



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

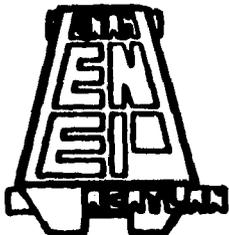
6  
29

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE  
TRANSMISION: UN CASO ESPECIFICO

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A  
**MARTHA ANGELICA ELIZONDO SAMANO**



ACATLAN, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

**TESIS**

**COMPLETA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

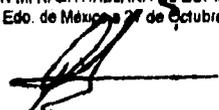
SRA. MATHA ANGELICA ELIZONDO SAMANO  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
PRESENTE.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 3 de Agosto de 1988 me complace notificarle que esta Jefatura de Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis titulado "PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION: UN CASO ESPECIFICO", el cual se desarrollará como sigue:

- INTRODUCCION.
- I. ANTECEDENTES.
- II. PROYECTOS
- III. PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION
- IV. PROCESO CONSTRUCTIVO
- CONCLUSIONES.

Así mismo fue designado como asesor de tesis el en M. en I. Victor Palencia Gómez. Ruego a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Acatlán Edo. de México a 27 de Octubre de 1988

  
Ing. Carlos Rosales Aguilar.  
Jefe del Programa de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
" A C A T L A N "

I N G E N I E R I A   C I V I L

TESIS PROFESIONAL

" PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION:  
UN CASO ESPECIFICO ".

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MARTHA ANGELICA ELIZONDO SAMANO

No. de Cuenta: 7411821 - 0

Aoatlán, Edo. de Méx.

1996.

A mis padres con amor y respeto:

GONZALO ELIZONDO VERGARA

Por tu esfuerzo, cariño y comprensión  
que han hecho posible todos mis anhelos.

MARTHA SAMANO DE ELIZONDO

Por el amor y dedicación que siempre  
me has dado.

A mis hermanos:

GONZALO

VERONICA

JUAN ENRIQUE

CARLOS ALFREDO

Con los que he compartido tantos momentos agradables.

A mis abuelitos:

GONZALO ELIZONDO SANTANA  
GUILLEMINA VERGARA DE ELIZONDO

MARIANO SAMANO SANCHEZ  
CONCEPCION ZETINA DE SAMANO

Con admiración y cariño.

A mis tíos:

Con respeto y afecto.

A tí ARMANDO:

Con todo mi amor, por haberme dado con tí cariño  
el respaldo necesario para no dejarme vencer.

A mis queridos hijos:

ARMANDO, FERNANDO Y RICARDO

Con la mayor esperanza e ilusión puesta en ustedes.

Al M. en I.:

VICTOR JOSE PALENCIA GOMEZ

Por haberme brindado su ayuda, amistad y paciencia,  
que hicieron posible la realización de este objetivo.

Al Ingeniero:

JOSE PEDRO AGUSTIN VALERA NEGRETTE

Al Ingeniero:

CARLOS ARCE LEON

A mi Escuela, Profesores y Compañeros



INDICE

## I N D I C E

	Pag.
INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO I	
ANTECEDENTES . . . . .	6
CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION . . . . .	22
OBJETIVO DE LAS LINEAS DE TRANSMISION . . . . .	28
COMPOSICION DE LAS TORRES DE TRANSMISION . . . . .	30
CLASIFICACION DE LAS TORRES EN LAS LINEAS DE TRANSMISION . . . . .	35
CAPITULO II	
PROYECTO . . . . .	46
CONSIDERACIONES DEL CALCULO ELECTRICO . . . . .	46
CALCULO DE FLECHAS . . . . .	48
RELACION DE FLECHAS, TENSIONES Y TEMPERATURAS . . . . .	57
LOCALIZACION DE LAS ESTRUCTURAS SOBRE EL PERFIL TOPOGRAFICO . . . . .	63
PROYECTO Y ANALISIS DE LAS TORRES DE TRANSMISION . . . . .	70
ANALISIS ESTRUCTURAL DE TORRES . . . . .	74
ANALISIS Y DISEÑO POR COMPUTADORA . . . . .	89
CAPITULO III	
PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION . . . . .	96
PLANEACION DE LA CONSTRUCCION . . . . .	96
PROGRAMA DE CONSTRUCCION . . . . .	102
PRESUPUESTO . . . . .	105
SUPERVISION . . . . .	118

CAPITULO	Pag.
IV	
PROCESO CONSTRUCTIVO . . . . .	132
METODO DE CONSTRUCCION PARA EL TRAZO Y LOCALIZACION DE LA LINEA . . . . .	132
APERTURA DE LA BRECHA . . . . .	134
CAMINOS DE ACCESO . . . . .	138
LOCALIZACION DE TORRES Y VERIFICACION DEL PERFIL . . . . .	140
EXCAVACION A CIELO ABIERTO . . . . .	143
PLANTILLA DE CONCRETO . . . . .	154
ACERO DE REFUERZO PARA CONCRETO . . . . .	156
CONCRETO EN CIMENTACIONES . . . . .	157
ARMADO, NIVELADO Y MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO . . . . .	161
ARMADO DEL CUERPO INFERIOR . . . . .	161
NIVELADO DEL CUERPO INFERIOR . . . . .	162
ARMADO DE LOS CUERPOS SUPERIORES . . . . .	163
COLOCACION Y CONEXION DEL SISTEMA DE TIERRA . . . . .	170
RELENO Y APISONADO DE CIMENTACIONES . . . . .	173
VESTIDO DE TORRES . . . . .	175
TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE DE GUARDA . . . . .	178
TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR . . . . .	182
PRUEBAS . . . . .	192
APENDICE	
FINANCIAMIENTO . . . . .	194
CONCLUSIONES . . . . .	197
BIBLIOGRAFIA . . . . .	200

INTRODUCCION

La energía eléctrica, es una necesidad importante de todos en este tiempo, ya que forma parte esencial de la infraestructura de nuestro país, siendo esta un factor decisivo para el desarrollo económico y social del mismo.

Hoy en día, por la enorme utilización de este fluido básico, se deben cumplir los requerimientos de la demanda en los centros de trabajo, en los hogares y en los servicios públicos de cada ciudad y regiones del país. Deben satisfacerse además, requisitos que conduzcan a la integración nacional y que proporcionen mejores niveles de vida para la población y con esto justificar plenamente el empleo de recursos naturales y económicos disponibles para su producción en gran escala, que satisfagan ampliamente la demanda.

Para transportar la energía eléctrica, desde la fuente de producción hasta los lugares de consumo, es necesario contar con una línea de transmisión, en donde, desde que se tiene la necesidad de dicha línea hasta que se logra su completa realización, hay una serie de factores importantes que hacen del proyecto y de la construcción de líneas de transmisión una especialidad dentro de las ramas de la Ingeniería, especialmente de la Ingeniería Civil, Eléctrica y Mecánica.

Al igual que en cualquier obra de Ingeniería la construcción de una línea de transmisión, requiere de una serie de actividades sistemáticas que nos permitan lograr su correcta ejecución; lo primero que debe hacerse antes de iniciar es formular un programa

ma de los trabajos a realizar, de lo cual dependerá en gran medida que la obra se ejecute dentro del tiempo deseado y lo más económica posible.

En este trabajo se intenta señalar a grandes rasgos ciertos aspectos generales para el desarrollo de dichos programas, tomando para ejemplificarlos algunos datos de la línea de transmisión Villa Garofa - Torreón Sur.

Se proporcionan algunos antecedentes estadísticos de producción y demanda del sector eléctrico, como un enfoque general para visualizar la necesidad de las líneas de transmisión.

Además, se presentan en forma general las características de las líneas de transmisión, la manera en que se proyectan las líneas, su planeación y su proceso constructivo.

En las características de las líneas, se menciona el objetivo de éstas, su clasificación y su forma; en el proyecto, se hacen algunas consideraciones del cálculo eléctrico, el cálculo de flechas y el cálculo general de una torre típica, todo esto, sin llegar a profundizar específicamente en estos temas, que por sí solos serían materia de gran estudio. En la planeación se ven los programas generales de obra, se plantean las consideraciones para presupuestar los trabajos y los criterios necesarios para su supervisión y control.

En el proceso constructivo se describen los métodos de construcción que generalmente se realizan, desde el trazo y localización de la línea de transmisión, hasta el tendido y tensado del

cable conductor y del cable de guarda.

Al final se hacen algunos comentarios y conclusiones sobre el trabajo

## C A P I T U L O     I

ANTECEDENTES.

CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION.

OBJETIVO DE LAS LINEAS DE TRANSMISION.

COMPOSICION DE LAS TORRES DE TRANSMISION.

CLASIFICACION DE LAS TORRES EN LAS LINEAS DE TRANSMISION.

## ANTECEDENTES.

La Administración Federal ha trazado el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, con el objeto de que en forma sistemática - se promueva y controle la industrialización de los recursos naturales del país. De acuerdo a este Plan de Desarrollo destacan como - puntos relevantes los siguientes:

- La necesidad de hacer un uso más eficiente de la energía.
- El fomento de una cultura de ahorro de energía, que - contribuya al mismo tiempo a no deteriorar el equilibrio ecológico.
- A garantizar suficiencia energética.
- El propósito permanente de contar con un Sector Eléctrico más productivo y eficiente.
- La diversidad de las fuentes energéticas primarias.

Dentro de este contexto, la Comisión Federal de Electricidad, ha consolidado sus programas de expansión, para satisfacer la demanda acelerada de energía eléctrica que se prevé se pueda - presentar, y se esfuerza para llevar a cabo el desarrollo de las diferentes áreas que la conforman.

A finales del año 1980 la capacidad instalada de generación eléctrica era de 14 625 MW, para el año 1990 esta capacidad - de generación eléctrica llegó a 25 298 MW, de los cuales las - centrales generadoras a base de hidrocarburos representaban el 50%

del total generado, las centrales hidroeléctricas el 30.5%, la carboceléctrica el 4.7%, la geotermoceléctrica el 2.8% y la nucleoceléctrica el 2.7%.

**CAPACIDAD DE GENERACION INSTALADA EN 1990.(25,296 MW)**

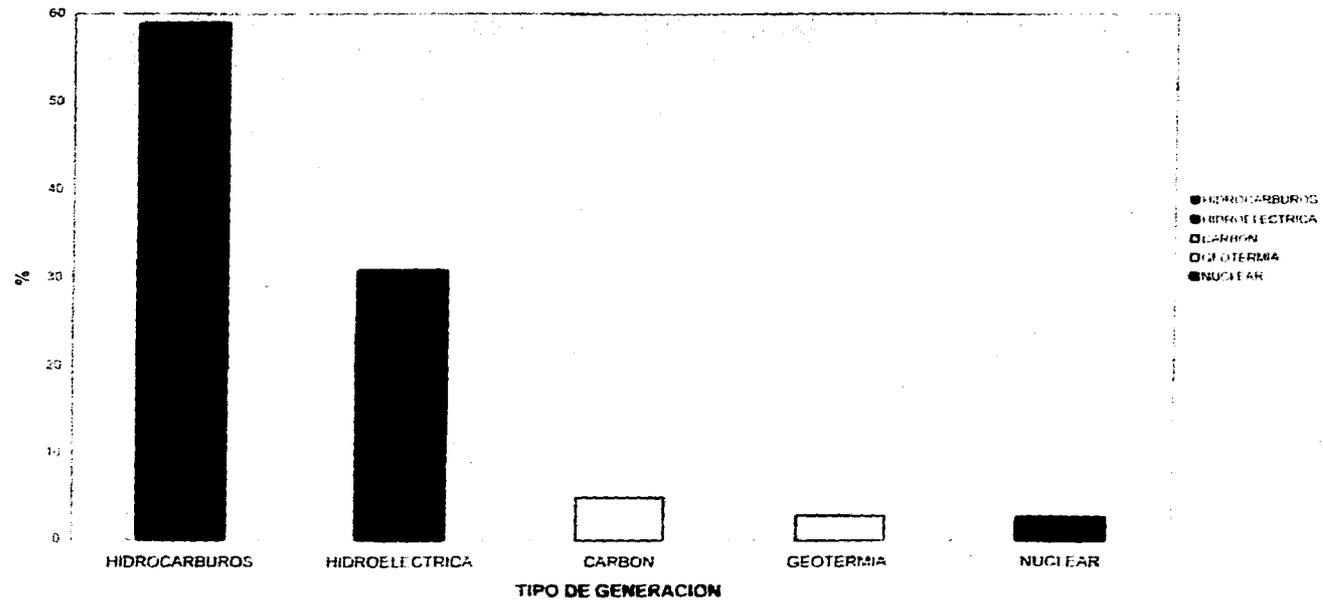


TABLA I.1

La energía eléctrica consumida durante el año de 1990 - fue de 94,069 gigawatts - hora, cifra que representó el 4,3 de crecimiento con respecto al año anterior, situación diferente a lo ocurrido durante el año de 1989 en que el consumo de energía creció - al 7.8% en comparación con el año de 1988.

**SECTOR ELECTRICO NACIONAL  
CONSUMO DE ENERGIA  
( GWh )**

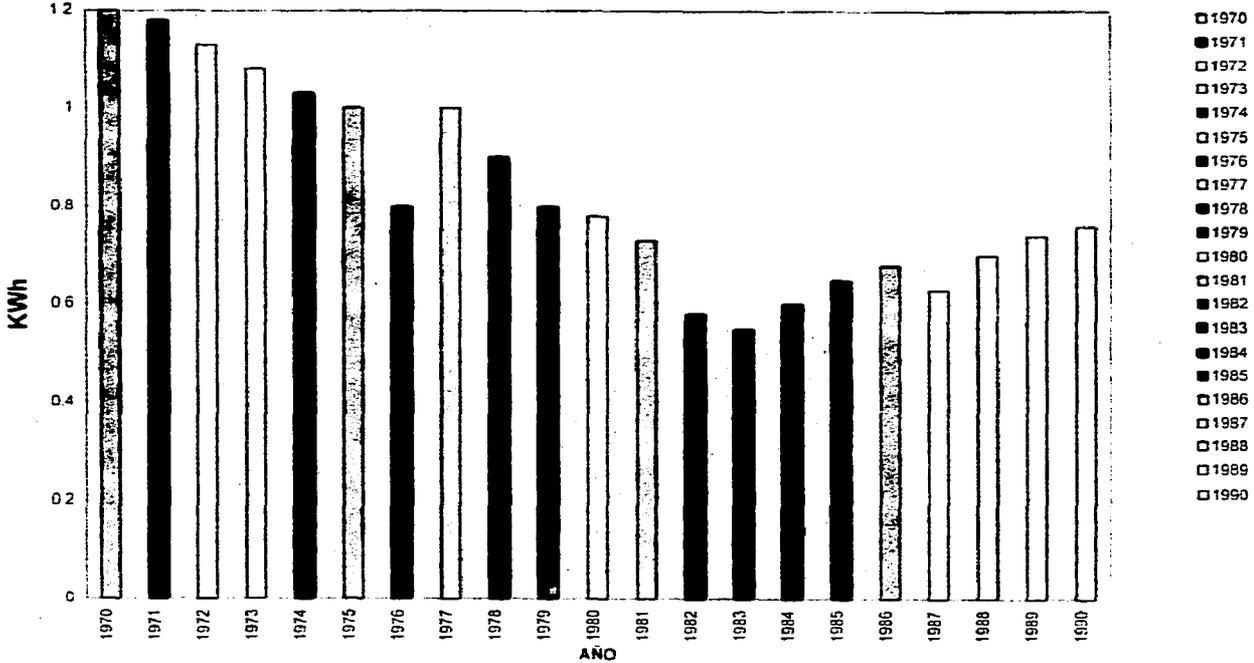
SECTOR	DOMESTICO	COMERCIAL	INDUSTRIAL	SERVICIOS	AGRICOLA	EXPORTACIONES	TOTAL
1988	16825	7303	46893	4456	6409	1996	83882
1989	18813	7781	50284	4443	7216	1932	90469
CRECIMIENTO 88/89 %	11.8	6.5	7.2	0.3	12.6	3.2	7.9
1990	20389	8265	52213	4549	6707	1946	94069
CRECIMIENTO 89/90 %	8.3	6.2	6.2	2.4	7.1	0.7	4.9

1 GWh = 1 MILLON DE KILOWATTS/HORA

TABLA 12

En la relación precio/costo, se puede observar un deterioro del año 1970 al año de 1983, con una mejora económica sostenida del año 1983 al año de 1990, misma que deberá continuar hasta restablecer niveles que permitan generar recursos, para invertir en la expansión de las instalaciones y su conservación, logrando con esto satisfacer la creciente necesidad de energía.

**RELACION PRECIO / COSTO DEL KWh**



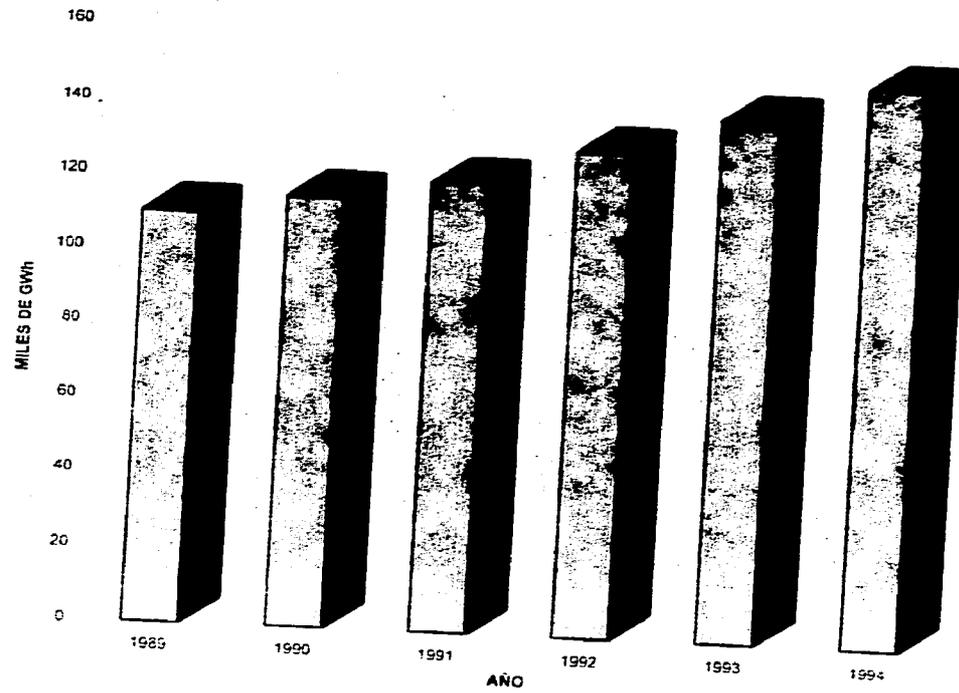
**INCLUYE TODAS LAS TARIFAS**

TABLA I.3

El mercado eléctrico previsto, es el resultado de estudios que contemplan diversos aspectos del desarrollo socioeconómico del país, tomando en cuenta las expectativas de crecimiento demográfico, de acuerdo con la proyección media del Consejo Nacional de Población ( CONAPO ) y un escenario económico compatible con el Plan Nacional de Desarrollo.

Tomando en cuenta todos los datos anteriores, la Comisión Federal de Electricidad estima que la energía necesaria para el periodo comprendido del año 1968 al año 1994, tendrá una tasa - media anual de crecimiento de 6.5%.

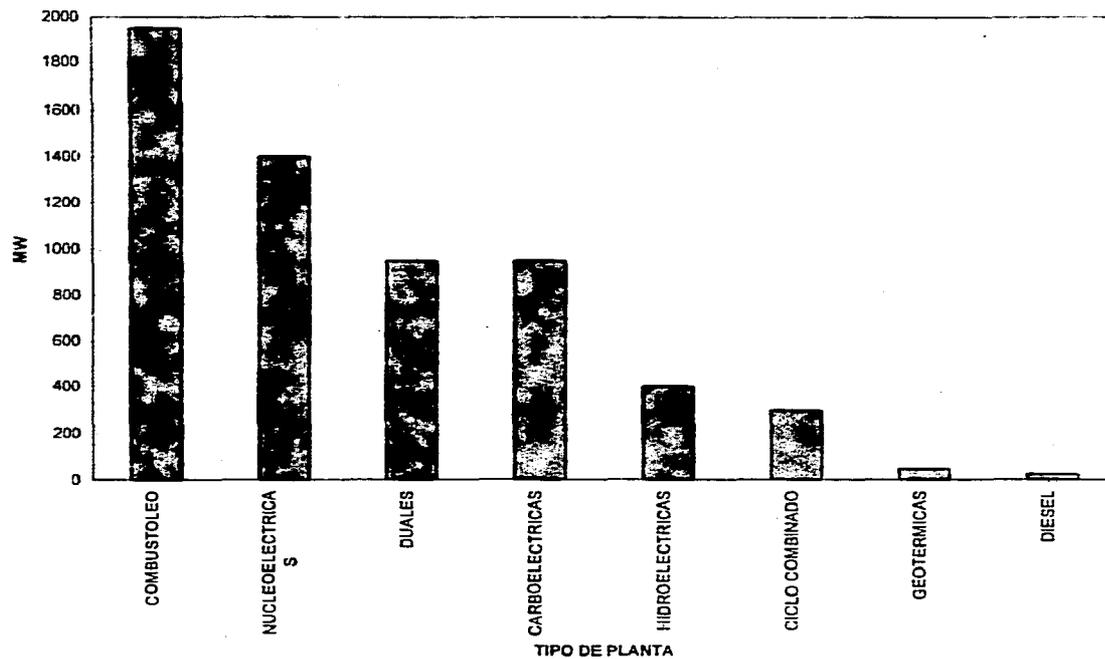
## ENERGIA NECESARIA



TASA ANUAL DE CRECIMIENTO 6.5%

TABLA 1.4

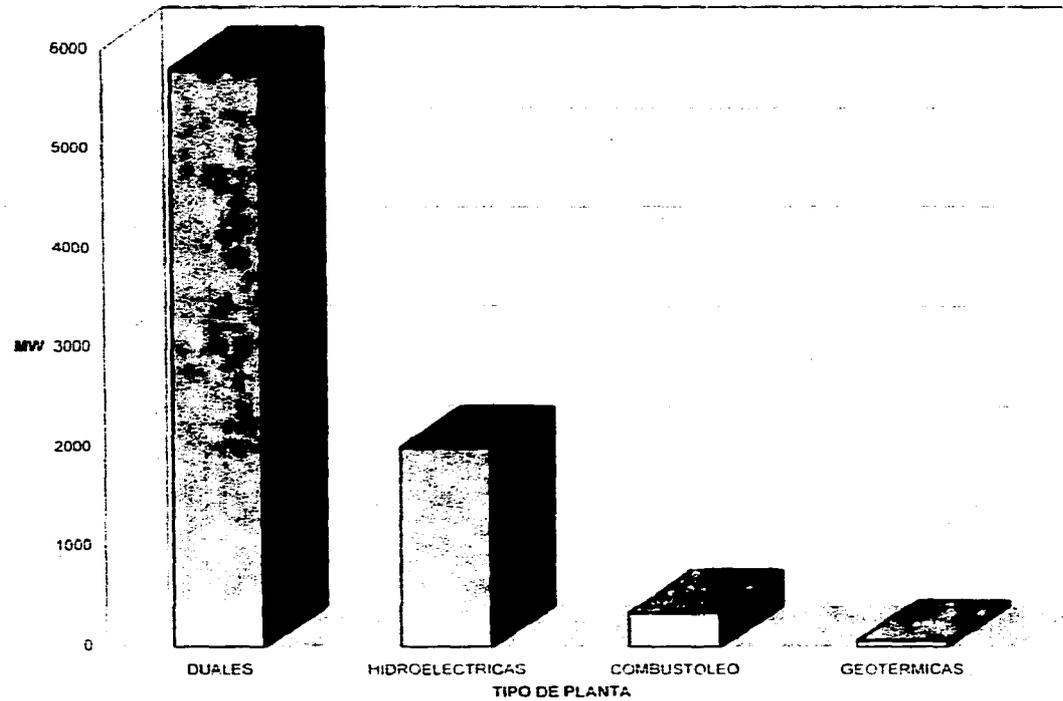
**OBRAS RECIBIDAS EN CONSTRUCCION Y QUE SE CONCLUYEN HASTA 1994**



**TOTAL 5383 MW.**

TABLA 1.5

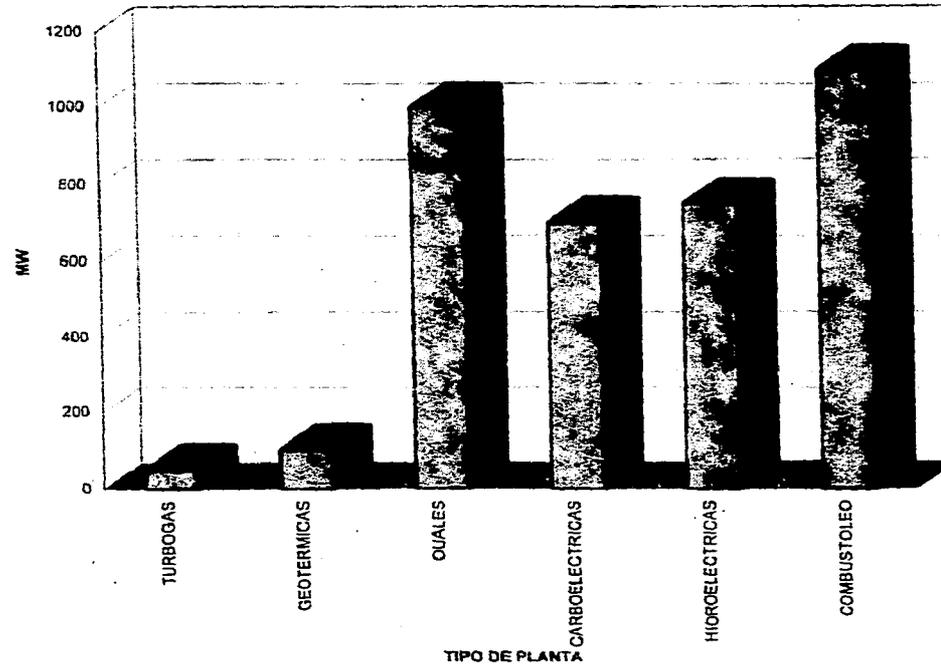
OBRAS QUE SE DEJARAN EN CONSTRUCCION EN 1993



**TOTAL 8208.5 MW**

TABLA I 7

OBRAS QUE SE INICIAN Y CONCLUYEN HASTA EL AÑO DE 1993



TOTAL 3813 MW

TABLA 1.6

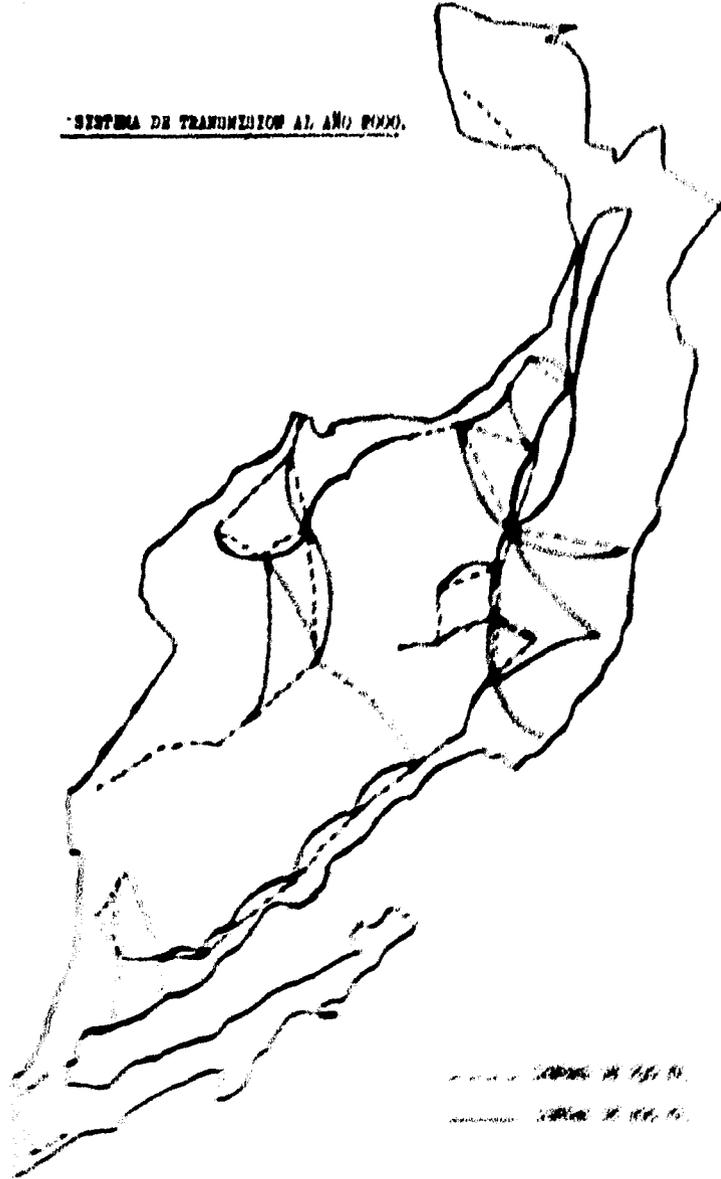
De acuerdo a los sistemas de generación de energía que se planteen, para satisfacer la demanda creciente, el desarrollo troncal de los medios de transmisión se prevé también que crecerán, hasta lograr tener para el año 2000, 13 734 Km. de líneas de transmisión de 400 KV. y 12 733 Km. de líneas de transmisión de 230 KV.

Para fijar las características básicas de diseño de una línea de transmisión, como son: capacidad de la línea, circuitos, puntos de recepción, longitud aproximada de la línea, calibre del conductor y tipo de soporte, es necesario conocer la demanda de energía de los centros de consumo, puntos de suministro, interconexiones, etc.

<b>PROGRAMA DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE TRANSMISION</b>				
<b>KILOMETROS DE LINEAS</b>				
<b>LINEAS DE TRANSMISION</b>	<b>PERIODO 1983-1988</b>	<b>PERIODO 1989-1994</b>	<b>PERIODO 1995-2000</b>	<b>TOTAL 1983-2000</b>
<b>400 K.V.</b>	<b>2281</b>	<b>2166</b>	<b>2570</b>	<b>7017</b>
<b>230 K.V.</b>	<b>1187</b>	<b>2493</b>	<b>763</b>	<b>4443</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3468</b>	<b>4659</b>	<b>3333</b>	<b>11460</b>

TABLA 1.8

SISTEMA DE TRANSICION AL AÑO POXO.

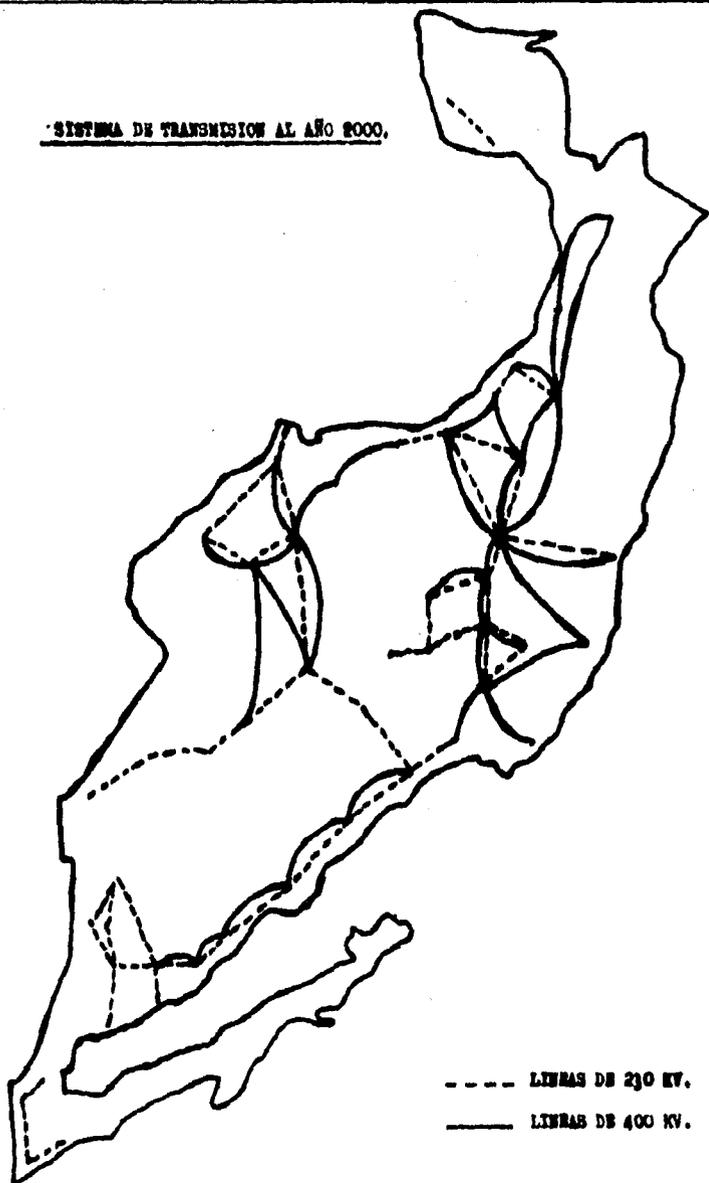


----- ZONA DE TRANSICION

----- ZONA DE TRANSICION

-----

SISTEMA DE TRANSMISION AL AÑO 2000.



----- LINEAS DE 230 KV.  
———— LINEAS DE 400 KV.

MAPA 1 . 1

DESARROLLO DEL SISTEMA DE TRANSMISION 1982-2000 (Km)

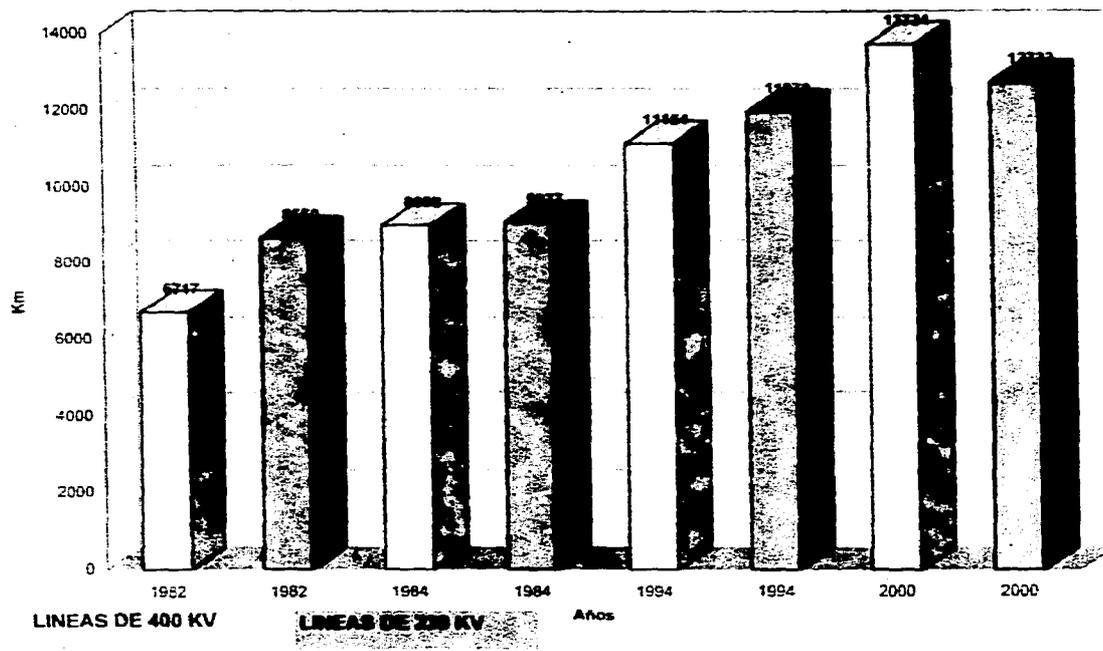


TABLA 1.9

## CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

### - SISTEMAS DE USO DE CORRIENTE.

La energía eléctrica, es en la actualidad de uso común para el suministro de iluminación, calor, el accionamiento de motores, timbres, bombadores y la transmisión de mensajes por medio de teléfono y telégrafo. Para llegar a conseguir estos resultados, es indispensable que circule la corriente eléctrica por un circuito; se suele establecer la analogía de una corriente eléctrica circulando por un circuito, con la de una corriente de agua circulando por una tubería.

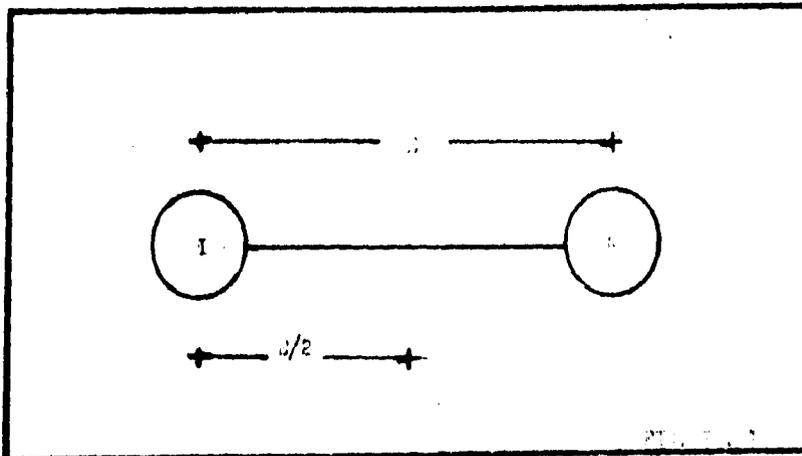
La energía eléctrica, se transmite fundamentalmente por medio de cables o alambres de gran conductibilidad, por lo que se usan, casi exclusivamente, el cobre y el aluminio.

Hoy en día, para el transporte de grandes potencias, se usan universalmente los sistemas de corriente alterna, se ha llegado a ello, como consecuencia de la simplicidad de los grandes generadores y transformadores de corriente alterna.

Los sistemas de corriente alterna, pueden ser comparados según la corriente y tensión, de la siguiente forma:

#### a) Corriente Continua:

Intensidad por conductor	= I
Tensión entre conductores	= E
Tensión entre conductor y neutro	= E/2
Potencia	= EI

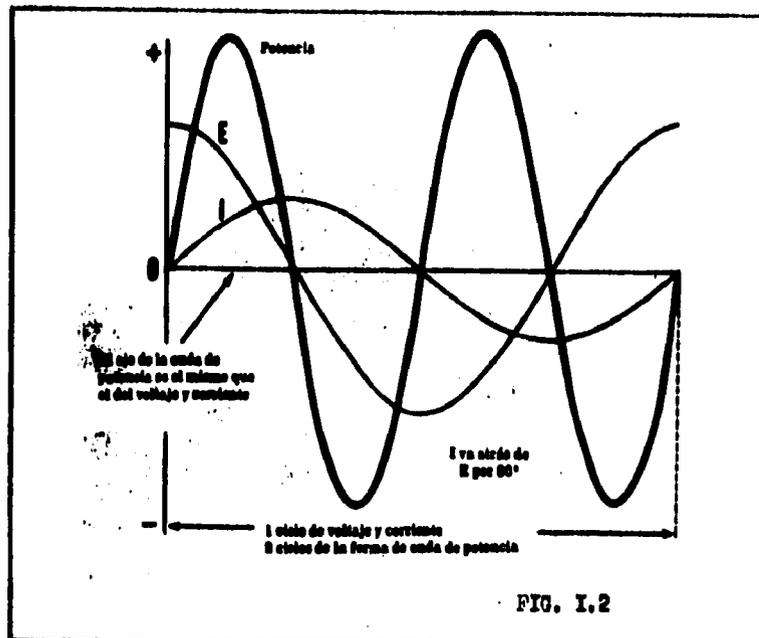


En la actualidad, los sistemas de transmisión de corriente continua no existen en sistemas comerciales. El sistema Thury de alta tensión de corriente continua fue usado en Europa, desde el año de 1890 hasta el año de 1937, era un sistema de intensidad constante en el que el voltaje variaba proporcionalmente a la potencia; la tensión necesaria se obtenía mediante generadores devanados en serie, estos generadores estaban montados sobre bases aisladas y eran movidos por motores mediante acoplamientos aislantes. La potencia transmitida era recibida por motores de construcción similar a los generadores, estos motores a su vez, arrastraban maquinaria generadora de corriente continua a tensión constante o generadores de corriente alterna a tensión constante. La velocidad del motor se regula cambiando las bobinas y ajustando simultáneamente la excitación.

Estos sistemas permiten reducir la tensión en comparación con los sistemas trifásicos, como puede deducirse del peso relativo del conductor para una tensión máxima dada.

b) Corriente Monofásica:

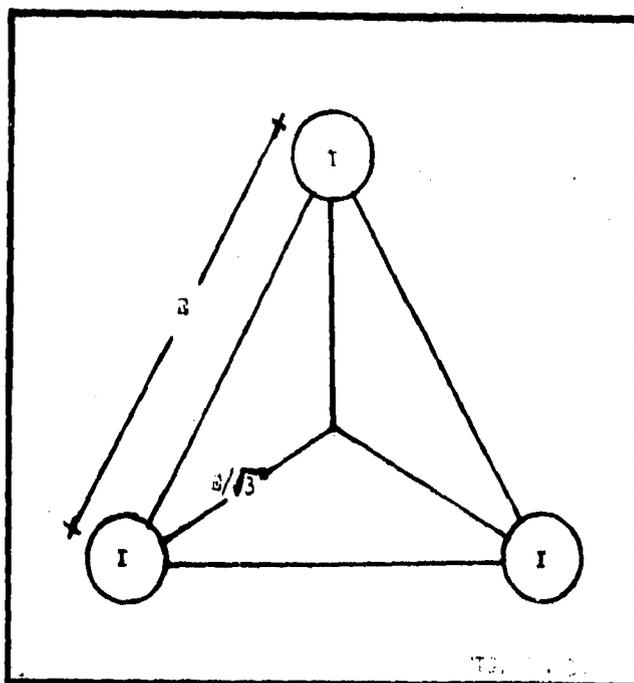
Intensidad por conductor	= I
Tensión entre conductores	= E
Tensión entre conductor y neutro	= E/2
Potencia	= EI cos $\phi$



Los sistemas monofásicos se usan generalmente en los ferrocarriles.

o) Corriente Trifásica.

Intensidad por conductor	= I
Tensión entre conductores	= E
Tensión entre conductor y neutro	= $E/\sqrt{3}$
Potencia	= 3 EI cos $\phi$



Los sistemas trifásicos se emplean de modo casi exclusivo para la transmisión de energía, gracias a su simplicidad y al mayor rendimiento de los conductores respecto a los sistemas de corriente alterna.

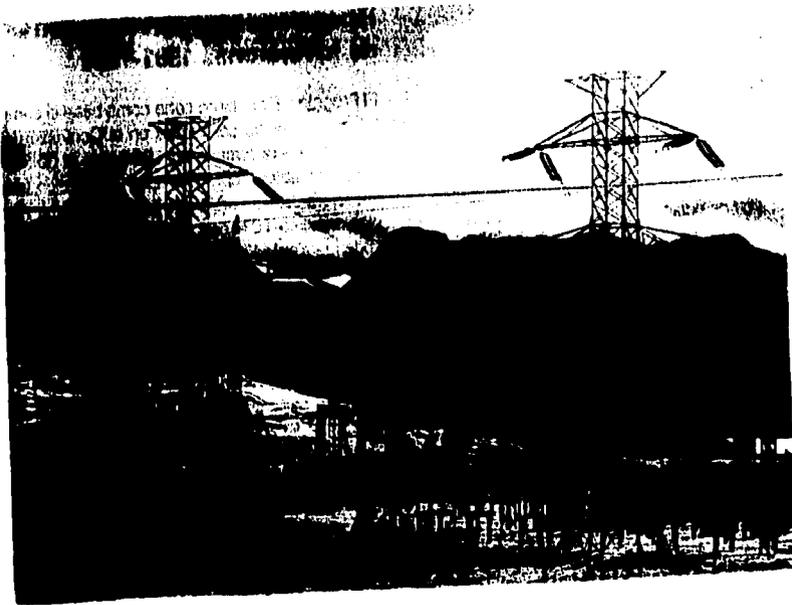
**- SISTEMAS DE TRANSMISION.**

Los sistemas modernos de corriente alterna constan generalmente de los siguientes elementos:

- a) Centros Generadores.
- b) Subestaciones Transformadoras Elevadoras.
- c) Líneas de Transmisión.
- d) Subestaciones de Maniobra.
- e) Subestaciones Transformadoras Reductoras.
- f) Líneas o Redes Primarias de Distribución.
- g) Bancos Transformadores de Servicios.
- h) Líneas o Redes Secundarias.

Esencialmente el sistema de distribución está constituido por líneas o redes primarias de distribución, los bancos transformadores de servicios y líneas o redes secundarias; su función es el suministro de energía desde los centros generadores o desde las subestaciones del sistema de transmisión hasta el usuario.

Mientras que los sistemas de transmisión lo constituyen las subestaciones transformadoras elevadoras, líneas de transmisión, subestaciones de maniobra y las subestaciones transformadoras reductoras; cuya función es el transporte de grandes potencias a los centros de la carga y a los grandes consumidores industriales, que sobrepasan los límites corrientes y económicos de las líneas primarias de distribución.



SUB-ESTACION ELECTRICA.

FOTO I . 1

## OBJETIVO DE LA LINEA DE TRANSMISION.

El objetivo de la línea de transmisión es transportar la energía eléctrica desde las fuentes de producción hasta los lugares de consumo.

La corriente a transmitir es generalmente alterna, trifásica y a grandes distancias, por lo que el número de conductores empleados debe ser múltiplo de 3, o sea, 3, 6, 9, etc. es decir un conductor por fase; en algunos casos se emplean dos o más conductores en paralelo por fase.

Con el fin de evitar las descargas eléctricas o pérdidas de corriente, los conductores de las fases deben estar aislados entre sí y también aislados de la tierra, por lo tanto deben de estar contruidos de tal forma que lloven estas condiciones.

Para distancias cortas la transmisión de la energía eléctrica, puede realizarse por medio de conductores recubiertos de un poderoso aislante a base de hule y enterrados directamente en zanjas o ductos, es decir en forma subterránea.

Para la transmisión a largas distancias de la energía eléctrica, los conductores se colocan con una separación entre sí y a una altura de la tierra apropiada para que el aire sirva como aislante y con esto eliminar la posibilidad de una descarga eléctrica, los conductores son soportados por estructuras o postes que pueden ser metálicos, de concreto o madera, además de que el conductor debe quedar a una distancia adecuada de dicha estructura de so-

porte, esto se logra suspendiéndolo o anclándolo de una cadena de aisladores, que generalmente son de porcelana o vidrio, evitando así descargas entre los conductores y la estructura de soporte. Esta forma de transmitir la energía eléctrica, se conoce como aérea, en México es la más usual.

A las estructuras de soporte de los conductores de las líneas de transmisión se les conoce como torres, que tienen gran importancia, no obstante su limitada función de apoyo, ya que su costo representa un alto porcentaje del valor total de la línea de transmisión. Además tienen la particularidad de ser repetitivas, es decir, es considerable el número de torres en una línea y salvo ligeras variantes sus características son similares. Su diseño debe ser lo más eficiente posible desde el punto de vista de fabricación, montaje o trabajo en sí.

En una línea de transmisión el espaciado entre torres es muy variable, hay claros muy cortos, digamos de 150 m. a 300 m., otros mucho más largos, más de 1 000 m.; hay quiebres o inflexiones en la línea para acomodarse a la topografía del terreno o para salvar obstáculos y hay ocasiones que el trazo es una tangente muy larga, de 20 o más Km.. Por lo tanto las torres están sujetas a diferentes esfuerzos originados, como se verá después, por el peso del cable, que es función del claro entre torres, la presión del viento, la tensión que se le dé al cable conductor, etc., y habrá que diseñar dichas torres para que teniendo la resistencia adecuada, su peso sea el menor posible a fin de que resulten más económi

cos. Los pequeños aciertos afectan de modo significativo el costo total de la línea de transmisión.

#### COMPOSICION DE LAS TORRES DE TRANSMISION.

Las torres de transmisión por lo general se componen de varias partes:

a) Cuerpo Inferior o Botton Panel.

Está integrado por la parrilla de cimentación o elementos de apoyo, de una primera parte de elementos metálicos llamados montantes y cerramiento, que forman lo que sería el cimiento o arranque de la torre.

b) Cuerpo Medio.

Son tramos que dan la altura necesaria a la torre.

c) Cuerpo Superior.

El cuerpo superior varía también en altura y dependiendo del tipo de torre, llevan brazos u horquillas o constan de cuerpo recto; las crucetas, que son brazos laterales que sirven para el espaciamiento entre los conductores y de los cuales cuelgan o anclan las cadenas de aisladores en donde se fijan firmemente los conductores; de las crucetas superiores de la torre se apoyan 1 o 2 cables de acero que se denominan cables de guarda y que tienen por objeto transmitir rápidamente las descargas atmosféricas (que alcanzan tensiones superiores al millón de volts) sin que provoquen ningún perjuicio a los aisladores o al servicio eléctrico de la línea de transmisión.

COMPOSICION DE LAS TORRES DE TRANSMISION.

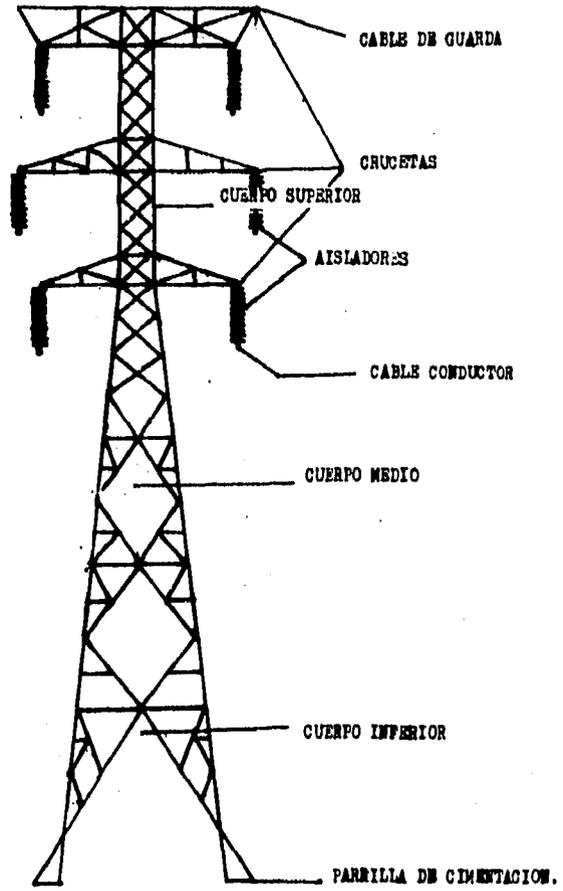
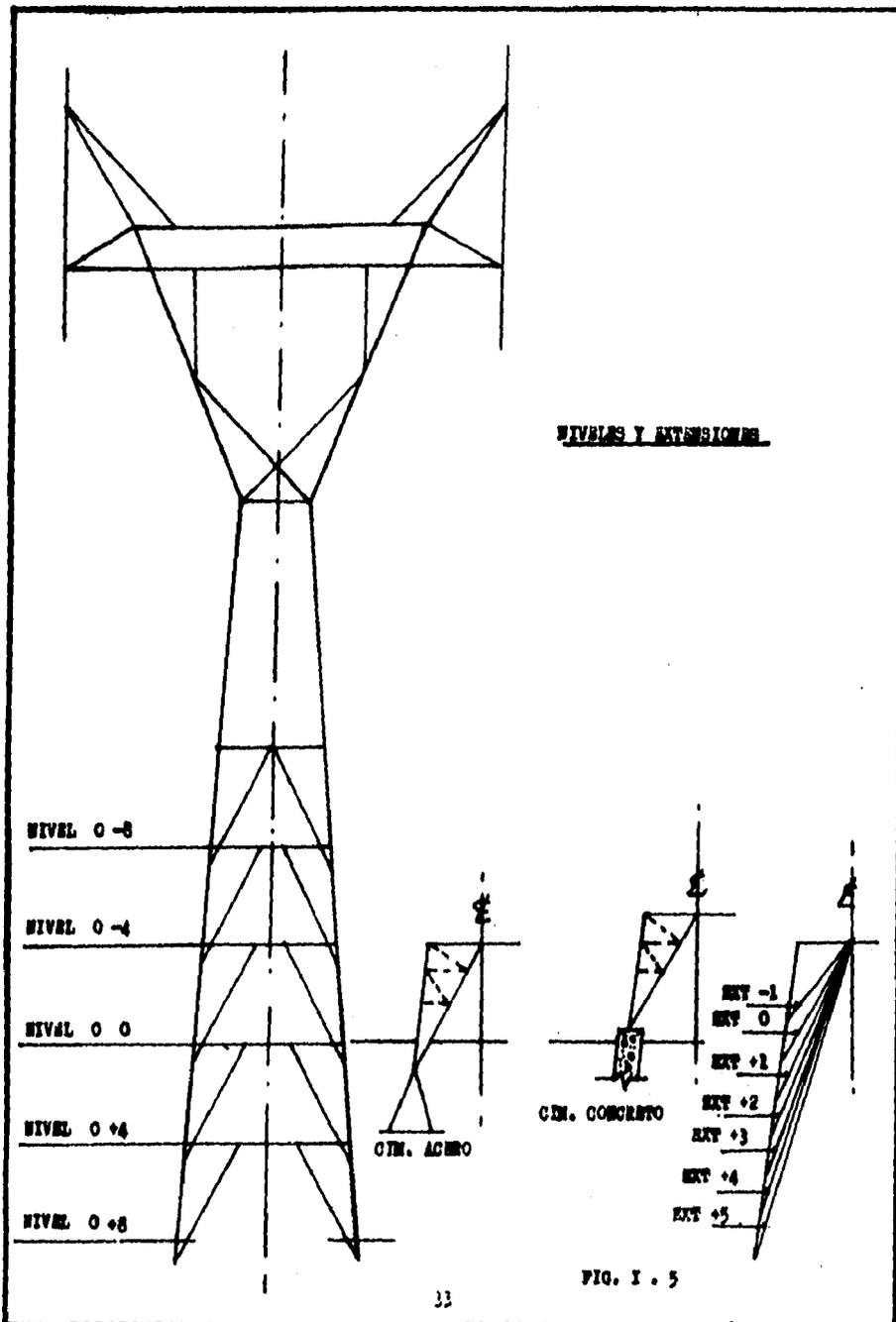


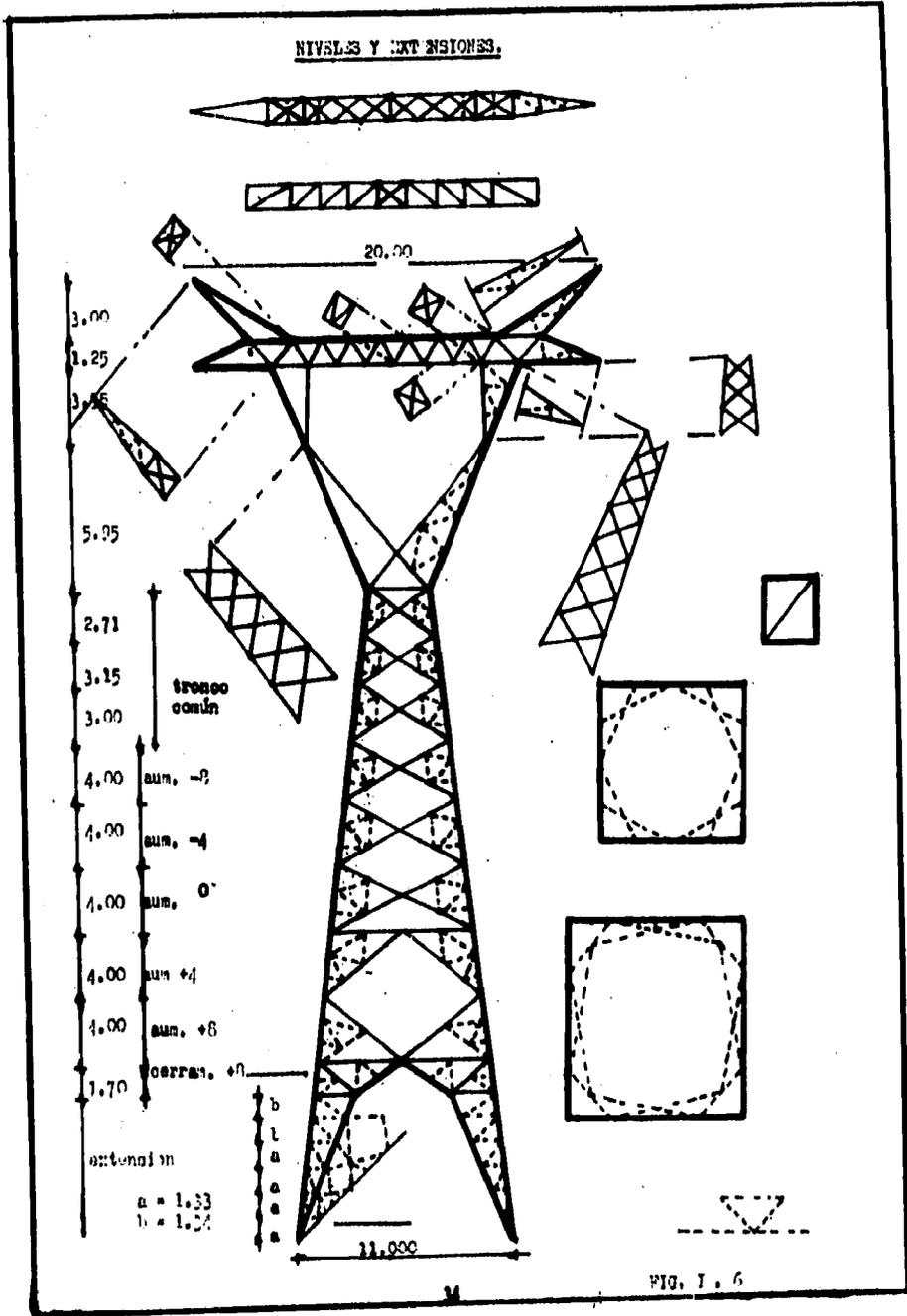
FIG. I . 4

Los tramos variables de las torres, sirven para acomodarlas en un terreno desnivelado, así como para darlos la altura necesaria, modulándose de tal manera que varían de 0 - 4 a 0 + 4, - siendo la torre nivel 0 la torre normal y las torres serán 4.00 m. más cortas o más altas, respectivamente, de tal manera que puede haber una variación máxima de altura entre torres de 8.00 m.

Los elementos que forman los tramos, también varían en longitud y generalmente van de 1.00 m. en 1.00 m. hasta un máximo de 7 elementos.



NIVELES Y EXTENSIONES.



## CLASIFICACION DE LAS TORRES EN LAS LINEAS DE TRANSMISION.

Por lo dicho anteriormente se deduce que existen varios tipos de torres y que se pueden clasificar considerando tres factores:

### A.- Clasificación de las torres según su soporte.

No obstante que existe una gran variedad de formas de torres en las líneas de transmisión, por su consideración de soporte sólo existen dos tipos:

#### a) Torres Autosoportadas.

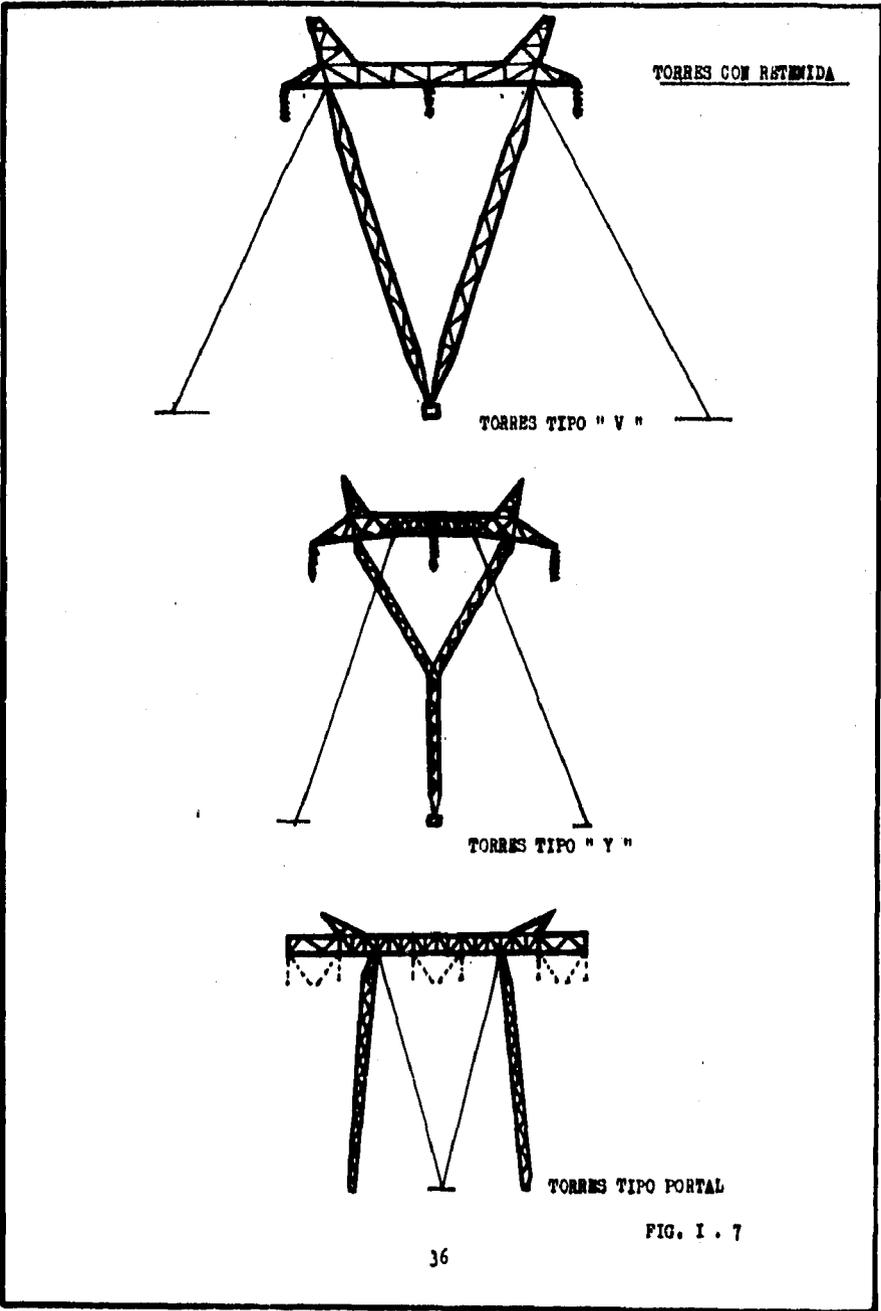
Como su nombre lo indica, no necesitan aditamentos para conservar su estabilidad. Están apoyadas y soportadas por sus propias patas.

#### b) Torres con Retenida.

En estas torres, su estabilidad depende casi por completo de la acción de los cables o retenida. El cuerpo básico de estas torres, está formado por uno o varios mástiles dispuestos en forma de "V", "Y" o en el llamado "Tipo Portal".

Cabe mencionar que el uso de las torres autosoportadas está más generalizado en nuestro país. Las torres con retenida se han utilizado poco y para bajos voltajes.

Hoy en día, se están llevando a cabo nuevos estudios para tener y hacer más accesibles las ventajas que ofrecen este tipo de torres.



TORRES CON RETENIDA

TORRES TIPO " V "

TORRES TIPO " Y "

TORRES TIPO PORTAL

FIG. I . 7

### B.- Clasificación de las torres según su función.

Dentro de las líneas de transmisión las torres están sometidas a diferentes sollicitaciones de esfuerzos, dependiendo de la posición que ocupan, es por esto, que no todas las torres en las líneas de transmisión son iguales, su configuración depende de las condiciones de carga normales o especiales, a las que están su jetas. En base a esto, las torres de las líneas de transmisión se clasifican según su función como sigue:

#### a) Torres de Suspensión o Tangente.

Estas se utilizan exclusivamente en tramos rectos o cuando el ángulo de deflexión es menor a  $3^\circ$  y su única función es la de sostener los cables, es decir, el conductor simplemente se  cuel ga de la cadena de aisladores.

En México no se acostumbra usar torres de suspensión en una tangente muy larga sino que se disponen en tramos rectos de 2 a 3 Km. como máximo.

#### b) Torres de Deflexión.

Se utilizan en puntos donde la línea de transmisión cambia de dirección, puede ser de  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , o,  $90^\circ$ .

#### c) Torres de Tensión.

Estas torres sirven, para proporcionar puntos firmes en la línea de transmisión, que están calculados para resistir las ten siones de los cables conductores, aun en el caso de que en un lado de la torre, se hayan roto los cables conductores por alguna cir-- cunstancia y limiten la propagación de las esfuerzos longitudina--

les, de carácter excepcional en ésta.

Las torres de tensión también se usan para sustituir a las torres de suspensión en tramos rectos mayores a 3 Kms. y en ese caso reciben el nombre de Torres de Anarre.

d) Torres de Remate o Anclaje.

Este tipo de torres, se coloca al principio o al final de la línea de transmisión, y debe de resistir todas las sollicitaciones a que se vea sujeta en el sentido longitudinal ya sea debida a los conductores o a los cables de guarda.

e) Torres de Transposición.

Estas torres son utilizadas para hacer cambio de fases en la línea de transmisión o en tramos mayores a 100 Kms. debido a su inductancia.●

● Inductancia - considerando una línea monofásica de 2 conductores y suponiendo que se conecta una carga al final de la línea.

La corriente que circula por los conductores ( que será la suma de la corriente debida a la carga y de la corriente capacitiva ) produce un campo magnético.

Si la intensidad de la corriente varía en función del tiempo, el campo magnético será también en función del tiempo. Este campo variable induce en los conductores una fuerza electromotriz que se opone a la fuerza electromotriz aplicada al principio de la línea y cuyo valor será:

$$e = -L \frac{di}{dt}$$

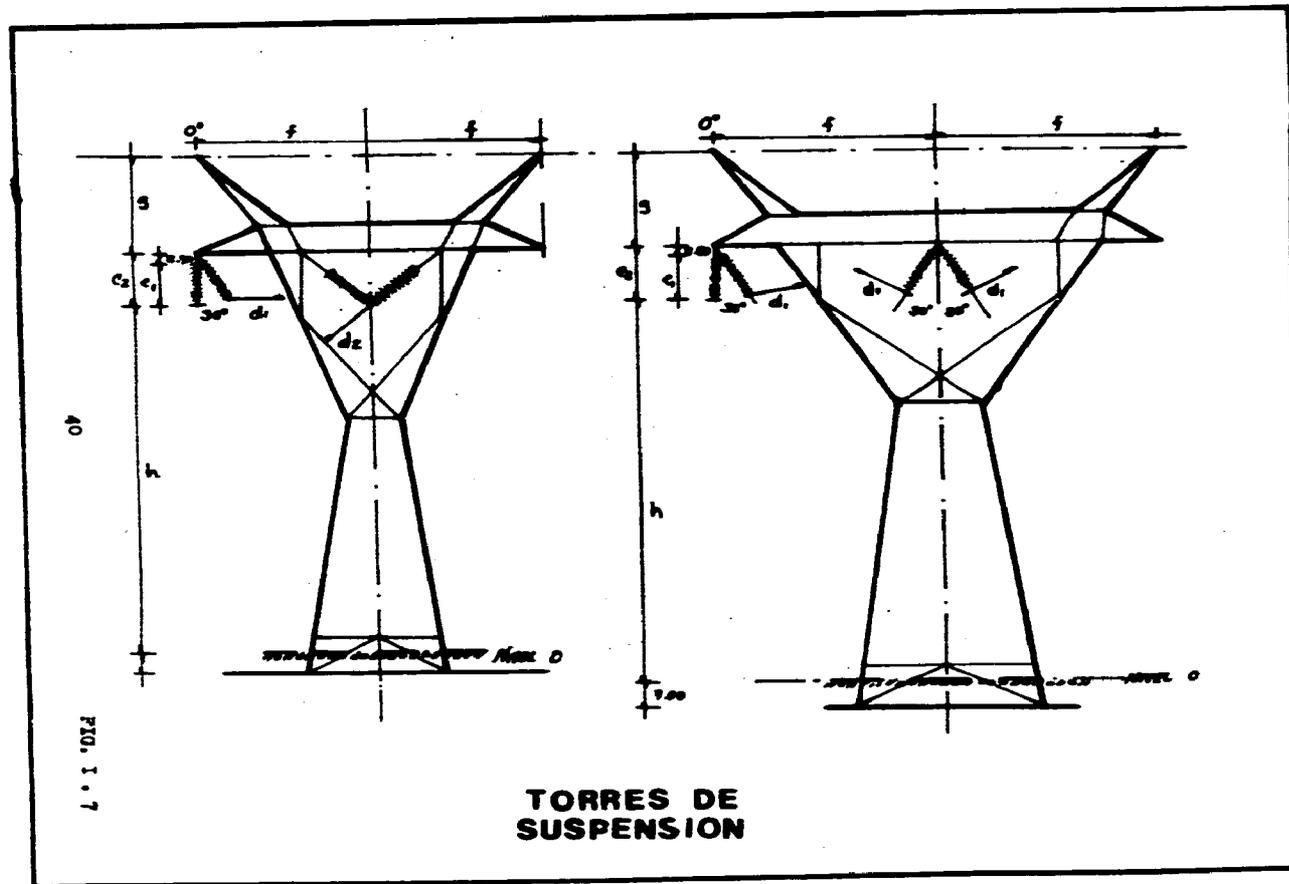
Donde L es una constante llamada coeficiente de auto-inducción o inductancia y que depende de las dimensiones y naturaleza de los conductores y de la separación entre ellos. La inductancia de las líneas de transmisión tienen una gran importancia en la determinación de las caídas de tensión en las líneas

#### f) Torres Especiales.

Se utilizan en condiciones que alteran la estructura de una torre normal como por ejemplo, el cruce de un río importante en su caudal, una barranca, etc..

Dentro de la clasificación antes descrita, podemos mencionar que las torres que generalmente resultan más ligeras son las torres de suspensión o en tangente, ya que sobre condiciones normales de diseño sólo están sujetas a cargas verticales, ya que las cargas horizontales debidas a las tensiones de los cables en los claros adyacentes, se compensan entre sí.

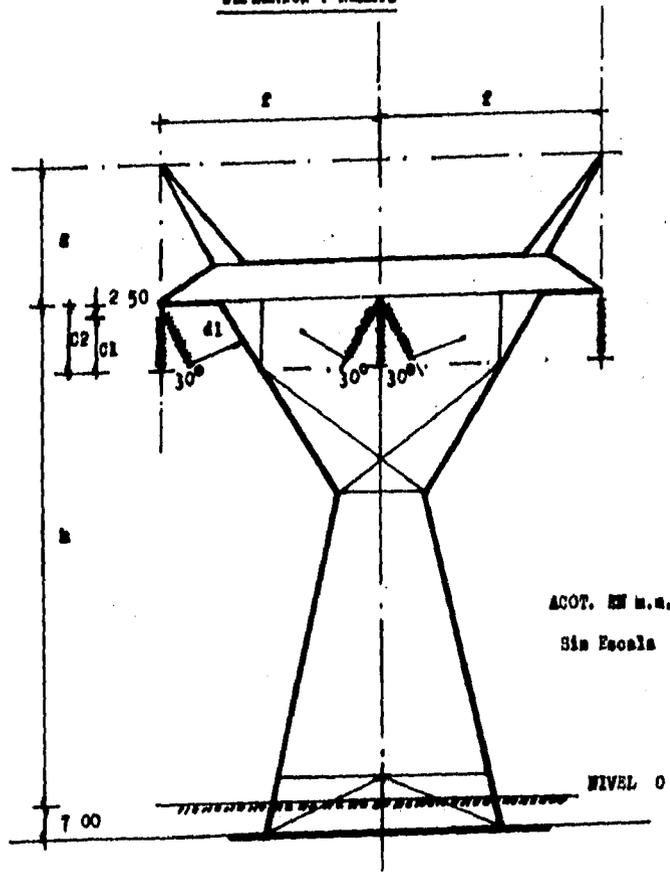
Por otro lado, las torres de remate son las más pesadas, por estar sometidas, en condiciones normales, a las cargas más severas, puesto que las cargas horizontales de un lado son máximas, pero para el otro lado son casi nulas.



**TORRES DE  
SUSPENSION**

FIG. 1. 7

TORRES  
DEFLEXION Y REMATE



ACOT. EN m.m.  
Sin Escala

FIG. I . 8

**C.- Clasificación de las torres según su estructura.**

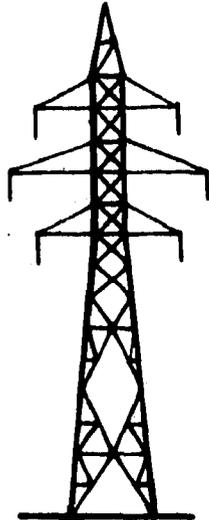
En las torres de transmisión, generalmente la forma de la silueta va unida a un determinado tipo de estructuración. Podemos citar las torres verticales y las torres tipo delta. Esta clasificación puede indicar el tipo de estructuración de la torre y a la vez la forma de la silueta misma.

Otro tipo de estructuración sería el interno, que corresponde generalmente a la disposición de los elementos de los tramos estructurales, es decir, la celosía.

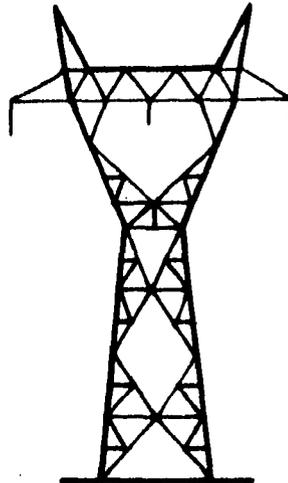
Las celosías pueden ser:

- a) Celosía Sencilla.
- b) Celosía Normal o Celosía Cruzada.
- c) Celosía Sencilla Defasada.
- d) Celosía Normal Defasada.
- e) Celosía Italiana o Celosía de Cruz Doble.
- f) Celosía " Fas ".
- g) Celosía de Rombo.

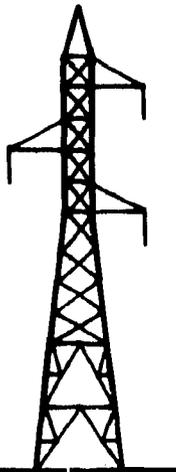
TORRES SEGUN SU ESTRUCTURA



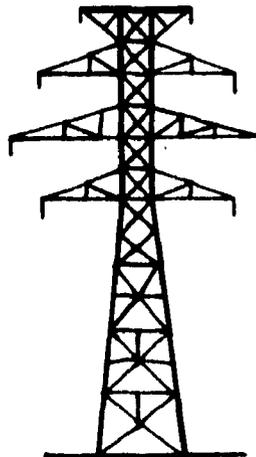
TORRE VERTICAL



TORRE TIPO DELTA



TORRE VERTICAL



TORRE VERTICAL FIG. I . 10

TIPOS DE CELOSIA

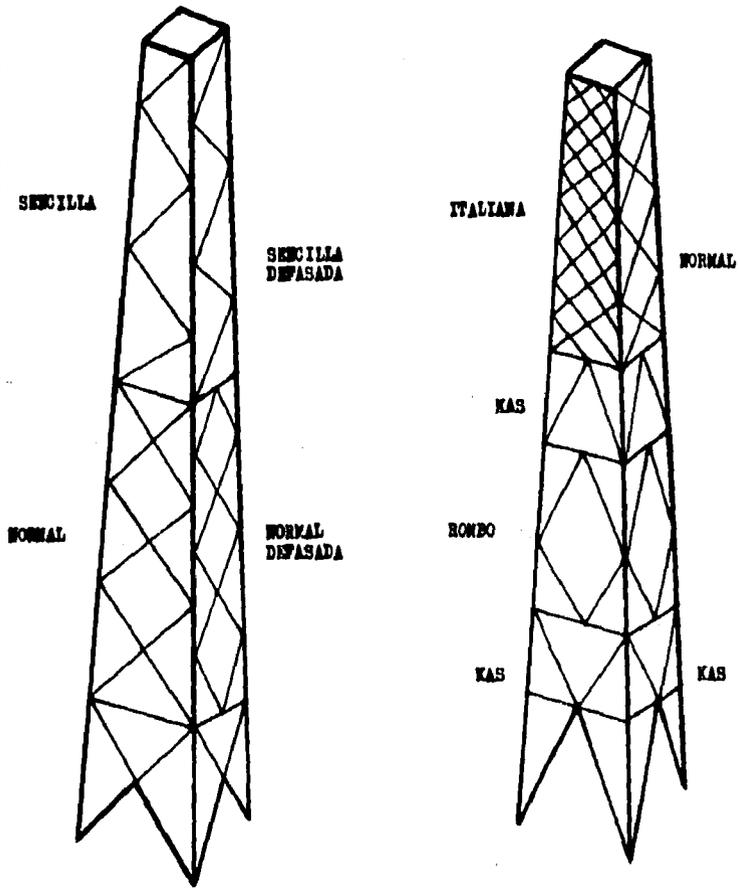


FIG. I . 11

## C A P I T U L O    I I

PROYECTO.

CONSIDERACIONES DEL CALCULO ELECTRICO.

CALCULO DE FLECHAS.

RELACION DE FLECHAS TENSIONES Y TEMPERATURAS.

LOCALIZACION DE LAS ESTRUCTURAS SOBRE EL PERFIL TOPOGRAFICO.

PROYECTO Y ANALISIS DE LAS TORRES DE TRANSMISION.

ANALISIS ESTRUCTURAL DE TORRES.

ANALISIS Y DISEÑO POR COMPUTADORA.

**PROYECTO.**

**CONSIDERACIONES DEL CALCULO ELECTRICO.**

El cálculo eléctrico de una línea de transmisión, debe conducir a obtener una gran seguridad durante la operación de la misma, pero al mismo tiempo a la propuesta más económica, no solo tomando en cuenta la inversión inicial, sino también los gastos y pérdidas ocasionados por la operación de la línea.

Para llegar a estas condiciones, el cálculo eléctrico es complejo y fuera de los alcances de la Ingeniería Civil, por lo que solo se dará una idea en forma general de los fundamentos que deben orientar a dicho cálculo.

Sabemos que al aumentar el voltaje de transmisión, el diámetro y por lo tanto el costo de los conductores se reduce; como consecuencia el peso es menor, también la presión del viento sobre el conductor es menor y por lo tanto se requieren torres más ligeras y más económicas.

Por otra parte sabemos que a mayor voltaje, las cadenas de aisladores son más largas y más costosas, la separación de los conductores debe ser mayor conforme el voltaje aumenta, lo que requiere cruces más largas y torres más pesadas y costosas por este concepto.

Es obvio que la electricidad no puede emplearse en los usos frecuentes ni cotidianos con los voltajes usados durante la —

transmisión. El voltaje de generación es del orden de 6 a 13.8 Kv. en cambio el de transmisión es del orden de 230 Kv. o más

Para cambiar el voltaje de generación al de transmisión y a su vez, en el punto de utilización de este voltaje de transmisión al de distribución, se emplean un conjunto de transformadoras, interruptores, apartarrayos, etc. que debidamente proyectados se denominan sub-estaciones de elevación y sub-estaciones de reducción.

Ahora bien, estas sub-estaciones son más costosas entre mayor es el voltaje de transmisión. Por todo esto, podemos deducir que el cálculo económico de una línea de transmisión debe incluir no únicamente la propia línea, sino también el costo de las sub-estaciones elevadoras y reductoras.

Hay otros factores que influyen en el cálculo eléctrico, como son la potencia, que es proporcional al voltaje multiplicada por la intensidad de corriente; la capacitancia, que consiste en una resistencia al paso de la corriente alterna; la regulación, que es la variación en por ciento del voltaje en el punto de recepción; el efecto corona, que hace aumentar grandemente las pérdidas eléctricas porque el conductor desprende efluvios (luminosos a la vista.) cuando su diámetro es menor que el requerido para el voltaje usado y para la altitud de la línea.

Hasta ahora se han indicado algunos de los diversos factores que intervienen en el cálculo eléctrico y económico de una línea de transmisión. El resultado adecuado debe ser aquél en donde

la inversión inicial más los gastos de operación y pérdidas capitalizadas al interés usual del mercado tengan un valor mínimo.

Una vez que se realizan los cálculos económicos y eléctricos se llega a encontrar datos generales de la línea, como son:

Nombre de la línea.

Voltaje nominal de la línea en Kv.

Número de circuitos.

Número de fases.

Número de conductores por fase.

Longitud de la línea en Ems.

Para ejemplificar algunos puntos que trataremos a continuación, haremos referencia a la línea de transmisión Villa García - Torreón Sur, específicamente en el tramo Cedras - Ciudad Parras, Conahuila, capaz de transmitir con pérdidas económicamente calculadas y con una potencia de 400 Kw. en un circuito y con una longitud de 123 Ems. que es en lo que se estima la demanda eléctrica de la Comarca Lagunera en las horas de mayor consumo, una corriente trifásica con dos conductores de aluminio de 1,13 MCM por fase.

#### **CALCULO DE FLECHAS.**

Una vez seleccionado el trazo de la línea de transmisión y levantado el perfil topográfico de su trayectoria, calculado el tipo de conductor más económico que se usará, se procederá a realizar el proyecto de la línea, que consiste esencialmente en locali-

sar sobre el perfil topográfico la posición, altura y tipo de torre, procurando por razones de economía que el peso total de alina sea el menor posible.

La posición y la altura de las torres, están ligadas estrechamente a la tensión y flechas del conductor más bajo. A un conductor determinado sólo se le puede aplicar una tensión que no lo ponga en peligro de romperse, o sea la tensión de trabajo como máximo; de ello se deduce que para un determinado perfil topográfico, la posición de las torres queda definida, pues si se alejan demasiado las torres entre sí, la flecha aumenta y el conductor puede acercarse al suelo o a un objeto más de lo permitido. Resulta pues que en el proyecto de la línea de transmisión deben cumplirse en todo tiempo dos condiciones fundamentales que son:

1.- La fatiga de trabajo del conductor, no deberá sobrepasar su carga de ruptura multiplicada por el coeficiente de seguridad adoptado. Para nuestro ejemplo es de 5,550 Kgs.

2.- La distancia del conductor al suelo o algún objeto, no será menor en ningún caso a la fijada por las normas eléctricas. Para nuestro ejemplo es de 7.50 m. de distancia al suelo u objetos.

Quando se hace la instalación del conductor existe cualquier temperatura y puede estar soplando o no el viento; después de instalado el cable la temperatura aumentará o disminuirá, podrá haber viento o no y aún más podrá depositarse una capa de hielo sobre el conductor, todos estos factores afectarán los esfuerzos y flechas

que tendrán los conductores. En resumen, el problema consiste en dar una flecha para un determinado claro y un momento dado, en forma tal que cuando varíen las condiciones se satisfagan en cualquier tiempo las indicadas en los puntos 1 y 2 mencionadas anteriormente.

El estado más severo respecto a la fatiga del conductor es cuando hace mucho frío, pues se acorta y aumenta su tensión, esta condición se considera generalmente cuando la temperatura es de  $-10$  grados centígrados y habiendo una presión de viento de  $40 \text{ Kgs/m}^2$ , que produce una fuerza sobre el conductor de  $1.28 \text{ Kgs/m}$ .

El estado más severo respecto a la distancia del conductor al suelo, es cuando hace mucho calor, pues el conductor se alarga aumentando su flecha y acercándose más al suelo u objeto que cruza; para este caso la temperatura generalmente es de  $50$  grados centígrados.

Los cambios de temperatura y de tensión tienen una doble liga de signos opuestos, debido a las propiedades elásticas del conductor, es decir, si la temperatura disminuye el cable se acorta y aumenta su tensión; pero al aumentar la tensión, el cable se alarga debido a una deformación elástica, lo que a su vez tiende a disminuir la tensión.

En una línea el problema del proyecto tiene como base el conocer las tensiones, flechas y en general la forma que toma el cable para determinadas condiciones de temperatura y presión del viento.

Partiendo de que conocemos la temperatura, la presión del

viento y tensiones de un estado inicial, trataremos de determinar la forma que tomará el cable en determinadas condiciones de temperatura y presión del viento particulares.

La relación entre éstos se basa en las propiedades analíticas de la parábola y en las fórmulas físicas de dilatación y elasticidad de los cuerpos. En el esquema siguiente se muestra un tramo de una línea de transmisión con claros diferentes, torres de diversas alturas y tipos en donde se indican las distancias  $m$ ,  $m'$ ,  $m''$ , - del conductor más bajo al piso y que deben ser iguales o mayores que las mínimas permitidas.

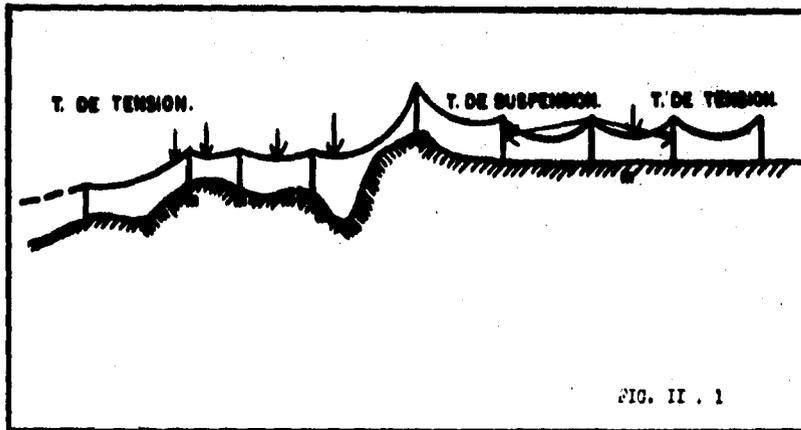
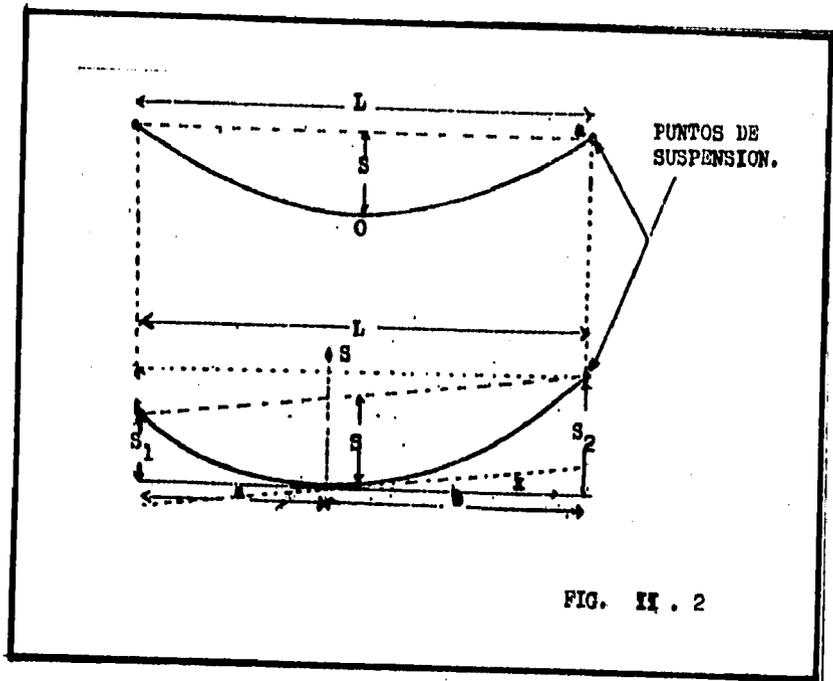


FIG. II . 1

En las figuras siguientes se muestran los claros entre -  
dos torres consecutivas con soportes a la misma elevación y con so-  
portes en desnivel.



En los cálculos que siguen, se hacen las siguientes suposiciones cuyas consecuencias no afectan en la práctica los resultados.

1.- Que la curva que tomará el cable al suspenderse en dos articulaciones o soportes es una parábola.

2.- Que la tensión horizontal o sea la proyección horizontal de la tensión del cable es constante en todo el claro.

Se usará además, la siguiente notación:

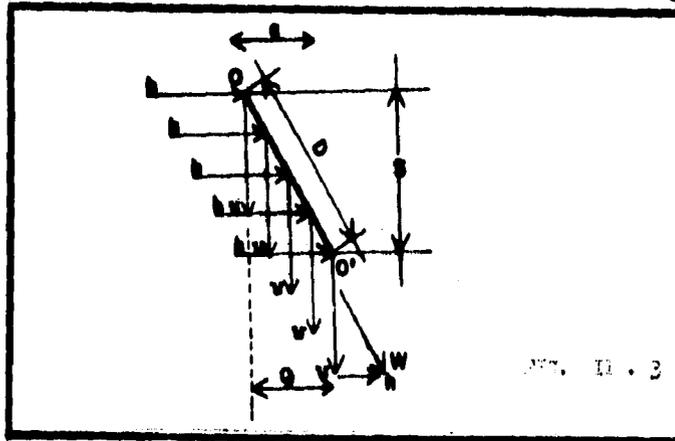
NOTACION	UNIDAD	SIGNIFICADO
A	cm <sup>2</sup>	Area del Conductor.
d	cm.	Diámetro del Conductor.
r'	Kg./m.	Peso nodio ( aluminio más acero ) del Conductor. por ml.
C	adimensional.	Coficiente de seguridad.
F	Kg.	Componente horizontal de la tensión del cable.
T	Kg.	Máxima tensión que debe tener el conductor en la condición más severa de trabajo.
E	Kg./cm <sup>2</sup>	Módulo conjunto de elasticidad ( aluminio más acero ) del conductor.
μ	adimensional.	Coficiente de dilatación del conductor - por grado centígrado.
v	Kg./m.	Componente vertical del peso del conductor por ml.
v'	Kg./m.	Peso del conductor con capa de nieve por ml.

<b>h</b>	<b>Kg./m.</b>	Fuerza por metro de cable debida a la presión del viento perpendicular al plano vertical que pasa por los apoyos del cable.
<b>w</b>	<b>Kg./m.</b>	Carga resultante por metro horizontal del cable, al considerar la presión del viento y el peso.
<b>V</b>	<b>Kg.</b>	Peso del conductor desde el soporte hasta la parte más baja del cable.
<b>L</b>	<b>m.</b>	Longitud horizontal entre dos apoyos consecutivos.
<b>l</b>	<b>m.</b>	Longitud del arco de curva entre dos apoyos consecutivos.
<b>D</b>	<b>m.</b>	Distancia del vértice de la parábola a una línea que una los dos soportes que están a nivel, medida en dirección de la fuerza resultante del peso más presión del viento.
<b>e</b>	<b>m.</b>	Diferencia de elevación entre los dos soportes cuando no están al mismo nivel.

La siguiente figura muestra el cable visto de perfil, sujeto a una presión de viento  $h$  con un peso  $w$  debido al peso propio del cable más el peso del hielo en caso de existir. La resultante de ambas

fuerzas por metro de cable es:

$$w = \sqrt{h^2 + v^2} \quad \text{--- 1}$$



dirigida según el plano  $oo'$  de la posición que tome el cable.

Por semejanza de triángulos se deduce:

$$S = D \frac{v}{w} \quad \text{--- 2}$$

S es la flecha en metros del punto O medida verticalmente hacia abajo de los soportes. Para el caso en que no existe viento.

$$S = 0$$

también por semejanza de triángulos:

$$Q = D \frac{h}{w} \quad \text{--- 3}$$

Q es el alojamiento en metros del punto más bajo O al plano vertical que pasa por los apoyos provocado por la presión del viento.

Cuando los puntos de suspensión del cable no están al mismo nivel, se puede determinar la flecha S ( ver figuras anteriores) partiendo del valor de la flecha S. pues debido a las propiedades de la parábola el S indicado en la primer figura tiene el mismo valor que el S en las figuras siguientes.

De la figura con apoyos en desnivel y de la ecuación de la parábola se obtienen las siguientes:

$$\begin{aligned}
 a + b &= L & S_1 &= K a^2 \\
 & & S_2 &= K b^2 \\
 S_1 - S_2 &= e
 \end{aligned}$$

Resolviendo estas ecuaciones se llega a los siguientes resultados:

$$S_1 = S \left( 1 - \frac{e}{4a} \right)^2 \quad \text{-----} \quad \textcircled{4}$$

$$S_2 = S \left( 1 + \frac{e}{4a} \right)^2$$

$$a = \frac{L}{2} \left( 1 - \frac{e}{4a} \right)^2 \quad \text{-----} \quad \textcircled{5}$$

Las ecuaciones anteriores dan las flechas de un conductor con apoyos a desnivel cuando son conocidos el claro, el desnivel de los soportes y la flecha que tendrá el conductor si es que los soportes estuvieran al mismo nivel.

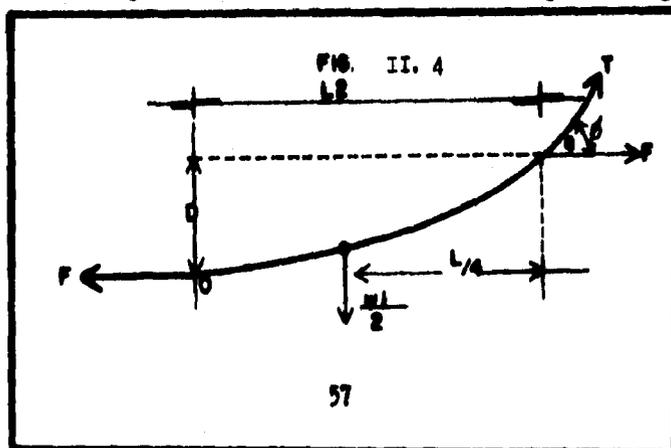
La longitud real del arco de un conductor parabólico determinada por las propiedades de la parábola es aproximadamente:

$$l = L + \frac{8}{3} \frac{h^2}{L} + \frac{u^2}{2L} \quad \text{--- --- --- --- --- } \textcircled{6}$$

RELACION DE FLECHAS TENSIONES Y TEMPERATURAS.

Hasta ahora se ha tratado principalmente de propiedades que se pudieran llamar geométricas, que imperan en los conductores de una línea de transmisión. A continuación relacionaremos las expresiones entre las flechas, tensiones y temperaturas.

Si el cable mostrado en la figura cuyos soportes están a desnivel y la figura donde se muestra el cable visto de perfil, se supone cortado en el punto O y abatido sobre el plano del papel, - las fuerzas a que está sujeto se muestran en la siguiente figura:





Usualmente  $V^2$  y  $H^2$  son pequeñas comparadas con  $F^2$  y el valor de la tensión  $T$  es cercano al de su componente horizontal  $F$ .

La inclinación de  $T$  con relación a la horizontal, está determinada por:

$$\operatorname{Tg} \phi = \frac{HL}{2} \div F = \frac{HL}{2} \div \frac{WL^2}{8D} = \frac{4D}{L} \quad (9)$$

Cuando no hay viento la ecuación 8 sigue siendo válida en cuyo caso:  $D = S$  y  $v = w$ .

Cuando hay viento,  $w$  es mayor que  $v$ , de las ecuaciones 2 y 8 se deduce:

$$S = \frac{Dv}{w} = \frac{vL^2}{8F} \quad \text{-----} \quad (10)$$

El valor de la oscilación se obtiene de las ecuaciones 3 y 8:

$$q = \frac{Dh}{w} = \frac{hL^2}{8F} \quad \text{-----} \quad (11)$$

Suponiendo que el esfuerzo unitario del conductor no cambiará cuando la temperatura varía de  $t_1$  a  $t_2$  se tendrá:

$$l_2 - l_1 = l_1 \alpha (t_1 - t_2) \quad \text{-----} \quad (12)$$

Suponiendo también que la temperatura permanece invari-

ble cuando se hace variar la tensión de  $T_1$  a  $T_2$ , o sea aproximadamente el valor de  $F_1$  a  $F_2$ , el cambio de la longitud del cable será:

$$l_2 - l_1 = \frac{l_1 (F_2 - F_1)}{EA} \text{ ----- } (13)$$

Si se consideran los dos fenómenos obrando simultáneamente - de que el cambio de temperatura afecta la longitud y por lo tanto la tensión, y que al variar ésta se afecta ( por las propiedades elásticas ) la longitud, resultará que el cambio real de longitud del conductor será:

$$l_2 - l_1 = l_1 \left( \alpha ( t_2 - t_1 ) + \frac{F_2 - F_1}{EA} \right) \text{ ---- } (14)$$

Ahora bien la ecuación 6, cuando los apoyos están a nivel, o sea cuando  $e = 0$  se obtiene que este cambio de longitud para las condiciones iniciales y particulares es:

$$l_2 - l_1 = \frac{8}{3L^2} ( D_2^2 - D_1^2 ) \text{ ----- } (15)$$

Igualando los segundos términos de las ecuaciones 14 y 15 teniendo presente la ecuación 3 que ligan las flechas con las tensiones, haciendo las sustituciones y reducciones algebraicas y suponiendo que  $l_1 = L$  ( pues el error es mínimo en la practica ) se llega a la siguiente ecuación:

$$D_2^3 = D_2 \left( \frac{L^2 F_1}{2.66 EA} - \frac{L^2 \alpha (t_2 - t_1)}{2.57} + D_1^2 \right) +$$

$$\frac{3w_2 L^4}{64 EA}$$

16

(  $w_2$  es la resultante por metro en las condiciones particulares - que pueden ser por ejemplo con viento y con hielo. ).

Para obtener la tensión de las condiciones particulares - se sustituye en la ecuación anterior el valor de F en función de D ( ecuación 8 ):

$$F_2^2 \left( F_2 + \frac{AL^2 B}{24} \times \frac{w_1^2}{F_1} + A \alpha B (t_2 - t_1) - F_1 \right) =$$

$$\frac{AL^2 B}{24} \times w_2^2$$

17

Las ecuaciones 7, 8, 16 y 17 permiten el cálculo de las flechas y tensiones de un conductor en el que necesitamos determinar las tensiones, flechas y en general la forma que toma el cable para ciertas condiciones de temperatura y presión del viento; conociendo la temperatura, presión del viento y tensiones de un estado inicial.

Aplicando numéricamente las ecuaciones anteriores se obtiene una gráfica definida, que da las flechas a 50° centígrados -

para diferentes claros, siendo ésta justamente la "Plantilla" que se usará para trazar la posición del cable más bajo y para localizar las torres a lo largo del perfil topográfico de la línea de transmisión.

Por lo tanto, es necesario calcular y dibujar un juego completo de gráficas para diferentes temperaturas partiendo de un estado inicial, con auxilio de la ecuación 16 y que servirán para las flechas del conductor cualquiera que sea la temperatura reinante en el día y hora a la que se hace la instalación.

Si en vez de usar el sistema de flechas para hacer el tendido del cable conductor, se usa un dinamómetro para dar las tensiones, habrá que calcular la tensión que debe darse a diversas temperaturas empleando para ello la ecuación 17.

En general, es más precisa la construcción de una línea de transmisión, usando el procedimiento de flechas que el de tensiones.

Si en la línea existen tramos entre dos torres de anclaje que tengan claros característicos muy diferentes, hay que formar juegos de gráficas, Flechas - Claros, para diversos claros característicos y se hará otro tipo de tabla, donde se calculan para diversos claros las ordenadas o flechas de la parábola que tomará el cable a las temperaturas de  $+50^{\circ}$  centígrados y  $-10^{\circ}$  centígrados partiendo de los valores obtenidos de las tensiones a esas temperaturas.

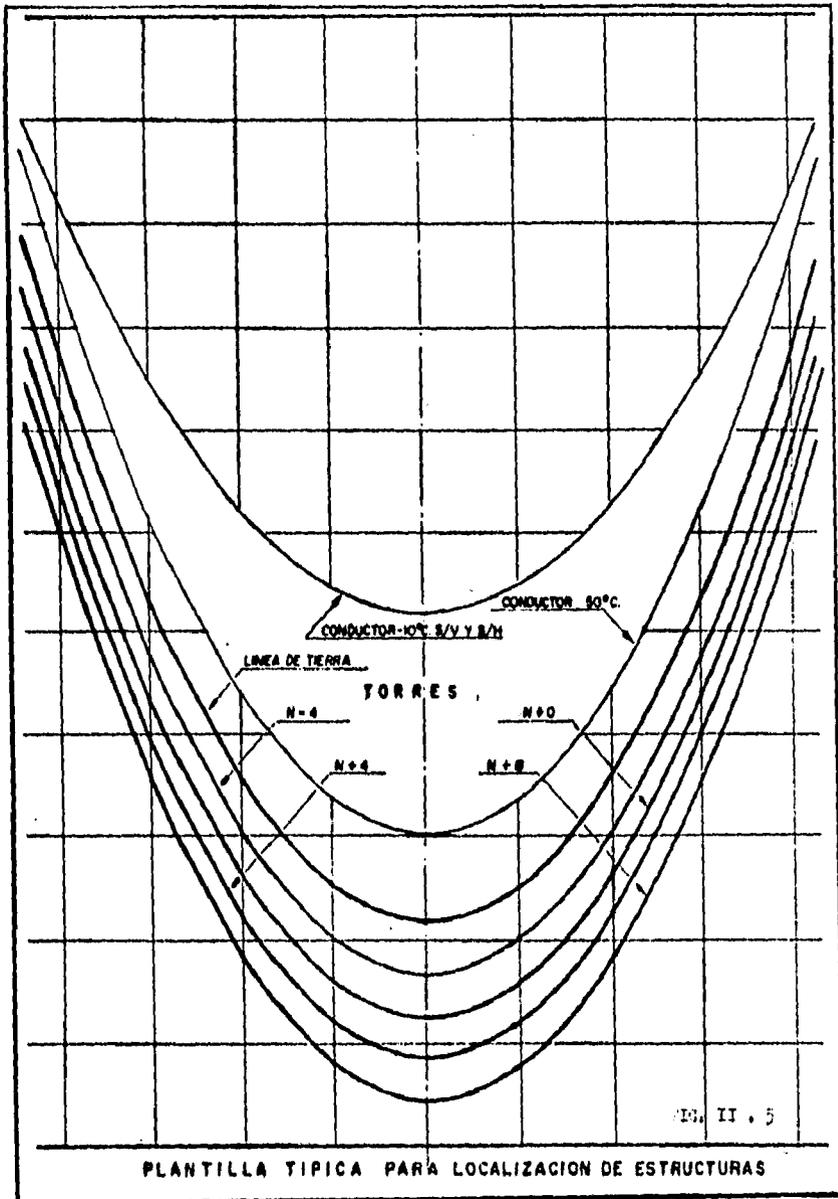
## LOCALIZACION DE LAS ESTRUCTURAS SOBRE EL PERFIL TOPOGRAFICO.

Al suspenderse el cable conductor entre dos torres, conocemos la forma que tomará, en seguida habrá que escoger la altura y separación que deben tener las torres teniendo como condición esencial, que el cable conductor más bajo debe quedar a 7.50 m. de la superficie del terreno como mínimo.

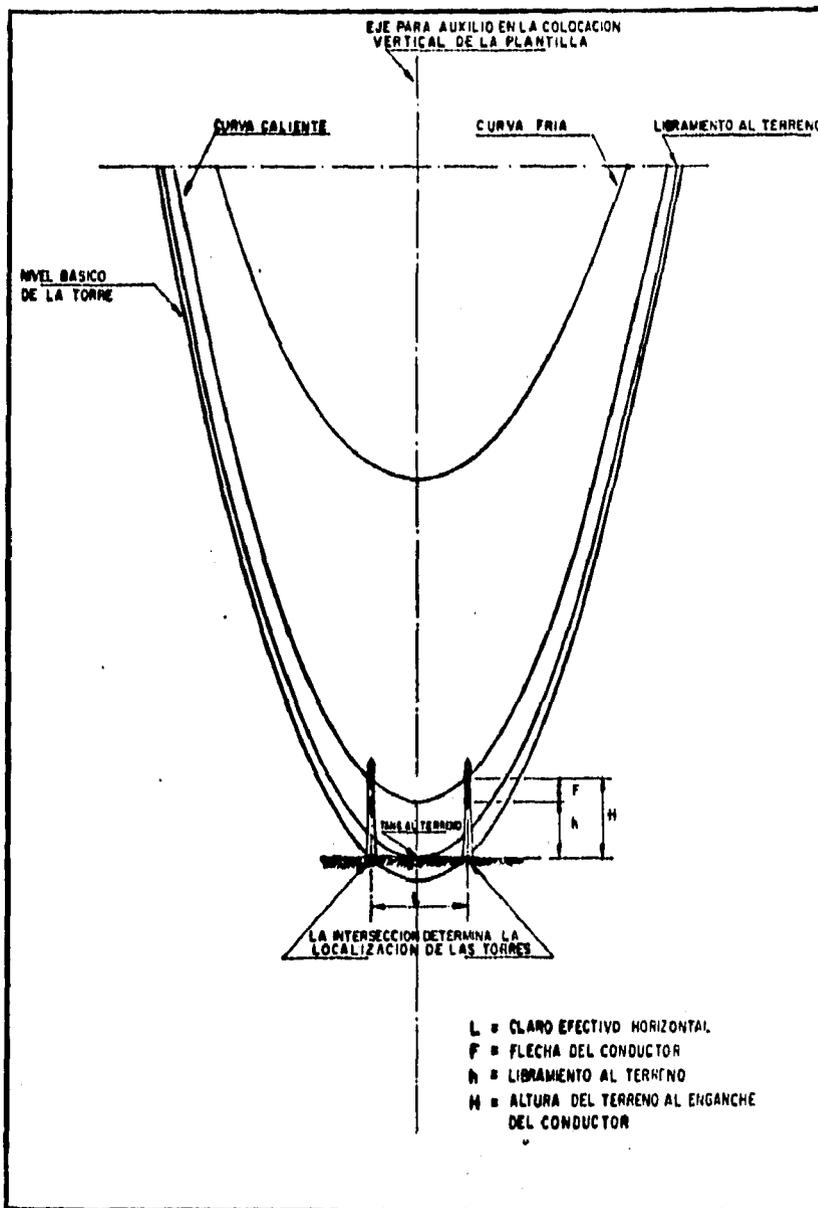
Las torres pueden proyectarse sobre el perfil topográfico a distancias más o menos grandes y de alturas mayores o menores, consistiendo el problema en elegir una combinación de torres para la cual el peso y, por lo tanto, el costo sea mínimo. Hoy en día se usan máquinas electrónicas que permiten hacer una selección económica con más rapidez y aproximación.

Para obtener mayor beneficio de las plantillas, en forma práctica se dibujan en papel transparente o mica, a la misma escala a que está dibujado el perfil topográfico de la línea, y en el que se marcan las catenarias que representan el conductor a las temperaturas extremas de la región, por la que atraviesa la línea de transmisión, generalmente  $+50^{\circ}$  centígrados y  $-10^{\circ}$  centígrados.

Paralelamente a la curva de  $50^{\circ}$  C se marcan otros más que representan el libramiento mínimo al piso y las alturas disponibles de las torres ( por ejemplo: para líneas de 400 Kv. la altura base es de 25 m. que equivale al nivel de 0.0 m. y a partir de esta - 3, - 4, + 4, + 3. ) Ver la figura siguiente:



Quando la plantilla es apoyada verticalmente y la curva - de libramiento es colocada tangente al perfil, la curva por ejemplo del nivel 0 de las torres, intersectará el perfil en puntos donde las estructuras del nivel básico deben ser colocadas, con objeto de mantener el libramiento, como se muestra en la figura siguiente:

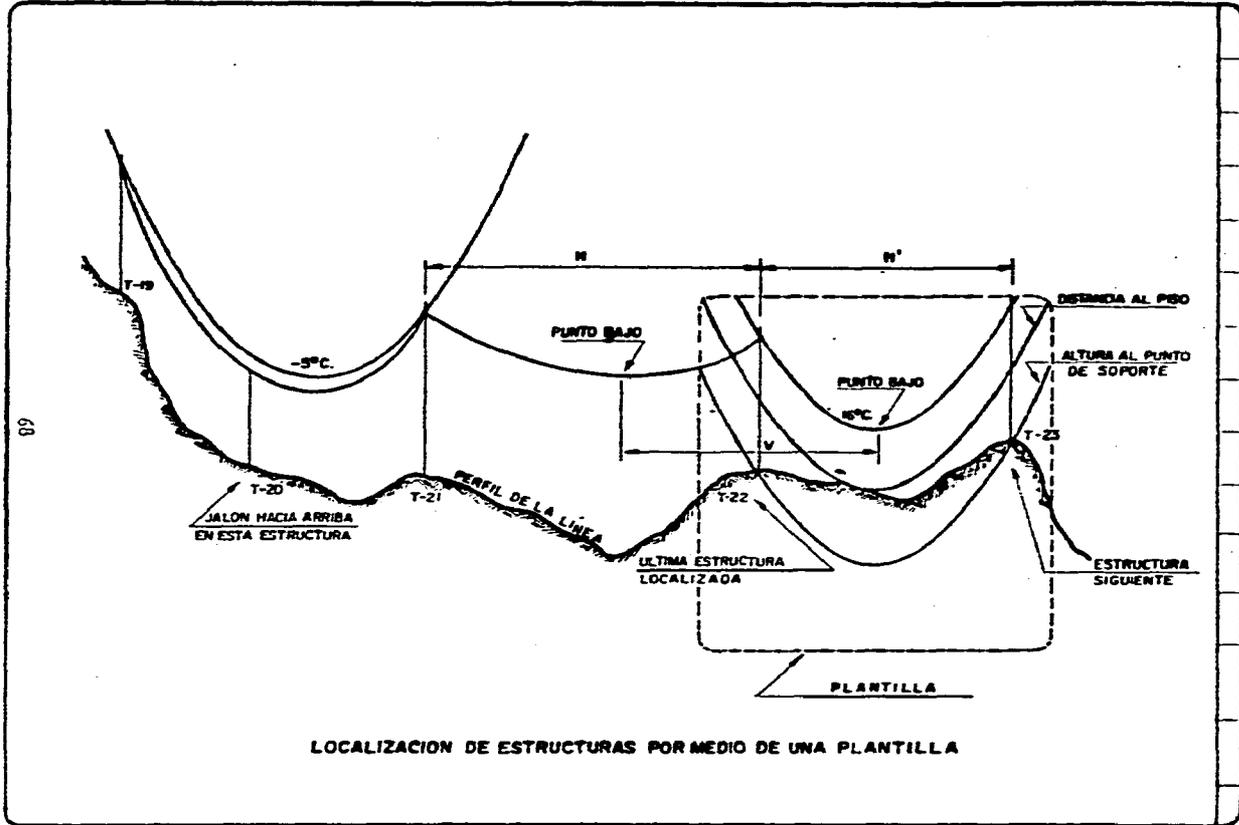


Para iniciar la localización de las estructuras, como se indicó anteriormente, la plantilla debe ser colocada verticalmente y la curva del conductor (  $50^{\circ} C$  ) situada en el punto fijo de enganche de la torre de remate de la subestación. En estas condiciones la curva de libramiento debe apenas tocar tangente al perfil; el punto donde las curvas de alturas de torres intersecten al perfil determina la posición de la siguiente torre.

Una curva debe ser dibujada siguiendo el trazo del conductor a  $50^{\circ} C$  para indicar la localización de las torres. La operación se repite hasta el final.

El procedimiento anterior puede ser seguido exactamente sólo en líneas que sean aproximadamente rectas y con terrenos relativamente planos. Sin embargo, en general, los obstáculos como cruzamientos con vías de comunicación, terrenos accidentados, deflexiones, etc. hacen necesaria la utilización de diversos arreglos de estructuras tanto en alturas como en capacidades mecánicas.

La figura siguiente muestra un ejemplo de localización de estructuras por medio de plantilla, sobre un dibujo típico del perfil topográfico.



En el análisis del dibujo resaltan los siguientes aspectos importantes:

1.- Claro medio horizontal ( claro de viento ). Es la se-  
misuma de claros adyacentes a una torre y es proporcional a la fuer-  
za transversal horizontal, debida a la carga de viento que actúa so-  
bre los conductores y cables de guarda. En el caso de la torre núme-  
ro 22 se tendrá:

$$C^*H = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

2.- Claro vertical ( claro de peso ). Es la distancia ho-  
rizontal medida entre dos vértices de las catenarias a uno y otro -  
lado de la estructura que se trate y es proporcional a la fuerza -  
vertical debida al peso de los cables conductores y cables de guar-  
da.

3.- La curva fría entre las torres 19 y 21 indica el posi-  
ble tirón en la torre 20 en caso de presentarse las condiciones pro-  
picias. Este efecto debe evitarse para lo cual se opta por:

- a) Utilizar una torre de tensión.
- b) Aumentar la altura de la estructura y por lo tanto el  
claro vertical.
- c) Relocalizar las torres en forma diferente.

En general es recomendable seguir las indicaciones prác-  
ticas siguientes para efectos de economía del proyecto.

- a) Hacer que la curva de libramiento coincida con el per-

fil tanto como sea posible.

- b) Localizar las estructuras utilizando al máximo posible el claro medio horizontal de las mismas.
- c) Las alturas de las torres de tensión debenser las de menor altura posible.

#### PROYECTO Y ANALISIS DE LAS TORRES DE TRANSMISION.

El Manual de Obras Civiles de Comisión Federal de Electricidad, dentro del tomo de Métodos de Analisis y Diseño, nos define algunos parámetros a seguir para analizar y diseñar estructuras como subestaciones y torres de líneas de transmisión. Un aspecto fundamental es la determinación del viento que actuará en la estructura.

Aunque generalmente para concursos internacionales la obtención de los "árboles de carga" está casi resuelta, en nuestro país se procede al cálculo de las presiones de viento a partir de las velocidades regionales existentes en los lugares por donde pasará la línea de transmisión.

Por lo tanto se expone la determinación de la presión del viento a partir de la velocidad regional.

Para efecto del diseño estructural de líneas de transmisión, se ha constituido la regionalización eólica de la República Mexicana en tres zonas, cuyas velocidades regionales medias y máxi-

mas son:

Velocidades Regionales  $V_r$  ( Km./hr. )

	Media	Máxima
A ( Alta )	125	130
B (Media )	100	135
C ( Baja )	70	100

En lugares donde se tengan registros confiables que indiquen que se rebasan las velocidades regionales, a juicio del diseñador se empleará una velocidad mayor como velocidad regional (Isotaca).

La velocidad regional se deberá modificar para tener en cuenta la topografía local de la ruta que siga el tendido de la línea. Esto se logra multiplicando la velocidad regional por los factores que se indican a continuación obteniéndose la velocidad básica:

$$V_B = V_R K_t$$

donde:

$V_B$  = Velocidad básica

$V_R$  = Velocidad regional

$K_t$  = Factor de corrección por topografía.

y a su vez el factor de corrección por topografía será:

$K_t$                     Tipo de topografía

0.7                    Muy accidentada ( Bosques donde la altura de

los árboles sea mayor que la de las torres, centro de grandes ciudades, etc.).

0.8 Zonas arboladas donde la altura de los árboles sea menor que la de las torres, pero mayor de 10 m.

1.0 Campo Abierto

1.2 Promotorios al descubierta (Lomitas).

La velocidad básica aumenta con la altura sobre el terreno según la siguiente fórmula:

$$V_Z = (V_B) K_1$$

donde:

$V_Z$  = Velocidad a una altura  $Z = 10$  m.. Se recomienda tomar  $Z$  como la altura de los conductores sobre el terreno medida al pie de la estructura.

$$K_1 = (Z/10)^\alpha$$

$\alpha$  = Coeficiente que depende de la topografía local.

Y a su vez:

$\alpha$	Tipo de terreno
0.14	Litoral o campo abierto interior.
0.22	Zonas urbanas.
0.33	Centro de grandes ciudades.

Una forma aproximada, para establecer el perfil de velocidades con la altura, es aplicando el valor  $K_1$  según la tabla siguiente:

Altura de la torre H en m.	Zona Urbana	Otras Zonas
H < 10	1.00	1.00
10 H < 20	1.20	1.10
20 H < 30	1.36	1.15
30 H < 40	1.47	1.20
40 H < 50	1.57	1.25
50 H < 60	1.61	1.29

Finalmente para establecer la velocidad de diseño es necesario multiplicar la velocidad a una altura Z por un factor de ráfaga:

$$V_D = (F_R) (V_Z)$$

donde:

$V_D$  = Velocidad de diseño correspondiente a la altura de los conductores, sobre el terreno, medida al pie de la torre.

$F_R$  = Factor de ráfaga que vale 1.0 para cables y estructuras. Solamente cuando la torre tenga altura mayor de 60 m. y se considere actuando viento medio se tomará para la estructura  $F_R = 1.3$

Una vez que se tiene la velocidad de diseño, la presión del viento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = 0.0048 G C V_D^2$$

donde:

- P = Presión de viento sobre el área expuesta en Kg./m.<sup>2</sup>  
 G = Factor correctivo por altitud; se calcula aproximadamente con la expresión:  $G = (8 + h) / (8 + 2h)$ , siendo h la altura en Km. sobre el nivel del mar.  
 C = Coeficiente de arrastre adimensional.

El coeficiente de arrastre C, se tomará como 1.8 para la primera cara de la torre, referida al área expuesta, en el plano que le sigue se permite reducir el valor 1.5X, donde X es la relación entre separación y peralte de los planos ( para  $X \leq 1.2$  ) para cables conductores de guarda y de retenidas. C = 1.2.

#### ANALISIS ESTRUCTURAL DE TORRES.

El analisis estructural de torres de líneas de transmisión, consiste en estimar los efectos que las sollicitaciones producen en una estructura. Estos efectos son los esfuerzos internos y los desplazamientos, éste se realiza idealizando la estructura mediante un modelo matemático.

La exactitud de dicho análisis, en relación con lo que realmente sucede, depende, por lo tanto, del modelo utilizado. Teóricamente entre menos simplificaciones tenga el modelo más cercanos serán los resultados a los valores reales.

Sin embargo, no siempre es posible analizar una estructura a través de un modelo con un alto grado de discretización, esto depende básicamente de la capacidad y costo de las herramientas de cálculo que se utilicen.

Las torres de transmisión están formadas por elementos - cuya sección transversal es pequeña en relación con su longitud. Estos se intersectan en juntas o nodos que tienen dimensión y rigidez despreciables, debido a lo cual se pueden tomar como puntos.

En este tipo de estructuras, la idealización más general o amplia es considerar un modelo tridimensional, constituido por barras que trabajan a flexión y, por ello están sujetas a momentos - flexionantes, fuerza cortante y fuerza normal, cuyos puntos de intersección o nodos tienen seis grados de libertad: un desplazamiento y un giro en la dirección y alrededor, respectivamente, de cada uno de los tres ejes que determinan el espacio tridimensional.

Dependiendo de las características de la estructura, se pueden hacer simplificaciones a la idealización anterior, lográndose a un costo menor, resultados equivalentes a los obtenidos con el modelo más original. En estructuras en que la flexión en las barras es despreciable, como las que forman armaduras, se puede considerar sólo la rigidez axial de las barras y tres grados de libertad por nudo ( los desplazamientos entre direcciones ortogonales ), con lo cual se reduce el número de incógnitas y el tiempo necesario para resolver la estructura resulta bastante menor.

Hasta hace pocos años, antes del desarrollo de las computadoras, las torres de transmisión se analizaban manualmente, dividiendo la estructura en varias armaduras planas isostáticas, para lo cual era necesario la eliminación de algunos miembros. Igualmente se recurría a los métodos estáticos.

Con el advenimiento de las computadoras digitales, hubo mucho progreso. Por un lado los diseñadores de torres automatizaron los métodos tradicionales lo que permitió mayor rapidez y seguridad y por otro lado, aparecieron los programas de análisis estructural.

Se ha llamado análisis convencional, al análisis que no es ejecutado mediante un programa específico de computadora, es decir, al análisis manual (estático) o automatizado mediante la calculadora programable o microcomputadora.

Este método es por superposición de causas y efectos, analizado en el plano.

Igualmente dentro del concepto de análisis convencional podemos incluir los métodos gráficos.

En el análisis por computadora, existen hoy en día muchos programas públicos y privados para resolver estructuras y en particular las torres de las líneas de transmisión. Existen programas que obtienen resultados directamente o mediante ciclos iterativos.

Casi todos estos programas de análisis utilizan el método de rigideces o deformaciones.

Generalmente el procedimiento de solución, requiere de -

la especificación de los miembros y sus propiedades, y tiene como incógnitas los desplazamientos en los nudos y las fuerzas en las barras.

El número de incógnitas de cada nudo es constante y depende del tipo de estructura especificado.

La manera de numerar los nudos y las barras tiene gran importancia, en el tiempo en que la máquina tomará para solucionar un problema.

Los resultados pueden ser para nudos y elementos. Para nudos tenemos reacciones y cargas. Para miembros se pueden obtener fuerzas o esfuerzos y torsiones.

Igualmente se puede combinar las cargas y obtener fuerzas y desplazamientos máximos para una o varias combinaciones de carga. Además de analizar, la computadora puede diseñar, si para ello está programada.

Sin obstar tal posibilidad, es conveniente realizar parte del trabajo en forma manual, para la mayoría de los elementos de una estructura, los ángulos deberán diseñarse para soportar carga axial, excenricidades y pandeo; solicitaciones que bien manejadas conducen a una buena estabilidad de la pieza.

Muchas de las soluciones estructurales dadas por el ingeniero, se verán modificadas al momento de ir solucionando uniones al detalle.

Generalmente las especificaciones contienen varias consi-

deraciones para el diseño de las estructuras y habrá que apearse a ellas, pero también muchas consideraciones para el diseño las dá la experiencia que se tenga en esa disciplina, así como el detalle, fabricación, ensays y finalmente el conocimiento del comportamiento que los diseños anteriores han tenido en su vida útil.

A continuación se indican las hipótesis de carga que servirán para el diseño de las torres.

En este tipo de torres se presentan generalmente dos casos:

Primer caso.- dos circuitos instalados.

Segundo caso.- un circuito instalado, con dos hilos de guarda.

En ambos casos se considerarán las siguientes suposiciones de carga:

Torres de Suspensión.

Primera suposición: Ningún cable roto.

Para esta suposición deberán considerarse simultáneamente las siguientes cargas:

- a) Carga Vertical: Igual al peso de todos los conductores y cables de guarda, según el claro vertical, más 250 Kg. por el peso del equipo de montaje, actuando en cada punto de sujeción de cables conductores y de guarda ( sin afectarlo de ningún factor de sobre carga ), más el peso propio de la torre, aisladores, herraje, - etc.

b) Carga Transversal: Igual a la carga máxima de viento - sobre todos los cables conductores, cables de guarda, aisladores y herrajes, más la carga máxima de viento sobre la torre.

Segunda suposición: Un cable roto.

Para esta suposición deberán considerarse las siguientes hipótesis:

1.- Un cable de guarda roto.

2.- Un conductor roto ( Conductores extremos o conductor central, según los casos más desfavorables ).

Las cargas que deberán considerarse simultáneamente serán:

a) Carga Vertical: Igual que en la primera suposición.

b) Carga Transversal: Igual a la carga máxima de viento - que actúe sobre los cables, considerando la mitad del claro medio horizontal solamente para el cable roto, - más la carga máxima del viento sobre la torre, aisladores y herrajes.

c) Carga Longitudinal: Igual al 75% de la tensión mecánica máxima no contrarrestada del conductor roto. Para - el cable de guarda roto se tomará el 100% de su tensión mecánica máxima.

Torres de Deflexión.

Tercera suposición: Ningún cable roto.

Para esta suposición deberán las siguientes cargas consi-

derarse simultáneamente:

- a) Carga Vertical: Igual a la primera suposición para las torres de suspensión, considerando naturalmente el claro vertical, correspondiente.
- b) Carga Transversal: Igual a la carga máxima de viento sobre todos los cables conductores y de guarda, aisladores y herrajes, más la carga máxima de viento sobre la torre, más la componente de los tirones de los cables debido al ángulo de deflexión de la línea. ( se considerarán las componentes del mayor ángulo de utilización de la torre ).

Segunda suposición: Un cable roto.

Para esta suposición se considerarán las siguientes hipótesis: ( para el mayor y para el menor ángulo de utilización de la torre ).

- 1.- Un cable de guarda roto.
- 2.- Un conductor roto ( Conductores extremos o conductor central, según los casos más desfavorables ).

Las cargas simultáneas que deberán considerarse serán:

- a) Carga Vertical: Igual que la primera suposición.
- b) Carga Transversal: Igual a la carga máxima de viento - que actúe sobre los cables, considerando la mitad del claro medio horizontal solamente para el cable roto, - más la carga máxima de viento sobre la torre, aislado-

res y herrajes, más la componente de los tirones de los cables debido al ángulo de deflexión de la línea.

c) Carga Longitudinal: Igual al 100% de la tensión mecánica máxima no contrarrestada del cable roto.

Torres de Remate.

Se diseñarán para remate en tangente.

Primera suposición: Ningún cable roto (actuando todos los cables de un sólo lado de la línea).

Las siguientes cargas deberán considerarse simultáneas:

- a) Carga Vertical: Igual que en la primera suposición de las torres de suspensión considerando el claro vertical especificado, sin ninguna reducción.
- b) Carga Transversal: Igual a la carga máxima de viento sobre los cables, aisladores y herrajes, más la carga máxima de viento sobre la torre.
- c) Carga Longitudinal: Igual al 100% de la tensión máxima de los cables de un mismo lado de la línea, no contrarrestada por cable alguno

Segunda suposición: Un cable roto.

Para esta suposición deberán considerarse las siguientes hipótesis:

- 1.- Un cable de guarda roto.
- 2.- Un conductor roto (según los casos más desfavorables).

Las cargas simultáneas serán:

- a) Carga Vertical: Igual que la primera suposición considerando los cables que en este caso la torre soporta.
- b) Carga Transversal: Igual que la primera suposición considerando los cables que en este caso la torre soporta.
- c) Carga Longitudinal: Igual al 100% de la tensión mecánica máxima de los cables que en este caso la torre soporta, considero lo indicado en la primera suposición.

Para todos los Tipos de Torres.

Suposición de Viento: Carga máxima de viento sobre la torre, actuando transversalmente a la línea de transmisión, o sea, sin carga vertical y sin viento en los cables, esta suposición no se afectará de factores de sobrecarga.

El fabricante, para esta hipótesis de carga entregará los siguientes datos:

- a) Clave de la pieza.
- b) Esfuerzos máximos.
- c) Elementos mecánicos (reacciones) para el diseño de cimentaciones.

Dentro de las especificaciones de diseño, se contemplan generalmente, las fórmulas de capacidades a utilizar para todas y cada uno de los miembros que conforman la torre, desde la punta del copete hasta la pieza inferior de la cimentación, así como las relaciones de esbeltez y consideraciones de diseño.

Las fórmulas para el cálculo de capacidades de ángulos de mayor uso, son las mencionadas en la "Guide for Design of Steel Transmission Towers" de la "American Society of Civil Engineers" (A S C E) y son:

1.-

$$F_A = 1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2 C_c} F_Y$$

si  $\frac{KL}{r} < C_c$  (cálculo de capacidades)

2.-

$$F_A = \frac{20124025}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

si  $\frac{KL}{r} \geq C_c$

En donde:

3.-

$$C_c = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_Y}}$$

Decide:

- $P_A$  • *Intensidad en componentes reales*
- $P_T$  • *Intensidad en frecuencia del subportante*
- $\beta$  • *Relación de modulación del subportante*
- $\frac{E_c}{f_c}$  • *Intensidad en potencia promedio*
- $P_{av}$  • *Potencia en promedio*

La potencia media máxima es de 100 W

$$\frac{P_{av}}{P_T} = \frac{100}{100} = 1$$

Entonces:

- 1. La potencia media máxima es de 100 W, por lo tanto el promedio de la potencia media es de 100 W.
- 2. La potencia media es de 100 W.

La potencia media máxima es de 100 W, por lo tanto el promedio de la potencia media es de 100 W.

La potencia media máxima es de 100 W, por lo tanto el promedio de la potencia media es de 100 W.

La potencia media máxima es de 100 W, por lo tanto el promedio de la potencia media es de 100 W.

La potencia media máxima es de 100 W, por lo tanto el promedio de la potencia media es de 100 W.

Donde:  $F_A$  = Esfuerzo de compresión axial.  
 $F_Y$  = Esfuerzo de fluencia del material.  
 $E$  = Módulo de elasticidad del material.  
 $\frac{KL}{r}$  = Relación de esbeltez efectiva.  
 $F_{or}$  = Factor de reducción.

La relación ancho espesor está dada por:

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = \frac{662,9}{\sqrt{F_Y}}$$

donde:

$b$  = distancia medida sobre el patín desde el extremo del ángulo a donde comienza la curvatura del mismo.  
 $t$  = espesor del elemento.

En caso de exceder  $(b/t)_{lim}$ , las ecuaciones 1 y 3 deben modificarse sustituyendo  $F_Y$  por el valor dado por la siguiente expresión de  $F_{or}$ :

5.-

$$F_{or} = \left[ 1.8 - \frac{0.8 \left(\frac{b}{t}\right)}{\left(\frac{b}{t}\right)_{lim}} \right] F_Y$$

$$Si \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} < \frac{b}{t} \leq \frac{994.35}{\sqrt{F_Y}}$$

Y donde:

6.-

$$F_{or} = \frac{590604}{\left(\frac{b}{t}\right)^2}$$

$$\text{si } \frac{b}{t} > \frac{994.35}{F_y}$$

Prácticamente para todos los casos, en donde las piezas - están conectadas de ambos lados  $K = 1$ , para otros casos  $K$  deberá - valuar-se según tipo y forma de conexión.

Para tornillos se toma; la capacidad dada por 4 "American Society of Testing Materials" ( ASTM ) Norma A - 394.

En el diseño de los copetes de las torres, a pesar de que las cargas son generalmente pequeñas, por su longitud, éstas necesitan de un arriostamiento para disminuir la longitud de diseño. Para ello nos valemos de las redundantes, estas piezas redundantes - son de 1 1/2 a 2 pulgadas de patín, se deberán conectar en piezas mayores, por lo tanto las cuerdas de los copetes, serán de 2 ó 2 1/2 pulgadas.

Para la estructuración será necesario tratar en lo posible, que las cuerdas de los copetes en la punta formen cuando menos un ángulo de 15° , ya que de no ser así, la pieza redundante no brin

dará el apoyo esperado.

La solución al detalle de la punta del copete, viene dada por el tipo de dispositivo (herraje) para recibir el hilo de guarda.

Para el diseño de las crucetas es conveniente tomar algunas consideraciones especiales; una de ellas, sería que en el análisis de los tensores no se tome cargas a compresión sino que toda, es ta carga sea tomada por las cuerdas.

La consideración de la torsión, que se produce en la cruceta generalmente no se toma en cuenta, al igual que las excentricidades que produce el dispositivo para tomar la cadena de aisladores (herrajes), pero estos conceptos pueden producir la falla en la cruceta.

Igualmente, que para los copetes, el tratar que las piezas en la punta (tensores y cuerdas), formen entre sí un ángulo de  $15^\circ$ ; esto permite que las piezas redundantes tabajen como se ha supuesto.

El diseño de los brazos, para una torre de un circuito generalmente son piezas muy largas, que requieren de muchos elementos para disminuir su longitud de diseño, por lo tanto, al disponer las redundantes más separadas, definirán unas cuerdas de mayor sección y de aquí que la comparación de peso sea indispensable.

El diseño de las patas, una vez conocidos los esfuerzos - que se presentan en cada tramo, prácticamente no tiene dificultad, si se planean las uniones y sus tipos, los largos máximos de cada tramo real de perfil y tanteando con los diferentes tipos de arrios

tramiento. Esto permite obtener la máxima eficiencia.

Para la celosía, el problema de cuantificar la sección - más adecuada para determinado panel involucra más cuidado, ya que - será necesario valorar la K correspondiente a cada conexión. Es im - portante conocer si el punto de cruce de la celosía aporta un apoyo o no.

Las características de esbeltez según el tipo de apoyo, - se citan en algunas especificaciones, pero el valorar la importancia de las excentricidades se obtienen en forma particular en cada caso.

Los tipos de conexiones, generalmente para cuerdas o mon - tantes son dos:

Conexiones de traslape.

Conexiones a tope.

La conexión a traslape, tiene la ventaja de no usar adita - mentos o ángulos de unión, simplemente se encima un ángulo a otro. Este último se deberá deslomar para un perfecto ensamble. Pero tie - ne problemas en cuanto al desplazamiento de los graniles, lo que - provoca en ciertas ocasiones el aumentar algún perfil de la parte superior.

La conexión a tope aunque presenta desventaja de necesitar un ángulo interno y dos placas externas una para cada ala, es más - usual por la facilidad de conexión y seguridad.

La celosía se trata de hacer llegar a los puntos de oñlou lo lo más cerca posible, evitando despatinar.

En las cimentaciones generalmente, se trata de evitar la utilización de cimientos especiales a base de pilas o pilotes, colocando las estructuras de ser posible en otro sitio.

Por lo tanto los tipos de cimientos más usados son: las zapatas de concreto y parrillas de acero.

El análisis y diseño de cimentaciones para torres de transmisión, presenta problemas particulares que surgen principalmente de la posición elevada de los cables en la estructura de soporte, importantes momentos de volteo, mientras que las cargas verticales son relativamente bajas. Por lo que se necesita diseñar los cimientos contra levantamientos para este fin, Comúnmente se utiliza, el procedimiento de considerar una pirámide truncada invertida de terreno, que se opone a que se levante el cimiento.

## ANÁLISIS Y DISEÑO POR COMPUTADORA.

En el diseño de estructuras se utilizan actualmente los procedimientos que anteriormente no se llevaban a cabo por resultar demasiado laborioso, acentuándose más en estructuras como las torres de transmisión por su grado de hiperestaticidad tan grande.

En la actualidad algunas empresas cuentan con programas que analizan y diseñan automáticamente las torres de transmisión como armaduras en el espacio. Plantean la solución de la estructura a partir del grado de hiperestaticidad, formando un sistema de  $N$  ecuaciones con  $N$  incógnitas, resolviendo en forma matricial por el método de rigideces.

El diseño automático consiste en un proceso iterativo, partiendo de secciones propuestas para todas las barras, en el primer ciclo de análisis calcula las fuerzas normales de tensión y compresión para cada combinación de carga seleccionando la que rige el diseño, conocida la carga de trabajo y la longitud de cada barra selecciona de un grupo de datos de propiedades de perfiles angulares la sección que satisface los requerimientos mecánicos, revisándola por pandeo general, pandeo local y tensión o compresión axial según los criterios de diseño.

Repetiendo los procedimientos hasta por veinte ciclos, considerando que normalmente con tres ciclos de análisis y diseño es más que suficiente para lograr un diseño confiable.

La utilización adecuada del programa se reduce a tres puntos básicos.

- Se debe tener en cuenta la capacidad de la máquina.
- La información de datos de entrada se debe suministrar respetando el orden y formatos.
- Se requiere de una revisión minuciosa de los puntos anteriores y de la misma estructura evitando mecanismos no estables.

La capacidad del programa nos da:

- Número de nudos.
- Número de barras.
- Número de deformaciones iguales.
- Número de condiciones de carga.
- Número de combinaciones de carga.
- Cálculo automático de tres condiciones de viento.
- Cálculo automático de tres condiciones de sismo.
- Cálculo de reacciones en apoyos.
- Número de grupos con pesos parciales.
- Número de barras normalizadas
- Número de grupos de perfiles angulares
- Número de perfiles en cada grupo.
- Número máximo de iteraciones de análisis y diseño.
- Tamaño de la matriz general de rigideces

La información de entrada será:

1.- Todos los datos se deben proporcionar en unidades consistentes.

2.- La información básica de la torre estará definida según:

a) Topología.

- Coordenadas en el espacio de cada uno de los nodos.

- Incidencias o nudos extremos de cada barra.

- Areas propuestas para cada pieza o por grupo de barras.

- Apoyos.

b) Condiciones: y combinaciones de carga.

- Fuerzas en los nudos según ejes y direcciones de acción.

- Combinaciones.

Condiciones de carga que actúan simultáneamente.

- Presión del viento.

El programa puede calcular la presión del viento sobre la estructura cuando se requiere.

c) Criterios de diseño

- Se puede solicitar una normalización según grupo de barras.

- Se proponen longitudes de pandeo y relaciones de

esbeltoz.

- Se suministran características de tipo de conexión.

1.- Los resultados emitidos por la computadora son los siguientes:

- Datos de entrada.- Este inciso es muy importante ya que deberá certificarse que los datos propuestos sí corresponden a los datos con los que se "corrió" la estructura.

Para cada ciclo, obtiene:

- Fuerza en las barras para cada condición y combinación de carga axial y para cada uno de los ejes.
- Deformaciones de los nudos según ejes.
- Reacciones de los apoyos.

Y para el último ciclo nos da en columnas:

- Número de barra y tipo de acero con el que se diseñó (AR o STD).
- Grupo de ángulos con los que se diseñó, para torres es siempre 1.
- Número de sección obtenida.

Cada perfil tiene un número.

- Sección a utilizar.

L = ángulo sencillo.

2L = 2 ángulos espalda con espalda.

2L = 2 ángulos en estrella.

4L = 4 ángulos en estrella.

Rara vez se utilizan ángulos en estrella.

5.- Perfil.

6.- Paso del perfil por metro.

7.- Relación de esbeltez en "Z".

8.- Relación de esbeltez en "X".

9.- Tipo de miembro en cuanto a su importancia estructural.

1 = Principales.

2 = Secundarias.

10.- Longitud de la pieza.

11.- Número de la condición de carga que rigió para el dise  
ño.

12.- Carga máxima en la pieza.

signo positivo = tensión

signo negativo = compresión.

13.- Esfuerzo máximo en la pieza.

( Igual convención de signos que la columna 12 ).

14.- Porcentaje de trabajo de la sección.

- Peso total de la estructura.



C A P I T U L O      I I I

PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION.

PLANEACION DE LA CONSTRUCCION.

PROGRAMA DE CONSTRUCCION.

RESUMEN.

SUPERVISION.

## PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION.

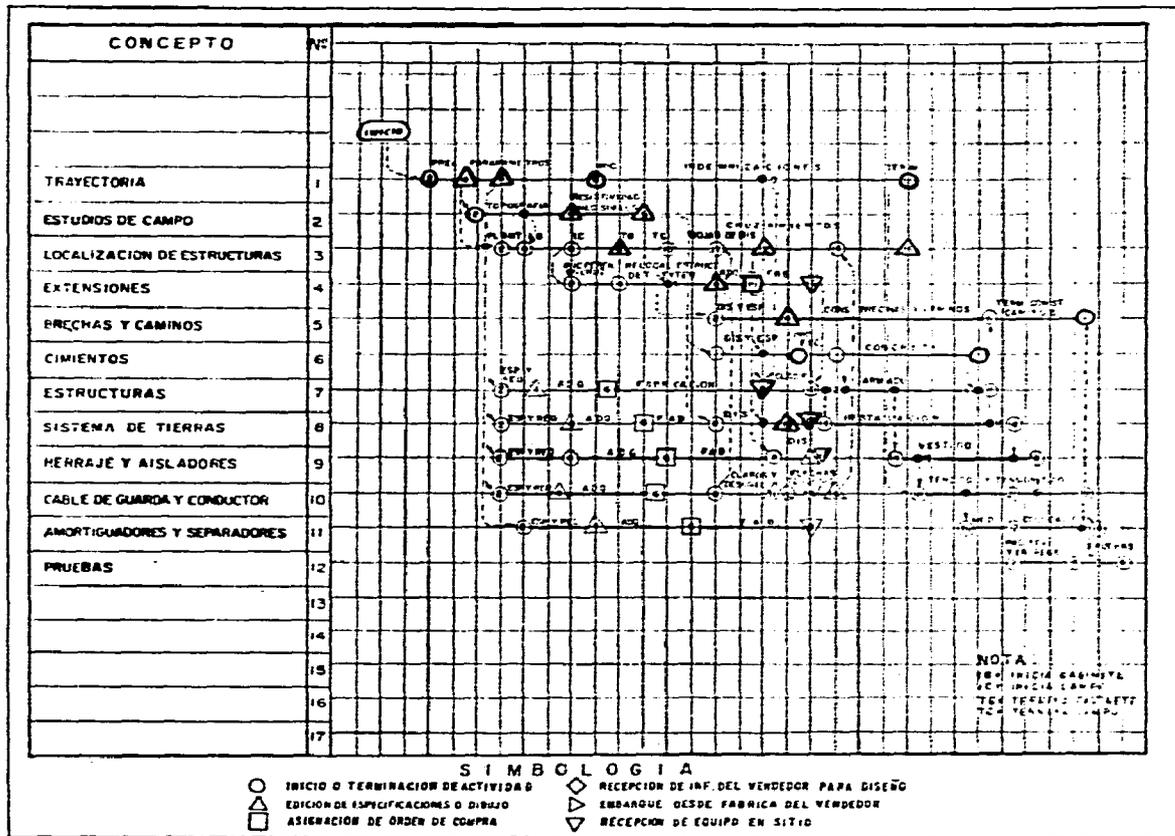
### PLANEACION DE LA CONSTRUCCION.

En grandes obras civiles, como en cualquier proyecto constructivo, es necesario contar con una planeación, una programación y un control adecuados que faciliten su ejecución y para ello se requiere tomar en cuenta:

- a) La fecha de inicio de la obra.
- b) La fecha de terminación de la obra.
- c) Las características del equipo y su tiempo de utilización.
- d) La cantidad de material requerido.
- e) Clasificación y número de obreros que se ocupen en la obra.
- f) La cantidad necesaria de financiamiento. ( Ver Apéndice )

En la construcción de un proyecto, en nuestro caso una línea de transmisión, una vez que se tienen completos los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones de la obra se procede a iniciar su construcción. Posiblemente sea necesario dividirlo en actividades que puedan ejecutarse en conjunto o independientemente.

El resumen de actividades que se realizan para la construcción y diseño de una línea de transmisión se señalan en un diagrama de flechas.



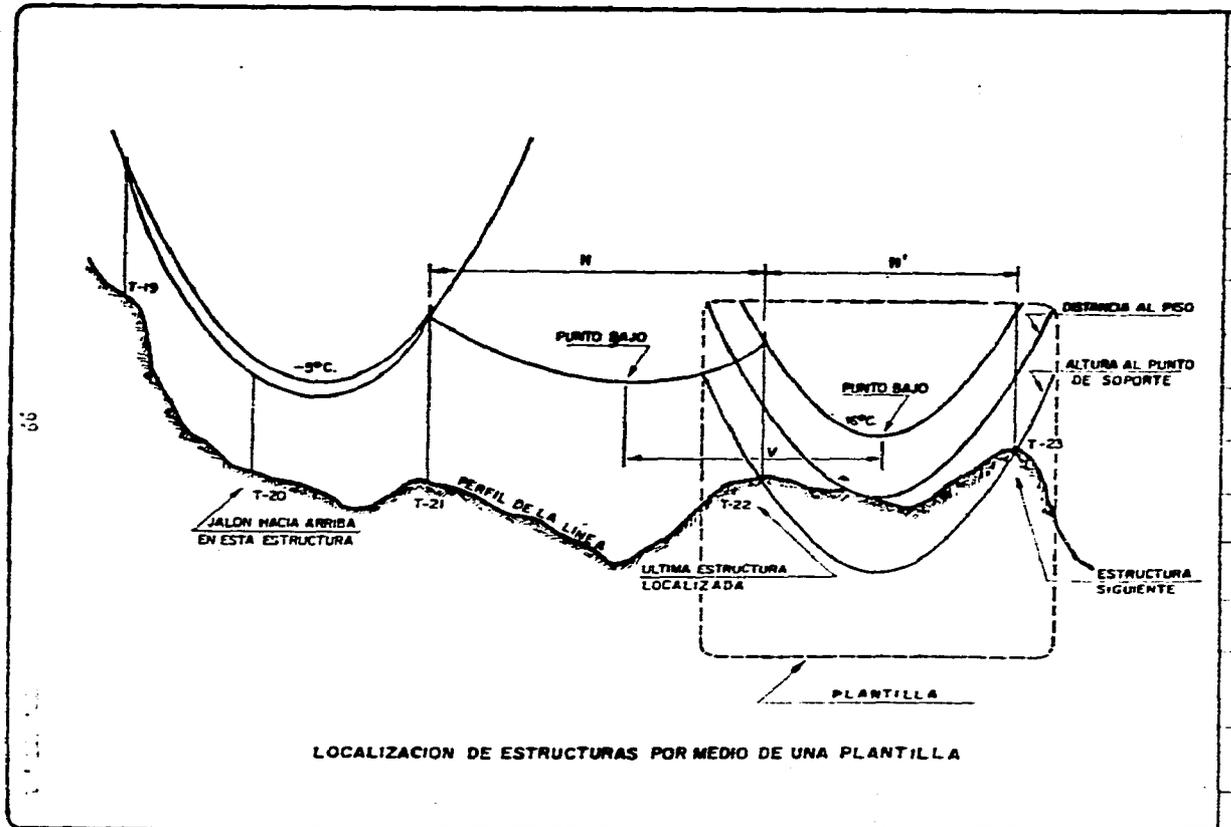
Con esa información se realizan los estudios para la emisión del anteproyecto de la línea en cuestión lo cual es turnado - para su diseño con aportaciones adicionales como son : parámetros climatológicos, valores de resistividad, trayectoria, etc..

Después y de acuerdo a la programación de la construcción se procede a realizar los levantamientos topográficos en base a directrices que indiquen la localización y evaluación de sitios. Hecho esto se miden la resistividad eléctrica y mecánica del suelo lo que permite la determinación del sistema de tierras o protección catódica que se requiera así como la cimentación de las torres.

Como se describió en el capítulo anterior se utilizan los dispositivos de mica o plantillas en los cuales se marcan las cotas y que representan al conductor a la temperatura extrema de la región por la que atravesará la línea de transmisión.

Cada plantilla debe ser preparada para una línea de transmisión específica, de acuerdo a las características del cable conductor, configuración de conductores en la torre, condiciones de carga, tensión mecánica, longitud, claro, voltaje y parámetros climatológicos, siendo el principal propósito obtener los planos de planta y perfil de la línea de transmisión, el presentar el perfil topográfico de la trayectoria de la línea lo más detallado posible con el fin de asegurar un diseño correcto y una construcción económica; normalmente las escalas de estos planos son 1: 2 000 horizontalmente y 1: 200 o 1: 500 verticalmente.

Después se debe de contar con el plano de cruzamiento, es



tos planos representan en detalle el cruzamiento de la línea de transmisión con vías de comunicación como carreteras o ferrocarriles. dicho plano se hace a escala conveniente con los datos de diseño del claro en cuestión, como son dimensiones de las torres, ci mientos, ángulos de cruce, libramientos, tensiones mecánicas del cable a diferentes temperaturas, etc.. La autorización de este pla no ante la dependencia oficial que se trate, permite la ejecución en campo del cruzamiento de referencia.

Con los planos de localización de torres, se localiza en el campo la posición exacta de cada estructura. En ese momento son levantados los perfiles a  $45^\circ$  con respecto a la trayectoria, con objeto de que posteriormente el ingeniero de diseño determine la altura de las extensiones que se ajusten a los desniveles del terreno en el sitio.

Durante la ejecución del trabajo de localización de la y bicación de las torres, es posible que se encuentre algún inconveniente para montar en cierto lugar una torre, como puede ser terre nos en malas condiciones, construcciones u obstáculos no existentes en el levantamiento original, lo cual obliga a preparar al á-- roa de diseño la revisión o ajuste del terreno para resolver el lu gar definitivo de las torres.

Los cimientos se hacen en conformidad con el estudio de mecánica de suelos y se realiza el diseño más conveniente para su ejecución en campo.

La adquisición de torres se efectúa en base a una evaluación estadística de necesidades de la línea, conforme a sus características topográficas generales, deflexiones, altitudes sobre el nivel del mar, contaminación, etc..

Para su control en almacén, montaje y fabricación de repuesto o adicionales se debe proporcionar:

- a) Lista de materiales.
- b) Planos de montaje.
- c) Planos de taller.

El levantamiento de las estructuras es a partir de que se cuenta en el almacén con el material suficiente para ello, así como los planos de localización de torres y sus hojas de distribución, donde se indica la longitud de las <sup>y de</sup> deflexiones.

A continuación y en base a los perfiles de resistividad se determina el sistema de tierras o protección catódica más conveniente. La adquisición de cantidades, tipos de herraje y aisladores es función directa del número y tipo de torres solicitadas para la línea en cuestión. Para el caso de aisladores se toma en cuenta el concepto de necesidades, para coordinación de aislamiento son elaborados para la colocación de conjunto de herrajes y aisladores de las torres, planos que muestran la disposición técnica para un correcto ensamble.

La adquisición del cable de guarda y del cable conductor se realiza de acuerdo a la longitud de la línea, número de circui-

tos, conductores por fase y número de cables de guarda.

Con el objeto de calcular las flechas y tensiones de tendido de cables se hace una relación definitiva de claros entre torres y desniveles entre puntos de enganche del cable. Las flechas y tensiones calculadas en el diseño de la línea son integradas en forma tabulada por diferentes temperaturas, con objeto de que las maniobras de tensionado y flechado se ejecuten a la temperatura ambiente en dicho momento.

Para amortiguadores y separadores se determinan sus necesidades conforme al número de torres y longitud de la línea, su montaje se lleva a cabo después que se encuentran los conductores tensionados y es la actividad final en la construcción de este tipo de obras.

#### PROGRAMA DE CONSTRUCCION.

##### - TRAFICA DE BARRAS.

Un programa de construcción de obra usualmente está formado de una gráfica de barra en donde se muestra la cantidad, la unidad y el tiempo de ejecución de cada actividad, con las fechas estimadas de inicio y terminación de cada una de ellas.

Es deseable incluir un espacio para reportar o indicar la cantidad real de trabajo terminado en cada operación en una fecha dada, como ejemplo, al final de cada semana o mes.

Si se indica en el programa el adelanto real, es posible

determinar rápidamente si la construcción va progresando de acuerdo con lo planeado.

Los programas para obras en cuya construcción se requiere menos de un año, pueden dividirse en semanas, mientras que los que requieren más de un año se pueden dividir en meses.

El programa de construcción debe ser identificado con:

- a) El nombre del proyecto.
- b) El nombre del dueño.
- c) El nombre del Ingeniero encargado de la obra.
- d) La localización de la obra.
- e) Los códigos de ayuda para interpretar el programa.

Antes de preparar el programa de obra, deberá dividirse el proyecto en sus respectivas operaciones, determinándose la cantidad de trabajo que tenga que llevarse a cabo, además de proponer se el tiempo de ejecución de cada operación. Hay que destacar que se debe considerar una cantidad de tiempo para compensar los días de lluvia y mal tiempo que impidan la ejecución de las operaciones.

Al estimarse el tiempo de ejecución de las operaciones, es importante considerar el aspecto económico de la construcción, seleccionando el número de obreros y las unidades de equipo que resulten en una apropiada economía de la obra.

Una vez que se tenga contemplado el programa de obra, se estudiará cuidadosamente para ver si es necesario realizar alguna modificación en el mismo, existiendo la posibilidad de diferir el

inicio de una operación para que pueda trasladarse el equipo y el personal requerido en la misma de otra actividad realizada previamente, reduciendo con esto el número total de obreros y equipos requeridos en la obra.

## PRESUPUESTO.

### - PRECIOS UNITARIOS.

Los esfuerzos de un ingeniero que diseña una obra y de quien la construye, están encaminados hacia un mismo fin, que es la creación de algo que funcione satisfactoriamente.

Debido a las exigencias existentes en nuestro medio, se ha hecho cada vez más necesaria la sistematización de un método para la determinación de los costos en una construcción.

Para la construcción de una obra, es indispensable conocer anticipadamente el costo de cada concepto, por lo que es necesario elaborar un presupuesto detallado de la misma en forma objetiva y ordenada que sirva como ayuda para controlar el costo en el proceso constructivo. Por regla general, se dispone de poco tiempo para este estudio y en algunas ocasiones no se cuenta con el personal técnico necesario o con la experiencia suficiente para la elaboración rápida de este tipo de presupuestos.

Existen diferentes sistemas para controlar el costo de una construcción, uno de los más aceptados para esto, es el llamado Costo Estándar, que consiste en suponer un costo bajo ciertos fundamentos lógicos y compararlos posteriormente con los resultados que se obtengan finalmente.

Consideremos que el análisis del costo, puede elaborarse de forma inductiva o deductivamente, que además puede ser un análisis de costo aproximado y que siempre está precedido de costos an-

teriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores.

Los costos pueden ser:

	Administración Central
Costo Indirecto	
	Administración de Obra
	Preliminares
Costo Directo	
	Finales

El costo directo de un concepto es la suma de los costos de los materiales, equipo y mano de obra que intervienen en la elaboración de un producto; así el costo directo preliminar es la suma de los materiales, equipo y mano de obra necesarios en la elaboración de un subproducto y el costo directo final es la suma de los materiales, equipo y mano de obra realmente utilizados en la elaboración de un producto.

Si por medio de las especificaciones de una obra se definen las características y calidades requeridas para un producto, se necesita saber cuáles son las partes que integran al mismo, reduciendo cualquier producto a sus componentes unitarios y utilizando para ello las medidas de masa o dimensión del Sistema Métrico Decimal.

Los precios bases de los materiales, serán componentes de un precio unitario con valores en función del tiempo y del lugar de aplicación. La evaluación del costo de la mano de obra en una obra civil, a nuestro juicio, es dinámico y bastante complejo; creemos que su carácter dinámico lo determina el costo de la vida, así como el desarrollo de procedimientos de construcción diferentes, debidos a nuevos materiales, herramientas, tecnologías, etc. Su complejidad también varía conforme a la dificultad o facilidad de realización, a la magnitud de la obra a ejecutar, el riesgo o la seguridad en el proceso, la forma de pago, las relaciones de trabajo, etc. Más aún, las condiciones climáticas, costumbres locales y en general todas las características que definen una forma de vida afectan directa o indirectamente el valor de la mano de obra.

La Industria de la Construcción emplea poco personal altamente calificado, por eso y con el objeto de precisar conceptos se toma de la Ley Federal del Trabajo lo siguiente:

"Salario Mínimo" es la cantidad mínima que debe recibir el trabajador en efectivo por los servicios prestados durante una jornada de trabajo. El salario mínimo deberá ser suficiente para satisfacer las necesidades normales de una familia, tanto en el orden material, social, cultural y educativo.

En la Industria de la Construcción, el sistema de pago a la mano de obra se realiza de la siguiente manera:

A.- Lista de Raya, cuya ventaja es la facilidad de control

y el asegurar la percepción del trabajador; sus desventajas radican en la necesidad de sobrevigilancia, la dificultad de evaluación unitaria, provoca tiempos perdidos y hace difícil la evaluación del trabajo personal.

B.- Destajo, las ventajas de este sistema de pago son las de suprimir la sobrevigilancia, facilitar la evaluación unitaria, evita tiempos perdidos, ayuda a seleccionar el personal adecuado para cada actividad y permite que a mayor trabajo exista una mayor percepción y a menor trabajo se tenga una menor percepción; sus desventajas son el representar mayor dificultad para su control y en algunos casos ser un pago injusto.

Para la obtención de salarios reales en forma racional y ordenada de cada trabajador, se toman los salarios base que están autorizados por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, así como los impuestos y las prestaciones que señala la Ley Federal del Trabajo.

El costo indirecto es la suma de todos los gastos técnicos y administrativos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Como se indicó anteriormente, el costo indirecto se divide en Administración Central y Administración de Obra. El costo de la Administración Central está integrado por todos los gastos originados en la oficina central de una constructora. Como se apreciará rápidamente, estos gastos dependen de la organización de cada empresa y se pueden dividir en:

- A.- Honorarios y Sueldos
- B.- Depreciaciones, mantenimiento y renta de locales
- C.- Gastos generales de oficina
- D.- Seguros, suscripciones y afiliaciones
- E.- Promociones y concursos

La Administración de Obra está conformada por todos los gastos técnicos y administrativos que son 100% generados en la obra y se pueden dividir de manera general en:

- A.- Honorarios y sueldos
- B.- Fletes y acarreos
- C.- Gastos generales de oficina
- D.- Obras provisionales
- E.- Fianzas y seguros
- F.- Financiamiento
- G.- Impuestos
- H.- Imprevistos

Una vez que se ha obtenido el total de los costos de la Administración Central y de la Administración de Obra, estos se dividen entre el costo directo total de la obra, dando por resultado el Factor de Indirectos de la Administración Central y el Factor de Indirectos de la Administración de Obra; la suma de estos dos factores nos da el Factor de Indirectos Total, factor que multiplicado por el costo directo de la obra o por cada uno de los costos

**ANALISIS PARA LA DETERMINACION DEL CARGO INDIRECTO**

CONCURSO No \_\_\_\_\_

POSTOR \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_

	ADMINISTRACION CENTRAL	ADMINISTRACION DE CAMPO
<b>1. HONORARIOS, SUELDOS Y PRESTACIONES</b>		
1.1 PERSONAL DIRECTIVO.	_____	_____
1.2 PERSONAL TECNICO.	_____	_____
1.3 PERSONAL ADMINISTRATIVO	_____	_____
1.4 PERSONAL EN TRANSITO.	_____	_____
1.5 CUOTA PATRONAL DEL SEGURO SOCIAL E IMPUESTO ADICIONAL PARA RENUMERACIONES PAGADAS 1.1 A 1.4	_____	_____
1.6 PASAJE Y VIATICOS.	_____	_____
1.7 CONSULTORES Y ASESORES.	_____	_____
1.8 ESTUDIOS E INVESTIGACIONES.	_____	_____
<b>2- DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y RENTAS.</b>		
2.1 EDIFICIOS LOCALES.	_____	_____
2.2 CAMPAMENTOS.	_____	_____
2.3 TALLERES.	_____	_____
2.4 BODEGAS.	_____	_____
2.5 INSTALACIONES GENERALES.	_____	_____
2.6 MUEBLES Y ENSERES.	_____	_____
<b>3- SERVICIOS.</b>		
3.1 DEPRECIACION O RENTA Y OPERACION DE VEHICULOS.	_____	_____
3.2 LABORATORIO DE CAMPO.	_____	_____

	ADMINISTRACION CENTRAL	ADMINISTRACION DE CAMPO
4 - FLETES Y ACARREOS		
4.1 DE CAMPAMENTOS	_____	_____
4.2 DE EQUIPO DE CONSTRUCCION.	_____	_____
4.3 DE PLANTAS Y ELEMENTOS PARA INSTALACIONES.	_____	_____
4.4 DE MOBILIARIO.	_____	_____
5 - GASTOS DE OFICINA.		
5.1 PAPELARIA Y UTILES DE ESCRITORIO	_____	_____
5.2 CORREOS, TELEFONOS, RADIO.	_____	_____
5.3 SITUACION DE FONDOS.	_____	_____
5.4 COPIAS Y DUPLICADOS.	_____	_____
5.5 LUZ, GAS Y OTROS CONSUMOS.	_____	_____
5.6 GASTOS DE CONSUMO.	_____	_____
6 - FIANZAS Y FINANCIAMIENTO.		
6.1 PRIMAS POR FIANZA.	_____	_____
6.2 INTERESES POR FINANCIAMIENTO.	_____	_____
7 - TRABAJOS PREVIOS Y AUXILIARES.		
7.1 CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE CAMINOS DE ACCESO.	_____	_____
7.2 MONTAJES Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO, CUANDO ASI PROCEDA.	_____	_____
	<b>SUMAS:</b>	_____
ADMINISTRACION CENTRAL:	_____	
ADMINISTRACION DE CAMPO:	_____	
TOTAL DE COSTO INDIRECTO:	_____	
COSTO DIRECTO DE OBRA		



directos de los conceptos a ejecutar y éstos a su vez multiplicados por un factor de utilidad que depende de cada empresa, nos proporciona el precio de venta de la obra.

Para ejemplificar lo descrito anteriormente, se anexa el análisis de un precio unitario a costo directo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO      TESIS : PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE  
 E.N.E.P. ACATLAN      TRANSMISION I UN CASO ESPECIFICO  
 INGENIERIA CIVIL      ALUMNA : MARTHA ANGELICA ELIZONDO SARANO

ESPECIFICACIONES I BRECHA ( ARIDA Y SEMIARIDA )  
 NUMERO I CUADRILLA No 1

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
------------	----------	--------	------	---------

SUMA				
MANO DE OBRA	RENDEIMIENTO	UNIDAD	SALARIO	TOTAL
CABO OBRA CIVIL	1.0000	JOR	33,720.84	33,720.84
AYUDANTE DE OPERADOR	1.0000	JOR	17,823.76	17,823.76
PEON	0.3333	JOR	11,615.78	34,850.63
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
	1.0000			
			SUMA	86,395.43

HERRAMIENTA Y EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	C.H.	TOTAL
----------------------	----------	--------	------	-------

HERRAMIENTA Y EQUIPO				
SUMA				
SUMA				
COSTO DIRECTO			TOTAL C.D.	86,395.43
INDIRECTOS Y UTILIDAD			37.50	32,398.28
PRECIO UNITARIO	JOR		TOTAL P.U.	118,793.71

- CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA..

Para determinar los conceptos que intervienen en una obra es necesario estudiar primeramente los planos con que se cuenta, para de esta forma darnos cuenta del tipo de obra que se realizará y poder así hacer una apreciación preliminar de las actividades a desarrollar, tomando en cuenta las siguientes características:

- .- Ubicación de la obra
- .- Superficie construida
- .- Tipo de suelo
- .- Tipo de cimentación
- .- Tipo de estructura
- .- Tipo de cobados
- .- Tipo de instalaciones
- .- Proceso constructivo a seguir, etc.

Posteriormente se determina el orden cronológico que siguen las actividades de construcción listadas por nosotros en el proceso constructivo y se puede empezar a elaborar una lista de partidas de obra en las cuales agruparemos conceptos con características y circunstancias similares. Se recomienda finalmente revisar los conceptos seleccionados, verificando que se incluyan todas las actividades requeridas para llevar a cabo la obra.

Una vez determinadas las actividades o conceptos de obra, se procede a su cuantificación, proceso que generalmente es sencillo pero laborioso, que se obtiene con las medidas indicadas en los pla

nos correspondientes, unicamente hay que tomar en cuenta la pluralidad de cada concepto para no incurrir en algún error.

Las unidades elegidas al hacer la cuantificación, no deben terminarse de acuerdo a las dimensiones más representativas de cada concepto, esta cuantificación debe revestirse cuidadosamente ya que de esto depende el pronóstico final que obtengamos y cualquier error nos alejaría de la realidad que estamos tratando de cuantificar.

Una vez terminada la cuantificación, no puede substituir la integración del pronóstico de la obra, para lo cual se sigue un formato para que, en principio, se presenten correctamente todos los nuestros datos. En estas formas se muestran los datos cuantificados de la obra, así como las firmas de autorización y revisión, ambas del cliente como del constructor. Siempre se detallan las especificaciones de los conceptos correspondientes dentro del presupuesto, la unidad en que fueron cuantificados, la cantidad total que se va a ejecutar y el correspondiente precio unitario que se aplicará a los conceptos de obra.

Realizada la revisión, se elabora el presupuesto definitivo para la obra.

Para especificar la obra, se elabora el programa de especificaciones a la línea de presupuesto que sea necesario.

nos correspondientes, unicamente hay que tomar en cuenta la particularidad de cada concepto para no incurrir en algún error.

Las unidades elegidas al hacer la cuantificación, se determinarán de acuerdo a las dimensiones más representativas de cada concepto, esta cuantificación debe revisarse cuidadosamente ya que de esto depende el presupuesto final que obtengamos y cualquier error nos alejaría de la realidad que estamos tratando de encontrar.

Una vez terminada la cuantificación, se puede iniciar la integración del presupuesto de la obra, para lo cual se elige un formato para que, en principio, se presenten correctamente ordenados nuestros datos. En estas formas se anotarán los datos generales de la obra, así como las firmas de autorización y revisión, tanto del cliente como del constructor. Después se detallan las especificaciones de los conceptos correspondientes dentro del presupuesto, la unidad en que fueron cuantificadas, la cantidad total que se va a ejecutar y el correspondiente precio unitario que se aplicará a los conceptos de obra.

Realizado lo anterior, tendremos terminado nuestro presupuesto de obra.

Para ejemplificar lo anterior, utilizaremos el presupuesto correspondiente a la línea de transmisión que nos ocupa.

C A T A L O G O   D E   C O N C E P T O S

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
E.N.E.P. ACATLAN  
INGENIERIA CIVIL

TESIS : PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE  
TRANSMISION : UN CASO ESPECIFICO  
ALUMNA : MARTHA ANGELICA ELIZABETH SANCHEZ

NUM	DESCRIPCION	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE
1	APERTURA DE BRECHA FORESTAL EN CUALQUIER TIPO DE VEGETACION	KM-LN	849,561.94	123.00	104,496,119.08
2	CAMINOS DE ACCESO DENTRO Y FUERA DE LA BRECHA FORESTAL	KM-LN	1,069,170.78	123.00	131,508,005.48
3	LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS Y VERIFICACION DEL PERFIL	TORRE	54,073.60	280.00	15,140,608.63
4	EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL	M3	89,912.15	9,200.00	827,191,801.70
5	PLANTILLA DE CONCRETO	M2	47,390.24	3,450.00	163,496,325.02
6	ARMADO, NIVELADO Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO	TON	645,045.74	2,400.00	1,548,109,775.37
7	SUMINISTRO, HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN CIM.	TON	2,153,962.62	37.00	79,696,616.98
8	CONCRETO EN CIMENTACIONES	M3	460,725.01	185.00	85,234,126.82
9	COLOCACION Y COLOCACION DEL SISTEMA DE TIERRAS	TORRE	151,550.78	280.00	42,434,219.31
10	RELLENO Y APIZOMADO EN CIMENTACIONES	M3	51,661.25	8,665.00	447,644,702.57
11	VESTIDO DE TORRES	TORRE	331,595.16	280.00	92,846,645.08
12	TENDIDO Y TENSADO DE CABLE DE GUNDOA	HIL0-KM	366,658.48	246.00	90,197,985.63
13	TENDIDO Y TENSADO DE CABLE CONDUCTOR	HIL0-KM	749,950.33	739.00	553,463,341.14

IMPORTE : 94,181,460,272.80

## SUPERVISION

En toda obra hay que considerar algunos lineamientos generales de trabajo para su realización, que definan y coordinen los medios disponibles, teniendo en cuenta las normas de trabajo tradicionales, como son la rapidez, economía y calidad de la obra.

Para formular un plan de trabajo, hay que tener definidas las disposiciones generales y los procedimientos constructivos ordenados, valorando todos los conceptos que se tienen que ejecutar en una obra.

Una vez elaborado y aprobado el plan de trabajo, es necesario que se respete y conserve hasta la terminación de la obra y es entonces cuando la Supervisión pasa a formar parte importante en la correcta ejecución de la obra para lograr los fines perseguidos en ella.

La Supervisión se define como la observación y verificación de que los procedimientos constructivos empleados cumplan con un proyecto geométrico establecido de antemano, con los materiales y métodos adecuados dentro del tiempo y costo mínimo pactado, este concepto podría ser aplicado en forma parcial o total, ya sea controlando la calidad de los materiales empleados en una obra o verificando solamente los volúmenes de obra ejecutada.

Para llevar a cabo la Supervisión se emplean algunos tipos de control como pueden ser: Control de Calidad, Cuantificación de Volúmenes y el Avance de Obra contra lo Programado.

- CONTROL DE CALIDAD.

Este tipo de control sirve para verificar la calidad de los materiales y el proceso constructivo empleado en la obra. Esta etapa es una de las más rígidas dentro de la Supervisión, pues hay que tener especial cuidado con las tolerancias especificadas en el proyecto, además de evitar que se empleen materiales de menor calidad que, en un momento dado, no cumplan con las especificaciones del proyecto.

El procedimiento constructivo recomendado y los materiales especificados, no pueden ser alterados, salvo que esto sea autorizado por el proyectista, ya que estos cambios pueden ocasionar que se origine una pequeña falla en la estructura o hasta el colapso total de la misma.

Una vez que los trabajos realizados han cumplido con las especificaciones recomendadas, los volúmenes de obra pueden ser autorizados, considerando sólo volúmenes de obra terminados, en caso de que estos volúmenes de obra no cumplieran con lo especificado, debe hacérselo saber al contratista para que de inmediato se proceda a su corrección y se apegue a lo indicado en el proyecto.

- CUANTIFICACION DE VOLUMENES.

Después que los volúmenes de obra han sido autorizados por la Supervisión, es necesario cuantificarlos para conocer el volumen de obra ejecutado en un cierto período y así conocer el volumen de obra





UBICACION \_\_\_\_\_  
 OPERO \_\_\_\_\_  
 OBRA \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

**COMPACTACION EN CAMPO**

**DETERMINACIONES DEL PESO VOLUMETRICO HUMEDO**

UBICACION DE LA PRUEBA							
PESO MATERIAL EXCAVADO (Kg.)							
PESO INICIAL ARENA OTTAWA (Kg.)							
PESO FINAL ARENA OTTAWA (Kg.)							
PESO ARENA OTTAWA DEPOSITADA (Kg.)							
PESO VOLUMETRICO ARENA OTTAWA (Kg/m <sup>3</sup> )							
VOLUMEN EXCAVADO (C.C.)							
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (Kg/m <sup>3</sup> )							

**DETERMINACIONES DE LA HUMEDAD DEL LUGAR**

RECIPIENTE Nº							
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (gr.)							
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)							
PESO DE AGUA (gr.)							
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)							
PESO DE SOLIDOS (gr.)							
HUMEDAD (%)							

**RESULTADOS FINALES**

PESO VOLUMETRICO SECO (Kg/m <sup>3</sup> )							
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (Kg/m <sup>3</sup> )							
% DE COMPACTACION							

OBSERVACIONES :

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

que falta por realizar.

Se recomienda que la cuantificación de volúmenes se lleve a cabo diariamente, para de esta manera poder hacer un reporte de la obra ejecutada en un cierto período de tiempo que servirá para conocer el importe de obra ejecutada que deba cubrirse al contratista. En base a lo anterior, podemos ver que la cuantificación de volúmenes nos sirve como un control de pago de la obra correctamente ejecutada por el contratista.

#### - AVANCE DE OBRA Vs. PROGRAMA.

Teniendo el programa inicial de obra ejecutada, es posible compararlo con el volumen de obra realmente ejecutado y determinar inmediatamente el adelanto o atraso que exista en la obra en un momento determinado.

Este avance es posible llevarlo a cabo por medio de gráficas y esquemas en los cuales se señalan las actividades que integran la obra y el avance que ha tenido cada una de ellas desde el inicio de la misma.

Entre los métodos más empleados encontramos:

Diagrama de barras.- Es un diagrama que muestra los avances de la obra por medio de barras, en las cuales se indica el tiempo que tarda en llevarse a cabo una actividad y la secuencia que tiene dicha actividad en relación al programa inicial supuesto de trabajo.









**Porcentaje de terminación.**- Indica los volúmenes de obra ejecutados en relación con el porcentaje total de la obra, con lo cual conocemos el porcentaje de obra terminada y el porcentaje de la obra por terminar.

**Grafocolor.**- Consiste en indicar en planos con diversos colores los avances de obra que se vayan teniendo, para determinar visualmente la obra terminada y la obra faltante.





## C A P I T U L O      I V

PROCESO CONSTRUCTIVO.

METODO DE CONSTRUCCION PARA EL TRAZO Y LOCALIZACION DE LA LINEA.

APERTURA DE LA BRECHA.

CAMINOS DE ACCESO.

LOCALIZACION DE TORRES Y VERIFICACION DEL PERFIL.

EXCAVACION A CIELO ABIERTO.

PLANTILLA DE CONCRETO.

ACERO DE REFUERZO PARA CONCRETO.

CONCRETO EN CIMENTACIONES.

ARMADO, NIVELADO Y MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

NIVELADO DEL CUERPO INFERIOR.

ARMADO DE LOS CUERPOS SUPERIORES.

COLOCACION Y CONEXION DEL SISTEMA DE TIERRA.

RELLENO Y APISONADO EN CIMENTACIONES.

VESTIDO DE TORRES.

TENDIDO Y TENSDADO DEL CABLE DE GUARDA.

TENDIDO Y TENSDADO DEL CABLE CONDUCTOR.

PRUEBAS.

## PROCESO CONSTRUCTIVO.

### METODO DE CONSTRUCCION PARA EL TRAZO Y LOCALIZACION DE LA LINEA.

En la construcción de una línea de transmisión el constructor deberá conocer el sitio de la obra, antes de calcular el precio unitario de los conceptos en que se divide la obra, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) La topografía del terreno.
- b) Condiciones climatológicas de la región.
- c) Sondeos hechos para determinar el tipo de material para las excavaciones.
- d) Los niveles freáticos.
- e) Mano de obra de la región y costo de los materiales y equipo que se empleará durante la construcción de la línea de transmisión.

Al contratista o constructor, se le entregan los planos para la localización y el perfil topográfico de la línea de transmisión, en los cuales se basaron para hacer el proyecto. La contratante hará los arreglos necesarios con los propietarios de los terrenos por donde pasará la línea, así como los permisos para cruzamientos con las vías de comunicación existentes.

El constructor por su parte habilitará bodegas, campamentos, oficinas, etc. y será el único responsable ante las autoridades.

des y terceros del cumplimiento de las disposiciones Federales, Estatales, Municipales y de los daños que su personal cause a terceros.

El constructor proporcionará todos los equipos y materiales de construcción y de consumo que sean necesarios para la ejecución de la obra, incluyendo su transporte a la obra, almacenaje y movimientos locales hasta los sitios de utilización.

Como primera función, previa a la construcción de los trabajos, se hace la relocalización de la línea de transmisión y fijar las mojoneras de cada torre. Esta relocalización se hace a base de estafía, aprovechando los planos que indican el trazo y siguiendo el procedimiento siguiente: se coloca el tránsito, previamente corregido en un punto definido de la línea, como podría ser la mojonera número uno, en una de las subestaciones, y se visa otro punto de la primera tangente para tener el primer alineamiento, que se va prolongando a base de una serie de banderas o balizas a lo largo del mismo hasta llegar a la primera deflexión. En esta deflexión, y de acuerdo con los planos, se mide el ángulo de la deflexión para localizar así la siguiente tangente cuya localización se va comprobando con la hecha anteriormente por la contratante, en este caso la Comisión Federal de Electricidad.

Conocido el alineamiento general de la línea de transmisión se procede a hacer la bracha.

#### APERTURA DE LA BRECHA.

La apertura de la brecha consiste, principalmente, en el desmonte de una faja de terreno en el cual quedará alojada la línea de transmisión, tiene como objetivos esenciales:

- a) Proteger las estructuras y conductores contra la caída de árboles o ramas que pueden ocasionar daños o fallas en la línea de transmisión.
- b) Permitir las maniobras de construcción durante el desarrollo de los trabajos.
- c) Servir para la habilitación de caminos a lo largo de la línea para el transporte de personal, materiales y equipo, así como para el tendido de los cables conductores y de guarda.
- d) Proteger a los bosques, terrenos y cultivos adyacentes a la línea, contra posibles incendios ocasionados por la caída de conductores.

El ancho de la brecha será variable de acuerdo con el voltaje de la línea de transmisión, con la altura de los árboles y la pendiente transversal del terreno; los anchos mínimos para brechas deberán ser los siguientes:

Línea de transmisión de 115 Kv.	20 m.
Línea de transmisión de 230 Kv.	25 m.
Línea de transmisión de 400 Kv.	40 m.

Y el ancho de la brecha a cada lado del eje de la línea -

de transmisión no deberá exceder en más o menos 0.50 m. del ancho técnico fijado.

La unidad de medida será el Kilómetro - línea, tomando como promedio las zonas forestales por donde será necesario abrir la brecha de acuerdo al proyecto.

Los cargos incluidos en el Precio Unitario serán:

- a) Trazo de la brecha.
- b) Desmonte con tractor o mano.
- c) Remoción, quema o entrega de los productos del desmonte.
- d) Reparación o daños ocasionados a terceros imputables al constructor.
- e) Corte de los árboles altos fuera de la brecha incluyendo maniobra de remoción.
- f) Conservación de la brecha.
- h) Construcción de caminos de penetración dentro de la brecha.

El procedimiento que se sigue para su realización es organizar una cuadrilla de trabajadores, que corten y arrastren el producto de árboles y arbustos; utilizando como herramientas el tractor, el machete, el hacha y en ocasiones sierras accionadas con un pequeño motor de gasolina.



ARBITRARIO DE LA ERCHA.

FOTO IV . 1

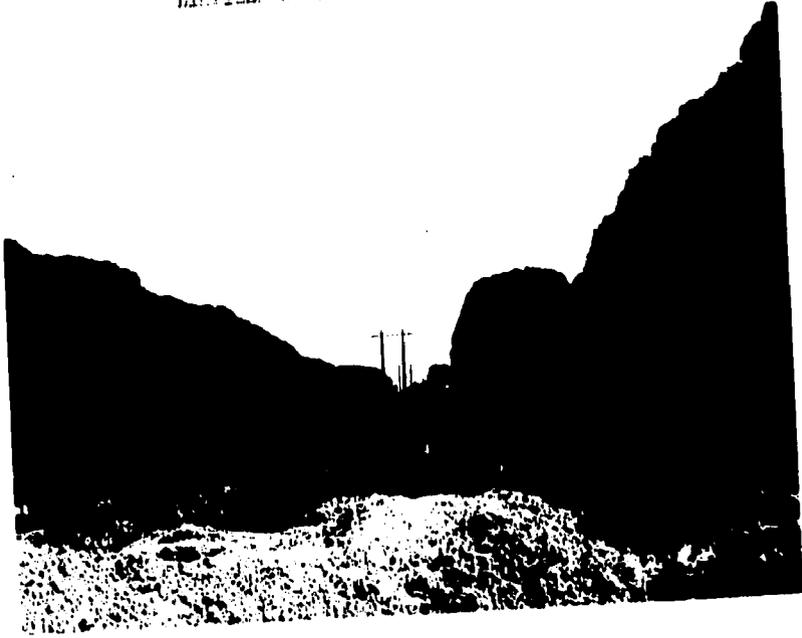
TALA DE ARBOLES Y ARBUSTOS.

FOTO IV . 2



LIMPIEZA DE LA BRECHA.

FOTO IV . 3



BRECHA PARA LINEA DE TRANSMISION.

FOTO IV . 4



#### CAMINOS DE ACCESO.

Los caminos de acceso a los sitios de ejecución de la obra, deberán construirse en la forma más económica, con terracerías a "Pelo de tierra" o con espesores mínimos de corte o terraplenes - garantizando la seguridad del personal.

El constructor durante la visita de obra, deberá observar la cantidad de caminos que deberá construir dentro y fuera de la - trayectoria de la línea de transmisión.

La unidad de medida será el Kilómetro - línea siendo el - ancho mínimo de 3.00 m..

El costo de los caminos será incluido en el Precio Unitario del concepto, debiéndose considerar para la determinación de es te precio, el promedio de los caminos de acceso que sean necesarios ejecutar, en base a la configuración del terreno por donde atraviesa la línea.

Los permisos necesarios para la construcción de caminos - nuevos o para el tránsito por caminos existentes, se obtienen por - el constructor y será responsable de los daños que en su caso sean causados por el uso de esos caminos.

La construcción de las obras, como puentes, alcantarillas, muros de sostén, cunetas, revestimientos, contracunetas, sólo se - construirán a juicio y mediante orden expresa.

El contratista deberá mantener en buen estado los caminos

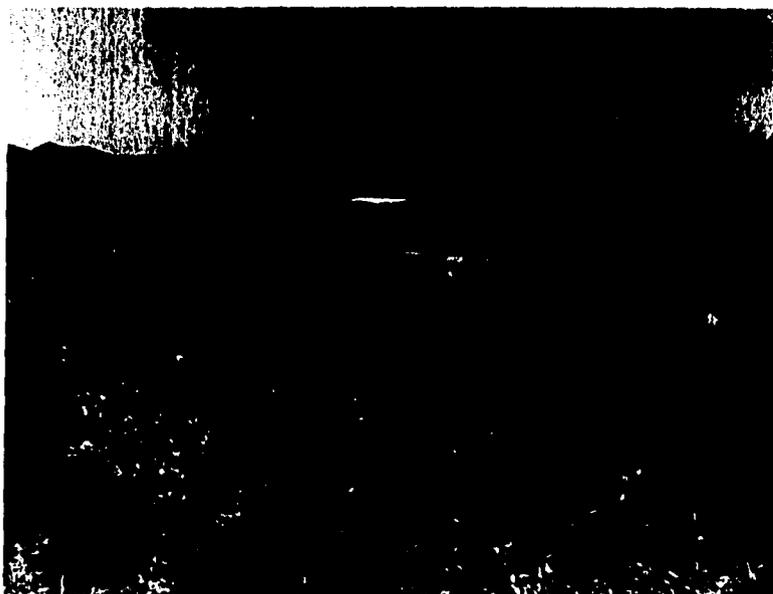
de acceso.

Los cargos incluidos en los precios unitarios por unidad de obra terminada, incluyendo cargos y operaciones seran:

- a) Localización y trazo.
- b) Desmonte.
- c) Construcción de caminos de acceso dentro y fuera de la trayectoria de la línea, incluyendo puentes, cunetas, etc. si se requieren.
- d) Mantenimiento y conservación de los caminos.
- e) Apertura de cercas en los terrenos por los que se atraviene y construcción de los mismos.
- f) Reparación de daños causados durante la construcción.

CONSTRUCCION DEL CAMINO DE ACCESO.

FORMA IV . 5



LOCALIZACIÓN DE TORRES Y VERIFICACIÓN DEL PERFIL.

La localización de estructuras se basa en verificar en el campo los planos del perfil topográfico que se entregaron al constructor, donde aparecen indicadas las mojoneras y estacas necesarias para la localización de las estructuras.

Una vez que se conoce el alineamiento y se tiene la brecha se procede a comprobar el perfil que se levantó y donde se colocó una mojonera en el centro de cada estructura, indicando su número y tipo.

El perfil se levanta usando el método de Estadía, pues la precisión que se necesita no es muy rigurosa y en forma general es como sigue:

Se coloca el tránsito sobre un punto de la tangente, de la cual se quiere levantar el perfil; se alinean aprovechando las banderas y balizas y se determinan, con estadal, distancias y desniveles de puntos espaciados unos 30 m. como promedio. El registro de campo que se lleva es el siguiente:

Tangente	Lectura estadimétrica			Círculo	Círculo	Hombro	Diat.	Desnivel
	H. sup.	H. media	H. inf.	Vert.	Horr.	Observ.	Horr.	

TABLA IV . 1

Con los datos de campo, se dibuja el nuevo perfil en el gabinete, que deberá coincidir con el levantado anteriormente. En caso de discrepancia, el contratista deberá someter el caso a la contratante quien indicará lo procedente. En caso necesario se hará un nuevo proyecto de localización de las torres en el dibujo y de relocalización en el campo, por tangentes completas no indicándose los trabajos de excavación de las capas hasta concluir la localización de la tangente en cuestión.

En torres con pendiente transversal fuerte, es necesario levantar perfiles paralelos al del eje de la línea con 10 ó 15 m. de separación, para comprobar que los conductores no se acerquen al terreno más de lo debido.

Para la relocalización de las nojoneas, conociendo la distancia a la que deben de estar una de otra, según el proyecto, se va comprobando si efectivamente así están colocadas en el campo. Esto se hace simultáneamente al levantamiento del perfil. La varilla o marca central que se coloca en esta nojonea, define dónde debe quedar el centro de la torre.

Para torres en tangente, se admitirá en el eje longitudinal una tolerancia de 3.00 m. más o menos y de 10 mm., en la excentricidad, manteniendo siempre la trayectoria original del eje. Cualquier variación deberá reportarse.

En torres con deflexión no se admitirá tolerancia, cualquier variación también deberá reportarse a la contratante quien in

dicará lo procedente a seguir.

Se medirá tomando como unidad de medida la torre localiza  
da. Y los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) Localización y verificación del perfil.
- b) Desmante y brecha topográfica.
- c) Corrección de mojoneras y mantenimiento de las mismas,  
durante la construcción.

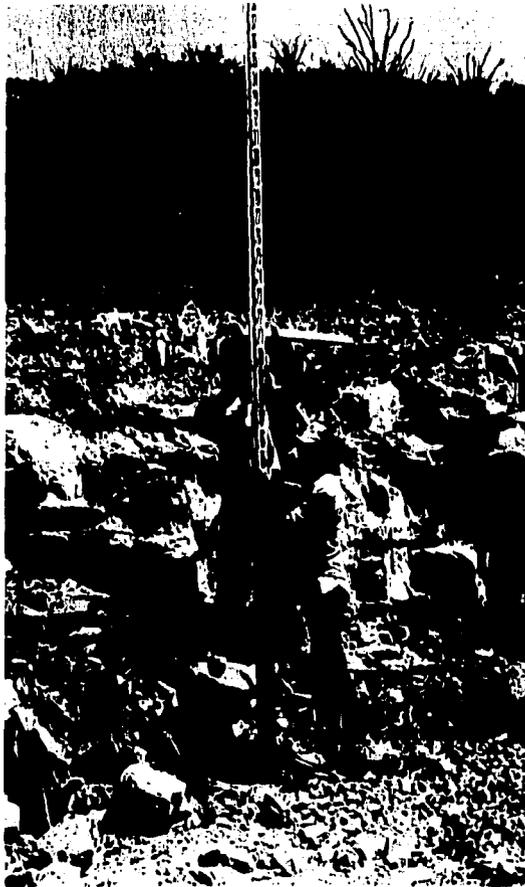


FIG. IV. 6

LOCALIZACION  
DE TORRES.

#### EXCAVACION A CICLO ABIERTO.

Las excavaciones a ciclo abierto son las que se efectúan para formar la sección de desplante de cimentación de las estructuras, en cualquier clase de material y se ubican de acuerdo con las dimensiones del proyecto.

Ya relocalizadas las mojoneras, se procede a colocar las estacas que indican dónde deben hacerse las excavaciones de cada una de las patas de las torres; se hace generalmente de sección cuadrada aunque el cimiento de la torre o "parrilla" tiene un lado ligeramente más largo que otro. Para fijar dichas estacas, se calculan unas tablas que dan la distancia horizontal que debe haber de la varilla de la mojonera a los vértices más cercano y más lejano del cuadrado de la excavación hecha para la pata. Estas distancias dependen del tipo de torre y de las extensiones que tenga la pata y se calculan usando las dimensiones de las torres que aparecen en los planos que proporcionan los fabricantes.

Para la localización se coloca el tránsito en el centro de la mojonera de la torre, en coincidencia con los  $0^{\circ}$ , se alinea según la tangente y a partir del cable de la plomada y con el alineamiento a  $45^{\circ}$ , se miden las distancias que están indicadas en el plano, colocándose las correspondientes estacas con lo que quedan localizadas dos de las esquinas del cuadrado de la excavación; para localizar las otras dos esquinas se usa un cordel con dos nudos a una

distancia igual a dos veces el lado del cuadrado y con un nudo central. Los extremos se hacen coincidir con las estacas, se tiende el cordel y el nudo central define los otros vértices del cuadrado donde se colocan otras estacas.

Conocidos los puntos se señalan los cuatro vértices del cuadrado del plano superior de excavación, el siguiente paso es la ejecución de los mismos.

Dependiendo del material de que se trate varía el procedimiento: cuando se trata de material suave como la tierra, se usa pala de mano, colocando dos o tres trabajadores en cada pata equipados cada uno de ellos, con una pala que emplean para extraer el material.

Para material en el que todavía no es necesario el uso de explosivos, pero que es más duro que la tierra, como tepalcates, el procedimiento es colocando dos o tres trabajadores en cada pata, equipados con pico y pala empleando éstos para aflojar y extraer el material.

Para material más duro, como la roca, hay necesidad del uso de explosivos en la forma siguiente: con el empleo de una compradora se hacen los barrenos, se introducen los cartuchos de dinamita se hace la explosión y en seguida se extrae el material con trabajadores. Naturalmente hay ocasiones que es más económico o más efectivo usar en vez de dinamita, pólvora o nitrato de amonio.

Por el pequeño volumen de excavación en cada pata y por -

lo espaciado que se encuentran, no es económico en México, usar a -  
quipo mecánico de excavación.

Para el trazo de las copas, deberá coincidir que el eje  
transversal de la estructura sea normal al eje de la línea en tan -  
gente y en el caso de deflexiones el eje transversal de la estructu  
ra debe coincidir con la bisectriz del ángulo de deflexión.

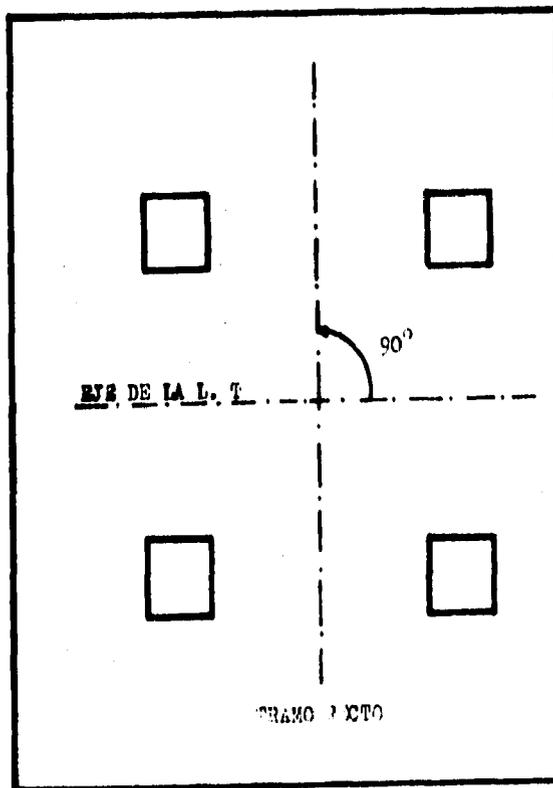


FIG. III. 1

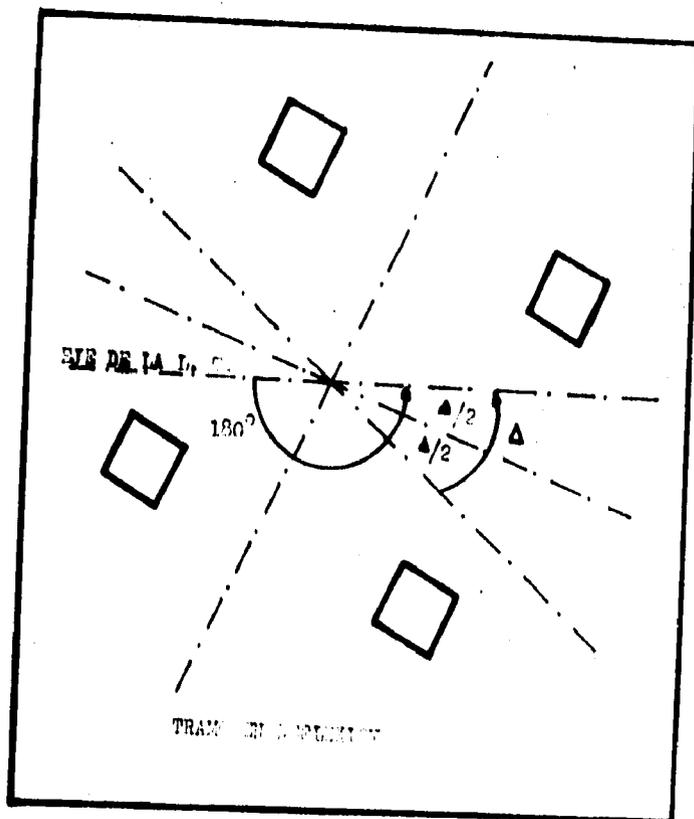


FIG. IV. 2

En los tramos en tangente se instalan torres con retenida y para el trazo de las cepas, deberá coincidirse que el eje de la línea de transmisión, sea normal al eje de las dos patas y que las cimentaciones de las retenidas, estén en el eje de la línea. En el caso de deflexiones en tramos mayores de 400 m., se instalan torres autoportadas y para el trazo de sus cepas, el eje transversal de la estructura deberá coincidir con la bisectriz del ángulo en caso de existir deflexión.

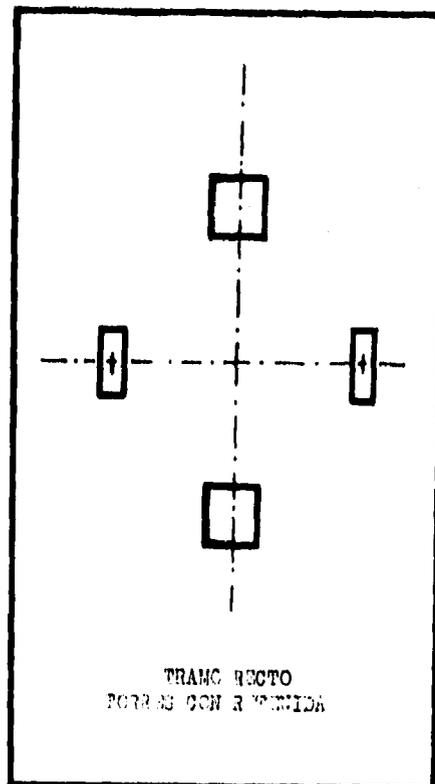


FIG. IV . 3

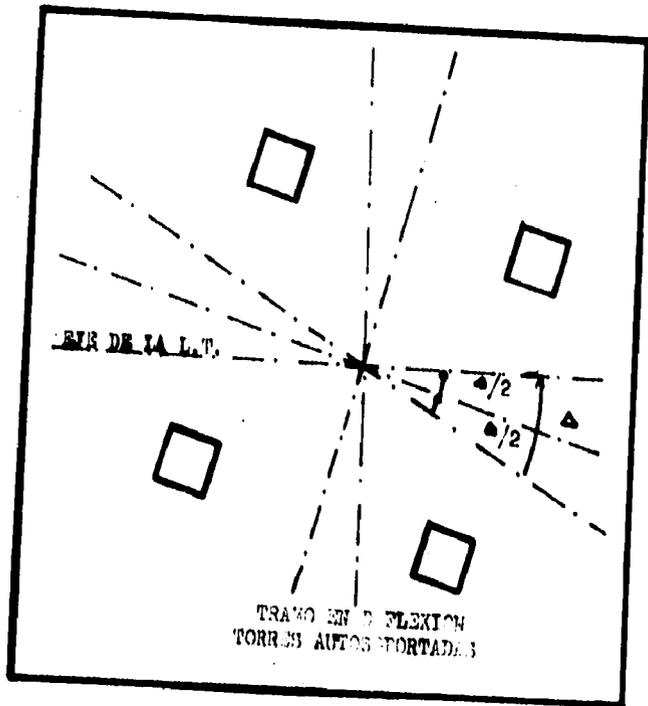


FIG. IV . 4

La contratante verificará al contratista los trazos, líneas, niveles y estacas que sean necesarios para ejecutar los trabajos a realizar. Si el contratista pierde, destruye o cambia el lugar de las mojoneras, referencias o bancos de nivel, su reubicación y reposición será a cargo del contratista. Las dimensiones en proyección horizontal de estas excavaciones serán iguales a la proyección horizontal de los cimientos, y por lo tanto, las paredes de los cortes serán verticales.

Cuando las características de terreno a nivel de desplante fijado, sean diferentes a las previstas en el proyecto, ésta podrá incrementarse lo necesario. Cuando las características del subsuelo a nivel de desplante justifiquen un cambio en el diseño de los cimientos, se suspenderá la excavación hasta tener el nuevo proyecto.

El fondo de las paredes de las excavaciones deberá quedar formando una superficie limpia de material suelto y/o inestable.

Durante el proceso de excavación, el material producto de la misma no podrá depositar alrededor, dejando cuando menos 1.00 m. libre entre los límites de la excavación y el pie del talud del borde formado, con el fin de evitar derrumbes del material.

Cuando la inestabilidad del terreno así lo requiera, el constructor tendrá que hacer taludes a las paredes de excavación sin considerar el sobrevolumen para efecto de pago.

En ningún caso la profundidad de las excavaciones deberá

ser honor que la indicada en los planos de proyecto. Si el proyecto de la estructura no permite alcanzar la profundidad mínima requerida, el constructor lo notificará a fin de hacer modificaciones necesarias para que cumplan lo especificado.

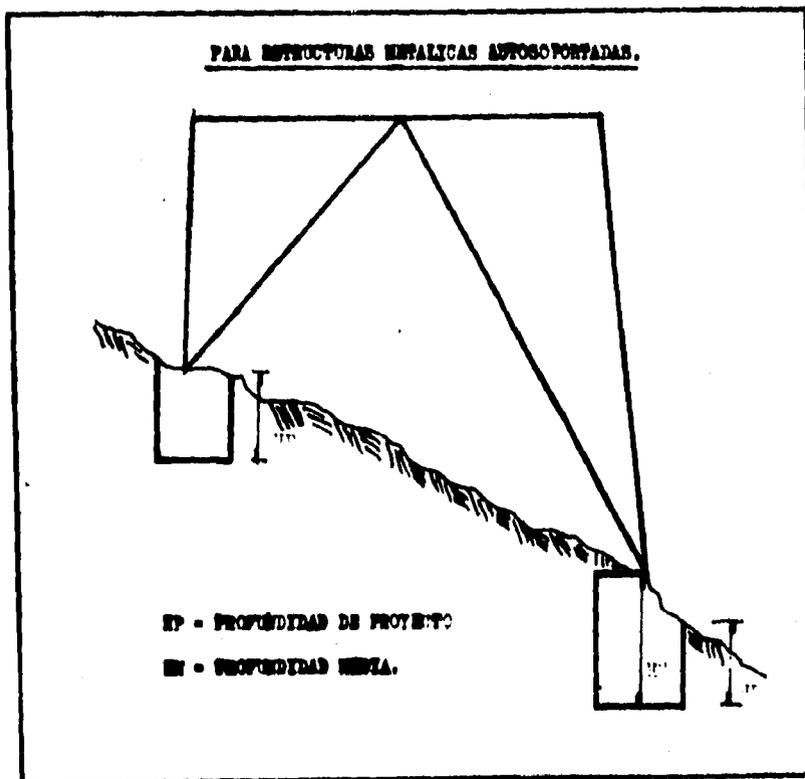
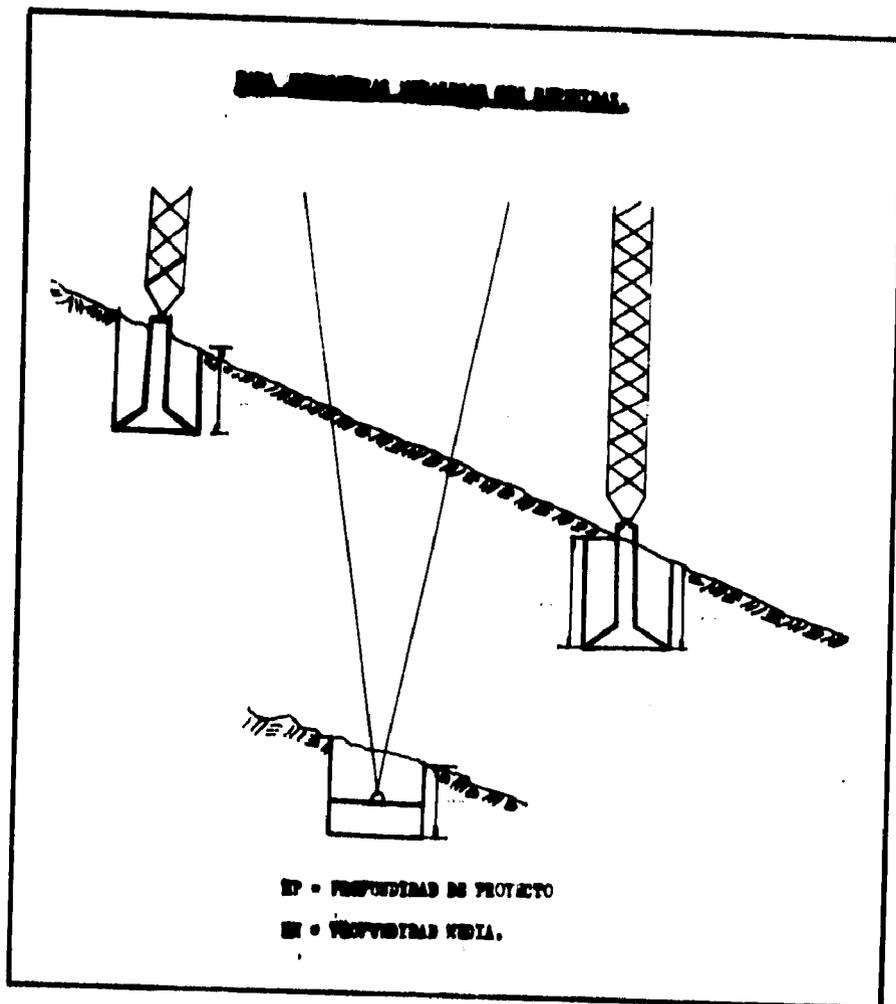


FIG. IV . 5



Se admitirán tolerancias de 10 cm., en dimensiones laterales de los equipos para facilitar los trabajos de nivelación y alineación. La profundidad de las excavaciones no sobrepasará las profundidades teóricas en más de 5 cm. en suelos suaves y medios y en 20 cm. en suelos rocosos.

Se medirá tomando como unidad el m<sup>3</sup>.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán los siguientes:

- a) Trazos de líneas, niveles y estacados en capas.
- b) La excavación en cualquier tipo de material, incluyendo explosivos, materiales, afino, ademes, bombes y so breexcavaciones.
- c) Tramitación y obtención de permisos para adquisición, transporte y uso de explosivos.



EXCAVACION A CIUDA ADRIANO.

FOTO IV . 7



EXCAVACION A CIUDA ADRIANO.

FOTO IV . 8

#### PLANTILLA DE CONCRETO.

Consiste en un firme debidamente compactado, que se colocará en el desplante de los cimientos de acero, previa nivelación del Bottom Panel. Deberá ser de 10 cm. de espesor mínimo y utilizando materiales inertes para su construcción, los cuales deberán estar libres de impurezas o materiales orgánicos. Las proporciones de agua - cemento y materiales inertes serán las requeridas para obtener una resistencia de  $f'c = 100 \text{ Kg./cm.}^2$ , se podrá usar cemento - Portland normal o de resistencia rápida.

La plantilla se colocará en el desplante de todos los cimientos de las estructuras, rellenando las irregularidades en el fondo de la excavación. Su compactación se efectuará con herramientas de mano, buscando la uniformidad en toda su superficie hasta obtener 10 cm. de espesor de manera que constituya un apoyo uniforme en la cimentación para evitar asentamientos posteriores.

Su unidad de medida será el  $\text{m.}^2$  de acuerdo a las dimensiones del proyecto.

Los cargos incluidos en los precios unitarios serán:

- a) Suministro, manejo, maniobras, almacenaje y acarreo - totales hasta el sitio de la obra de todo tipo de materiales, agua, equipo y herramientas.
- b) La preparación para el colado de la plantilla incluyendo, limpieza, nivelado, moldes preliminares (cimbres)

humedecimiento previo y bombeo en su caso.

- c) La fabricación y colocación de concretos o morteros, su vibrado y apisonado.
- d) La remoción de moldes preliminares y material sobrante.



PLANTILLA DE CONCRETO.

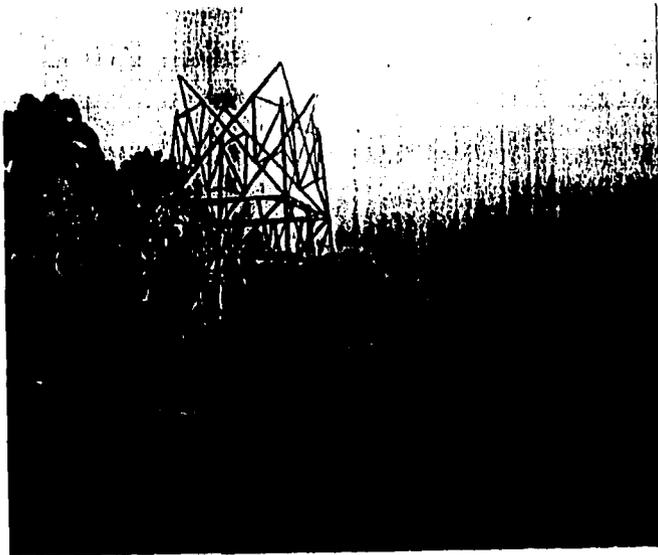
FOTO N.º 3

## ACERO DE REFUERZO PARA CONCRETO.

Son las varillas de acero que van ahogadas dentro del concreto para que tomen o ayuden a tomar cualquier tipo de esfuerzo. Se miden por peso y la unidad utilizada será la tonelada, considerando únicamente la cantidad neta de la varilla que indiquen los planos de proyecto.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán por unidad de obra terminada los siguientes:

- a) Suministro, manejo, acarreo, desperdicios y manobras.
- b) El enderezado, limpieza, corte y doblado del acero.
- c) La colocación, fijación incluyendo el alambre reco-cido y sillotas.



ACERO DE REFUERZO

## CONCRETO EN CIRCUNSTANCIAS.

Es una mezcla de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos en las proporciones adecuadas, que al endurecerse, adquieren la resistencia mecánica y características requeridas para la construcción de los cimientos en las estructuras.

Los materiales se almacenarán en bodegas secas y bien ventiladas clasificándolos con su fecha de entrada, el cemento no debe almacenarse por lapsos mayores de un mes, los agregados se cribarán adecuadamente antes de efectuar su entrega en la obra y se almacenará separadamente por tamaños en superficies impermeables, limpias y duras. Los agregados gruesos se cribarán de conformidad con la tabla 11 de las Normas A. S. T. M. C. 33.

El agua que se utilice en la elaboración del concreto, deberá ser clara y carecer de cualquier impureza orgánica o mineral.

Cuando se use cemento premezclado, los métodos y equipo utilizado para transportarlo, serán tales que no causen segregaciones apreciables del agregado grueso o pérdida de revenimiento que exceda de 2.5 mm. (1") en el concreto, con respecto al especificado y entregado por la mezcladora.

Cuando se usen camiones revolventes, el transporte no debe exceder de 1.5 hr. para cemento normal y 1 hr. para cementos de resistencia rápida.

El control de calidad de la fabricación de concreto será

verificado por un laboratorio capacitado, para lo cual se tendrán las muestras necesarias. La tabla siguiente se aplicará para las pruebas que se hagan a las muestras de concreto.

Los porcentajes permisibles de cilindros de pruebas que individualmente no den la resistencia a la ruptura especificada, serán los indicados en la siguiente tabla, para concretos con agregados de 19 mm., a 38 mm.

C E M E N T O	RESISTENCIA MINIMA A LA RUPTURA A LOS		PORCIENTO PERMISIBLE DE CILINDROS QUE NO DEN LA RESISTENCIA MINIMA ESPECIFICADA.
	7 DIAS	28 DIAS	
RESISTENCIA MINIMA	3 DIAS	7 DIAS	
f'c de concreto KG/CM <sup>2</sup>	KG/CM <sup>2</sup>	KG/CM <sup>2</sup>	
240	170	240	2
210	150	210	2
175	122	175	5
140	100	140	10
120	80	120	10
90	60	90	10

Antes de colocar el concreto en su posición definitiva, se deben preparar adecuadamente los moldes, fierro de refuerzo y piezas especiales, que quedarán ahogadas en el mismo. Los moldes deberán estar limpios y contruidos de material que imparta la textura deseable al concreto ya endurecido.

Las tolerancias serán como se indican a continuación: Variación de dimensiones de cimiento en planta de 13 mm., la variación de desplazamiento o excentricidad en cualquier dirección será de - 40 mm. y la variación del espesor será 5' del especificado.

La excentricidad en la base de columnas, vigas, muros y losas será de 2 mm.

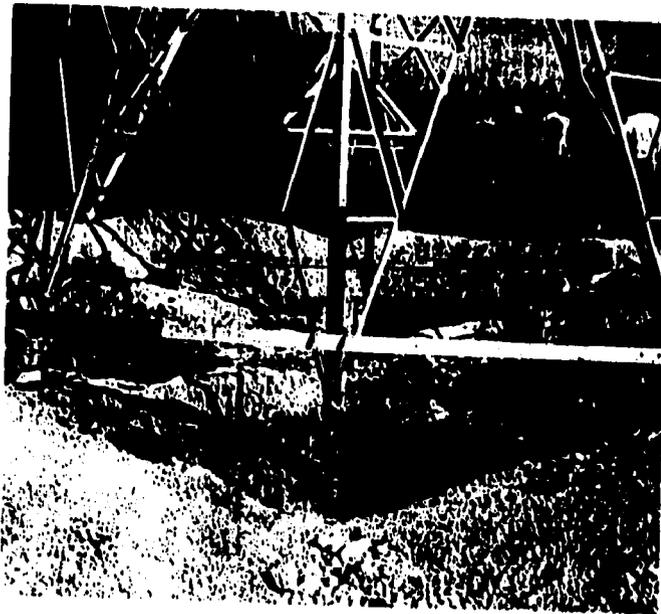
En el caso de cimiento para estructuras metálicas con retención, se admitirá una tolerancia de 5 mm., entre centro de anclas y 10 mm. de desnivel entre columnas.

La medición del concreto simple colado, será por volumen teórico en m<sup>3</sup> de acuerdo con los planos del proyecto; no se medirá el concreto hasta que no esté totalmente terminada, curada, descimbrada y acabada, la cimentación completa de una torre.

Los cargos incluidos en los precios unitarios del concreto serán:

- a) Suministro del cemento, aditivos, agregados y agua, así como el manejo, acarreo y maniobras de estos materiales,
- b) La preparación del colado y presentación de muestras.

- c) Suministro, fabricación y colocación de los moldes.
- d) Los acarreos y vaciados del concreto.
- e) El descimbrado, curado y acabado de superficies expuestas.
- f) Colocación de anclas que quedarán ahogadas en el concreto de cimientos de estructuras y retenidas.
- g) Bombeo y ademe en su caso.



CONCRETO EN CIMENTACION.

## ARMADO, NIVELADO Y MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

Consiste en la instalación completa de las estructuras en sitios determinados de acuerdo a los planos de montaje.

### ARMADO DEL CUERPO INFERIOR.

Una vez terminada la excavación de una torre y colocada la plantilla, se puede entrar al armado de los cuerpos inferiores de las estructuras, comenzando por las " parrillas " o oimientos de la torre, la cual se arma en el suelo de acuerdo con los planos que proporcionó el fabricante. Se fija a ella el material del esquinero del cuerpo inferior y en seguida por medio de una pluma fija o un camión equipado con ella se levanta del suelo y se introduce en la excavación; introducidos en la excavación los cuatro esquineros, se procede al armado del cuerpo de acuerdo con los planos, el acomodo de los ángulos del cuerpo inferior se hace a mano, es decir, los trabajadores son los que levantan y unen las diferentes piezas de que está constituido.

En esta forma queda armado el cuerpo inferior, sin estar centrado con respecto a la mojonera y además descuadrado y desnivelado.

#### NIVELADO DEL CUERPO INFERIOR.

Es indispensable que el cuerpo inferior esté nivelado y cuadrado, para que tenga éxito el armado de los cuerpos superiores, pues de no ser así, podría darse el caso que al llegar a las últimas piezas estas no " cerraran ", y se tuviera que desmontar la torre, nivelarla nuevamente y volverla a armar; con todas las consecuencias que esto implica.

Para nivelar el cuerpo inferior se sigue el siguiente procedimiento: se hacen coincidir los cerros; se centra y se nivela el tránsito en la mojonera, se alinea conforme al alineamiento de la línea o a la bisectriz del ángulo en caso de torres de deflexión, se comprueba el alineamiento dando vuelta a la campana y se gira  $45^\circ$  debiéndose ver una de las esquinas del cuerpo inferior que previamente se ha levantado ligeramente, suspendiéndolo de una viga atravesada sobre la excavación. Sobre el esquinero, a la altura de la visual del anteojo estando éste nivelado, se coloca una señal; se mide la distancia que hay del cerramiento a la señal y se mide esta misma distancia en los tres restantes esquineros, trazando en ellos una delgada marca; en seguida el tránsito se gira  $90^\circ$ , si la visual del hilo horizontal no coincide con la marca del esquinero quiere decir que no están a la misma altura las dos señas, por lo que habrá de levantarse el segundo esquinero, hasta que quede al mismo nivel del primero; una vez logrado eso y para que quede en e-

sa posición, habrá que suspender el segundo esquinero y rellenar abajo de la parrilla con algún material duro; el mismo procedimiento se sigue con las otras dos esquinas y chequeando continuamente que no se desnivelen las otras esquinas durante todas estas maniobras.

Ya nivelado el cuerpo inferior hay que centrarlo y cuadrarlo; para ello previamente se calcula, basándose nuevamente en las medidas de los planos que proporcionan los fabricantes de las torres, la distancia que debe haber del centro de la torre al centro del esquinero a una altura prefijada en él. Esta distancia varía con el tipo de torre y con el largo de las extensiones de las patas. Todo esto se afina por aproximaciones sucesivas hasta lograr la completa nivelación, alineamiento y cuadratura de todo el cuerpo. La precisión requerida es muy grande, del orden de 2 mm. tanto en la nivelación como en las distancias.

#### ARMADO DE LOS CUERPOS SUPERIORES

Nivelado el cuerpo inferior, se procede a rellenar las cepas con el producto de las excavaciones, siguiendo con el armado de los cuerpos superiores. Para armar éstos, se necesita usar una pluma, que debe ser lo más ligera posible y que sirve para levantar las piezas que van a constituir la torre. Para evitar que las cargas o el viento que actúan sobre la pluma puedan producir momentos flexionantes que ocasionen su falla, se colocan unos contravientos

consistentes en unos cables de acero, fijándose un extremo a la punta de la pluma y amarrándose por el otro extremo, a unas barras de acero llamadas "puntillas" que se clavan firmemente en el piso.

Para armar el segundo cuerpo se coloca la pluma en el piso con todo y sus contravientos, se levantan las piezas previamente semiarmadas en el suelo y se atornillan.

Conforme se va avanzando en el armado de la torre, hay necesidad de ir levantando la pluma, lo suficiente para que tenga libertad de colocar las piezas. Las plumas se levantan por medio de una polea en su parte inferior, por la que se hace pasar un cable, - cuya punta se fija en la parte más alta de la torre ya armada; al tirar del cable, la pluma se levanta y se fija a uno de los esquineros.

Armados todos los cuerpos de la torre, el siguiente paso es la colocación de las crucetas: lo primero que se hace es armar las crucetas en el piso; siempre de acuerdo con las especificaciones del fabricante; se levantan las dos crucetas superiores por medio de la pluma y las otras cuatro por medio de una polea, que se coloca en la cruceta superior y un cable que pasa a través de ellas.

Para la ejecución se proporcionarán todos los perfiles laminados o doblados de acero galvanizado y en su caso, la retenida de acero, anclajes y herrajes para la misma, sin ningún deterioro, así como también la tornillería y herraje necesario para todos los tipos de torres que se van a montar; se protegerá con pintura anti-

corrosiva todos los cimientos de las estructuras autoportadas, se cuidará que el armado y nivelado de las estructuras se efectúe en forma correcta, en caso contrario se deberá repetir hasta que quede correctamente.

Las tolerancias para las estructuras autoportadas serán: el error en el alineamiento del eje será de 10 mm., la tolerancia admitida en distancia de los vértices del primer cerramiento al eje de la línea en torres de suspensión será de 0.5% de la distancia del proyecto, el error admitido en la distancia del vértice del primer cerramiento a la bisectriz, en torres de ángulo será de 0.5% de la distancia del proyecto.

La tolerancia en horizontalidad será de una desviación máxima de 5 mm.

En el armado y nivelado del Bottom-Panel se permitirá una tolerancia máxima de desnivel de 5 mm. El nivelado definitivo de la estructura no deberá diferir en más de 3 cm. con respecto al proyecto.

Las tolerancias en estructuras con retenidas serán: el error en el alineamiento del eje será de 10 mm., en distancias de centro a centro de perno de anclaje para bases  $\pm 20$  mm. tomando como base las distancias del proyecto. El error en nivelación de bases será de 20 mm. y el error en distancias entre el centro de la mojonera y centro de retenida será de 4 cm. La tensión en retenidas será de 150 Kg. mínimo y 300 Kg. máximo, se deberá vigilar la verti

calidad de las estructuras al estarse tensionando las retenidas.

La unidad de medida será la tonelada. Los cargos incluidos en el precio unitario comprenderán:

- a) La recepción, carga, acarreo y maniobras para almacenar las diversas piezas metálicas, garantizando que no sufran deterioros por deformación u oxidación, la verificación de totales necesarios, así como el registro de las piezas identificándolas por medio de marbetes.
- b) Las maniobras de acarreo de piezas hasta el sitio de su instalación.
- c) El prearmado de las partes de las estructuras, la movilización y presentación de la misma hasta su instalación definitiva, incluyendo la nivelación de la base y la fijación total de la estructura.
- d) Cualquier otra operación para que la estructura quede totalmente instalada y armada según las especificaciones proporcionadas.

ARMADO DE TORRES.



FOTO IV . 12

ARMADO DE TORRES.



FOTO IV . 13



NIVELADO DE TIERRA.

FOTO IV . 14



NIVELADO DE TIERRA.

FOTO IV . 15



FOTO IV . 16

ARMADO DE TORRE.

FOTO IV . 17

ARMADO DE TORRE.



#### COMPARACION Y CONEXION DEL SISTEMA DE TIERRAS.

El sistema de tierras para la línea de transmisión, consiste en hincar a golpes una varilla de  $5/8$ " de diámetro por 3 m. de longitud en forma vertical en las inmediaciones de los cimientos de las torres que se indiquen y conectar dichas varillas a las patas de las torres, mediante alambre conductor, con los conectores apropiados.

La resistividad del suelo está en función contenida de humedad y sales solubles en los estratos por lo que una vez colocadas las mojoneras de las torres de acuerdo al proyecto, se tomarán las lecturas de resistividad que nos permitirán establecer qué tipo de sistema de tierras se aplicará o el tipo de protección catódica que se instalará.

Las lecturas de resistividad se harán de acuerdo a las especificaciones, cuando los valores sean menores y entre 10 000 OHM - CM se pondrá protección anticorrosiva a las partes enterradas de las líneas de transmisión, para valores inferiores a 5 000 OHM - CM se debe aplicar adicionalmente al recubrimiento la protección catódica.

Una vez indicado en cuales torres se instalará el sistema de tierras, el número de varillas que se hincarán y la distribución de las mismas, en base a las lecturas de resistividad eléctrica del terreno, se procede a su instalación y se toma en cuenta lo siguiente

ta:

La varilla deberá colocarse lo más vertical posible y en caso de sufrir inclinaciones no deberá ser mayor de  $3^{\circ}$ , cuando la varilla al ser hincada no alcance la profundidad necesaria, se podrá sacar e intentar su colocación en las inmediaciones ( 15 a 20 cm. ) o practicar la barrenación de 2.5 cm. ( 1" ) y rellenar de disco de carbón, cuando el terreno sea duro o semiduro se practicarán perforaciones de 2.5 cm. de diámetro y profundidad de 3m. relleno el hueco con disco de carbón.

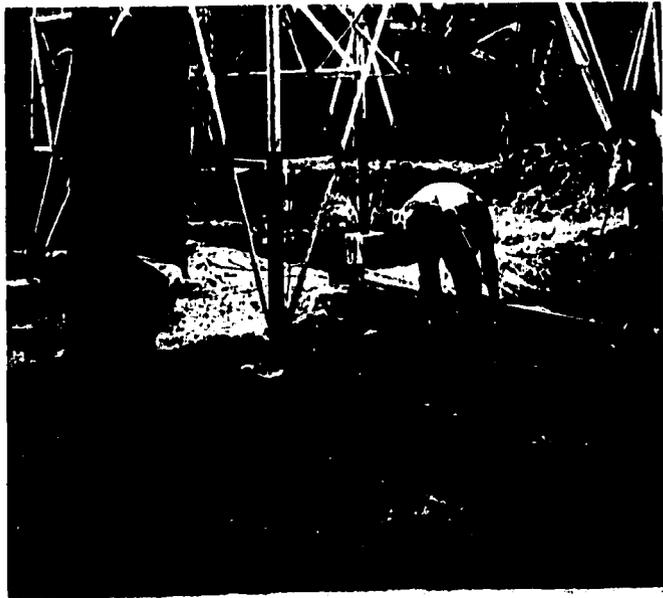
El alambre que unirá las patas de las torres con las varillas, deberá colocarse a una profundidad de 0.70 m. en terreno de cultivo y 0.50 m. en terreno no cultivable, procurando que su trayectoria se localice en terrenos tipo I, ejecutando una excavación que permita instalar el cable a las profundidades antes mencionadas.

Antes de cubrir el sistema de tierras se verificará que cumpla con todas las especificaciones.

La unidad de medida será el trabajo efectuado por torre.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) Hincado de varillas por golpeo o en perforación.
- b) Perforación yopleteo de barreno.
- c) Colocación de varillas en barrenos practicados, incluyendo el suministro de polvo de carbón.
- d) Excavación de zanjas y colocación de alambre y conexiones, así como el relleno de las excavaciones.



CONEXION DEL SISTEMA DE TIERRAS. FOTO IV . 13

#### RELLENO Y APISONADO EN CIMENTACIONES.

Antes de montar el cuerpo superior de la estructura e inmediatamente después de que sea revisada y aprobada la nivelación de la base ( Bottom Panel ), se procederá al relleno de las excavaciones, utilizando de preferencia el producto extraído de las, si es compactable, si no lo es se empleará material de préstamo.

Se rellenará y compactará hasta obtener una compactación del 95% de la prueba proctor y dejar nuevamente la excavación perfectamente cubierta, debiéndose colocar un montículo alrededor de cada pata con una elevación de 30 cm., el relleno deberá hacerse en capas de 20 cm., la compactación será con pistón de mano de 11 Kg. de peso mínimo y con dimensiones máximas de 20 X 20 cm., este trabajo se ejecutará llevando control de humedad en cada capa.

Se medirá tomando como unidad el m<sup>3</sup> de acuerdo con el volumen teórico que indique el proyecto.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) Vaciado del material de relleno y extendido en capas.
- b) Humedecimiento óptimo y apisonado.
- c) Bombeo en su caso.



RELLENO Y COMPACTACION

FOTO IV . 19

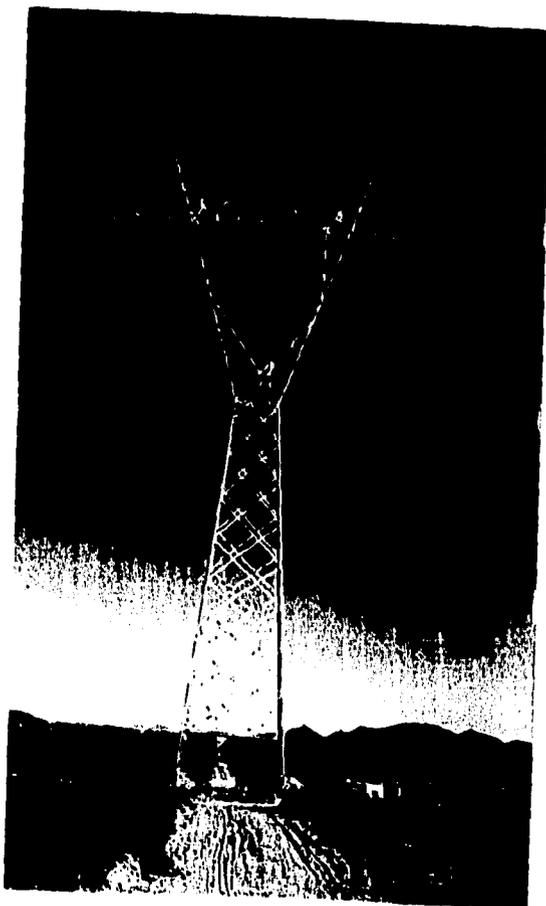
#### **VESTIDO DE TORRES.**

El vestido de torres consiste en colocar en lugares especificados los herrajes, aisladores y accesorios en general, incluyendo las placas de aviso de PELIGRO y numeración de estructuras de acuerdo a los datos proporcionados por el proyecto.

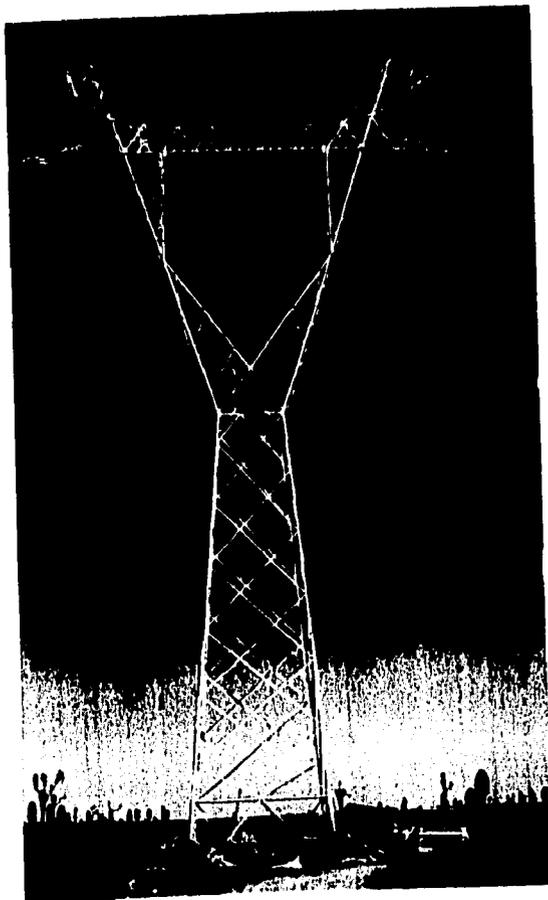
Se medirá tomando como unidad la torre.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) Recepción, acarreo y maniobras totales, así como almacenaje, registros identificación de piezas y transporte hasta el sitio de instalación.
- b) Instalación definitiva de herrajes, aisladores y accesorios de acuerdo a los planos y especificaciones .



VESTIDO DE TORRES.



VESTIDO DE TORRES.

FOTO IV . 21

#### TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE DE GUARDA.

El tendido y tensado del cable de guarda, consiste en colocar un cable de acero de  $3/8$ " de diámetro y los herrajes necesarios, en los extremos superiores de las estructuras y posteriormente tensar el cable, para dejarlo a una altura determinada.

Los procedimientos que se emplean en el tendido de cable de guarda, varían dependiendo de muchos factores.

Cuando se trate de terreno en el cual no pueden entrar vehículos motorizados, se colocan los carretes en un portacarretes y se organizan unas cuadrillas de trabajadores, para desenrollar el cable jalándolo; conforme se va desenrollando el cable, se va aumentando el número de trabajadores, pues se va requiriendo mayor fuerza de tracción.

Otro procedimiento para el tendido del cable de guarda, es colocar los carretes sobre los portacarretes y la tensión se hace con un tractor o camión en vez de hacerla con trabajadores, este procedimiento se emplea cuando existe la posibilidad de transitar con vehículos en zonas de trabajo. También se puede subir el carrete y su portacarrete a un camión, fijando la punta del cable y al irse alejando el camión a lo largo de la línea, va cayendo el cable sobre el piso, con la ventaja de que el cable no se arrastra.

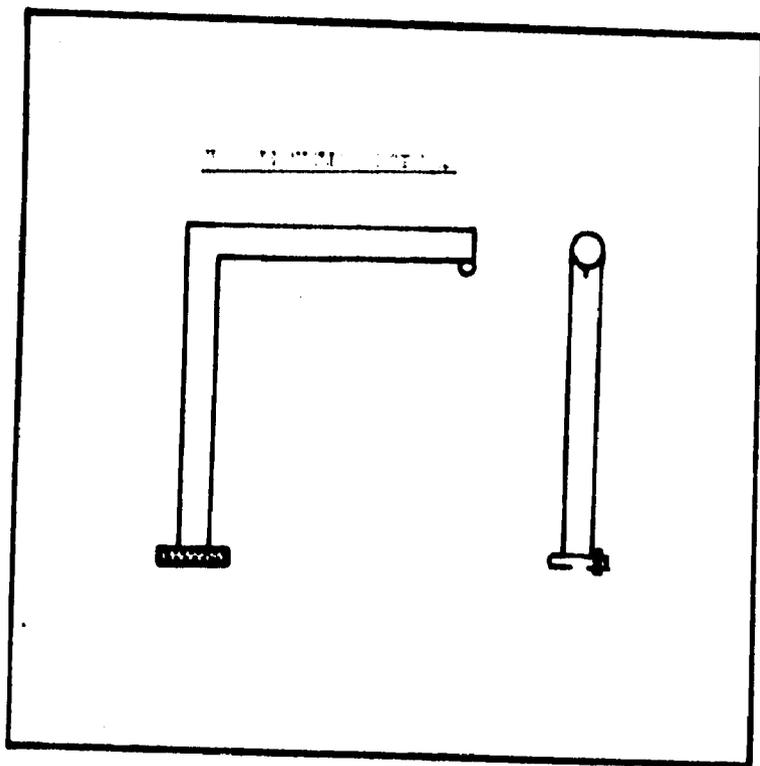
Tendido en el piso el cable de guarda, el siguiente paso

es levantarlo, para colocarlo dentro de las poleas, que de antemano se colocan en las esquinas de las crucetas superiores. Las poleas que se usan se denominan de "Candado" y tienen una bisagra que permite abrir o separar el gancho de suspensión del soporte de la polea, por lo que se puede sacar el cable lateralmente.

Ya colocado el cable de guarda dentro de las poleas, viene el tensado del mismo, que puede hacerse o bien a base de un vehículo o bien empleando un malacate. El primer sistema consiste en fijar a un camión o tractor un cable de acero de 30 m. de largo y en la punta de éste, colocar un tensor apropiado. Al cable de guarda hecha la unión del cable de acero con el cable de guarda, se inicia el movimiento del vehículo hasta que el cable tome la flecha correspondiente al claro entre torres, donde se mide la flecha a la temperatura en ese instante. Cuando en vez de medir la flecha, se usa el procedimiento de "tensión", se emplea un dinamómetro intercalado en el cable entre el camión y el tensor.

Tensado el cable de guarda a la tensión debida, se saca de las poleas para colocarlo en la posición definitiva; se emplea para ello un herraje muy sencillo en forma de cuello de cisna, que se aprieta temporalmente en la parte superior de las crucetas y por medio de un montacargas, se levanta el cable y se coloca del soporte llamado "Clema", para que quede permanentemente instalado y fijo a la cruceta de la torre.

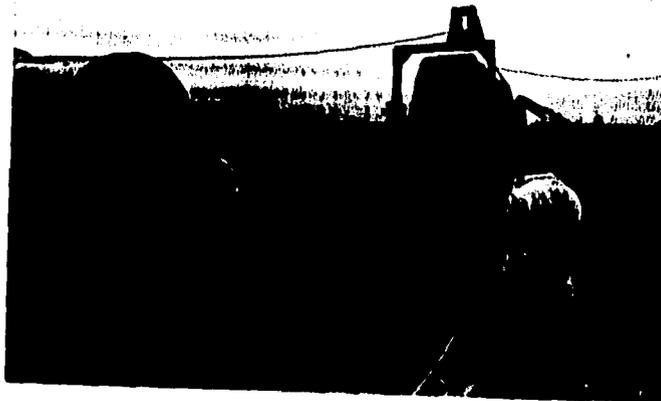
Se medirá por Hilo - Kilometro, considerando la longitud



de la línea en proyección horizontal.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) La recepción, maniobras y acarreo hasta el sitio de la obra del cable, horraje y accesorios necesarios, así como registros para fines de contabilidad de almacén.
- b) El tendido y tensado del cable, así como la colocación de los accesorios de acuerdo con los planos y especificaciones.



TENDIDO DEL CABLE DE GUARDA.

POE 11.12

## TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR.

Consiste en el tendido y tensado de los cables conductores, la colocación definitiva de los herrajes correspondientes y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores, la instalación de separadores cuando se necesite y en general, la ejecución del empalme de tramo de cable conductor, instalación de puentes y romatos en las torres que se requiera.

Instalados los carretes en el lugar correcto a lo largo de la línea, se puede iniciar el tendido del cable conductor, en forma similar a la del tendido del cable de guarda, teniendo cuidado de que el conductor por ningún motivo se vaya a maltratar.

Al terminar el tendido del conductor de un carrete ( los carretes tienen de 1 a 3 Km. de conductor ), hay que unir el extremo final con el inicio del siguiente carrete. El cable conductor está formado por un cable de aluminio, con un núcleo de acero y para unir las puntas citadas, se unen el aluminio y el acero en la forma siguiente: a cada una de las puntas se le quita el aluminio en una longitud aproximada de 10 cm., hasta llegar al cable de acero y antes de hacer la unión del acero habrá necesidad de meter el empalme de aluminio, pues de otra manera hecha la unión no habrá posibilidad de hacerlo. Para unir las dos puntas de acero se introducen, dentro de un niple de fierro maleable galvanizado, que se comprime a una gran presión, con los dados de una prensa de aceite de 100 Tons.

ladas; unido el cable de acero, a continuación habrá que unir el aluminio corriendo el empalme hasta que el centro del mismo, coincida con el centro del tubo compresor del cable de acero y por último se comprime el empalme con la prensa de aceite. Naturalmente el tamaño y forma de los dados que se emplean, deben ser apropiados para cada tamaño de cable de acero y de aluminio, para que al deformarse los empalmes con la presión, opriman fuertemente al cable y al conductor y formen una unión inseparable.

Cuando se tiene un trazo de conductor tendido, se procede a levantarlo para lo cual se coloca el conductor dentro de las poleas especiales, se levanta éste, empleando un cascón o una cuadrilla de trabajadores. Una vez que la polea con todo y conductor ha llegado a la parte inferior de la cadena de aisladores, se fija en ella. El mismo procedimiento se sigue con los demás conductores, hasta completar el trazo en el que se dará la tensión.

El tiempo empleado para dar la tensión y flechas correctas en una determinada longitud, se reduce empleando trazos más cortos, aunque más numerosas.

Los extremos del trazo pueden estar localizados en diversas formas, obligando a que muchas veces se tenga la necesidad de dar las tensiones en tramos comprendidos entre: una torre de anclaje y una de tensión, entre dos torres de tensión o de deflexión y aun entre dos torres de suspensión.

Para dar la tensión entre dos torres de anclaje, se proce

de estando ya dentro de las poleas, todo el tramo comprendido entre las torres; en el extremo donde no se va a dar la tensión se fijan los conductores a los aisladores y en el otro extremo se jala el conductor con un tractor o camión, con la suficiente potencia para poder aplicar la fuerza necesaria para dar la flecha requerida.

Para jalar el conductor, se une al tractor un tramo de cable que puede ser, tanto mejor, el cable del malacate si el tractor cuenta con este aditamento; la punta del cable se engancha en el ojillo del tensor cuyas quijadas se montan sobre el conductor oprimiéndolo fuertemente. Una vez hecho lo anterior, se inicia el tensionado poniendo en movimiento lentamente el tractor.

Aunque el conductor esté sobre las poleas, en muchas partes está simplemente tendido en el piso en forma completamente irregular, teniendo muchas curvas que se denominan "ondas", que van desapareciendo conforme el camión o tractor va restirando el cable. Eliminando las ondas se procede a dar las flechas, que puede hacerse a base de dinamómetros o bien midiendo directamente la flecha.

La tensión que se aplica y que nos hemos referido es la tensión inicial, que es un poco superior a la definitiva o tensión final. Una vez aplicada la tensión inicial, se dejan reposar los conductores durante 24 ó 36 hs., para que tomen su acomodo, dejándose ligeramente en las poleas, para que tomen su deformación elástica permanente. Después de un tiempo se les da, por el mismo procedimiento la tensión final a los conductores y se fijan a los aislado-

res, en el lado donde se está dando la tensión; para ello se coloca una marca de pintura sobre el conductor, exactamente donde está apoyado en las poleas de las torres de anclaje o de tensión, se quitan los anclajes a tierra de los conductores y se baja de nuevo al piso; a partir de las marcas, se miden las longitudes de las cadenas, aisladores y sus herrajes y se corta el conductor en esos puntos, que es donde se fija el extremo de la cadena de aisladores.

Ya que se tienen los conductores con todo y los aisladores de la torre de anclaje o de tensión, se procede nuevamente a su birlas, ahora haciendo uso de un cable de acero que pasando por las poleas de la torre de anclaje, se une al conductor por medio de los tensores un poco adelante de los aisladores, con objeto de dejar cierta holgura y poder fijar los aisladores a las crucetas.

Al soltar el tensor, el conductor tomará la tensión final que se le había dado, pues su longitud, incluyendo el largo de la cadena de aisladores, permaneció invariable.

Si se usa el procedimiento de flechas en vez de tensión - el método es similar; solamente que se hace detener el tractor cuando el conductor tenga las flechas indicadas. Las flechas se marcan con señales en el terreno o en las propias torres midiendo su valor, a partir y hacia abajo del punto de suspensión o de anclaje de los conductores.

Si el tramo de tensionado es entre dos torres de anclaje, se puede dar la tensión en un solo lado de los conductores y en los

cables de guarda sin necesidad de colocar algún elemento para contrarrestar este jalón, pues dichas torres están diseñadas con la resistencia necesaria para ello.

Después sobre el cuerpo de la torre se arma la punta de un cable de acero llamado retenida, al que se le aplica una tensión igual al doble de la tensión de los conductores, pero en el sentido opuesto a la dirección del jalón de los conductores, por lo que habrá una tensión no equilibrada en este sentido equivalente a la de los conductores, que la resiste la torre. La otra punta de la retenida se ancla en un muerto previamente enterrado en el piso. Finalmente, se procede a fijar los conductores.

La retenida provisional mencionada no retira cuando se ha ya dado la tensión o la flecha en el tramo siguiente de tensionado.

Se admitirá una variación en flechas indicadas en el proyecto de  $\pm 1.5\%$ , con el límite máximo en valor absoluto de  $\pm 1$  m. Para fines de comprobación del conductor instalado se aumentará la longitud de la línea en proyección horizontal, en un  $3\%$  debido a catenarias y desniveles. En conductores múltiples, se admitirá una tolerancia en la misma fase de  $\pm 2.5$  cm.; entre fase los conductores del mismo claro deben tener la misma flecha y se acepta una tolerancia máxima de 1 cm., por cada 100 m. de longitud sin exceder de 5 cm. para cualquier longitud de claro.

Se medirá por Kilo - Metro considerando la longitud de la línea en proyección horizontal.

Los cargos incluidos en el precio unitario serán:

- a) La recepción, maniobra y acarreo hasta el sitio de la obra; registros para fines de contabilidad del almacén de los cables, herrajes y accesorios.
- b) El tendido y tensado de los cables y la instalación de herrajes y separadores ( si se requieren ), amortiguadores, empalmes, puentes y accesorios, de acuerdo con los planos.
- c) Devolución del material sobrante al almacén.



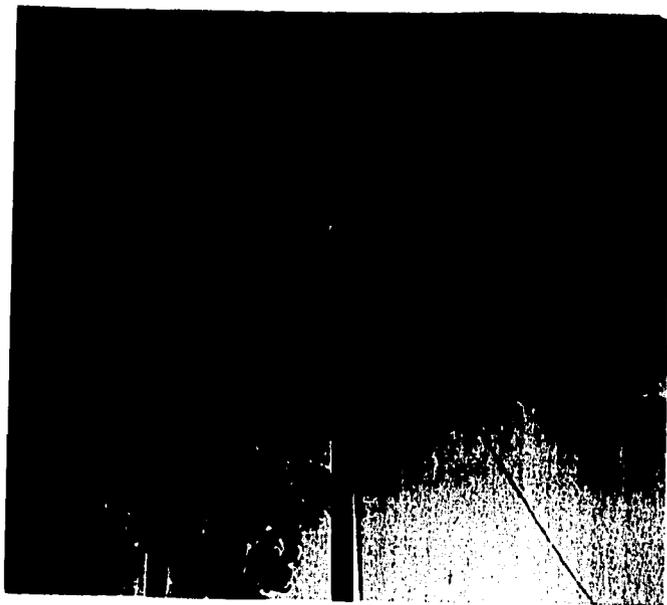
EQUIPO PARA  
TENDIDO DE  
CABLE.

FOTO IV . 23



TENDIDO DE  
CABLE.

FOTO IV . 24



TENSIONADO DE CONDUCTOR.

FOTO IV . 25

DIFERENTES TIPOS DE TORRES.

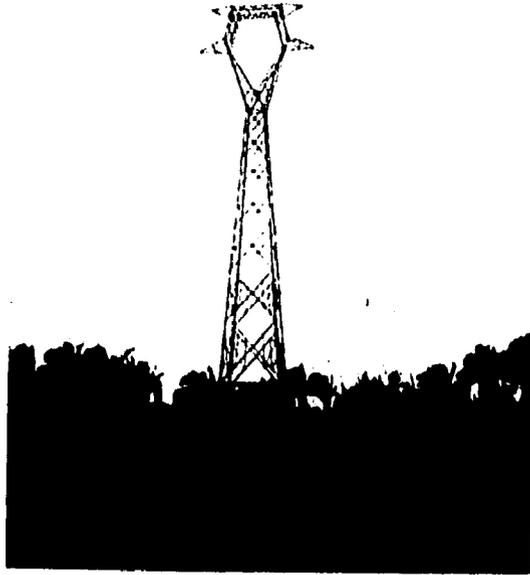


FOTO IV . 26

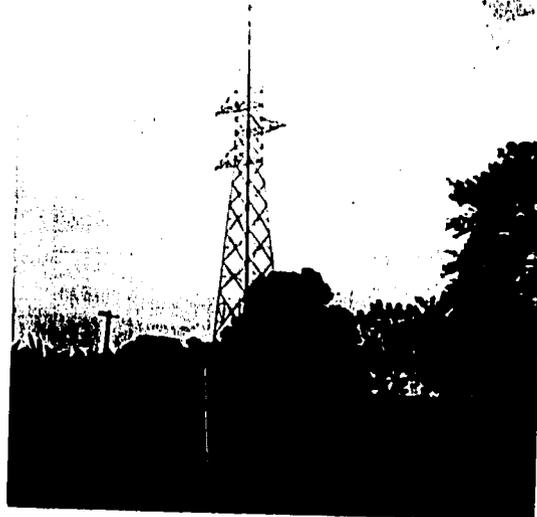


FOTO IV . 27

DIFERENTE VISTE DA L. LINEA  
D. TRANSMISSION.

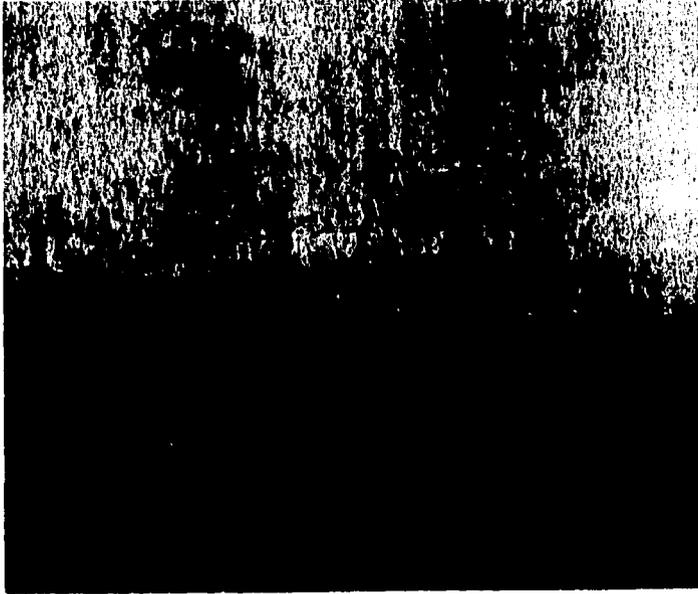


FOTO IV . 28

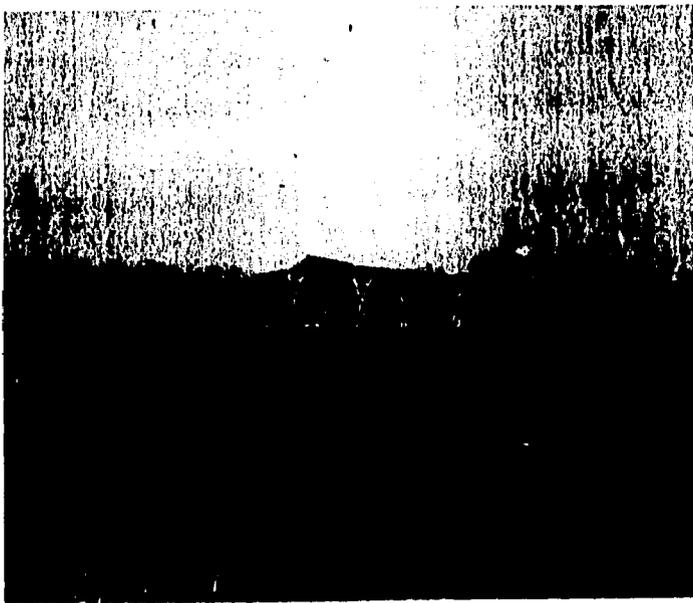


FOTO IV . 29

## PRUEBAS.

Las pruebas tienen por objeto el comprobar la correlación entre análisis - diseño y producto, así como el garantizar un buen comportamiento de las estructuras, una vez instaladas y en operación, por lo tanto, se considera necesario, asegurarnos, de que todos los elementos, conexiones, tornillería y en general los elementos constitutivos de las torres en su conjunto, resistan las cargas para las cuales han sido analizadas y diseñadas.

Los tipos de pruebas que se aplican son:

Prueba Normal.- Es aquella en la cual se aplican las cargas simultáneas especificadas en cada hipótesis de carga, incrementadas por los respectivos factores de sobrecarga.

Prueba Destructiva.- Se entiende aquella en la cual después de terminarse las pruebas normales, se aumentarán paulatinamente y por etapas, los valores de las cargas, hasta que se produzca la falla de la estructura.

Una de las torres de cada tipo en su altura máxima se someterá a las pruebas mencionadas. La cimentación que se utilice para la torre de prueba se hará igualando lo más posible, las condiciones de los cimientos reales.

A P E N D I C E

FINANCIAMENTO.

## FINANCIAMIENTO.

Para llevar a cabo un proyecto, es necesario establecer la manera en que será financiado y como se estructurará la entidad responsable de su ejecución, es decir, será indispensable contar con una empresa que tenga efectivamente los fondos para el financiamiento, realice las obras proyectadas y dirija las diversas formas de producción.

Las formas de organización y financiamiento, están estrechamente relacionadas en una empresa, pero ambos aspectos deben distinguir entre los problemas de constitución y los de funcionamiento de la empresa, así como señalar las diferencias que existen entre los proyectos del sector público y del sector privado.

El proceso de financiamiento, tiene dos aspectos importantes:

- a.- El aspecto estrictamente económico, que consiste en la formación de ahorros.
- b.- El aspecto financiero, que consiste en la captación y canalización de los ahorros hacia fines específicos.

En esencia el financiamiento del proyecto, debe indicar las fuentes de recursos financieros necesarios para su ejecución y funcionamiento; describiendo los mecanismos a través de los cuales fluirán esas reservas hacia los usos específicos del proyecto.

El financiamiento de un proyecto, proviene de dos fuentes generales:

- a.- Internas de las empresas, que son las utilidades no distribuidas, las reservas de depreciación y los saldos anteriores.
- b.- Externas de las empresas, que son los préstamos de diversos tipos que provienen, generalmente, del mercado de capitales y de los bancos.

Para todas estas fuentes de financiamiento, hay que tomar en cuenta las formas de pago y el tiempo establecido para efectuarlos, las garantías que se deben dar, etc.

Cuando el proyecto es financiado parcial o totalmente con capital extranjero asociado a la empresa, hay que tener cuidado de que la carga sobre la balanza de pagos se reparta en el tiempo; además deberá cumplir una doble función de trascendencia, aliviar el esfuerzo del ahorro interno y contribuir a la estabilidad general, disminuyendo las presiones sobre la balanza de pagos.

Los efectos favorables sobre el pago, ya sea por sustitución de importaciones o por aumento de exportaciones, puede a veces compensar con exceso los egresos de divisas necesarios para servir a un eventual crédito externo.

La inversión total o parcial que el proyecto requiere, se puede financiar mediante créditos internos o externos, a corto o a largo plazo. Es evidente que la solución final que se haya de

adoptar respecto a si conviene financiar un proyecto, con aportes fiscales provenientes del superávit en cuenta corriente, con préstamos, aumento de tarifas u otros medios, dependerá de las condiciones institucionales vigentes y de la política fiscal que se desee aplicar.

CONCLUSIONS

A lo largo de este trabajo, se ha tratado la gran importancia que tiene la utilización de la energía eléctrica, sabemos que es una necesidad de nuestro tiempo y que forma parte esencial de la infraestructura de nuestro país, siendo un factor decisivo para el desarrollo económico y social del mismo.

La energía eléctrica debe cumplir con los requerimientos de la demanda y para su transporte desde las fuentes de producción hasta los lugares de consumo se realiza a través de una línea de transmisión, que necesita la solución más adecuada, utilizando para ello una serie de factores importantes que van desde el proyecto, la planeación y la construcción hasta la supervisión de la obra; perdidamente para alcanzar los objetivos deseados.

Así concluimos que:

- Para visualizar la necesidad de una línea de transmisión es necesario conocer las características generales de las mismas, tener un enfoque general y algunos antecedentes estadísticos de producción y demanda de la energía eléctrica.

- Las líneas de transmisión al igual que cualquier otra obra de ingeniería, deben de seguir una serie de actividades sistemáticas para conseguir los mejores resultados.

- Para que las inversiones hechas se justifiquen y cumplan las metas fijadas es necesario, que el proyecto y la planeación sean los adecuados y correctos, fundamentalmente para evitar soluciones mal planeadas.

- Al definirse una solución, es necesario establecer métodos de trabajo que verifiquen el debido cumplimiento.

- Una supervisión bien aplicada garantice que las metas establecidas sean alcanzadas con éxito.

BIBLIOGRAFIA

## B I B L I O G R A F I A.

- INSTALACIONES ELECTRICAS.  
G. CASTELFRANCHI G.  
EDITORIAL GUSTAVO GILI.  
BARCELONA, EDICION 2, 1965.
  
- SISTEMAS DE POTENCIA.  
ISSN 0187 - 4535.  
1 SERIE P C G..  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.  
SUBDIRECCION DE CONSTRUCCION.  
MEXICO D.F., FEBRERO DE 1993.
  
- LINEAS DE TRANSMISION Y REDES DE DISTRIBUCION DE POTENCIA ELECTRICAS.  
VOLUMENES 1 y 2.  
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.  
PREEDICION.  
LIMUSA.  
MEXICO D. F. 1970
  
- DEPARTAMENTO PARA EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HUMANOS.  
TECNICAS DE LAS ALTAS TENSIONES.  
APUNTES POR EL ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.  
INSTITUTO DE EDUCACION OBRERA.  
MEXICO, D. F., 1970.
  
- MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.  
ESTRUCTURAS.  
c. 2. 3. ESTRUCTURAS PARA LA TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA.  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS.  
MEXICO, D. F., FEB. DE 1993

- METODOS DE PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION.  
R. L. PEURIFOY.  
EDITORIAL DIANA.  
MEXICO, ENERO 1973.
  
- REVISTA MEXICANA DE LA CONSTRUCCION.  
ORGANO OFICIAL DE LA CAMARA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
No. 439 AGOSTO 1991.  
( SECTOR ELECTRICO. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS ).  
MEXICO, D. F.
  
- REVISTA INGENIERIA CIVIL.  
ORGANO OFICIAL DEL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MEXICO A. C.  
LA INGENIERIA CIVIL EN EL SECTOR ELECTRICO.  
OBSIDIANA SA. DE CV.  
MEXICO, D. F. FEBRERO 1994.
  
- MANUAL ELECTRICO.  
CONSELEC.  
CUARTA EDICION.  
INGENIERIA DE VENTAS. INDUSTRIAS CONELEC S. A. de C. V.  
MEXICO, D. F. NOV. 1989.
  
- APUNTES.  
SEMINARIO DE LINEAS DE TRANSMISION.  
PROYECTO DE LINEAS DE TRANSMISION.  
ING. RAUL RODRIGUEZ ISLAS.  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.  
SUBDIRECCION DE CONSTRUCCION.  
EDO. DE MEX., MAYO 1983.

- APUNTES.  
ESTRUCTURAS PARA TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA.  
IMPORTANCIA Y CRITERIOS DE SELECCION.  
ING. CARLOS VILLEGAS V.  
ING. ALEJANDRO MILLAN.  
GUANAJUATO, MEXICO, DIC. 1983.
  
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.  
ESPECIFICACIONES GENERALES PARA HILOS DE GUARDA DE ACERO GALVANIZADO.  
ING. L. REYES OSORIO.  
MEXICO, D. F. AGOSTO 1974.
  
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.  
ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION.  
MEXICO, D. F. AGOSTO 1994.
  
- MANUAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO ECONOMICO  
ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS  
MEXICO, D. F. DICIEMBRE 1958.