofredoduarte calixtoarmandoramirezracruzónguadalupepradohernández
armandozetinafranciscoferrernoreñadianagabrielaaltamiraromeromar
faguadalupeduarte calixtoevanolascoenríquezmauropradougaldeliciaacor
reaornelasfabiolaemeliacortezpradorafaelcarrascogonzález.

A todos y cada uno de ellos por enriquecer la tierra, la vida y en especial
mi espíritu.

POR EL ESFUERZO MATERIALIZADO EN
ESTA TESIS...

...POR NUESTRA SATISFACCION DE VER
CONSUMADO MI DESEO EN COMIDA...

...POR SER ZUMENES ME AMAN Y ME
APOYAN...

...Y PORQUE LAS LLEVARE EN MI
CORAZON POR SIEMPRE...

DEDICO ESTA TESIS A LAS DOS MUJERES
QUE MAS ADMIRO:

MI ABUELA TOMASA SANZA VIUDA DE PRADO

Y A

MI MADRE MARIA ERNESTINA PRADO DE ORTIZ

Agradecimientos de Rafael Carrasco Aguilar :

A mi amada esposa por su incondicional apoyo y entusiasmo .

A mi hijo por motivarme con su valiosa presencia.

A mis padres por su confianza , amor e invaluable apoyo.

A mis hermanos por su comprensión cuando más lo he necesitado.

A Grisel Campusano Lamadrid y Sandra González Reyes por su valiosa amistad.

Al Ingeniero Luis Enrique De Anda Dabrowski por sus valiosos comentarios

Al Ingeniero Enrique De Anda Cortes por su interés y apoyo.

Al ingeniero Marcos Trejo Hernandez por motivarme para la conclusión de esta etapa.

Sabemos que existe un sentimiento que nos impulsa a establecer un vínculo entre los que ejercen la ciencia y la técnica de la Ingeniería.

Es este mismo sentimiento el que nos compromete a agradecer por su desinterés y valiosa colaboración a los ingenieros:

RAFAEL ABURTO VALDEZ

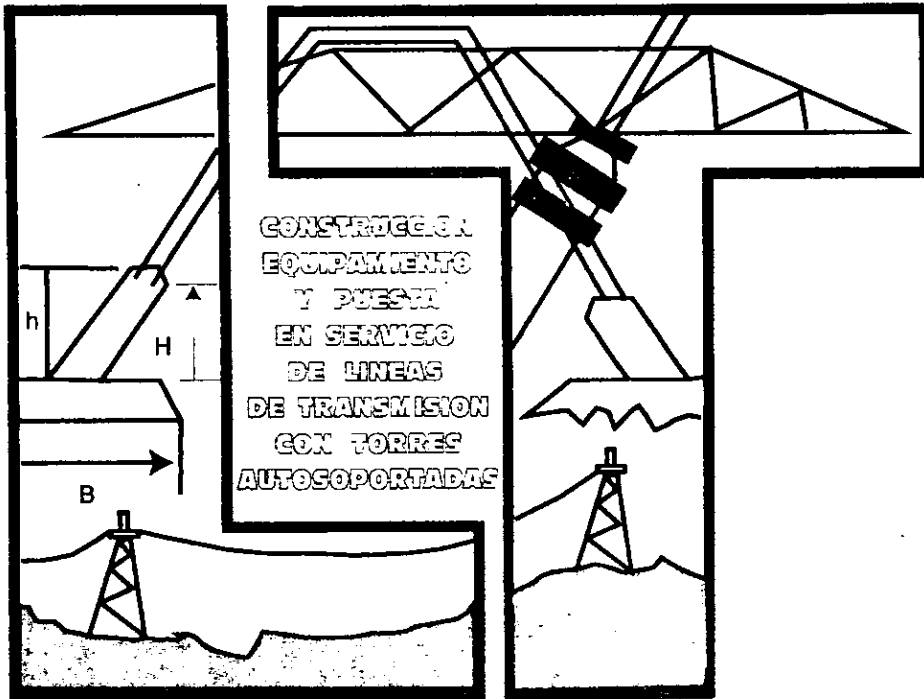
JESÚS CÁZARES MAGAÑA

LEOPOLDO CARRAZCO AGUILAR

Y

RAFAEL CARRASCO ZAVALA

A ellos nuestro profundo agradecimiento en la realización de esta tesis



TESIS UNAM

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

..... I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I ANTECEDENTES..... 1

- I.1.- GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA 2
- I.2.- DESARROLLO DE LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA 8
- I.3.- OPERACION REGIONAL 10
- I.4.- PLANEACION DE LINEAS DE TRANSMISION 14

CAPITULO II ESTUDIOS PREVIOS..... 17

- II.1.- ACTIVIDADES PARA EL DISEÑO 18
 - II.1.1.- SELECCION DE LA TRAYECTORIA 18
 - II.1.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 20
- II.2.- DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION 21
 - II.2.1.- DISEÑO ELECTRICO 25
 - II.2.2.- DISEÑO MECANICO 28
 - II.2.3.- DISEÑO ESTRUCTURAL 29
 - II.2.3.1.- CIMENTACIONES 35

CAPITULO III SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD 41

- III.1.- INTRODUCCION 42
- III.2.- ESQUEMA DE LA FAMILIA ISO-9000 44
- III.3.- ELEMENTOS BASICOS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD 46
- III.4.- ACTIVIDADES DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD 49

..... **O B R A C I V I L**

CAPITULO IV VERIFICACION TOPOGRAFICA ..	54
IV.1.- ACTIVIDADES DE CAMPO ..	55
IV.2.- PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO ..	56
IV.3.- BRECHA TOPOGRAFICA ..	57
IV.4.- TRAZO CON DISTANCIOMETRO ELECTRONICO ..	57
IV.5.- CRUZAMIENTOS ..	60
IV.6.- PERFILES LATERALES ..	61
IV.7.- SEÑALAMIENTO ..	62
IV.8.- REGISTROS DE CAMPO ..	63
IV.9.- PLANOS ..	65
CAPITULO V LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS ..	69
V.1.- LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS EN GABINETE ..	70
V.2.- DETERMINACION DE EXTENSIONES ..	72
V.3.- LISTA DE MATERIALES Y EQUIPO ..	74
V.4.- SISTEMA DE TIERRAS ..	77
V.5.- LISTADO DE FLECHAS Y TENSIONES ..	79
V.6.- APERTURA DE BRECHA ..	81
V.7.- CAMINOS DE ACCESO ..	82
V.8.- HELIPUERTOS ..	83
CAPITULO VI CONSTRUCCION DE CIMIENTOS ..	85
VI.1.- EXCAVACION DE CEPAS ..	86
VI.2.- ACERO DE REFUERZO ..	90
VI.3.- CIMBRA ..	91
VI.4.- CONCRETO ..	91
VI.5.- RELLENOS ..	96

..... OBRA ELECTROMECANICA

CAPITULO VII	MONTAJE DE ESTRUCTURAS	98
VII.1.-	NIVELACION DE BOTTOM-PANEL	102
VII.2.-	TIPOS DE MONTAJE	103
VII.2.1.-	PIEZA POR PIEZA	104
VII.2.2.-	CON PLUMA	104
VII.2.3.-	CON GRUA	105
VII.2.4.-	CON HELICOPTERO	106
VII.3.-	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	106
CAPITULO VIII	INSTALACION DE CABLES	115
VIII.1.-	INSTALACION DE CABLE DE GUARDA	116
VIII.1.1.-	PROGRAMA DE TENDIDO	118
VIII.1.2.-	TENDIDO DE CABLE GUARDA	118
VIII.2.-	INSTALACION DE CABLE CONDUCTOR	121
VIII.2.1.-	PROGRAMA DE TENDIDO	122
VIII.2.2.-	TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR	125
CAPITULO IX	PUESTA EN SERVICIO	128
IX.1.-	PROGRAMA DE ENERGIZACION	132
CAPITULO X	PROBLEMATICA DE LINEAS	133
X.1.-	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y VIENTOS	136
X.2.-	BRECHA	136
X.3.-	CONTAMINACION	137
X.4.-	IGNORADAS	137
CAPITULO XI	CONCLUSIONES	139
XI.1.-	DISEÑO	141
XI.2.-	CONSTRUCCION	142
XI.3.-	CALIDAD	144

BIBLIOGRAFIA

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

I N T R O D U C C I O N

La tesis aquí presentada ofrece un panorama general del estado actual que guarda la Ingeniería de líneas de transmisión en lo referente a su planeación y diseño; estableciendo además, el procedimiento constructivo lógico y secuencial para el mejor aprovechamiento de los recursos en campo y complementando con un análisis de las fallas más comunes de que adolecen las líneas y las posibles modificaciones que se pueden realizar para eliminarlas una vez en funcionamiento.

En la actualidad, los procedimientos de diseño, construcción y mantenimiento de líneas de transmisión se encuentran separados por especialidad además de ser abordados de manera profunda, por lo que la gran mayoría de los ingenieros de líneas conocen el área en la cual participan. Esta tesis da a cualquiera que se acerque a ella, una idea clara y concisa de la ingeniería fundamental en la creación de líneas de transmisión.

Asimismo, la tesis describe la creación de líneas de transmisión, desde la generación de la energía eléctrica, hasta el propio mantenimiento; pasando por el análisis de las necesidades de la población, la planeación de la infraestructura eléctrica Nacional, la metodología de diseño tanto eléctrico y mecánico como estructural y la consecutividad en los trabajos de construcción desde un punto de vista de una empresa constructora.

El compendio de datos e información contenidos en esta tesis, ha sido recogido de distintas fuentes como son seminarios, boletines, especificaciones de construcción, revistas de ingeniería, manuales de procedimientos, entrevistas con los ingenieros especializados y libros publicados tanto por casas editoriales como por la propia Comisión Federal de Electricidad, logrando establecer la metodología con la que actualmente se construyen las líneas de transmisión.

Recomendamos que esta tesis se tome como una guía para posibles trabajos futuros en los cuales se habrá de profundizar en cada rama de la ingeniería de líneas de transmisión que aquí se exponen. Discutiendo -para cada tema- los alcances que persiguen en su totalidad, reconociendo tanto su teoría fundamental como su práctica en campo.

Antes de la década de los ochenta, la propia Comisión era la encargada de electrificar al país, por lo que contaba con todo el personal, equipo y dinero necesario para ello. Sin embargo a raíz del decaimiento de la economía Nacional, sus actividades se redujeron a la investigación y prueba de nuevos equipos y materiales, a la planeación de la electrificación nacional, al control y supervisión de empresas constructoras licitantes de obra civil y electromecánica y al mantenimiento y operación de las instalaciones.

Debido a esta reciente apertura a la iniciativa privada por parte de la Comisión Federal de Electricidad, el conocimiento del diseño, planeación, construcción y mantenimiento de líneas de transmisión, se encuentra en un número selecto de ingenieros. A decir verdad, en nuestro paso por la facultad, nunca escuchamos mencionar lo importante que resulta ser el Ingeniero Civil en líneas de transmisión. Esperamos que esta Tesis contribuya a establecer un acercamiento entre la Ingeniería Civil y la Ingeniería de líneas.

La Tesis esta desarrollada en once temas generales, estos son:

- I.....ANTECEDENTES**
- II.....ESTUDIOS PREVIOS**
- III.....SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**
- IV.....VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICA**
- V.....LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS**
- VI.....CONSTRUCCION DE CIMIENTOS**
- VII.....MONTAJE DE ESTRUCTURAS**
- VIII.....INSTALACIÓN DE CABLES**
- LX.....PUESTA EN SERVICIO**
- X.....PROBLEMÁTICA DE LÍNEAS**
- XI.....CONCLUSIONES**

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO I

ANTECEDENTES

- 1.1 - GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA
- 1.2.- DESARROLLO DE LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA
- 1.3.- OPERACION REGIONAL
- 1.4.- PLANEACION DE LINEAS DE TRANSMISION

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1.- GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

La aplicación de la potencia al servicio del hombre ha sido el medio de elevar su nivel de vida. Los conocimientos sobre la producción y utilización de la fuerza tienen un interés especial para el Ingeniero. Es difícil imaginar cualquier otro factor que haya influido tan determinadamente en la conformación de las estructuras actuales, como lo son la fuerza eléctrica y mecánica. La misma sociedad demanda profesionistas técnicamente preparados, prestadores de servicios con responsabilidades cada vez mayores.

Si volteamos a nuestro alrededor podemos observar que las actividades modernas dependen del suministro pronto y suficiente de fuerza. Las diferentes formas de energía, pueden transformarse unas en otras. Pero ¿dónde reside su grandeza?. La física nos dice que la energía es la capacidad de realizar un trabajo; así, cuando el viento empuja los veleros, en lugar de remar podemos descansar. La gasolina moverá un vehículo en lugar de que lo tengamos que hacer nosotros. Un

radiador de gas calentará el ambiente de nuestras casas, con lo que sentiremos mayor confort. La electricidad nos permite prolongar la luz más allá del día para a su vez prolongar nuestras actividades, así como poder disfrutar de una múltiple variedad de electrodomésticos.

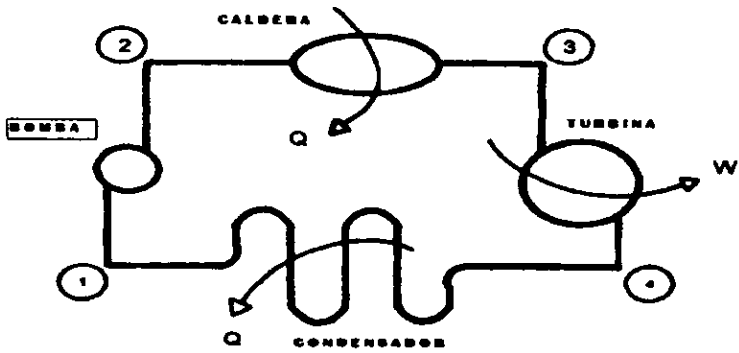
La pasmosa facilidad con que obtenemos un torrente de fuerza eléctrica simplemente apretando un botón, la comodidad de pisar un acelerador y, casi como por milagro, salir disparados a cien Km/H, nos hace olvidar la increíble complejidad del mundo de la energía, con todas sus implicaciones políticas, económicas, sociales y del medio ambiente a escala mundial.

Para efectuar la transformación de trabajo y electricidad en calor, es bastante fácil (rozamiento y resistencias), pero para transformar la energía calorífica en trabajo o electricidad resulta un tanto más complicado. Esta circunstancia esta legitimada en la segunda ley de la termodinámica:

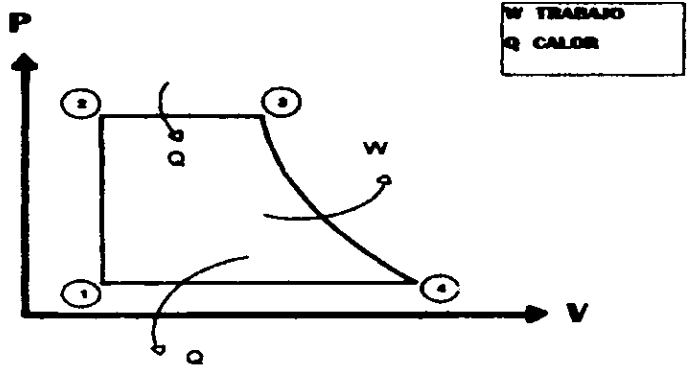
La electricidad puede producirse con diversos energéticos primarios: la energía potencial del agua, los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo), el vapor del subsuelo, la reacción nuclear de fisión, el viento y el sol. Utilizando corriente alterna la electricidad puede ser transmitida a grandes distancias y después transformada para ser utilizada en las diversas aplicaciones con costos competitivos.

Los ingenieros han usado procedimientos que facilitan esta transformación, encontrando que tan sólo es posible aprovechar menos de la mitad de la energía térmica. Utilizando un fluido dilatante (agua), al que se le hace sufrir un proceso adiabático reversible, (ver figura 1.1). El agua como líquido entra a la

bomba donde se eleva su presión (1-2). El fluido con una elevada presión recibe calor por convección para cambiar su fase de líquido a gas (2-3). Durante una expansión adiabática se entrega trabajo al mover la turbina (3-4). Finalmente se provoca la condensación del fluido existiendo pérdida de calor (4-1). La transformación máxima de calor en trabajo se logra en procesos completamente reversibles (isentrópicos).



DONDE:



W TRABAJO
Q CALOR

FIGURA No. 1.1

Asimismo, la energía potencial de una masa de agua se transforma en energía hidráulica, la cual, al incidir sobre el rodete de una turbina produce energía mecánica que a su vez produce un momento de giro al eje de un generador, produciendo energía eléctrica que debidamente transportada y distribuida puede ser transformada en energía hidráulica, mecánica ó calorífica.

En sentido amplio, entendemos como central eléctrica, toda instalación destinada a transformar energía potencial o calorífica en electricidad. Así se tiene la siguiente clasificación de centrales de acuerdo con la fuente de energía que aprovecha:

C. HIDROELECTRICAS.

Presas Hidráulicas
De Flujo Constante
Mareomotrices

C. TERMICAS

Carboeléctricas
Gasoelectricas
Nucleoeléctricas
Geotérmicas

C. NO CONVENCIONALES

Térmicas
Fotovoltaicas
Eólicas

CENTRALES HIDRAULICAS

PRESAS HIDROELECTRICAS: El agua, originalmente almacenada y posteriormente encauzada controladamente, desarrolla energía cinética durante su descenso hacia la turbina hidráulica donde se convierte en energía mecánica, que es entregada al generador eléctrico.

DE FLUJO CONSTANTE: En estas centrales se aprovecha la energía potencial que naturalmente tiene un río durante su recorrido, para mover los alabes de las turbinas.

MAREOMOTRICES: Dichas centrales poseen la característica de convertir energía eléctrica a partir de la energía de las mareas. esto se logra interponiendo las turbinas al flujo de las mismas, así durante la marea alta en el embalse se acumula el agua de mar; posteriormente, durante la marea baja, el agua retorna nuevamente a través de las turbinas haciéndolas funcionar.

CENTRALES TERMICAS

CENTRALES CARBOELECTRICAS: En éstas, la materia prima la constituyen los diversos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos como son: carbón mineral, "gas-oil" o "fuel-oil", obtenidos de la refinación del petróleo crudo, y gas natural procedente de zonas de explotación de petróleo o carbón. Este combustible se quema en una caldera para producir vapor de agua que tratado adecuadamente, produce el giro de las turbinas.

CENTRALES GASOELECTRICAS: Utilizan la energía producto de la combustión de gas natural, de gas de altos hornos o del aceite de petróleo destilado, el cual se hace conducir a altas presiones a través de tuberías para mover los álabes de las turbinas de gas.

CENTRALES NUCLEOELECTRICAS: Estas producen energía eléctrica a partir de la energía térmica despedida por fisión nuclear. Son centrales termoeléctricas, en las que los combustibles mencionados en los dos tipos de centrales anteriores y la caldera de combustión de los mismos, han sido sustituidos respectivamente, por un combustible nuclear y un reactor

nuclear en el cual se lleva a cabo el fenómeno de fisión nuclear (rotura de la cadena de los núcleos de sus átomos), lo que, debido a la gran cantidad de energía liberada en forma de calor, calienta el agua hasta su evaporación.

CENTRALES GEOTERMICAS: En ellas se utiliza la energía térmica proveniente del subsuelo . Debido a las elevadas temperaturas existentes, se produce, en el subsuelo vapor natural a 200 °C aproximadamente, el cual acciona las turbinas diseñadas para tal fin. El interior del globo terráqueo constituye una reserva prácticamente inagotable de este recurso, más sin embargo, es de difícil acceso, por lo que su aprovechamiento queda restringido sólo a zonas geográficas de características especiales.

CENTRALES NO CONVENCIONALES

CENTRALES TERMICAS: Son aquellas que se explotan la energía térmica procedente del Sol para calentar agua hasta lograr su evaporación con lo que se logra mover los álabes de las turbinas.

CENTRALES FOTOVOLTAICAS: Este tipo de centrales explota la energía luminosa proveniente del Sol y la transforma en energía eléctrica. Las más convencionales utilizan celdas Fotovoltaicas cubiertas con una capa conductora de silicio positiva y otra negativa que forman un campo eléctrico. La corriente fluye al unir los dos polos desde el exterior.

CENTRALES EOLICAS: Dichas centrales se fundan en el aprovechamiento de las corrientes de aire. La energía eléctrica así obtenida, es de costo muy alto, por ello se emplean estas instalaciones en casos muy especiales, como son las zonas agrícolas aisladas, estaciones radioeléctricas autónomas y faros. En las llamadas grandes centrales eólicas, el viento es aprovechable sólo a partir de ciertas velocidades (6 m/s). Por otra parte aún no se conoce la forma de regular la producción aportada por los aereogeneradores que sobrepasan algunas decenas de KW.

1.2.- DESARROLLO DE LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

Aunque la electricidad para fines industriales y comerciales apareció a finales del siglo XIX, puede considerarse un fenómeno del siglo XX. En nuestro país se inicio con la planta en la ciudad de León, Guanajuato, en 1879 para apoyar principalmente la industria textil, explotación minera y alumbrado público.

No fue hasta el 14 de agosto de 1934 que se promulgó la ley que creaba a la Comisión Federal de Electricidad. En aquél momento la potencia instalada de electricidad en el país era de 629,980 KW.

A principios de la década de los sesenta, el control de la electricidad continuaba en manos de diversas empresas. La capacidad instalada era de 3,021 MW, de los cuales la Comisión aportaba 1,256 MW, la American and Foreign Power 337 MW, la Mex Light 585 MW y el resto de las empresas 843 MW. Esto llevó al Estado a que el 20 de octubre de 1960 el Ejecutivo Federal adicionara el siguiente párrafo al artículo 27 constitucional:

"Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se darán concesiones a particulares, y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieren para dichos fines."

Con el objeto de unificar en un solo organismo el control de la electricidad, en 1970 se decidió que el director de la Comisión fungiese como director de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. Durante esta década se llevo a cabo la unificación de la frecuencia eléctrica a 60 ciclos por segundo concluyéndose el 22 de noviembre de 1976. También cabe resaltar que la crisis petrolera promovida por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) que elevó dos o tres veces el precio de sus productos, dejó a México en una situación vulnerable en el campo energético, al agotarse los yacimientos petroleros en explotación, dejando de ser autosuficiente en un mercado de precios a la alza. Así, se optó por iniciar un proyecto nucleoeléctrico que sustituyera en lo posible la demanda de petróleo y de energía que se esperaba para los próximos años.

Durante la década siguiente, la escasez de recursos financieros y la baja del petróleo propició el apoyo a los programas tanto de construcción como de restauración de plantas termoeléctricas.

Para finales de 1991 la capacidad instalada era de 26,797 MW; para 1993 era de 27,067 MW; mientras que en la actualidad se cuenta con 149 centrales generadoras de gran producción, 29 centrales hidroeléctricas mayores, 28 centrales termoeléctricas, tres centrales turbas, diez centrales de combustión interna, una central eólica y diez centrales de emergencia. Con un total en capacidad instalada

de más de 32,000 MW, 32,290 kilómetros de líneas de transmisión, 500,000 kilómetros de líneas de distribución y 15'000,000 de usuarios atendidos en todo el país.

En fechas recientes C.F.E. publicó que invertirá 14,000 millones de dólares en el sector eléctrico durante lo que resta del siglo, desarrollando a lo largo del país 14 nuevas plantas generadoras con capacidades cercanas a los 1,000 MW (Periódico La Jornada, 23 de noviembre de 1996).

1.3.- OPERACION REGIONAL

Corresponde a la Comisión Federal de Electricidad la planeación, el desarrollo y la operación del Sistema Eléctrico Nacional, para la generación, conducción, transformación, distribución y comercialización de energía eléctrica, como prestación de servicio público.

En general, las plantas generadoras están alejadas de los centros de consumo y conectadas a éstos a través de una red de alta tensión. La tensión se eleva a la salida de los generadores para realizar la transmisión de energía eléctrica en forma económica y se reduce en la proximidad de los centros de consumo para alimentar al sistema de distribución a una tensión adecuada. Esta alimentación puede hacerse directamente desde la red de transmisión, reduciendo la tensión en un solo paso al nivel de distribución, a través de un sistema de subtransmisión o repartición, utilizando un nivel de tensión intermedio.

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras que ha

sido conducida por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución. En México las tensiones de distribución primaria recomendadas son 13.2 KV, 23 KV y 34.5 KV.

El Sistema Eléctrico Nacional está formado por diversas áreas interconectadas, cada una de las cuales agrupa, por una parte, centrales generadoras y por otra, centros de consumo (figura No. 1.2).

Así, el sistema opera como una interconexión nacional, subdividida en un Sistema Interconectado del Sur y un Sistema Interconectado del Norte, cada uno de los cuales, a su vez, se subdivide en tres áreas de control que comprenden las diversas Entidades Federativas de la República (ver figura No. 1.3).

DISPOSICION GEOGRAFICA DE INTERCONEXION NACIONAL

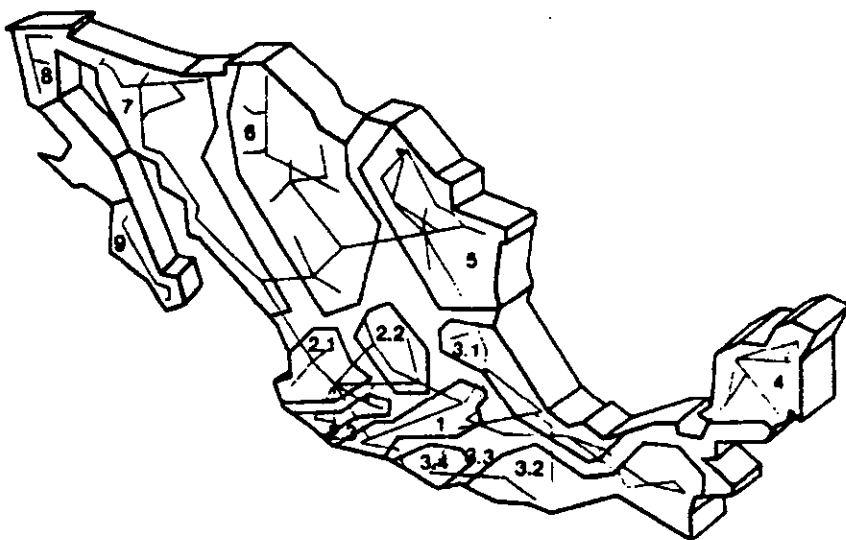


FIGURA No. 1.3

DISPOSICION GEOGRAFICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION

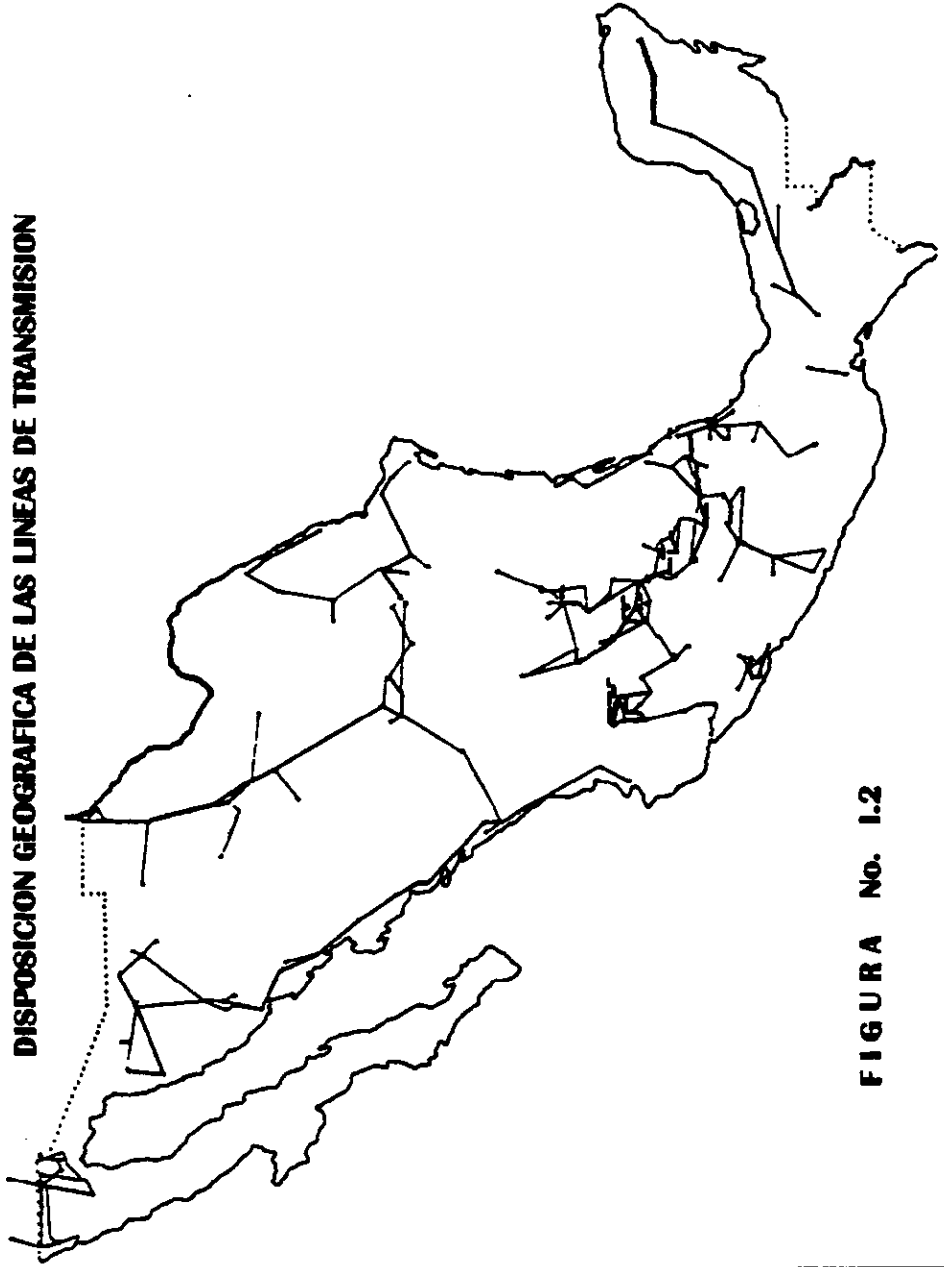


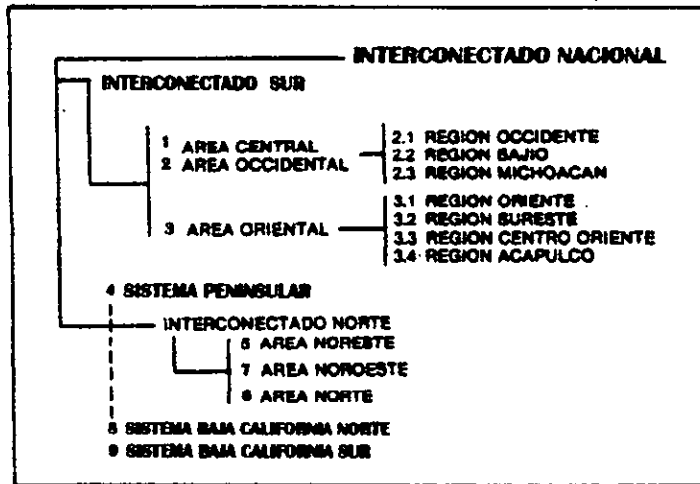
FIGURA No. 1.2

LINEAS 12 TRANSMISION

Para la administración del Sistema Eléctrico Nacional, la República Mexicana se divide en cinco regiones de generación hidroeléctrica, cinco regiones de generación termoeléctrica, siete regiones de transmisión y catorce divisiones de distribución (ver figura No. 1.4).

Por su importancia relativa en la generación de electricidad, las centrales de Tula, y Manzanillo operan, de hecho, como regiones de generación.

FIGURA No. 1.4



Las centrales generadoras se entrelazan mediante líneas de transmisión y subestaciones que permiten el envío y manejo de grandes bloques de energía en todo el país. La electricidad tiene un voltaje, a la salida de los generadores, entre 4 y 22 KV, y para su transmisión se eleva a 69, 115, 230 o 400 KV. Esta transformación de voltaje se realiza en las subestaciones elevadoras de las propias centrales y luego de

la transmisión a grandes distancias, es reducido a los niveles requeridos por los sistemas de distribución.

Para dirigir la operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) C.F.E. creó el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), que administra los combustibles y el agua almacenada en las presas. Como el SEN está formado por sistemas interconectados, el CENACE, a través de sus áreas de control, organiza la operación desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo, según el comportamiento de la demanda y determina los equipos que deben sujetarse a mantenimiento y en función de costos, los retira o los incorpora al servicio para asegurar la continuidad, calidad y economía del servicio.

1.4.- PLANEACION DE LINEAS DE TRANSMISION.

Existe una serie de procesos en cualquier proyecto de Ingeniería que intervienen antes de iniciar la obra y durante su construcción. Atender adecuadamente cada etapa de estos procesos asegura al ingeniero constructor, que la obra está siendo realizada dentro de los parámetros técnicos-económicos determinados por la seguridad y confiabilidad de operación que requiere una línea de transmisión.

Las actividades encomendadas al transporte de bloques de energía a los centros de consumo, se inicia con la planificación de la red de transmisión. El desarrollo óptimo de la red principal de transmisión deberá estar orientado hacia los objetivos de largo plazo de acuerdo con las estrategias de localización de las centrales; por lo tanto, la planeación de la red de transmisión deberá

fundamentarse en estudios enfocados al horizonte de corto plazo y en estudios prospectivos para el mediano y largo plazo.

La planeación de la transmisión para el corto, mediano y largo plazo (3-30 años), se hace por medio de un procedimiento que combina optimización y simulación, mediante los modelos lineales y no lineales que permiten definir en detalle el sistema de transmisión. El diseño del sistema de transmisión final se consigue por medio de los modelos de simulación utilizados para determinar el comportamiento eléctrico y probabilístico de los sistemas.

En forma general se puede considerar que el diseño de un sistema de transmisión de potencia, consiste básicamente en la elección de las líneas y los equipos necesarios para suministrar la potencia requerida al menor costo posible, dentro de los parámetros de calidad de servicio determinados.

Una vez determinadas las necesidades de transmisión de energía a los centros de consumo, se realizan las actividades siguientes:

- a) Selección de la trayectoria
- b) Levantamiento topográfico
- c) Diseño de la línea de transmisión
- d) Construcción y puesta en servicio

En una línea de transmisión, existen factores que han de ser tomados en cuenta para poder garantizar el cumplimiento del programa de construcción, dentro de los costos de obra previamente determinados y cumplir con las

expectativas de seguridad y economía de operación para la cual fue diseñada la línea.

En general se pueden establecer los siguientes porcentajes de costos de una línea de transmisión.

CONSTRUCCION 20%

MATERIALES 80%

Factores como el número de frentes, la disposición de efectivo y de créditos suficientes en cada etapa de construcción, la secuencia de trabajos a realizar ordenados en el tiempo y la capacidad de los ingenieros residentes, de frente y los propios monteros para solucionar los inconvenientes que se llegasen a presentar, son los que finalmente determinan los costos de producción.

La construcción de una línea de transmisión, es una obra de ingeniería que implica un reto de organización propio de obras de construcción pesada, no por nada existen contadas empresas que participan en los concursos de licitación que promueve la Comisión Federal de Electricidad y de éstas, son tres o cuatro las que tienen la capacidad real de llevar a cabo líneas de transmisión de gran longitud.

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO II

ESTUDIOS PREVIOS

- II.1.- ACTIVIDADES PARA DISEÑO
 - II.1.1.- SELECCION DE LA TRAYECTORIA
 - II.1.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
- II.2.- DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION
 - II.2.1.- DISEÑO ELECTRICO
 - II.2.2.- DISEÑO MECANICO
 - II.2.3.- DISEÑO ESTRUCTURAL
 - II.2.3.1.- CIMENTACIONES

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO II

ESTUDIOS PREVIOS

II.1.- ACTIVIDADES PARA DISEÑO

II.1.1.- SELECCION DE LA TRAYECTORIA

Entre las múltiples actividades que realiza la Comisión Federal de Electricidad, está la de construir líneas de transmisión de energía eléctrica funcionales, al menor costo posible y con el mínimo impacto ambiental.

La C.F.E. cuenta con la Coordinación y Gerencias de Proyectos de Transmisión y Transformación para dar a conocer a proyectistas y constructores, los principales criterios para analizar, evaluar y seleccionar la trayectoria de líneas de transmisión de energía eléctrica, entendiendo como tales, aquellas que sean para tensiones de 115 KVA o mayores.

El estudio, la evaluación y la definición de la ruta de cada proyecto para una línea de transmisión, es responsabilidad directa de la Comisión Federal de Electricidad, es ella la que registra las nuevas obras de infraestructura y asentamientos urbanos e industriales, así como las instalaciones eléctricas más importantes de la zona, además del continuo reconocimiento terrestre en forma detallada de todas las opciones de ruta factibles.

El análisis comparativo técnico, económico y ambiental de las trayectorias consideradas (tomando en cuenta los factores ya descritos) permite seleccionar la trayectoria definitiva, con la cual se elabora el Plano General en cartografía topográfica a escala 1:50,000. Este Plano General junto con los planos del perfil topográfico representan a la línea de transmisión en su trayectoria y disposición de torres de proyecto con los cuales se obtienen los volúmenes de obra, los plazos de ejecución y los montos aproximados de proyecto que se utilizarán para formular las bases de licitación y como referencia para determinar posibles contratistas en los concursos de licitación.

El análisis y evaluación de varias alternativas para la definición de la mejor trayectoria posible dará como resultado el diseño de una línea de transmisión económicamente viable durante su construcción y con una operación altamente confiable.

Los factores más importantes que se toman en cuenta para la selección de la trayectoria de una línea de transmisión son:

GEOLOGICOS: Los cruces de ríos, previniendo que sean lo más angostos posibles, el que se localicen estructuras bajo taludes inestables o bien que el terreno donde

se desplantarán las torres sean inestables

CONSTRUCTIVOS: Las zonas inaccesibles implican una inversión mayor en caminos de acceso, con las respectivas pérdidas de tiempos tanto durante la construcción como durante el mantenimiento y operación

DE INGENIERIA CIVIL: Las características geométricas y mecánicas de las propias estructuras y el análisis del tipo de cimentaciones que estas requieren para las solicitaciones que soportará la línea de transmisión

ELECTROMECHANICOS: Determinados por la altitud a lo largo de la trayectoria de la línea de transmisión y los cambios de temperaturas provocando distintos niveles de contaminación por ozono

Para la observación y análisis de las consideraciones anteriores, se debe realizar una serie de estudios y actividades de gabinete por parte de especialistas de las disciplinas de Geología, construcción, diseño civil y electromecánico para obtener una serie de opiniones, las cuales serán de gran ayuda al ser conjuntadas para definir la mejor alternativa de la trayectoria de la línea de transmisión.

II.1.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Una vez que la trayectoria ha sido analizada, evaluada y aceptada como la mejor alternativa, se inician los trabajos de topografía; si bien es cierto que esta disciplina es de uso común en toda obra de Ingeniería Civil, en el caso de líneas de transmisión es una verdadera especialidad por la cantidad de factores que se tienen que tomar en cuenta durante el levantamiento, ya que de la calidad y

precisión de las actividades desarrolladas en esta etapa, dependerá en gran parte el diseño de la línea de transmisión.

Algunos de los factores cuyas observaciones cualitativas y cuantitativas, registradas por parte del ingeniero topógrafo con experiencia en construcción de líneas de transmisión, sobre los planos del levantamiento, que son de suma importancia para la realización de un buen proyecto, se enlistan a continuación:

- a) Información sobre desarrollos urbanos
- b) Información sobre problemas potenciales de inestabilidad de taludes y fallas geológicas
- c) Cruzamientos con escurrideros, arroyos y ríos, así como las zonas inundables
- d) Contraperfiles significativos a distancias máximas de entre 15 y 20 metros
- e) Tipos y características de los terrenos y cultivos
- f) Cruzamientos con carreteras, líneas férreas, autopistas o con otras líneas ya sean telefónicas ó de transmisión

El no observar estos puntos podría llevarnos a no contar con las estructuras adecuadas, a localizar las estructuras en terrenos inestables o de muy difícil acceso con graves consecuencias en la economía del proyecto, o bien, a problemas de operación y seguridad de la línea debido al escaso libramiento con el terreno.

II.2.- DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION

Finalizado el levantamiento topográfico, los planos del perfil y planta de la línea de transmisión son revisados por el proyectista de localización de estructuras. En este proceso de localización y selección de estructuras se encuentran involucrados una serie de factores que deben ser analizados antes y durante esta

etapa.

A continuación se describen algunos de los factores de análisis más importantes que deben ser tomados en cuenta:

A N T E S

- a) Altitudes de la(s) región(es) por donde cruzará la línea de transmisión
- b) Velocidades de las ráfagas de viento regionales
- c) Temperaturas predominantes durante el año
- d) Niveles de contaminación a lo largo de la trayectoria de la línea de transmisión

D U R A N T E

- a) Los usos mecánicos y electromecánicos de las estructuras
- b) Las características geométricas de las estructuras
- c) El uso del suelo donde se desplantarán las estructuras
- d) Los inconvenientes topográficos y geológicos del sitio de desplante de la estructura
- e) La disponibilidad de suministro del tipo de estructura requerida
- f) Las características de los cables conductor y de guarda

Al prever estas consideraciones y tenerlas en cuenta durante el diseño de la línea, podemos evitar caer en casos de construcción de estructuras cuyo blindaje no es apropiado para la altitud o que no sean capaces de soportar las solicitaciones

a que estarán sujetas ya en operación o simplemente localizarlas en sitios inadecuados para la construcción, provocando los consabidos problemas en el suministro de las mismas.

Así también, podemos tener errores en la selección en el tipo de aislamiento, la omisión de parámetros básicos en el cálculo de la plantilla utilizada para la localización de estructuras o sobre-tensionar los cables exponiendo la estabilidad de la estructura durante la construcción u operación de la línea de transmisión.

Los sistemas de transmisión se diseñan seleccionando las líneas y equipos que suministrarán la potencia requerida, con la calidad de servicio especificada y costos mínimos, facilitando la ampliación del sistema en el futuro. Los criterios generales de diseño se pueden dividir en:

- a) **Diseño Eléctrico**
- b) **Diseño Mecánico**
- c) **Diseño Estructural**

Los procedimientos de estos dos primeros, están sustentados en relaciones de carácter experimental, así como en consideraciones del comportamiento mecánico de cables y otros de naturaleza topográfica y meteorológica, dan por resultado la silueta fundamental (figura No. II.1) y en consecuencia los diagramas de cargas para el diseño estructural.

En el siguiente diagrama de flujo (figura No. II.2) se muestra el procedimiento de cálculo para el diseño eléctrico y mecánico.

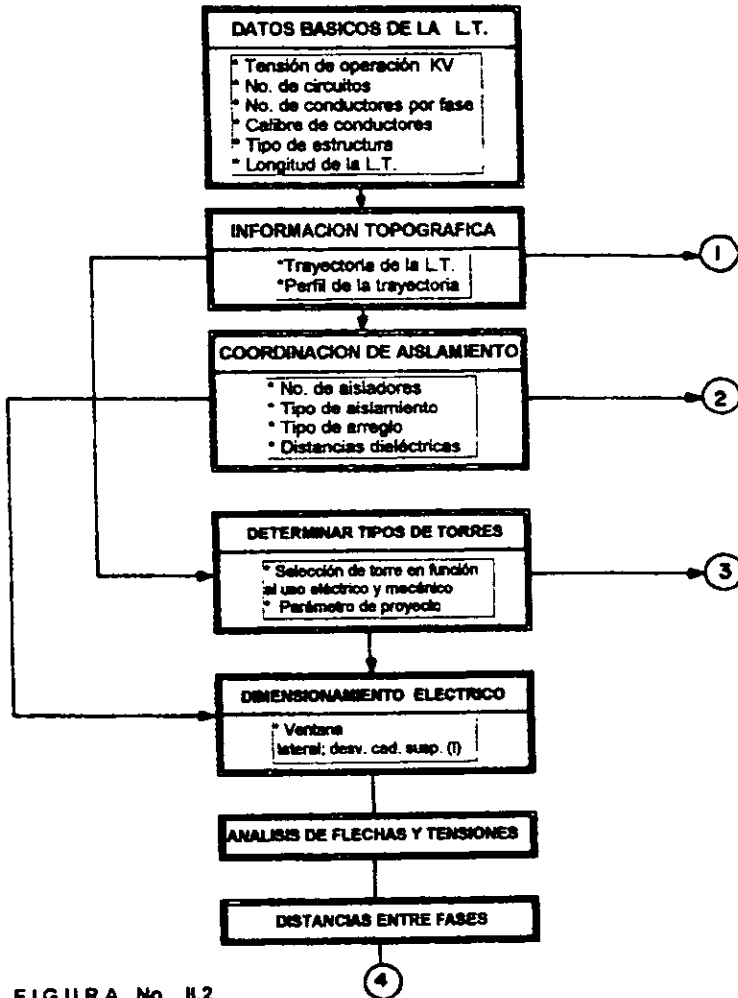


FIGURA No. II.2

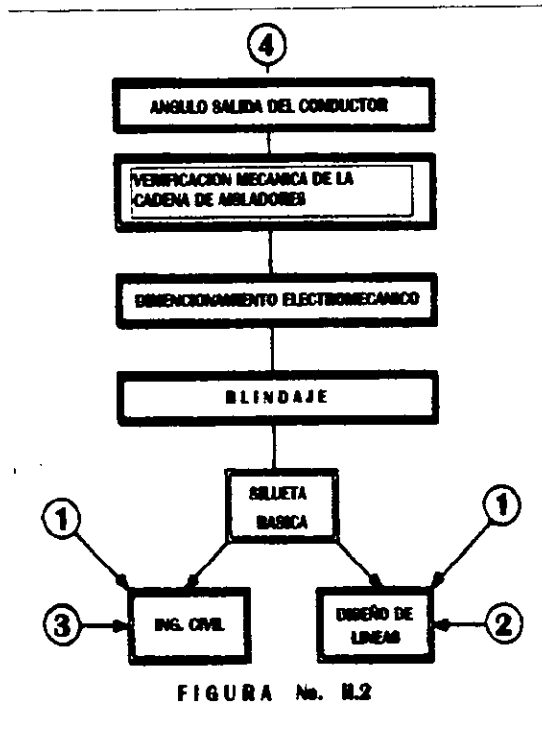


FIGURA No. II.2

1.2.1.- DISEÑO ELECTRICO

El diseño eléctrico permite conocer los parámetros para la elección de los elementos y dimensionamientos con que contará la línea de transmisión; con los cuales se garantiza que el transporte por bloques de energía eléctrica se realizará de manera eficiente y segura. Nos referimos a:

- 1.- Tipo de aisladores
- 2.- El arreglo de la cadena
- 3.- El número de aisladores
- 4.- Distancias mínimas de seguridad

A partir del plano general de la línea, es posible dividirla en tramos, en función de la altura sobre el nivel del mar; obteniendo las temperaturas media, mínima y máxima anual para cada tramo; así como la precipitación máxima durante 24 horas al año y el número de días con heladas al año. También, con ayuda de los mapas de isotecas, se obtienen las velocidades máximas de los vientos en proyecciones de 10, 50 y 200 años. Finalmente, los mapas de isodensidad de rayos permiten conocer el nivel y frecuencia de rayos probable a lo largo de la línea durante el año.

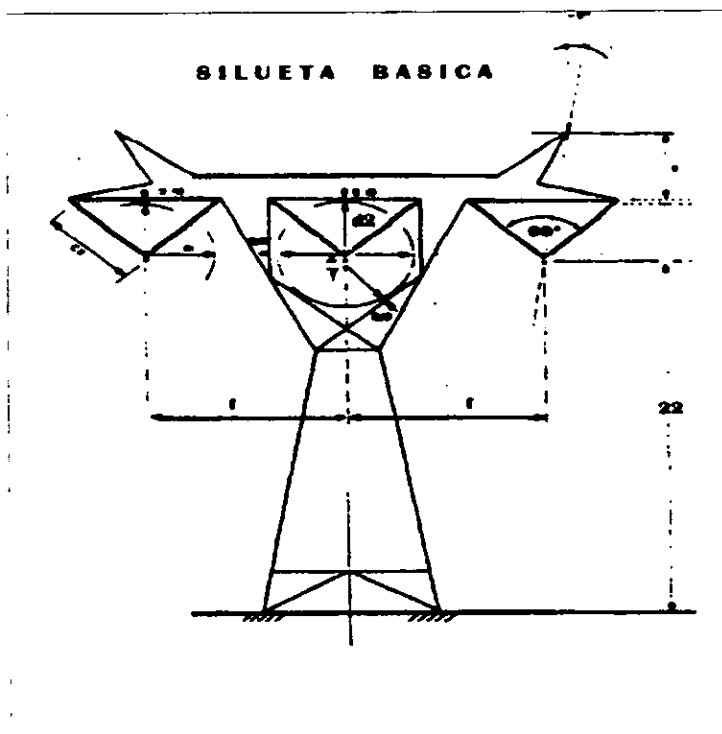
Para determinar el nivel básico de aislamiento, necesitamos partir de los datos básicos de la línea.

- 1.-TENSION MAXIMA DE OPERACION: La cual es función de la tensión nominal de la línea de transmisión
- 2.-NIVEL DE PROTECCION: Esta dado por la importancia de la línea de transmisión y puede ser definido bajo la condición de sobretensiones por impulso de maniobra ó bien, por impulso de descarga atmosférica
- 3.-CLASES Y FORMAS DE ONDA DE LAS SOBRETENSIONES: Estas pueden ser de baja frecuencia (continuas y temporales) o transitorias (frente lento, frente rápido y frente ultrarápido)
- 4.-El número de circuitos y su disposición (horizontal o vertical), con que se configurará la línea de transmisión

Una vez contando con el nivel básico de aislamiento, se procede a calcular la tensión crítica de flameo y con ella sabremos el tipo y número de aisladores que necesitará la línea en los diferentes tramos. Para obtener esta tensión crítica de flameo es necesario considerar el nivel de contaminación por salinidad, del ambiente.

Asimismo, es objetivo del diseño eléctrico, calcular las distancias dieléctricas mínimas, para dimensionar la silueta básica de las diferentes torres utilizadas en la Línea de transmisión (ver figura No. II.1), estas dimensiones son:

- 1.- Entre fases
- 2.- Entre conductor y torre
- 3.- Entre conductor y cable de guarda
- 4.- Entre conductor y el terreno
- 5.- Angulo de salida del conductor
- 6.- Angulo de blindaje. (cable guarda)



F I G U R A No. II.1

II.2.2.- DISEÑO MECANICO

A partir de la información estadística de claros horizontales, verticales y deflexiones del proyecto de la Línea de Transmisión, además de los datos obtenidos durante el diseño eléctrico, es posible efectuar el diseño mecánico para definir los rangos de uso de los diferentes tipos de torres.

El cálculo de flechas y tensiones permite seleccionar o verificar las tensiones mecánicas, así como sus flechas resultantes. Bajo el impacto de obtener condiciones de confiabilidad y economía; nos da la oportunidad de observar y analizar el comportamiento de los conductores de fase y guarda, también nos permite verificar los libramientos reglamentarios y la altura de los conductores a la clema.

En base a las cargas aplicadas a los conjuntos de aisladores, tales como el viento, peso de los elementos, deflexiones, cargas por hielo y tensiones de trabajo, se verifica su comportamiento mecánico, revisando que los esfuerzos resultantes máximos en relación con las capacidades de los aisladores arrojen factores de seguridad apropiados.

CADENAS EN SUSPENSION:

$$f.s. = n \cdot c / M + A$$

DONDE:

- f.s.: Factor de seguridad
- n: Número de cadenas por fase
- c: Carga de ruptura del aislador
- M: Masa aparente de la hipótesis más crítica en el claro de viento correspondiente, multiplicada por el número de conductores por fase

A: Masa de la cadena multiplicada por 1.5

CADENAS EN TENSION:

$$f.s. = n * c / T * N$$

DONDE:

T: Tensión máxima que resiste el conductor

N: Número de conductores por fase

II.2.3.- DISEÑO ESTRUCTURAL

Las actividades propias del diseño estructural para proyectos de transmisión son las de seleccionar el tipo de estructuras y de elementos soportantes y el diseño de las cimentaciones que soportaran a estas estructuras y elementos.

En las líneas de transmisión existen básicamente tres tipos de torres, las cuales se definen a continuación.

- a) **SUSPENSION:** Este tipo de estructuras se diseñan para soportar el peso de los cables y aisladores, la acción del viento, así como una posible rotura de un cable
- b) **DEFLEXION:** Además de cumplir con las propiedades de una de suspensión, estas estructuras se diseñan para soportar las cargas generadas por el cambio de dirección en la trayectoria de la línea de transmisión
- c) **REMATE:** Estas se encuentran al inicio y al final de la línea de transmisión por lo que deben ser diseñadas para soportar, de manera permanente, las cargas producidas por todos los cables comprendidos en el primer y último claro

De los diseños mecánico y eléctrico se obtienen los siguientes datos, fundamentales para desarrollar el diseño estructural de los diferentes tipos de torres. Esta información es:

DISEÑO ELECTRICO

- Tipo y número de aisladores
- tipo de arreglo (vertical o en "V")
- longitud de las cadenas
- Silueta básica de la torre

DISEÑO MECANICO

- Tipo de torre
- Angulo de deflexión
- Claros medio horizontal y vertical
- Tipo de cable conductor
- Tipo de cable de guarda
- Tensión de cables
- Condiciones climáticas

A partir de estos datos y conociendo las especificaciones de los equipos y materiales, es posible conocer las diferentes fuerzas que actuarán sobre las torres. Para obtenerlas es necesario considerar las variables que las originan. Estas variables se presentan a continuación, precedidas por la fuerza en que intervienen.

FUERZAS VERTICALES

A:

- Masa unitaria del cable conductor
- Masa unitaria del cable de guarda
- Masa de aisladores y herrajes
- Carga viva en puntas de crucetas debido a maniobras de tendido de cables
- Carga tributaria interpostal por peso de cables

A':

- Masa de hielo sobre cables, en los cuales se consideran 5mm de radio adicionales de cable, debido a capa de hielo

B:

- Masa propia de la torre

FUERZAS TRANSVERSALES

C:

- Diámetro del cable conductor y del de guarda
- Diámetro de cadenas de aisladores
- Longitud de aisladores
- Carga tributaria interpostal por viento en cables

C':

- Diámetro de cables adicionando 5mm de radio de cable, debido a capa de hielo
- Carga tributaria interpostal por viento reducido en cables con hielo
- Carga de viento reducido en estructura

D:

- carga de viento en la estructura
- Areas de la estructura expuestas al viento

PARA TORRES EN DEFLEXIÓN

H:

- Tensión de los cables
- Un medio del ángulo de deflexión

FUERZA LONGITUDINAL

- Fuerza no contrarrestada por rotura de un cable (para torres de suspensión y de deflexión)
- Fuerza no contrarrestada de todos los cables (para torres de remate)
- Fuerza por maniobras al tender los cables (para cualquier tipo de torre)

Estas fuerzas, así obtenidas, presentan incertidumbres de incidencia durante un período considerado; para tomar esto en cuenta, los valores de estas fuerzas se multiplican por factores de carga mayores a uno, aumentando su valor según se establezca el grado de incertidumbre.

Asimismo, es necesario considerar una acción combinada de estas fuerzas, combinación esquematizada en el siguiente cuadro.

DONDE:

- C1, C2: Fuerzas transversales por viento sobre los cables, considerando viento medio y máximo respectivamente
- D1, D2: Fuerzas transversales por viento sobre las estructuras, considerando viento medio y máximo respectivamente
- C3, D3: Fuerzas transversales por viento sobre los cables, considerando viento reducido

- V1: Viento medio; es la velocidad regional máxima de viento para un periodo de retorno de 10 años
- V2: Viento máximo; es la velocidad regional máxima de viento para un periodo de retorno de 50 años
- V3: Viento reducido; es la velocidad regional reducida de viento, se considera un medio de V1

COMBINACIONES Y FACTORES DE CARGA

CONDICION DE SERVICIO	COMBINACION	VIENTO
NORMAL (Suspensión y Deflexión)	$[A + B + H] \times 1.1 + [C1 + D1] \times 1.5$	V1
NORMAL (Remate)	$[A + B + F + H] \times 1.1 + [C1 + D1] \times 1.5$	V1
MAXIMA (Suspensión y Deflexión)	$[A + B + C2 + D2 + H] \times 1.1$	V2
MAXIMA (Remate)	$[A + B + C2 + D2 + F + H] \times 1.1$	V2
ROTURA DE CABLE	$[A + B + C1 + D1 + F + H] \times 1.1$	V1
MANIOBRA	$[A + B + C3 + D3 + F + H] \times 1.1 + W$	V3

CON ACUMULACION DE HIELO EN CABLES Y ESTRUCTURA

NORMAL (Suspensión y Deflexión)	$[A' + B + C3' + D3] \times 1.5 + [H] \times 1.1$	V3
NORMAL (Remate)	$[A' + B + C3' + D3] \times 1.5 + [F + H] \times 1.1$	V3
ROTURA DE CABLE	$[A' + B + C3' + D3 + F + H] \times 1.1$	V3

Actualmente para desarrollar el diseño estructural de las torres se aplica el criterio de los estados límite que se refiere a la etapa del comportamiento de una estructura a partir de la cual, ésta o alguna de sus partes deja de cumplir la función para la cual fue diseñada.

Los estado límite pueden ser de servicio o falla. Los parámetros se refieren a las etapas de deformación de la estructura, agrietamientos en la cimentación o daños que afectan el correcto funcionamiento de la estructura, pero no la capacidad para soportar cargas. Los segundos, se refieren a la pérdida definitiva de la capacidad de carga, se pueden presentar dos tipos de falla: frágil y dúctil.

El estado límite corresponde a una falla frágil cuando al ser alcanzado, se reduce bruscamente la capacidad de carga de la estructura. Por otro lado, la falla dúctil se refiere a que la estructura sufra deformaciones importantes, sin tener una pérdida considerable en su capacidad de carga.

Dentro del contexto de estado límite, se define a la resistencia como la magnitud de una carga o de una combinación de ellas que provocaría la aparición de un estado límite en la estructura.

El valor nominal de la resistencia de un elemento o sección estructural es un valor conservador de la capacidad mínima de éste para soportar determinada carga.

Para fines de diseño se establecen resistencias de diseño, las cuales se obtienen multiplicando la resistencia nominal de los elementos estructurales por un factor menor que la unidad. Finalmente, se procede a la determinación de las fuerzas internas y deformaciones producidas a las estructuras, debido a la aplicación de diferentes tipos de cargas y a las combinaciones antes mencionadas, con el objeto de realizar dichas determinaciones, se aplican métodos de análisis estructural los cuales han sido desarrollados a partir de una abstracción de la realidad.

En la aplicación de los métodos de análisis, las incertidumbres y falta de aproximación que se presentan, se deben principalmente a la idealización del sistema estructural y a la incertidumbre en los valores específicos de las propiedades de lo que nos lleva a realizar simplificaciones sobre el comportamiento real de las estructuras.

Los métodos de análisis más utilizados en la actualidad como resultado de su fácil aplicación mediante el uso de computadoras, son los siguientes:

- a) Método de rigideces
- b) Método de el elemento finito
- c) Método de flexibilidades

II.2.3.1- CIMENTACIONES

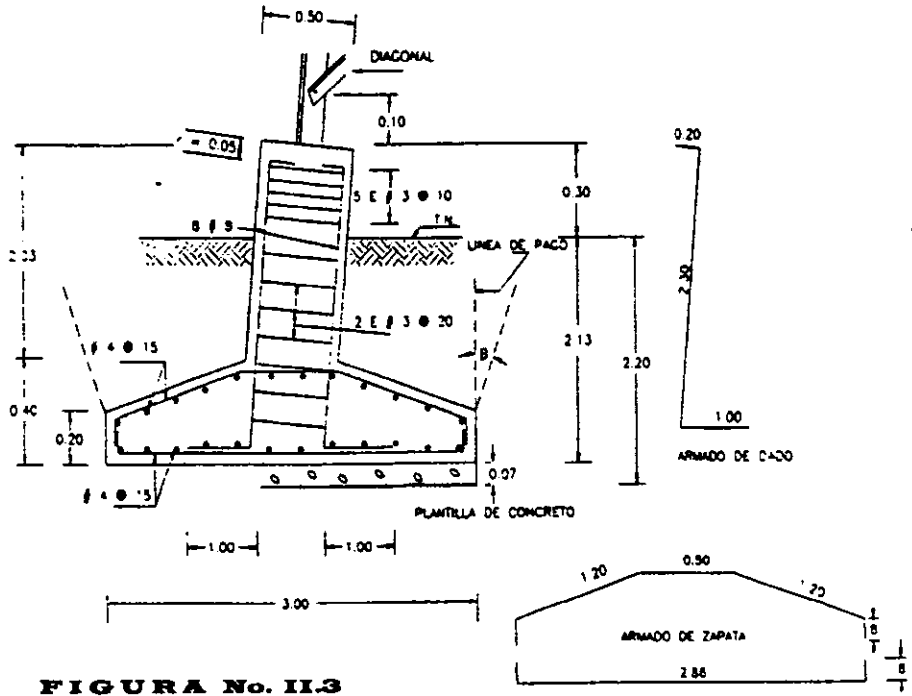
Con el objeto de realizar el diseño de las cimentaciones, se realizan estudios geotécnicos con el fin de determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos sobre que serán desplantadas las cimentaciones.

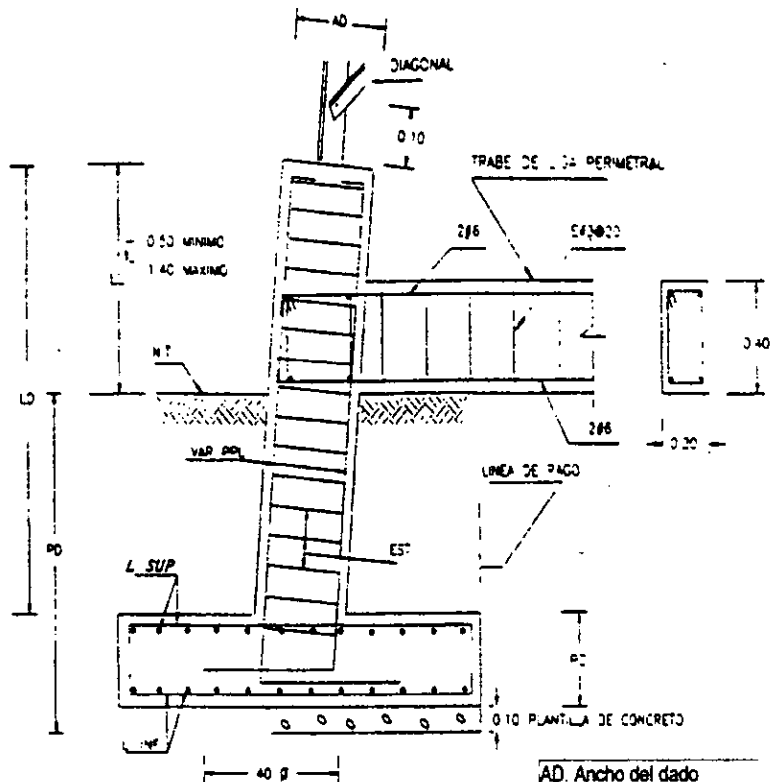
Las propiedades índice nos permiten estimar las propiedades mecánicas que podemos esperar de los suelos. Por otra parte, las propiedades mecánicas nos ayudan a determinar su comportamiento, mediante la determinación de parámetros tales como resistencia al esfuerzo cortante, compresibilidad y permeabilidad.

Una vez obtenidas las características del suelo se procede a la selección de la cimentación que por su tipo puede ser superficial o profunda.

Las cimentaciones superficiales en general, son utilizadas cuando los suelos presentan propiedades de resistencia y compresibilidad favorables. Estas cimentaciones pueden ser:

- Zapatas aisladas; ver figura No. II.3
- Zapatas ligadas con trabes; ver figura No. II.4
- Zapatas ancladas; ver figura No. II.5
- Pilas cortas; ver figura No. II.6





AD: Ancho del dado
 LD: Longitud del dado
 PZ: Peralte de la zapata
 BZ: Ancho de la zapata

FIGURA No. II.4

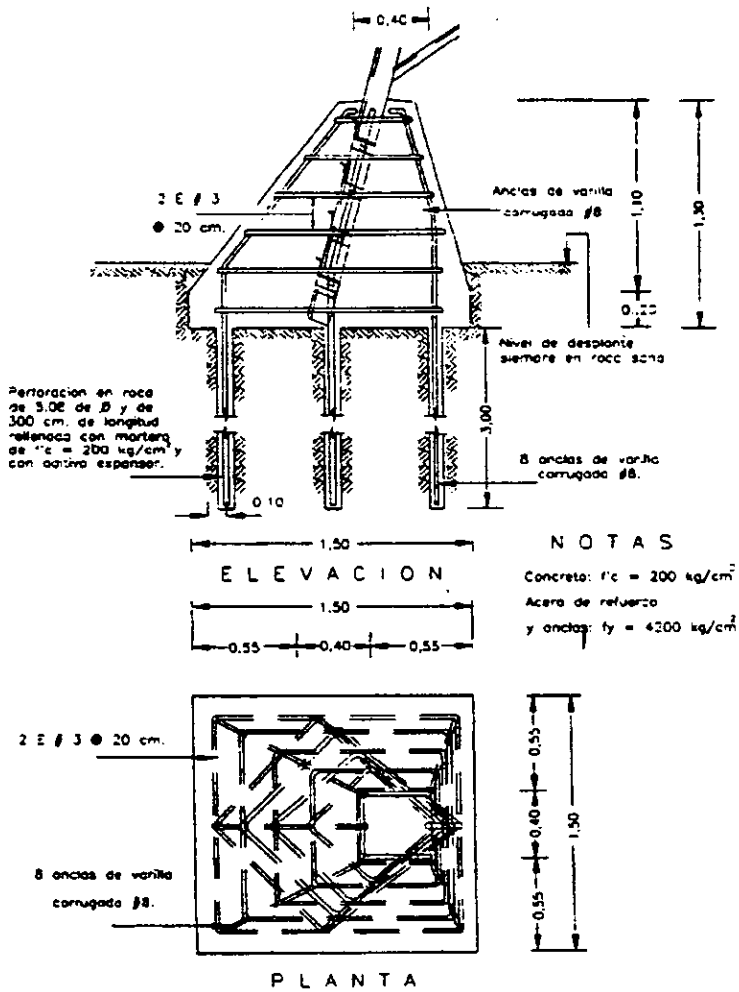


FIGURA NO. II.5

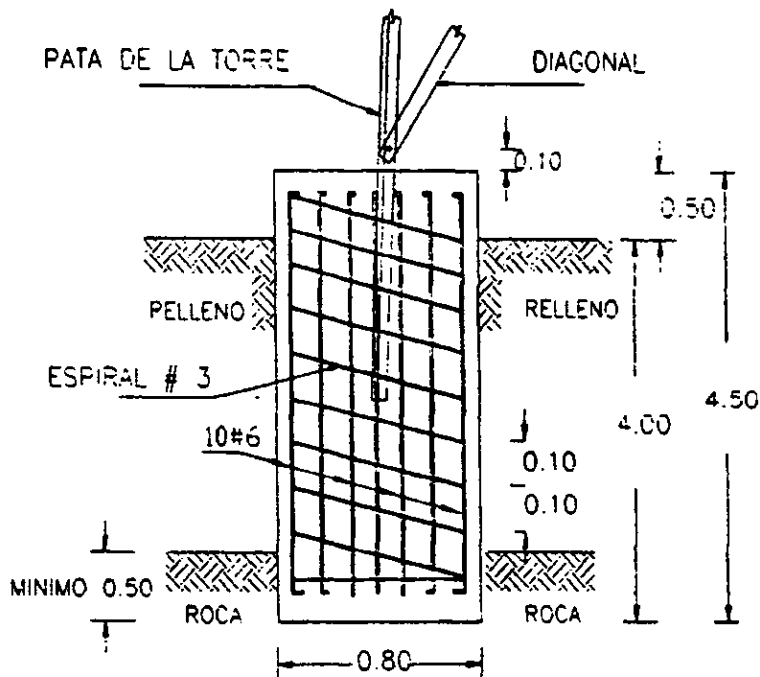


FIGURA No. II.6

Por otra parte, las cimentaciones profundas son utilizadas cuando las propiedades de resistencia y compresibilidad de los suelos resultan desfavorables para lograr un comportamiento adecuado en la cimentación.

Cabe señalar que para realizar la selección del tipo de cimentación a utilizar, es importante aplicar criterios como el costo y tiempo, ya que en la mayoría

de los casos, se pueden obtener soluciones utilizando tanto una cimentación superficial como una profunda.

Cuando ha sido definido el tipo de cimentación a utilizarse, así como los elementos mecánicos de la superestructura, se procede al diseño por capacidad de carga, volteo, consolidación y deslizamiento.

En el diseño de las cimentaciones también es importante considerar los efectos generados por viento y sismo, siendo en este caso de mayor relevancia los efectos que ocasiona el viento, debido a las velocidades e impacto generados en el cuerpo de la torre que en comparación con los efectos generados por sismo resultan altos, dada la masa relativamente pequeña de este tipo de estructuras. Sin embargo, en el caso de presentarse un suelo integrado por arenas finas, poco compactas y saturadas, el sismo representa un alto riesgo, dado que puede ocasionar la falla del suelo al presentarse el fenómeno de licuación en dichas arenas.

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO III

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

INTRODUCCION

- III.1.- ANTECEDENTES**
- III.2.- ESQUEMA DE LA FAMILIA ISO-9000**
- III.3.- ELEMENTOS BASICOS DE UN SISTEMA
DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**
- III.4.- ACTIVIDADES DE ASEGURAMIENTO DE
CALIDAD**

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO III

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

INTRODUCCION

Actualmente en México, se ha iniciado la implementación de sistemas de aseguramiento de calidad, principalmente como respuesta a nuestra inclusión en el comercio internacional. Por otra parte, el Gobierno de México a través de algunas de sus dependencias y entidades, promueve la implementación de estos sistemas en las empresas mexicanas aún cuando no se trate de licitaciones internacionales.

Los sistemas de aseguramiento de calidad son una herramienta que sirve para darnos confianza en los diferentes productos o actividades que desarrollamos mediante el control y la vigilancia de los diseños , las adquisiciones la fabricación y mantenimiento de equipos entre otros.

Como resultado de la globalización de los mercados, surgió la necesidad de garantizar de alguna manera, la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a nivel internacional , así fue creada la Organización de Normas Internacionales (International Standards Organization, ISO) con el objeto de establecer criterios para implementar sistemas de calidad en los diferentes tipos de empresas.

III.1.- ANTECEDENTES

Los sistemas de aseguramiento de calidad tuvieron su inicio en la industria militar y aeroespacial de los Estados Unidos de Norte América durante los años 50's ; posteriormente, iniciaron su madurez en la industria nuclear y por último todas las ventajas observadas a través de esta filosofía están siendo aplicadas en la industria convencional.

La filosofía del aseguramiento de calidad alcanzó su desarrollo más amplio en los Estados Unidos de Norte América . En este país , los criterios de aseguramiento de calidad se fueron aplicando y desarrollando de la siguiente manera :

- En los años 50's , inicio su desarrollo en la industria militar y aeroespacial, con la emisión de la norma MIL-Q-9858 , editada por el departamento de defensa de los Estados Unidos de Norte América. Esta norma tenía todos los criterios de calidad conocidos hasta la fecha , excepto el de auditoría
- En 1962 , la NASA emitió el documento " Quality Program Provisions For Space Sistem Constructors " denominado NPC-200-2
- En 1967 , la Atomic Energy Comision (AEC) publica " General Designs Criteria For Nuclear Power Plants " que constaba de 70 criterios , entre los que se incluía la obligación de aplicar un programa de aseguramiento de calidad
- En 1969 , la misma AEC emite el apéndice " B " del documento 10-CFR-50 llamado "Quality Assurance Criteria For Nuclear Power Plants " , este documento enmendado posteriormente , ha dado los requisitos básicos de aseguramiento de calidad para casi la totalidad de los países occidentales en la última década
- Casi simultáneamente a la emisión del apéndice " B " del 10-CFR-50 , el comité de energía nuclear de ASME amplió el campo nuclear y así en la edición 1971 del código , se incluye el artículo 4000 , en la sección II (subsección NA) llamado " Quality Assurance " , en el cual se indican los requisitos de calidad aplicables a fabricantes instaladores , cuyas actividades se desarrollan con dicha sección
- En Mayo de 1969 , el comité de American National Standards (para aspectos nucleares) , estableció un subcomité especial para estudiar los requisitos de

aseguramiento de calidad aplicables a plantas nucleares , como consecuencia de ello se emitió la norma ANSI N.45.2 " Quality Assurance Program Requirements For Nuclear Power Plants "

- En 1975 , El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) elaboró un código de guías prácticas de aseguramiento de calidad que son aplicables a la industria convencional

III.2.- ESQUEMA DE LA FAMILIA ISO 9000

Con el objeto de uniformizar los términos , conceptos, criterios y técnicas de calidad a nivel mundial , y sin implicar la estandarización de los sistemas de calidad , la Organización de Normas Internacionales (ISO , International Standards Organization) elaboró un conjunto de normas internacionales que tratan sobre sistemas de administración , aseguramiento , control y tecnologías de calidad . Estas normas son conocidas como ISO 9000 .

La familia ISO 9000 se compone de tres partes:

- 1) Norma ISO 8402 en la que se describen conceptos términos y vocabulario de calidad
- 2) La serie ISO 9000 es un esquema que aborda aspectos estratégicos , administrativos , humanos y técnicos de la calidad. Se forma de cinco normas básicas que son las señaladas a continuación :
 - a) ISO 9000 trata el aspecto de la selección y uso de un modelo de calidad
 - b) ISO 9001 se encuentra integrada por veinte criterios abarcando las fases de diseño , desarrollo , producción, instalación y servicio
 - c) ISO 9002 en esta norma se tienen establecidos diecinueve criterios referentes a las fases de producción, instalación y servicio
 - d) ISO 9003 trata la fase de inspección y pruebas finales mediante el establecimiento de dieciséis criterios
 - e) ISO 9004 ofrece aspectos administrativos y estratégicos de la calidad

- 3) La serie ISO 10000 que es un conjunto de normas que ofrecen tecnologías de soporte tales como : auditorías de calidad , costos de calidad , manuales de calidad y calidad en las mediciones

LA FAMILIA ISO 9000 INCLUYE LAS SIGUIENTES NORMAS :

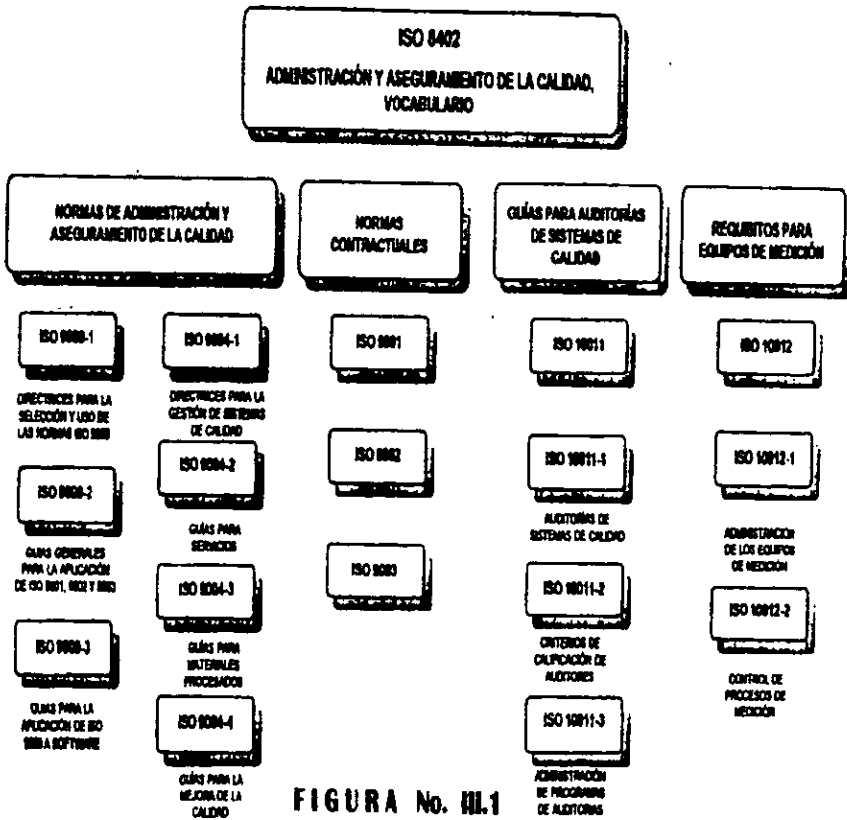


FIGURA No. III.1

III.3.- ELEMENTOS BASICOS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

A continuación se hace un extracto de la norma ISO-9001, la cual dentro de la serie, es aplicable a una empresa o proyecto en el cual el sistema de aseguramiento de calidad tiene como alcance el proyecto, diseño, fabricación, instalación y servicio.

1.- ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA

- a) Las políticas de calidad deben ser definidas, documentadas, entendidas, implementadas y mantenidas
- b) Ser definirán las responsabilidades y autoridad para el personal que específica, lleva a cabo y monitorea la calidad. Los recursos para llevar a cabo las verificaciones internas, deben ser definidos, capacitados y confirmados, designando al personal administrador del sistema de calidad, encargado de ver que dicho sistema es implementado y mantenido
- c) El programa de calidad debe ser revisado periódicamente, para asegurar lo apropiado para la empresa y la efectividad del mismo

2.- SISTEMA DE CALIDAD

- a) Se desarrollan procedimientos
- b) Se debe emitir y utilizar los procedimientos desarrollados

3.- REVISION DE CONTRATOS

- a) Los contratos y ordenes de compra deben ser revisados para verificar que todos los requisitos de calidad han sido adecuadamente definidos, están de acuerdo con las necesidades originales y pueden ser implementadas

4.- CONTROL DE DISEÑO

- a) El diseño del proyecto debe ser planeado
- b) Los parámetros básicos del diseño (de entrada), deben ser definidos
- c) Los resultados del diseño (de salida), incluyendo las características básicas del producto deben ser documentadas
- d) El diseño final debe ser verificado para conocer los requisitos de entrada

- e) Los cambios de diseño deben ser controlados
- 5.- CONTROL DE DOCUMENTOS
- a) La generación de documentos debe ser controlada
 - b) La distribución de documentos debe ser controlada
 - c) Los cambios a los documentos deben ser controlados
- 6.- COMPRAS
- a) Los proveedores y contratistas potenciales deben ser evaluados en cuanto a su capacidad para cumplir con los requisitos establecidos
 - b) Los requisitos deben ser claramente definidos en la información del contrato
 - c) La efectividad de los contratistas debe ser medida
- 7.- MATERIALES SUMINISTRADOS
- a) Cualquier material suministrado debe ser protegido contra pérdida o daño
- 8.- IDENTIFICACION Y TRAZABILIDAD DEL PRODUCTO
- a) El producto debe ser identificable y trazable por número de producto, número de bachada o lote, durante todas las fases de producción, envío e instalación
- 9.- CONTROL DEL PROCESO
- a) Los procesos de producción (e instalación) deben ser definidos y planeados
 - b) La producción debe ser desarrollada bajo condiciones controladas: instrucciones documentadas, controles durante proceso, aprobación de procesos y equipo y criterios de mano de obra
 - c) Los procesos especiales, los cuales no pueden ser verificados después de ejecutados, deben ser monitoreados y controlados a través del proceso
- 10.- INSPECCION Y PRUEBAS
- a) El material recibido debe ser inspeccionado o verificado antes de su uso
 - b) Se debe llevar a cabo inspecciones durante el proceso y las pruebas
 - c) Antes de la liberación de producto terminado, se debe llevar a cabo una

inspección final y pruebas

- 11.- EQUIPOS DE INSPECCION MEDICION Y PRUEBAS
 - a) El equipo utilizado para verificar la conformidad de los productos, debe ser controlado, calibrado y mantenido
 - b) La incertidumbre de las mediciones y la capacidad del equipo deben ser conocidos
 - c) En caso de utilizar hardware o software, estos deben ser verificados antes de utilizarse y deben ser verificados durante su uso

- 12.- ESTADO DE LA INSPECCIÓN Y PRUEBAS
 - a) El estado de la inspección y pruebas para cada uno de los materiales debe ser mantenido a través de cada uno de los procesos por los que pasa dicho componente
 - b) Los registros generados deben de indicar quién liberó la conformidad del producto

- 13.- CONTROL DE PRODUCTOS NO CONFORMES
 - a) Los productos no conformes deben ser controlados para evitar su uso o instalación inadvertida
 - b) Se debe llevar a cabo de manera formal, la revisión y disposición de no conformidades

- 14.- ACCIONES CORRECTIVAS
 - a) Las causas de los problemas deben ser identificados
 - b) Los problemas específicos y sus causas deben ser solucionados
 - c) La efectividad de las acciones correctivas debe ser evaluada

- 15.- MANEJO, ALMACENAMIENTO, EMPAQUE Y ENVIO
 - a) Debe desarrollarse y mantenerse, procedimientos para manejo, almacenamiento, empaque y envío
 - b) Los controles de manejo deben prevenir daños o deterioro
 - c) Debe existir seguridad durante el almacenaje. Se revisará el deterioro de los productos almacenados

- 16.- REGISTROS
- a) Los registros de calidad deben ser identificados, colectados, registrados, listados, almacenados, mantenidos y dispuestos
- 17.- AUDITORIAS INTERNAS DE CALIDAD
- a) Se deben planear y desarrollar auditorias
 - b) Los resultados de las auditorias se deben comunicar a la Gerencia
 - c) Cualquier deficiencia encontrada debe ser corregida
- 18.- ENTRENAMIENTO
- a) Las necesidades de entrenamiento deben ser identificadas
 - b) Se debe proporcionar entrenamiento
 - c) Algunos grupos especiales, pueden requerir calificación individual
 - d) Se mantendrán registros de mantenimiento
- 19.- SERVICIO
- a) Las actividades de servicio deben desarrollarse a través de los procedimientos descritos anteriormente
 - b) Se deben conocer los requisitos para las actividades de servicio
- 20.- TECNICAS ESTADISTICAS
- a) Las técnicas estadísticas deben ser utilizadas para verificar la aceptabilidad de un proceso y la capacidad y características del producto

III.4.- ACTIVIDADES DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

El Aseguramiento de Calidad debe aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, compras, fabricación, instalación, pruebas y operación. Aunque muchas veces por el concepto "construcción" se entienden las cinco primeras fases que se han citado.

El responsable de la aplicación de un sistema de Aseguramiento de calidad, debe disponer de los medios suficientes para verificar que dicho sistema se cumple, es decir, debe contar con su propia Organización de Aseguramiento de Calidad.

Desde luego, esta Organización variará según se tenga o no subcontratada la instalación, es decir, el propietario puede ser a la vez instalador o no.

Si se tiene contratistas con su propio Sistema de Calidad y por lo tanto su propio Control de Calidad, su misión puede reducirse a supervisar la actuación de éste, por medio de vigilancias y atestiguamiento de los puntos de inspección fijados sobre el programa de Control de Calidad del instalador, para verificar que se cumple con los lineamientos generales del Sistema de Aseguramiento de Calidad.

En el caso de que el propietario sea igualmente el instalador, debe disponer de sus propios recursos de Control de Calidad, que atestigüen mediante inspección directa, la calidad, de la instalación.

Las actividades que el grupo de Aseguramiento de Calidad debe llevar a cabo para verificar el cumplimiento con el Sistema de Aseguramiento de Calidad por parte de todas aquellas organizaciones que trabajan bajo éste, son básicamente las indicadas en los siguientes apartados.

AUDITORIAS

Se denomina Auditoría, al conjunto de actividades sistematizadas, planeadas y documentadas desarrolladas con el objeto de verificar que todos los elementos de un Sistema de Aseguramiento de Calidad han sido total y efectivamente implantados.

En general, los documentos americanos relacionados con el tema de auditoría de calidad, indican que se requiere un sistema adecuado de auditorías periódicas y planeadas para verificar el cumplimiento con todos los aspectos del Sistema de Aseguramiento de Calidad.

Este tipo de actividades son programadas tratando de verificar el cumplimiento con todos los elementos del Sistema de Calidad, por lo menos una vez al año. Las auditorías deben ser realizadas por personal calificado de acuerdo con las normas ANSI N.45.2.23, ISO-10011 ó NMX-CC-08, según aplique.

VIGILANCIAS

Las vigilancias son una revisión, observación o inspección con el propósito de verificar que una acción ha sido terminada como fue especificado, en el sitio de la fabricación ó durante la obtención de la materia prima o componentes.

Para efecto práctico, pueden considerarse como auditorías de proceso, cuya función es la de revisar en detalle alguna actividad en particular dentro de la obra.

Se les programa intercaladas en el programa de auditorías, cuando por problemas detectados en cierta área o por ser casos únicos en el proyecto, se desea realizar un chequeo a fondo sin necesidad de tener que esperar la realización de la siguiente auditoría.

INSPECCIONES

La actividad más conocida dentro del contexto del Aseguramiento de Calidad es la inspección.

Inspeccionar es examinar, reconocer atentamente una cosa, comprobar mediante observación directa que la operación, proceso o servicio se lleva a cabo de acuerdo con lo previsto.

La inspección en su acepción común, se entiende como comprobación visual, es decir, comprobación de determinados atributos o características físicas, químicas o funcionales de un material o equipo, mediante técnicas, instrumentos ó herramientas determinadas.

A las actividades de inspección se suelen llamar Control de Calidad, ya que dispone de técnicas tales como los ensayos mecánicos y químicos, ensayos no destructivos y pruebas estáticas y funcionales de un material o equipo.

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

..... O B R A C I V I L

CAPITULO IV

VERIFICACION TOPOGRAFICA

- IV.1.- ACTIVIDADES DE CAMPO
- IV.2.- PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO
- IV.3.- BRECHA TOPOGRAFICA
- IV.4.- TRAZO CON DISTANCIOMETRO ELECTRONICO
- IV.5.- CRUZAMIENTOS
- IV.6.- PERFILES LATERALES
- IV.7.- SEÑALAMIENTO
- IV.8.- REGISTROS DE CAMPO
- IV.9.- P L A N O S

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO IV

VERIFICACION TOPOGRAFICA

N.1.- ACTIVIDADES DE CAMPO

Como toda licitación pública, el contratista debe establecer la residencia de construcción con antelación a cualquier actividad. Una residencia que constará de oficinas y almacenes adecuados y suficientes para atender la obra en toda su magnitud.

La verificación topográfica deberá ser llevada por métodos electrónicos, utilizando distanciómetros.

Se deberán levantar y registrar en planos, además de los datos necesarios para poder dibujar la planta y el perfil del eje de la línea los siguientes puntos:

- 1.- Linderos de terrenos y su tipo
- 2.- Ríos, arroyos, escurrimientos y canales
- 3.- Lagunas, presas y zonas inundables
- 4.- Carreteras, caminos, puentes y ferrocarriles

- 5.- Tipo y altura de construcciones
- 6.- Tipos de vegetación , sembradíos y arboledas , con su altura al momento del levantamiento , así como la altura máxima que pueden alcanzar
- 7.- Tipo y uso de los terrenos

Se levantará y dibujará cualquier elemento de los anteriores, que aunque no cruce, quede dentro de una franja de 50 m., considerando 25 m a cada lado del eje de la línea.

IV.2.- PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO

El levantamiento se iniciará en el punto central del marco de la bahía de la subestación, punto que se denominará 0+000 del cadenamamiento.

El ángulo que forma la trayectoria de la línea con respecto al marco medido horizontalmente, de ser posible, será de 90° y en ningún caso será menor a 75°.

La primer torre será de tensión y se proyecta a una distancia de entre 40 y 60 m. de la bahía de la subestación que puede ser un punto sobre tangente (PST) o bien un punto de inflexión (PI), nunca mayor de 15°. La siguiente o primera deflexión de cualquier grado, no será localizada a menos de 300 m, en el caso de torres.

El marco de la bahía de la subestación de destino, será el punto final de la línea, debiéndose observar las mismas restricciones que en la subestación de origen. Se deberá ligar el trazo con todos los linderos de la subestación y los cuatro puntos extremos de las estructuras principales de la subestación, dibujándose y acotándose esta liga en los planos de perfil y planta. En el caso de que el sitio de una de las subestaciones no este definido, se iniciará o se terminará el trazo en un punto pivote

lo más cerca posible del terreno probable, punto que será marcado en el plano de trayectoria, considerándose allí, una igualdad de kilometraje.

IV.3.- BRECHA TOPGRAFICA

El desmonte o brecha será sólo la suficiente para permitir el paso del trazo, procurando no dañar cercas linderos, cultivos ni huertas. Los árboles frutales y de importancia ecológica no se deben derribar, y cuando obstaculicen, se usarán métodos indirectos para el alineamiento y medición. Alrededor de una mojonera se hará un desmonte de tres metros.

IV.4.- TRAZO CON DISTANCIOMETRO ELECTRONICO

El alineamiento se conservará visando en directa y en inverso, promediando ambas lecturas, lo que disminuirá cualquier desviación apreciable. Las estaciones podrán ser hasta de 1 kilómetro máximo, siempre y cuando la visibilidad lo permita, señalándose con una estaca clavada al ras del piso. Para evitar cualquier posible error y como medio de comprobación las lecturas se deberán hacer dobles en cada estación, hacia atrás y hacia adelante. Entre estación y estación se tomarán lecturas en puntos intermedios, de preferencia donde haya cambios de pendiente, así como en las partes bajas y prominentes. Cuando el terreno sea plano o con pendiente uniforme los puntos intermedios se observarán a un máximo de 100 m. No es necesario señalar en el terreno los puntos intermedios.

El cálculo de las cotas tanto de nivel como de longitud están definidas por las siguientes fórmulas:

$$D_h = D * \text{sen } t$$

$$D_n = D * \text{cos } t$$

donde:

D_h = Distancia horizontal

D_n = Desnivel entre puntos visados

t = Angulo vertical medido con el aparato

Las elevaciones estarán referidas al nivel medio del mar, tomando como base los bancos de nivel del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se deberá adjuntar copia del banco de nivel donde se indique su número, ubicación y cota.

También se deberá efectuar una orientación astronómica al inicio del trazo debiendo realizar otra al final a manera de comprobación angular, ambas por medio de orientación solar. Obteniendo en campo los siguientes datos: lugar, fecha, ángulo horizontal y vertical de la trayectoria con respecto al sol y hora de observación. Estas observaciones deben hacerse entre las 8:00 y 9:00 hrs. y entre las 15:00 y las 16:00 hrs. Si el Sol se observa en la mañana, su azimut se contará a partir del Norte hacia el Este, y si se observa por la tarde, el ángulo que resulte para el azimut será hacia el Oeste.

La fórmula para el cálculo del rumbo astronómico solares la siguiente:

$$\text{Sen}^2 (1/2) \text{ Az} = \frac{\text{Sen } (1/2) * (z + \gamma - \phi) * \text{Cos } (1/2) * (z + \gamma + \phi)}{\text{Cos } \gamma * \text{Sen } z}$$

Donde:

z : Angulo zenital verdadero

γ : Declinación del Sol a la hora de la observación

ϕ : Latitud del lugar

Az : Azimut del Sol a partir del Norte astronómico

Es conveniente hacer una serie de cuando menos tres observaciones obteniendo el azimut de la línea en cada una. El promedio de estos azimutes indicará la orientación astronómica solar de la línea de transmisión.

La tolerancia máxima para la distancia horizontal entre estaciones será de 10 cm por kilómetro, mientras que para elevación se admite hasta 15 cm por kilómetro de distancia horizontal. En ningún caso será acumulativa, debiendo corregirse en el siguiente punto de inflexión.

La localización definitiva del trazo, no podrá diferir de la trayectoria marcada en el Plano General más de 50 m hacia cualquier lado, con lo que será posible salvar los obstáculos no indicados en el plano, así como para llevar a cabo las recomendaciones generales sobre posicionamientos de puntos de inflexión y tangentes.

Cualquier error circunstancial o acumulativo que se detecte, ya sea en cadenamamiento o en elevación, deberá ser corregido en el punto de inflexión más cercano por medio de una igualdad, misma que se consignará en el plano del perfil y en el cuadro de datos del Plano General.

Así también, es conveniente utilizar igualdades en valores y denominación de P.I. y estaciones (E) cuando se levante y se dibuje simultáneamente en varios frentes de trabajo. En el caso de que el levantamiento o una parte de éste se haga en sentido contrario al indicado (generalmente una línea se identifica por los nombres de la subestación origen-subestación destino), las estaciones y los puntos de inflexión se denominarán en el sentido correcto, así como su kilometraje; obviamente, los planos del perfil también serán dibujados en el mismo sentido.

IV.5.- CRUZAMIENTOS

Cuando el trazo de la línea cruce con alguna de las obras de infraestructura que se relacionan en los incisos siguientes, se deberá levantar, registrar y dibujar en planos, además del kilometraje y elevación del eje de la línea por levantar en el eje de la obra, el ángulo de intersección, los límites del derecho de vía, los datos que cada una de las obras genera:

CON CARRETERAS Y CAMINOS DE TERRACERIA

- Nombre de las poblaciones más importantes
- Tipo y ancho de la carretera

CON VIAS DE FERROCARRIL

- Nombre del ferrocarril y de sus estaciones cercanas

CON RIOS, ARROYOS Y CANALES

- Nombre del río o arroyo
- Dirección de la corriente
- Elevación de la corriente en las orillas del cauce
- Elevación máxima de las aguas
- En caso de ser navegable, alturas máximas de embarcaciones

CON DUCTOS DE GAS, PETROLEO O DERIVADOS

- Nombre y tipo de conducción

CON LINEAS TELEGRAFICAS O TELEFONICAS

- Altura del cable más alto
- Perfiles laterales

CON LINEAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

- Altura del cable más alto

CON LINEAS DE TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA

- Nombre y tensión de la línea por cruzar
- Distancia a las estructuras o torres más cercanas
- Altura de los cables de guarda y de los conductores
- Perfiles laterales de los cables más altos si se pretende cruzar por arriba, o de los cables más bajos para el caso contrario

IV.6.- PERFILES LATERALES

Una de las actividades topográfica más importantes es la obtención de los perfiles laterales. Estos son la elevación del terreno, construcciones u obstáculos que se encuentren dentro de una franja de hasta 30 m. De acuerdo a la tensión de la línea y al tipo de terreno (lomerío o montaña) , se levantarán los perfiles laterales cuya pendiente transversal resulte mayor o igual a la indicada en la tabla siguiente:

PENDIENTE TRANSVERSAL (%)	TENSION (KV)	DISTANCIA DEL PERFIL LATERAL (m)	
		LOMERIO	MONTAÑA
15	115	12	14
10	230	17	22
8	400	25	30

Cuando a la distancia indicada en las dos últimas columnas se encuentre alguna prominencia natural o construcción que sobrepase los dos metros respecto a la elevación del eje; no importando que la pendiente transversal del terreno sea nula o menor que la especificada en la primera columna, se deberá obtener y registrar en los planos de perfil y planta el o los perfiles laterales.

Tal caso se presentan comúnmente cuando la línea se traza por calles o pasa cerca de construcciones aisladas o cerca de alguna arboleda.

IV.7.- SEÑALAMIENTO

El señalamiento de las estaciones topográficas (estacas o trompos), serán de madera y se colocarán en cada una, clavadas al ras del suelo, con una tachuela o clavo en el eje del trazo y claramente marcados con el número progresivo que le corresponde a cada estación (E-1, E-2,...., etc.)

Ahora bien, para la localización de estructuras se colocarán, enterradas, mojoneras de concreto, de forma piramidal, base 25*25 cm, corona 15*15 cm y altura de 40 cm. Estas deberán pintarse con esmalte blanco; en la cara superior se colocará un clavo inmerso en el concreto, que indicará el eje y se pintará con rojo el número de la torre y si es el caso el número del punto de inflexión. En las caras, con pintura roja se anotarán las siglas C.F.E., el nombre de la línea, el kilometraje y en su caso el ángulo de deflexión. Se fijarán firmemente al terreno, debiendo sobresalir entre 10 y 15 cm; pueden ser colocadas directamente en la excavación o precoladas adheriéndolas con mortero.

También se colocarán en:

- Inicio y terminación de la línea
- Puntos de inflexión
- Estaciones adyacentes de puntos de inflexión
- Cruces con vías de ferrocarril, carreteras, ríos o ductos, líneas de transmisión (de 69 a 400 KV) a ambos lados del derecho de vía
- Caminos secundarios de tierra o brechas que sirvan de acceso a la línea
- Tangentes largas (más de 3 Km.)

De encontrarse con terreno rocoso, las estacas y mojoneras serán sustituidas por círculos de 10 y 30 cm de diámetro, respectivamente,, cubiertos con pintura de aceite blanca inscribiendo en ellos, con letras rojas, los mismos datos que en las estacas y mojoneras. Es recomendable señalar con pintura blanca, cualquier cerca, árbol o roca para identificar el trazo o los accesos a éste.

IV.8.- REGISTROS DE CAMPO

Todos los datos observados y medidos para realizar el levantamiento topográfico deberán registrarse en libretas de tránsito. El modelo de registro (ver figura IV.1), pueden ser mejorados o modificados según el equipo utilizado o las condiciones especiales del levantamiento. Pero en general deberán contener todos los datos necesarios, claros y precisos, para que se elaboren los planos de perfil y planta.

En la portada se anotará el número de la libreta y el nombre de la línea verificada. En la primera hoja además de lo anterior, las características de las líneas,

el nombre completo del topógrafo, el aparato utilizado, su marca, tipo y precisión teórica. Las fechas se anotarán invariablemente al inicio de cada una de las hojas utilizadas en un día de trabajo.

FIGURA No. IV.1

Grupo: *Andrés Bello* 1918 No.
 Fecha: *16.04.80*

REGISTRO DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTOS CON DISTANCIOMETRO ELECTRONICO

EST.	AXI	θ	α ₁	α ₂	α ₃	X	ELEVACION	Alt.	OBSERVACIONES
E.1	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00	50.00	1000.00	
E.2	Prómico	270°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.3	E.1	0°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.4	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.5	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.6	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.7	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.8	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.9	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.10	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.11	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.12	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.13	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.14	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.15	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.16	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.17	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.18	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.19	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.20	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.21	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.22	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.23	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.24	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.25	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.26	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.27	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.28	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.29	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.30	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.31	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.32	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.33	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.34	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.35	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.36	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.37	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.38	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.39	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.40	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.41	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.42	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.43	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.44	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.45	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.46	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.47	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.48	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	
E.49	E.1	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00	1.00			
E.50	Prómico	180°00'	180°00'	180°00'	-0.00		18.97	82126.75	

En este formato se pueden apreciar los datos obtenidos a partir de la medición con distanciómetro electrónico. El número de estación con sus datos hacia atrás y hacia adelante para promedio, el ángulo directo horizontal (hacia atrás 0°00'00" y hacia adelante 180°00'00"), el ángulo vertical directo, la distancia horizontal, el desnivel, la altura del aparato, y las cotas de nivel y cadanamiento. En

las observaciones se dibuja la proyección en planta de los puntos visados; estaciones, puntos sobre tangente, perfiles laterales y elementos que afecten el paso libre de la línea de transmisión.

Estos registros se entregarán conjuntamente con los planos de perfil y planta, ya que ellos serán el apoyo numérico de la revisión que deberá efectuarse a dichos planos y como comprobación para el buen cobro de esta actividad por parte del contratista.

IV.9.- PLANOS

El plano general de la línea de transmisión se elabora sobre un mosaico de cartas topográficas en color, a escala 1:50,000, editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI). Las dimensiones de tal mosaico se procura que sean de 28 0 56 cm a lo ancho; el largo, según sea el desarrollo de la línea.

En líneas muy largas o con direcciones muy variables, es conveniente formar el plano en dos o tres hojas. Al plano ya formado, se adiciona los siguientes datos:

- Trayectoria de la línea
- Coordenadas geográficas
- Líneas de transmisión de 115 y mayores
- Subestaciones de origen y destino de las líneas
- Destino de carreteras y vías de ferrocarril
- Márgenes y cuadro de referencias
- Escala gráfica y norte astronómico
- Cuadro de datos finales del trazo

La planta general o de conjunto del perfil topográfico levantado, se dibujará, con exactitud, en el plano general, mismo sobre el que se marca la trayectoria preliminar de la línea.

La poligonal que representa la planta general de la línea será relacionada con las subestaciones de los extremos y con todos los accidentes naturales u obras de infraestructura existentes, adicionando todas aquellas que no hayan estado marcadas en el plano.

A los puntos de inflexión de la poligonal (P.I.) se les denominará con el número progresivo correspondiente, incluyendo los datos principales de estos puntos, resumidos en un cuadro de datos tal y como se indica en la el cuadro IV.2.

Los planos de perfil y planta serán elaborados en formatos de película poliéster indeformable con cuadrícula milimétrica , debiendo dibujarse en tinta china y con toda la información obtenida durante la verificación. Las escalas que se utilizan son:

	HORIZONTAL	VERTICAL
En terreno plano, lomeríos o montaña suave.	1 : 2,000	1 : 200
En terreno muy accidentado.	1 : 2,000	1 : 500

El rumbo astronómico de cada tangente deberá aparecer en cada una de las hojas. Al dibujar el perfil, se tendrá en cuenta que sobre éste se proyectarán las estructuras, postes o torres incluyendo el conductor más bajo que las une; por lo tanto, el espacio libre que deberá haber entre el punto más prominente del perfil y

la parte inferior de la planta, será como mínimo de 40 m según sea la escala vertical que se utilice.

DATOS DE CONSTRUCCION DE LA LINEA

DATOS DE CONSTRUCCION DE LA L.T. MEZCALA - LOS AMATES
230 KV 1 C., 143 KM. 1113 ACSR TA. 1 C/F

P.I. N°	DEFLEX.	R. A. C.	DIST.	KM.	OBSERVACIONES
M.B.				0 + 000.00	
		SE 71° 42' 31"	283.71		
1	72° 22' 0"			0 + 283.71	
		SW 0° 39' 29"	3872.07		
2	12° 50' 30" I			3 + 935.78	
		SE 12° 11' 01"	10993.04		
3	7° 03' 13" D			14 + 928.82	ATRAS
				14 + 784.98	ADELANTE
		SE 5° 07' 48"	8890.58		
4	37° 37' 54" I			23 + 665.26	
		SE 42° 45' 42"	4032.63		
5	35° 48' 12" D			27 + 897.89	ATRAS
				27 + 686.20	ADELANTE
		SE 6° 57' 30"	13382.69		
6	13° 40' 44" D			41 + 028.89	ATRAS
				41 + 101.39	DELANTE
		SW 6° 43' 14"	3198.34		
6A	24° 48' 51" I			44 + 299.73	ATRAS
				44 + 332.81	ADELANTE
		SE 18° 02' 37"	984.97		
7	28° 27' 54" I			45 + 297.78	
		SE 46° 30' 31"	7802.08		
8	44° 30' 39" D			52 + 799.83	ATRAS
				52 + 018.75	ADELANTE
		SE 1° 59' 52"	8083.77		
8A	5° 32' 39" D			57 + 072.52	ATRAS
				57 + 211.37	ADELANTE
		SW 3° 32' 47"	12512.78		
9	31° 00' 54" D			69 + 724.15	ATRAS
				69 + 784.30	ADELANTE
		SW 34° 33' 41"	20401.89		

FIGURA No. IV.2

Para complementar la información gráfica se incluirá en una hoja independiente, el dibujo en planta y a una escala que sea objetiva, los detalles de cómo se sale y se llega a las subestaciones, en el que también se indicarán:

- 1.- Linderos del predio de las subestaciones
- 2.- Estructuras principales de las subestaciones
- 3.- Postes, estructuras o torres de remate de las líneas
- 4.- Carreteras, caminos, vías de ferrocarril y ductos

Si durante la verificación topográfica se presenta algún problema no previsto en el estudio o que haya surgido después de éste, y que obligue a un cambio sustancial de la trayectoria, será necesario que el responsable del trazo haga un levantamiento del obstáculo generando al mismo tiempo , alternativas de solución para presentar a los responsables del proyecto quienes analizaran y evaluarán las diferentes opciones con el objeto de dar la mejor solución posible al problema.

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE
TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

..... O B R A C I V I L

CAPITULO V

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS

- V.1.- LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS EN GABINETE
- V.2.- DETERMINACION DE EXTENSIONES
- V.3.- LISTA DE MATERIALES Y EQUIPO
- V.4.- SISTEMA DE TIERRAS
- V.5.- LISTADO DE FLECHAS Y TENSIONES
- V.6.- APERTURA DE BRECHA
- V.7.- CAMINOS DE ACCESO
- V.8.- HELIPUERTOS

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO V

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS

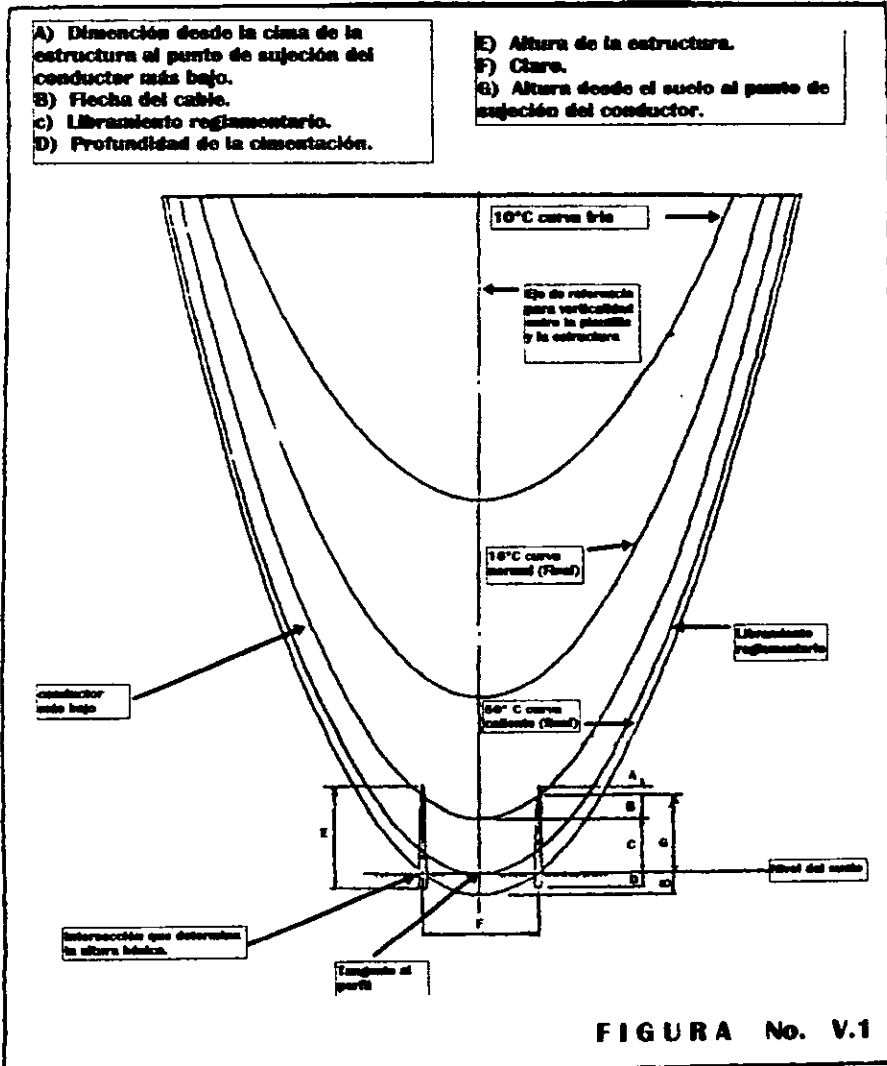
V.1.- LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS EN GABINETE

El plano de la trayectoria general y del perfil topográfico que proporciona la Comisión Federal de Electricidad, son los documentos básicos para desarrollar los trabajos de localización de estructuras. En los planos de perfil aparecen el cadenamiento, nivel, número correspondiente y tipo de cada una de las torres que se proyectaron para la línea de transmisión.

Durante la verificación topográfica, se localizan las estructuras colocando las mojoneras debidamente señalizadas y marcándose en los planos del perfil con los datos obtenidos en campo (cadenamiento, nivel, número y tipo de torre). Estos planos actualizados se revisan en gabinete para determinar la localización final, la altura debida y el tipo de torre definitiva.

Para la localización de estructuras en gabinete es necesaria la elaboración de un instrumento llamado plantilla, formada por una serie de curvas que obedecen a la ecuación de la catenaria (ver figura No. V.1). Los factores que intervienen en el cálculo de estas curvas son:

- a) Distancia longitudinal (claro)
- b) Tensión mecánica del cable
- c) Peso del cable
- d) Temperaturas máxima y mínima



Las curvas de la parte inferior son una serie de paralelas calculadas con una tensión mecánica a 50 grados centígrados del cable; la segunda representa el libramiento mínimo de seguridad que debe respetarse y las demás curvas representan distintas alturas de estructuras.

La curva de la parte superior representa el comportamiento del cable bajo la tensión mecánica que se tendrá bajo las condiciones más críticas de trabajo y se utiliza durante el diseño para comprobar que no se presente el fenómeno de "levantamiento" en alguna estructura y comprobación de claros verticales.

Esta es la etapa que más influye en el costo de la línea de transmisión. Al realizar esta actividad es necesario lograr la ubicación óptima de las estructuras en el levantamiento topográfico, teniendo presente tanto lograr las mayores distancias interpostales con las estructuras más ligeras como evitar accidentes del terreno que dificulten la construcción, por lo que la comunicación entre el Ingeniero proyectista con el Ingeniero topógrafo debe implementarse de manera directa y continua.

V.2.- DETERMINACION DE EXTENSIONES

Ya determinado el proyecto de la línea de transmisión se localizan las estructuras que por algún motivo modificaron su ubicación y a su vez se levantan los perfiles en cruz de todas ellas, con la finalidad de determinar el tipo de extensiones que requerirán. El formato de perfiles en cruz (ver figura No. V.2), está diseñado para longitudes de hasta 15 m y presenta el perfil topográfico a lo largo de cada una de las patas de la torre, se anota también el número de torre su cadenamiento y nivel así como el tipo de terreno en que se localiza y la extensión adecuada. Las patas de la torre se enumeran en sentido horario comenzando con la pata que se encuentra a la izquierda y en el sentido de la línea.

PERFIL EN CRUZ

FIGURA No. V.2

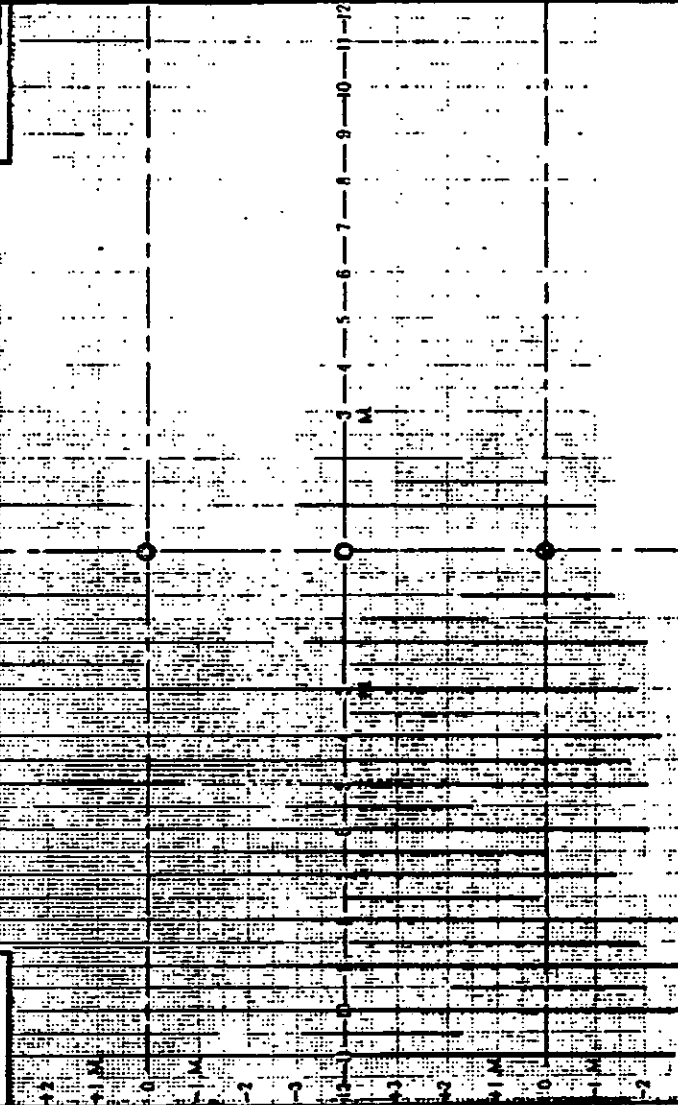
L.T. KV.

P-1 EXT.

P-3 EXT.

P-2 EXT.

P-4 EXT.



Definición:

Tipo de terreno:

TURBE No.1

Esc. 1

Elabor.

Tipo de terreno:

Topografía

Uno de los aspectos que deben ser cuidados en la determinación de extensiones en las estructuras que tendrán cimentaciones ancladas, es la profundidad del material sano, ya que en ocasiones el despalme alcanza el metro de profundidad, provocando una extensión mayor a la calculada con los perfiles en cruz. Esta circunstancia se vuelve más gravosa cuando en terrenos muy accidentados es necesario utilizar extensiones muy grandes y el terreno firme se nos presenta a una profundidad mayor o viceversa, cuando la misma topografía no permite la colocación de la estructura, es necesario realizar obras especiales.

Con la información obtenida se procede al llenado de las listas de distribución de las estructuras (ver figura No. V.3), las cuales forman un documento de consulta rápida tanto para el Ingeniero proyectista como para el constructor.

V.3.- LISTA DE MATERIALES Y EQUIPO

Conociendo la longitud real de la línea de transmisión y la relación de todas las estructuras que se obtuvieron de los trabajos de localización, es posible determinar la cantidad de materiales y equipos de instalación permanente que se requieren para la construcción.

Estos equipos de instalación permanente, como se aprecia en la figura No. V.4, deben ser contabilizados según su unidad. Un caso especial, son los cables conductor y de guarda, en los cuales se debe tomar en cuenta el porcentaje de la catenaria (3%), además de su porcentaje de desperdicio. Es decir, la unidad de los cables es el kilometro-línea, la cual se deduce de la longitud real más un 3% correspondiente a su catenaria.

ARTAMENTO DE DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION

FIGURA No. V.4

OPOLI ENTO. ROSARITO - LA MESA 115 KV.

K.V.	NO. CTOS	LONG. L.T. (KM)	COND/FASE
115	2	10.00	1

LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCION	REQUERIDO	UNIDAD	ASIGNADO	FALTANTE	OBSERVACIONES
TRAS (SUSPENSION= 11, TENSION= 13 Y 4 MARCOS)	28	ESTRUC.	0	28	
CONDUCTOR 795 ACSR	60	km	0	60	
E GUARDA 9.5 mm S.M.	20	km	0	20	
RES NORMALES 112 KN.	4808	PZAS.	0	4808	
RES NORMALES 160 KN.	0	PZAS.	0	0	
RES ANTINIEBLA 112 KN.	0	PZAS.	0	0	
DE SUSPENSION VERTICAL	117	CONJ.	0	117	
DE SUSP. EN "V"	0	CONJ.	0	0	
TENSION	204	CONJ.	0	204	
ARMAMENTO DE LA L.T.	336	PZAS.	0	336	
E SUSPENSION PARA CABLE DE GUARDA	22	CONJ.	0	22	
E TENSION PARA CABLE DE GUARDA	34	CONJ.	0	34	
BORES	0	PZAS.	0	0	
DE TIERRAS	28	ESTRUC.	0	28	
DE PELIGRO Y No. DE TORRE	28	PZAS.	0	28	
CION PARA INSPECCION AEREA	56	PZAS.	0	56	

Las cantidades obtenidas se les adiciona un porcentaje que permite prever desperdicios y pérdidas durante la construcción. En general, los porcentajes son:

Cable conductor	3 %
Cable de Guarda	3 %
Aisladores	3 %
Torres de Acero	0 %
Herrajes	0 %
Amortiguadores	3 %
Tornillos	3 %

V.4.- SISTEMA DE TIERRAS

Durante los trabajos de levantamiento de perfiles en cruz de las torres, es conveniente realizar los trabajos de medición de la resistividad del terreno para establecer el diseño del sistema de tierras o protección catódica.

La protección catódica es una técnica empleada para contar con un aterrizaje adecuado en cada estructura para disipar una descarga eléctrica por efecto atmosférico ó por corto circuito en la propia línea, basada en hacer circular corriente eléctrica directamente en el elemento, hasta los ánodos, conectados en línea y enterrados a la misma profundidad, procurando que queden en un plano horizontal y cuidando la inexistencia de huecos alrededor de éstos.

Los principales parámetros para el diseño de la protección catódica se explican a continuación.

- a) Resistividad del suelo: Es la resistencia específica de un material en ohm-cm
- b) Densidad de rayos para la zona en cuestión, según los mapas de isodensidades

El suelo en cualquier región o localidad se compone de varias combinaciones como: materia orgánica, arcilla, basalto, arena, grava calcárea, granulada, roca, grafito y otros materiales con variaciones en su resistividad, cambiantes según las estaciones del año al afectarse el contenido de humedad, temperatura, compactación y homogeneidad.

TIPO DE SUELO	ohm-cm
Orgánico Húmedo	1,000 - 10,000
Orgánico no Húmedo	10,000 - 20,000
Tepetate	40,000 - 80,000
Rocoso	100,000 ó más

Para medir la resistividad del terreno se hincan a golpes, varillas coperweid de 5/8" a cada tres metros en forma vertical en las inmediaciones de los cimientos de la torre (el número de estas varillas depende de la resistividad del terreno), y se hace circular corriente por ellas. Los valores de resistencia medidos se sustituyen en la siguiente expresión:

$$R_o = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

Donde:

R_o : Resistividad del suelo. [ohm-cm]

a : Separación de 160 y 320 cm entre electrodos.

R : Resistencia medida. [ohm]

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

El control completo de la corrosión electroquímica al aplicar un sistema de protección catódica se logra cuando:

- a) No existe flujo de corriente de la superficie del metal hacia el electrolito
- b) Cuando el cátodo se polariza al potencial del ánodo

V.5.- LISTADO DE FLECHAS Y TENSIONES

Al calcular la plantilla para la localización de estructuras, utilizamos datos y características propias de los cables. Dos criterios generales se han usado como básicos para realizar los cálculos de flechas y tensiones: la curva de la catenaria y la curva de la parábola. Con los datos de las tensiones y las propiedades físicas de los cables tanto de guarda como conductor, se calculan los puntos más bajos de la catenaria (Flechas), y sus tensiones mecánicas para cada claro y para cada condición enumerada y explicada a continuación.

- 1.- Las condiciones de carga inicial se aplican a los conductores cuando no han sido esforzados más allá de un pequeño porcentaje del valor del esfuerzo seleccionado como el esfuerzo de máxima operación
- 2.- Las condiciones de carga final se aplica a los conductores, los cuales han sido esforzados hasta un valor seleccionado como el esfuerzo de máxima operación
- 3.- Las condiciones de carga final con flujo plástico se aplica a los conductores que han estado en un lugar tendidos o soportados por varios años (10 años)

Esta información es importante para determinar junto con los libramientos reglamentarios, las alturas básicas de los puntos de enganche de conductores en las torres y sus dimensiones entre fases.

Algunos de los factores que intervienen en el cálculo de flechas y tensiones además de el claro interpostal, el peso del cable, temperaturas máxima y mínima, tensión mecánica de diseño así como el módulo de elasticidad, son los siguientes:

- a) Desnivel entre apoyos de cables
- b) Número de claros entre torres de anclaje
- c) Velocidad del viento
- d) Probabilidad de formación de hielo
- e) Coeficiente de dilatación térmica del cable

Para lograr un aislamiento perfecto, se debe lograr que las curvas catenarias del cable conductor y el de guarda sean paralelas en toda situación climática, sin embargo, la misma naturaleza física de los materiales que constituyen a ambos cables, hacen que esto sea imposible de lograr. Lo más importante es tratar que en la condición de descargas atmosféricas, el paralelismo se consiga.

La realización de estos trabajos, y la presentación de los planos de perfiles topográficos con las libretas de tránsito, la lista de distribuciones de torres, los datos de medición de resistividad, los perfiles en cruz y la determinación de extensiones, permiten generar las estimaciones para el pago del concepto de "VERIFICACION TOPOGRAFICA Y LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS", que tiene como unidad el kilómetro.

V.6.- APERTURA DE BRECHA

Esta actividad de apertura de brecha forestal, que es primordial para facilitar el acceso y el resto de las operaciones de construcción, implica la conservación ecológica, el aprovechar racionalmente los recursos naturales en pro de la protección del ambiente, por lo que se tendrá que acatar las disposiciones dictaminadas para el proyecto, por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), acerca de este rubro.

Es responsabilidad de la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación obtener las autorizaciones respectivas de las diversas dependencias oficiales externas a C.F.E. para ejecutar los proyectos.

Al estar ya marcados los árboles, la empresa constructora, procede a realizar los trabajos de apertura de brecha forestal, sometiendo al juicio de la Comisión la selección y uso de equipo, procurando ejecutar la brecha por medios manuales.

Esta actividad, consiste en desmotar una franja de terreno cuyo centro coincida con el trazo topográfico a lo largo de la trayectoria de la línea. El ancho de la franja está determinado por la capacidad de la línea a construir y de la zona por la que atraviesa (rural o urbana).

La apertura de brecha forestal está regulada por las Normas Ecológicas por lo que cada vez es mayor la tendencia a no realizar brecha. En general, la apertura de brecha se efectúa en los lugares necesarios para no entorpecer las actividades de montado y tendido de cables. En los lugares donde se ubican las torres, se abren espacios de hasta veinte metros de diámetro.

La apertura de brecha es un concepto unitario de cobro que reconoce la C.F.E. por lo que no es posible cobrar ningún concepto adicional por la realización de esta actividad. Así dicho, su estimación corresponderá tan solo al concepto "apertura de brecha" y su unidad de medición será el kilómetro.

V.7.- CAMINOS DE ACCESO

Paralelamente a los trabajos de brecha forestal, se debe llevar a cabo la construcción de caminos de acceso. Estos caminos consisten en ejecutar los trabajos necesarios para lograr establecer vías de comunicación con los puntos donde serán realizados los trabajos, así como para dar seguridad en el transporte del personal, materiales y equipo requerido durante el desarrollo de la obra.

Los caminos de acceso, deberán construirse con los métodos más económicos y haciendo los menores cortes y terraplenes posibles. El ancho de la corona de los caminos no será menor a tres metros y en lo posible se realizarán a "pelo de tierra". Manteniéndolos transitables a lo largo del tiempo de ejecución de la obra.

Los caminos existentes deben ser aprovechados en la longitud que se preste para acceder a las torres. Partiendo de ellos para construir los caminos que conduzcan a cada torre. Esto se efectúa con maquinaria pesada como tractores empujadores y motoconformadoras. Utilizando, cuando las condiciones lo permitan, el paso de los camiones de transporte de equipo como medio para compactar la superficie de rodamiento; en caso de realizar terraplenes, la compactación se logra con compactación mecánica mediante el uso de compactadores de rodillo.

Cabe mencionar, que habrá torres de muy difícil acceso, en las cuales no es posible construir camino alguno. Por lo que, en primer lugar se tratarán de eliminar en una nueva distribución de torres y en segundo lugar, se debe pensar en utilizar medios opcionales ya sea terrestres ó aéreos. Así también, se debe gestionar ante los presidentes municipales o los jefes de comunidades, el derecho de tránsito por terrenos afectados por estos caminos.

Los caminos de acceso significan un concepto de trabajo, por lo que es necesaria su cuantificación por kilómetro, para el pago de las estimaciones respectivas. Los trabajos extraordinarios, realizados para su construcción, no son reconocidos por la Comisión, y por lo tanto, no son estimables. Dichos trabajos deben incluirse en el precio unitario del concepto "CAMINOS DE ACCESO".

V.8.- HELIPUERTOS

Este concepto de obra, se lleva a cabo paralelamente al avance que la línea vaya teniendo. Los helipuertos sirven tanto al constructor, para el transporte de materiales y armado de torres; donde otros vehículos les es imposible el acceso, como a la propia Comisión Federal de Electricidad, para dar mantenimiento a la obra o para supervisar a "vuelo de pájaro" la línea una vez que ésta entra en operación. Además de ser muy útiles para el tráfico aéreo, llámese este comercial, privado, policiaco, médico ó militar.

Es la propia Comisión la encargada de establecer el número de los helipuertos al publicar los concursos de licitación. Su localización deberá ser establecida con anticipación a los avances de la línea para aprovechar los recursos unto de personal como de maquinaria.

Una vez definido el sitio, se procede a efectuar el desmonte y despalme del área utilizando un tractor, el cual deberá retirar 30 cm de espesor para mejorar el terreno con especificaciones de compactación dictadas por la Comisión. Esto con el fin de adquirir la resistencia necesaria para soportar la plataforma de concreto.

Previamente al vaciado del colado, se habilitará una malla electrosoldada a manera de refuerzo. Al igual que el concreto de las cimentaciones, la fabricación del concreto para helipuertos se realizará con materiales muestreados y debidamente aprobados por C.F.E. Se deben dejar juntas de construcción para evitar el cuarteamiento del concreto por lo que es aconsejable colar cuadros de tres ó cuatro metros por lado, facilitando su acabado y curado.

Los helipuertos deben señalizarse con pintura resistente a la intemperie y contar además con elementos reflejantes.

Los helipuertos como concepto de obra se estiman por pieza por lo que el constructor debe tener en cuenta todas las actividades que tendrá que realizar para presupuestar y programar este concepto. Las estimaciones para el cobro, deberán contemplar esta restricción.

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE
TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

..... **O B R A C I V I L**

CAPITULO VI

CONSTRUCCION DE CIMIENTOS

- VI.1.- EXCAVACION DE CEPAS
- VI.2.- ACERO DE REFUERZO
- VI.3.- C I M B R A
- VI.4.- C O N C R E T O
- VI.5.- RELLENOS

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO VI

CONSTRUCCION DE CIMIENTOS

VI.1.- EXCAVACION DE CEPAS

Contando con los proyectos para cada tipo de torre, se trazan las cepas en el terreno con equipo topográfico, según indiquen los datos especificados para el dimensionamiento de cada cimentación.

Siendo obras que por sus características implican un seguimiento longitudinal a partir del punto o kilometraje donde se inicie algún frente; el equipo de excavación (retroexcavadoras y martillos neumáticos,compresores,etc.) comenzará en este punto y continuará a lo largo de la trayectoria evitando los regresos por afines o inexactitud en cortes y en la profundidad de desplante.

Debido precisamente a la característica de este tipo de obras que son construidas a lo largo de una trayectoria , y no en un punto específico , es que el frente responsable de las excavaciones, resulta de fundamental importancia para lograr el éxito en el avance de la obra. Por esta razón , se debe tener especial cuidado en la selección del frente que se atacará , el equipo a utilizar , el personal tanto en capacidad como en número , apoyándonos en el análisis de los siguientes puntos que a nuestro juicio resultan ser los más importantes:

- 1.- Revisar los estudios de mecánica de suelos para conocer los diferentes volúmenes de materiales I, II y III que se tienen considerados
- 2.- Realizar una inspección de campo en el frente que se va a atacar, llevada a cabo por un ingeniero con conocimientos de geología, a fin de tener una verificación ocular de los estratos que fueron considerados para ese tramo en particular, y en caso contrario tener una opinión confiable de las nuevas consideraciones que habrán de tomarse
- 3.- Una vez que se han determinado, de la manera más aproximada posible, los tipos y volúmenes de material; se procede a hacer un análisis de las necesidades de equipo y materiales en función de dichos volúmenes y su tipo como son: el equipo disponible para la realización del trabajo, el costo y disponibilidad del equipo, la disponibilidad del personal capacitado, la topografía del terreno y su accesibilidad
- 4.- Condiciones climatológicas de la zona ya que éstas pueden tener un impacto muy fuerte en los avances de obra que se pretenden, así como en su costo, debido principalmente a lo siguiente: horas-hombre pérdidas, imposibilidad de contar con el equipo o personal como resultado de la inaccesibilidad del terreno, deslaves en las excavaciones ó en los caminos de acceso, alto costo para la producción de concreto como resultado de la necesidad de proteger en forma excesiva tanto a los agregados utilizados en su fabricación como a los otros materiales necesarios, así como al mismo concreto una vez fabricado
- 5.- Disponibilidad de refacciones y personal calificado para dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo que se utilice
- 6.- Existencia de permisos ante las autoridades competentes así como de los particulares que resulten afectados o cuya propiedad se piense utilizar como área de tránsito

- 7 - Es importante que las personas a cargo de esta actividad estén familiarizadas con las características físicas del frente de ataque . con el objeto de que puedan aportar ideas y alternativas de solución a los problemas que se lleguen a presentar , una vez iniciados los trabajos

Una secuencia adecuada para realizar estas excavaciones, es enviar por delante, en tramos de 5 a 6 torres, una retroexcavadora de ruedas neumáticas equipada con martillo y los accesorios necesarios para intercambiar éste por un cucharón en un tiempo razonable, de tal manera que trabaje alternadamente en las cuatro cepas de la torre hasta lograr un nivel de piso y taludes aceptables; seguida por la cuadrilla de afine, que contará con compresores y martillos neumáticos para dar el terminado final.

En ambas cuadrillas deberá permanecer un ingeniero topógrafo para comparar las excavaciones con el proyecto y dar los niveles y dimensiones finales de las cepas.

Es de esperarse que la retroexcavadora se encuentre con material que no pueda romper. En tal caso lo recomendable es abandonar la excavación y trasladarla a la torre inmediata siguiente, dejando ésta, para la cuadrilla de explosivos o bien a una retroexcavadora de mayor capacidad. El uso de lo primero o lo segundo implica un análisis de los volúmenes reales de material tipo III, así como de su peso volumétrico y dureza. En general, los explosivos son caros y se requiere del permiso por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional, además de la inversión en almacenes, transporte y manejo especializado, pero su costo se ve sufragado cuando el volumen del material a excavar es de consideración y se encuentra localizado en diferentes puntos a lo largo de la trayectoria de la línea; mientras que la retroexcavadora resulta una gran ventaja económica y de ahorro.

en tiempos, cuando son pocos los puntos donde se encuentra dicho material.

En general para la construcción de cimentaciones es necesario organizar varios equipos de trabajo para el desarrollo de las actividades de: plantillas , habilitado y armado de acero y cimbra , fabricación , colado y curado de concreto , armado y nivelado de Bottom-Panel.

Las actividades de los equipos formados deben ser planeadas y coordinadas con base en los siguientes aspectos fundamentales:

- 1.- Ubicación de almacenes
- 2.- Localización de los sitios de trabajo
- 3.- Localización de bancos de materiales y fuentes de agua
- 4.- Tiempos de transporte de personal, equipo y materiales
- 5.- Conocimiento preciso y oportuno de las características del sitio de trabajo, así como del proyecto
- 6.- Programación de movimientos y/o transporte de personal, equipo y materiales con el fin de establecer cierta continuidad en el desarrollo de las diferentes actividades
- 7.- Prever en la medida de lo posible , acontecimientos extraordinarios cuya ocurrencia resulte en la interrupción total o parcial de alguna actividad programada
- 8.- Establecer mecánicas o procedimientos para lograr una ágil comunicación entre las diferentes brigadas de trabajo y al mismo tiempo , entre la gerencia de construcción y el área de ingeniería de la empresa

Cabe mencionar que la característica crítica para el proceso constructivo de una línea de transmisión es la disposición lineal de los sitios de trabajo.

VI.2.- ACERO DE REFUERZO

Una vez excavadas las cepas para cimentación y durante la colocación de plantillas de concreto se trazan los ejes del elemento de cimentación que se colará sobre ella. Simultáneamente a esta actividad, resulta conveniente integrar una cuadrilla para el habilitado de acero que trabaje en el almacén, con el objeto de enviar el acero listo para su armado en el sitio; evitando de esta forma la multiplicación de cuadrillas en los frentes de trabajo.

Una vez que el material llegue al sitio se procede al armado de la cimentación con base en los planos respectivos del proyecto, teniendo el cuidado necesario para que quede firme en su lugar, utilizando para ello los separadores y silletas para el calzado. El amarrado de las varillas se realiza con alambre recocido del número 18 de manera suficiente y firme que garantice su inmovilidad durante el colado a fin de respetar los recubrimientos y peraltes efectivos. Para los traslapes de las varillas se observará que su longitud sea, como mínimo, 40 veces el diámetro de la varilla a traslapar y nunca se traslapará en la misma sección más del 30%.

Cabe aclarar que durante los trabajos de habilitación del acero de refuerzo se llevará a cabo el pre-armado del bottom-panel, el cual será montado y nivelado una vez que se hayan concluido los trabajos de armado y cimbrado de la cimentación.

VI.3 - C I M B R A

Una vez aceptado el armado del acero de refuerzo, por parte de la Supervisión se procede a cimbrar el elemento, utilizando para ello moldes con rigidez y capacidad de carga necesarias de modo que no existan deformaciones durante el colado y el fraguado del concreto que contendrá . En esta actividad es importante que se observen las siguientes condiciones :

- Respetar el recubrimiento que debe tener el acero.
- No deberán existir grietas , fisuras ó separaciones en los moldes que permitan el sangrado de la mezcla.
- El material utilizado para la fabricación de los moldes , así como el elemento o compuesto utilizado como desmoldante , no deberán generar ninguna reacción química con la mezcla de concreto.
- En caso de ser necesario , deberán abrirse ventanas a la cimbra de los dados , con el fin de permitir tanto la colocación del concreto como un vibrado adecuado del mismo.

VI.4.- C O N C R E T O

El colado de concreto se puede clasificar como crítico y complejo, no por la actividad en sí, sino por las actividades que se deben coordinar previamente y de las cuales depende su eficiencia y calidad.

Para lograr el éxito en el desarrollo de esta actividad es de fundamental importancia conocer ó estimar de la manera más precisa los tiempos de transporte de personal, equipo y materiales necesarios. Resulta conveniente, por otra parte,

estar preparado para que la cuadrilla dedicada a la fabricación del concreto, tenga un frente o actividad alternativo a fin de no interrumpir sus jornadas de trabajo como resultado de situaciones extraordinarias ó que no fueron debidamente consideradas.

Debido a la importancia del concreto para la estructura de las torres, puesto que en general, las condiciones en el campo son poco favorables para llevar a cabo la fabricación y colocación del mismo, resulta muy favorable, establecer una serie de controles e inspecciones a los materiales que lo componen así como al proceso de colocación.

Los aspectos que se deben vigilar durante el proceso de fabricación y colado de concreto son los siguientes:

AGREGADOS PETREOS:

La primer actividad que se debe realizar a este respecto, es la ubicación de los bancos de agregados que pueden llegar a ser útiles para un suministro rápido y efectivo. Estos bancos deben ser maestreados para determinar las siguientes características físicas de los agregados:

- a) Granulometría
- b) Densidad
- c) Absorción
- d) Peso Volumétrico
- e) Colorimetría
- f) Pérdida por lavado
- g) Intemperismo

Es importante que estas características sean determinadas con oportunidad, a fin de evitar que se lleguen a utilizar agregados cuyas propiedades sean dudosas ó desconocidas.

No es posible utilizar materiales cuya procedencia no sean los bancos que la contratista haya muestreado, ensayado y cuyos resultados hayan sido aprobados por la propia Comisión.

Asimismo, las dosificaciones de los concretos deben ser aprobados por la C.F.E. previamente a su fabricación en obra. Los diseños de concreto se basan en los lineamientos del ACI 318 y en todos los casos, el recubrimiento mínimo al paño del acero de refuerzo será de 7 cm.

Para garantizar que la resistencia de los concretos fabricados en obra cumplan con la resistencia de proyecto, se debe diseñar una mezcla en el laboratorio para una resistencia mínima de:

$$f_{cr} = f_c + t * t_c$$

Donde:

- f_{cr} : Resistencia promedio a compresión requerida para el diseño de la mezcla
- f_c : Resistencia de diseño a compresión
- t : Variable estadística que depende del porcentaje de resistencias inferiores a f_c . Para un máximo permisible del 10% se toma como 1.28
- t_c : Desviación estándar de las resistencias a los 28 días. Es razonable un valor del 4.4

Una vez contando con estas autorizaciones, la empresa contratista se encuentra en posibilidad de iniciar los trabajos de colado de cimentaciones.

Previo al colado, se procede a la preparación del elemento a colar, limpieza de plantilla y acero, verificación de las secciones y plomos, etc., enviando a la Gerencia de Supervisión de la C.F.E. la "orden de colado" (ver figura No. VI.1) donde se pone a consideración el número de la torre a colar, el volumen y tipo de concreto, el equipo y personal que intervendrá en él, así como la fecha y horas de iniciación y terminación del propio colado.

Autorizada la orden de colado y en presencia de C.F.E. y de la superintendencia de construcción y técnica de la contratista, se iniciará la fabricación del concreto, ajustando las proporciones y materiales autorizados, así como respetando las recomendaciones que tenga a bien hacer la propia Comisión, teniendo cuidado en que cada una de las bachadas tenga el tiempo suficiente para garantizar una revoltura homogénea.

Para que el concreto quede mezclado completamente debe considerarse dosificar aproximadamente el 80% del agua de la mezcla, vaciando posteriormente el agregado grueso, la arena y el cemento, dosificando finalmente el agua restante. El tiempo de mezclado para revolvedoras de medio o un saco de cemento debe ser de un minuto o un mínimo de 20 revoluciones.

Durante el proceso del colado, se tomarán muestras que nos permitan determinar la calidad del concreto fabricado a medida que adquiera resistencia. Para controlar la consistencia del concreto, es necesario efectuar también, pruebas de revenimiento debiendo desechar toda aquella mezcla que este fuera del rango especificado.

OBRA: _____

No. _____

FIGURA No. VI.1 ORDEN DE COLADO

FECHA: _____

Estructura _____
 Frente _____
 Elevación _____ 0
 Codenamiento _____ 0
 Volumen estimado _____ m³

f'c = _____ Kg/cm²
 tma: _____ (pulgadas)
 Revoimiento: _____ cm.
 Temperatura: _____ °C

OBRA CIVIL

SE AUTORIZO LA EJECUCION DEL COLADO, DADO QUE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA ENLISTADOS ESTAN CORRECTOS.

1.- LINEAS Y NIVELES

TOPOGRAFIA

- 2.- DIAMETRO, SEPARACION Y RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO.
- 3.- COLOCACION DE ANCLAS EN STUB
- 4.- COLOCACION DE PARTES FIJAS, CONEXIONES, TIERRAS, ETC.

5.- AUTORIZACION.

LABORATORIO

EL ENCARGADO DEL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO, CONSIDERANDO QUE SE ENCUENTRAN CUBIERTAS SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS ABAJO DESCRITOS, AUTORIZA LA REALIZACION DEL COLADO.

- 1.- PLANTA DOSIFICADORA EN BUEN ESTADO
- 2.- INGREDIENTES PARA FABRICACION DEL CONCRETO SUFICIENTES Y DE BUENA CALIDAD.
- 3.- PROTECCION DE TOLVAS Y BANDAS CONTRA LLUVIA.
- 4.- NUMERO SUFICIENTE DE UNIDADES DE TRANSPORTE Y EN BUEN ESTADO.
- 5.- EQUIPO SUFICIENTE, ADECUADO Y EN BUEN ESTADO PARA COLOCAR Y COMPACTAR EL CONCRETO (INCLUYENDO EQUIPO DE RESPALDO)
- 6.- PERSONAL SUFICIENTE Y ADECUADO
- 7.- ESCARIFICADO DEL CONCRETO.
- 8.- SUPERFICIE Y ACERO DE REFUERZO LIMPIOS Y EXENTOS DE CUALQUIER SUSTANCIA QUE DISMINUYA LA ADHERENCIA.
- 9.- ENGRASADO Y TERSURA DE LA CIMBRA.
- 10.- PROTECCION DEL SITIO DE COLADO Y DEL EQUIPO CONTRA SOL Y LLUVIA (LONS, PLASTICOS, ETC.)
- 11.- ILIMINACION SUFICIENTE
- 12.- CONDICIONES AMBIENTALES

RESPONSABLE DE FRENTE

CONTROL DE CALIDAD (LABORATORIO)

Concreto solicitado por	Compañia	HORA DE RECEPCION			
		TOPOGRAFIA	AREA CIVIL	LABORATORIO DE CONCRETO	SUPERVISION DE OBRA C.R.E.
		Fecha			
	Inicia Hora				

Es importante reducir la cantidad de vacíos ya que:

- 1.- Los vacíos reducen la resistencia del concreto, por cada 1% de aire, la resistencia se reduce un 5%.
- 2.- Los vacíos incrementan la permeabilidad, que a su vez reduce la durabilidad.
- 3.- Los vacíos reducen el área de contacto entre el concreto y el acero, perdiendo adherencia.

El tiempo en que debe permanecer el vibrador en el interior del concreto en cada inmersión debe variar de 5 a 10 segundos y la distancia entre cada punto dependerá del tamaño del equipo (entre 20 y 45 cm).

Paralelamente a la realización del colado, se revisará continuamente el nivelado del bottom-panel para corregir cualquier movimiento y al final, quede nivelado de acuerdo a los datos del proyecto.

El desarrollo de resistencia del concreto está condicionado por una humedad y temperatura favorable. El concreto que se cura correctamente es superior en resistencia, durabilidad bajo ataques químicos además de ser más permeable. El método más recomendable en nuestro medio es la aplicación de membranas.

VI.5.- RELLENOS

Al concluir el descimbrado de los elementos de cimentación y una vez que la Comisión haya aprobado el nivelado del bottom-panel, se procede con el relleno de las excavaciones con el material producto de la excavación.

El material excavado debe contar con propiedades específicas de peso volumétrico y granulometría para garantizar una compactación al 95% de la prueba proctor de C.F.E.; utilizando para ello picos, palas y bailarinas, colocando el material en capas de 20 cm y añadiendo agua suficiente para obtener una humedad homogénea y conveniente.

El peso del relleno actuante sobre las zapatas corresponde al volumen de una pirámide truncada, que tiene una inclinación máxima de sus caras con respecto a la vertical de 20° para suelo friccionante y 30° para suelo cohesivo, valores que variarán en función de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, de la forma de colado de la zapata con respecto a las paredes de la excavación.

Aunque la fabricación de concretos y compactación de rellenos no son las únicas actividades que involucran un control de calidad durante la etapa constructiva, si son las únicas de las que se lleva una memoria mediante reportes de laboratorio.

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE
TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

..... **OBRA ELECTROMECANICA.**

CAPITULO VII

MONTAJE DE ESTRUCTURAS

VII.1.- NIVELACION DE BOTTOM-PANEL

VII.2.- TIPOS DE MONTAJE

VII.2.1.- PIEZA POR PIEZA

VII.2.2.- CON PLUMA

VII.2.3.- CON GRUA

VII.2.4.- CON HELICOPTERO

VII.2.- VESTIDO DE ESTRUCTURAS

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO VII

MONTAJE DE ESTRUCTURAS

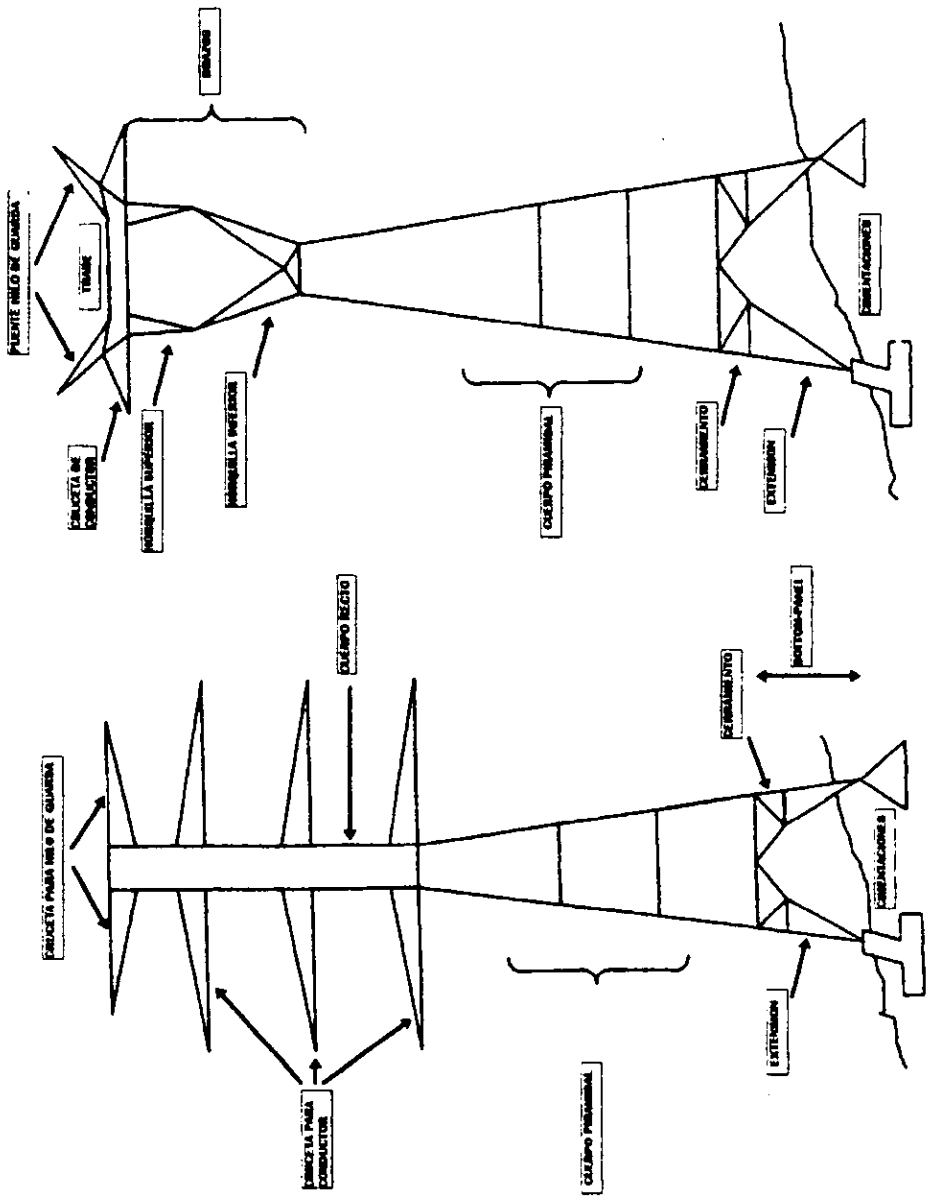
Las condiciones del diseño para la fabricación de cada torre ha establecido diferentes formas para poder realizar el montaje de éstas, dentro de las cuales se tiene la aplicación del uso de pluma flotante, grúa hidráulica, helicóptero, y pieza por pieza ; la utilización de estos métodos está asociada a las condiciones de accesibilidad y topografía de la zona donde se construirá la línea de transmisión.

La actividad del montaje de las torres requiere de un proceso bien definido por parte del ejecutor, acorde con el tipo de estructura para evitar daños y resultados fatales, tanto para la estructura como para el propio personal.

Es importante el aplicar métodos preestablecidos para el montaje de cada uno de las partes que conforman la torre (ver figura No. VII.A) partiendo de la cimentación y extensiones para lograr que los cuerpos superiores se acoplen adecuadamente , y de esta manera evitar la aplicación de esfuerzos diferentes a los que fueron considerados en el diseño.

ELEMENTOS DE TORRES DE TRANSMISION

FIGURA No. VIIA



La determinación de extensiones que se instalarán para cada estructura, se realiza a partir de los perfiles en cruz que se obtienen previamente al efectuar la localización de las estructuras y verificación del perfil. Estos perfiles se realizan en cada una de las cuatro patas de la torre sacando el desnivel que tienen, relacionado con el nivel correspondiente al centro de la torre, representada por la mojonera a una distancia de 1.5, 3, 6, 9 y 12 metros, para configurarse en el formato respectivo a escala 1:100 (ver figura No. V.2), que al plasmar la plantilla del tipo de torre a instalar nos arroja la extensión a utilizar.

Existen ocasiones en que se determinan extensiones que aún no se han diseñado para el tipo de torre especificada. Esto nos conduce a decidir entre:

- **Buscar una posible reubicación de la torre, con la finalidad de cambiar la topografía y por ende las extensiones**

- **Solicitar al fabricante de la torre el diseño para el tipo de extensión requerida**

- **Diseñar un dado-columna adecuado para absorber la diferencia del desnivel del terreno con la extensión de mayor longitud**

Es importante conocer el tipo de extensión próxima a instalarse en cada una de las patas de las torres ya que el trazo topográfico para realizar la excavación va en función de esto condicionante, para que la cimentación de concreto quede debidamente al centro de dicho trazo

VII.1.- NIVELACION DE BOTTOM-PANEL

Esta actividad requiere de una especial atención ya que de ella depende que el montaje del cuerpo superior de la torre se realice sin ningún problema en cuanto a la instalación de los elementos de cierre, porque de no estar bien nivelado no se pueden ensamblar estos elementos.

Su proceso de nivelación se realiza a partir de tener armado los elementos estructurales de la cimentación y de las extensiones respectivas de cada una de las patas de la torre, las cuales se deben suspender mediante tensores colocados con sus estribos respectivos a los montantes propios del bottom-panel por un extremo y del otro a los tubos ó montenes que se colocan para el soporte respectivo, esto nos facilita el movimiento de calza y alineación de la pata correspondiente, cuando ésta lo requiere para colocarla en su posición tanto de nivel como de distancia media diagonal del centro de la torre a la muesca.

Esta verificación de alineamiento de cada pata de la torre se obtiene topográficamente al girar el tránsito ó teodolito, primeramente 45° con referencia al eje longitudinal de la línea a cualquiera de las patas cuando la torre este en tangente a dicho eje. Para el caso en que la torre se encuentre en un punto de deflexión , será necesario obtener la bisectriz entre los ejes de la trayectoria anterior y posterior para alinear cada pata de la torre de manera análoga al caso anterior, tomando como referencia dicha bisectriz como se muestra en la figura VIII.1

Al lograr que cada una de las patas estén al mismo nivel a la distancia de la media diagonal y en la alineación correspondiente se dará por nivelado el bottom-panel. En el momento de estar realizando el colado de la zapata y dado, es necesario estar checando topográficamente estas mismas condiciones para

garantizar que en el armado del cuerpo superior de la torre no se tendrá problema alguno en su acoplamiento de todas y cada una de sus partes.

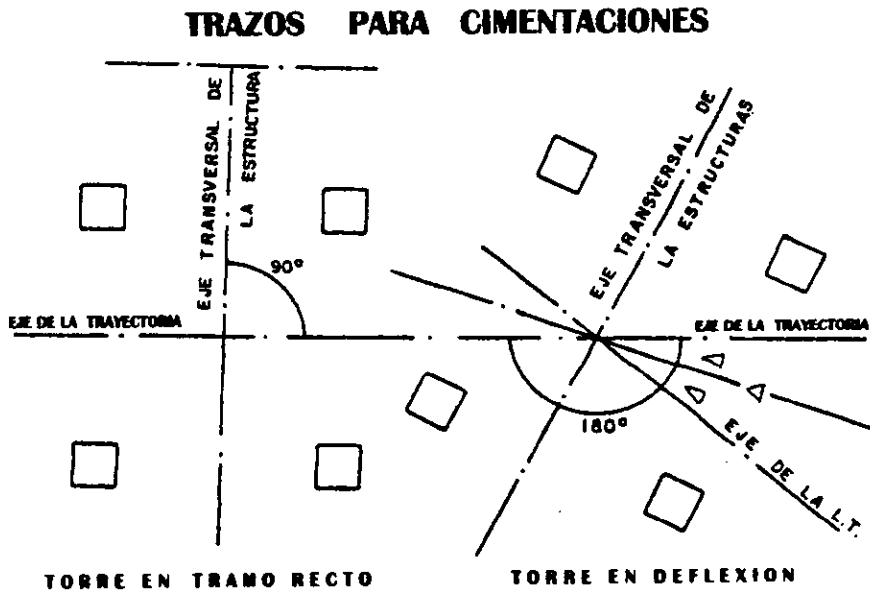


FIGURA No. VII.1

VII.2.- TIPOS DE MONTAJE

Para realizar el montaje del cuerpo superior de las torres, ha sido necesario idear métodos específicos para tal fin, en virtud de las condiciones de diseño de la propia torre ó para lograr una forma más rápida de efectuar la actividad, siendo algunos de éstos los siguientes:

VII.2.1.- PIEZA POR PIEZA

Como el título lo indica, el montaje del cuerpo superior se realiza colocando perfil por perfil en cada sección que conforma el cuerpo piramidal y recto hasta completar estos, ya que el montaje de la trabe se realiza a nivel del piso para luego izarla con auxilio de dos plumas pequeñas y un winch; las crucetas del hilo de guarda y del conductor, también se prearman en piso y se montan con las plumas y el winch. Si la topografía lo permite y el equipo puede acceder se utilizan los métodos que se exponen a continuación.

VII.2.2.- CON PLUMA

Este tipo de montaje es similar al anterior porque también se armarán los cuerpos pieza por pieza, auxiliándose desde su inicio con las plumas flotantes y equipo mencionado en el punto anterior.

Este método es utilizado cuando las torres son de diseño brasileño; ya que la esbeltez de los perfiles y la forma de armarse permiten tan sólo alguno de estos dos métodos. Las características de este tipo de torres se detallan en el capítulo IV.

Para el montaje de las torres a través de la pluma flotante es necesario realizar primeramente el prearmado de todos los elementos que conforman el cuerpo superior de la estructura de tal forma que permita el izaje de éstos sin que interfieran al realizarse su armado, por lo general el cuerpo piramidal se prearma en dos partes simétricas de cada sección de acuerdo al nivel de la torre a montar, así también cuando es para doble circuito se arma de antemano el cuerpo recto en la misma forma las crucetas y trabe ó puente se arman en forma completa, el

procedimiento para ejecutar el montaje inicia al colocar en el piso la pluma flotante de una longitud aproximada de quince metros y al centro de la torre, evitando que ésta se pueda caer por su propio peso al estar colocada verticalmente, instalándole en la parte superior cuatro retenidas denominadas vientos, los cuales se aflojan o tensan para poderla colocar en la posición deseada.

Para realizar el izaje de la pluma es necesario apoyarse con un malacate ó winch, equipo que auxilia también al realizar el montaje de cada uno de los cuerpos prearmados.

Cuando por la instalación y armado de los elementos de la torre ya no es posible colocar los otros porque la pluma flotante resulta muy corta, es necesario subirla a la propia torre; sujetándola de su parte inferior a uno de los montantes del cuerpo piramidal y su extremo superior deberá estar al centro de la misma. Esto se logra aflojando y tensando cada una de las retenidas instaladas, después de ello se continúa hasta llegar a la cintura, en este momento se deberá izar la pluma flotante hasta esta parte, pero el izaje y montaje de la trabe y de las crucetas de los cables se realizarán por la parte exterior de la torre.

VII.2.3.- CON GRUA

Con este tipo de montaje es necesario que se armen los cuerpos completamente para que mediante la grúa, se vayan colocando estos elementos en la posición correspondiente.

Existe una limitante para la utilización de esta forma de realizar el montaje de la torre, ya que solo se puede aplicar si tenemos un terreno plano y firme, para poder colocar la grúa al pie del lugar donde quedará instalada . En terreno

accidentado no es posible realizarlo por la dificultad que se tiene para acceder al sitio con ella.

La forma de realizar el montaje mediante el uso de grúa al estar ya prearmada la estructura y ubicada en su sitio, es mediante el estrobamiento de los montantes protegiéndolos con maderos y evitando causar esfuerzos diferentes al trabajo normal de los mismos. Además se deberá buscar que el peso del cuerpo a colocar se equilibre de tal forma que permita la colocación del elemento lo más pronto posible hasta concluir el montaje de cada uno de los elementos que conforman la estructura.

VII.2.4.- CON HELICOPTERO

Más que un método de montaje es un recurso para ejecutar el izaje de la torre de una forma rápida, siempre y cuando la propia torre este adecuada para su montaje con este tipo de equipo.

VII.3.- VESTIDO DE ESTRUCTURAS

Esta actividad es el antecedente al tendido de cables de guarda y conductor. La colocación de los herrajes propios de las torres y complementarios para la instalación de los aisladores nos proporciona un elemento de apoyo para poder ejecutar el tendido respectivo sin causarle daño a los cables conductores, esto por la propia altura a la que quedan colocados los aisladores, punto donde se sujetarán las poleas que permitirán el paso libre del conductor al estar efectuando el jalonamiento del mismo. Además con la instalación de estos aisladores que nos brindan un apoyo para dichos tendidos, éstos nos servirán para poder dar la distancia de fase a tierra requerida dependiente del voltaje que se manejará.

Primeramente es necesario conocer la cantidad y tipo de aisladores a instalar; lo cual se define en el proyecto proporcionado por C.F.E. desde la licitación, normalmente, el parámetro del número de aisladores que se necesitan instalar en las torres dependiendo de un voltaje determinado es el siguiente:

VOLTAJE KV	No. DE AISLADORES/CADENA PIEZA
69	6 para suspensión 7 para tensión
115	9 para suspensión 10 para tensión
400	24 para suspensión 25 para tensión

Otras de las condiciones para poder definir el tipo y número de aisladores va en función de la zona por donde atravesará la línea de transmisión ya que para zonas costeras ó de alta contaminación se debe utilizar el aislador tipo niebla; así como también a la tensión de carga a la que estarán sujetos, por ejemplo para la línea de 400 KV en las estructuras de tensión es necesario utilizar aisladores de 16.33 toneladas (36,000 libras) y en las de suspensión de 11.34 toneladas (25,000 libras).

Asimismo, conociéndose la capacidad de carga a que estarán trabajando los aisladores se deberán determinar los herrajes respectivos para el enclenado del cable conductor, por esa misma capacidad condicionante.

El tipo de herraje a utilizar en cada estructura estará determinado por el calibre del cable de guarda ó conductor, éste último será del diámetro especificado para los diferentes voltajes a los que se diseñan las líneas de transmisión que va desde 13.2 KV hasta 400 KV.

Esto nos da un parámetro para poder conocer el tipo de herrajes que debemos de considerar para poder sujetar el cable a la cadena de aisladores, los cuales pueden ser para suspensión o para tensión.

Los conjuntos de suspensión para el cable de guarda (ver figura No. VII.2) están formados por:

- 1 Eslabón
- 1 Grapa de suspensión
- 1 Conector a compresión de cable a cable
- 1 Conector a compresión de cable a solera

CONJUNTO EN SUSPENSION PARA CABLE DE GUARDA

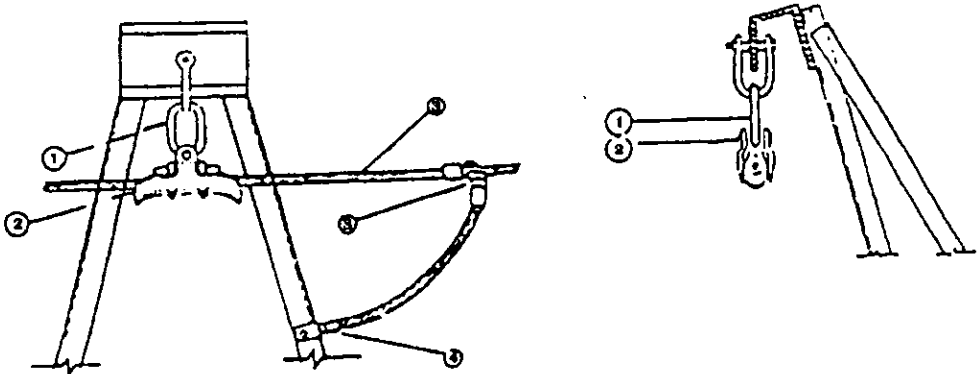


FIGURA No. VII.2

El conjunto de tensión ésta formado por:

PREFORMADO		COMPRESION	
2	Remate Preformado	2	Clema de tensión a compresión
2	Rosadera	2	Grillete
1	Conector de tornillo de cable a solera	1	Conector de cable a solera

CONJUNTO EN TENSION PARA CABLE DE GUARDA

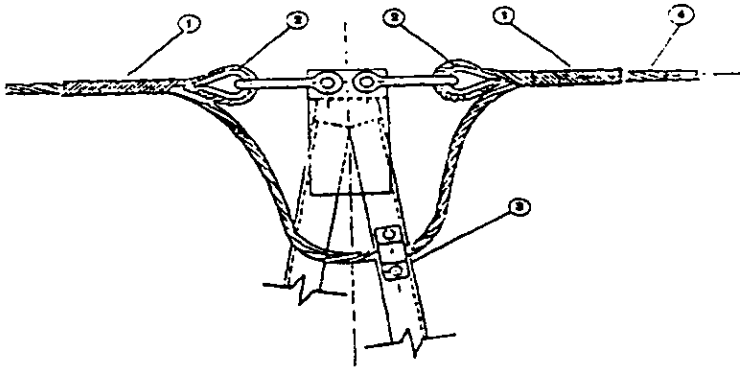


FIGURA No. VII.3

El herraje ó conjunto de suspensión vertical para un cable conductor (figura No.VII.4) consta de:

1	Horquilla "V" bola larga	1A
1	Calavera ojo largo	3A
1	Grapa de suspensión	4
1	Aisladores	2

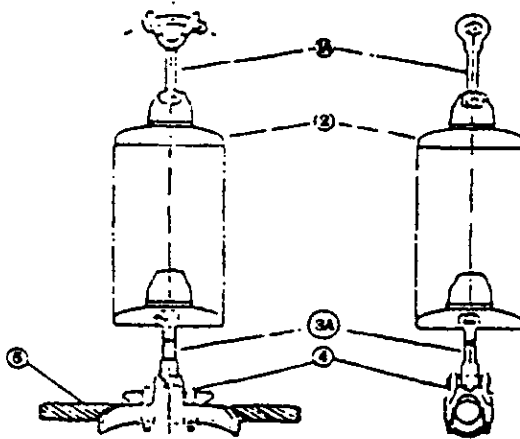
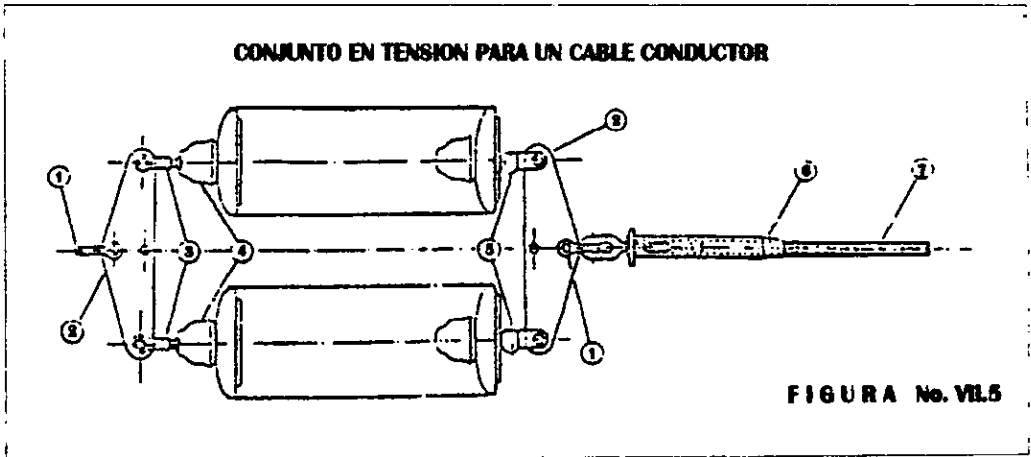


FIGURA No. VII.4

Mientras que para el herraje en tensión para un cable conductor (figura No. VII.5), se compone de las siguientes piezas:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | Grillete |
| 4 | Aisladores |
| 2 | Yugo Triangular |
| 3 | Horquilla "Y" bola larga |
| 5 | Calavera Horquilla "Y" larga |
| 6 | Grapa de tensión a compresión |



El conjunto de suspensión en "V" para un cable conductor (figura No. VII.6) lo forma:

- | | | |
|---|------------------------------|----|
| 2 | Horquilla "Y" bola larga | 1A |
| 2 | Calavera horquilla "Y" larga | 3A |
| 1 | Yugo triangular | 4 |
| 1 | Horquilla ojo revirado | 5 |
| 1 | Grapa de suspensión | 6 |

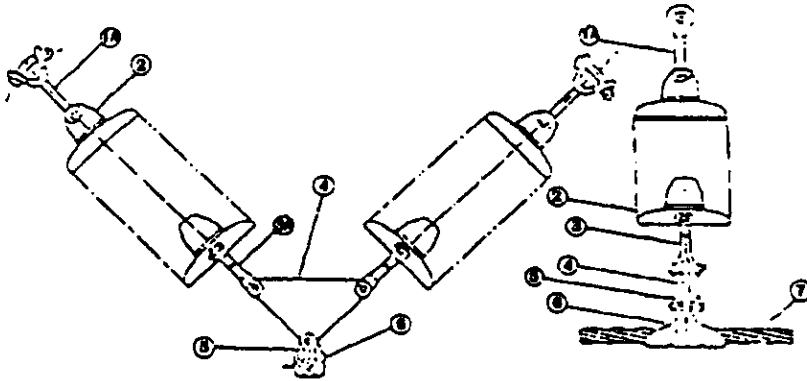


FIGURA No. VI.6

Estos conjuntos se aplican para un solo conductor por fase en calibres de 477, 795, 900 y 1113 cm.

Para el caso de las líneas de transmisión de 400 KV es necesario instalar herrajes para doble conductor por fase y doble cadena de aisladores (ver figura No.VII.7). El conjunto de suspensión vertical esta formado de:

1	Horquilla "Y" bola larga	1A
1	Calavera horquilla "Y" de bola 3A	
2	Horquilla "Y" ojo corta	5
1	Yugo triangular	4
2	Grapa de suspensión	6
2	Varilla protectora preformada	7

Mientras que el conjunto de suspensión en "V" se conforma del siguiente material (figura No. VII.8):

2	Horquilla "Y" bola larga	1A
2	Calavera horquilla "Y" larga	3A
1	Yugo trapezoidal V2	4
2	Horquilla ojo revirado	5
2	Grapa de suspensión	6
2	Varilla protectora preformada	7

CONJUNTO DE SUSPENSION VERTICAL PARA DOBLE CONDUCTOR

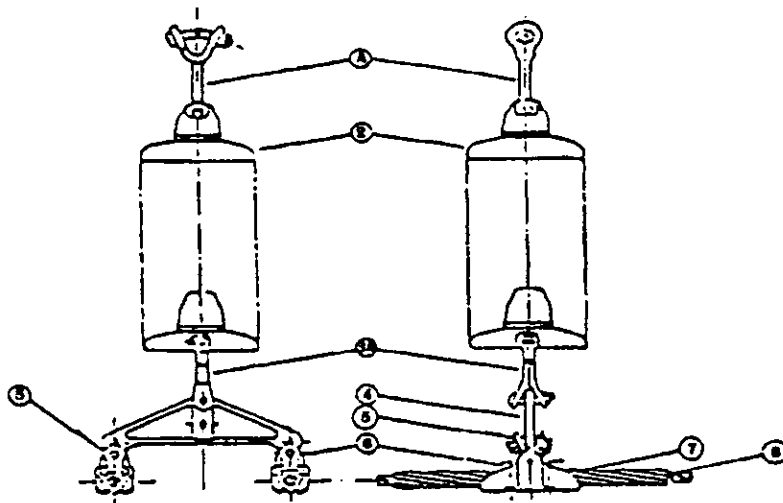


FIGURA No. VII.7

CONJUNTO DE SUSPENSION EN "V" PARA DOBLE CONDUCTOR

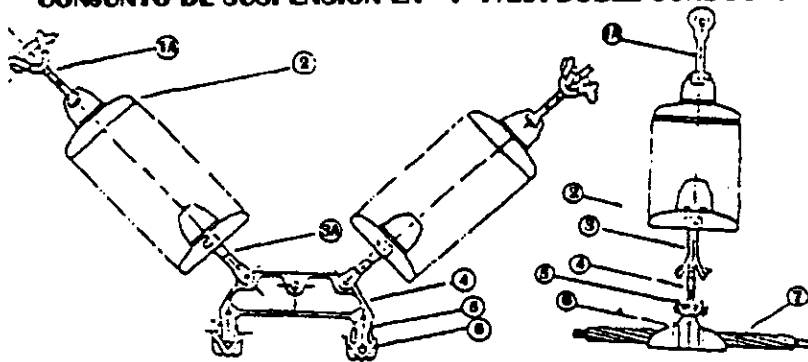


FIGURA No. VII.8

Finalmente para el conjunto de tensión (figura No. VII.9); éste lo armamos con las siguientes piezas:

1	Grillete	1
1	Yugo triangular	2
2	Horquilla "Y" bola larga	3A
2	Calavera horquilla "Y" larga	5A
2	Tensor	7
1	Yugo trapezoidal	6
2	Grapa de tensión	8
1	Anillo equipotencial	9

CONJUNTO DE TENSION PARA DOS CONDUCTORES

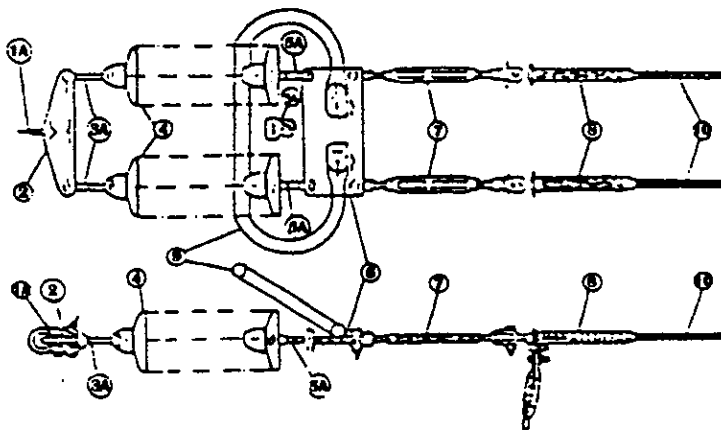


FIGURA No. VII.9

Después de haber instalado en cada una de las estructuras, sus herrajes correspondientes también se deberán colocar los amortiguadores respectivos indicados en el proyecto tanto en cantidad como a la distancia determinada.

Una serie de eventualidades en los aisladores ha orillado a darle una mayor confiabilidad a los arreglos en las torres de tensión mediante instalación en todas las estructuras de este tipo de doble cadena de aisladores, ya que si llegara a fallar algún aislador, calavera, horquilla ó cualquier otro elemento, contamos con un segundo punto de sujeción, evitando que se desprenda del punto de amarre en la estructura, tanto del cable conductor como de todo el aislamiento y conjunto respectivo.

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE
TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

..... **OBRA ELECTROMECHANICA**

CAPITULO VIII

INSTALACION DE CABLES

VIII.1.-INSTALACION DE CABLE DE GUARDA

VIII.1.1.- PROGRAMA DE TENDIDO

VIII.1.2.- TENDIDO DE CABLE GUARDA

VIII.2.-INSTALACION DE CABLE CONDUCTOR

VIII.2.1.- PROGRAMA DE TENDIDO

VIII.2.2.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO VIII

INSTALACION DE CABLES

VIII.1.- INSTALACION DE CABLE DE GUARDA

El objetivo principal de contar con la instalación de un cable acero ó hilo de guarda a lo largo de toda la línea soportado en cada una de las estructuras de acero, es con la finalidad de darle la protección necesaria a los cables conductores de las descargas atmosféricas que se pudiesen presentar, evitando con ello posibles sobretensiones que provocarían ruptura en los cables u otro tipo de desperfectos.

El tipo de cable que más se utiliza es el tipo Siemens Martín, de un diámetro nominal de 3/8", el cual nos proporciona una capacidad de ruptura de 30.900 N (3.15 Ton)

Cuando tenemos definido la ubicación de la torre a instalar se debe realizar la determinación de los claros y desniveles en cada estructura a fin de poder proporcionar los datos suficientes para el cálculo de las flechas y tensiones.

Las distancias que se obtengan se vaciarán en el formato siguiente (ver

figura No. VIII.1). Se debe indicar el número de la torre, su tipo, el claro real entre torre y torre, sus elevaciones, la altura del conductor con respecto al centro de la torre, que al sumarla a la elevación de la misma resulte la elevación del conductor, obteniéndose así, el desnivel respectivo entre ambas elevaciones la del terreno respecto a la del conductor.

DATOS PARA DISEÑO DE FLECHAS Y TENSIONES

FIGURA No. VIII.1

TORRE No.	T I P O	CLARO MTS.	ELEVACION TERRENO	ALTURA DE CONDUCTOR	ELEVACION A CONDUCTOR	DESNIVEL	OBSERVACIONES	
							EXTENSIONES	DEFLEXION

VIII.1.1.- PROGRAMA DE TENDIDO

Para proceder a colocar el cable de acero en el sitio definitivo en la torre, se deberá proceder a definir el programa del tendido de dicho cable (ver figura No. VIII.2), tomándose en cuenta la distancia del propio cable contenido en el carrete correspondiente, a fin de poder determinar de que torre a que torre se puede efectuar este trabajo, además se debe prever lo que por efecto de catenaria se requiera de longitud adicional de cable así como la distancia a la que quedará empalmado para así poder dar cumplimiento a que estos empalmes no queden a menos de 15 metros de la clema (grapa) correspondiente ó que vaya a quedar en el claro del cruce con cualquier vía de comunicación ó en los claros adyacentes de este cruce.

Se debe también prever la utilización de poleas de fierro si se instala cable de acero y el de poleas de aluminio para el caso de colocar cable de acero con alumoweld con la finalidad de no maltratarlo.

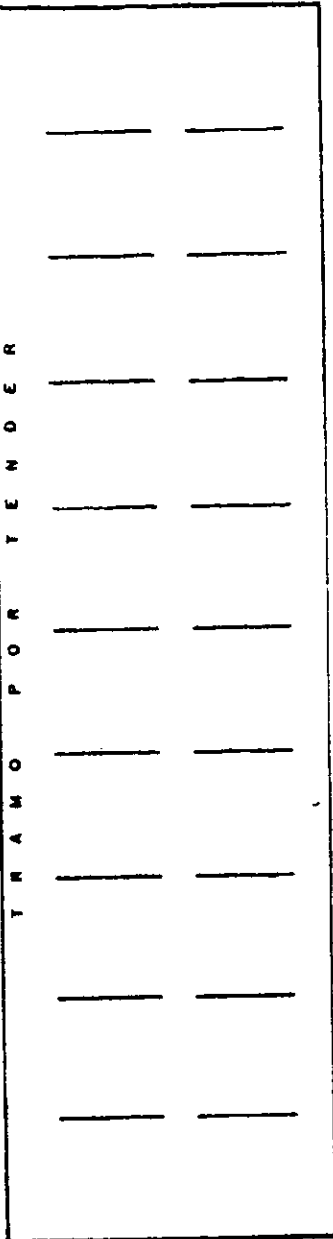
En cualquier método que se utilice para tender el cable de guarda, se cuida que el cable no se tuerza o forme espirales.

VIII.1.2.- TENDIDO DE CABLE GUARDA

El equipo principal para el tendido del cable está constituido por una unidad de tensión, otra de frenado y devaneo, así como de accesorios auxiliares tales como: tensores, poleas, calcetines, etc.. Este equipo se deberá colocar en los sitios determinados desde el programa de tendido.

FIGURA No. VIII.2

L.T. _____ KV. DE _____ A _____ (m)
 PLAN DE TENDIDO PARA CABLE CONDUCTOR _____ M CM _____ FECHA _____
 LOCALIZACION DE PUNTAS _____ M _____ LONG HORIZONTAL _____ M
 LADO MAQ. TRACCIONADORA A _____ MTS, DE T _____ HACIA T _____ CATENARIA _____ % _____ M
 LADO MAQ. DEVANADORA A _____ MTS, DE T _____ HACIA T _____ LONG TOTAL _____ M



P R O G R A M A D E T E N D I D O

F A S E N o. 1		F A S E N o. 2		F A S E N o. 3	
ORD	BOBINA LONGITUD	ORD	BOBINA LONGITUD	ORD	BOBINA LONGITUD

<p>C O R T E S</p> <p>BOBINA _____ LONGITUD _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p style="text-align: center;">E M P A L M E S</p> <p>ENTRE T _____ Y T _____</p> <p>ENTRE T _____ Y T _____</p> <p>ENTRE T _____ Y T _____</p> <p>ENTRE T _____ Y T _____</p>
<p>F O R M U L O</p> <p style="margin-left: 100px;">_____</p> <p style="margin-left: 100px;">V o. B o</p>	

A fin de poder efectuar este trabajo, se tiende primeramente un cable guía de polipropileno, tendiéndolo en sentido contrario al cual se tenderá el cable de acero (desde la tensionadora hacia la devanadora), haciéndolo pasar por los puntos de sujeción, esto con la finalidad de que sirva de "piloto" para dicho tendido, el cable guía se irá recuperando con la máquina de tensión instalada en el extremo desde donde se efectúa la tracción, mientras que en el otro extremo se encuentra la devanadora y el carrete del cable de acero.

Una vez concluido el jalón programado se realiza el cambio de la máquina para trasladarla al sitio determinado para el siguiente programa de tendido ; no sin antes anclar el cable en algún elemento predestinado para tal fin como un pilón o muerto de concreto.

Al contar con un tramo representativo, una vez tendido el cable de guarda, se procede a realizar el tensionado del mismo hasta alcanzar la flecha y tensión calculada para dicho tramo. Concluyendo esto se procede al enclenado respectivo en cada una de las estructuras, verificado que éstas queden debidamente conectadas a tierra en ambos extremos de la estructura (ver figuras No. VII.2 y VII.3) .

Con la finalidad de verificar que el cable de guarda esté instalado de acuerdo con lo programado en lo referente a su flecha y tensión, se debe comprobar por lo menos en tres claros, la flecha correspondiente: uno al centro y los otros dos al más próximo del claro regla, procurando que no sean cercanos entre sí.

VIII.2.- INSTALACION DE CABLE CONDUCTOR

El objetivo principal de contar con la instalación del cable conductor a lo largo de la línea de transmisión, sujetado a cada una de las estructuras de acero, es para poder realizar la transmisión de la energía desde una fuente de generación ó de distribución a otra instalación para su transformación y bifurcación de la misma, a fin de satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica de los sectores industriales, comerciales, domésticos y agrícolas.

Los tipos de cable que más se usan en el equipamiento de líneas de transmisión son los enlistados a continuación:

VOLTAJE (KV)	TIPO CABLE	CALIBRE (mm)
115	Hawk	477
115	Drake	795
230	Canary	900
400	Blue Jay	1113

Cada uno de éstos cables poseen características particulares en resistencia a la ruptura, número de cables, etc.. Se pueden observar algunas propiedades físicas y mecánicas en la tabla de la figura No. VIII.3.

Los mismos datos obtenidos de los claros y desniveles para el cálculo de las flechas y tensiones del cable de guarda, se aplican para calcular las flechas y tensiones del cable conductor.

La determinación de estos parámetros nos permiten efectuar una adecuada planeación para el tendido del cable.

CALIBRE (AWG-MCM)	CODIGO	ϕ	HI LOS		TENSION	PESO (Kg/Km)	RADIO MEDIO
		EXT. (mm)	AL	ACERO	RUPTURA (Kg)		GEOMETRICO (mm)
8	Wren	4.01	6	1	340	34	---
6	Turkey	5.03	6	1	531	54	1.2
4	Swan	6.35	6	1	831	85	1.3
2	Sparrow	8.03	6	1	1267	136	1.2
1/0	Raven	10.11	6	1	1943	216	1.3
2/0	Quail	11.35	6	1	2427	273	1.5
3/0	Pigeon	12.75	6	1	3030	344	1.8
4/0	Perquin	14.3	6	1	3823	434	2.4
266.8	Partridge	16.31	26	7	5108	547	6.6
336.4	Linnet	18.31	26	7	6379	690	7.4
477	Hawk	21.79	26	7	8821	979	8.8
477	Hen	22.43	30	7	10576	1113	9.3
795	Drake	28.14	26	7	14165	1630	11.4
795	Cóndor	27.76	54	7	12939	1525	11.2
900	Canary	29.51	54	7	14664	1726	11.9
1113	Bluejay	31.98	45	7	14039	1869	13

FIGURA No. VIII.3

VIII.2.1.- PROGRAMA DE TENDIDO

Previo a los trabajos del tendido del cable conductor, se deberá verificar en cada una de las estructuras de acero que estén completas en sus componentes (tornillos, palnuts, etc.), a fin de impedir que la estructura trabaje fuera del rango previsto en su diseño previniendo así, un posible colapso.

Las poleas que se utilicen para realizar el tendido y tensionado de los conductores deberán tener un diámetro mínimo, medido al fondo de la garganta de doce veces el diámetro del cable conductor. La garganta debe estar recubierta de hule ó neopreno y será del ancho necesario para que pueda deslizarse el cable conductor sin sufrir desgaste ó maltrato.

El equipo básico para realizar este concepto de obra para un conductor por fase, es el siguiente:

- * Máquina devanadora para doble cable conductor.
- * Máquina tensionadora.
- * Malacate hidráulico para bobinar cable de acero.
- * Bobinador para cable guía y piloto.
- * Portacarretes.
- * Grúa hidráulica sobre camión.

ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS:

- * Tensor tipo calcetín.
- * Destorcedores giratorios 1/2", 5/8" y 3/4".
- * Radios de comunicación.
- * Flejes.

Las unidades de frenado ó desenredado del cable (devanadoras), deberán ser de doble tambor recubierto con neopreno en las superficies donde se tenga contacto con el cable.

El programa de tendido se realiza para determinar el tramo de línea en el cual se puede efectuar la instalación del cable conductor tomando en cuenta la cantidad de cable que contienen cada uno de los carretes que son necesarios para cubrir la distancia a tender, tomando en cuenta la capacidad del equipo por utilizar.

Por lo general el embalaje de los cables conductores más utilizados en las líneas de transmisión se presenta comercialmente en la forma siguiente:

TIPO DE CABLE	M A S A (Kg)	LONGITUD (m)
ACSR - 266	2,000	3,670
ACSR - 366	2,000	2,910
ACSR - 477	2,000	2,050
ACSR - 795	2,000	1,230
ACSR - 900	2,360	1,370
ACSR - 1113	1,868	1,000

Otros de los detalles que se deben cuidar al realizar el programa de tendido del cable conductor son los cruzamientos con vías de comunicación u otras líneas de transmisión que existan en el tramo por tender, a fin de prever que los empalmes del conductor no queden por encima de estos cruces. Asimismo, se deberá prever que estos empalmes no queden instalados a una distancia menor de 25 metros de los apoyos, ni permitir que pasen por las poleas.

La distancia entre empalmes no deberá ser menor de 450 metros y no se permitirá mas de un empalme en el mismo conductor por claro.

Existe un formato para realizar el programa de tendido (ver figura No. VIII.2), en este se deberá indicar el tramo por tender de la torre A a la torre B, indicándose simbólicamente los cruces que se tengan con vías de comunicación y líneas de transmisión para que sean instaladas las protecciones respectivas (perchas) para poder realizar el cruce; así como indicar el orden en que se deberá ir devanando cada bobina para cada fase, las bobinas se identificarán por el número que se le asignó en el almacén desde su arribo a éste.

También, si por circunstancias de distancias entre la última torre considerada dentro del programa de tendido a la torre siguiente, el cable quedara empalmado fuera de lo establecido, es necesario indicar el corte que deberá realizarse al conductor procurando que la longitud cortada, pueda utilizarse para los puentes en las torres de remate, de igual forma se deberá estipular el sitio de los empalmes requeridos.

VIII.2.2.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR

Más que un método de tendido es una forma de realizar esta actividad ya que existen ocasiones en que es necesario adicionar o reducir pasos para dicho fin, por ejemplo, cuando se presentan condiciones topográficas que permitan omitir alguna actividad y realizar el jalón más rápidamente ó al contrario, que provoque aumentar otras actividades para completar el tendido.

La forma normal de realizar el tendido del cable conductor se ejecuta de la manera siguiente:

- 1.- Definir la ubicación de las máquinas, tanto de la devanadora como la de la traccionadora
- 2.- Se procede a tender un cable de polipropileno en sentido contrario al cual se tenderá el conductor, que servirá para jalar el cable piloto de acero, situado en la misma posición que la devanadora y debidamente unido al cable conductor
- 3.- La máquina tensionadora efectúa la tracción del cable piloto junto con el cable conductor, jalándolos hacia ella, esta misma operación se va repitiendo tantas veces como número de conductores se deban tender
- 4.- El tendido de cable conductor deberá obedecer el diseño de flechas y tensiones calculadas para el proyecto; utilizando el procedimiento de tensión mecánica controlada; mediante dinamómetros que establezcan la tensión aplicada a los cables

El cable piloto de acero con el que se dará la tensión, deberá ser el adecuado, para evitar la aplicación de esfuerzos indeseables en las cadenas de aisladores y en general a las estructuras; este cable debe conectarse al cable conductor por medio de eslabones giratorios (tensor) tipo calcetín sencillo. El extremo de las mordazas (calcetines) deberá ser flejado y encintado al conductor para facilitar su paso sobre las poleas y tener seguridad en las maniobras.

El cable conductor deberá dar cuatro y media vueltas como mínimo en cada uno de los tambores de la devanadora, lo cual evitará que se formen espirales en el conductor por efecto de desenredarlo del carrete.

Una vez concluido el tendido del cable conductor en el tramo respectivo, éste no deberá permanecer más de 72 horas sin tensionar y enclamar, permitiendo 24 horas de reposo para poder iniciar el tensionado. Previo a tensionar el cable conductor se deberán empalmar con la maquinaria y accesorios propuestos por el fabricante del empalme para garantizar que éste quedará correctamente; paralelamente a esta actividad también debe realizarse la marca a catenaria en la propia estructura donde se dará ó verificará que el conductor tenga la flecha calculada para su tensionado respectivo.

De igual manera al ejecutar el tensionado en el extremo correspondiente se debe colocar un dinamómetro para que verifique la tensión determinada para la flecha ó catenaria calculada en ese tramo.

Los tramos a tensionar no serán mayores a 3,000 metros, en cada tramo de tensionado se deberán comprobar las flechas cuando menos en 3 claros, procurando hacer esta verificación en los claros que más se aproximen al claro regla.

Verificando que el conductor se encuentra tanto a la tensión como a la flecha y con el libramiento a tierra de proyecto, se procederá a fijarlo en la estructura utilizando los herrajes correspondientes tanto de suspensión como de tensión, cuyas características de cada uno de estos conjuntos se encuentran mencionadas en el subcapítulo VII.3.

Al estar realizando la colocación de las grapas en cada una de las estructuras en las de tensión se deberán dejar colocados los puentes respectivos con las distancias de fase a tierra mínimas indicadas para el voltaje a la que operará la línea de transmisión, así también en cada una de las estructuras se instalarán los amortiguadores correspondientes.

Cuando se instale doble conductor por fase, se deberá colocar adicional a todos los herrajes antes descritos los separadores respectivos, cuya cantidad de éstos va en función de la distancia del claro entre torre y torre.

**CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE
TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS**

..... **OBRA ELECTROMECANICA**

CAPITULO

IX

PUESTA EN SERVICIO

IX.1.- PROGRAMA DE ENERGIZACION

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO

IX

PUESTA EN SERVICIO

Con esta actividad se concluye el proceso constructivo y reviste de una gran importancia ya que se realiza una revisión detallada en cada una de las estructuras a fin de establecer el cumplimiento de cada una de las actividades del proceso constructivo acorde a lo estipulado en el proyecto.

Para ello, es importante hacer intervenir desde el proceso de construcción de la línea de transmisión al área operativa, proponiendo supervisiones periódicas conjuntas, además con la debida oportunidad realizar la entrega de la información del proyecto.

Existe una relación de la información que el área operativa nos requiere para la recepción de una línea de transmisión que cubre desde el aspecto preliminar de la ejecución hasta la formulación del acta de entrega-recepción y los describimos a continuación:

- 1.- Aspectos generales objetivo y características principales de la línea
- 2.- Plano topográfico con la trayectoria preliminar y definitiva
- 3.- Estudios técnicos sobre coordinación de aislamiento
- 4.- Valores de mediciones de resistividad de tierras
- 5.- Programa de construcción
- 6.- Planos topográficos de planta y perfil indicando, el tipo y ubicación de las estructuras definitivos
- 7.- Plano de las estructuras tipo
- 8.- Copia de avisos de iniciación y terminación de obra
- 9.- Copia de las listas de distribución de estructuras definitivas
- 10.- Documentación sobre indemnizaciones, acuerdos sobre servidumbres de paso, expropiaciones, etc.
- 11.- Autorización de cruces con vías de comunicación
- 12.- Información de localización de helipuertos si es que existen
- 13.- Cálculo de flechas y tensiones
- 14.- planos de accesorios y herrajes de suspensión y tensión para cable de hilo guarda y conductor
- 15.- Diseño de la red de tierras
- 16.- Informe de correcciones de observaciones hechas por el área operativa
- 17.- Relación de refacciones de accesorios y herramientas para su mantenimiento

Las inspecciones terrestres agilizan el proceso de entrega-recepción de la línea al revisar con anticipación las anomalías que pudieran presentarse. De manera conjunta, Supervisión General y Superintendencia de Construcción, realizan la visita a cada una de las estructuras, inspeccionando las lecturas de resistividad, con el fin de tomar medidas correctivas en caso de requerirse; además de utilizar el formato de la figura No. IX.1, para anotar las piezas faltantes u observaciones hechas por Supervisión General.

Las inspecciones también se pueden realizar por helicóptero cuando la trayectoria de la línea construida, es de longitud considerable, facilitándose la inspección de instalaciones de conexiones "cola de rata", placas de identificación aérea ó brecha faltante, además de dar un panorama general del estado que guarda la construcción de la línea.

IX.1.- PROGRAMA DE ENERGIZACION

Una vez concluidas las inspecciones realizadas durante el proceso de recepción así como de las inspecciones aéreas previas a energizar la línea, se determina un programa de energización a realizarse entre sábado y domingo, ya que son en estos días cuando la demanda de energía eléctrica decae y, de tener algún contratiempo al energizar la línea, no ocasiona disturbios mayores.

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO

X

PROBLEMATICA DE LINEAS

X.1.- DESCARGAS ATMOSFERICAS Y VIENTOS

X.2.- B R E C H A

X.3.- CONTAMINACION

X.4.- I G N O R A D A S

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO

X

PROBLEMATICA DE LINEAS

En un sistema eléctrico todos los elementos que lo conforman están expuestos a fallas; las líneas de transmisión encargadas del transporte de la energía eléctrica desde las centrales generadoras a las subestaciones de distribución se someten a esfuerzos eléctricos debidos a sobretensión durante su operación, influyendo, dramáticamente, los aspectos topográficos y climatológicos que prevalecen a lo largo de su trayectoria; por tal razón resulta ser uno de los elementos con mayor riesgo de falla, de ahí la importancia en su conservación y mantenimiento para obtener una operación confiable.

El número de salidas por falla por cada 100 Kilómetros de línea al año, es el índice de comparación para fijar programas de mantenimiento; así como estrategias de diseño tendientes a eliminar estas salidas por falla.

Los tipos de fallas se clasifican de acuerdo a la causa que las origina, así podemos establecer la siguiente agrupación:

MECANICAS

Estructuras
Herrajes
Aisladores
Conductores
Hilos de guarda

ELECTRICAS

Descargas atmosféricas
Contaminación

MANTENIMIENTO

Brecha

OTRAS

Ignoradas
Vientos
Agricultura

Generalmente las líneas de transmisión importantes y que son de fácil acceso, cuentan con localizadores de falla, instalados en las subestaciones de origen y destino; equipo que ubica la falla, marcándola en el kilometraje donde ocurra la falla, facilitando su localización.

Entre los factores que influyen para que se presente una falla podemos enlistar los siguientes:

- * Diferentes características mecánicas de los tipos de estructuras instaladas en la línea afectada
- * Diferencias en las condiciones de exposición o protección de tramos del sistema de transmisión por efecto de la topografía que se tiene a lo largo de la trayectoria
- * La diferencia en la capacidad de carga y características del terreno donde se emplazan las estructuras y se alojan las cimentaciones

X.1.- DESCARGAS ATMOSFERICAS Y VIENTOS

La complejidad y la magnitud de los fenómenos meteorológicos y sus efectos como el viento y las descargas eléctricas, con características no previsibles respecto a la velocidad y dirección en caso de vientos y magnitud y frecuencia en el caso de las descargas atmosféricas; así como la interacción de las estructuras para soportar los grandes esfuerzos generados por estos fenómenos, son las causas principales de las fallas de las estructuras metálicas y sus elementos en general. En la práctica, se han implementado las siguientes actividades para disminuir este tipo de falla.

- a) Medir y en caso necesario corregir los valores de los sistemas de tierras de las torres
- b) Corregir el ángulo de blindaje en caso de que las descargas atmosféricas sobre la línea sean frecuentes

X.2.- BRECHA

Una avería que se presenta con frecuencia, es la producida por contacto de los hilos, ya sea por el propio contacto entre conductores, ó porque un cuerpo extraño, sea este metálico o madera mojada, toque al menos en dos fases de la línea. Es muy importante mantener siempre limpia la brecha bajo las líneas de transmisión, con el fin de evitar al máximo las salidas de línea por problemas de brecha alta que haga contacto con los conductores.

X.3.- CONTAMINACION

En las líneas situadas en las proximidades del mar, se originan depósitos salinos sobre la superficie del aislador, que produce pérdidas de energía debidas a efluvios que cubren a los aisladores en el punto de retención de los conductores; originando luminiscencia en aquellos por la sensible disminución en su capacidad dieléctrica. Esto se corrige, aplicando agua químicamente pura a presión para remover estos residuos.

La contaminación ocasionada por humos tanto industriales como de agricultura (sobre todo en zonas cañeras), provocan el mismo efecto en los aisladores, por lo que resulta conveniente elevar la altura de la línea, esto se consigue por alguna de las siguientes medidas.

- a) Ajuste del tensionado de los cables
- b) El cambio de tipos de torres
- c) Instalar torres intermedias
- d) Desviar la trayectoria para salvar la zona de cultivo
- e) Instalar módulos estructurales intermedios en las torres

X.4.- IGNORADAS

Es por desgracia, bastante frecuente que los aisladores se destruyan a pedradas ó por disparos de cazadores, que los toman como blanco.

Asimismo, los programas de mantenimiento, prevén el cambio o reposición de los elementos que conforman a la línea. Algunos de las acciones más importantes son:

- a) Reponer el aislamiento dañado y restablecer el nivel de aislamiento a sus condiciones óptimas
- b) Reposición de amortiguadores que han sufrido fatiga
- c) Cambiar herrajes de cable conductor y de guarda dañados por corrosión
- d) Reponer los elementos estructurales faltantes o dañados, así como tornillería afectada por corrosión
- e) Aplicar pintura anticorrosiva en estructuras metálicas y en cimentaciones, en zonas de alta salinidad
- f) Cambiar los conductores que presenten corrosión o fatiga

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO

XI

CONCLUSIONES

XI.1.- D I S E Ñ O

XI.2.- CONSTRUCCION

XI.3.- CALIDAD

CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE TRANSMISION CON TORRES AUTOSOPORTADAS

CAPITULO

XI

CONCLUSIONES

El haber realizado la presente tesis permitió sensibilizarnos de la complejidad que encierra este tipo de obras, en las que convergen diversas ramas de la Ingeniería como son: sistemas, topografía, mecánica de suelos, cimentaciones, estructural, mecánica-eléctrica y de construcción, que con procedimientos y metodologías particulares, conforman un todo en lo que se denomina Ingeniería de líneas de transmisión.

Se deben atender los principales puntos a fin de evitar problemas, que por su relevancia e impacto ocasionen incremento en los costos y tiempos, tanto en el diseño y en la construcción como en la calidad de la obra. A continuación presentamos un análisis de los principales que se presentan.

XI.1.- DISEÑO

Actualmente se utilizan las cartas topográficas publicadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI), para seleccionar la trayectoria de la línea, teniendo que traslapar dos o más cartas para establecerla.

Resultaría conveniente complementar esta información por medios fotogramétricos recientes , con los apoyos topográficos adecuados y lo más actualizados posible.

Los trabajos topográficos (trazo de la trayectoria seleccionada, perfiles en cruz y levantamiento de contraperfiles) deben ser realizados por personal calificado y con la utilización del equipo adecuado debidamente calibrado y ajustado.

Atendiendo lo anterior consideramos que se contará con datos fidedignos que permitirán tener una localización conveniente para las estructuras, evitando la suposición de datos y permitiendo cumplir con diseños económicos y seguros, es decir, con diseños óptimos de ingeniería.

XI.2.- CONSTRUCCION

En términos generales este tipo de obras, presentan tres características principales que las hacen objeto de una atención especial.

- a) Lejanía a los centros de población
- b) Dispersión de los puntos de trabajo en una gran longitud
- c) Región y época del año en que se realizan

a) LEJANIA A LOS CENTROS DE POBLACION

En general la trayectoria de estas líneas se procura alejada de asentamientos humanos y por tanto su trayectoria recorre geografías agrestes y despobladas y ello significa serias dificultades para llevar a los diferentes sitios, los servicios, materiales y personal, que requiere la construcción.

En este sentido, resulta de vital importancia que se programe la realización de los caminos de acceso, con la suficiente anticipación a fin de que personal y materiales puedan acceder al sitio de los trabajos, en condiciones óptimas.

b) DISPERSION DE LOS PUNTOS DE TRABAJO EN UNA GRAN LONGITUD

La construcción de las líneas de transmisión es una obra que se desarrolla avanzando sobre su trayectoria con conceptos que se realizan repetitivamente en cada una de las torres, mismas que se localizan a una distancia promedio de 450.00 m. Esto hace que las cuadrillas de trabajo sean altamente dependientes unas de otras, razón por la que todas las actividades deben ser estudiadas cuidadosamente y una vez establecidas, vigilar permanentemente el desarrollo de dichas actividades, para prever oportunamente, los problemas que puedan detener las actividades de las demás cuadrillas de trabajo.

Consideramos que la forma de reducir el impacto de esta característica, en las obras, es cuidar, particularmente lo siguiente:

- Contar con un equipo adecuado de intercomunicación entre superintendente, jefes de frente, jefes de cuadrilla, almacén y oficinas de campo
- Diseñar las cuadrillas de trabajo de manera que cuenten con el personal, equipo y materiales necesarios para la ejecución de sus labores
- Conocer el tipo de terreno en que se desplantarán las estructuras y estimar, lo más aproximado posible, el tiempo en que se realizará cada una de las actividades

- Espaciar la entrada de las cuadrillas con la holgura suficiente para evitar que se "alcancen"
- Establecer una metodología en la que se conozca diariamente el avance de cada una de las cuadrillas y los problemas que se les presentan
- Lograr la liberación de los derechos de vía con la anticipación suficiente

c) Región y época del año en que se realizan

Las lluvias ocasionan serios problemas en la construcción de estas obras ya que su efecto no solo afecta el día que llueve , sino que de acuerdo al tipo de terreno, repercute tiempo después de cesar la precipitación.

Con el fin de reducir este inconveniente es necesario que las obras se programen para su ejecución durante la temporada de secas y durante la temporada de lluvias se realicen trabajos que no resulten con gran afectación como son los topográficos y el diseño.

XI.3.- CALIDAD

Revisando el concepto de calidad y lo que es propiamente un sistema de aseguramiento de calidad, podemos establecer que es de primordial importancia se atiendan los siguientes puntos:

1.- NIVELES DE EDUCACION Y CAPACITACION FORMAL

A este respecto vale la pena mencionar que la personas que ocupen puestos de cabo que son responsables de coordinar y dirigir un grupo de personal que se encarga de ciertas actividades, deben tener un nivel de educación que les permita leer, escribir y manejar documentos, en forma adecuada y confiable, es decir, puedan llevar los diferentes registros de calidad de manera correcta.

Por otra parte, los jefes de frente, que son responsables de vigilar, atender y coordinar a una o varias cuadrillas, deben de ser ingenieros civiles certificados y calificados a fin de que puedan llevar a cabo el desarrollo documental y manejo de los archivos que se requieren dentro de un sistema de aseguramiento de calidad y realizar las investigaciones de la normatividad aplicable a los procesos constructivos que tienen a su cargo; así como el desarrollo de los procedimientos que se siguen en ellos.

2.- CULTURA DE CALIDAD

Debido a la apertura comercial de nuestro país a los mercados internacionales, es necesario que las empresas consideren, la urgente implementación de sistemas de aseguramiento de calidad, toda vez que el

principal beneficiado es el cliente y ello generará, indudablemente, a un mediano plazo, los siguientes beneficios:

- Mayor competitividad
- Disminución de costos de mantenimiento y producción
- Disminución de desperdicios

BIBLIOGRAFIA

Comisión Federal de Electricidad
septiembre 1990

" MEMORIA TECNICA "

Jacinto Viqueira Landa

Tercera edición 1986

" REDES ELECTRICAS " (primera parte)

Gaudencio Zoppetti Júdez

Quinta edición, 1972

" REDES ELECTRICAS DE ALTA Y BAJA TENSION "
PARA CONDUCIR Y DISTRIBUIR LA ENERGIA ELECTRICA

Miguel Montes de Oca

Cuarta edición, 1986

" TOPOGRAFIA "

W. Watson

Octava edición, 1924

" CURSO DE FISICA "

Quinta edición, 1972

" REDES ELECTRICAS DE ALTA Y BAJA TENSION "
PARA CONDUCIR Y DISTRIBUIR LA ENERGIA ELECTRICA
Parainfo: tomo I

Hinrichs Roger A.

Primera edición, 1992

" ENERGY "

Saunders College Publishing

B. M. Weedy

Third edition, 1979

" ELECTRIC POWER SYSTEMS "

Periódico La Jornada

23 de Noviembre 1996

Instituto de Investigaciones Eléctricas

Primera edición, 1983

" MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES "
ESTRUCTURAS PARA TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA