



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



17
20

**"PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DAÑU"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

SERGIO GOMEZ MUÑOZ

ASESOR : ING . ALFONSO RODRIGUEZ CONTRERAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1984

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

CON DEDICATORIA
ESPECIAL PARA
MIS BUENOS AMIGOS
Y COMPAÑEROS DE
CUARTO JUAN Y
OSCAR.

SO AMIGO QUE LOS
ESTIMA

SERGIO "EUGENIO"

2/11/94



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Proyecto de líneas de transmisión 230 KV Zimopán P.H - red

Daño "

que presenta el pasante: Sergio Gómez Muñoz
con número de cuenta: 8623728-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU" 28 de Abril de 1994
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a de 1994

PRESIDENTE Ing. Alfonso Rodríguez Contreras.
VOCAL Ing. Benjamín Contreras Santacruz.
SECRETARIO Ing. José Juan Contreras Espinosa.
PRIMER SUPLENTE Ing. Casildo Rodríguez Arciniega.
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Francisco J. Carrillo García.

A MI PAPA

Quien también le puedo llamar mi manager, pero no solamente en mi equipo de Base-ball, sino de una vida entera. Cuando yo era pequeño, recuerdo los regaños que me daba y aquel baño de agua fría en la regadera entre otras. Ahora, 20 años despues entiendo porque lo hizo. Mi papá siempre tuvo la ilusión de transformarme a mi, a su hijo mayor en un hombre que pudiera tener la capacidad moral para enfrentarse a la vida; vida que de ninguna manera será sencilla pero que, gracias a sus consejos, uno que otro regaño y en ciertas ocasiones un poco de mano firme pero cariñosa, hoy soy lo que soy y por él, mi manager, mi amigo, el mejor de todos, en otras palabras, MI PAPA.

Quisiera que todos tuvieran la bendición de tener un padre como el que dios me dio.

Con todo cariño y agradecimiento a quien me educó y me llevó de la mano durante estos años. Ahora es tiempo de continuar con la escuela que me dejó; no solo a mi sino también a mis hermanos.

GRACIAS PAPA

Tu hijo que te quiere..... Sergio

A MI MAMA

Prescisamente mi mamá, ella fué la que comenzó a crear esto; ¿Por que?... por la sencilla razón que ella fué quien me dió la vida. Creo que es un deber, una responsabilidad darle el mayor pago a esto. Mi mamá quien me alimintó con sus brazos, palabras y apapachos fué lo que me dió aliento para cumplir el destino que todos tenemos.

Tal vez a cualquier otra persona podamos fallarle en alguna ocasión pero a una madre nunca, porque si alguien deposita toda su confianza en nosotros, es ella. Mi mamá lo hizo y yo traté de hacerlo lo mejor posible.

a mi mamá que siempre veló por mi y mis hermanos.

GRACIAS MAMA

Tu " Pedacito de carbón " que te quiere.... Checo.

A MI ABUELITA

 Mi abuelita, a quien no veo tan seguido como un nieto quisiera, que no hago lo que un nieto quisiera y que no le dice lo que un nieto quisiera. A mi abuelita que siempre tiene a sus nietos en lo más alto y que en cualquier momento ella está con junto a mi, y aunque yo no pueda estar con ella en todo momento, siempre estoy pendiente de ella quiero decirte cuanto te queremos y este trabajo es para ti abuelita.

 Mi sagrada abuelita

 Sergio

A MIS HERMANOS

Ellos son Lalo y Edgar. Ahí que duo tan especial, como " El gordo y el flaco ", la diferencia es que no estan gordos ni flacos pero son mejores que cualquier otro duo, quienes a pesar de ser menores que yo, Dios les ha dado la capacidad de desarrollar y hacer lo que seguramente queria que todos hicieramos pero que por vanidad, despecho y necedad no hacemos. ellos quienes a pesar de todas las criticas de muchos lo han logrado para bien de ellos. Ellos quienes poco a poco me han demostrado los grandes regalos de la naturaleza para vivir y dejar vivir a hombres y animales a quienes no tenemos el mas mínimo derecho a sacrificarlos y para colmo de males comerlos.

Yo espero que no pierdan esta actitud y por mi parte aunque he tratado de hacer lo mismo, mi trabajo como ingeniero lamentablemente y en cierta forma me lo impide pero, ya llegará el dia en que pueda evitar lo que ellos ya saben no solo por salud, sino por respeto a la creación de una vida.

Su hermano Sergio

Si Dios nos dio un cerebro, es para comprender y casi leer el pensamiento de quien necesita ayuda, de quien necesita un amigo, alguien en quien poder confiar, ¿Para que? ... para ayudarlo con hechos y no solo con frases bonitas, para ser su amigo en vida porque una vez que este se vaya de este mundo, solo recuerdos pueden ser entregados.

A LA MEMORIA DE MI PRIMO ANTONIO "EL CHICHARO"

PROLOGO

El presente trabajo de tesis trata del desarrollo del proyecto electromecánico de una línea de transmisión abreviada "L.T" la cual operará a 230 KV alimentando una carga estimada de 196 MW.

La línea en cuestión, transportará la energía eléctrica producida por la planta hidroeléctrica Zimapán, localizada en los límites de los Estados de Hidalgo y Querétaro hasta la subestación Dañú en las cercanías del municipio de Huichápan, Hgo. Esto es, que se trata de un proyecto real que incluso se encuentra en proceso de construcción y entrará en operación en el mes de octubre de 1994.

Se comienza dando un panorama del proyecto hidroeléctrico y posteriormente una descripción de la trayectoria de la línea en cuestión que fue nombrada como "Zimapán P.H - Dañú". Para entrar en materia, se hace un estudio eléctrico para determinar el cable conductor adecuado y el aislamiento para la L.T. A partir de este estudio, se desarrollará el cálculo mecánico del cable conductor y de guarda para posteriormente, exponer la forma en la cual se localizan los puntos de apoyo con la plantilla y determinar en tipo de estructura en cada uno de estos puntos. Por último, se muestra el método de cálculo para realizar el montaje de los cables.

La información necesaria para desarrollar esta tesis, fue gracias a la participación directa con los ingenieros linieros de la COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD; además de visitas a la zona de obras. Fue en el Departamento de Diseño de Líneas de Transmisión de esta paraestatal, donde comencé a conocer las técnicas de diseño de una L.T. En este estudio, no solamente tuve que emplear algunos conocimientos de electricidad; sino que tuve que aprender otros aspectos de electricidad, incluso de mecánica que no fueron contemplados durante mi estancia en la facultad.

Todo lo que en esta tesis se mencionará, fue lo que aprendí durante mi estancia en la C.F.E y en especial a la ayuda y orientación de los ingenieros linieros de dicha empresa.

A todos ellos GRACIAS.

Sergio Gómez Muñoz.

México D.F

I N D I C E

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN.	
I.1 Introducción	2
I.2 Generación de electricidad	2
I.3 Beneficios adicionales	2
I.4 Estudios de la C.F.E	3
I.5 Cronograma	3
I.6 Descripción de las obras	3
I.6.1 Obras de desvío	3
I.6.2 Obras de contención	4
I.6.3 Obras en casa de máquinas	5
I.6.4 Obras de excedencias	6
CAPITULO II. TRAYECTORIA DE LA LINEA.	
II.1 Estudio topográfico	8
II.2 Localización de la línea	9
CAPITULO III. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LINEA.	
III.1 Características de la línea	12
III.2 Cruzamiento con vías de comunicación	12
III.3 Temperaturas	14
III.4 Velocidad del viento	14
III.5 Alturas sobre el nivel del mar	17
III.6 Resumen de condiciones climatológicas	18

CAPITULO IV. CALCULO ELECTRICO.

IV.1	Introducción	20
IV.2	Cálculo con conductor 1113 MCM BLUEJAY	23
IV.3	Cálculo con conductor 900 MCM CANARY	31
IV.4	Selección de la mejor alternativa	35
IV.5	Coordinación de aislamiento	36
IV.5.1	Tramos	37
IV.5.2	Alturas sobre el nivel del mar	37
IV.5.3	Aisladores empleados por C.F.E	38
IV.5.4	Cálculo eléctrico del aislamiento	42
IV.5.5	Cálculo mecánico del aislamiento	57

CAPITULO V. CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS A EMPLEAR Y CASOS ESPECIALES DE LOCALIZACION.

V.1	Tipos y codificación de estructuras	62
V.2	Resumen de estructuras a emplear en el proyecto Zimapán	66
V.3	Graviviano	75
V.4	Holovano	77
V.5	Casos especiales de localización	78

CAPITULO VI. PRELIMINARES AL CALCULO DE LA PLANTILLA PARA LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS.

VI.1	Generalidades	91
VI.2	Curva caliente	92
VI.3	Curva fría	92
VI.4	Significado de las variables para los cálculos	93
VI.5	Ecuación de cambio de estado	94

VI.6	Flechas	97
VI.7	Sobrecarga en cables	97
VI.7.1	Sobrecarga de viento	97
VI.7.2	Sobrecarga de hielo	101
VI.7.3	Coefficiente de sobrecarga	106
VI.8	Tensión de cada día	107
CAPITULO VII. CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES.		
VII.1	Consideraciones previas al cálculo	110
VII.2	Cálculo mecánico del cable conductor	113
VII.2.1	Conclusión del cálculo	123
VII.2.2	Cálculo de flechas para las condiciones de carga con claro base de 390 m	124
VII.3	Cálculo de los puntos para trazado de la plantilla	125
VII.4	Cálculo mecánico del cable de guarda	126
VII.4.1	Conclusión del cálculo	134
CAPITULO VIII. INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE LA PLANTILLA.		
VIII.1	Información contenida en la plantilla	137
VIII.2	Empleo de la plantilla	139
VIII.3	Caso de medias laderas	145
CAPITULO IX. HOJAS DE DISTRIBUCION.		
IX.1	La hoja de distribución	150
IX.2	Desarrollo del perfil en cruz	151
IX.2.1	Cálculo gráfico de la plantilla para determinación de extensiones	151

CAPITULO X. LISTA DE MATERIALES.

X.1	Estructuras autosoportadas	179
X.2	Cable conductor	180
X.3	Cable de guarda	181
X.4	Aisladores	181
X.5	Conjunto de suspensión para cable conductor	182
X.6	Conjunto de tensión para cable conductor	182
X.7	Conjunto de suspensión para cable de guarda	182
X.8	Conjunto de tensión para cable de guarda	183
X.9	Empalme para cable conductor	183
X.10	Empalme para cable de guarda	183
X.11	Avisos de peligro y No. de estructura	184

CAPITULO XI. TECNICAS DE MONTAJE.

XI.1	Enfoque del capítulo	186
XI.2	Actividades previas a la construcción que influyen en el diseño	186
XI.3	Montaje de herrajes y accesorios	188
	XI.3.1 Empalmes para unión de cables	189
	XI.3.2 Herrajes para suspensión y tensión de cables	192
XI.4	Amortiguadores de vibraciones tipo stockbridge	192
XI.5	Montaje de cables	210

CONCLUSIONES	236
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	237
--------------------	-----

CAPITULO I

**GENERALIDADES DEL PROYECTO
HIDROELECTRICO SIMAFAN**

CAPITULO I**I.1 INTRODUCCION**

De acuerdo a la política de diversificación de fuentes de energía del gobierno federal. La COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD ejecuta el diseño y construcción del proyecto hidroeléctrico Zimapán localizado en los límites de los estados de Hidalgo y Querétaro, cuya finalidad principal es la producción de energía eléctrica aprovechando el potencial del río Moctezuma, el cual forma parte del sistema hidroeléctrico del río Pánuco.

I.2 GENERACION DE ELECTRICIDAD

La central hidroeléctrica contará con dos unidades de 146 MW de potencia cada una y generará un promedio anual de 1292.4 GWH que dada la posición de este proyecto, su cercanía a las ciudades de México y Querétaro y su facilidad de intercomunicación con el SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL y la proximidad con las plantas termoeléctricas "Francisco Pérez Ríos" en Tula, Hgo. y el "Zauz" en Querétaro ayudará a satisfacer las demandas de energía eléctrica en la zona central del país.

I.3 BENEFICIOS ADICIONALES.

La derrama económica que producirá la demanda de mano de obra, materiales y servicios para Zimapán, así como el desarrollo de la piscicultura beneficiarán a la zona del embalse y sus proximidades.

Por lo que respecta a la zona del embalse que corresponde a la cuenca del río San Juan, el aumento de la evaporación y la humedad relativa en el embalse causarán modificaciones en la composición de la flora favoreciendo el desarrollo de otras especies vegetales.

El sitio donde se localizará la cortina se encuentra en la parte occidental del estado de Hidalgo y al noroeste de la ciudad de Pachuca, y en la confluencia de los ríos Tula y San Juan en el sitio conocido como "EL CAÑON DEL INFIERNILLO"

Las poblaciones más cercanas al proyecto son las de Zimapán, Hgo. y Cadereyta, Qro. El acceso a Zimapán se realiza por la carretera federal No. 85 (México - Nvo. Laredo) y Cadereyta por la autopista No. 57 (México - Piedras Negras) con el entronque en San Juan del Río. Qro., hacia el este. Otros medios de acceso a las obras son por helicóptero y terracerías en condiciones suficientemente buenas para el aterrizaje de pequeñas avionetas.

I.4 ESTUDIOS DE LA C.F.E.

El proyecto hidroeléctrico Zimapán, fue estudiado en las etapas de evaluación y prefactibilidad por el entonces Departamento de Anteproyectos de Plantas Hidroeléctricas de la Subgerencia de Ingeniería Preliminar Civil y Geotécnica en la realización de los estudios previos, así como la realización de estudios recientes llevados a cabo por la Subgerencia de anteproyectos.

I.5 CRONOGRAMA

Las fechas más relevantes dentro del cronograma de construcción son tentativamente las siguientes:

Inicio de obras de infraestructura.....	Abril 1989
Inicio de obra de desvío	Junio 1990
Inicio de obras de cortina.....	Enero 1991
Desvío del río.....	Abril 1991
Inicio de fabricación de turbinas y generadores	Febrero 1992
Inicio de obras en casa de máquinas.....	Julio 1990
Inicio de obras de exedencias.....	Marzo 1991
Cierre final del túnel de desvío	Julio 1993
Sincronización de primera unidad generadora.....	Octubre 1994

I.6 DESCRIPCION DE LAS OBRAS

Para cada una de las siguientes obras, se incluye una referencia fotográfica, además de un plano con mayor detalle en el anexo de planos (Vol. 11).

I.6.1 Obras de desvío.

Consta de un túnel de sección portal sin revertir localizado en la margen izquierda del río Moctezuma con una longitud total de 566 m. para desalojar un gasto máximo de 70.2m³ /seg.. Ver fig. I.1

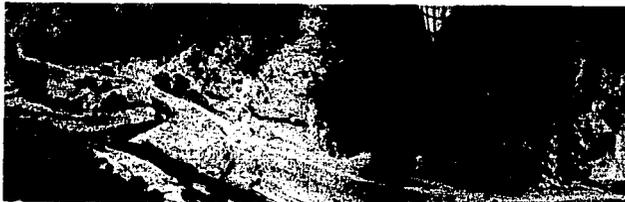


fig. I.1

Obra de desvío para trabajar en el interior
del cañón del infiernillo

I.6.2 Obra de contención.

Se estudió que para esta boquilla se conjugan favorablemente las características geológicas y topográficas, de tal manera que lo hacen ideal para planear como factible una cortina de concreto del tipo Arco-Bóveda, ubicada dentro del Cañón del Infiernillo, la cual tiene una altura desde el desplante hasta la corona de 207 m. (ver fig. I.2)



fig. I.2

Obras de las cortinas de Zimapán

I.6.3 Obras en casa de máquinas.

El esquema adoptado es de una obra de toma del tipo rampa operada por dos compuertas para un gasto máximo total de 59 m³/seg. El túnel de conducción será de aproximadamente 24 Km. de longitud. La casa de máquinas es de tipo caverna con dos unidades tipo pelton. (ver fig. I.3 y I.4)



fig. I.3
Túnel de conducción



fig. I.1
Obras en casa de máquinas.

I.6.4 Obra de exedencia.

Serán dos tuneles paralelos con una longitud aproximada de 500 m. cada uno (Fig. I.5)



fig. I.5
Obras de exedencias

CAPITULO II
TRAYECTORIA DE LA LINEA
SIMAPAN P.M - DASU

CAPITULO II

II.1 ESTUDIO TOPOGRAFICO

Este estudio fue realizado por compañías contratistas, de modo que no fue posible tener acceso a información más detallada.

Determinar la trayectoria de una L.T es tarea del equipo de ingenieros topográficos. Ellos son los que deciden por dónde se levantará y dónde se tendrán los llamados puntos de inflexión (P. I). Su trabajo se vacía en los planos de perfil longitudinal indicando en estos el contraperfil del terreno además de todos los cruzamientos existentes en la trayectdoria de la L. T.

Para el caso de Zimapán, la geografía desde la salida de la subestación de la hidroeléctrica hasta aproximadamente el Kilómetro 30 en dirección suroeste, es una región muy abrupta y de difícil acceso, de hecho, la instalación de las estructuras en esta zona deberá ser forzosamente por medio de helicópteros.

En la zona antes mencionada, predominan principalmente barrancos con claros de más de 1000 m. y profundidades cercanas a los 400 m. Estos barrancos, desde el punto de vista de localización de estructuras, representa un serio problema, ya que al ser claros tan grandes, deben llevarse a cabo diseños especiales de estructuras en estos puntos.

Además de estos accidentes geográficos, se tiene un gran número de arroyos, escurrideros y cutivos que representan condicionantes al proyecto.

Después del kilómetro 30 hasta llegar a la subestación "Dañú" en Huichapan, Hgo., el terreno ya no es tan accidentado, pero no deja de ser difícil aunque hay ciertas regiones planas, pero en estos lugares surge la cuestión referente a los cultivos principalmente de maíz.

II.2 LOCALIZACION DE LA LINEA

La L.T de Zimapán con una longitud total de 80.664 km, sale desde la S.R. Zimapán situada a 965 m.s.n.m. Como se mencionó anteriormente, la L.1, cruza por zonas muy abruptas, rocosas, pero la gran influencia de SEDUE por proteger la ecología de la región, prohíbe estrictamente la tala de arboles y excavaciones innecesarias de tal forma que la trayectoria evita en lo posible las zonas arboladas; y en las regiones donde no se logre esto, al momento de proyectar la línea, se dejara por norma un libramiento extra a los arboles suficiente para 5 años de crecimiento después de este tiempo, los arboles serán podados mas no talados.

La L. T en cuestión, tiene 20 puntos de inflexión. Esto como resultado de la geografía del terreno de modo que la trayectoria final de la L.T es la que se muestra en el plano No. 7 el cual es incluido en el vol. II de esta tesis (anexo de planos). Teniendo esta trayectoria de planta, se procede a desarrollar los perfiles longitudinales donde se hará la localización de estructuras.

En la trayectoria de la línea, se tienen dos cruzamientos de importancia muy particular en los cuales se aplican acuerdos entre PEMEX y la misma C.F.E. Estos son los siguientes:

- 1) Aproximadamente entre los kilómetros 72.2 y 72.65, se tiene un cruzamiento con tres (3) tuberías a presión propiedad de PEMEX, no se especifica qué tipo de fluido se conduce esto debido a que los acuerdos entre ambas paraestatales son de tipo general, es decir para cualquier tipo de tubería, cualquier tipo de fluido y cualquier nivel de tensión máxima de operación. Este libramiento será de 60 m como mínimo.

De no cumplir con este libramiento, se tendrán tres efectos:

- a) Se producirá una inducción entre los cables conductores y la tubería ocasionando una posible falla a tierra dañando no solamente a la L.T., sino también a la tubería.
- b) Al haber una descarga atmosférica, opera el sistema de tierra, pero esta descarga puede alcanzar la tubería que también se encuentra enterrada provocando corrosión en la misma o inclusive problemas aún más graves.

c) Destrucción por trabajos cercanos o movimiento de vehículos.

2) Unos metros antes del P.I 17 (km 75+676), se tiene un cruzamiento con dos L.I provenientes de la C.I de Tula Hgo., estas son:

L.T. 1	Tula - Salamanca 400 KV
L.T. 2	Tula - Querétaro 230 KV

ambas de un circuito. En este caso se tuvo un riguroso cuidado, tanto con el proyecto de los cables como para las cargas ejercidas sobre las estructuras.

Ambos cruzamientos se detallan más adelante.

CAPITULO III
CARACTERISTICAS GENERALES
DE LA LINEA

CAPITULO III

III.1 CARACTERISTICAS DE LA LINEA

La longitud total desde la salida en Zimapán hasta la llegada en Dañu, será de 80.66414 Km. de planta y llevará dos circuitos trifásicos. Para la suspensión del cable, se emplearán estructuras de acero autosportadas: en lo que respecta a la llegada en Dañú, esta S.E no es nueva, a esta llegan las L.T. Dañú- Cementos mexicanos (230 KV. 1 C) y Dañú - El sauz (230 kv), así como Dañú - Tula (230 kv), estas dos últimas en estructuras de dos circuitos de tal forma que la S.E Dañú, tendrá una ampliación.

En cuanto a los conductores, su uso ya está normalizado, según la tensión nominal de transmisión.

III.2 CRUZAMIENTO CON VIAS DE COMUNICACION

Al hacer los ingenieros topógrafos, el levantamiento de la trayectoria, estos deben indicar claramente en los planos todos y cada uno de los elementos que se encuentran sobre la trayectoria de la L.I como son: Rios, lagos, Barrancas, Camposde cultivo. Vías férreas normales y eléctricas, construcciones, cercas de alambre o piedra, carreteras, calles, caminos, líneas de transmisión en cualquier tensión, telégrafos, líneas de teléfonos, represas, canales, arrollos, escurrideros, etc.

A continuación, se muestra la tabla III.1 para los libramientos en cada cruzamiento.

TABLA III.1
ALTURA VERTICAL MINIMA EN METROS DE LOS CONDUCTORES
A CADA CRUZAMIENTO

Tipo cruce	23 KV	34 KV	46 KV	69 KV	115 KV	133 KV	230 KV	400 KV
vias ferreas	9.45	9.75	9.75	10.0	10.6	10.6	11.9	14.3
carreteras y calles	7.35	7.60	7.60	9.95	8.55	8.55	9.77	12.2
acceso a peatonales	5.50	5.60	5.80	6.10	6.70	7.00	8.25	10.65
campos de cultivo	5.80	6.10	6.10	6.40	7.00	7.30	8.55	10.9

Entre líneas que cruzan.

tipo de via	23 KV	34 KV	46 KV	69 KV	115 KV	133 KV	230 KV	400 KV
L. comunicación	2.44	2.44	2.44	2.74	3.35	3.35	4.58	7.00
L.T (1) hasta 50 KV	1.83	1.83	1.83	2.13	2.74	2.74	3.66	6.10

NOTAS A LA TABLA ANTERIOR

- (1) Para conductor mas bajo con flecha inicial sin carga, 1 cm por cada KV despues de 50 KV.

Estos libramientos se toman desde el elemento a librar hasta el conductor mas bajo de la L.T y a una temperatura de 50°C que es cuando más holgado esta el cable. Esto al menos para el primer recuadro.

En el segundo recuadro que trata del cruce con otras líneas, cuando se tiene el cruce de dos líneas de diferentes tensiones, la línea de menor tensión pasará por debajo de la de mayor tensión de tal forma que este libramiento es la distancia existente entre el hilo de guarda (si existe) y el conductor más bajo de la otra línea.

III.3 TEMPERATURA.

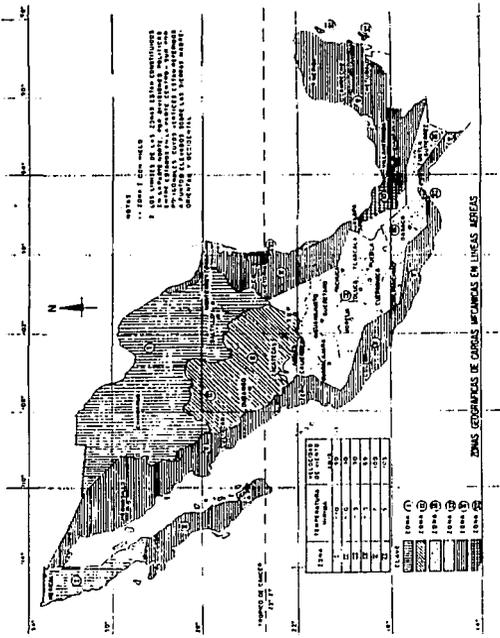
En México, hay una gran variación de temperaturas tanto máximas como mínimas. En el norte del país, hasta la fecha no se han registrado temperaturas superiores a los 50°C y lo mismo en las costas. Por norma de seguridad, en todo proyecto de L.T., se adopta como temperatura máxima 50°, aunque parezca inimaginable en algunas regiones del país.

En cuanto a la temperatura mínima, esta es diferente para cada región. Este dato se obtiene del "ATLAS DEL AGUA DE LA REPUBLICA MEXICANA", en la sección de temperaturas mínimas anuales la cual corresponde a 0°C, por lo tanto, con esta temperatura y testimonios de la población de Zimapán y alrededores, es afirmativa la existencia de hielo.

III.4 VELOCIDADES DEL VIENTO.

Para este parámetro, se tiene una coordinación entre C.F.E. y el I.I.E. (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS) Entre ambas corporaciones, han desarrollado figuras representativas de las velocidades del viento en todo el país con tiempos probables de retorno de 50 años. En la fig. III.2 se observa la región de Zimapán hasta Huichapan a la cual corresponde una velocidad regional de 73 km/h. Esta es una velocidad regional más no una velocidad de diseño.

La velocidad regional debe ser modificada para tomar en cuenta la topografía de la ruta que siga el tendido de la L.T: este factor con el cual se modificará la velocidad regional (VR) es conocido como el factor de corrección por topografía (K)". Este factor representa la forma en la cual afecta la topografía del terreno a un viento laminar, es decir que la velocidad regional supone un viento laminar, pero se debe averiguar en qué forma aumenta o disminuye esta velocidad por desviaciones en sus trayectorias laminares. La siguiente tabla III.2 indica el factor de corrección por topografía K.



No. LAMINA
 Fig. 171.1
ESC.

TITULO. ZONAS DE VELOCIDADES REGIONALES EN
 LA REPUBLICA MEXICANA.

ACOT.

DIBUJO. S.G.M

TABLA III.2
FACTOR DE CORRECCION POR TOPOGRAFIA K

K	TIPO DE TOPOGRAFIA
0.7	Muy accidentado (donde la altura de los árboles sea mayor que la de las torres; centro de grandes ciudades)
0.8	Zonas arboladas donde la altura sea menor que la de las torres pero mayor de 10 metros.
1.0	Campo libre
1.2	Promontorios al descubierto

Debido a que la altura máxima es de 2700 m.s.n.m., además que más de la mitad de la trayectoria de la L.T son pequeñas lomas, es decir, solamente los primeros kilómetros son de terreno muy accidentado, se tratará como promontorios al descubierto y se calcula la "velocidad básica" como sigue:

$$V_B = V_R K$$

$$V_B = (69) (1.2) = 82.80 \text{ Km/h}$$

Esta velocidad básica varía con la altura sobre el terreno según la siguiente expresión.

$$V_z = V_B K_1$$

donde V_z : Velocidad a una altura $Z \geq 10$ m. Se recomienda tomar Z como la altura de los conductores sobre el terreno medida a partir del pie de la estructura.

K_1 : Se calcula como $(Z / 10)^\alpha$

α : Coeficiente que depende del tipo de terreno y que se toma de la tabla III.3.

α	TIPO DE TERRENO
0.14	Litoral o campo abierto
0.22	Zona suburbanas
0.33	Centro de grandes ciudad

Es obvio que en nuestro caso tomaremos 0.14 y Z como 21.5 m ya que es la distancia desde el pie de la estructura hasta el enganche del conductor más bajo tal como se muestra en los diagramas de las estructuras en el capítulo V.

$$V_z = 82.80 \left(\frac{21.5}{10} \right)^{0.14} = 92.166 \text{ Km/h}$$

Finalmente para establecer la velocidad de diseño, es necesario multiplicar la velocidad V_z por un "FACTOR DE RAFAGA" abreviado FR.

$$V_D = V_z (FR)$$

donde V_D : Velocidad de diseño en Km / h

FR : Factor de ráfaga; 1 para cables y estructura. Solamente cuando la estructura sea mayor de 60 m de altura y se considere actuando viento medio, se tomará para la estructura FR = 1.3.

En nuestro caso, se considera sobre cables y estructura (FR=1) por lo tanto:

$$V_D = V_z = 92.166 \text{ Km / h}$$

III.5 ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

En los planos de perfil longitudinal, se tienen las siguientes alturas:

Altura máxima 2700 m.s.n.m
 Altura mínima 965 m.s.n.m

III.3.4 RESUMEN DE CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Temperatura máxima 50°C
Temperatura mínima 0°C
Velocidad de diseño 92.166 Km / h
Altura máxima 2700 m.s.n.m
Altura mínima 965 m.s.n.m

CAPITULO IV
CALCULO ELECTRICO

CAPITULO IV

IV.1 INTRODUCCION.

Este cálculo es indispensable para conocer la operación de la línea en régimen permanentemente equilibrado; se requiere saber cuales seran la pérdidas y la regulación de tensión en la misma.

Como en todas las L.T, se comienza calculando los parámetros propios, es decir, la impedancia en serie y en derivación. Por otra parte, se hará el estudio desde la recepción hasta la generación.

Otra particularidad de las L.T, es la transposición. Esta se emplea con el objeto de equilibrar la reactancia inductiva en las tres fases. C.F.E, hace uso de esta para líneas específicamente mayores de 100 Km. Esto es debido a que estudios realizados por el laboratorio de C.F.E referentes a este fenómeno, han llegado a la conclusión que antes de los 100 Km, el desbalanceo de reactancia inductiva es despreciable: no así para longitudes mayores de 100 Km en las cuales dicho fenómeno comienza a crear problemas de operación. La L.T Zimapán - Dañú, al tener una longitud menor de 100 Km, no requiere por consiguiente de transposición.

Los cálculos a desarrollar son los siguientes:

- a) Resistencia efectiva (R)
- b) Reactancia inductiva (Xl)
- c) Reactancia capacitiva (Xc)
- d) Cálculo eléctrico

Para lo anterior, se requiere conocer el conductor empleado, la longitud efectiva del cable y la configuración de las estructuras. Los cables conductores tienen un uso normalizado y se emplean como se indica en la tabla IV.1.

TABLA IV.1
USO NORMALIZADO DE CABLES CONDUCTORES

TIPO DE CONDUCTOR (MCM)	TENSION NOMINAL EN KV		
	400	230	115
1 1 1 3	*	*	
9 0 0		*	
7 9 5			*
4 7 7			*

El cálculo eléctrico se debe realizar para ambos conductores indicados en la tabla anterior para 230 KV (1113 BLUEJAY y 900 CANARY). Sus características eléctricas son las siguientes:

	BLUEJAY	CANARY
Corriente a 60 Hz (Amp)	1100	970
Resistencia eléctrica a 25°C y 60 Hz (Ω / Km)	0.0524	0.06339
RMG a 60 Hz (mm)	12.65	11.94
Diámetro (mm)	31.98	29.51
Radio (mm)	15.99	14.76

Posteriormente se hará una comparación técnica para determinar el conductor adecuado para ser instalado. Después del estudio preliminar de carga, se obtiene una carga " estimada " debido a un posible incremento futuro. Los datos de la carga a alimentar, son los que siguen:

Voltaje de recepción (V_R) 230 Kv trifásico
196 MW trifásico

IV.2 CALCULO CON CONDUCTOR 1113 HCN BLUEJAY.

a) Resistencia efectiva a 18°C.

De las características del cable conductor, se tiene una resistencia efectiva a 25°C. Esta debe rectificarse a la temperatura de 18°C con $\alpha=0.037$ para cables ACSR.

$$r=0.0524(1+\alpha(t-25))$$

$$r=0.0524(1+0.037(18-25))$$

$$r=0.0388\Omega/\text{Km}$$

para 83.08 Km.

$$R_T = 0.0388 (83.08) = 3.224 \Omega$$

b) Reactancia inductiva X_L .

Para este parámetro se emplea la siguiente ecuación:

$$X_L = 0.00289 f \text{LOG} \frac{DMG}{RMG} \dots \dots \dots ec1$$

$$DMG = \sqrt[3]{DMG_{AB} DMG_{BC} DMG_{AC}} \dots \dots \dots ec2$$

$$DMG_{AB} = \sqrt[4]{d_{ab} d_{ab} d_{ab} d_{ab}}$$

$$DMG_{AB} = \sqrt[4]{(6^4) (11.576^4)}$$

$$DMG_{AB} = 8.334M$$

$$d_{ab}6 = d_{ab}; d_{ab} = \sqrt{6^2 + 9^2} = d_{ab} = 11.576 \text{ m}$$

$$DMG_{BC} = \sqrt[4]{d_{bc}d_{bc}d_{cb}d_{cb}}$$

$$DMG_{BC} = \sqrt[4]{(6^2)(11.576^2)} = 8.334 \text{ m}$$

$$d_{bc} = d_{bc} = 6 \text{ m}; d_{bc} = d_{bc} = d_{ab} = 11.576 \text{ m}$$

$$DMG_{AC} = \sqrt[4]{d_{ac}d_{ac}d_{ac}d_{ac}}$$

$$DMG_{AC} = \sqrt[4]{(12^2)(9.9^2)} = 10.9 \text{ m}$$

$$d_{ac} = d_{ac} = 12 \text{ m}; d_{ac} = d_{ac} = 9.9 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación 2.

$$DMG = \sqrt[3]{(8.334)(8.334)(10.9)} = 9.114 \text{ m}$$

$$RMG = \sqrt[3]{RMG_A RMG_B RMG_C} \dots \dots \dots ec. 3$$

De la tabla de características de los cables, se tiene que el $rmg = 0.01265 \text{ m}$ para el 1113 ACSR BLUEJAY.

$$RMG_A = \sqrt[3]{rmg d_{aa}} = \sqrt[3]{(0.01265)(15.557)} = 0.444 \text{ m}$$

$$RMG_B = \sqrt[3]{rmg d_{bb}} = \sqrt[3]{(0.01265)(9.9)} = 0.354 \text{ m}$$

$$RMG_C = \sqrt[3]{rmg d_{cc}} = \sqrt[3]{(0.01265)(15.557)} = 0.444 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación 3.

$$RMG = \sqrt[3]{(0.444^3)(0.354)} = 0.412m$$

Aplicando la ecuación 1.

$$X_L = 0.00289(60) \text{Log} \frac{9.114}{0.412} = 0.233 \frac{\Omega}{Km}$$

Para una longitud de 83.08 Km.

$$X_{LT} = 19.373 \Omega$$

c) Reactancia capacitiva X_C .

Se aplicara la siguiente expresión.

$$X_C = \frac{6.596}{f} \text{Log} \frac{DMG}{RMG_C} \frac{2HMG}{\sqrt{4HMG^2 + DMG^2}}$$

Se tiene del cálculo anterior que $DMG = 9.114 m$.

$$RMG_A = \sqrt{r_{ext} d_{in}} = \sqrt{(0.01599)(15.557)} = 0.499m$$

$$RMG_B = \sqrt{r_{ext} d_{ab}} = \sqrt{(0.01599)(9.9)} = 0.398m$$

$$RMG_C = RMG_A$$

$$RMG_C = \sqrt[3]{(0.499)^3(0.398)} = 0.463m$$

Calculando la altura media geométrica (HMG).

$$HMG = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

donde

$$h = \text{Altura media} = h_1 - 0.7 f$$

La flecha se obtiene del cálculo mecánico del cable. Posteriormente se vera a fondo como se hace el cálculo. Como se sabe, el cálculo de la HMG se hace para tomar en cuenta el efecto a tierra de la línea. Esto se lleva a cabo cuando la separación de los conductores es aproximadamente igual a la altura existente entre el conductor más bajo y el terreno. Este no es nuestro caso, sin embargo lo tomaremos en cuenta aunque no influya notablemente en el cálculo debido a la configuración de estructuras que se muestra en la figura IV.1

$$f = 12.04 \text{ m a } 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_1 = 21.5 - 0.7(12.04) = 13.072 \text{ m}$$

$$h_2 = 27.5 - 0.7(12.04) = 19.072 \text{ m}$$

$$h_3 = 33.5 - 0.7(12.04) = 25.072 \text{ m}$$

$$HMG = \sqrt{(13.072)(19.072)(25.072)} = 18.421 \text{ m}$$

Calculando X_c .

$$X_c = \frac{6.596}{60} \text{ Log} \frac{(9.114)(2)(18.421)}{0.463\sqrt{4(18.421^2) + (9.114^2)}} = 0.141 \text{ M}\Omega\text{-Km}$$

$$X_c = (0.141)(1000000) / 83.08$$

$$X_c = 1697.159 \Omega$$

d) Cálculo eléctrico.

Se tiene una L.T de 230 KV, dos circuitos, un conductor por fase y una longitud de 83.08 Km; la frecuencia del sistema de 60 Hz.

Se tienen 230 KV en el extremo receptor y la potencia trifásica conectada a la línea es de 196 MW con un F.P de 0.9 en atraso. Se requiere calcular.

- d.1) Voltaje entre fases en el extremo generador.
- d.2) Corriente en el extremo generador.
- d.3) Potencia real y reactiva en el extremo generador.
- d.4) Regulación de tensión en la línea.
- d.5) Impedancia característica.

Cálculo de impedancia serie y admitancia.

$$Z = r + j X_L = 3.224 + j 19.373 = 19.639 \text{ cis } 80.552^\circ \Omega/\text{fase}$$

$$Y_C = 1 / X_C = 1/Z_1 = 5.892 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ \text{ mhos/fase}$$

Ecuaciones a emplear.

$$V_0 = V_R \cosh \sqrt{ZY} + I_R \sqrt{\frac{Z}{Y}} \sinh \sqrt{ZY} \dots \text{ec.4}$$

$$I_0 = I_R \cosh \sqrt{ZY} + V_R \sqrt{\frac{Y}{Z}} \sinh \sqrt{ZY} \dots \text{ec.5}$$

Calculando las constantes A, B, C y D de las ecuaciones.

$$\cosh \sqrt{ZY} = 1 + \frac{ZY}{2} = 1 + \frac{(19.639 \text{ cis } 80.552^\circ)(5.892 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ)}{2}$$

$$A = C = 0.994 \text{ cis } 0.055^\circ \text{ adimensional}$$

$$\sqrt{\frac{Z}{Y}} \sinh \sqrt{ZY} = Z \left(1 + \frac{ZY}{6}\right)$$

$$B = (19.639 \text{ cis } 80.552^\circ) \left(1 + \frac{(19.639 \text{ cis } 80.552^\circ)(5.892 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ)}{6}\right)$$

$$B = 19.602 \text{ cis } 80.570^\circ \Omega$$

$$\sqrt{\frac{Y}{Z}} \sinh \sqrt{ZY} = Y \left(1 + \frac{ZY}{6}\right) = (5.892 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ)(0.994 \text{ cis } 0.016^\circ)$$

$$D = 5.881 \times 10^{-4} \text{ cis } 90.018 \text{ mhos}$$

$$V_R = \frac{V_{RL}}{\sqrt{3}} = \frac{230000}{\sqrt{3}} = 132790.562 \text{ Volts}$$

$$Q_R = 196000 \tan(\arccos 0.9) = 94927.133 \text{ MVAR}$$

$$I_R = \frac{196000}{230\sqrt{3}} - \frac{94927.133}{230\sqrt{3}} = 492.003 - j238.295 = 546.673 \text{ cis } -25.843^\circ \text{ Amp}$$

Aplicando la ecuación 4.

$$V_O = 132790.562 (0.994 \text{ cis } 0.055^\circ) - (546.673 \text{ cis } -25.843^\circ) \\ (19.602 \text{ cis } 80.570^\circ)$$

$$V_R = 138466.687/1000 \text{ cis } 3.675^\circ \text{ KV}$$

d.1) Voltajes entre fases en extremo receptor.

$$V_{ABO} = \sqrt{3} (138.467) \text{ cis } (3.675^\circ + 30^\circ) = 239.831 \text{ cis } 33.67^\circ \text{ KV} \\ V_{BCR} = \sqrt{3} (138.467) \text{ cis } (3.675^\circ - 90^\circ) = 239.831 \text{ cis } -86.32^\circ \text{ KV} \\ V_{ACR} = \sqrt{3} (138.467) \text{ cis } (3.675^\circ + 150^\circ) = 239.831 \text{ cis } 153.67^\circ \text{ KV}$$

d.2) Corriente en extremo receptor.

Aplicando la ecuación 5.

$$I_O = 132790.562 (5.887 \times 10^{-4} \text{ cis } 90.018^\circ) + (546.673 \text{ cis } -25.843^\circ) \\ (0.994 \text{ cis } 0.055^\circ)$$

$$I_O = 514.225 \text{ cis } -17.930 \text{ Amperes}$$



Angulo F.P en generación $17.93^\circ + 3.67 = 21.6^\circ$
 Angulo de estabilidad 3.675°

d.3) Potencias en recepción y perdidas reales y reactivas.

Potencia aparente de recepción.

$$S_0 = V_0 I_0^* = (138.467 \text{ cis } 3.675^\circ) (514.225 \text{ cis } 17.930^\circ)$$

$$S_0 = 66.201 + 26.217 = 71.203 \text{ cis } 21.605^\circ \text{ MVA}$$

Potencia real trifásica de generación.

$$P_{03\phi} = 3 (66.201) = 198.602 \text{ MW}$$

Potencia reactiva trifásica de recepción.

$$Q_{03} = 3 (26.217) = 78.652 \text{ MVAR}$$

Factor de potencia en recepción.

$$F.P_0 = \cos 21.217^\circ = 0.930 \text{ en atraso}$$

Pérdida real trifásica.

$$P_{03\phi} - P_{23\phi} = 198.602 - 196 = 2.602 \text{ MW}$$

Pérdida reactiva trifásica.

$$Q_{\text{env}} - Q_{\text{rec}} = 78.652 - 94.93 = -16.278 \text{ MVAR}$$

Eficiencia de la línea.

$$\mu = \frac{P_{\text{env}}}{P_{\text{rec}}} \times 100 = \frac{196}{198.602} \times 100$$

$$\mu = 98.690 \%$$

d.4) Cálculo de la regulación de tensión.

Calculando voltaje de recepción en vacío V_{R0} , esto implica que $I_R = 0$.

$$V_G = V_{R0} \cosh \sqrt{\frac{Z}{s_1}} = V_{R0} A$$

$$V_{R0} = \frac{V_G}{A} = \frac{138466.665}{0.994}$$

$$V_{R0} = 139302.436 \text{ Volts}$$

$$\%R.T = \frac{V_{R0} - V_R}{V_R} \times 100 = \frac{139302.436 - 132790.562}{132790.562} \times 100$$

$$\%R.T = 4.904 \%$$

d.5) Cálculo de la impedancia característica.

La impedancia característica en líneas aéreas, será de 300 ohms para líneas con dos conductores por fase.

Esta se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{19.639}{5.892 \times 10^{-3}}} = 182.57 \Omega$$

IV.3. CALCULO CON CONDUCTOR 900 NCM CANARY.

a) Resistencia efectiva a 18°C.

Resistencia a 25°C = 0.06339 Ω /Km y corrigiendo por temperatura a 18°C, se tiene.

$$r = R_{25C} (1 + 0.037 (18 - 25)) = 0.0470 \Omega/\text{Km}$$

para 83.08 Km se tiene una resistencia efectiva total como sigue.

$$r_T = (83.08) (0.0470) = 3.902 \Omega / \text{fase}$$

b) Reactancia inductiva.

Debido a que se trata de la misma configuración de la estructura, DNG = 9.114 m

$$RMG = \sqrt[3]{RMG_A RMG_B RMG_C} = \sqrt[3]{(0.431^3) (0.344)} = 0.400m$$

$$RMG_A = \sqrt{(0.01194) (15.557)} = 0.431m$$

$$RMG_B = \sqrt{(0.01194) (9.9)} = 0.344m$$

$$RMG_C = \sqrt{(0.01194) (15.557)} = 0.431m$$

$$X_L = 0.00289 (60) (83.08) \text{Log} \frac{9.114}{0.400}$$

$$X_L = 19.558 / \text{fase}$$

c) Reactancia capacitiva.

Anteriormente se planteó esta ecuación, unicamente será necesario calcular a RMG, para emplearla. Se tiene además que:

$$HMG = 18.421 \text{ m}$$

para el conductor 900 MCM CANARY, se tiene que el diámetro externo es de 0.02951 m, por tanto su radio externo es de 0.01476 m.

$$RMG_A = \sqrt{(0.01476)(15.557)} = 0.479 \text{ m}$$

$$RMG_B = \sqrt{(0.01476)(9.9)} = 0.382 \text{ m}$$

$$RMG_C = \sqrt{(0.01476)(15.557)} = 0.479 \text{ m}$$

$$RMG_D = \sqrt{(0.479^2)(0.382)} = 0.444 \text{ m}$$

$$X_C = \frac{6.596}{60(83.08)} \text{Log} \frac{9.114}{0.444} \frac{2(18.421)}{\sqrt{4(18.421^2) + 9.114^2}}$$

$$X_C = 1719.432 \ \Omega / \text{fase}$$

d) Cálculo eléctrico.

Impedancia serie.

$$Z = 3.902 + j 19.558 = 19.943 \text{ cis } 78.717^\circ \ \Omega / \text{fase}$$

Cálculo de admitancia.

$$Y_C = 1/1719.432 = 5.816 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ \text{ mhos/fase}$$

Cálculo de constantes A, B, C y D de las ecuaciones.

$$A = C = 1 + \frac{(19.943 \text{ cis } 78.717^\circ)(5.816 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ)}{2}$$

$$A = C = 0.994 \text{ cis } 0.065^\circ \text{ adimensional}$$

$$B = (19.943 \text{ cis } 78.717^\circ) \left(1 + \frac{(19.943 \text{ cis } 78.717^\circ)(5.816 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ)}{6} \right)$$

$$B = 19.905 \text{ cis } 78.739^\circ \ \Omega$$

$$D = (5.816 \times 10^{-4} \text{ cis } 90^\circ) (0.998 \text{ cis } 0.022^\circ) \text{ mhos}$$

$$D = 5.804 \times 10^4 \text{ cis } 90.022^\circ$$

Del cálculo con cable BLUJAY, se tuvo lo siguiente.

$$V_R = 132790.562 \text{ Volts}$$

$$I_R = 546.673 \text{ cis } -25.843^\circ \text{ Amperes}$$

d.1) Cálculo de voltaje entre fases de generación.

$$V_G = (132790.562)(0.994 \text{ cis } 0.065^\circ) + (546.843 \text{ cis } -25.843^\circ) \\ (19.905 \text{ cis } 78.739^\circ)$$

$$V_G = 138839.122 \text{ cis } 3.646^\circ \text{ Volts}$$

$$V_{ABO} = \sqrt{3} (138.839) \text{ cis } (3.646^\circ + 30^\circ) = 240.059 \text{ cis } 33.64^\circ \text{ KV}$$

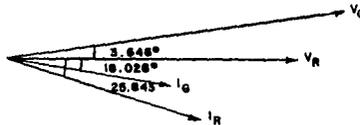
$$V_{BCO} = \sqrt{3} (138.839) \text{ cis } (3.646^\circ - 90^\circ) = 240.059 \text{ cis } -86.35^\circ \text{ KV}$$

$$V_{ACO} = \sqrt{3} (138.839) \text{ cis } (3.646^\circ + 150^\circ) = 240.059 \text{ cis } 153.64^\circ \text{ KV}$$

d.2) Cálculo de corriente en recepción.

$$I_G = 132790.562 (5.804 \times 10^4 \text{ cis } 90.022^\circ) + (546.673 \text{ cis } -25.843^\circ) \\ (0.994 \text{ cis } 0.065^\circ)$$

$$I_G = 514.549 \text{ cis } -18.028^\circ \text{ Amperes}$$



Angulo F.P en generación $18.028 + 3.646 = 21.674^\circ$
 Angulo de estabilidad 3.646°

d.3) Potencias en recepción y pérdidas reales y reactivas.**Potencia aparente de generación.**

$$S_G = (138.839 \text{ cis } 3.646) (514.551 \text{ cis } 18.028^\circ)$$

$$S_G = 65.389 + j 26.384 \text{ MVA}$$

Potencia real trifásica en generación.

$$P_{G_3} = 3 (66.389) = 199.167 \text{ MW}$$

Potencia reactiva trifásica en generación.

$$Q_{G_3} = 3 (26.384) = 79.153 \text{ MVAR}$$

Factor de potencia en generación.

$$F.P_G = \cos 21.674^\circ = 0.929^\circ \text{ en atraso}$$

Pérdidas reales.

$$199.167 - 196 = 3.167 \text{ MW}$$

Perdidas reactivas.

$$79.153 - 94.93 = - 15.777 \text{ MVAR}$$

Eficiencia de la línea.

$$\mu = \frac{196}{199.167} \times 100$$

$$\mu = 98.410 \%$$

d.4) Regulación de tensión.

$$V_{R0} = \frac{V_0}{A} = \frac{138839.122}{0.994}$$

$$V_{R0} = 139677.185 \text{ VOLTS}$$

$$\% R.T = \frac{139677.185 - 132790.562}{132790.562} \times 100$$

$$\% R.T = 5.186 \%$$

d.5) Cálculo de la impedancia característica.

La impedancia característica para este cable será:

$$Z_c = \sqrt{\frac{19.558}{5.816 \times 10^{-4}}} = 183.38 \Omega$$

IV.4 SELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

OBSERVACIONES.

La siguiente table muestra los parámetros que se deben tomar en cuenta para la selección del cable conductor adecuado.

CABLE	ANGULO DE ESTABILIDAD	PERDIDAS REALES (MW)	RENDIMIENTO †	REGUL. DE TENSION ‡	IMP. CARAC.
BLUEJAY	3.675°	2.602	98.690	4.904	182.57
CANARY	3.646°	3.167	98.410	5.186	183.38

Como puede verse en la tabla anterior, ambos cables tendrán brindar una buena operación de la línea. El ángulo de estabilidad está por debajo de los 5° que es el patrón para este parámetro, además de bajas pérdidas. Tal vez en la regulación de tensión, el conductor 900 CANARY, está arriba del 5 % que el margen establecido para operación. Por otra parte, la impedancia característica está por debajo de los 300 siendo mayor en el conductor 900 CANARY.

Técnicamente hablando, el cable 1113 BLUEJAY presenta mejores condiciones de operación pero desde el punto de vista económico, se tomó la decisión de emplear el conductor 900 CANARY y el Departamento de Operación hará los ajustes necesarios para disminuir la regulación de tensión.

IV.5 COORDINACION DE AISLAMIENTO.

La coordinación de aislamiento es el conjunto de disposiciones tomadas para que los materiales eléctricos de una misma instalación tengan un margen de seguridad apropiado respecto a las sobretensiones y que las descargas de arco puedan ser ubicadas en puntos donde no originen daños. En la práctica, se basa en la correlación necesaria entre la rigidez dieléctrica del equipo, las sobretensiones supuestas y características de los dispositivos de protección.

Esta coordinación de aislamiento es entonces para protección contra sobretensiones las cuales pueden ser de diferente naturaleza:

- Externa - Estas se presentan por descargas atmosféricas (rayos) y es la de mayor importancia debido a que tienen las mayores magnitudes.
- Interna - Estas son debidas a las maniobras de interruptores.

La coordinación de aislamiento se refiere solamente al proyecto de aislamiento de la L.T Zimapán - Dañú en sus cadenas de aisladores. Se desarrollará este proyecto paso a paso el cual es general para cualquier línea así como criterios de decisión para determinar el aislamiento adecuado.

IV.5.1 TRAMOS.

Una vez determinada la trayectoria de la línea y plasmada en el plano general de planta, se requiere determinar el número de tramos.

Un tramo es la cantidad de segmentos que bajo ciertas características regionales se puede dividir una línea. Se requiere tanto del plano general de planta como de los niveles sobre el nivel del mar, regiones por las que pasa la línea para obtener el número de tramos ya que este se refiere a las variaciones de los siguientes factores:

- 1) Temperaturas máxima, media y mínima.
- 2) Velocidades del viento.
- 3) Precipitación media anual y en 24 Hrs.
- 4) Concentración de contaminantes.
- 5) Humedad relativa.

Haciendo uso del " ATLAS DEL AGUA DE LA REPUBLICA MEXICANA ", se observan estos parámetros en sus respectivas secciones; en los incisos 1), 2), 3) y 5) no hay variaciones entre los municipios de Zimapan y Huichapan ambos en el estado de Hidalgo.

Por lo que respecta al inciso 4), se trata de una región de actividad industrial nula, es solamente de cultivo y por lo tanto no se tienen variaciones de contaminación.

Con lo anterior que más adelante se verá con detalle, se llega a la conclusión que se tiene que se analizará un tramo. Hay casos de líneas en los cuales según el Atlas del agua de la república mexicana pasa por diferentes regiones donde cambia alguno o todos los parámetros anteriores, en este caso debe hacerse un estudio para cada tramo y se tendrá el siguiente criterio:

- 1) Si al finalizar el estudio la diferencia entre cadenas es mínima, se considera un solo tramo con las condiciones de la región más desfavorable o que requiera mayor cantidad de aisladores.
- 2) De no ser así se respetará el aislamiento para cada tramo.1

IV.5.2 ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

Este trabajo corresponde a los ingenieros topógrafos. Estos deben proporcionar la siguiente información.

- 1) Altura máxima.
- 2) Altura mínima.
- 3) Altura media.

En el proyecto de aislamiento se toma la altura de diseño como la altura máxima. De cualquier forma se puede hacer un diagrama sintetizado de la trayectoria de la línea tomándose la altura a cada 10 Km. De este diagrama se pueden obtener los datos de altura necesarios. En la figura IV.2, se muestra el perfil simplificado de la línea.

Altura máxima. Como se mencionó anteriormente, la altura máxima es la que aparece con mayor frecuencia. En este caso se presenta en la parte comprendida entre los kilómetros 70 y la bahía de Dañd.

$$H_{\max} = 2400 \text{ m.s.n.m}$$

Altura mínima. Evidentemente se tiene en el punto pivote (PP).

$$H_{\min} = 1720 \text{ m.s.n.m}$$

Altura media. Esta altura no se refiere a una altura promedio, se refiere a la altura a la mitad de la línea o cerca de este punto.

$$H_{\text{med}} = 2100 \text{ m.s.n.m}$$

IV.5.3. AISLADORES EMPLEADOS POR C.F.E.

La Comisión Federal de Electricidad, por razones de economía solo emplea dos tipos de aisladores; estos son los siguientes:

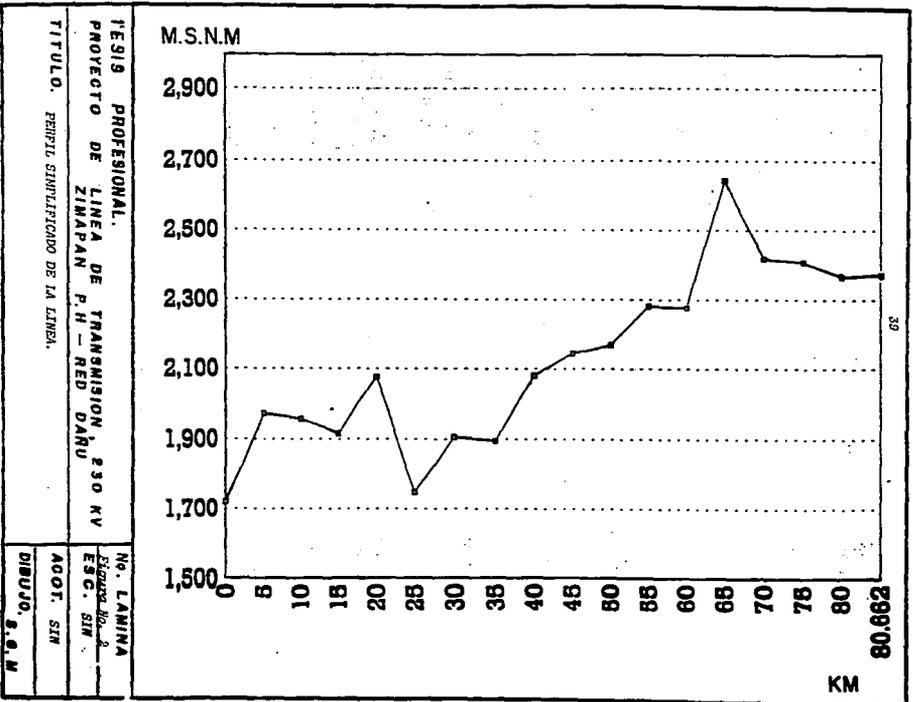
- 1) Aislador tipo standard.
- 2) Aislador tipo niebla.

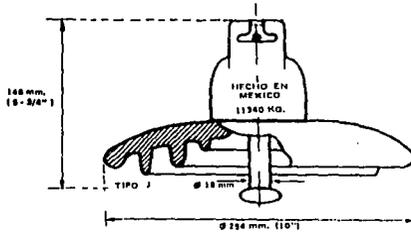
Para los requerimientos de C.F.E, estos dos aisladores económicamente hablando son los más accesibles. En cuanto a carga para cada conjunto de herrajes de tensión y suspensión, también están normalizados cada elemento con su peso y el aislador de 25,000 Lbs es suficiente para soportar esta carga mecánica.

La figura IV.3 a y b muestran las características de estos aisladores junto con sus dimensiones.

RESISTENCIA COMBINADA ELECTROMECHANICA. Se define como el esfuerzo de tracción axial que aplicado al aislador sometido al mismo tiempo a una tensión eléctrica a la frecuencia industrial del 90% de la tensión crítica de iniciación del arco en seco que determina la perforación eléctrica y rotura mecánica del aislador.

RESISTENCIA DE CARGA SOSTENIDA - TIEMPO. Se define como el máximo esfuerzo de tensión axial que el aislador puede soportar durante 24 Hrs consecutivas sin romperse ni perforarse en una sucesiva prueba eléctrica en la cual los aisladores se ven sometidos durante 5 minutos a una tensión a la frecuencia





DATOS TECNICOS	SISTEMA			
	METRICO		INGLES	
	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
PROPIEDADES MECANICAS				
RESISTENCIA COMBINADA ELECTROMEC.	11340	KG	25000	LBS
CARGA DE TRABAJO A LA TENSION	5670	KG	12500	LBS
RESISTENCIA DE CARGA SOSTENIDA - TIEMPO	6804	KG	15000	LBS
RESISTENCIA AL IMPACTO	460	KG-CM	400	LBS-PIED
PROPIEDADES ELECTRICAS				
FLAMEO EN SECO A BAJA FRECUENCIA	80	KV	80	KV
FLAMEO EN HUMEDO A BAJA FRECUENCIA	50	KV	50	KV
FLAMEO AL IMPULSO POSITIVO	125	KV	125	KV
FLAMEO AL IMPULSO NEGATIVO	130	KV	130	KV
TENSION DE PERFORACION	130	KV	130	KV

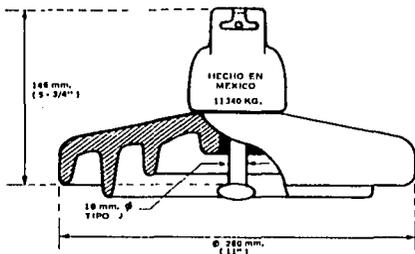
TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

No. LAMINA
Figura IV. 3 a
ESC. SIN

TITULO. AISLADOR TIPO STANDARD CA - 501

ACOT.
 mm y pulg.

DIBUJO.
 S.G.M



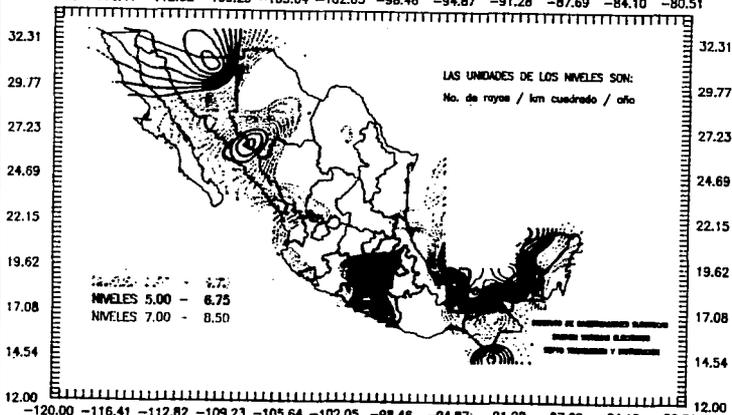
DATOS TECNICOS	SISTEMA			
	METRICO		INGLES	
	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
PROPIEDADES MECANICAS				
RESISTENCIA COMBINADA ELECTROMEC.	11340	KG	25000	LBS
CARGA DE TRABAJO A LA TENSION	5670	KG	12500	LBS
RESISTENCIA DE CARGA SOSTENIDA - TIEMPO	6604	KG	15000	LBS
RESISTENCIA AL IMPACTO	460	KG-CM	400	LBS-PIEG
PROPIEDADES ELECTRICAS				
FLAMEO EN SECO A BAJA FRECUENCIA	100	KV	100	KV
FLAMEO EN HUMEDO A BAJA FRECUENCIA	60	KV	60	KV
FLAMEO AL IMPULSO POSITIVO	140	KV	140	KV
FLAMEO AL IMPULSO NEGATIVO	130	KV	130	KV
TENSION DE PERFORACION	130	KV	130	KV

TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA Figura IV. 3 b ESC.
	SIII ACOT. m y pulg. DIBUJO. S. G. M
TITULO. AISLADOR TIPO NIEBLA CA-825	

MAPA DE DRT PRELIMINAR PROMEDIO 1983-1992

LONGITUD

-120.00 -116.41 -112.82 -109.23 -105.64 -102.05 -98.46 -94.87 -91.28 -87.69 -84.10 -80.51



LONGITUD

-120.00 -116.41 -112.82 -109.23 -105.64 -102.05 -98.46 -94.87 -91.28 -87.69 -84.10 -80.51

TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION A 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO.

NAMA DE LA REPUBLICA MEXICANA PARA OBTENER DEF.

NO. LAMINA
 SEGUNDO IV 4
 ESC. SIN
 AGOT. SIN
 DRUJO. 9.9 M

industrial no inferior al 95% del valor que determina las descargas superficiales.

TENSION DE FLAMEO EN SECO O EN HUMEDO A BAJA FRECUENCIA. Se define como la máxima tensión a frecuencia industrial que un aislador puede soportar en seco o bajo lluvia durante un minuto sin la iniciación del arco eléctrico o perforación.

TENSION DE PERFORACION A BAJA FRECUENCIA. Se define como la tensión a la frecuencia industrial que es necesaria aplicar a un aislador completamente sumergido en aceite para provocar la perforación.

TENSION DE FLAMEO AL IMPULSO. Se define como la tensión al impulso que aplicado a un aislador determina la iniciación del arco en el 50% de los impulsos aplicados.

IV.5.4. CALCULO ELECTRICO DEL AISLAMIENTO.

Se requiere primeramente de los siguientes datos meteorológicos.

- a) Alturas.
- b) Temperatura.
- c) Humedad relativa.
- d) Precipitación pluvial.
- e) Densidad de rayos a tierra.

- a) Alturas.

Estas ya fueron mencionadas.

$$\begin{aligned} H_{\max} &= 2400 \text{ m.s.n.m} \\ H_{\text{med}} &= 2100 \text{ m.s.n.m} \\ H_{\min} &= 1720 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

- b) Temperaturas.

Se requieren de tres temperaturas, a saber temperatura máxima, media y mínima aunque solamente se emplea la temperatura máxima para el cálculo.

$$\begin{aligned} T_{\max} &= 40^{\circ}\text{C} \\ T_{\text{med}} &= 0^{\circ}\text{C} \\ T_{\min} &= 18^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

- c) Humedad relativa.

Un volumen determinado de aire contiene como máximo una cantidad precisa de agua para cada determinada temperatura. Es común expresar esto indicado en gramos o milímetros de tensión la cantidad de agua contenida en un metro cúbico o fijando el porcentaje que representa la cantidad de agua que existe en un metro cúbico en relación con la máxima cantidad que a esa

temperatura es posible que la atmósfera contenga; a este valor expresado en por ciento se le conoce con el nombre de " Humedad relativa ".

$$H_r = 50 \%$$

d) Precipitación pluvial.

Convencionalmente se mide la cantidad de lluvia que cae sobre un lugar determinado sobre la superficie de la tierra; suponiendo que el suelo fuese lo suficientemente impermeable y plano para impedir que el agua corriera, por el almacenamiento producido cuyo espesor es medido en milímetros, expresa la cantidad de agua que se precipita en un periodo preciso de tiempo que puede ser un día, mes, año. Para una coordinación de aislamiento se toma a un año y a 24 Hrs.

Anual	700 mm
24 Hrs	150 mm

e) Densidad de rayos a tierra (DRT).

Esta se refiere a la cantidad de posibles rayos que se presentan en un kilómetro cuadrado anualmente, según la figura IV.4, se tiene la siguiente lectura.

$$DRT = 2.75 \text{ rayos /Km}^2 / \text{año}$$

IV.5.4.1. AISLAMIENTO POR IMPULSO.

VOLTAJE MAXIMO. También llamado tensión máxima de diseño del equipo (V_d). Este es la tensión eficaz entre fases más elevado para el cual está diseñado el equipo respecto a su aislamiento y otras características asociadas con la tensión.

Según la tabla IV.2, se tiene esta tensión la cual para nuestro caso es de 245 KV correspondiente a 320 KV.

NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO (NBI). Este parámetro es la tensión de aguante nominal de impulso de fase a tierra en KV de cresta. El NBI representa una descarga súbita de tensión de gran magnitud, es decir un impulso. En la tabla IV.2, se tienen varios valores de NBI para las diferentes tensiones. La selección del NBI depende del grado de protección que se tenga en el sistema. En la filosofía de coordinación de aislamiento se supone que la línea NO está protegida y con ello se elige el mayor NBI el cual será de 1050 KV.

Otro factor por tomar en cuenta es el llamado " TENSION CRITICA DE FLAMEO (TCF)". Este concepto se designa como la tensión crítica de flameo a la tensión obtenida en forma experimental que presenta una probabilidad de flameo del 50%. La relación entre la TCF y el NBI para una probabilidad de falla del 10% está dada en forma experimental por la siguiente expresión:

$$NBI = 0.96 \text{ TCF}$$

En las normas se calcula el valor de la tensión crítica de flameo a partir del nivel básico de aislamiento por impulso a nivel del mar, esto es:

$$TCF_{\text{Nivel del mar}} = \frac{NBI}{0.96}$$

por lo tanto

$$TCF_{\text{Nivel del mar}} = \frac{1050}{0.96} = 1093.75 \text{KV}$$

Al decir que se tiene una TCF a nivel del mar, es obvio pensar que se debe hacer una corrección por altitud. La justificación de esto es la que sigue:

Supongamos que se tiene un cilindro de diámetro arbitrario y de un metro de largo el cual esta compuesto de aire tal como se muestra en la figura IV.5. Este cilindro tiene dos comportamientos.

- 1) A nivel del mar, el aire tiene una densidad, es decir, tiene una presión tal que la energía necesaria para liberar los electrones es de cierta magnitud. En este caso se tiene una $TCF_{\text{Nivel del mar}}$.
- 2) Al tener una altura sobre el nivel del mar, es decir al transportar el mismo cilindro de aire arriba del nivel del mar, la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura y por tanto su presión será menor de tal forma que se requiere de menos energía para liberar electrones y crear un posible flameo.

Con lo anterior, lo que se quiso dar a entender es que la energía que induce una $TCF_{\text{Nivel del mar}}$ no produce falla o más bien se tiene un 10% de probabilidad de falla; pero para una altura sobre el nivel del mar, debido a que se requiere de menor energía para liberar electrones, la energía de una $TCF_{\text{Nivel del mar}}$ dará lugar a una probabilidad de flameo mayor del 10% haciendo que el aislador

TENSION NOMINAL DEL KV	TENSION MAXIMA DE DISEÑO. KV	NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO (NBI) DE FASE A TIERRA KV (CRESTA)	NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO (NBI) DE FASE A FASE KV (CRESTA)
69	72.5	325 350	325 350
115	123	450 550	450 550
138	145	450 550 650	550 650 650
161	170	650 650 750	550 650 750
230	245	850 750 850 950 1050	750 850 950 1050 1150

TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DAÑU

No. LAMINA

Tabla IV. 2

ESC.

SIN

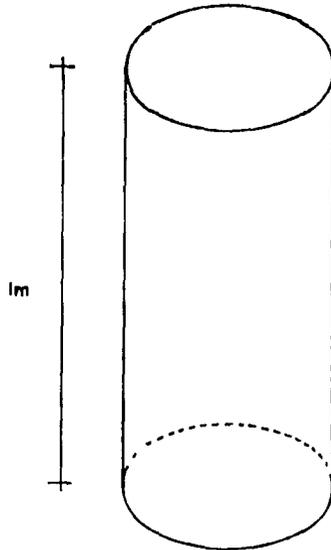
TITULO. TABLA DE NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO (NBI)
 PARA DIFERENTES TENSIONES DE OPERACION.

ACOT.

SIN

DIBUJO.

S. G. M



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H — RED DARU	No. LAMINA Figura IV. 5
	ESC. SIN
TITULO. CILINDRO COMPUESTO DE AIRE PARA ESTUDIO DEL EFECTO POR ALTURA SOBRE NIVEL DEL MAR.	ACOT. METROS
	DIBUJO. S. G. N

pierda sus propiedades dieléctricas.

Es aquí donde se introduce el " FACTOR DE CORRECCION POR ALTITUD (k_a) ", el cual se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$k_a = e^{\frac{H_{max}}{4150} \left(\frac{273 + t_0}{273 + t_{med}} \right)}$$

$$k_a = e^{\frac{2400}{4150} \left(\frac{273 + 20}{273 + 18} \right)} = 1.35$$

donde

k_a - factor de corrección por altitud.

H_{max} - altura máxima de la línea.

t_0 - temperatura de control (20°C)

t_{med} - Temperatura media de la línea.

por otra parte, en cuanto a la humedad no es lo mismo trabajar a nivel del mar que a cierta elevación. Es por esto que se emplea un " FACTOR DE CORRECCION POR HUMEDAD (k_h) ". El proceso para obtener dicho factor se describe a continuación.

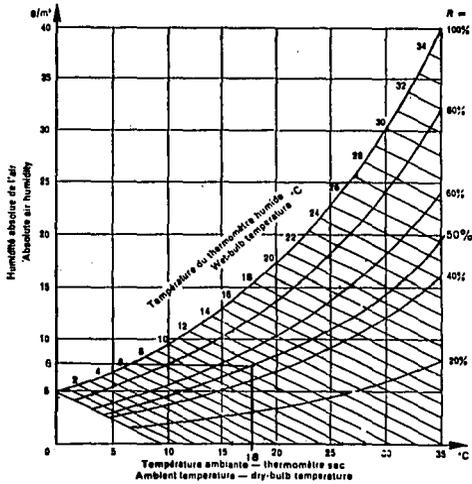
De la tabla psicométrica y con la humedad relativa del 50% además de la temperatura media 18°C, se obtiene la HUMEDAD ABSOLUTA. Esto se muestra en la figura IV.6. En esta gráfica, se tiene una humedad absoluta de 8 g/m³.

Con la humedad absoluta se emplea la gráfica de la figura IV.7 para obtener el factor de corrección por humedad k_h . En esta gráfica se tienen dos curvas a y b. Para coordinación de aislamiento y puesto que se trata de un estudio por impulso, se emplea la curva b para impulso de rayo y se tiene el valor buscado.

$$k_h = 1.025$$

Obtenidos k_a y k_h se puede calcular la TCF corregida tanto por altitud como por humedad.

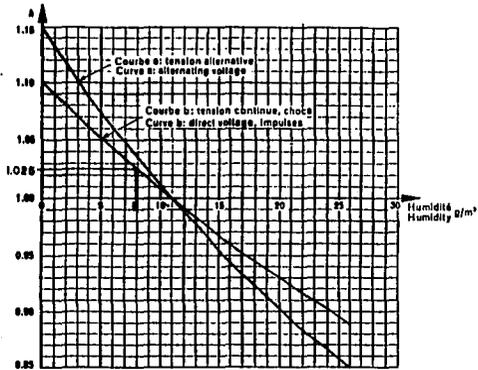
$$TCF_{corregida} = \frac{TCF_{normal} k_a}{k_h}$$



TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DAU

TITULO. TABLA PSICOMETRICA

No. LAMINA
 Figura IV. a
 ESC. SIN
 ACOT. SIN
 DIBUJO.
 S. G. M



TÉSIS PROFESIONAL.

**PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DANU**

**TITULO. GRAFICA PARA OBTENER FACTOR DE CORRECCION POR
HUMEDAD K_h**

**No. LAMINA
Figura IV. 7**

ESC. SIN

ACOT. SIN

DIBUJO. S. G. M

donde las variables han sido descritas antes y para nuestro caso.

$$TCF_{\text{correctada}} = \frac{(1093.75)(1.35)}{1.025} = 1440.55KV$$

Esta es la tensión REAL que deben soportar los aisladores para conservar un 10% de probabilidad de falla. Con esta tensión de flameo, se procede a determinar la cantidad necesaria de aisladores.

Para el aislamiento por impulso, se emplea el aislador tipo standard cuyo número de código es CA - 501 EC. Según la tabla IV.3 con 1440.55 KV y en la columna de una señal de impulso como datos de entrada se llega a la siguiente solución.

SE REQUIERE DE 17 AISLADORES TIPO STANDARD PARA AISLAMIENTO
POR IMPULSO

SOLUCION 1

IV.5.4.2 AISLAMIENTO POR CONTAMINACION.

Al hablar de un aislamiento por contaminación, se refiere a la cantidad de sales corrosivas depositadas en alguna región.

No es posible saber con exactitud que cantidad de cada tipo de sal existe en un lugar de modo que el estudio se hace en base a un DESD (DENSIDAD EQUIVALENTE DE SALES DEPOSITADAS).

El DESD es un promedio de la cantidad de todas las posibles sales existentes a la sal más corrosiva, esta es el cloruro de sodio.

El DESD es mayor en las costas, su efecto en los aisladores consiste como sigue. En la costa, estas partículas de sales viajan por el aire de tal modo que se impregnan en los aisladores tanto en la superficie superior como en la inferior (o en el interior de la campana) como se muestra en la figura IV.8.

Cuando llueve, las partículas sobre la superficie superior resbalan aunque no en su totalidad, no así las que se hayan en la superficie inferior ; estas últimas al pasar el tiempo se convierten en pequeños caminos de baja resistencia circulando por estos pequeñas corrientes y este efecto es el que se debe evitar o reducir a magnitudes despreciables.

Lo anterior es referente a " contaminación marina " pero además de esta existen otras fuentes de contaminación por ejemplo

No. of Tests	36" x 36" 324 cm x 324 cm												36" x 36" 324 cm x 324 cm												36" x 36" 324 cm x 324 cm											
	Average Values				Minimum Values				Average Values				Minimum Values				Average Values				Minimum Values															
	From Bolt Frequency Hz	ME (K-Mod) Stiffness kN/m																																		
1	60	80	110	120	20	40	60	110	120	80	20	110	120	10	100	110	120	80	80	110	120															
2	110	80	130	140	130	70	110	120	100	90	110	120	110	100	110	120	110	110	120	110	110															
3	100	110	110	120	100	110	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
4	110	100	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
5	100	100	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
6	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
7	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
8	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
9	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
10	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
11	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
12	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
13	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
14	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
15	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
16	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
17	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
18	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
19	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
20	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
21	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
22	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
23	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
24	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															
25	110	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110															

TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. CARACTERISTICAS DE LA CADENA DE AISLADORES AL
 IMPULSO.

No. LAMINA
 Tabla IV, 3
 ESC. SIN

ACOT. SIN

DIBUJO.
 S.G.M

industrial. Estas dos son tipos de contaminación distintas. Al menos para contaminación marina, después de 50 Km de la costa esta es despreciable o nula por completo y solo queda la contaminación industrial pero esta se tomaría en cuenta en caso que la línea pasara por alguna de estas fuentes de contaminación o en el último de los casos que pasara por alguna zona urbana.

Mientras la línea pase por zonas rurales donde no exista ni industria ni costa, se puede tomar un DESD de 0.03 mg/cm². Para la L.T Zimapán - Dañú la cual pasa por zonas rurales así como campos de cultivo tomará lo dicho anteriormente.

$$\text{DESD} = 0.03 \text{ mg / cm}^2$$

Con este valor de DESD, se hará el estudio de aislamiento con aisladores standard y niebla y se decidirá cual de los dos nos conviene. En la figura IV.9 se puede leer la tensión de aguante para el nivel de contaminación por DESD por unidad dado en KV/unidad.

Empleando el aislador standard CA - 501, se tiene 11.9 KV/unidad. Ahora el número de aisladores se calcula con la siguiente expresión.

$$\text{No. aisladores} = \frac{KV_{\text{max}} \cdot 1.1}{\sqrt{3} \text{KV/unidad}}$$

donde K_{max} - Tensión máxima de diseño
1.1 - Margen de seguridad del 10%

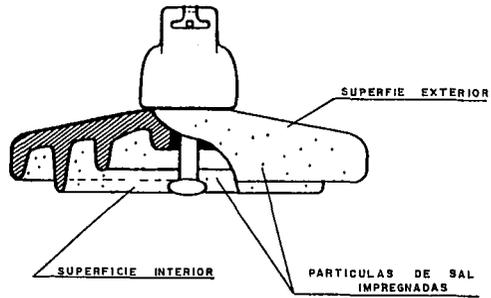
$$\text{No. aisladores} = \frac{(245)(1.1)}{11.9\sqrt{3}} = 13.05$$

14 AISLADORES TIPO STANDARD

SOLUCION 2

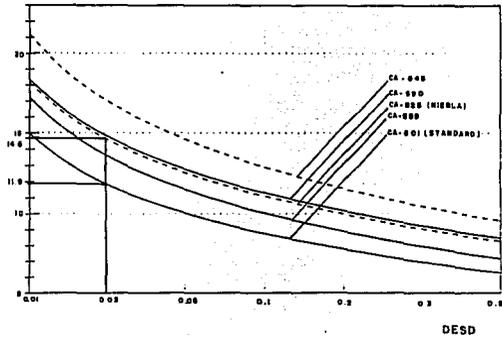
Empleando el aislador tipo niebla con número de código CA - 875, se tiene de la misma figura IV.9 14.8 KV/unidad.

$$\text{No. aisladores} = \frac{(245)(1.1)}{14.8\sqrt{3}} = 10.513$$



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑO	No. LAMINA Figura IV. 8
	ESC. SIN
TITULO. EFECTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CONTAMINACION SOBRE UN AISLADOR.	ACOT. SIN
	DIBUJO. S. G. M

VOLTAJE DE DISEÑO, KV/UNIDAD



TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 220 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. VOLTAJE DE AGUANTE DE DIFERENTES AISLADORES EN
 FUNCION DE LA CONTAMINACION LOCAL

No. LAMINA
FIGURA IV. 2
ESC. SIN

ACOT. SIN

DIBUJO.
S.S.M

11 AISLADORES TIPO NIEBLA

SOLUCION 3

Comparando las soluciones 2 y 3, se opta por el aislador niebla puesto que emplea menor cantidad de unidades. Por lo tanto se llega a la siguiente conclusión de aislamiento por contaminación.

SE REQUIERE DE 11 AISLADORES TIPO NIEBLA PARA AISLAMIENTO
POR CONTAMINACION

SOLUCION 4

Ahora comparando las soluciones 1 y 4, se debe emplear la solución 1 debido a que requiere mayor cantidad de aisladores ya que si se aplica la solución 4 o inclusive la 2, lo más probable es que falle el aislamiento al presentarse una descarga atmosférica.

En resumen, para el cálculo eléctrico del aislamiento se tiene la siguiente tabla.

	RESUMEN DE AISLAMIENTO	
	CADENA DE SUSPENSION	CADENA DE TENSION
TIPO AISLADOR	STANDARD	STANDARD
No. UNIDADES	17	17
TIPO ARREGLO	I I	— —

El estudio de coordinación de aislamiento no solo termina en la determinación del tipo y cantidad de aisladores para las cadenas.

Al ensamblar los aisladores para formar una cadena, se forma una longitud dieléctrica la cual debe ser comparada con la SILUETA ELECTRICA DE LAS ESTRUCTURAS.

Una silueta eléctrica es el dimensionamiento de las distancias dieléctricas en aire que deben guardar los conductores principalmente en las crucetas. En el capítulo V se muestran los diagramas de las estructuras y se observa que la máxima longitud de la cadena de aisladores es de 2.71 m por una parte; por otra se tiene el RADIO DIELECTRICO cuyo centro es precisamente la clema de suspensión, este radio es de 2.7 m y finalmente se tiene un desvío de la cadena de aisladores respecto a la vertical de 30° como máximo cuyo radio dieléctrico es como máximo de 2.5 m. La figura IV.10 muestra este detalle.

La longitud de la cadena es la que sigue:

17 aisladores con 146 mm de altura, la cadena mide entonces

$$\frac{(17)(146)}{1000} = 2.48m$$

Esta distancia es menor que 2.71 m en posición vertical y que 2.5 m a una inclinación de 30° por lo tanto no habrá problema de falla a tierra.

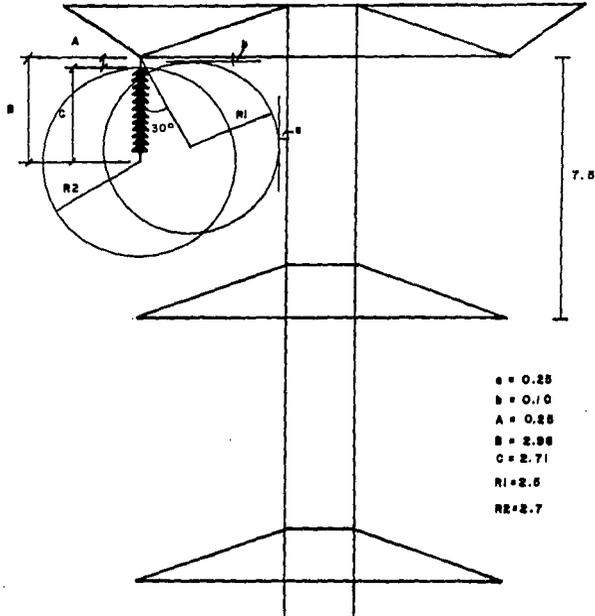
¿Que sucedería si esta distancia fuera mayor que la indicada?

Al trazar el círculo con radio 2.7 m en la posición vertical o 2.5 m a 30° respecto a la vertical, estos círculos "chocarán" con la estructura indicando una falla a tierra en la línea. En este caso deberá hacer el estudio de aislamiento con algún otro tipo de aislador de tal manera que se tenga una cadena de longitud menor o el diseño de otra silueta eléctrica.

IV.5.5 CALCULO MECANICO DEL AISLAMIENTO.

Calculadas las cadenas de aisladores desde el punto de vista eléctrico, es necesario comprobar si mecánicamente el coeficiente de seguridad no será inferior a 3 tal como lo especifica la norma respectiva.

El cálculo mecánico del aislamiento es mucho más sencillo que el eléctrico, solo es necesario conocer las características principales del cable a emplear así como la tensión mecánica de operación en el mismo en su condición crítica de carga. Por otra parte, se requiere conocer el peso de cada uno de los herrajes para formar los conjuntos de suspensión y tensión; y por supuesto la tensión de ruptura del aislador; esta debe ser tensión combinada



- a = 0.25
- b = 0.10
- A = 0.25
- B = 2.98
- C = 2.71
- R1 = 2.5
- R2 = 2.7

TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

No. LAMINA
 Figura IV. 10
ESC.
 1:100

TITULO. SILUETA ELECTRICA DE LAS ESTRUCTURAS PARA VERIFICAR
 LA INEXISTENCIA DE UNA POSIBLE FALLA MONOFASICA.

ACOT. Metros

DIBUJO. S. G. M

electromecánica del aislador.

CADENA DE SUSPENSION.

Cargas normales.

- Peso de una fase simplex
claro de 390 m(1.723)(390) = 671.97 Kg
 - Sobrecarga de la capa de hielo
en el mismo claro(0.652)(390) = 254.28 Kg
 - Peso de 17 aisladores tipo
standard(17)(3.5) = 59.50 Kg
 - Peso de los herrajes 5.71 Kg
- T O T A L 991.46 Kg

NOTA: Los datos del peso de la capa de hielo fue tomado del capítulo VII. El peso del conjunto de suspensión es la suma de cada uno de los elementos mostrados en el capítulo XI.

Como la carga de ruptura combinada electromecánica del aislador es de 11340 Kg, el coeficiente de seguridad mecánica será de:

$$\frac{11340}{991.46} = 11.44 > 3$$

Cargas anormales.

Por norma de C.F.E, el 50 % de la tensión máxima del cable estando este roto en L.T de uno u dos conductores por fase.

$$(0.50)(3946.72) = 1973.36 \text{ Kg}$$

el coeficiente de seguridad será:

$$\frac{11340}{1973.36} = 5.75 > 3$$

CADENA DE TENSION.**Cargas normales.**

- Peso de una fase simplex en claro de 390 m	671.97 Kg
- Sobrecarga de la capa de hielo en el mismo claro	254.28 Kg
- Peso de 17 aisladores tipo standard	59.50 Kg
- Peso del conjunto de herrajes	8.08 Kg
T O T A L	997.33 Kg

el coeficiente de seguridad será como sigue:

$$\frac{11340}{997.33} = 11.37 > 3$$

Cargas anormales.

Se aplica el mismo criterio que para la cadena de suspensión.

$$5.75 > 3$$

Como puede observa, el coeficiente de seguridad mecánica en cargas normales es mucho mayor de 3; esto es debido a que se emplea un conductor por fase. Este coeficiente se reduce cuando se tienen dos conductores por fase como sucede en las líneas de 400 KV.

CAPITULO V
CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS
A EMPLEAR Y CASOS ESPECIALES DE
LOCALIZACION

CAPITULO V.**V.1 TIPOS Y CODIFICACION DE ESTRUCTURAS.**

Las estructuras como se sabe, constituyen el soporte mecánico de las líneas y económicamente hablando representan la mayor inversión. En México se construyen principalmente de acero o concreto armado para transmisión y subtransmisión respectivamente.

Las estructuras autoportadas forman prácticamente la totalidad de las estructuras empleadas en líneas de alta tensión. Su nombre se debe a que mecánicamente no requiere de apoyos adicionales para trabajar como elementos sujetos a esfuerzos de tensión y compresión debidos a cargas de conductores, aisladores y elementos externos como presión de viento y sobrecarga de hielo (si lo hay) además del tensado normal del montaje.

Las dimensiones de estas estructuras son variables y dependen de los siguientes factores:

- a) Tipo de terreno (plano, promontorios y/o accidentado)
- b) Distancia interpostal (distancia media entre estructuras o claro medio horizontal).
- c) Función de la estructura. Lo que determina el tipo puede ser.
 - c.1) Suspensión.
 - c.2) Tensión.
 - c.3) Remáte.
 - c.4) Transposición.

La gran mayoría de las estructuras como se mencionó son del tipo autoportadas de celosía de las llamadas de suspensión. Las estructuras de tensión se emplean en menor número para cambio de dirección, cruzamientos y zonas donde se tiene grandes desniveles.

Las estructuras de remate se emplean en la salida y llegada de las subestaciones, estas siempre trabajan a tensión. Estas se pueden emplear también en algunos casos especiales.

Las estructuras de transposición tienen un diseño similar a las de suspensión y se aplican para alternar la posición de los conductores para equilibrar la autoinducción. Se emplean poco en las líneas y en cierto modo su uso depende de la longitud de la línea.

Se cuenta entonces con la siguiente codificación para las estructuras de acuerdo con las necesidades de C.F.E. Para el caso de transmisión en 230 KV los modelos de estructuras son los siguientes:

2S2, 2B2, 2M2, 2X2, 2Y2, 2Z2, 2R2, 2X1

Esta nomenclatura que consta de tres caracteres se lee como sigue.

- a) El primer caracter "numérico" indica la tensión eléctrica a la cual opera la línea.

No.	TENSION (KV)
4	400
2	230
1	115

- b) El segundo caracter "alfanumérico" indica el uso de la estructura como sigue.

S - Estructura básica de suspensión empleada en altitudes menores a 1500 m.s.n.m.

M - Estructura básica de suspensión empleada en altitudes mayores a 1500 m.s.n.m.

B, C, D - Para estructuras de suspensión con claros grandes.

R, W, X,
Y, Z - Estructuras de tensión. Estas se diferencian por su ángulo máximo de deflexión y mayor capacidad de carga en sus claros medio horizontal y vertical.

Eléctricamente, todas las estructuras con excepción de las del tipo "S" son adecuadas para trabajar a cualquier altura sobre el nivel del mar.

- c) El tercer caracter "numérico" indica el número de circuitos que soporta la estructura.

1 ----- 1 circuito
2 ----- 2 circuitos

Dada la nomenclatura anterior, habrá que observarse que en las estructuras empleadas en el proyecto en cuestión se tiene que la gran mayoría son para 230 KV de dos circuitos pero por causa de

fuerza mayor se emplearon también estructuras de un circuito en 230 KV inclusive estructuras para 400 KV de dos circuitos.

La justificación de las estructuras de un circuito (2X1) es a causa del cruzamiento de dos líneas de transmisión cerca del P.I 17. En cuanto a las de 400 KV (4W2 y 4M2) se emplean debido a que en algunos puntos de tensión o anclaje, los claros medios horizontal y vertical son mayores que los nominales para las estructuras de 230 KV.

Como se pudo notar, se puede hacer una serie de combinaciones entre toda la gran gama de estructuras disponibles en catálogo, esto con el objeto de no requerir de diseños especiales.

Estas estructuras, no todas pueden ser de un mismo nivel para algún proyecto debido a la geografía del terreno que obliga al proyectista a incrementar o reducir el nivel de las estructuras aunque para algunos cálculos se emplea el nivel básico o nivel N+0. La tabla V.1 muestra los niveles de las estructuras de uno y dos circuitos en 230 KV.

Ya fue definido el tipo de estructura, tensión de operación y el número de circuitos que puede llevar una estructura por medio de un código. Ahora hace falta identificar a una estructura por medio de su uso o bien por sus claros medio horizontal y vertical. Por el momento se mostrará como se indican estos claros en la descripción completa de la estructura y posteriormente se mostrará como calcularlos y en base a esto, hacer la selección adecuada de estructuras.

La identificación completa de una estructura es como sigue:

TIPO / DEF / CH / CV

TIPO - Se refiere al código de estructura haciendo referencia a la tensión de operación, uso de la estructura y número de circuitos por ejemplo 2X2 (estructura tipo X, 230 KV, 2 circuitos).

DEF - Indica el ángulo máximo de deflexión que puede soportar en el cambio de dirección de la línea.

CH - Claro medio horizontal en metros para cual se diseña la estructura.

CV - Claro medio vertical en metros para el cual está diseñada la estructura.

Es importante conocer cual es el funcionamiento de los diferentes tipos de estructuras. En el caso de las estructuras de

230 KV - IC SUSPENSION	230 KV - IC TENSION	230 KV - 2C SUSPENSION	230 KV - 2C TENSION
2S1 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2X1 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2M2 - 12 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2X2 - 12 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12
2M1 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2Y1 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2M2 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2Y2 - 12 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12
2S1 - 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2M1 - 8 - 8 + 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2S2 - 4 + 0 + 4 + 8 + 12	2R2 - 8 - 4 + 0 + 4 + 8 + 12

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.II - RED DANU

TITULO. NIVELES DE ESTRUCTURAS (230 KV) CON 1 y 2 CIRCUITOS

No. LAMINA

TABLA V.1

ESC. SIN

AGOT. METROS

DIBUJO. 9.9. M

suspensión, su nombre lo indica es suspender o sostener el cable. En estas estructuras la única carga actuante es en dirección vertical.

Para el caso de las estructuras con deflexión, en los puntos de deflexión se requiere que la estructura "jale" los conductores hacia la mojonera o eje de la estructura como se observa en la figura V.1: Por esta razón se emplean estructuras de "deflexión en tensión".

Para el caso de la L.T Zimapán - Dañú se emplearon las estructuras 2M2, 2B2, 2X2, 2Y2, 2R2, 2X1, 4W2 Y 4M2, esto de acuerdo con las estructuras disponibles en el almacén de C.F.E. En las siguientes figuras se muestran los diagramas de cada una de las estructuras antes mencionadas.

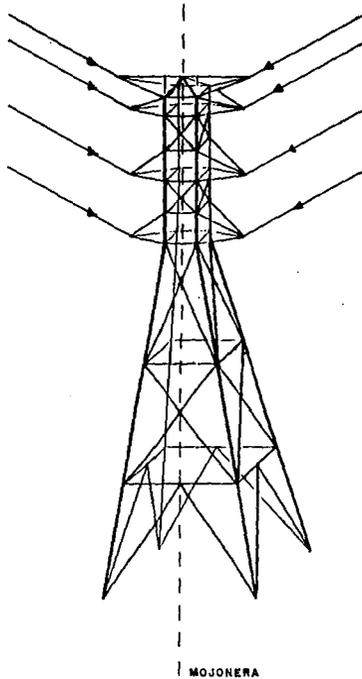
En estos diagramas se observa que las distancias entre crucetas son distintas. Esto tiene una explicación mecánica y un uso para cálculo eléctrico.

Como se observa en el uso de las estructuras 2B2 y 2M2, la 2B2 tiene capacidad para claros mayores que la 2M2. La 2B2 difiere en los espaciamientos entre crucetas debido a que como tiene mayor claro medio horizontal y vertical, el viento al tener mayor área de contacto a lo largo de las catenarias tenderán a mover los conductores más que en la 2M2 que tiene claros menores. El problema es que no guarda una oscilación uniforme en las tres fases de ambos circuitos pudiendo llegar a hacer contacto los cables conductores.

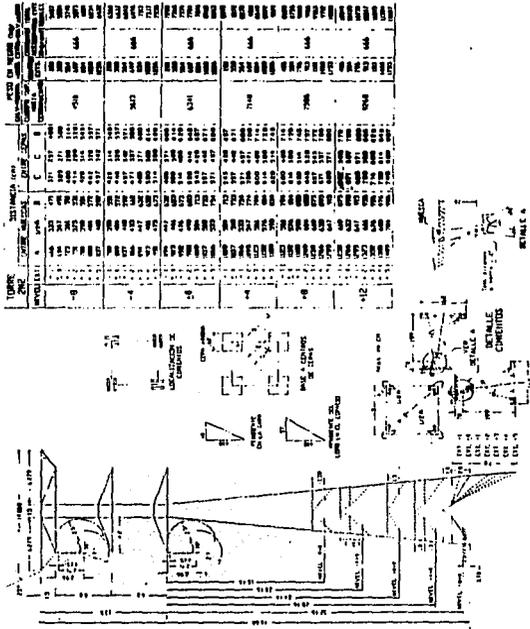
Para el cálculo eléctrico, se emplea la configuración de fases de las estructuras de suspensión con menor capacidad de carga esto debido a que tal vez sea la estructura que con más frecuencia se presenta en la línea.

V.2. RESUMEN DE ESTRUCTURAS A EMPLEAR EN EL PROYECTO ZIMAPAN.

Para este proyecto en específico, el uso de las estructuras es como se indica en la tabla V.2.



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA FIGURA V.1
	ESC. SIN
TITULO. ESQUEMA DE OPERACION DE CARGA DE UNA ESTRUCTURA DE "FLEXION - TENSION" SOBRE LOS CABLES	ACOT. SIN
	DIBUJO. S. G. N



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. DIAGRAMA DE ESTRUCTURA 2 M 2 "SUSPENSION"

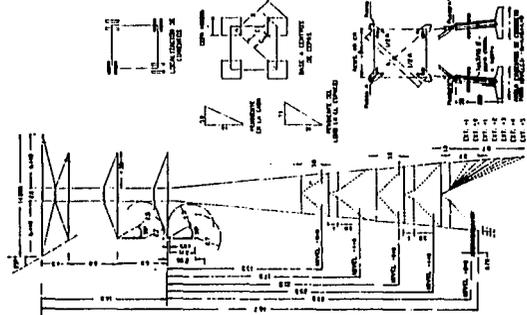
No. LAMINA

ESC. SIN

ACOT. METROS

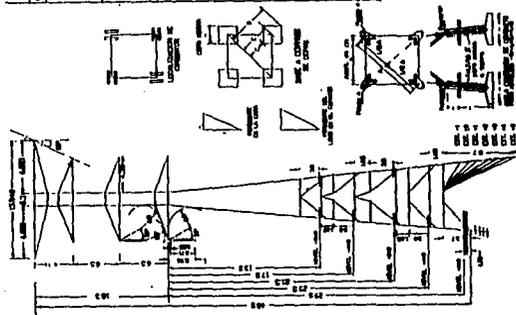
DIBUJO.
S. G. M

TIP DE MATERIAL	CANTIDAD POR MATERIAL					MATERIAL EN CADA UNIDAD					MATERIAL EN CADA UNIDAD
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



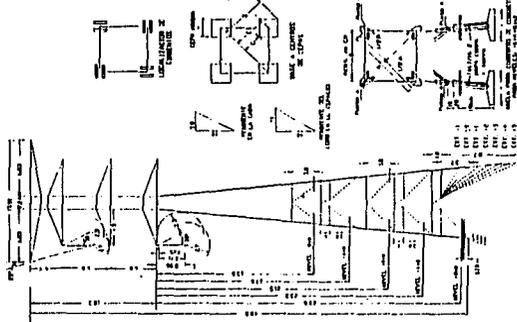
TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA
	ESC. SIN
	ACOT. METROS
	DIBUJO. S.G.M

Escala	1:100	1:200	1:300	1:400	1:500	1:600	1:700	1:800	1:900	1:1000
	1:1200	1:1500	1:2000	1:2500	1:3000	1:4000	1:5000	1:6000	1:7000	1:8000
Tipo de línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Material	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tipo de estructura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tipo de apoyo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tipo de cable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tipo de aislante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA ESC. SIN
TITULO. DIAGRAMA DE ESTRUCTURA 222 "DEFLEXION - TENSION"	ACOT. METROS
	DIBUJO. S.C.M

ITEM NO.	DETALLE A				MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	A	B	C	D					
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100



TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P. II - RED DARU

TITULO. DIAGRAMA DE ESTRUCTURA 2 R 2
 " REMATE "

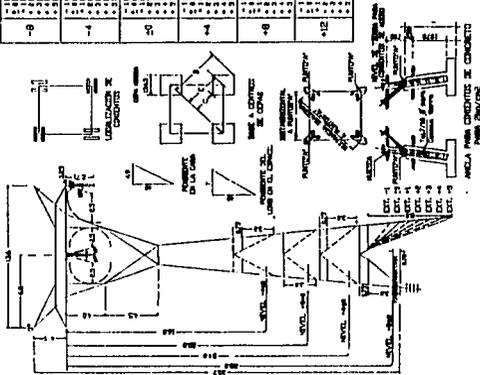
No. LAMINA

ESC. SIN

ACOT. METROS

DIBUJO. S.G.M

TIPO DE CANTAL	RECOMENDACION DE MATERIALES			CANTAL CANTAL						
	ESTRUC.	CONC.	ACER.							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H. - RED DARU

TITULO. DIAGRAMA DE ESTRUCTURA 2 X 1 "DEFLEXION - TENSION"

No. LAMINA

ESC. SIN

ACOT. METROS

DIBUJO.
S. G. M

TABLA V.2 USO DE LAS ESTRUCTURAS A EMPLEAR.

TIPO	DEFLEXION	CLARO MEDIO HORIZONTAL (m)	CLARO VERTICAL (m)	USO DE LA ESTRUCTURA
2M2	0	375	450	SUSPENSION
2B2	0	550	750	SUSPENSION
2X2	15	450	650	TENSION
2Y2	30	450	1000	TENSION
2Z2	50	400	600	TENSION
2X1	15	400	600	TENSION
2R2	0	450	750	REMATE
*4W2	55	550	700	TENSION
*4M2	0	400	580	SUSPENSION

* El uso de estas estructuras es para conductor 1113 MCM y dos conductores por fase de modo que se incrementa el uso para conductor 900 MCM. Este dato no fue proporcionado.

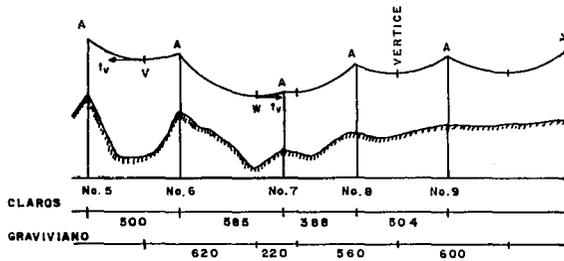
Es hora de discutir los conceptos de CLARO MEDIO HORIZONTAL y CLARO VERTICAL. Esto se expone en seguida.

V.3. GRAVIVIANO.

El graviviano o claro vertical es la longitud de claro que se debe considerar para determinar la acción del peso de los cables transmiten a la estructura.

Dicha longitud viene expresada por la distancia horizontal que exista entre los vértices (puntos más bajos) de las catenarias de los claros continuos a la estructura. Se tendrá la ayuda de la figura V.2 para ilustrar esto.

La razón de que el graviviano sea el que se ha definido es porque el único esfuerzo que la porción de cable comprendido entre el vértice "V" y la estructura 6 le transmite es horizontal y de valor T_v , en kilogramos que es la tensión en dicho vértice. Lo mismo ocurre con la porción de cable "WA" que transmitirá a la estructura 6 un esfuerzo horizontal T_w en kilogramos.



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA Figura N. 6
	ESC. 1:50
TITULO. ESQUEMA DE UN PERFIL LONGITUDINAL Y ESTRUCTURAS YA LOCALIZADAS.	ACOT. METROS
	DIBUJO. S.G.M

Para que el cable "VWA" esté equilibrado, es decir que las cadenas de suspensión tengan una posición completamente vertical, se deberá verificar que la suma de los esfuerzos verticales sea nula y como en los puntos V y W solo hay fuerzas horizontales, las únicas verticales serán las del cable VAW y la reacción también vertical en la estructura 6, tendrá que ser precisamente vertical en dicho punto.

Puesto que el graviviano es la longitud del cable conductor que pende de la cadena, se presenta la duda de cual deberá ser la temperatura que habrá que tener en cuenta para medir aquella longitud. Por esto, si suponemos ha de ser la temperatura máxima, la longitud del cable será máxima.

V.4. EOLOVANO.

El eolovano o claro medio horizontal, es la longitud a considerar de claro horizontal para determinar el esfuerzo debido a la acción del viento sobre los cables y por consiguiente que se transmite a la estructura.

Este parámetro es la semisuma de dos claros continuos.

$$CH_n = \frac{C_{n-1} + C_{n+1}}{2}$$

En la figura V.2, las longitudes de los eolovanos son las que siguen.

ESTRUCTURA	EOLOVANO
6	$\frac{500 + 585}{2} = 542.5 \text{ m}$
7	$\frac{585 + 388}{2} = 486.5 \text{ m}$
8	$\frac{388 + 504}{2} = 446.0 \text{ m}$

Una vez comprendidos los conceptos de claro medio horizontal y vertical o eolovano y graviviano, es posible determinar que tipo de estructura ha de instalarse en cada punto de apoyo en base a la tabla V.2 de uso de estructuras.

V.5. CASOS ESPECIALES PARA LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS.

La línea Zimapán - Dañú se extiende por gran parte de la sierra del estado de Hidalgo, esta es una zona muy accidentada teniendo la necesidad de la ayuda de estructuras más robustas debido a que se tienen claros bastante grandes.

En seguida se exponen los casos más relevantes de localización de estructuras.

V.5.1. ZONA DE PUNTO PIVOTE.

En los planos 1/41 y 2/41 incluidos en el volumen II de esta tesis (anexo de planos), se muestran los primeros cuatro kilómetros a partir del punto pivote (PP).

Desde este punto pivote donde se localiza la estructura No.6 hasta la estructura No.7, se tiene un claro efectivo de 211.86 m. Este claro efectivo o entre estructuras en realidad es moderado y corriente en la práctica. La determinación de la estructura No.6 no tuvo problema alguno; el problema sobrevino después de la estructura No.6.

PROBLEMA.

Este consistió en que la geografía del terreno en esta zona tan abrupta obligó a la localización de estructuras mostrada en los planos antes mencionados. Se observa la existencia de dos claros de 1110.87 m y 1658.94 m .

Las estructuras involucradas en el problema son las numeradas como 7, 8, 9, 10 y 11 con los siguientes claros.

E No. 7	CH = 661.37 m CV = 580.00 m	
E No. 8	CH = 666.00 m CV = 200.00 m	Claro efectivo = 1110.87 m
E No. 9	CH = 337.00 m CV = 870.00 m	Claro efectivo = 219.78 m
E No.10	CH =1057.00 m CV =1585.00 m	Claro efectivo = 453.40 m
E No.11	CH = 919.00 m CV =1160.00 m	Claro efectivo = 1658.94 m

POSIBLES SOLUCIONES.

- 1) Al principio se propuso colocar estructuras intermedias con el objeto de reducir los claros entre las estructuras 7 y 8 así como entre las estructuras 10 y 11. En el claro comprendido entre las estructuras 7 y 8 se montaría una estructura en el kilómetro 0 + 450.
En el claro comprendido entre las estructuras 10 y 11 se colocarían estructuras intermedias en los kilómetros 3 + 020 y 3 + 300. El resultado esperado de estas modificaciones era el de reducir los claros vertical y medio horizontal y evitar el uso de estructuras de 400 KV.
- 2) Emplear estructuras de 400 KV solamente en los apoyos 10 y 11 a fin de ver la posibilidad de instalar estructuras de 230 KV en los apoyos 7, 8 y 9.
- 3) Emplear estructuras de 400 KV desde los apoyos 7 al 11.

ANALISIS DE SOLUCIONES.

- 1) Se localizó la estructura antes propuesta pero resultó que esta produciría un problema aún mayor. Al pasar la curva fría con la plantilla para localización de estructuras (mas adelante se define), esta estructura queda por debajo de dicha curva lo cual significa que sería arrancada de sus anclajes.
- 2) Se pudo ver empleado estructuras del tipo 222 cuyo uso es 50°/400/600. En los puntos de apoyo 7, 8 y 9 no se tiene deflexión de modo que se puede elevar favorablemente la capacidad de carga de la estructura 222.
- 3) En el almacén general de C.F.E se cuenta con la existencia de las estructuras 4W2 cuyo uso es para dos conductores por fase 1113 ACSR; si se emplea un solo conductor por fase, se tiene una capacidad de carga suficiente para soportar estos claros.

Por lo anterior, se optó por la tercera alternativa, esto por razones económicas.

V.5.2. CRUZAMIENTO CON RIO TULA.

Esta zona comprendida entre el PI 9 y PI 10 se muestra en los planos 12/41 y 13/41 (vol.2 Anexo de planos) el cuál tiene particular interés por lo accidentado del terreno. En realidad no tenía problema alguno esta zona sino que se trataba de cual sería la mejor localización de estructuras en esta zona.

POSIBLES SOLUCIONES.

- 1) Después de la estructura No.55 (plano 12/41), se pretendía colocar una estructura nivel +0 justamente donde se localiza la estructura No.56 y continuar hasta la 57.
- 2) Colocar una estructura entre los apoyos 56 y 57 en el kilómetro 25+240.
- 3) Emplear una estructura de nivel +8 en el apoyo No. 56 y continuar hasta el 57.

ANALISIS DE SOLUCIONES.

- 1) De haber colocado la estructura con nivel +0 en el apoyo No.56 o atrás de este ya que el terreno no permite colocarla más adelante, esta hubiese tenido jalón de hielo siendo arrancada de sus anclajes.
- 2) Con esta solución, lo único que se hubiera hecho es colocar una estructura sin operación alguna, es decir que no le sería inducida ninguna carga representando una pérdida monetaria muy elevada.
- 3) Con esta última opción, ni se tiene jalón de hielo ni pérdidas económicas además que se avanza un buen tramo sin requerir diseños especiales de estructuras.

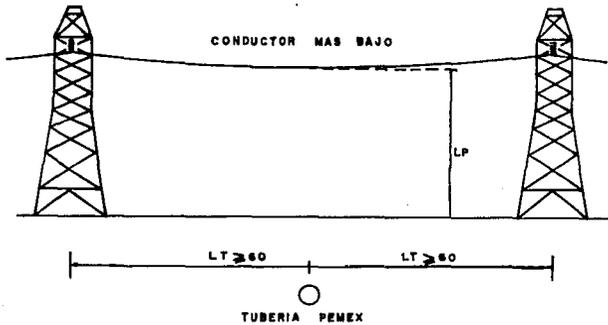
La solución óptima para este cruzamiento es la No. 3.

V.5.3. CRUZAMIENTO CON TUBERIAS DE PEMEX.

Este plano se ilustra en el plano 37/41 en el anexo de planos. En la trayectoria de una L.T, no solamente se encuentran barrancas, arroyos, etc sino también instalaciones pertenecientes a otras compañías (PEMEX, SCT, CLF incluso C.F.E). Estos son cruzamientos especiales ya que entran intereses por parte de C.F.E y otras compañías de modo que se deben determinar los libramientos para que no afecte a ninguna de las instalaciones involucradas.

Para las tuberías de PEMEX independientemente del tipo de fluido en ellos, se recomienda una distancia mínima de 60 metros desde la mojonera de la estructura hasta la tubería como se ilustra en la figura V.3.

En este caso lo único que se debe hacer es dar su respectivo libramiento a tierra y tratar de alejarse lo más posible de las tuberías. De no dar este libramiento mínimo de 60 metros, se puede presentar el fenómeno de inducción a los tubos tendiendo estos a la corrosión; además en caso de una descarga atmosférica, esta tratará de ir hacia el tubo pudiendo perforarlo o algo peor.



LP. LIBRAMIENTO A PEATONES
 LT. LIBRAMIENTO A TUBERIA

TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H — RED DARU	No. LAMINA Figura V. 3
	ESC. SIR
TITULO. LIBRAMIENTO "MINIMO" ENTRE UNA L.T. (C. F. E.) Y TUBERIA (PEMEX)	ACOT. METROS
	DIBUJO. S.C.M

V.5.4. CRUZAMIENTO CON LINEAS DE 400 KV Y 230 KV.

En el anexo de planos se ilustra este cruzamiento en el plano 38/41.

Este fue tal vez el cruzamiento más delicado en el trayecto de la línea. Se trata de un cruzamiento con dos L.T una de 400 KV y otra de 230 KV ambas provenientes de la planta termoeléctrica de Tula con destino a Salamanca y Querétaro respectivamente.

El problema en sí no sería tan complicado, simplemente se darían los libramientos adecuados a las líneas antes mencionadas y poder pasar sin contratiempos. En este caso se tuvo un fuerte problema debido a que se tiene el PI 17 a tan solo 60 metros de la línea de 230 KV y paralela a esta se encuentra la de 400 KV. Esto impide pasar libremente, es decir que se debe colocar forzosamente una estructura en el PI 17. Aquí no solamente se debe cuidar el libramiento a tierra sino también el libramiento a las líneas que cruzan.

POSIBLES SOLUCIONES.

- 1) Primeramente se pensó en colocar estructuras de remate de dos circuitos (4R2) en su nivel máximo +15 teniendo una altura total de 40 metros (las estructuras de 400 KV tienen 25 metros en su nivel +0) y pasar por encima de las líneas de 400 KV y 230 KV. Dichas estructuras serían montadas sobre cimentaciones especiales para poder elevarlas aún más.
- 2) Esta solución se basa en que se abriría la línea Zimapán - Dafú, es decir se cruzaría con estructuras de un circuito llevando los cables por debajo de ambas líneas; además se pensó en eliminar el cable de guarda en la línea Zimapán. El cable de guarda se elimina debido a que al presentarse las condiciones críticas el cable conductor mantiene el libramiento adecuado, no así el cable de guarda el cual llegaría a tocar los conductores de las otras dos líneas aunque no necesariamente en la condición crítica, pudo haber sido en cualquier temperatura.

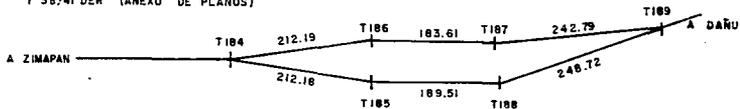
Los libramientos son los que a continuación se calculan en base a la tabla III.1 (capítulo III).

Para la L.T de 400 KV.

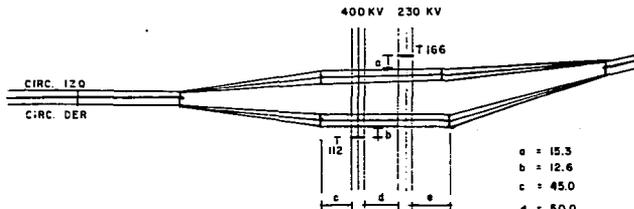
L.T hasta 50 KV se tiene libramiento de 3.66 m con 1 cm por cada KV extra. Se tiene un libramiento extra de 400 - 50 = 350 KV, es decir 350 cm o 3.5 m teniendo un libramiento total:

$$3.66 + 3.5 = 7.16 \text{ m}$$

DEFLEXIONES INDICADAS EN PLANO 38/41 IZO
Y 38/41 DER (ANEXO DE PLANOS)



ARREGLO DE EJE LONGITUDINAL



- a = 15.3
- b = 12.6
- c = 45.0
- d = 50.0
- e = 55.0

ARREGLO DE CABLES

83

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION 230 KV
ZIMAPAN P.H. - RED DAÑU

No. LAMINA

LIBRO IV, 4
ESC. 1:5000

TITULO. CRUCE DE L.T. ZIMAPAN-DAÑU CON L.T. TULA-SILAMANCA

(400 KV) Y L.T. TULA-QUEBETANO (230 KV)

ACOT. METROS

DIBUJO. S.O.M

Para la L.T de 230 KV.

El libramiento extra de 230 - 50 = 180 KV por tanto se tiene 1.80 m extra. El libramiento total es:

$$3.66 + 1.8 = 5.46 \text{ m}$$

Estos libramientos son medidos a partir del conductor más bajo de las líneas de 400 KV y 230 KV respectivamente. El esquema del arreglo del cruzamiento es el que se ilustra en la figura V.4.

ANALISIS DE SOLUCIONES.

- 1) esta solución fue eliminada por completo debido a que por una parte se requiere de estructuras de diseño especial y por otra va contra toda norma de seguridad colocar una línea de 230 KV sobre una de 400 KV; por seguridad y facilidad de operación y mantenimiento una línea de cierta tensión debe pasar por debajo de una de mayor tensión.
- 2) Para esta solución, al eliminar el cable de guarda de la línea Zimapán, se evita el acercamiento de los cables de las otras dos líneas. Además el ángulo de protección de los cables de guarda de las líneas provenientes de Tula es suficiente para cubrir también a la línea Zimapán. Al momento de presentarse las condiciones críticas (0°C y flecha mínima), el libramiento sigue siendo el adecuado.

Con lo anterior, la solución óptima a este cruzamiento es la No. 2.

V.V.5. LLEGADA A SUBESTACION DAÑU.

La llegada a la S.E Dañú determina el punto final del proyecto. Esta subestación localizada en las cercanías de Huichapan, Hgo llegan tres circuitos de 230 KV como se muestra en la figura V.5. Estas líneas están actualmente en operación.

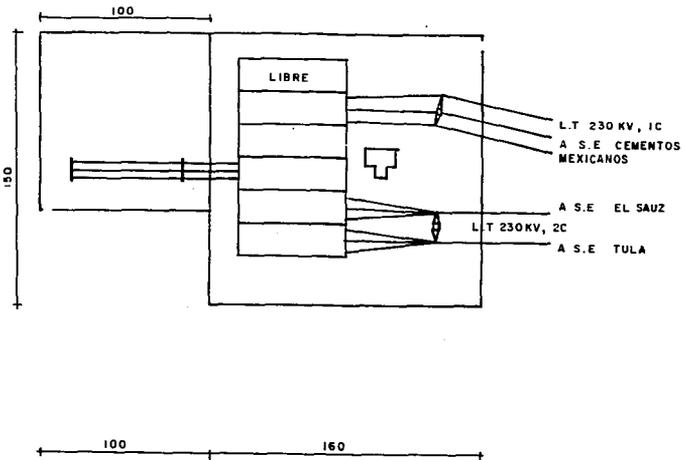
POSIBLES SOLUCIONES.

- 1) Se reubicarán las líneas existentes como se muestra en la figura V.6 para instalar una nueva bahía.

- 2) Las líneas existentes se dejarán tal como se muestra en el diagrama original de la S.E (figura V.5). La línea Zimapán-Dañú de dos circuitos se llevaría un circuito a una bahía nueva y el otro circuito tendría una deflexión de 90° para ser llevado a la bahía libre. Esto se ilustra en la figura V.7.
- 3) Sin modificación alguna al arreglo original, se tendría que adquirir una porción de terreno para poder construir dos bahías y que la línea Zimapán pueda llegar sin tener que cruzar ninguna de las líneas ya existentes. Figura V.8.

ANALISIS DE SOLUCIONES.

- 1) En esta alternativa, el personal de la zona de transmisión central del bajío, no estuvo de acuerdo por ser necesario reubicar las líneas existentes que se encuentran en operación.
- 2) Considerando los espacios disponibles dentro de la S.E para este arreglo, se considera la mejor opción ya que no interfiere en el área de operación (1ª alternativa) así como en terceros (3ª alternativa) y por tales razones la obra puede ejecutarse con menor costo.
- 3) Esta se considera buena y aceptable aunque económicamente para C.F.E resulta de mayor costo ya que será necesario adquirir terreno, realizar movimiento de tierra para su nivelación, construcción de cerca perimetral así como dos bahías y la reconstrucción de camino de acceso pudiendo además existir problemas en la adquisición del terreno para la ampliación.



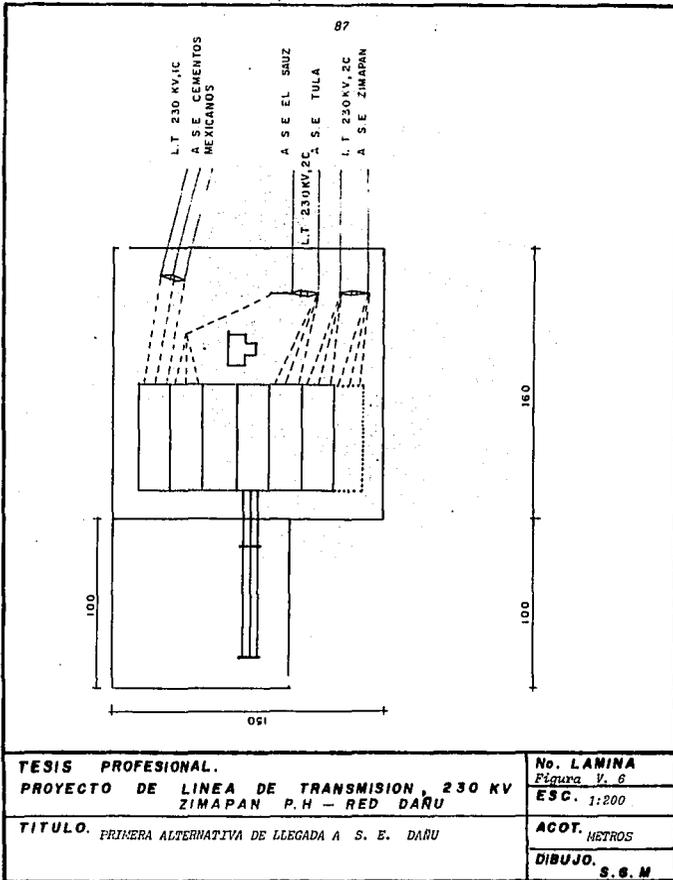
TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.M. - RED DANU

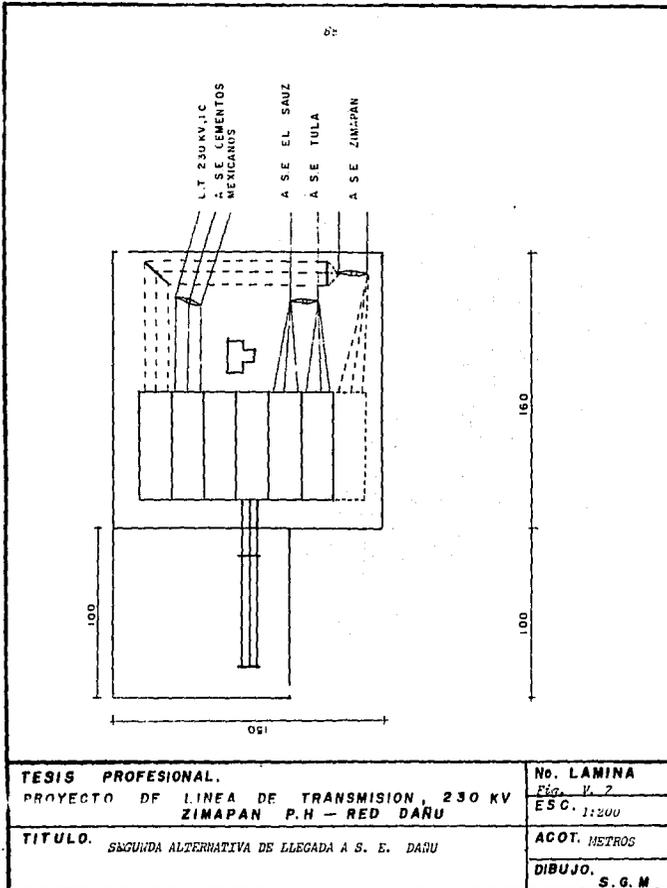
TITULO. ABRECTOR ACTUAL DE LA SUB-ESTACION DANU

NO. LAMINA
 FOLIO: 16
 ESC. 1:200

ACOT. METROS

DIBUJO. S.S.M



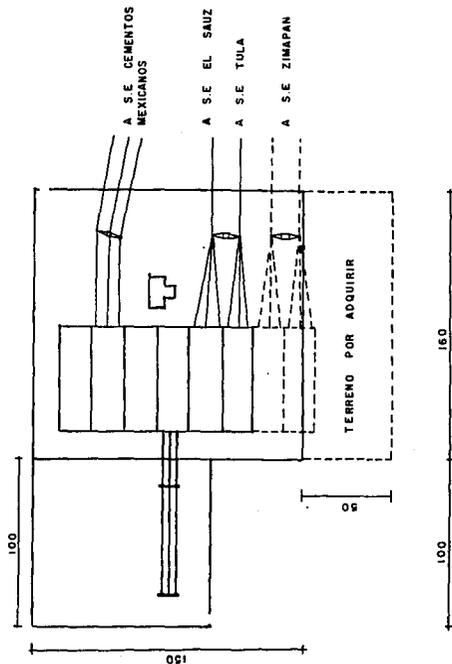


TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DAFU

No. LAMINA
 Fig. V. 2
 ESC. 1:200

TITULO. SEGUNDA ALTERNATIVA DE LLEGADA A S. E. DAFU

ACOT. METROS
DIBUJO.
 S. G. M



TESIS PROFESIONAL.

**PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU**

TITULO. TERCERA ALTERNATIVA DE LLEGADA A S. E. DARU

No. LAMINA
Figura V. 8

ESC. 1:200

ACOT. METROS

DIBUJO. S. S. M

CAPITULO VI

**PRELIMINARES AL CALCULO DE LA PLANTILLA
PARA LOCALISACION DE ESTRUCTURAS**

CAPITULO VI

VI.1 GENERALIDADES

La distribución de apoyos de una L.T se hace en el perfil longitudinal o perfil topográfico. Esta localización de estructuras o apoyos se hace por medio de una plantilla que en la década de los 30's se hacía en papel vegetal. En la actualidad se construyen en acrílico.

Esta plantilla sera el molde de la catenaria la cual debe ser dibujada con las mismas escalas de los planos de perfil longitudinal las cuales son :

Horizontales	1:2000
Verticales	1:500

En dicha plantilla se dibujan una serie de curvas las cuales serán descritas a continuación pero primero se deben establecer las hipótesis a tomar en cuenta para el cálculo mecánico del cable.

Al desarrollar las hipótesis las cuales varían según la región a excepción de la primera (50°C sin sobrecarga), se determinarán dos conceptos a saber.

- 1) Hipótesis para la cual se presenta la mayor flecha, es decir cuando más holgado está el cable. En esta siempre se tiene la menor tensión mecánica en el cable y por consiguiente el máximo coeficiente de seguridad. Con esta se trazará la CURVA CALIENTE descrita más adelante.
- 2) Hipótesis más desfavorable. Esta se refiere principalmente a la condición de carga para la cual se presenta el menor coeficiente de seguridad. Esto significa que con un coeficiente de seguridad mínimo, la tensión en el cable sera la máxima debido a la contracción que sufre el mismo de modo que se debe tener especial cuidado que al estudiar esta condición no sobrepase el límite de la capacidad de carga de las estructuras ni del cable mismo. Con esta condición se trazará la CURVA FRIA.

En el proyecto de la L.T Zimápán - Dañú, las hipótesis de carga serán las siguientes:

- a) Temperatura de 50°C sin sobrecarga.
- b) Temperatura de 0°C y sobrecarga de hielo (presión del viento 20 Kg/m²)
- c) Temperatura de 0° con sobrecarga de viento 92.166 Km/h

d) Temperatura de 18°C sin sobrecarga.

Teniendo las hipótesis necesarias se describen en seguida los conceptos de CURVA CALIENTE y CURVA FRIA.

VI.2 CURVA CALIENTE

También llamada CURVA DE FLECHAS MAXIMAS VERTICALES es la que adopta el cable al presentarse las condiciones de mayor flecha.

En cables conductores, esta flecha máxima se presenta tan solo por el efecto de alta temperatura sin sobrecarga ya sea de viento y/o hielo. En México, las regiones con mayor temperatura registran poco arriba de los 40°C en ciertas temporadas del año, de tal forma que en cualquier proyecto de L.T no importando la región en que se encuentre, la temperatura máxima será de 50°C por seguridad durante la operación de la línea. Es obvio que a esta temperatura no hay sobrecarga de viento, mucho menos de hielo.

VI.3 CURVA FRIA.

También se le conoce como CURVA DE FLECHAS MINIMAS VERTICALES. Esta curva es de gran importancia en el diseño de una L.T sobre todo en las zonas montañosas.

Esta curva representa la forma que tendrá el cable cuando se presenten las condiciones más adversas; es decir con temperatura mínima.

Localizados los apoyos sobre el perfil longitudinal sirviéndose de la curva caliente, es necesario comprobar cuales de aquellos podrán ser sometidos a una SOLICITACION ASCENDENTE o JALON DE HIELO (aunque no necesariamente debe existir hielo) al presentarse las condiciones de flecha mínima vertical.

Esta es la razón por la que se debe contar con la curva fria. Un apoyo sometido a una solicitación ascendente, tiende a ser "arrancado" de sus anclajes en el empotramiento. Claro que antes que suceda esto, las cadenas de suspensión quedarán dobladas y las de tensión se declinan aún más pudiendo llegar a alcanzar una posición tal que los conductores se aproximen excesivamente al apoyo que los soporta y se pueda crear una falla a tierra.

Teniendo definidas estas dos curvas, se procede a dibujar la plantilla. Anteriormente se mencionaron las escalas a emplear.

En la plantilla se comienza dibujando la curva caliente. Paralelas a esta curva que se supone ya dibujada, se trazarán otras siete (7) curvas exactamente iguales a la primera desplazadas a una distancia tales que represente respectivamente la flecha máxima

vertical que admite el apoyo de alineación en terreno llano o CURVA DE LIBRAMIENTO; este libramiento deberá ser el adecuado para

pestones el cual varía según la tensión de operación (ver tabla III.1), este libramiento se tomará a partir del punto más bajo de la curva caliente.

Con la misma curva caliente, se trazarán también las curvas que representan los diferentes niveles de las estructuras N-8, N-4, N+0, N+4, N+8, N+12.

Se deberá trazar por último la curva fría cuyo punto más bajo se hace coincidir con el punto más bajo de la curva caliente aunque esto no es realmente necesario pero sí que sus respectivos vértices coincidan sobre un mismo eje vertical.

Por último se deben indicar los siguientes datos:

- a) Nombre de la línea.
- b) Tipo de conductor.
- c) Tensión y parámetro a 50°C.
- d) Escalas horizontal y vertical.

El trazado de la plantilla se ilustra en el volumen II de esta tesis (Anexo de planos).

Ahora bien, se deben describir las ecuaciones a emplear para el cálculo de la plantilla así como el significado de sus variables.

VI.4 SIGNIFICADO DE LAS VARIABLES PARA LOS CALCULOS.

A continuación se describen todas las variables involucradas en el estudio mecánico de una L.T.

- E_1 : Módulo de elasticidad inicial del cable (Kg / mm²).
- E_2 : Módulo de elasticidad final del cable (Kg / mm²).
- H_1 : Tensión en condiciones iniciales (Kg).
- m_1 : Sobrecarga en el cable en condiciones iniciales.
- t_1 : Temperatura de control para H_1 (50°C).
- T_1 : Esfuerzo en el cable en condiciones iniciales (Kg/mm²).

H_2 : Tensión en condiciones finales (Kg).

m_2 : Sobrecarga en condiciones finales.

T_2 : Esfuerzo en condiciones finales (Kg / mm²).

Las ecuaciones básicas son las que siguen:

$$\gamma = -\frac{\omega \varepsilon}{A}$$

$$T_1 = \frac{H_1}{A}$$

$$T_2 = \frac{H_2}{A}$$

S: Longitud del claro base (m).

A: Sección del cable (mm²).

α_1 : Coeficiente de dilatación lineal inicial (1 / °C).

α_2 : Coeficiente de dilatación lineal final (1 / °C).

dc: Diámetro del cable (mm).

γ : Peso específico del cable (Kg / m / mm²).

W_c : Peso propio del cable (KG / m).

W_h : Peso de la capa de hielo acumulada en el cable (Kg / m).

W_v : Fuerza del viento sobre el cable (Kg / m).

F_2 : Flecha del cable en condiciones finales (m).

VI.5 ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO.

En el siguiente esquema, se ilustran las cargas actuantes sobre una catenaria. La ecuación surge a partir de estas cargas y procedimientos matemáticos muy laboriosos los cuales no se mostrarán. En este esquema, se tiene la siguiente nomenclatura:

T_1 : Tensión mecánica en Kg sobre el apoyo 1 cuyas componentes son T_{e1} y T_{d1} .

T_2 : Tensión mecánica en Kg sobre el apoyo 2 cuyas componentes son T_{e2} y T_{d2} .

Z_1 : Cota vertical del apoyo 1 en metros.

Z_0 : Cota vertical del apoyo 2 en metros.

Z : Desnivel entre apoyos en metros.

L : Longitud del claro.

Y_1 : Cota horizontal del apoyo 1 en metros.

Y_0 : Cota horizontal del apoyo 2 en metros.

l_1 : Longitud del cable desde el apoyo 1 hasta el vértice en metros.

l_2 : Longitud del cable desde el apoyo 2 hasta el vértice en metros.

La ecuación de cambio de estado es como sigue:

$$T_2^2 \left[T_1 + \frac{\gamma^2 S^2 m_1^2 E}{24 T_1^2} - T_1 + a' E (l_2 - l_1) \right] = \frac{m_2^2 \gamma^2 S^2 E}{24}$$

El significado de los parámetros que influyen en esta ecuación han sido descritos anteriormente. Ahora, esta ecuación puede ser empleada tanto para operación (empleando E , y a' ,) como para montaje (empleando E , y a' ,)

La ecuación de cambio de estado nos servirá para determinar el esfuerzo y con ello tensión y flecha del cable para ciertas condiciones climatológicas actuando sobre este a partir de otras condiciones que llamaremos CONDICIONES INICIALES O DE PARTIDA denotadas con el subíndice 1.

Como puede verse, esta es una ecuación de tercer grado de la forma:

$$X^3 (X + A) = B$$

la cual puede resolverse por algún método numérico para localizar las raíces de este polinomio.

VI.6 FLECHAS.

La flecha se define como la máxima distancia vertical entre la recta que une los puntos de sujeción del cable y el mismo cable.

Su magnitud coincide con la distancia vertical entre la recta antes mencionada y una paralela a la misma tangente al cable. Lo anterior se describe esquemáticamente en las figuras VI.1 y VI.2.

Para calcular la flecha bajo ciertas condiciones de carga, se emplea la siguiente ecuación:

$$F_2 = \frac{S^2}{8T_1} m_2 = \frac{S^2 W_c}{8H_2} m_2$$

Como puede verse, se requiere calcular a T_1 con la ecuación de cambio de estado y m_2 que es el coeficiente de sobrecarga el cual se describe en seguida.

VI.7 SOBRECARGA EN CABLES.

El peso de un cable está dado en Kg / m. Este dato debe tomarse del catálogo del fabricante.

Las sobrecargas en los cables pueden ser debidas a la presión del viento o al peso de una capa de hielo.

VI.7.1 SOBRECARGA DE VIENTO.

En el estudio de la presión que el viento ejerce sobre una superficie batida por el mismo, es un problema complejo.

tenemos que:

P_v : Presión del viento en Kg/m² de sección longitudinal del cable.

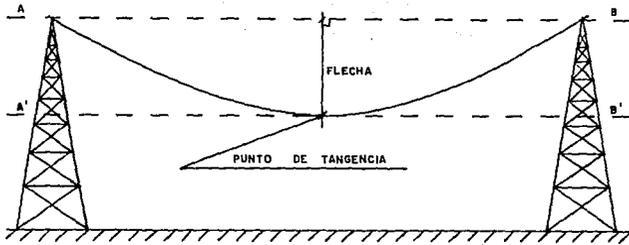
d_c : Diámetro del cable en metros.

A: Sección del cable en metros cuadrados.

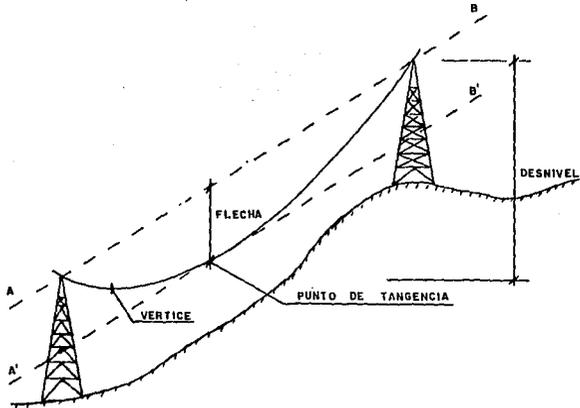
La acción horizontal del viento será:

$$W_v = P_v d_c \quad (\text{Kg/m})$$

En la figura VI.3, se muestra este esquema de cargas. Esta



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA <i>Figura VI. 1</i> ESC. SIN
TITULO. CASOS DE CATENARIA CON PUNTOS DE SUGECION AL MISMO NIVEL.	ACOT. SIN DIBUJO. S.C.M



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.N ~ RED DAÑU

TITULO. CASO DE CATENARIA CON PUNTOS DE SUGECION EN DESNIVEL.

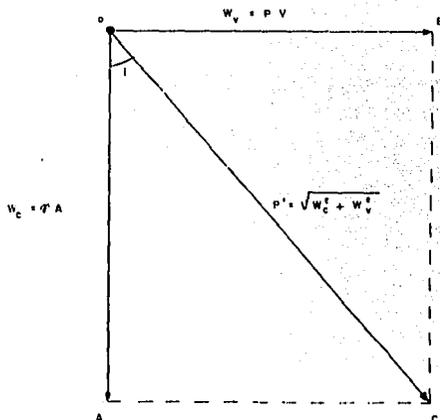
No. LAMINA

Figura VI. 2

ESC. SIN

ACOT. SIN

DIBUJO. S.C.M.



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. PESO APARENTE DE UN CABLE CON SOBRECARGA DE VIENTO.

Nº. LAMINA

Figura VT. 3

ESC. SIN

ACOT. Kg./m

DIBUJO. S.C.M

acción horizontal compuesta con la vertical del peso propio del cable,

$$W_c = \gamma A$$

da como resultante:

$$P' = \sqrt{W_c^2 + W_v^2}$$

a P' la cual está dada en Kg/m, se le llama peso aparente del cable en el caso de sobrecarga de viento.

Para relacionar la presión del viento con la velocidad del mismo, existen diversas ecuaciones. En México se adopta la siguiente:

$$P_v = 0.0048 G C V_d^2 \quad (\text{Kg/m})$$

donde

$$G = \frac{s + h}{s + 2h} = \text{Factor de reducción de densidad de la atmósfera a la altura "h" en Km.s.n.m.}$$

C = Coeficiente de empuje que depende de la forma de la superficie expuesta. Para nuestro uso general, $C=0.5$.

V_d = Velocidad de diseño en Km/h.

VI.7.2 SOBRECARGA DE HIELO.

La sobrecarga de la capa de hielo tiene un doble efecto a saber. Se suma aritméticamente con el peso propio del cable y aumenta el diámetro de la superficie batida por el viento.

Normalmente no se considera simultáneamente hielo y viento de tal modo que solo se toma en cuenta el primer efecto; esto debido a que con grandes velocidades de viento, la capa de hielo no es capaz de mantenerse sobre el cable. Así pues llamaremos:

W_h : Peso de la capa de hielo en Kg/m.

este peso será el siguiente:

$$P' = W_c + W_h$$

El peso de la capa de hielo se muestra en la figura VI.4 y se calcula como sigue.

$$A_{\text{total}} = A_{\text{conductor}} + A_{\text{hielo}}$$

$$A_{\text{total}} = \frac{\pi}{4} (d_c + 2e)^2 = A_{\text{conductor}} + A_{\text{hielo}}$$

Despejando a A_{hielo} .

$$A_{\text{hielo}} = \frac{\pi}{4} (d_c + 2e)^2 - A_{\text{conductor}}$$

el peso específico del hielo es 917 Kg/m³.

$$W_{\text{hielo}} = \gamma_{\text{hielo}} A_{\text{hielo}}$$

$$W_{\text{hielo}} = 917 \left[\frac{\pi}{4} (d_c + 2e)^2 - A_{\text{conductor}} \right]$$

con W_{hilo} dado en Kg/m.

El esquema de fuerzas en el cable será como el de la figura VI.5.

Ahora bién, como un reglamento podría considerar sobrecarga de hielo y viento simultaneamente, vamos a generalizar la exposición.

La acción del viento valdrá:

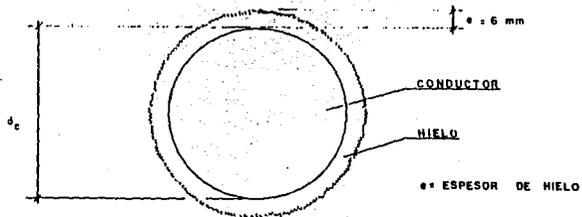
$$W_v = P_v (d_c + 2e) \quad \text{Kg/m}$$

y la acción vertical debida a la suma del peso propio del cable y la capa de hielo es:

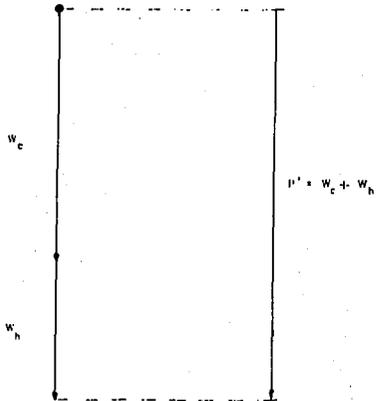
$$P' = W_c + W_h \quad \text{Kg/m}$$

con lo que la resultante se muestra en la figura VI.6 y será:

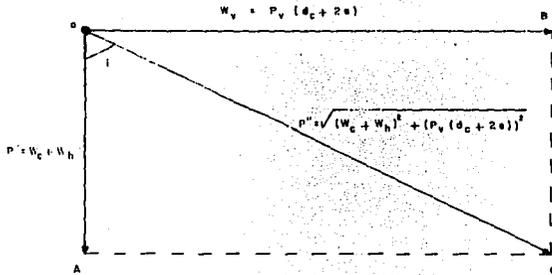
$$P'' = \sqrt{(W_c + W_h)^2 + [P_v (d_c + 2e)]^2}$$



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA Figura VI. 4
	ESC. -SIN
TITULO. CAPA DE HIELO FORMADA SOBRE UN CABLE.	ACOT. SIN
	DIBUJO. S.O.M



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA Figura VII. 5 ESC. 5/11
TITULO. SOBRECARGA De VIENTO EN CABLES.	ACOT. kg/m. DIBUJO. S. G. M



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA <i>Figura VI. 6</i> ESC. SIN
TITULO. SOBRECARGA DE HIELO Y VIENTO SIMULTANEO EN CABLES.	ACOT. kg/m
	DIBUJO. S.G.M

con P'' dado en Kg/m.

En resumen, las expresiones que dan la magnitud del peso aparente en los tres casos considerados se tienen a continuación.

Sobrecarga	Peso aparente en Kg/m
De viento	$P' = \sqrt{W_c^2 + W_v^2}$
De hielo	$P' = W_c + W_h$
De viento y hielo	$P'' = \sqrt{(W_c + W_h)^2 + W_v^2}$

VI.7.3 COEFICIENTE DE SOBRECARGA.

Se llama coeficiente de sobrecarga de un cable a la relación existente entre el peso aparente y peso propio del cable.

$$m = \frac{P'}{W_c}$$

las ecuaciones para su cálculo según la condición de carga son como se muestra en la siguiente tabla.

Sobrecarga	Coefficiente de sobrecarga
Viento	$m = \frac{P'}{W_c} = \frac{\sqrt{W_c^2 + W_v^2}}{W_c}$
Hielo	$m = \frac{P'}{W_c} = \frac{W_c + W_h}{W_c}$
Hielo y viento	$m = \frac{P'}{W_c} = \frac{\sqrt{(W_c + W_h)^2 + W_v^2}}{W_c}$

VI.8 TENSION DE CADA DIA.

Por la experiencia adquirida en la explotación de las L.T.'s, se llegó a la conclusión de que cuanto más elevada sea la tensión mecánica de un cable, mayores son las probabilidades de que aparezca en él el fenómeno de las vibraciones.

De aquí que se dedujo la conveniencia de mantener a dicha tensión dentro de ciertos límites para eludir en lo posible la presencia de tal fenómeno. Fué así como se planteó el problema de fijar los órdenes de magnitud de dichos límites para poder, en consecuencia, determinar cuales deberían ser las tensiones mecánicas adecuadas.

Se pretendía determinar de este modo cual debería ser la tensión admisible para poder recomendar valores con los que se esperaba no se produjeran averías por vibraciones de los cables.

Se llegó así a un concepto que se llamó TENSION DE CADA DIA (TCD). Lo cual se expresa como sigue.

- 1) La tensión a la cual está sometido el cable la mayor parte del tiempo correspondiente a la temperatura media anual sin que exista sobrecarga alguna.

- 2) La tensión máxima admisible en un cable durante el periodo de tiempo más largo del año sin que experimente vibraciones eólicas.
- 3) La tensión máxima admisible durante la mayor parte del tiempo anual en el que la temperatura ambiente sea la media diaria.

Estas tres definiciones expresan lo mismo pero en diferentes palabras. El valor representativo de la tensión de cada día se acostumbra expresarlo en tanto por ciento (%) de la carga de falla del cable y está ligado a una temperatura que se llama TEMPERATURA DE CADA DÍA. Esta es la temperatura media anual.

Los valores que se admitieron para el coeficiente TCD, expresados en tanto por ciento, son los del cuadro siguiente.

Cable conductor	Líneas sin protección	Líneas con protección		
		Con ases de varillas de protección	Con amortiguadores	Con ambos
Cobre	26			
Aluminio	17			
Aldrey			26	
ACSR	18	22	24 - 26	24
Cable de acero con grapa rígida	11			
Cable de acero con grapa oscilante	13			

CAPITULO VII
CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES

CAPITULO VII

VII.1 CONSIDERACIONES PREVIAS AL CALCULO.

Anteriormente se mencionó que la plantilla será el molde de la catenaria. Esta debe ser calculada para las posibles condiciones climatológicas de la región donde se levante la línea.

Con la información obtenida del cálculo, se determinará el PARAMETRO que es la relación de la tensión del cable en cierta condición y el peso propio del mismo.

$$P = \frac{H_i}{W_c}$$

donde P: Parámetro en metros.

H_i: Tensión del cable en la condición inicial "i" en Kg.

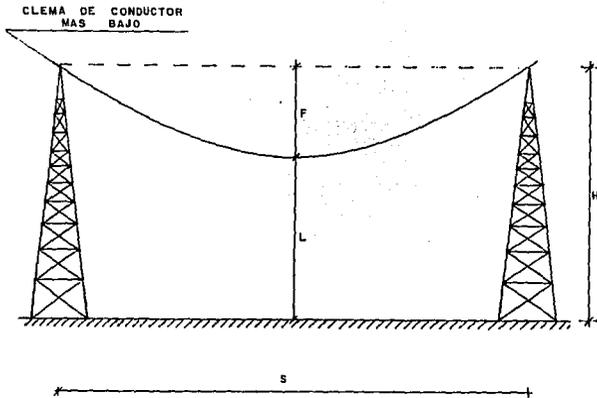
W_c: Peso propio del cable en Kg/m.

Las estructuras para soporte de los cables en líneas de 230 KV, tienen una altura de nivel de piso hasta la clema del conductor más bajo de 21.5 m en el nivel N + 0.

Por lo general, en toda L.T, se tiene peatones debajo de la misma y por tanto se debe mantener un libramiento mínimo para estos. La tabla III.1 (capítulo III) muestra todos los libramientos para todos los cruzamientos en una L.T. En este caso de 230 KV se tiene un libramiento a peatones de 8.25 m. Con lo anterior se tendrá el esquema mostrado en la figura VII.1.

En la figura VII.1, se observa un CLARO BASE, de modo que antes de seguir adelante, se debe definir este concepto.

Como en un tramo de línea formado por una serie de apoyos de alineación limitado por dos de anclaje, las cadenas de suspensión no pueden absorber las diferencias de tensado debido a la distinta longitud de los claros en serie, a los desniveles, etc, de tal modo que se admite que el tensado de los cables, sean iguales en todos los claros y varían como lo haría el de un claro teórico llamado CLARO BASE.



- H = ALTURA DEL PISO A CONDUCTOR MAS BAJO : 21,5 m
 L = LIBRAMIENTO A PEATONES : 8,25 m
 F = FLECHA A 50°C : 21,5 - 8,25 = 13,25 m
 S = CLARO BASE EN m

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. DIMENSIONES BASICAS DE UN CLARO

Nº. LAMINA

Figura VII.1

ESC. SIN

ACOT. METROS

DIBUJO. S.G.M

Ya se comprende que en la práctica, los claros que existan en un tramo de línea limitado por dos de anclaje serán casi en su totalidad distintos entre sí puesto que la configuración del terreno obliga a ello.

Si el cálculo de tensiones y flechas se hiciese de modo independiente para cada uno de los claros en el tramo, es decir, en función de las diferentes longitudes S_1, S_2, \dots, S_n de tales claros, al montar habría de tensar de forma distinta en claros contiguos. Como los cables cuelgan de las cadenas de suspensión, las diferencias de tensión serían distintas de cero, lo cual se manifiesta en que la cadena de aisladores en suspensión quedaría inclinada y no completamente vertical como es lo correcto.

Al momento de desarrollar el cálculo mecánico, se deben cuidar dos aspectos.

- 1) Dentro del conjunto de estructuras de 230 KV, la carga máxima aplicable a la misma, no debe exceder de 4700 Kg sin importar el fabricante ya que se trata de una especificación de C.F.E.
- 2) Para cierta condición de carga, se debe verificar que no exceda de la tensión de ruptura del cable en un porcentaje. Este porcentaje de operación oscila entre el 25% y 30%. Lo más apropiado es diseñar con un 27% .

Estos son dos aspectos de vital importancia y completamente distintos entre sí.

VII.2 CALCULO MECANICO DEL CABLE CONDUCTOR.

Del cálculo eléctrico, se tomó la decisión de emplear el cable CANARY. Sus características se muestran en la siguiente tabla.

CARACTERISTICAS DEL CABLE	UNIDADES	VALOR
Designación comercial		CANARY
Designación corta	cable ACSR	900
Designación AWG	KCM	900
Area de la sección total	mm ²	515.2
Area de la sección de aluminio	mm ²	456.1
Número de alambres de acero	alambres	7
Número de alambres de aluminio	alambres	54
Diámetro de los hilos de acero	mm	3.28
Diámetro de los hilos de aluminio	mm	3.28
Diámetro externo total	mm	29.51
Tensión de ruptura	Kg	14650
Peso aproximado	Kg/m	1.723
Módulo de elasticidad inicial	Kg/mm ²	5202.2
Módulo de elasticidad final	Kg/mm ²	6678.5
Coef. dilatación lineal inicial	10 ⁻⁴ /°C	18.28
Coef. dilatación lineal final	10 ⁻⁴ /°C	19.26
Corriente a 60 Hz	Amperes	970
Resistencia eléctrica a 25°C, 60 Hz	Ω/Km	0.06339
Radio medio geométrico	mm	11.94

Anteriormente se explicó la metodología de la ecuación de cambio de estado.

Para calcular el parámetro con el cual se proyectará la línea, se debe hacer una serie de aproximaciones con la ayuda de la ecuación de cambio de estado hasta llegar a la solución correcta.

Al hablar de aproximaciones se refiere a variar la tensión en Kg para la hipótesis base (50°C sin sobrecarga) y con esta aplicar la ecuación de cambio de estado para cada una de las hipótesis de carga restantes.

Terminado lo anterior, se debe observar los resultados de la tensión para distintos claros y determinar cual será la condición más adversa o crítica de carga. En esta condición, se observará que tensión cumple con los requisitos de carga máxima para estructuras (no mayor a 4700 Kg) y cables (27% de la tensión de ruptura = 3955.5 Kg) simultáneamente. Determinada esta tensión se verificará que con su claro correspondiente, se obtenga la flecha a 50°C la cual es de 13.25 m.

Con estos cálculos y dependiendo de la magnitud de las tensiones en la condición de carga crítica, se harán las aproximaciones aumentando o disminuyendo la tensión del cable a 50°C.

Lo anterior se comprenderá mejor en el siguiente cálculo del parámetro para la L.T en cuestión.

PRIMERA APROXIMACION.

a) Hipótesis base: Tensión final a 50°C sin sobrecarga, 2200 Kg.

$$T_1 = \frac{H_1}{A} = \frac{2200}{515.2} = 4.27 \frac{Kg}{mm^2}$$

$m_1 = 1$ (sin sobrecarga)

Desarrollando La ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 \left[T_2 + \frac{Km_1^2 S^2}{T_a} + K'(t_2 - t_a) - T_a \right] = Km_1^2 S^2$$

$$K = \frac{\gamma^2 E_2}{24} = \frac{\left(\frac{1.723}{515.2} \right)^2 (6678.5)}{24} = 31.12 \times 10^{-4}$$

$$K' = \alpha' E_2 = (19.26 \times 10^{-6}) (6678.5) = 0.129$$

$$T_2^2 [T_2 + \frac{(31.12 \times 10^{-4}) S^2}{4.27^2} + 0.129 (t_2 - 50) - 4.27] = 31.12 \times 10^{-4} S^2 m_2^2$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo y viento reducido (20 Kg / m²).

En el capítulo VI se hizo referencia a la sobrecarga de hielo teniendo una capa con espesor de 5 mm.

$$W_h = 917 \left[\frac{\pi}{4} (d_c + 2e)^2 - A_c \right]$$

$$W_h = 917 \left[\frac{\pi}{4} (0.02951 + (2)(0.005))^2 - \frac{515.2}{1000^2} \right] = 0.652 \text{ Kg/m}$$

Carga de viento.

$$W_v = P_v (d_c + 2e) = 20 [0.02951 + (2)(0.005)] = 0.790 \text{ Kg/m}$$

Sobrecarga.

$$m_2 = \frac{\sqrt{(W_c + W_h)^2 + W_v^2}}{W_c}$$

$$m_2 = \frac{\sqrt{(1.723 + 0.652)^2 + (0.790)^2}}{1.723} = 1.453$$

Empleando la ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 [T_2 + \frac{31.12 \times 10^{-4} S^2}{4.27^2} + 0.129 (0 - 50) - 4.27] = (31.12 \times 10^{-4}) (1.453^2) S^2$$

$$T_2^2 [\underbrace{T_2 + 1.707 \times 10^4 S^2 - 10.72}_A] = \underbrace{65.70 \times 10^4 S^2}_B$$

S (m)	A	B	T ₂ (Kg/mm ²)	H ₂ (Kg)	Flecha a 50°C (m)
200	-3.87	262.83	7.99	4116.77	3.92
250	-0.03	410.67	7.44	3835.32	6.12
300	4.66	591.37	7.09	3654.48	8.81
350	10.21	804.92	6.87	3537.47	11.99
400	16.61	1051.33	6.71	3459.09	15.66
450	23.86	1330.59	6.61	3404.55	19.82
500	31.97	1642.70	6.53	3365.25	24.47

c) Tensiones a 0°C con sobrecarga de viento fuerte.

Con la velocidad de diseño de 92.166 Km / h (cap. III), calcularemos la presión del viento con según se expuso en el capítulo VI.

$$G = \frac{8 \cdot 0.965}{8 + 2(0.965)} = 0.903$$

$$P_v = 0.0048(0.903)(1.2)(92.166^2) = 44.183 = 45 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Carga de hielo.

$$W_v = P_v D_c = (45)(0.2951) = 1.33$$

Sobrecarga.

$$m_s = \frac{\sqrt{1.723^2 + 1.33^2}}{1.723} = 1.263$$

La forma de emplear la ecuación de cambio de estado es exactamente la misma, de modo que solo se mostrarán los resultados para distintos claros en todas las condiciones de carga restantes.

S (m)	A	B	T ₂ (Kg/mm ²)	H ₂ (Kg)	Flecha a 50°C (m)
200	-3.87	198.59	7.45	3838.82	3.92
250	-0.03	310.29	6.78	3493.74	6.12
300	4.66	446.82	6.37	3279.72	8.81
350	10.21	608.18	6.11	3145.74	11.99
400	16.61	794.35	5.94	3058.22	15.66
450	23.86	1005.35	5.82	2998.40	19.82
500	31.97	1241.18	5.74	2955.85	24.47

d) Tensiones a 18°C sin sobrecarga.

$$m_2 = 1$$

S (m)	A	B	T ₂ (Kg/mm ²)	H ₂ (Kg)	Flecha a 50°C (m)
200	-1.56	124.49	5.57	2870.00	3.92
250	2.28	194.52	5.12	2640.33	6.12
300	6.98	280.11	4.86	2505.97	8.81
350	12.52	381.26	4.70	2423.72	11.99
400	18.92	497.97	4.60	2370.40	15.66
450	26.18	630.25	4.53	2334.04	19.82
500	34.28	778.08	4.48	2308.18	24.47

OBSERVACIONES.

- 1) La condición crítica de carga será la (b). 0°C con sobrecarga de hielo.
- 2) Dentro de esta condición (b), la tensión que más se acopla a los requisitos de tensado de estructuras y cable es para un claro de 250 m y le corresponde una flecha a 50°C de 6.12 m mucho menor de 13.25 m que es lo que se requiere.
- 3) Se puede incrementar la tensión a 50°C para que la flecha sea próxima a 13.25 m

NOTA: En las siguientes aproximaciones solo se hará el cálculo para la condición de carga "b" ya que ha probado ser la de mayor interés.

SEGUNDA APROXIMACION.

a) Hipótesis base a 50°C sin sobrecarga. $H_1=2400$ Kg.

$$T_1 = \frac{2400}{515.2} = 4.66 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$T_1 = 4.66 \text{ Kg} / \text{mm}^2$	$T_2 = ?$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1.453$

S (m)	A	B	(Kg/mm ²)	(Kg/mm ²)	FLECHA A 50° (m)
200	-5.35	262.83	8.77	4518.35	3.59
250	-2.13	410.67	8.21	4231.58	5.61
300	1.82	591.37	7.83	4033.65	8.08
350	6.48	804.92	7.57	3899.72	10.99
400	11.86	1051.37	7.39	3807.58	14.36
450	17.95	1330.59	7.26	3742.39	18.17
500	24.77	1642.70	7.17	3694.91	22.43

OBSERVACIONES.

- 1) El claro que cumple los requisitos de carga es de 350 m con flecha a 50°C de 10.99 m menor de 13.25 m.
- 2) Se debe aumentar la tensión a 50°C.

TERCERA APROXIMACION.

- a) Hipótesis a 50°C sin sobrecarga con tensión de 2600 Kg.

$$T_1 = \frac{2600}{515.2} = 5.05 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

- b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$T_1 = 5.05 \text{ Kg/mm}^2$	$T_2 = ?$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1.453$

S (m)	A	B	T2 (Kg/mm2)	H ₂ (Kg)	Flecha a 50°C (m)
200	-6.59	262.83	9.50	4895.04	3.31
250	-3.84	410.67	8.96	4615.12	5.18
300	-0.48	591.37	8.56	4408.36	7.46
350	3.49	804.92	8.27	4262.62	10.15
400	8.07	1051.33	8.07	4157.49	13.25
450	13.27	1330.59	7.92	4082.32	16.77
500	19.07	1642.70	7.82	4026.83	20.71

OBSERVACIONES.

- Se tiene la flecha deseada con un claro de 400 m, pero la tensión está arriba del 27% de la tensión de ruptura del cable.
- Se debe reducir la tensión a 50°C.

CUARTA APROXIMACION.

a) Hipótesis base a 50°C sin sobrecarga. $H_1 = 2500 \text{ Kg}$.

$$T_1 = \frac{2500}{515.2} = 4.85 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$T_1 = 4.85 \text{ Kg/mm}^2$	$T_2 = ?$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1.453$

S (m)	A	B	T_2 (Kg/mm ²)	H_2 (Kg)	FLECHA A 50°C (m)
200	-6.00	262.83	9.14	4709.83	3.45
250	-3.02	410.67	8.59	4425.20	5.38
300	0.61	591.37	8.19	4221.83	7.75
350	4.91	804.92	7.92	4080.92	10.55
400	9.86	1051.33	7.73	3982.50	13.78
450	15.48	1330.59	7.59	3912.19	17.45
500	21.76	1642.70	7.49	3860.66	21.54

OBSERVACIONES.

- 1) El claro que da una flecha aproximada a 13.25 m, es con 400 m pero su tensión está arriba del 27% de la tensión de ruptura del cable.
- 2) Se debe disminuir a 50°C.

QUINTA APROXIMACION.

- a) Hipótesis base a 50°C sin sobrecarga.
- $H_1 = 2490$
- Kg.

$$T_1 = \frac{2490}{515.2} = 4.83 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

- b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$T_1 = 4.83 \text{ Kg/mm}^2$	$T_2 = ?$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1453$

S (m)	A	B	T_1 (Kg/mm ²)	H_1 (Kg)	FLECHA A 50°C (m)
200	-5.93	262.83	9.11	4690.97	3.46
250	-2.94	410.67	8.55	4406.00	5.41
300	0.73	591.37	8.16	4203.08	7.78
350	5.06	804.92	7.89	4062.81	10.60
400	10.05	1051.33	7.70	3965.00	13.84
450	15.72	1330.59	7.56	3895.20	17.52
500	22.05	1642.70	7.46	3844.06	21.62

OBSERVACIONES.

- 1) Aún se debe reducir más la tensión a 50°C ya que para un claro de 400 m, tanto tensión como flecha están todavía arriba.

SEXTA APROXIMACION.

a) Hipótesis base a 50°C sin sobrecarga. $H_1 = 2470$ Kg.

$$T_1 = \frac{2470}{515.2} = 4.79 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$T_1 = 4.79 \text{ Kg/mm}^2$	$T_2 = ?$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1.453$

S (m)	A	B	T_2 (Kg/mm ²)	H_2 (Kg)	FLECHA A 50°C (m)
200	-5.81	262.83	9.03	4653.05	3.49
250	-2.76	410.67	8.48	4367.48	5.45
300	0.96	591.37	8.09	4165.53	7.85
350	5.36	804.92	7.82	4026.59	10.68
400	10.44	1051.33	7.63	3930.00	13.95
450	16.19	1330.59	7.49	3861.21	17.66
500	22.63	1642.70	7.40	3810.89	21.80

OBSERVACIONES.

- 1) La tensión es la adecuada.
- 2) El claro base oscila entre 350 m y 400 m.

S (m)	A	B	T ₁ (Kg/mm ²)	H ₁ (Kg)	FLECHA A 50°C (m)
350	5.36	804.92	7.82	4026.59	10.68
360	6.32	851.57	7.77	4004.44	11.30
370	7.31	899.54	7.73	3983.83	11.94
380	8.33	948.82	7.70	3964.63	12.59
390	9.37	999.42	7.66	3946.72	13.26
400	10.44	1051.33	7.63	3930.00	13.95

VII.2.1 CONCLUSION DE CALCULO MECANICO DE CABLE CONDUCTOR.

- Tensión a 50°C 2470.00 Kg
- Claro base de la línea 390 m
- Parámetro para curva caliente (50°C sin sobrecarga)

$$P_{50^{\circ}\text{C}} = \frac{2470}{1.723} = 1433.51 \text{ m}$$

- Parámetro para curva fría (0°C con sobrecarga de hielo)

$$P_{0^{\circ}\text{C}} = \frac{3946.72}{1.723} = 2290.61 \text{ m}$$

- Porcentaje máximo de trabajo en el cable.

$$\frac{3946.72}{14650} \times 100 = 26.94\%$$

- Coeficiente de tensión de cada día (TCD).

Se calculará con el parámetro antes calculado con la hipótesis de carga (d) 18°C sin sobrecarga y con el claro base de 390 m.

S (m)	A	B	T ₁ (Kg/mm ²)	H ₁ (Kg)	FLECHA A 50°C (m)
390	11.69	473.39	5.28	2721.31	13.26

TCD = TENSION A 18°C SIN SOBRECARGA CON 390 m X 100
TENSION DE RUPTURA

$$\text{TCD} = \frac{2721.31}{14650} \times 100 = 18.58 \%$$

Es decir que la tensión de cada día es el 18.58 % de la tensión de ruptura del cable, este valor es menor del 24 % que se considera admisible para una línea con antivibradores. Este dato se obtiene de la última tabla del capítulo anterior.

VII.2.2 CALCULO DE FLECHAS PARA LAS CONDICIONES DE CARGA CON CLARO BASE DE 390 m.

a) F = 13.26 m.

b) 0°C y m = 1.453.

$$F = \frac{(1.723)(390^2)}{8(3946.72)} = 8.30m$$

c) 0°C y m = 1.263.

$$T_2^2 (T_2 + 9.37) = 755.13$$

$$T_2 = 6.83 \text{ Kg/mm}^2; H_2 = 3517.71 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(1.723)(390^2)}{8(3517.71)} = 9.31m$$

d) 18°C, m = 1.

$$T_2^2 (T_2 + 11.69) = 473.39$$

$$T_2 = 5.28 \text{ Kg/mm}^2; H_2 = 2721.31 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(1.723)(390^2)}{8(2721.31)} = 12.04m$$

e) 18°C, m = 1.263.

$$T_2^2 (T_2 + 11.69) = 755.13$$

$$T_2 = 6.45 \text{ Kg/mm}^2; H_2 = 3334.28 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(1.723)(390^2)}{8(3334.28)} = 9.82m$$

VII.3 CALCULO DE LOS PUNTOS PARA TRAZADO DE LA PLANTILLA.

La ecuación de la catenaria tiene la siguiente forma.

$$y = P(\cosh \frac{x}{P} - 1)$$

donde P: Parámetro en metros de la curva ya sea fría o caliente.

X: Distancia horizontal medida del origen en metros.

Y: Flecha vertical medida del origen en metros.

CURVA CALIENTE
P=1433.55 m

CURVA FRIA
P=2290.61 m

X	Y		X	Y
0	0		0	0
10	0.03		10	0.02
20	0.14		20	0.09
30	0.31		30	0.20
40	0.56		40	0.35
50	0.87		50	0.55
60	1.26		60	0.79
70	1.71		70	1.07
80	2.23		80	1.40
90	2.83		90	1.77
100	3.49		100	2.18
.
..
400	56.19		400	35.02

VII.4 CALCULO MECANICO DEL CABLE DE GUARDA.

Debido a que los cables de guarda están sometidos a las mismas condiciones de carga, se debe hacer el mismo cálculo mecánico en éstos.

En el cálculo del cable conductor se mencionó que la capacidad de carga de las estructuras es de 4700 Kg. En el caso del cable de guarda, ésta capacidad de carga difiere debido a que el área expuesta al viento es menor además, sus características mecánicas son diferentes.

Por lo anterior, se tiene que la capacidad de carga para cable de guarda será de 1250 Kg. Debe mencionarse que la determinación de la capacidad de carga para cables conductores y cables de guarda son datos proporcionados por el fabricante.

Las características mecánicas del cable de guarda son las que siguen.

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE	UNIDAD	VALOR
Designación comercial	Alumoweld	7#8
Area de la sección total	mm ²	58.56
No. alambres alumoweld	alambres	7
Diámetro de alambres alumoweld	mm	3.26
Diámetro total	mm	9.78
Tensión de ruptura	Kg	7226
Resistencia eléctrica C.D	Ω/Km	1.516
Peso propio	Kg/m	0.3896
Módulo de elasticidad inicial	Kg/mm ²	15150
Módulo de elasticidad final	Kg/mm ²	16170
Coefficiente de dilatación lin.	10 ⁻⁶ /°C	12.96
Resistencia eléctrica a 60Hz	Ω/Km	1.901

Antes de comenzar con el cálculo, se expondrá un fenómeno muy importante. Este es como sigue:

En el estudio del cable conductor, se tiene una flecha a 50°C de 13.26 m. Como en los tres niveles de la estructura se emplea el mismo cable, las contracciones por baja temperatura son las mismas; no así con el cable de guarda cuya contracción será diferente.

Vamos a suponer que el cable de guarda se tensa con el mismo parámetro de la condición de carga (a) 50°C sin sobrecarga. Por tanto, su tensión será la que sigue.

$$H = (1433.55)(0.3896) = 558.51 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{W_G S^2}{8H} = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(558.51)} = 13.26 \text{ m}$$

y se tiene el esquema de la figura VII.2.

Se observa que el espaciamiento entre el 3° nivel y el cable de guarda (d) es como sigue.

$$H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}} = (21.5 + 12 + 4.54 - 13.26) - (21.5 + 12 - 13.26)$$

$$d = 4.54 \text{ m}$$

Como puede verse, la distancia entre el cable de guarda y el tercer nivel es de 4.54 m y el espaciamiento "d" es exactamente 4.54 m y por lo tanto se tiene que por norma de seguridad se emplea el siguiente razonamiento.

Para toda condición, la distancia entre los vértices de las catenarias del cable de guarda y el cable conductor inmediato inferior llamada "d" SIEMPRE MAYOR EN UN 5% AL 10% DE LA DISTANCIA ENTRE LOS APOYOS DE ESTOS DOS CABLES LLAMADA D_0 . Aunque en algunos casos esta distancia D_0 , puede ser mayor.

$$d \geq 1.1 D_0$$

$$d \geq (1.1)(4.54) ; d \geq 4.99 \text{ m}$$

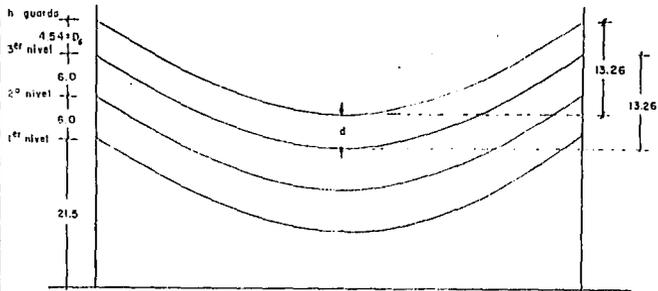
A 50°C se cumple la anterior condición. ¿Qué sucedería al disminuir la temperatura?

Debido a que las características mecánicas del cable de guarda y el cable conductor son distintas, la influencia de las condiciones de carga es diferente en ambos. Las contracciones son distintas de tal manera que $d < D_0$.

provocando entonces un arqueado entre estos conductores y además el ángulo de protección del cable de guarda deje de ser el adecuado.

Al hacer el cálculo mecánico del cable de guarda con el mismo parámetro a 50°C del cable conductor, la condición $d < D_0$ se cumple para las condiciones de carga b y e; no así para las condiciones de carga c y d.

Por todo lo anterior, el parámetro a 50°C para el cable de guarda será de 10% mayor que el parámetro a la misma temperatura



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

No. LAMINA

Figura VII. 2

ESC. 1:500

TITULO. ESQUEMA DEL CLARO A 50°C TOMANDO EL MISMO
PARAMETRO PARA CABLE DE GUARDA Y CONDUCTOR

ACOT.
METROS

DIBUJO. S. G. M

para el cable de guarda.

$$P_{\text{guarda}} = c^2 \cdot 1.1 P_{\text{conductor}} \cdot c$$

a) Hipótesis base, 50°C sin sobrecarga, claro base de 390 m.

$$P = 1.1 (1433.55) = 1576.91 \text{ m}$$

$$H = P W_c = (1576.91) (0.3896) = 614.36 \text{ Kg}$$

$$T = \frac{614.36}{58.56} = 10.49 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

$$K = \frac{\gamma^2 E_2}{24} = \frac{\left(\frac{0.3896}{58.56}\right)^2 (16179)}{24} = 29.82 \times 10^{-3}$$

$$K' = a_2 E_2 = (12.96 \times 10^{-10}) (16170) = 20.96 \times 10^{-3}$$

$$T^2 \left(T + \frac{(29.82 \times 10^{-3}) (390^2)}{10.49^2} + 20.96 \times 10^{-6} (L_2 - 50) - 10.49 \right) =$$

$$= (29.82 \times 10^{-3}) (390^2) m^2$$

$$T^2 (T + 30.72 + 20.96 \times 10^{-6} (L_2 - 50)) = 4535.62 m^2$$

$$F = \frac{(0.3896) (390^2)}{8 (614.36)} = 12.06 \text{ m}$$

Verificación de distancia dieléctrica "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 12.06) - (21.5 + 12 - 13.26) = 5.74 \text{ m}$$

$$5.74 > 4.99 \text{ correcto.}$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

Carga de hielo.

$$W_h = 917 \left[\frac{\pi}{4} (0.00978 + (2)(0.005))^2 - \frac{58.56}{1000} \right] = 0.228 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Carga de viento.

$$W_v = 20 (0.00978 + (2)(0.005)) = 0.396 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Sobrecarga.

$$m_2 = \frac{\sqrt{(0.3896 + 0.228)^2 + (0.396)^2}}{0.3896} = 1.879$$

Aplicando la ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 (T_2 + 30.72 + 20.96 \times 10^{-6} (0 - 50)) = 4535.62 (1.879)^2$$

$$T_2^2 (T_2 + 30.72) = 16014.64$$

$$T_2 = 18.11 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 1060.52 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(1060.52)} = 6.98 \text{ m}$$

Verificación de distancia dieléctrica "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 6.98) - (21.5 + 12 - 8.30) = 5.86 \text{ m}$$

$$5.86 > 4.99 \text{ correcto}$$

c) Tensiones a 0°C con sobrecarga de viento (45 Kg/m²).

Carga de viento.

$$W_v = (45) (0.00978) = 0.440 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Sobrecarga.

$$m_s = \frac{\sqrt{(0.3896^2) + (0.440^2)}}{0.3896} = 1.508$$

Aplicando la ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 (T_2 + 30.719) = 10314.934$$

$$T_2 = 15.018 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 879.428 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896) (390^2)}{8 (879.428)} = 8.42 \text{ m}$$

Distancia "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 8.42) - (21.5 + 12 - 9.31) = 5.43 \text{ m}$$

$$5.43 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

d) Tensiones a 18°C sin sobrecarga.

Ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 (T_2 + 30.72) = 4535.90$$

$$T_2 = 10.49 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 614.36 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896) (390^2)}{8 (614.36)} = 12.06 \text{ m}$$

Distancia "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 12.06) - (21.5 + 12 - 12.04) = 4.52 \text{ m}$$

4.52 < 4.99 posible falla monofásica

e) Tensiones a 18°C con sobrecarga de viento.

$$m_2 = 1.508$$

Ecuación de cambio de estado.

$$T_2^2 (T_2 + 30.72) = 10314.93$$

$$T_2 = 15.02 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 879.42 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(879.42)} = 8.42 \text{ m}$$

Distancia dieléctrica "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 8.42) - (21.5 + 12 - 9.82) = 5.94 \text{ m}$$

$$5.94 > 4.99 \text{ correcto}$$

OBSERVACIONES.

- 1) Las condiciones de carga a), b), c) y e), cumplen con el requisito de la distancia dieléctrica "d". No así la condición d).
 - 2) Por lo anterior, al presentarse la condición de carga d), la línea posiblemente exista una falla monofásica en ambos circuitos.
 - 3) Se debe elevar el parámetro a 50°C para el cable de guarda. Se elevará a un 15 % del parámetro a 50°C del cable conductor, es decir, se requiera tensar aún más el cable de guarda.
- a) Hipótesis base a 50°C sin sobrecarga.

$$P = 1.15 (1433.55) = 1648.58 \text{ m}$$

$$H = (1648.58)(0.3896) = 642.29 \text{ Kg}$$

$$T = \frac{642.29}{58.56} = 10.97 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

$$F = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(642.29)} = 11.53 \text{ m}$$

Verificando distancia dieléctrica "d".

$$d = (21.5+12+4.54-11.53) - (21.5+12-13.26) = 6.27 \text{ m}$$

$$6.27 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

b) Tensiones a 0°C con sobrecarga de hielo.

$$m_2 = 1.879$$

$$T_2^2(T_2+26.74) = 16014.64$$

$$T_2 = 18.76 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 1098.66 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(1098.66)} = 6.74 \text{ m}$$

Verificando distancia dieléctrica "d".

$$d = (21.5+12+4.54-6.74) - (21.5+12-8.30) = 6.10 \text{ m}$$

$$6.10 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

c) Tensiones a 0°C con sobrecarga de viento.

$$m_2 = 1.508$$

$$T_2^2(T_2+26.74) = 10314.93$$

$$T_2 = 15.61 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 913.98 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896)(390^2)}{8(913.98)} = 8.10 \text{ m}$$

Verificando distancia "d".

$$d = (21.5+12+4.54-8.10) - (21.5+12-9.31) = 5.75 \text{ m}$$

$$5.75 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

d) Tensiones a 18°C sin sobrecarga.

$$T_2^2 (T_2 + 26.74) = 4535.90$$

$$T_2 = 10.97 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 642.29 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3986) (390^2)}{8 (642.29)} = 11.53 \text{ m}$$

Verificando distancia "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 11.53) - (21.5 + 12 - 12.04) = 5.05 \text{ m}$$

$$5.05 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

e) Tensiones a 18°C con sobrecarga de viento.

$$m_2 = 1.508$$

$$T_2^2 (T_2 + 26.74) = 10314.93$$

$$T_2 = 15.61 \text{ Kg/mm}^2 ; H_2 = 913.98 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{(0.3896) (390^2)}{8 (913.98)} = 8.10 \text{ m}$$

Verificando distancia "d".

$$d = (21.5 + 12 + 4.54 - 8.10) - (21.5 + 12 - 9.82) = 6.26 \text{ m}$$

$$6.26 > 4.99 \quad \text{correcto}$$

VII.4.1 CONCLUSION DEL CALCULO MECANICO DEL CABLE DE GUARDA.

1) Parámetro a 50°C sin sobrecarga.

$$P = 1648.58 \text{ m}$$

2) **Parámetro a 0°C con sobrecarga de hielo.**

$$P = \frac{1098.66}{0.3896} = 2819.97 \text{ m}$$

Con todo-esto, concluye el cálculo de la plantilla, es decir determinar el parámetro adecuado para trazar la catenaria a 50°C del cable conductor y plasmarla en la plantilla y con esta hacer la localización de estructuras.

Como pudo verse, no se trata de una metodología muy sofisticada; solamente es cuestión de tener tacto para proponer la tensión adecuada y en base a ella hacer las iteraciones correspondientes.

En el siguiente capítulo, se mencionará la razón de calcular el parámetro del cable de guarda, esto debido a que para localización de estructuras no se requiere de este último.

CAPITULO VIII
INSTRUCCIONES PARA MANEJO
DE LA PLANTILLA.

CAPITULO VIII

VIII.1 INFORMACION CONTENIDA EN LA PLANTILLA.

Una vez calculada y trazada la catenaria en curva caliente y fría antes descritas, se procede a imprimirlas sobre una plantilla de acrílico. Esta plantilla se cortará de manera que tenga la forma de la curva caliente.

Teniendo esta plantilla cortada, se imprimirán en esta las siguientes curvas:

- Cueva fría.
- Curva de libramiento; el respectivo libramiento es de 8.25 m
- Curva de incrementos o decrementos en el tamaño o altura de las estructuras, estas curvas serán para los niveles -8, -4, +0, +4, +8, +12 y en casos muy extremos +16.

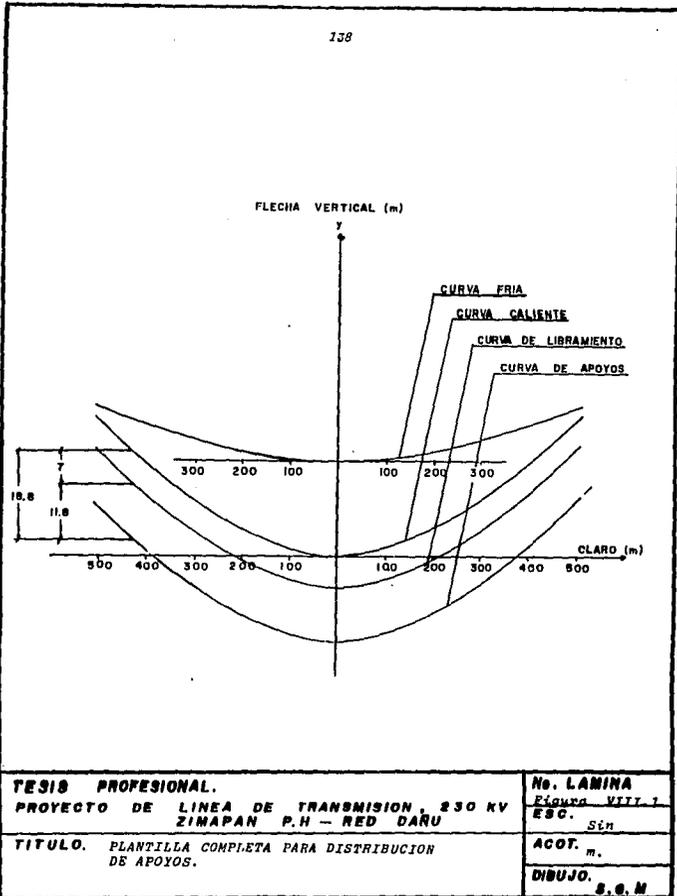
Todas las curvas mencionadas, son paralelas entre sí. Entre otros datos, se deben incluir las escalas las cuales deben coincidir con las del levantamiento topográfico de la trayectoria de la L.T las cuales fueron mencionadas anteriormente.

Por otra parte es necesario indicar el parámetro a 50°C sin sobrecarga con el cual se proyectó la L.T. La plantilla terminada se muestra en el plano No. 15 en el anexo de planos de esta tesis.

Antes de entrar en ejemplos complicados (complicados en el sentido de la geografía del terreno), se tendrá un ejemplo muy sencillo.

En la plantilla mostrada en la figura VIII.1, se tienen tres curvas.

- 1) Curva caliente.
- 2) Curva de libramiento a tierra.
- 3) Curva de pie de apoyos.
- 4) Curva fría.



El conjunto de estas tres curvas constituyen la plantilla de distribución de apoyos tal como se observa en la misma figura VIII.1.

VIII.2 EMPLEO DE LA PLANTILLA.

En éste ejemplo, se supondrá sea el de la figura VIII.2 donde vemos que:

Distancia mínima de los cables conductores al suelo.	7 m
Flecha máxima admisible al terreno llano.	11.8 m

que son las distancias que se han trazado en la plantilla de la figura VIII.1. Con estos datos obtendremos la altura del conductor más bajo.

$$7 + 11.8 = 18.5 \text{ m}$$

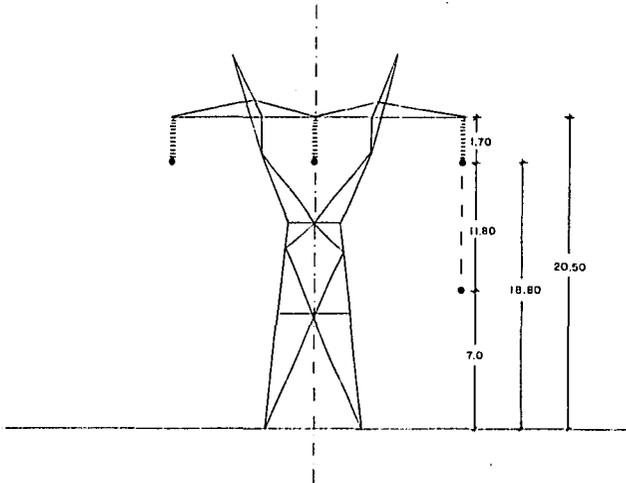
ésta altura es la que tendrá la clema de suspensión sobre el suelo. El empleo de la plantilla no puede ser más sencillo.

Como se ve en la figura VIII.3, basta hacer que la curva de "libramiento a tierra" quede tangente al perfil longitudinal de tal forma que la curva de "pie de apoyos" indique en los puntos en que lo corte, los cuales deberán ser los emplazamientos de los apoyos que limiten el claro.

De este modo, los cables conductores quedarán como mínimo en este ejemplo a 7 m arriba de nivel del terreno en su punto más bajo o vértice cuando se presente la condición de flecha máxima (50°C sin sobrecarga).

Lo anterior, fue referente a la localización de estructuras en base a la curva caliente.

Anteriormente se definió a la curva fría. La plantilla de la curva fría se emplea siempre entre cada tres apoyos (dos claros



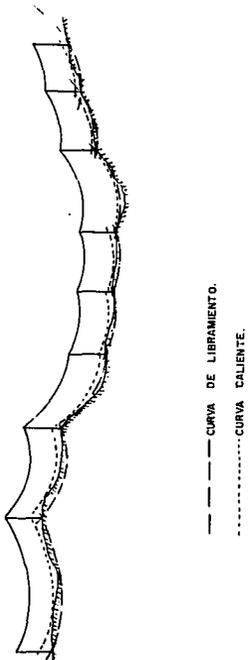
TESIS PROFESIONAL.
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H - RED DARU

No. LAMINA
 Figura VIII.C
 ESC. 5/11

TITULO. APOYO DE ALINEACION.

ACOT.
 m.

DIBUJO.
 S.G.M



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	Nº. LAMINA Figura VIII.3
	ESC. Sin
TITULO. APLICACION DE LA PLANTILLA DE DISTRUBUCION DE APOYOS.	ACOT. Sin
	DIBUJO. S.G.M

contiguas) ya que su finalidad es la de comprobar si el apoyo intermedio podrá quedar o no sometido a una sollicitación ascendente o comunmente llamado JALON DE HIELO.

Si se coloca la curva de pie de apoyos de modo que pase por los apoyos extremos, la curva fría podrá, respecto a apoyo intermedio, quedar en una de las tres posiciones siguientes:

POSICIONES EN LAS QUE PODRA QUEDAR LA CURVA FRIA.	OBSERVACIONES.
1) Por debajo de la cabeza del apoyo intermedio.	No habra sollicitación ascendente en el apoyo intermedio.
2) Sobre la cabeza de dicho apoyo.	No habrá sollicitación ascendente. El cable no ejercerá acción de peso sobre el apoyo intermedio.
3) Por encima de la cabeza de dicho apoyo.	Habrá sollicitación ascendente en dicho apoyo.

Antes de seguir adelante hemos de decir que lo que por sencillez de expresión se ha llamado cabeza del apoyo, no se refiere a la cúspide del mismo (de la estructura), sino a la altura sobre el terreno en el que la clema de suspensión sujete al conductor inferior.

Por esta razón, es necesario que en el perfil longitudinal, los apoyos sean dibujados en su verdadera magnitud escalar de alturas (verticales 1:500), con un trazo que represente la existente desde el punto de engrape del cable inferior al terreno. No comprueba si estos apoyos fueran dibujados con diferentes escalas.

Como se ve, no tiene dificultad alguna el empleo de la curva fría. Ahora bien, al hacer los tanteos de distribución de los apoyos y determinación de sollicitaciones ascendentes, se perdería mucho tiempo si hubiese que dibujar desde un principio los apoyos con su altura desde el terreno hasta el cable de guarda ya que siempre se tiene la necesidad de hacer varios arreglos antes de decidir la distribución más idónea.

De aquí, que en vez de hacer pasar la curva fría por lo que hemos denominado la cabeza de apoyos, se la superponga a los pies

de los apoyos extremos de dos claros contiguos, cuyo intermedio va a comprobarse si tiene o no una solicitación ascendente.

Colocando la curva fría de modo que pase por los pies de los apoyos extremos. Podrá quedar respecto al apoyo intermedio en una de las tres siguientes posiciones.

POSICIONES EN LAS QUE PODRA QUEDAR LA CURVA FRIA.	OBSERVACIONES.
1) Por debajo del pie del apoyo.	No habrá solicitación ascendente en el apoyo intermedio.
2) Sobre el pie de dicho apoyo	No hay solicitación ascendente. El cable no ejercerá acción de peso sobre el apoyo intermedio.
3) Por encima del pie de dicho apoyo.	Habrà solicitación ascendente en el apoyo intermedio.

En la figura VII.4, se han representado los tres casos citados. En la siguiente tabla, se estudia el comportamiento de los apoyos mostrados en dicha figura.

CASO.	APOYO.	OBSERVACIONES.
1	12	La curva fría queda por debajo del pie de apoyo por tanto no hay solicitación ascendente.
2	15	La curva fría pasa por el pie de apoyo. No hay solicitación ascendente. El cable no ejerce acción de peso sobre el apoyo teniendo una pérdida de acero.
3	17	La curva fría queda por encima del pie de apoyo. Habrá solicitación ascendente, es decir, si no se rehúica o elimina la estructura, esta tenderá a ser arrancada de sus anclajes.

Si con otra distribución de apoyos o con alguno de estos con mayor altura pudiera evitarse las sollicitaciones ascendentes, se tendrá una solución al problema pero en muchos casos no será factible llevarlo a cabo.

VIII.3 CASO DE MEDIAS LADERAS.

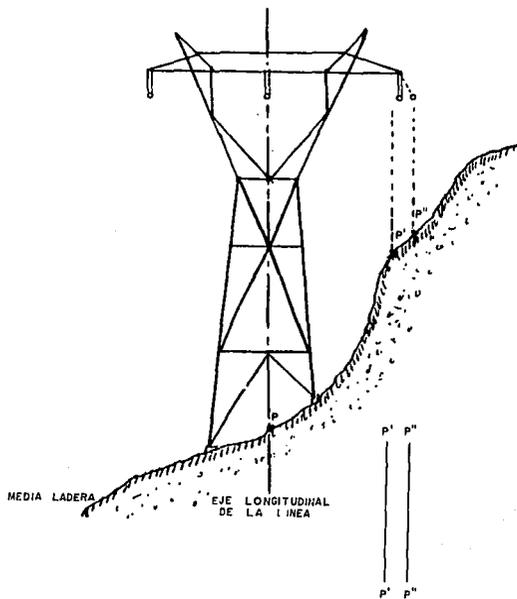
Cuando el trazado de las líneas oblique a situar apoyos a media ladera como en la figura VIII.5, es necesario tomar en cuenta que si bién, la aplicación de la plantilla en su curva caliente daría los emplazamientos adecuados respecto al perfil longitudinal según el eje $P - P$; el conductor más cercano al terreno (el de la derecha en nuestro caso), podría quedar a una distancia menor de la mínima reglamentaria puesto que la proyección horizontal del mismo es P'' y no P ; ésto debido a que se tiene menor distancia dieléctrica en aire pudiendo crear un arco a tierra (falla monofásica).

Bajo la acción del viento, las cadenas de aisladores, se desvían transversalmente a la línea tomando unas posiciones como la dibujada de puntos para el cable conductor de la derecha.

En la posición desviada supuesta, la proyección horizontal del conductor ya no es P' sino P'' y con mayor razón que antes, la distancia al terreno será aún más pequeña. Por esto, no basta limitarse a hacer un levantamiento topográfico según el eje $P - P$, sino que es absolutamente necesario levantar también el perfil $P'' - P''$ en todoa aquellos tramos en que se presente la menor duda si cualquier conductor podrá quedar a una distancia del terreno menor que la reglamentaria.

Se obtendrán así dos perfiles longitudinales paralelos entre sí según $P - P$ y $P'' - P''$. Este último es llamado CONTRAPERFIL como se muestra en la figura VII.6 en donde se observa que el tramo EC que es el perfil $P'' - P''$, queda por encima del eje $P - P$ como es lógico.

Se comprende que procediendo de éste modo, tanto el conductor central como el de la derecha (figura VIII.5), quedarán en todo momento a mayor altura de la mínima reglamentaria respecto al nivel de terreno.



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. APOYO SITUADO A MEDIA LADERA

No. LAMINA

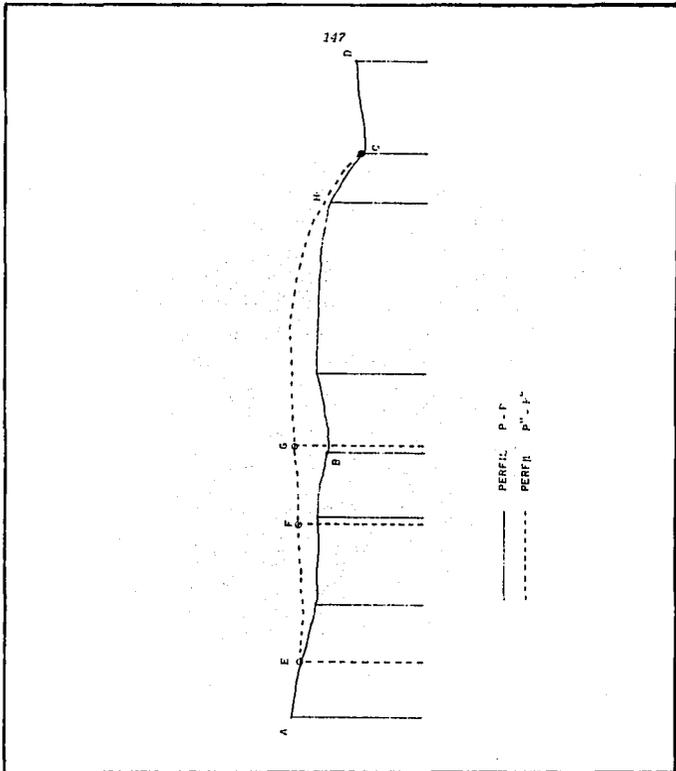
Figura VIII.5

ESC. Sin

ACOT. Sin

DIBUJO.

S.G.M



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA Figura VIII.6
	ESC. Sin
TITULO. DOBLE PERFIL LONGITUDINAL EN UNA LADERA.	ACOT. Sin
	DIBUJO. S. G. M

Los apoyos se dibujarán sobre el perfil ABCD (figura VIII.6) ya que este es el eje longitudinal de la línea y claro dando libramiento no solo al terreno sino también al contraperfil.

CAPITULO IX
HOJAS DE DISTRIBUCION.

CAPITULO IX**IX.1 LA HOJA DE DISTRIBUCION.**

Las hojas de distribución son el resumen del proyecto de diseño en cuanto a estructuras se refiere.

En estas hojas se debe indicar cada una de las estructuras que componen la línea con sus respectivos claros vertical y medio horizontal (graviviano y solovano respectivamente), modelo de la estructura así como su nivel y localización en kilómetros a partir del punto de salida.

El objeto de estas hojas, es orientar al constructor del tipo de estructura que deberá montar en cada punto de apoyo además de los cruzamientos entre estructuras contiguas para que de esta forma pueda decidir como transportar materiales y equipo al área de obras.

Debe mencionarse que estas hojas sirven únicamente y exclusivamente para localización de estructuras y no para tendido de los cables; para esto último, se cuenta con la tabla de tendido que se mostrada más adelante.

Una vez terminado el trabajo de localización de estructuras en gabinetes, se debe vaciar este trabajo en un primer juego de hojas de distribución para ser enviado a los ingenieros en campo para localizar los puntos de apoyo y decidir si el tipo de terreno es adecuado para su instalación. Si el terreno no presenta problemas de deslave, se procede a hacer el levantamiento topográfico o PERFIL EN CRUZ; pero en dado caso que se estime algún problema en el terreno, se deberá mencionar o sugerir algún lugar cercano a este para ser enviado de vuelta al gabinete y hacer las correcciones pertinentes.

El desarrollo de los perfiles en cruz, se refiere a los planos topográficos que muestran la forma del terreno en el punto donde será instalada la estructura para determinar sus correspondientes extensiones de las patas en caso de estar desnivelado el terreno.

IX.2 DESARROLLO DEL PERFIL EN CRUZ.

Para seleccionar las extensiones que deberán ser instaladas en una estructura cualquiera, deben analizarse simultáneamente las cuatro patas.

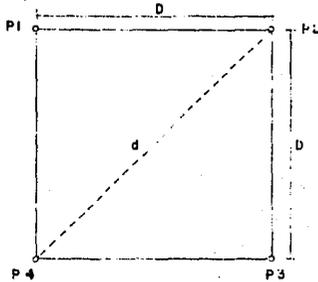
IX.2.1 CALCULO GRAFICO DE LA PLANTILLA PARA DETERMINACION DE EXTENSIONES.

Una estructura cualquiera, cuenta con un juego de planos que van desde sus dimensiones hasta las especificaciones de armado. En uno de estos planos, se tienen las características de la pendiente en la base de la estructura. Esto es en base a un triángulo llamado PENDIENTE DEL LOMO EN EL ESPACIO O ESQUINERO. Este triángulo es propio para cada tipo de estructura e indica la pendiente que toma la base en sus planos diagonales. Este dato es proporcionado por el fabricante.

Se requiere además otro dato indispensable. En la figura IX.1, se ilustra el esquema de planta del la base de la estructura con sus dimensiones lateral "D" y diagonal "d". Para poder realizar las plantillas, se requiere la distancia diagonal "d". Antes de continuar, y para que quede más claro, el triángulo de pendiente de lomo en el espacio o esquinero es el formado por la pata de la estructura y la distancia diagonal "d".

El cálculo de las plantillas, se pueden realizar a partir de cualquier altura o nivel de la estructura pero es aconsejable hacerlo a partir del nivel N+0 para de este punto, dibujar hacia arriba y abajo. En la siguiente tabla se ilustran las medidas laterales "D".

Teniendo la distancia "D", deberá ser calculada la distancia "d" aunque para nuestros propósitos, se requiere la distancia desde la mojonera hasta la para, es decir $d/2$.



D: DISTANCIA LATERAL
ENTRE PATA^o

d: DISTANCIA DIAGONAL
ENTRE PATA^o

$$d^2 = D^2 + D^2 = 2D^2$$

$$d = \sqrt{2D^2}$$

$$d = D\sqrt{2}$$

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO.

No. LAMINA

ESC.

ACOT.

DIBUJO.

S.G.M

ESTRUCTURA.	DISTANCIA "D" EN NIVEL N+0 (CM).
2B2	737.00
2M2	653.00
4M2	850.30
2X2	751.90
2Y2	784.50
2Z2	789.80
2X1	707.60
2W2	1165.30
2R2	786.90

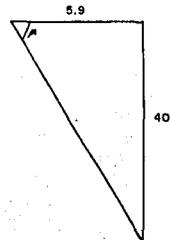
Ya tenemos la distancia "D", ahora debemos calcular la distancia diagonal "d" y con ello la distancia desde la mojonera hasta la pata en el nivel N+0 por una parte, por otra, con el triángulo del lomo en el espacio o esquinero, determinaremos el ángulo μ y en base a estos datos, trazaremos las plantillas para cada estructura.

Los cálculos son muy sencillos y quedarán de la siguiente manera.

ESTRUCTURA 2B2.

$$\mu = \arctan (40/5.9) = 81.61^\circ$$

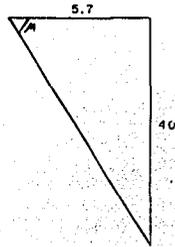
$$d = D \sqrt{2} = 7.37 \sqrt{2} = 10.42 \text{ m}$$



ESTRUCTURA 2M2.

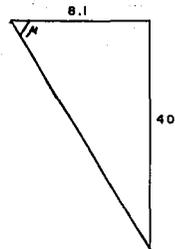
$$\mu = \arctan (40/5.7) = 81.89^\circ$$

$$d = 6.53 \quad f_2 = 9.23 \text{ m}$$

**ESTRUCTURA 4M2.**

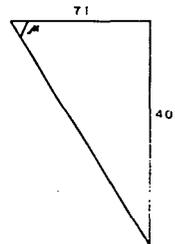
$$\mu = \arctan (40/8.1) = 78.55^\circ$$

$$d = 8.503 \quad f_2 = 12.03 \text{ m}$$

**ESTRUCTURA 2X2.**

$$\mu = \arctan (40/7.1) = 79.93^\circ$$

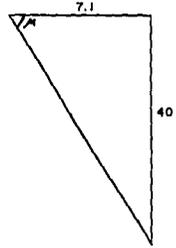
$$d = 7.519 \quad f_2 = 10.63 \text{ m}$$



ESTRUCTURA 2Y2.

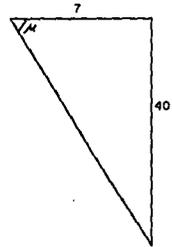
$$\mu = \arctan (40/7.1) = 79.93^\circ$$

$$d = 7.845 \sqrt{2} = 11.09 \text{ m}$$

**ESTRUCTURA 2Z2.**

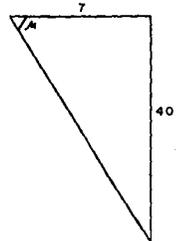
$$\mu = \arctan (40/7) = 80.07^\circ$$

$$d = 7.898 \sqrt{2} = 11.17 \text{ m}$$

**ESTRUCTURA 2X1.**

$$\mu = \arctan (40/7) = 80.07^\circ$$

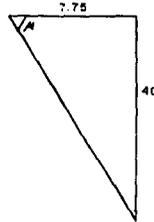
$$d = 7.076 \sqrt{2} = 10.01 \text{ m}$$



ESTRUCTURA 4W2.

$$\mu = \arctan (40/7.75) = 79.10^\circ$$

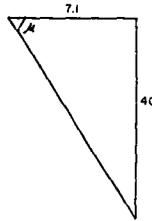
$$d = 11.653 \quad f_2 = 16.48 \text{ m}$$



ESTRUCTURA 2R2.

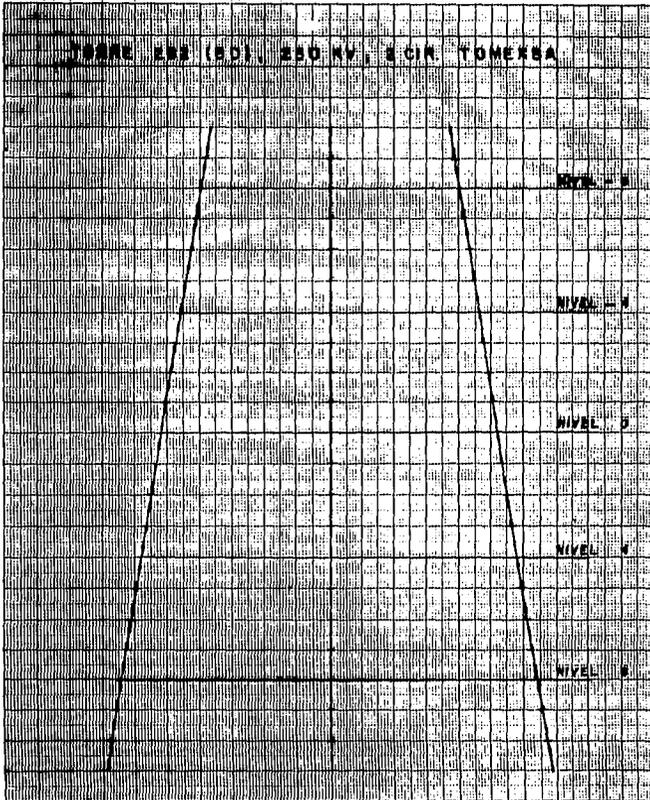
$$\mu = \arctan (40/7.1) = 79.93^\circ$$

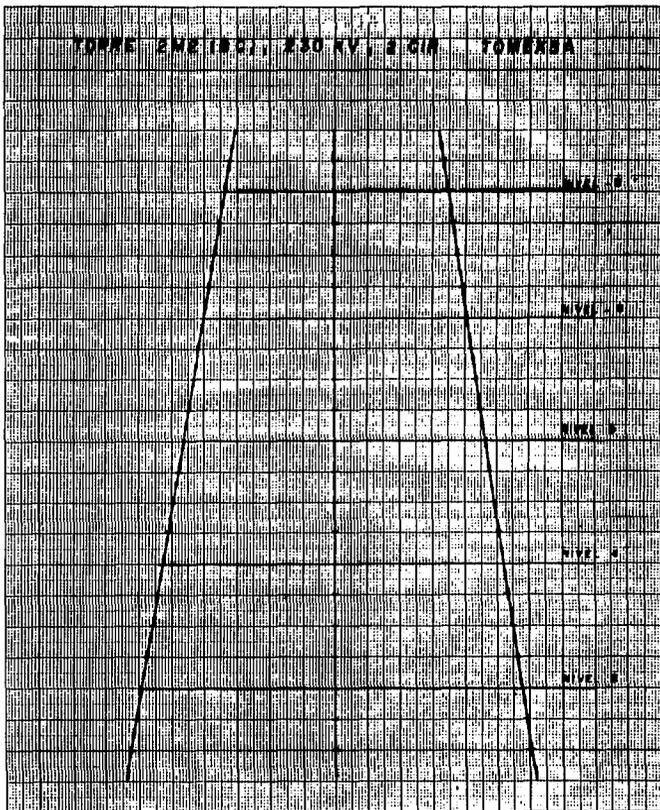
$$d = 7.869 \quad f_2 = 11.13 \text{ m}$$

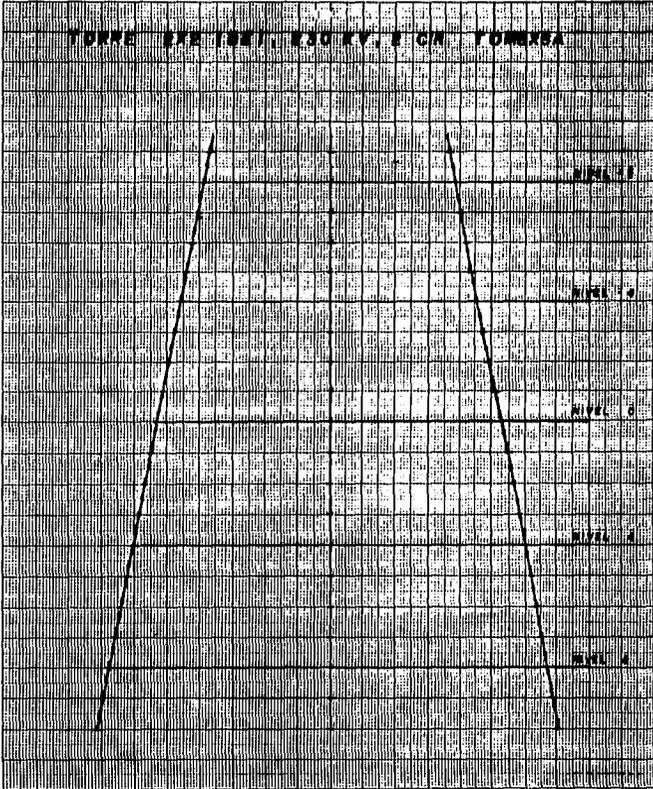


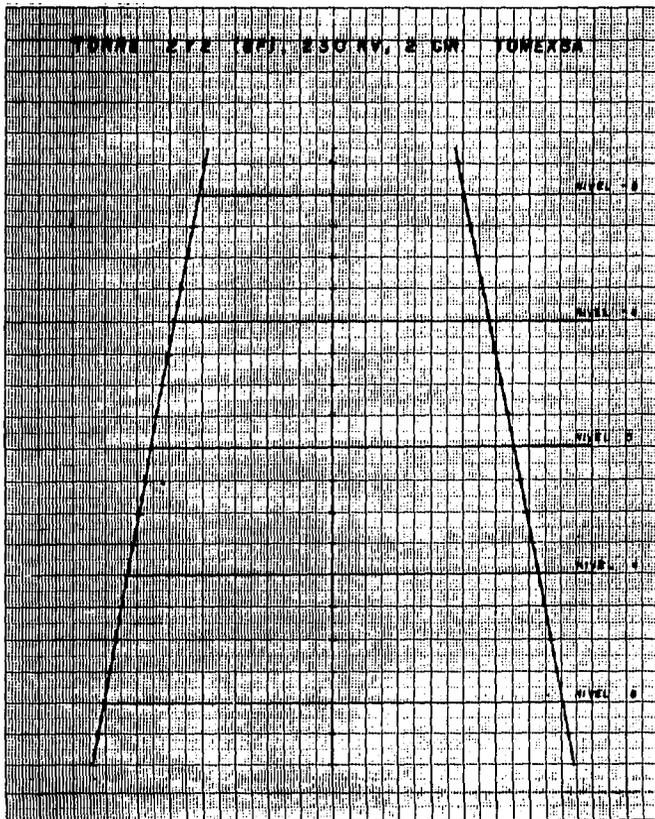
Hechos los cálculos, se procede a dibujar las plantillas de los perfiles en cruz de las estructuras a escala 1:100 ya que a esta escala, se realizan los planos de perfil en cruz del terreno. En las siguientes figuras se muestran las plantillas para las estructuras empleadas en el proyecto en cuestión así como algunos perfiles en cruz del terreno y finalmente, las hojas del distribución concluidas.

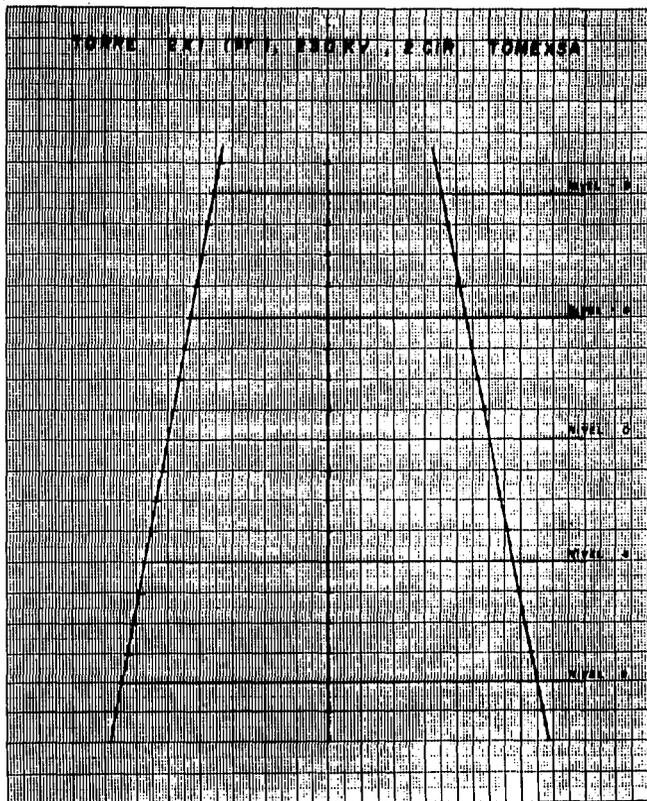
En los planos de perfil en cruz del terreno, se anotan datos como tipo de estructura, número y kilometraje de la misma. Ahora, hace falta saber como emplearlas. Para esto, la plantilla es dibujada en todos sus niveles desde N-8 hasta N+8 o en casos especiales hasta el nivel N+12. Primero se observa el tipo de estructura y novel en el plano de perfil en cruz del terreno y se tomando la plantilla correspondiente, se hace coincidir la línea del nivel indicado con la horizontal justamente en el punto central o mojonera. Ahora, si la línea del terreno queda arriba de la línea de nivel, se requiere un decremento en la pata; pero si se encuentra por debajo, se trata de un incremento de la pata.

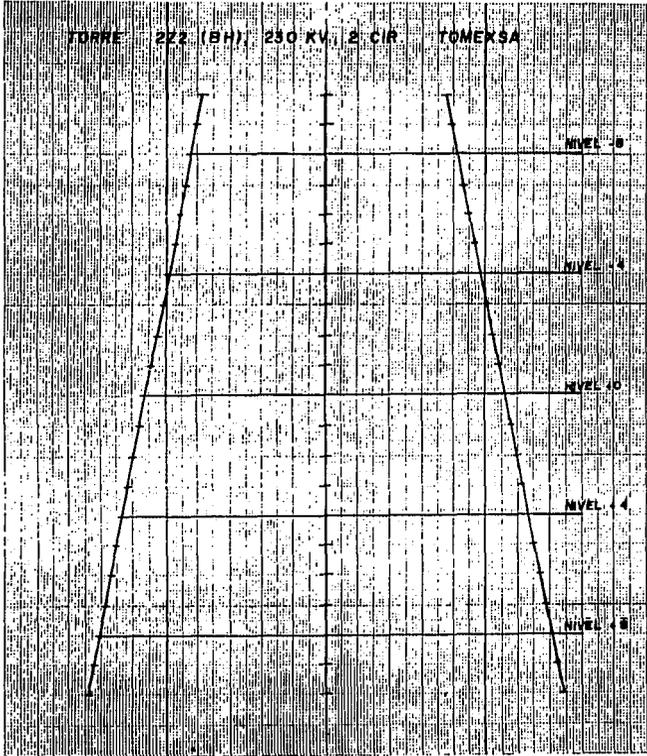


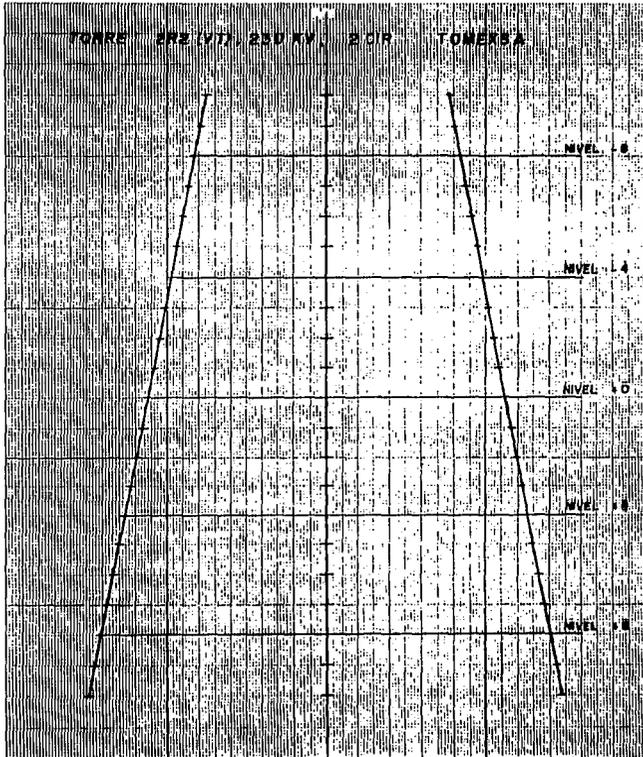












PERFILES EN CRUZ

L.T. _____ KV.

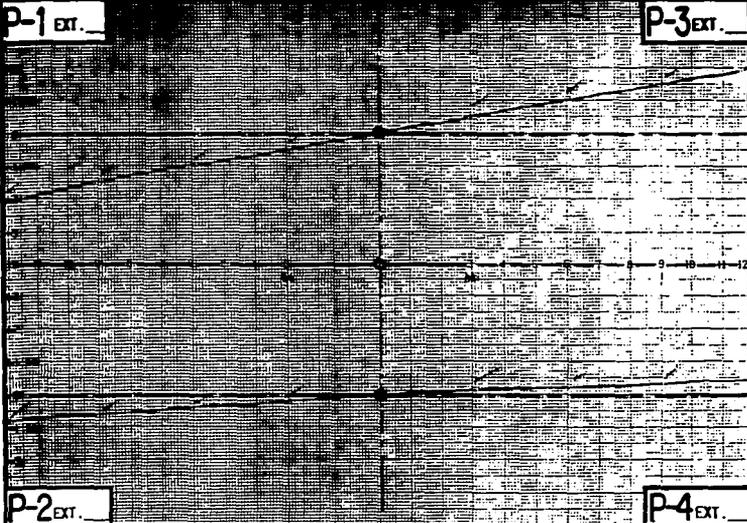
P-1 EXT. _____

P-3 EXT. _____



Situación
de patas
de la
torre.

Lugar para Engrapar



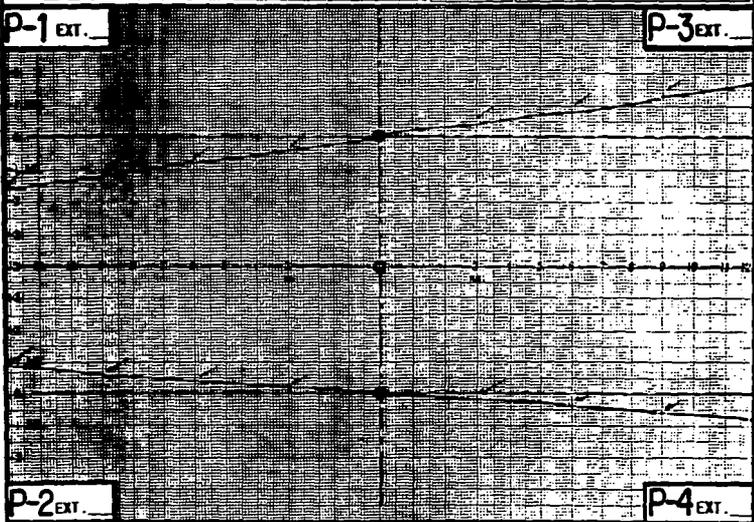
Deflexión:	Tipo de Torre: 2N2 + 4	Torre No.: 150	Km.: 42-280
Tipo de Terreno:	Topografía:		
Observaciones:	Fecha de Lev.:	Escala 1:100	

PERFILES EN CRUZ

L.T.: _____ KV.

P-1 EXT.

P-3 EXT.



Situación
de cetas
de la
torre.

Lugar para Enlazar

P-2 EXT.

P-4 EXT.

Deflexión:	Tipo de Torre: 282 + 4	Torre No.: 151	Km.: 62 + 610
Tipo de Terreno:	Topógrafo:		
Observaciones:	Fecha de Lev.:		Escala 1:100

PERFILES EN CRUZ

L.T. _____ KV.

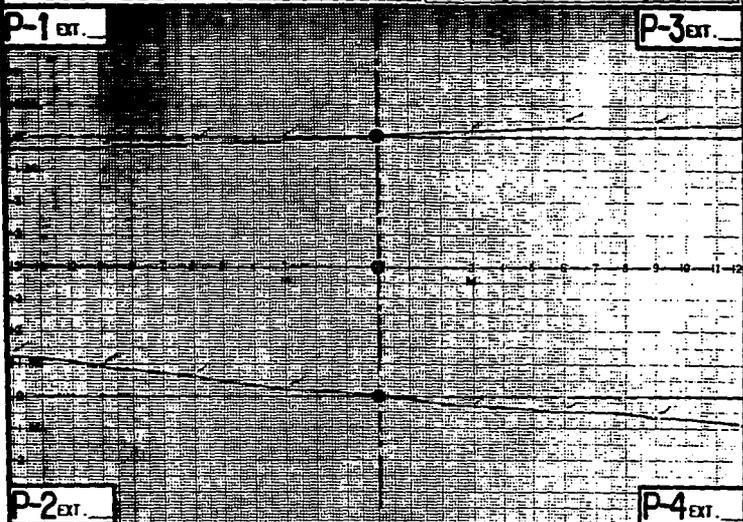
P-1 EXT.

P-3 EXT.



Situación
de patas
de la
torre.

Lugar para Engastar



P-2 EXT.

P-4 EXT.

Deflexión:	Tipo de Torre: 282 + 4	Torre No.: 135	Km.: 56 + 230
Tipo de Terreno:	Topógrafo:		
Observaciones:	Fecha de Lev.:		Escala 1:100

PERFILES EN CRUZ

L.T. _____ KV. _____



Situación
de estas
de la
torre.

Lugar para Inscripciones

P-1 EXT.

P-3 EXT.

P-2 EXT.

P-4 EXT.

Deflexión:	Tipo de Torre: 222 + 9	Torre No.: 50	Km.: 03 + 50
Tipo de Terreno:	Topógrafo:		
Observaciones: /	Fecha de Lev.:		Escala 1:100

CAPITULO X
LISTA DE MATERIALES.

CAPITULO X

Terminado el trabajo de localización de estructuras, coordinación de aislamiento, etc, se puede determinar la lista de materiales. Dicha lista contiene los siguientes conceptos.

- X.1 Estructuras autosoportadas.
- X.2 Cable conductor.
- X.3 Cable de guarda.
- X.4 Aisladores.
- X.5 Conjunto de suspensión para cable conductor.
- X.6 Conjunto de tensión para cable conductor.
- X.7 Conjunto de suspensión para cable de guarda.
- X.8 Conjunto de tensión para cable de guarda.
- X.9 Empalme para cable conductor.
- X.10 Empalme para cable de guarda.
- X.11 Avisos de peligro y No. de estructura.

X.1 ESTRUCTURAS AUTOSOPORTADAS.

ESTRUCTURAS DE SUSPENSION.

TIPO.	NIVEL.	CANTIDAD.
2M2	-4	2
	+0	29
	+4	19
	+8	1
2B2	-4	3
	+0	20
	+4	51
	+8	12
4M2.	+5	1
	+10	1
T O T A L		139 ESTRUCTURAS

ESTRUCTURAS DE TENSION.

TIPO.	NIVEL.	CANTIDAD.
2X2	-4	1
	+0	4
	+4	1
	+8	3
2Y2	-4	1
	+0	5
2Z2	-4	3
	+0	7
	+4	5
	+8	7
	+12	3
2X1	-8	4
2R2	-8	1
	-4	2
	+0	1
4W2	-5	3
	+0	4
	+5	3
	+10	2
	+15	2
T O T A L		62 ESTRUCTURAS

X.2 CABLE CONDUCTOR.

Del capítulo IV, la longitud estimada de cable conductor es el 103 % de la longitud de planta, es decir, un incremento del 3 %, 83.08 Km/fase/circuito. Para dos circuitos trifásicos, se tiene:

$$L = 83.08 (3) (2) = 498.48 \text{ Km de cable conductor}$$

Esta longitud debe ser incrementada en un 10 % debido a las posibles pérdidas existentes en el montaje.

$$L_{\text{total}} = 1.1 (498.48) = 548.33 \text{ Km de cable conductor}$$

Que traducido en toneladas:

$$N_{\text{toneladas}} = W_c \cdot L_{\text{total}}$$

donde W_c : Peso del cable en toneladas /Km.

L_{total} : Longitud del cable en Km.

$$N_{\text{toneladas}} = 1.723 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \left(\frac{1 \text{TON}}{1000 \text{Kg}} \right) \left(\frac{1000 \text{m}}{\text{Km}} \right) 548.33 \text{Km}$$

$$N_{\text{toneladas}} = 944.773 \text{ toneladas de cable conductor}$$

X.3 CABLE DE GUARDA.

Debido a que la catenaria del cable de guarda no es tan pronunciada como la del cable conductor, se puede tomar la longitud de planta para este cable, es decir 80.664 Km.

A esta longitud, se le incrementa en un 10 % debido a las pérdidas antes mencionadas.

$$L_{\text{total}} = 80.664 (1.1) (2) = 177.46 \text{ Km de cable de guarda}$$

y esta longitud en toneladas equivale como sigue:

$$N_{\text{toneladas}} = (0.3896) (177.46) = 69.14 \text{ toneladas}$$

X.4 AISLADORES.

Del estudio de coordinación de aislamiento, se tiene que en los arreglos de suspensión y tensión, se instalarán 17 aisladores tipo standard.

$$\text{No. aisladores} = (\text{No. conjuntos}) (\text{No. aisladores en conjunto})$$

ARREGLO	No. conj (No. ais)	CANTIDAD (aisladores)
SUSPENSION	(834) (17)	14178
TENSION	(360) (17)	6120
T O T A L		20298

X.5 CONJUNTOS DE SUSPENSION PARA CABLE CONDUCTOR.

Debido a que se tiene doble circuito trifásico, se requiere de seis conjuntos por estructura.

$$6 \frac{\text{conjuntos}}{\text{estructura}} 139 \text{ estructuras} = 834 \text{ conjuntos de suspensión}$$

X.6 CONJUNTOS DE TENSION PARA CABLE CONDUCTOR.

$$6 \frac{\text{conjuntos}}{\text{estruc}} 54 \text{ estruc. } 2C = 348 \text{ conjuntos}$$

$$3 \frac{\text{conjuntos}}{\text{estruc}} 4 \text{ estruc. } 1C = 12 \text{ conjuntos}$$

T O T A L 360 CONJUNTOS DE TENSION.

X.7 CONJUNTOS DE SUSPENSION PARA CABLE CONDUCTOR.

Cada estructura tiene dos conjuntos de suspensión.

$$2 \frac{\text{conj}}{\text{estruc}} 139 \text{ estruc.} = 278 \text{ conj.}$$

X.8 CONJUNTOS DE TENSION PARA CABLE DE GUARDA.

$$2 \frac{\text{conj}}{\text{estruc}} 62 \text{estruc.} = 124 \text{conj.}$$

X.9 EMPALMES PARA CABLE CONDUCTOR.

La longitud total de conductor requerido será 548.33 Km. El carrete de cable contiene 1000 m o 1 Km. La cantidad de carretes será la que sigue.

$$No. \text{ carretes} = \frac{L_{\text{total}}}{\text{Long/carrete}} = \frac{548.33}{1} = 548.33$$

se requiere de 549 carretes de cable conductor y por tanto se requiere de 549 empalmes.

X.10 EMPALMES PARA CABLE CONDUCTOR.

Para el cable de guarda, se emplea el mismo proceso que el del cable conductor. La longitud total es de 177.46 Km y el carrete también contiene 1 Km.

$$N_{\text{carretes}} = \frac{177.46}{1} = 177.46$$

entonces se requiere de 178 carretes de cable de guarda y con ello 178 empalmes para cable de guarda.

A continuación, se ilustra la tabla de materiales, aunque en realidad es aproximada ya que aún hace falta el número de amortiguadores.

LISTA DE MATERIALES.

DESCRIPCION.	CANTIDAD.	UNIDAD.
Estruc. susp:139 ; ten:62	201	estructuras
Cable conductor canary	549	Km
Cable de guarda alumoweld 7#8	178	Km
Aisladores standard	20298	pzas
Conj. susp. cable conductor	834	conj
Conj. ten. cable conductor.	360	conj
Conj. susp. cable de guarda	278	conj
Conj. ten. cable de guarda	124	conj
Empalme para cable conductor	549	pzas
Empalme para cable de guarda	178	pzas
Avisos de peligro y No. est.	201	anuncios

CAPITULO XI
TECNICAS DE MONTAJE.

CAPITULO XI**XI.1 ENFOQUE DEL CAPITULO.**

Este capítulo se verá la coordinación de los diferentes grupos de trabajo tanto para diseño como para construcción; en este último, se refiere a la forma de montar las cadenas de aisladores, cables de guarda y conductores.

XI.2 ACTIVIDADES PREVIAS A LA CONSTRUCCION QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO.

Las actividades de diseño de líneas de transmisión están muy relacionadas con actividades que deben llevarse a cabo en el campo, por lo que es necesario que exista una amplia coordinación entre el grupo de diseño y el grupo de construcción.

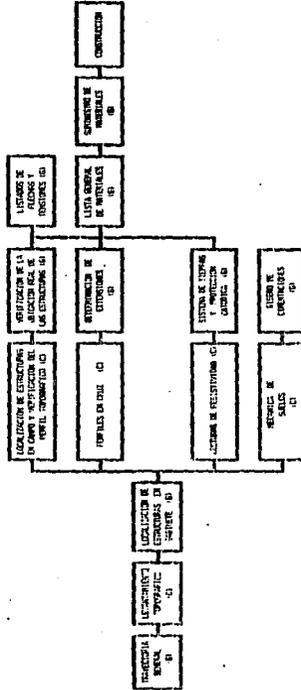
En la figura XI.1, está representada una secuencia simplificada del proyecto integral de una L.T, en la cual observamos la dependencia que existe entre el trabajo del gabinete y el trabajo de campo. De ahí la importancia de que las actividades se ejecuten oportunamente y con la mayor precisión posible. A continuación, se relacionan las actividades de campo y su importancia.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Esta actividad es fundamental para la ejecución del proyecto, si no se cuenta con el levantamiento topográfico de la trayectoria que seguirá la línea, no es posible realizar ninguna otra actividad. La precisión con que se efectúe y la cantidad de información que contenga, son elementos que permitirán al ingeniero de diseño desarrollar un buen trabajo de localización de estructuras en gabinete, seleccionando el lugar más adecuado, buscando la confiabilidad de la instalación, facilidad de construcción y dañar lo menos posible la ecología del lugar.

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS EN CAMPO.

Esta actividad es necesaria para llevar a cabo otras actividades de campo, le permite al constructor, determinar si existe algún problema en el lugar seleccionado por el ingeniero de diseño para ubicar la estructura y en su caso dar aviso para que se lleven a cabo las correcciones necesarias.



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA Figura XI.1 ESC.
TITULO. PROYECTO INTEGRAL SIMPLIFICADO DE UNA LINEA DE TRANSMISION.	ACOT. DIBUJO. S. G. M.

PERFILES EN CRUZ.

Quando las L.T está lista para ser montada (en cuanto a estructuras se refiere), es necesario trazar el perfil del terreno sobre las diagonales de las patas de la estructura con el fin de determinar las extensiones que se instalarán en cada una y lograr una nivelación adecuada sin necesidad de sobreexcavar.

MECANICA DE SUELOS.

Esta actividad que se coordina con la gerencia de ingeniería experimental, es necesaria para el diseño de la cimentación que se instalará en cada estructura para lograr un soporte estable tanto a compresión como para tensión.

Es necesario resaltar que el desarrollo de estas actividades permitan que la construcción de la línea inicie oportunamente y entre en operación en la fecha requerida.

XI.3 MONTAJE DE HERRAJES Y ACCESORIOS.

La seguridad en la operación de una línea, depende en forma particular de la confiabilidad que deben tener los elementos de unión de los cables a la cadena de aisladores y de estos últimos a la estructura. La importancia de estos elementos se hace mayor en la medida que las L.T en alta tensión tienen mayor longitud y aumenta también la eventual separación entre conductores cuando se usa más de un conductor por fase.

Las prescripciones y las recomendaciones inherentes a los herrajes para las L.T, así como las modalidades de prueba están contenidas en las especificaciones generales para L.T. Tales especificaciones dan en primer lugar la selección y las características de los materiales más idóneos para la construcción de los distintos elementos para los herrajes con la relación a las licitaciones mecánicas particulares que se presentan en su operación y la resistencia que deben tener a los problemas de corrosión.

Las características mecánicas de los herrajes se refieren comúnmente a la carga mínima de ruptura a la tracción del conductor al cual van a soportar. De esta manera, los arreglos para suspensión, deben presentar una carga de ruptura del 60 % de la carga mínima de ruptura del conductor a la tracción. Los arreglos de tensión, van de un 110 % al 130 % de la misma carga.

Los materiales constitutivos de los herrajes, deben ser por si mismos resistentes a la corrosión provocada por los agentes atmosféricos lo cual se puede lograr por medio de un tratamiento superficial conveniente (recubrimiento de zinc, cromado, anodizado o recubrimiento de cadmio). Todas las partes resistentes a la corrosión y para los cuales no resulta aplicable el revestimiento protectorio, se deben recubrir con grasas neutras.

Todos los herrajes se deben construir libres de imperfecciones con superficies uniformes y con perfiles que den ángulos con radios de curvatura suficientes como para reducir al mínimo los efectos por corona.

XI.3.1 HERRAJES PARA UNION DE CABLES.

Los conductores de las L.T. se suministran por lo general en grandes carretes con algunos centenares de metros. Durante la construcción, se requiere normalmente longitudes mucho muy superiores a la de los carretes por lo que es necesario hacer uniones o empalmes en los cables para no desear cable del carrete.

Estas uniones deben cumplir básicamente con una doble función; asegurar una buena conductividad eléctrica por una parte, y por otra se debe tener una resistencia mecánica contra el deshilamiento y el deslizamiento entre las dos capas que la unión debe conectar, al menos en un valor del 95 % de la carga de ruptura del cable.

En la actualidad se prefiere el uso de las llamadas uniones a compresión que permiten obtener la máxima garantía de seguridad y de estabilidad de las características mecánicas. Exactamente ocurre lo mismo con el cable de guarda. En las siguientes figuras se muestran estos empalmes.



ALUMINIO

ACERO

DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

Clave	Designación	Para conductor ACSR	Longitud [mm]		M.A.S.C. Kg
			ALUMINIO	ACERO	
SIZN3H11FA	EMPALME 336 A (26/77)	336 ECU (26/77)	635	165	1.37
SIZN3H11GA	EMPALME 477 (26/77)	477 ECM (26/77)	654	187	1.43
SIZN3H11CA	EMPALME 795 (26/77)	795 ECM (26/77)	726	165	1.90
SIZN3H11MA	EMPALME 900 (54/77)	900 ECM (54/77)	954	343	2.40
SIZN3H11BA	EMPALME 1113 (45/77)	1113 ECM (45/77)	787	187	1.77

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Manguito exterior Aleación de aluminio Manguito interior Acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Lt. de T
USO:	Para unir dos conductores ACSR
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas.
ABREVIATURAS:	Lt. de T - Líneas de transmisión

TESIS PROFESIONAL.

**PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU**

No. LAMINA**ESC.**

TITULO. EMPALME DE COMPRESION PARA CONDUCTOR ACSR.

ACOT.

DIBUJO.
S.C.M.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

Clave	Designación	Número de sublugos	Longitud de las varillas	Para cable
51271M1M3	Empalme PAAS 3 P. B	3	711mm	CABLE AAS CALIBRE 14P8
51271M1Z08	Empalme PAAS 3 P. B	3	765 mm	CABLE AAS CALIBRE 14P8

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Varillas prefabricadas de acero recubierto de aluminio soldado, agrupadas en 3 juegos
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HLT - 01 Herrajes para Lt de 1
USO	Para unir dos cables de acero recubierto de aluminio soldado
PRUEBAS	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ABREVIATURAS	EMPALME PAAS: Empalme prefabricado de acero recubierto de aluminio soldado

TESIS PROFESIONAL.	No. LAMINA
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	ESC.
TITULO. EMPALME PREFORMADO PARA CABLE DE GUARDA DE ACERO RECUBIERTO DE ALUMINIO SOLDADO.	ACOT.
	DIBUJO.
	S. G. N

XI.3.2 HERRAJES PARA SUSPENSION Y TENSION.

Los herrajes de fijación de los conductores a los aisladores, se deben realizar de tal modo que se mantenga el conductor en la justa posición permitiendo a la vez, las inevitables vibraciones debidas a la acción del viento y sobrecargas de hielo.

Normalmente, los herrajes de suspensión y tensión para conductores cableados se construyen con las dimensiones más reducidas con el objeto de que tengan el mejor ajuste al conductor.

En las siguientes figuras, se muestra cada uno de los elementos de los herrajes con sus respectivas dimensiones, resistencia a la ruptura, peso, material, acabado y uso. Las últimas figuras, muestran la forma de unir los herrajes para formar el conjunto ya sea en tensión o suspensión.

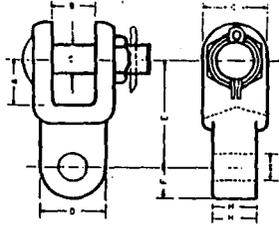
XI.4 AMORTIGUADORES DE VIBRACIONES TIPO STOCKBRIDGE.

Los conductores de una L.T, se encuentran bajo la acción del viento que puede soplar en diferentes direcciones respecto a la L.T. Para una línea equipada con aisladores en suspensión como se muestra en la figura XI.2, es evidente que el conductor A en la cadena C bajo la acción del viento, se desplaza respecto a la vertical AB, un cierto ángulo D que puede alcanzar valores del orden de 30°.

Las dimensiones d, L y h, varían según la tensión de transmisión y la estructura de la línea.

La acción del viento aún cuando sopla con velocidades pequeñas del orden de 10 a 30 Km/hr, es motivo de preocupación ya que producen en los conductores pequeñas vibraciones que pueden elevarse hasta magnitudes que produzca fatiga en los conductores en la cercanía de los remates y puntos de sujeción con peligro de rotura. Para prevenir estas oscilaciones en las líneas de alta tensión se adoptan los amortiguadores STOCKBRIDGE.

Los amortiguadores STOCKBRIDGE, están constituidos por dos masas cilíndricas unidas entre sí por un tramo corto de acero y que se une al conductor por medio de un herraje adoptado. El objetivo del amortiguador es el de interrumpir la frecuencia de las vibraciones del conductor. La figura XI.3, muestra la estructura el amortiguador STOCKBRIDGE y la figura XI.4, muestra la forma de instalarse en los cables.



DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN	MASA kg
PH20C72211	33	21	16	44	70	22	45	30	18	112.5 (11300)	1.247
PH20M2451	33	21	16	44	70	22	45	42	18	222.7 (22700)	1.361

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Moldeado entre luerco y horquilla 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - OI Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - OI Herrajes para líneas de transmisión
USO:	Resistencia de ruptura menor: Líneas de 115 kV: 1 conductor Resistencia de ruptura mayor: Líneas de 230 kV: 1 ó 2 conductores
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "B" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

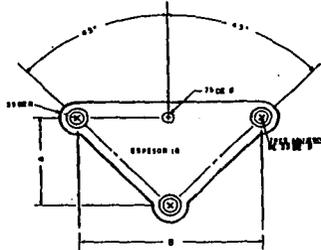
TITULO. HORQUILLA OJO REVIRADO.

No. LAMINA

ESC. SIN

ACOT. mm.

DIBUJO. S. G. M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	NASA EN kg
271111931	108	216	112.8 (11340)	2

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 MILY-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión en "B": 1 conductor por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

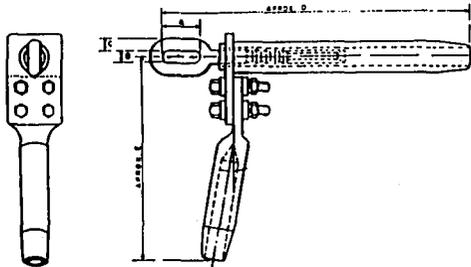
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. YUGO TRIANGULAR VI.

No. LAMINA

ESC.

AGOT.
mm.DIBUJO.
S.C.M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	CABLE 1CM	RESISTENCIA A LA RUPTURA
202100001P	33	20	18	480	380	477	95% De lo del cable
202100001P	60	28	24	590	500	739	95% De lo del cable
202100001P	80	28	24	810	510	900	95% De lo del cable
202100001P	80	28	24	820	529	1113	95% De lo del cable

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Cuerpo: Aluminio Estalon: Acero
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 MILT - 01 Herrajes para Lineas de Transmisi6n
USO:	En conjuntos de tensi6n de uno y dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas el6ctricas
ACOTACIONES:	En mil6metros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

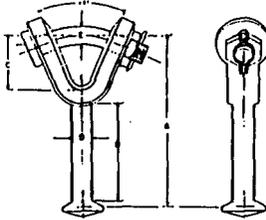
TITULO. GRAPA DE TENSION A COMPRESION.

No. LAMINA

ESC.

ACOT. mm.

DIBUJO.
S. G. M

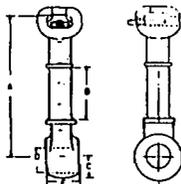


DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kNf kg.	ALSA mm	CLASE
ZYJON1321	246	149	48	22	19	1326 (13260)	127	22.8
ZYJON1441	259	152	48	22	22	2227 (22700)	127	22.8

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Horrojes y Accesorios C.F.E. - 2 MILT-01 Horrojes para Lineas de Transmision
USO:	En todos los conjuntos de suspension y tension de 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Cheveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
NOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA
	ESC.
TITULO. HORQUILLA "y" BOLA LARGA.	ACOT. mm.
	DRUJO. S.S.M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN N(Kg.)	MASA Kg.	CLASE
23002501	254	192	25	30	32	159.8 (113620)	1.408	32.9

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o Hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para líneas de transmisión
USO:	En conjunto de suspensión vertical para un conductor por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ALOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

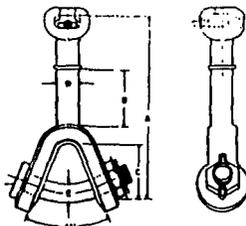
TITULO. CALAVERA OJO LARGO.

No. LAMINA

ESC.

ACOT.
mm.

DIBUJO. S. G. M



DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kg	MASSA EN kg	CLASE
CC20529B1	268	192	49	22	19	133.6 (12810)	1.5	22.0
CC2017490	275	190	52	30	22	222.7 (12100)	3.4	22.0

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HLT - 01 Herrajes para Líneas de transmisión
USO:	En todos los conjuntos de suspensión y tensión de uno y dos conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "W" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

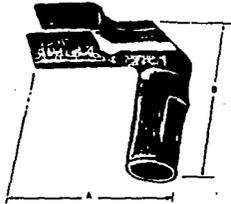
TITULO. CALAVERA HORQUILLA EN "Y" LARGO.

No. LAMINA

ESC.

ACOT. mm.

DIBUJO.
S. S. M

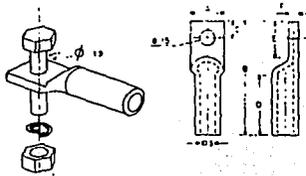


DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	Ø	MASA kg
55000001	79	79	0.18

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Alcación de aluminio o acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 2000 - 01: Herrajes y Accesorios CFE - 2 NIT - 01: Herrajes para líneas de transmisión
VBO:	Conexión de cable a cable de guarda de acero galvanizado, 9.5 mm ø y No. 8 AAS
PRUEBAS:	Carga de desplazamiento del cable, mínimo 55 de la carga de ruptura del cable
ACOTACIONES:	En milímetros
ABREVIATURAS:	AAS Acero con aluminio soldado

TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DARU	No. LAMINA
	ESC.
TITULO. CONECTOR A COMPRESION DE CABLE A CABLE.	ACOT. mm.
	DIBUJO. S. O. M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	MA S A
3580007033	32	92	13	41	35	8	0 022

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de aluminio u acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 NELY-01 Herrajes para líneas de transmisión
USO	Conexión de bajada del cable de guarda con las torres (acero galvanizado 9.5mm. G 7 N°8 AIS)
ACCESORIOS	Un tornillo de acero galvanizado de 13 mm de diámetro y longitud específica, con arandela de presión y tuerca
ACOTACIONES:	En milímetros
ABREVIATURAS:	AIS Acero con aluminio soldado

TESIS PROFESIONAL.
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

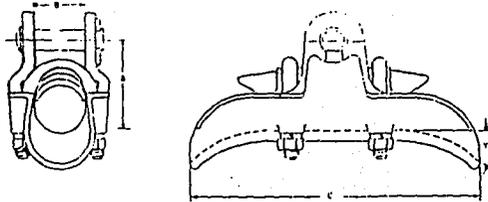
TITULO. CONECTOR A COMPRESION CABLE A SOLERA.

No. LAMINA

ESC.

ACOT.
mm.

DIBUJO.
S. G. M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	Y	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN KN (Kg)	MASSA EN KG
2542100	52	19	171	30°	15 714 (1710)	0.88

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de Aluminio-Silicio, alta resistencia mecánica o Hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes para accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "H" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
NOTACIONES:	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

No. LAMINA

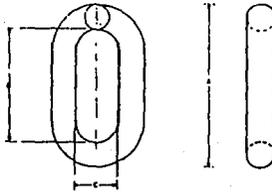
ESC.

TITULO.

GRAPA O CLEMA DE SUSPENSION PARA CABLE DE
GUARDA.

ACOT.

DIBUJO. S. G. M



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN/tq	MASA kg
Z1580190	82	37	23	135.6 (12820)	0.70

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Acero forjado galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para líneas de transmisión
USO:	En conjunto de suspensión para el cable de guardo
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES	En milímetros

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARU

TITULO. ESLABON.

No. LAMINA

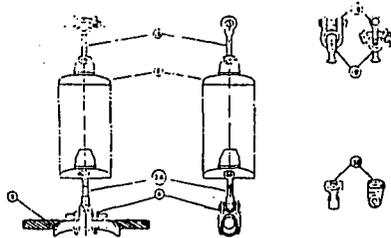
ESC.

AOOT. mm.

DIBUJO. S. G. M

ALTERNATIVA "A"

ALTERNATIVA "B"



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1A	Horquilla "Y" Solo largo	1	Acero forjado galvanizado	Z MILT-15
2	Amoladoras		Se adquieren por separado	
3A	Cabeza eje largo	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	Z MILT-16
4	Grupo de suspension	1	Aluminio y acero	Z C900-69
5	Cable conductor A.C.S.R.		Se adquiere por separado	
10	Bollado	1	Acero forjado galvanizado	Z 0300-84
10'	Horquilla "Y" Solo	1	Acero forjado galvanizado	Z MILT-08
20	Cabeza eje	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	Z C900-15

ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios
	C.F.E. 2 MILT-01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. MILT-01 Conjunto de herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES: (to CFE las defíniré)	Aluminio.
	Acero galvanizado.
ABREVIATURAS:	Ls. de T. Líneas de Transmisión

TESIS PROFESIONAL.

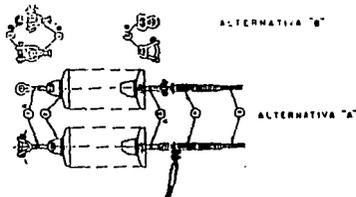
PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DARUTITULO. CONJUNTO DE SUSPENSION VERTICAL PARA UN
CONDUCTOR POR FASE.

No. LAMINA

ESC.

ACOT. mm

DIBUJO.
S. G. M



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1a	Marquilla "v" Bolo Largo	1	Acero forjado galvanizado	ENILT-15
2	Alfileres	2x	alacrole por separado	
3a	Coletera Marquilla "v" Largo	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado.	ENILT-17
4	Grupo de Tensión y Compresión	1	Grupo completo	ENILT-14
5	Conector A.C.S.R.	2x	alacrole por separado	
10	Alfileres	1	Acero forjado galvanizado	20300-04
10a	Marquilla "v" Bolo Corto	1	Acero forjado galvanizado	ENILT-08
20	Coletera Marquilla "v" Corto	1	20370 "101220" o similar galvanizado	ENILT-08

ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. ENILT-01 Herrajes para Ls. de T. C.F.E. ENILT-01 Conjuntos de Marrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las definirá).	Alternativas: Esfuerzo electromecánico: Calibre del conductor:
ABREVIATURAS	Ls. de T. o Líneas de Transmisión

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION 130 KV
ZIMAPAN P.H. - RED DARU

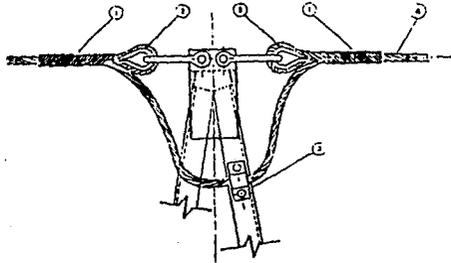
No. LAMINA

ESC.

TITULO. CONJUNTO DE TENSION PARA UN CONDUCTOR
POR FASE.

ACOT.

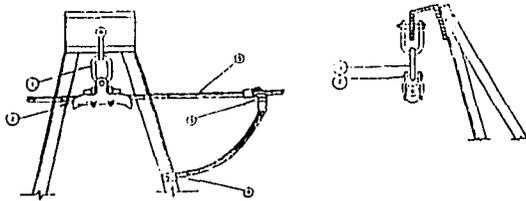
DIBUJO. S. S. M.



LISTA DE PARTES Y MATERIALES				
PART.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Remate galvanizado	2	Acero galvanizado	2 MILT-21
2	Resolera	2	Lamina de acero galvanizado	2 MILT-22
3	Conector de torcido de cable o sobre	1	Materia plástica o acero forjado galvanizado	2 MILT-23
4	Cable de guarda		Se especifica por separado	

ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E 30000-01 Mariposa y accesorios
	C.F.E 2MILT-01 Mariposa para La de T.
	C.F.E 2MILT-01 Conjunto de Mariposa para La de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES: (to CFE las detallará)	Estrepto electromagnético
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS:	La de T = Líneas de Transmisión

TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA
	ESC.
TITULO. CONJUNTO DE TENSION PARA CABLE DE GUARDA.	ACOT.
	DIBUJO. S. G. M

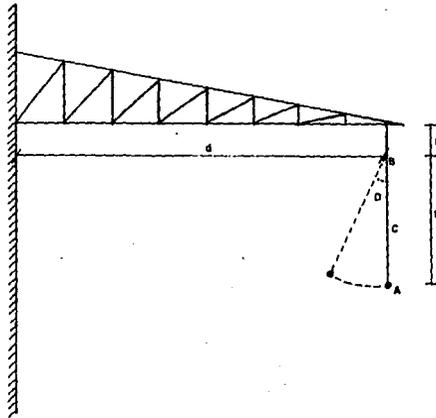


LISTA DE PARTES Y MATERIALES

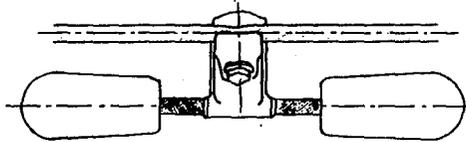
PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Estalón	1	Acero forjado galvanizado	2 MILT-20
2	Grapa de suspensión para cable de guarda	1	Alumina aluminio-silicio y hierro, acabado electroquímico	2 MILT-27
3	Conector o compresión de cable a cable	1	Alación de aluminio	2 MILT-23
4	Conector o compresión de cable a torero	1	Alación de aluminio o acero galvanizado	2 MILT-23
5	Cable de guarda		Se adquieren por separado	

ESPECIFICACION GENERAL	C.P.E. 20000-01	Horrojos y accesorios
	C.P.E. 2 MILT-01	Horrojos para Ls. de T.
	C.P.E. 2 MILT-01	Conjuntos de horrojos para Ls. de T.
CAPACITIVAS PARTICULARES (La ESE las define)	Estoson sistemáticos	
	Calibre del conductor:	
ABREVIATURAS	Ls. de T.: Línea de transmisión	

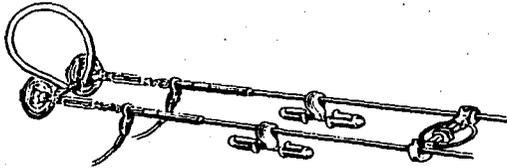
TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H — RED DAÑU	No. LAMINA
	ESC.
TITULO. CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA.	ACOT.
	DIBUJO. S.G.M



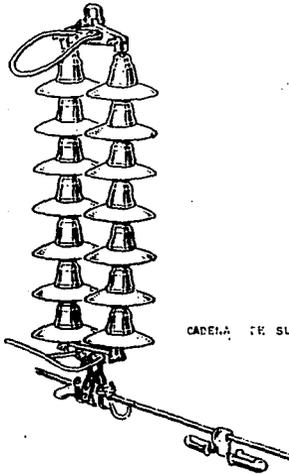
TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZINAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA Figura XI.2 ESQ.
TITULO. EFECTO DEL VIENTO SOBRE LA CADENA DE AISLADORES Y EL CONDUCTOR.	ACOT. DIBUJO. S.O.N



TESIS PROFESIONAL. PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV ZIMAPAN P.H - RED DAÑU	No. LAMINA
	Figura XI.3 ESC.
TITULO. ANORTIGUADOR DE VIBRACIONES EOLICAS STOCKBRIDGE.	ACOT.
	DIBUJO. S. S. M



CADENA DE TENSICN.



CADENA DE SUSPENSION

TESIS PROFESIONAL.

**PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DANU**

**No. LAMINA
Planta XI.4
ESC.**

**TITULO. MONTAJE DE LOS AMORTIGUADORES SOBRE LOS
CONDUCTORES.**

ACOT.

**DNBUJO.
S.C.M**

XI.5 MONTAJE DE CABLES.

En el capítulo VII, se hizo un estudio del cable conductor y de guarda en sus condiciones finales, es decir, empleando la ecuación de cambio de estado con el módulo de elasticidad final y el coeficiente de dilatación lineal final. Ahora entra en esta fase la siguiente temática.

El estudio anterior, se desarrollo suponiendo que el cable ya fue montado y sometido a diferentes condiciones de carga pero no es lo mismo cuando acaban de llegar los carretes de cable a la obra. En este caso, es definitivamente necesario hacer el mismo estudio de ambos cables en sus condiciones iniciales; esto es, aplicar la ecuación de cambio de estado pero en esta ocasión con el módulo de elasticidad inicial y el coeficiente de dilatación lineal inicial.

Las tensiones necesarias para el tendido de los conductores, son las tensiones sin viento a varias temperaturas (20°, 25°, 30°, etc). Para calcular estas tensiones, la ecuación es la misma pero con las modificaciones antes mencionadas.

$$T_2^2 \left[T_2 + \frac{K_1 m_1^2 S^2}{T_1^2} + K_1' (t_2 - t_1) - T_1 \right] = K_1 m_2^2 S^2$$

con

$$K_1 = \frac{\gamma^2 E_1}{24}$$

$$K_1' = a_1 E_1$$

Para el montaje o tendido de un cable en campo, necesitamos para una temperatura fija, las flechas en función del claro entre las estructuras adyacentes y de la tensión en Kg en el tramo de arreglo (Tramo entre dos estructuras de anclaje).

1º Debemos definir los tramos de arreglo. esto es determinar cuantos tramos hay en la línea y con ello llenar las hojas de claros y desniveles entre estructuras adyacentes. En realidad entre los puntos de sujeción de los conductores y las estructuras de anclaje, además se requiere saber cuantos claros de suspensión existen en el tramo y con su parámetro de proyecto a 50°C. Esta hoja se muestra en la siguiente página.

- 2º En cada tramo de arreglo, debemos calcular el claro regla que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$A = \sqrt{\frac{S_1^3 + S_2^3 + \dots + S_n^3}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}} = \sqrt{\frac{\sum S^3}{\sum S}}$$

siendo $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ los claros del tramo de arreglo.

- 3º Con el claro regla A, obtenemos primeramente la tensión máxima en condiciones finales, es decir, aplicar la ecuación de cambio de estado con las propiedades finales del cable en la condición de carga crítica.

Obtenido lo anterior, esfuerzo máximo, tensión máxima y sobrecarga máxima, estas se convertirán ahora en condiciones iniciales y se aplicará una vez más la ecuación de cambio de estado con las propiedades iniciales del cable a la temperatura de montaje que por lo regular y por seguridad de los lineros se hace de tal forma que se considere una sobrecarga unitaria.

- 4º A partir de la tensión de montaje a su respectiva temperatura, haremos el cálculo de las flechas de la forma siguiente.

1ª CONDICION	2ª CONDICION	FLECHA
$P \leq \frac{P}{2}$	$h \leq \frac{S}{10}$	$F = \frac{S^2}{8P}$
	$h > \frac{S}{10}$	$F = \frac{S\sqrt{S^2+h^2}}{8P}$
$P > \frac{P}{2}$	$h \leq \frac{S}{10}$	$F = \frac{S^2}{8P} + \frac{S^4}{384P}$
	$h > \frac{S}{10}$	$F = \frac{S\sqrt{S^2+h^2}}{8P} + \frac{S^3\sqrt{S^2+h^2}}{384P}$

siendo:

- P: Parámetro a la temperatura de montaje (H_i/W_i).
- H_i : Tensión inicial a la temperatura de montaje (Kg).
- S: Claro entre estructuras de un mismo tramo (m).
- h: Desnivel entre puntos de sujeción (m).

A continuación, se ilustran las hojas de claros y desniveles una vez desarrolladas.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION							
L. T. ZIMAPAN P.H - DANU 230 KV						HOJA 1 DE 8	
ESTRUCTURA		TRAMO		CLARO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAROS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No					
Marco	1	1		185.82	32.60	1	900
1	2	2		202.60	37.60	1	1433.55
2	3	3		572.63	177.00	1	1433.55
3	4	4		408.41	111.00	1	1433.55
4	5	5		645.63	300.00	1	1433.55
5	6	6		98.82	42.60	1	1350.00
6	7	7		219.35	62.60	1	1350.00
7	8	8		1110.87	348.60	1	1433.55
8	9	9		219.78	137.60	1	1433.55
9	10	10		453.40	108.60	1	1433.55
10	11	11		1658.84	237.60	1	1433.55
11	12	12		177.88	61.00	1	1350.00
12	13	13		200.00	70.00	1	1350.00
13	14	14		760.00	88.00	1	1350.00
14	15	15		332.00	119.60	1	1350.00
16	16	16		518.26	147.00	1	1433.55
16	17	17		705.05	176.60	1	1433.55
17	18	18		584.69	178.60	1	1433.55
18	18	18		421.88	32.00	1	1433.55
18	20	20		482.12	2.60	1	1433.55
20	21	21		632.74	132.60	1	1433.55
21	22	22		462.28	72.60	5	1433.55
22	23	23		880.00	16.00	5	1433.55
23	24	22		510.00	40.60	5	1433.55
24	26	22		320.00	37.60	6	1433.55
26	26	22		597.27	3.60	6	1433.55
26	27	23		322.73	18.60	1	1433.55
27	28	24		389.74	136.00	1	1433.55
28	28	25		860.24	34.00	1	1433.55

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION					HOJA 2 DE 8		
L. T. ZIMAPAN P.H - DARU 230 KV							
ESTRUCTURA		TRAMO		CLARO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAVOS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No	No				
29	30	26		500.00	57.00	4	1433.66
30	31	26		330.00	6.50	4	1433.66
31	32	26		330.00	8.00	3	1433.66
32	33	26		180.00	15.50	4	1433.66
33	34	27		690.00	75.00	3	1433.66
34	35	27		352.70	12.50	3	1433.66
35	36	28		327.30	15.50	4	1433.66
36	37	28		221.80	38.00	4	1433.66
37	38	28		559.01	24.00	4	1433.66
38	39	28		540.00	78.50	4	1433.66
39	40	28		900.00	148.50	1	1433.66
40	41	30		460.00	72.50	3	1433.66
41	42	31		257.66	73.50	3	1433.66
42	43	32		452.36	46.00	2	1433.66
43	44	32		220.00	10.50	2	1433.66
44	45	33		708.41	62.50	3	1433.66
45	46	34		809.65	35.00	3	1433.66
46	47	36		221.84	72.00	3	1433.66
47	48	36		380.00	125.50	3	1433.66
48	49	37		580.00	21.50	3	1433.66
49	50	38		420.00	57.00	3	1433.66
50	51	38		570.00	3.00	3	1433.66
51	52	38		424.21	31.00	3	1433.66
52	53	39		375.00	27.50	2	1433.66
53	54	38		420.00	41.00	2	1433.66
54	55	40		380.00	140.00	3	1433.66
55	56	41		510.00	132.50	3	1433.66
56	57	42		920.00	108.50	3	1433.66
57	58	43		270.00	114.50	3	1433.66

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION						HOJA 3 DE 8	
L. T. ZIMAPAN P.H. - DAJU 230 KV							
ESTRUCTURA		TAMAO		CLAVO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAVOS EN EL TAMAO	PARAMETRO
DE No	A No	No					
52	69	44	388.62	8.00	2	1433.66	
59	60	45	380.48	22.50	0	1433.66	
60	61	46	370.00	6.60	0	1433.66	
61	62	46	320.00	6.00	0	1433.66	
62	63	46	370.00	6.00	0	1433.66	
63	64	46	390.00	18.00	0	1433.66	
64	66	46	380.00	8.80	0	1433.66	
65	66	46	390.00	7.60	0	1433.66	
66	67	46	419.36	1.60	0	1433.66	
67	68	46	430.64	18.60	30	1433.66	
68	68	46	480.00	31.00	30	1433.66	
69	70	46	340.00	4.60	20	1433.66	
70	71	46	330.00	1.60	20	1433.66	
71	72	46	390.00	2.00	30	1433.66	
72	72	46	330.00	1.00	20	1433.66	
73	74	46	350.00	5.00	20	1433.66	
74	75	46	390.00	2.00	20	1433.66	
75	76	46	420.00	2.00	20	1433.66	
76	77	46	370.00	9.00	30	1433.66	
77	78	46	380.00	7.00	20	1433.66	
78	78	46	390.00	6.00	30	1433.66	
79	80	46	380.00	7.00	20	1433.66	
80	81	46	360.00	7.40	20	1433.66	
81	82	46	360.00	11.00	20	1433.66	
82	83	46	420.00	3.00	20	1433.66	
83	84	46	380.00	7.60	30	1433.66	
84	85	46	370.00	1.00	20	1433.66	
85	86	46	380.00	6.60	20	1433.66	
86	87	46	367.18	6.00	20	1433.66	

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION HOJA 4 DE 8						
L. T. ZIMAPAN PH - DARU 230 KV						
ESTRUCTURA		TRAMO	CLASO EN METROS	DESNVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAROS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No				
87	88	47	352.81	3.60	8	1433.66
88	88	47	530.00	6.00	8	1433.66
89	90	47	320.00	5.50	8	1433.66
90	91	47	330.00	1.60	8	1433.66
91	91	47	380.00	5.00	8	1433.66
92	92	47	370.00	10.00	8	1433.66
93	94	47	480.00	28.60	8	1433.66
94	95	47	500.00	36.60	8	1433.66
95	96	48	640.00	165.50	1	1433.66
96	97	49	280.00	110.00	1	1433.66
97	98	50	410.00	62.00	10	1433.66
98	98	50	610.00	18.60	10	1433.66
99	100	50	310.00	23.00	10	1433.66
100	101	50	380.00	8.00	10	1433.66
101	102	50	580.00	6.00	10	1433.66
102	103	50	310.00	0.00	10	1433.66
103	104	50	400.00	18.00	10	1433.66
104	105	50	380.00	43.60	10	1433.66
105	105	50	490.00	42.00	10	1433.66
106	107	50	388.64	17.60	10	1433.66
107	108	51	281.36	19.00	29	1433.66
108	109	51	320.00	13.60	29	1433.66
109	110	51	680.00	13.00	29	1433.66
110	111	51	640.00	82.00	29	1433.66
111	112	51	340.00	36.00	29	1433.66
112	113	51	670.00	27.00	29	1433.66
113	114	51	410.00	25.50	29	1433.66
114	115	51	380.00	11.60	29	1433.66
115	116	51	300.00	5.00	29	1433.66

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION HOJA 5 DE 8
 L.T. ZEMAPAN P.H. - DARIU 130 KV

ESTRUCTURA		TRAMO	CLAVO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAVOS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No				
116	117	61	370.00	0.00	28	1433.61
117	118	61	410.00	15.00	29	1433.61
118	119	61	370.00	14.50	28	1433.61
119	120	61	350.00	0.00	28	1433.61
120	121	61	440.00	18.50	28	1433.61
121	122	61	370.00	8.50	28	1433.61
122	123	61	370.00	8.50	28	1433.61
123	124	61	480.00	20.00	28	1433.61
124	125	61	350.00	11.50	28	1433.61
125	126	61	620.00	18.00	29	1433.61
126	127	61	350.00	8.00	28	1433.61
127	128	61	458.33	21.50	28	1433.61
128	129	61	427.77	0.50	28	1433.61
129	130	61	490.00	15.00	28	1433.61
130	131	61	370	13.00	28	1433.61
131	132	61	380.00	1.00	28	1433.61
132	133	61	340.00	13.50	28	1433.61
133	134	61	360.00	8.50	28	1433.61
134	135	61	410.00	1.50	28	1433.61
135	136	61	388.08	15.00	28	1433.61
136	137	62	427.08	0.00	30	1433.61
137	138	62	340.00	16.50	30	1433.61
138	139	62	470.00	0.00	30	1433.61
139	140	62	430.00	4.00	30	1433.61
140	141	62	470.00	41.00	30	1433.61
141	142	62	370.00	3.00	30	1433.61
142	143	62	480.00	0.00	30	1433.61
143	144	62	440.00	4.00	30	1433.61
144	145	62	310.00	16.50	30	1433.61

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION						HOJA 6 DE 8
L. T. ZIMAPAN P.H. - DAKU 230 KV						
ESTRUCTURA		TRAMO	CLAVO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAVOS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No				
144	145	52	310.00	15.50	30	1433.55
145	146	52	370.00	7.50	30	1433.55
146	147	52	400.00	10.50	30	1433.55
147	148	52	380.00	14.00	30	1433.55
148	149	52	440.00	31.50	30	1433.55
149	150	52	400.00	28.50	30	1433.55
150	151	52	330.00	41.50	30	1433.55
151	152	52	340.00	36.00	30	1433.55
152	153	52	430.00	26.00	30	1433.55
153	154	52	580.00	23.00	30	1433.55
154	155	52	480.00	29.50	30	1433.55
155	156	52	480.00	33.50	30	1433.55
156	157	52	280.00	28.00	30	1433.55
157	158	52	200.00	6.00	30	1433.55
158	159	52	400.00	11.50	30	1433.55
159	160	52	280.00	25.50	30	1433.55
160	161	52	270.00	14.50	30	1433.55
161	162	52	200.00	6.50	30	1433.55
162	163	52	470.00	25.00	30	1433.55
163	164	52	250.00	42.00	30	1433.55
164	165	52	520.00	41.50	30	1433.55
165	166	52	370.51	15.50	30	1433.55
166	167	53	208.48	27.50	13	1433.55
167	168	53	280.00	27.50	13	1433.55
168	169	52	280.00	26.50	13	1433.55
169	170	52	440.00	18.00	13	1433.55
170	171	53	410.00	28.00	13	1433.55
171	172	52	370.00	20.00	13	1433.55
172	173	53	380.00	16.00	13	1433.55

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION						
L.T. ZIMAPAN P.II - DARU 230 KV						
HOJA 7 DE 8						
ESTRUCTURA		TRAMO	CLARO EN METROS	DESNIVEL ENTRE PUNTOS DE FIJACION DEL CABLE	NUMERO DE CLAROS EN EL TRAMO	PARAMETRO
DE No	A No	No				
173	174	51	400.00	79.00	13	1433.55
174	175	53	440.00	11.50	13	1433.55
175	176	53	440.00	1.50	13	1433.55
176	177	53	450.00	10.00	13	1433.55
177	178	53	390.00	17.50	13	1433.55
178	179	53	412.03	31.50	13	1433.55
179	180	54	377.82	29.00	5	1433.55
180	181	54	420.00	18.00	5	1433.55
181	182	54	360.00	2.00	5	1433.55
182	183	54	350.00	15.00	6	1433.55
183	184	54	340.00	9.50	5	1433.55
184	185	55	312.18	3.50	1	1433.55
185	186	56	199.51	11.50	1	1433.55
186	187	57	348.72	23.00	1	1433.55
187	188	58	212.18	3.50	1	1433.55
188	187	59	193.81	9.50	1	1433.55
187	189	60	192.28	25.50	1	1433.55
189	190	61	310.00	5.00	3	1433.55
190	191	61	340.00	5.00	3	1433.55
191	192	61	381.58	29.00	3	1433.55
192	193	62	398.82	19.50	6	1433.55
193	194	62	520.00	11.50	6	1433.55
194	195	62	390.00	20.00	6	1433.55
195	196	62	330.00	4.00	6	1433.55
196	197	63	210.00	25.00	6	1433.55
197	198	62	318.26	5.50	6	1433.55
198	199	63	321.24	5.50	2	1433.55
199	200	63	400.46	2.50	2	1433.55
200	201	64	373.02	9.50	1	1433.55

Para ilustrar los incisos 2 al 4, analizaremos el tramo No. 26.

TRAMO No. 26, 4 CLAROS

DE TORRE	A TORRE	CLARO (m)	DESNIVEL (m)	PAR. PROY. 50°C (m)
29	30	500	57.0	1433.55
30	31	330	8.5	1433.55
31	32	330	8.0	1433.55
32	33	190	15.5	1433.55

2º) CLARO DETERMINANTE.

$$A = \sqrt{\frac{500^3 + 330^3 + 330^3 + 190^3}{500 + 330 + 330 + 190}} = 388.48m$$

3º) TENSION DE MONTAJE.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$H_1 = 2470 \text{ Kg}$	$H_2 = ?$
$m_1 = 1$	$m_2 = 1.453$
$t_1 = 50^\circ\text{C}$	$t_2 = 0^\circ\text{C}$

desarrollando los cálculos de la ecuación de cambio de estado.

S (m)	A	B	T_2 (Kg/mm ²)	H_2 (Kg)
388.48	9.202	991.621	7.666	3949.368

Ahora, las condiciones finales serán las iniciales.

ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
$H_1 = 3949.368 \text{ Kg}$	$H_1 = ?$
$m_1 = 1.453$	$m_1 = 1$
$t_1 = 0^\circ\text{C}$	$t_1 = 25^\circ\text{C}$

$$K_1 = \frac{(1.723/515.2)^2 (5202.2)}{24} = 2.424 \times 10^{-3}$$

$$K_1' = (18.28 \times 10^{-6}) (5202.2) = 0.09510$$

$$T_2^2 [T_2 + \frac{(2.424 \times 10^{-3}) (2.02) (388.48^2)}{7.666^2} - 0.09510 (25-0) - 7.666] =$$

$$= (2.424 \times 10^{-3}) (388.48^2)$$

$$T_2^2 [T_2 + 2.531] = 365.822$$

S (m)	A	B	T_2 (Kg/mm ²)	H_2 (Kg)	PARAM. (m)
388.48	7.86	365.822	5.28	2719.16	1578.15

4°) Ahora, calcularemos las flechas a 25°C para cada uno de los claros que componen el tramo No. 26.

4.1. Claro entre estruc. 29 y 30.

$$500s^2 \frac{1578.15}{2}; 500 < 789.08$$

$$57 \leq \frac{500}{10}; 57 > 50$$

$$F = \frac{500 \sqrt{500^2 + 57^2}}{8(1578.15)} = 19.93m$$

4.2. Claro entre estruc. 30 y 31.

$$330 < 789.08; 8.5 \leq \frac{330}{10}; 8.5 < 33$$

$$F = \frac{330^2}{8(1578.15)} = 8.63m$$

4.3. Claro entre estruc. 31 y 32.

$$330 < 789.08; 8 < 33$$

$$F = \frac{330^2}{8(1578.15)} = 8.63m$$

4.4. Claro entre estruc. 32 y 33.

$$190 < \frac{1578.15}{2}; 15.5 < 19$$

$$F = \frac{190^2}{8(1578.15)} = 2.86m$$

4.5 Tabla de montaje para cable conductor a 25°C.

T.AT	T.AD	TRAMO	CLARO (m)	DES (m)	C.DET (m)	TEN (Kg)	FLE. (m)
29	30	26	500	57.0	388.48	2719.1	19.93
30	31	26	330	8.5			8.63
31	32	26	330	8.0			8.63
32	33	26	190	15.5			2.86

Este cálculo de montaje, puede ser desarrollado para cualquier temperatura de montaje siempre y cuando el constructor considere que la sobrecarga sea unitaria.

Lo anterior, fue respecto al cable conductor. Falta hacer el mismo estudio para el cable de guarda. Es obvio que las hojas de claros y desniveles serán las mismas, además se tiene que para 50°C, se tiene un parámetro de 1648.58 m. Para no hacer todos los cálculos a mano, el autor de esta tesis ha desarrollado un programa en lenguaje BASIC para este fin, el cual no se muestra, solo los resultados de dicho programa.

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ RUBIO
PARA TEBIS PROFESIONAL

288

L. I ZIHAPAN - DAMU
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 900 MCM CANARY A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. AT No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET (m)	TEN (Kg)	FLECHA (m)
MARCO	1	1					
1	2	2	186.72	32.5	186.7199	1568.547	4.869411
2	3	3	292.6	37.5	292.6	2308.806	8.39097
3	4	4	572.63	177	572.6298	2583.241	28.61497
4	5	5	409.41	111	409.41	2693.998	13.88404
5	6	6	645.03	370	645.6302	2558.779	40.99009
6	7	7	98.62	42.5	98.62	3929.872	.580431
7	8	8	219.35	52.5	219.35	2968.857	3.589032
8	9	9	1110.87	349.5	1110.87	2499.704	112.824
9	10	10	219.78	137.5	219.78	3210.358	3.822481
10	11	11	453.4	108.5	453.3999	2652.029	17.16611
11	12	12	1658.94	237.5	1658.94	2483.283	247.777
12	13	13	177.06	61	177.06	3235.904	2.221153
13	14	14	209	0	209	3080.812	2.962669
14	15	15	750	88	750.0001	2380.324	51.55956
15	16	16	322	119.5	321.9999	2630.266	9.085799
16	17	17	518.26	147	518.26	2608.687	23.05004
17	18	18	705.05	175.5	705.0503	2544.284	43.36345
18	19	19	584.69	118.5	584.6901	2578.55	29.13482
19	20	20	421.88	32	421.8797	2680.752	14.29936
20	21	21	488.12	2.5	488.1201	2626.858	19.53642
21	22	22	832.74	132.5	832.74	2523.07	60.34344
22	23	23	457.26	72.5	457.4746	2683.215	16.99251
23	24	24	280	16	419.4746	2683.215	6.292975
24	25	25	510	40.5	419.4746	2683.215	20.87759
25	26	26	320	37.5	419.4746	2683.215	8.275641
26	27	27	397.27	3.5	419.4746	2683.215	12.6681
27	28	28	322.73	18.5	322.73	2831.751	7.921998
28	29	29	389.74	136	389.74	2717.531	12.75035
29	30	30	260.26	24	260.2598	2909.822	79.64435
30	31	31	500	57	388.4758	2719.166	19.92981
31	32	32	339	8.5	388.4758	2719.166	8.625562
32	33	33	330	8	388.4758	2719.166	8.625562
33	34	34	190	15.5	388.4758	2719.166	2.889347
34	35	35	690	75	597.6073	2573.841	40.07395
35	36	36	352.7	12.5	597.6073	2573.841	10.40757
36	37	37	327.3	15.5	478.9773	2632.801	6.763333
37	38	38	221.99	39	478.9773	2632.801	4.093031
38	39	39	559.01	24	478.9773	2632.801	25.56328
39		40	540	76.5	478.9773	2632.801	24.09238

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ MUÑOZ
PARA TESIS PROFESIONAL

287

L.T. ZIHAPAN - DAMJ
230 KV, 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 900 MCM CANARY A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. AT No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET (m)	TEN (Kg)	FLECHA (m)
39	40	29	900	148.5	899.9998	2515.376	70.84918
40	41	30	450	72.5	449.9999	2654.838	16.63975
41	42	31	257.66	73.5	257.66	3028.995	4.908836
42	43	32	452.34	46	391.7866	2714.917	16.3156
43	44	32	220	10.5	391.7866	2714.917	3.839584
44	45	33	708.41	62.5	708.4102	2543.572	42.49351
45	46	34	809.65	35	809.6501	2526.168	56.24426
46	47	35	221.94	7.2	221.9399	3198.336	3.487155
47	48	36	390	126.5	389.9998	2717.197	12.67434
48	49	37	580	21.5	579.9999	2580.339	28.07854
49	50	38	420	57	487.3083	2627.189	14.59371
50	51	38	570	1	487.3083	2627.189	26.63506
51	52	38	424.91	31	487.3083	2627.189	14.80123
52	53	39	375.09	27.5	423.9706	2678.645	11.31231
53	54	39	460	41	423.9706	2678.645	17.01388
54	55	40	360	140	357.7399	2760.628	10.84862
55	56	41	510	132.5	510	2613.292	22.14781
56	57	42	990	109.3	989.9998	2597.451	85.51472
57	58	43	270	114.5	270	2982.078	5.718952
58	59	44	199.52	6	199.52	3333.734	2.5718
59	60	45	280.48	22.5	386.268	2722.061	6.224456
60	61	45	370	6.5	386.268	2722.061	10.83181
61	62	45	420	5	386.268	2722.061	13.95713
62	63	45	370	8	386.268	2722.061	10.83181
63	64	45	440	18	386.268	2722.061	15.31803
64	65	45	380	9.5	386.268	2722.061	11.42522
65	66	45	340	7.5	386.268	2722.061	9.146509
66	67	45	419.36	1.5	386.268	2722.061	13.91462
67	68	46	410.64	12.5	371.2966	2743.053	13.23987
68	69	46	440	31	371.2966	2743.053	15.2008
69	70	46	340	4.5	371.2966	2743.053	9.078511
70	71	46	330	1.5	371.2966	2743.053	8.550451
71	72	46	340	2	371.2966	2743.053	9.078511
72	73	46	330	1	371.2966	2743.053	8.550451
73	74	46	350	5	371.2966	2743.053	9.618276
74	75	46	390	2	371.2966	2743.053	11.94237
75	76	46	420	2	371.2966	2743.053	13.85032
76	77	46	370	9	371.2966	2743.053	10.73891
77	78	46	320	7	371.2966	2743.053	8.040093
78	79	46	390	6	371.2966	2743.053	11.94237
79	80	46	350	7	371.2966	2743.053	9.972804
80	81	46	360	7.5	371.2966	2743.053	10.17574
81	82	46	360	11	371.2966	2743.053	10.17574
82	83	46	420	3	371.2966	2743.053	13.85032
83	84	46	360	7.5	371.2966	2743.053	10.17574

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ HUARD
PARA TESIS PROFESIONAL

128

L. I. ZIMAPAN P.H. - D&U
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 900 MCM CANARY A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. AT No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET	TEN (Kg)	FLECHA (m)
84	85	46	370	1	371.2766	2743.053	10.74891
85	86	46	380	6.5	371.2766	2743.053	11.33779
86	87	46	357.19	5	371.2766	2743.053	10.01751
87	88	47	352.81	3.5	423.0247	2679.594	10.00475
88	89	47	530	0	423.0247	2679.594	22.57762
89	90	47	320	5.5	423.0247	2679.594	8.230501
90	91	47	330	1.5	423.0247	2679.594	8.752945
91	92	47	360	5	423.0247	2679.594	10.41673
92	93	47	370	10	423.0247	2679.594	11.00347
93	94	47	450	25.5	423.0247	2679.594	16.27614
94	95	47	500	35.5	423.0247	2679.594	20.0594
95	96	48	640	165.5	040	2560.369	35.58842
96	97	49	260	110	260	3019.666	5.235234
97	98	50	410	62	452.5552	2652.721	13.80324
98	99	50	610	18.5	452.5552	2652.721	30.21088
99	100	50	310	25	452.5552	2652.721	7.802381
100	101	50	320	8	452.5552	2652.721	8.313879
101	102	50	580	6	452.5552	2652.721	27.31239
102	103	50	310	0	452.5552	2652.721	7.801381
103	104	50	400	18	452.5552	2652.721	12.99044
104	105	50	380	43.5	452.5552	2652.721	11.80045
105	106	50	460	47	452.5552	2652.721	17.26929
106	107	50	368.64	17.5	452.5552	2652.721	11.03338
107	108	51	281.36	19	462.1847	2645.06	6.445912
108	109	51	320	13.5	462.1847	2645.06	8.73958
109	110	51	660	13	462.1847	2645.06	35.4689
110	111	51	640	62	462.1847	2645.06	33.6447
111	112	51	340	35	462.1847	2645.06	9.462011
112	113	51	670	27	462.1847	2645.06	36.59185
113	114	51	410	25.5	462.1847	2645.06	13.68761
114	115	51	380	11.5	462.1847	2645.06	11.75782
115	116	51	300	5	462.1847	2645.06	7.328784
116	117	51	379.36	9	462.1847	2645.06	11.71825
117	118	51	410	15	462.1847	2645.06	13.68761
118	119	51	370	14.5	462.1847	2645.06	11.14715
119	120	51	330	9	462.1847	2645.06	8.867224
120	121	51	460	12.5	462.1847	2645.06	17.24961
121	122	51	370	8.5	462.1847	2645.06	11.14715
122	123	51	370	2.5	462.1847	2645.06	11.14715
123	124	51	520	20	462.1847	2645.06	22.01742
124	125	51	330	11.5	462.1847	2645.06	8.867224
125	126	51	620	12	462.1847	2645.06	31.29992
126	127	51	330	3	462.1847	2645.06	9.974608
127	128	51	452.23	21.5	462.1847	2645.06	16.65247

L. I. ZIMAPAN - DARU
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 900 MCM CANARY A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. A1 No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET (m)	TEN (Kg)	FLECHA (m)
128	129	51	527.77	.5	462.1847	2645.06	8.747786
129	130	51	490	16	462.1847	2645.06	19.55023
130	131	51	370	13	462.1847	2645.06	11.14713
131	132	51	390	1	462.1847	2645.06	12.3848
132	133	51	340	13.5	462.1847	2645.06	9.412773
133	134	51	360	6.5	462.1847	2645.06	10.55273
134	135	51	510	1.5	462.1847	2645.06	21.17874
135	136	51	382.08	15	462.1847	2645.06	11.88689
136	137	52	487.92	9	419.2575	2683.439	19.10737
137	138	52	340	16.5	419.2575	2683.439	9.278151
138	139	52	470	6	419.2575	2683.439	17.72561
139	140	52	430	4.5	419.2575	2683.439	14.84023
140	141	52	470	41	419.2575	2683.439	17.72561
141	142	52	270	3	419.2575	2683.439	5.851014
142	143	52	460	0	419.2575	2683.439	16.98319
143	144	52	440	4	419.2575	2683.439	15.53849
144	145	52	310	15.5	419.2575	2683.439	7.713065
145	146	52	370	7.5	419.2575	2683.439	10.98771
146	147	52	400	10.5	419.2575	2683.439	12.84173
147	148	52	380	14	419.2575	2683.439	11.58966
148	149	52	440	31.5	419.2575	2683.439	15.33849
149	150	52	400	36.5	419.2575	2683.439	12.84173
150	151	52	330	41.5	419.2575	2683.439	8.809244
151	152	52	340	36	419.2575	2683.439	9.330012
152	153	52	430	25	419.2575	2683.439	14.84023
153	154	52	580	23	419.2575	2683.439	26.99574
154	155	52	420	29.5	419.2575	2683.439	14.15801
155	156	52	480	83.5	419.2575	2683.439	18.76981
156	157	52	260	29	419.2575	2683.439	5.459275
157	158	52	200	6	419.2575	2683.439	3.210433
158	159	52	400	11.5	419.2575	2683.439	12.84173
159	160	52	290	35.5	419.2575	2683.439	6.800322
160	161	52	270	14.5	419.2575	2683.439	5.851014
161	162	52	300	6.5	419.2575	2683.439	7.223474
162	163	52	470	25	419.2575	2683.439	17.72961
163	164	52	260	47	419.2575	2683.439	5.104176
164	165	52	570	61.5	419.2575	2683.439	26.22808
165	166	52	370.51	15.5	419.2575	2683.439	11.01802
166	167	53	309.49	27.5	405.8065	2678.055	7.646062
167	168	53	380	37.5	405.8065	2678.055	11.52688
168	169	53	380	26.5	405.8065	2678.055	11.52688
169	170	53	440	12	405.8065	2678.055	15.45432
170	171	53	410	28	405.8065	2678.055	13.41876
171	172	53	370	20	405.8065	2678.055	10.92819

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ NUÑO
PARA TESIS PROFESIONAL

L. I. ZIMAPAN - DAMU
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 900 MM CANTARY A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. AT No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET (m)	TEN (kg)	FLECHA (m)
172	173	53	390	16	405.8065	2698.055	12.14154
173	174	53	400	24	405.8065	2698.055	12.77217
174	175	53	440	11.5	405.8065	2698.055	15.45432
175	176	53	440	1.5	405.8065	2698.055	15.45432
176	177	53	450	10	405.8065	2698.055	16.16477
177	178	53	390	12.5	405.8065	2698.055	12.14154
178	179	53	412.03	21.5	405.8065	2698.055	13.55197
179	180	54	377.97	22	374.5866	2738.226	11.23675
180	181	54	420	18	374.5866	2738.226	13.87473
181	182	54	360	2	374.5866	2738.226	10.19368
182	183	54	360	15	374.5866	2738.226	10.19368
183	184	54	340	9.5	374.5866	2738.226	9.092511
184	185	55	212.19	3.5	212.19	3254.319	2.979786
185	188	56	189.51	11.5	189.5099	3401.758	2.27382
188	189	57	248.72	23	248.72	5066.455	4.344904
184	186	58	212.19	3.5	212.19	3254.319	2.979786
186	187	59	183.61	9.5	183.61	3443.953	2.108292
187	189	60	242.79	25.5	242.7899	3693.032	4.127192
189	190	61	310	5	347.6179	2781.842	7.440228
190	191	61	340	5	347.6179	2781.842	6.949952
191	192	61	381.58	29	347.6179	2781.842	11.27286
192	193	62	388.42	19.5	506.9487	2615.051	12.42563
193	194	62	520	11.5	506.9487	2615.051	22.27008
194	195	62	360	20	506.9487	2615.051	11.89275
195	196	62	330	4	506.9487	2615.051	8.968978
196	197	62	710	25	506.9487	2615.051	41.51756
197	198	62	318.76	6.5	506.9487	2615.051	8.368406
198	199	63	321.24	5.5	367.314	2749.068	8.084757
199	200	63	400.46	2.5	367.314	2749.068	12.56401
200	201	64	272.03	9.5	272.03	2974.858	5.357506
201	BAHIA	65	71.65	1	71.64997	4324.323	.2556875

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ MUÑOZ
PARA TESTES PROFESIONALES

231

L.T. ZIMAFON P.H - DAMU
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 7MB ALUMINUMELD A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. A1 No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DE I (m)	TEN (Kg)	FLECHA (m)
MARCO	1	1	186.92	32.5	186.9199	360.2104	4.794589
1	2	2	292.6	37.5	292.6	647.8808	6.488142
2	3	3	572.63	177	572.6298	644.4393	25.93641
3	4	4	409.41	111	409.41	645.9294	13.08272
4	5	5	645.63	390	645.6302	644.0405	36.82409
5	6	6	98.62	42.5	98.62	612.4024	.8421945
6	7	7	219.36	52.5	219.36	611.2321	3.942145
7	8	8	1110.87	349.5	1110.87	642.9356	98.91556
8	9	9	219.78	137.5	219.78	649.5334	4.271997
9	10	10	453.4	108.5	453.3999	645.4175	15.94936
10	11	11	1658.94	237.5	1658.94	642.5856	215.141
11	12	12	177.66	61	177.66	612.2098	2.654652
12	13	13	200	70	200	611.6992	3.373992
13	14	14	750	88	750.0001	605.9301	45.51956
14	15	15	322	119.5	321.9999	609.0676	8.842867
15	16	16	518.26	147	518.26	644.824	21.0856
16	17	17	905.95	175.5	905.9503	643.7893	38.75668
17	18	18	584.69	188.5	584.6901	644.3651	27.14692
18	19	19	421.88	32	421.8797	645.7757	13.42229
19	20	20	488.12	2.5	488.1201	645.0789	17.98744
20	21	21	832.74	132.5	832.74	645.3793	53.43069
21	22	22	457.26	72.5	419.4746	645.8032	15.96418
22	23	22	280	16	419.4746	645.8032	5.912143
23	24	22	510	40.5	419.4746	645.8032	19.61414
24	25	22	320	37.5	419.4746	645.8032	7.774825
25	26	22	397.27	3.5	419.4746	645.8032	11.90146
26	27	23	322.73	18.5	322.73	647.2843	7.836228
27	28	24	389.74	136	389.74	646.1922	12.12461
28	29	25	760.26	24	760.2598	643.141	70.31554
29	30	26	500	57	388.4758	646.2109	18.96262
30	31	26	330	8.5	388.4758	646.2109	8.206766
31	32	26	330	8	388.4758	646.2109	8.206766
32	33	26	190	15.5	388.4758	646.2109	2.726583
33	34	27	650	75	597.6073	644.2897	36.18898
34	35	27	352.7	12.5	597.6073	644.2897	9.402833
35	36	28	327.3	15.5	478.9773	645.163	8.086331
36	37	28	221.99	39	478.9773	645.163	3.776828
37	38	28	559.01	24	478.9773	645.163	23.58841
38	39	28	540	76.5	478.9773	645.163	22.23115
39	40	29	600	148.5	899.6998	643.2508	62.53832
40	41	30	450	72.5	449.9999	645.4536	15.47581
41	42	31	257.66	73.5	257.66	648.6494	5.183234
42	43	32	452.34	46	391.7866	646.1646	15.50065
43	44	32	220	10.5	391.7866	646.1646	3.647802
44	45	33	788.41	62.5	708.4102	643.7766	37.96323
45	46	34	809.65	35	809.6501	643.458	49.61391

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ MUÑOZ
PARA TESIS PROFESIONAL.

238

L.T ZIMAPAN P.H - DAMU
250 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 7MB ALUMINUMEL N 25 #C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

L.A1 No.	L.AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DEL (m)	TEN (Kg)	FLECHA (m)
46	47	35	221.94	7.2	221.9599	646.4831	3.882944
47	48	36	360	126.5	369.9998	646.1895	12.05092
48	49	37	580	21.5	579.9999	644.3936	25.42341
49	50	38	420	57	487.3083	645.0862	13.43918
50	51	38	570	1	487.3083	645.0862	24.92793
51	52	38	424.91	31	487.3083	645.0862	13.63029
52	53	39	375.00	27.5	423.9706	645.7486	10.61052
53	54	39	460	41	423.9706	645.7486	15.9581
54	55	40	560	140	559.9999	646.6387	10.47259
55	56	41	510	132.5	510	644.8906	20.29394
56	57	42	990	109.5	989.9998	643.0935	75.23298
57	58	43	270	114.5	270	648.3698	5.947643
58	59	44	199.52	6	199.52	649.7891	2.982605
59	60	45	280.48	22.5	386.268	646.2422	5.928801
60	61	45	370	6.5	386.268	646.2422	10.31661
61	62	45	420	5	386.268	646.2422	13.29328
62	63	45	370	8	386.268	646.2422	10.31661
63	64	45	440	18	386.268	646.2422	14.58945
64	65	45	380	9.5	386.268	646.2422	10.8819
65	66	45	340	7.5	386.268	646.2422	8.711471
66	67	45	419.36	1.5	386.268	646.2422	13.2528
67	68	46	410.64	12.5	371.2966	646.4625	12.70306
68	69	46	440	31	371.2966	646.4625	14.58448
69	70	46	340	4.5	371.2966	646.4625	8.708502
70	71	46	330	1.5	371.2966	646.4625	8.203772
71	72	46	340	2	371.2966	646.4625	8.708502
72	73	46	330	1	371.2966	646.4625	8.203772
73	74	46	360	5	371.2966	646.4625	9.228301
74	75	46	390	2	371.2966	646.4625	9.763166
75	76	46	420	2	371.2966	646.4625	13.28875
76	77	46	370	9	371.2966	646.4625	10.3131
77	78	46	320	7	371.2966	646.4625	7.714106
78	79	46	390	6	371.2966	646.4625	11.45816
79	80	46	250	7	371.2966	646.4625	4.708317
80	81	46	360	7.5	371.2966	646.4625	9.763166
81	82	46	360	11	371.2966	646.4625	9.763166
82	83	46	420	3	371.2966	646.4625	13.28875
83	84	46	360	7.5	371.2966	646.4625	9.763166
84	85	46	370	1	371.2966	646.4625	10.3131
85	86	46	380	6.5	371.2966	646.4625	10.8781
86	87	46	377.17	5	371.2966	646.4625	9.611346
87	88	47	352.81	3.5	423.0247	645.7599	9.387278
88	89	47	330	6	423.0247	645.7599	21.18408
89	90	47	320	5.5	423.0247	645.7599	7.7225
90	91	47	330	1.5	423.0247	645.7599	8.212697

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ MUÑOZ
PARA TESIS PROFESIONAL

388

L. I. ZIMAFAN P.H. - DASU
230 KV, 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 700 ALUMINUMELDA A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T.A1 No.	T.AD No.	TRAFU No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DET (m)	TEN (kg)	FLECHA (m)
91	92	47	360	5	423.0247	645.7599	9.773795
92	93	47	370	10	423.0247	645.7599	10.32432
93	94	47	450	25.5	423.0247	645.7599	15.27154
94	95	47	500	35.5	423.0247	645.7599	18.85376
95	96	48	640	165.5	640	644.0674	31.98995
96	97	49	260	110	260	648.5958	5.511342
97	98	50	410	62	452.5552	645.4264	12.82802
98	99	50	410	18.5	452.5552	645.4264	28.07443
99	100	50	310	23	452.5552	645.4264	7.251129
100	101	50	320	8	452.5552	645.4264	7.726489
101	102	50	580	6	452.5552	645.4264	25.38273
102	103	50	310	0	452.5552	645.4264	7.251129
103	104	50	400	18	452.5552	645.4264	12.07264
104	105	50	380	43.5	452.5552	645.4264	10.76671
105	106	50	460	47	452.5552	645.4264	16.04919
106	107	50	368.64	17.5	452.5552	645.4264	10.25386
107	108	51	281.36	19	462.1847	645.3268	5.97412
108	109	51	320	13.5	462.1847	645.3268	7.727682
109	110	51	660	13	462.1847	645.3268	32.87283
110	111	51	640	82	462.1847	645.3268	31.16341
111	112	51	340	35	462.1847	645.3268	8.769925
112	113	51	670	27	462.1847	645.3268	33.87653
113	114	51	410	25.5	462.1847	645.3268	12.68577
114	115	51	380	11.5	462.1847	645.3268	10.69724
115	116	51	300	5	462.1847	645.3268	6.791908
116	117	51	379.36	9	462.1847	645.3268	10.86056
117	118	51	410	15	462.1847	645.3268	12.68577
118	119	51	370	14.5	462.1847	645.3268	10.33125
119	120	51	350	9	462.1847	645.3268	8.218208
120	121	51	460	12.5	462.1847	645.3268	15.76853
121	122	51	370	8.5	462.1847	645.3268	10.33125
122	123	51	370	2.5	462.1847	645.3268	10.33125
123	124	51	520	20	462.1847	645.3268	20.46591
124	125	51	330	11.5	462.1847	645.3268	8.218208
125	126	51	620	12	462.1847	645.3268	29.00899
126	127	51	350	2	462.1847	645.3268	9.244541
127	128	51	452.23	21.5	462.1847	645.3268	15.43363
128	129	51	327.77	.5	462.1847	645.3268	8.107513
129	130	51	490	16	462.1847	645.3268	18.1193
130	131	51	370	13	462.1847	645.3268	10.33125
131	132	51	390	1	462.1847	645.3268	11.47832
132	133	51	340	13.5	462.1847	645.3268	8.723828
133	134	51	360	6.5	462.1847	645.3268	6.453268
134	135	51	510	1.5	462.1847	645.3268	19.62861

PROGRAMA REALIZADO POR SERGIO GOMEZ NUROZ
PARA TESTIS PROFESIONAL

274

L. I. ZIMAPAN P.H - D&U
230 KV. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 7#8 ALUMOWELD H 25 #C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

T. AT No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DE I (m)	TEN (Tg)	FLECHA (m)
135	136	51	382.08	15	462.1847	645.3268	11.01686
136	137	52	487.92	9	419.2575	645.8057	17.95248
137	138	52	340	16.5	419.2575	645.8057	8.717359
138	139	52	470	6	419.2575	645.8057	16.658
139	140	52	430	4.5	419.2575	645.8057	13.94325
140	141	52	470	41	419.2575	645.8057	16.658
141	142	52	270	3	419.2575	645.8057	5.497366
142	143	52	460	0	419.2575	645.8057	15.95669
143	144	52	440	4	419.2575	645.8057	14.59932
144	145	52	310	15.5	419.2575	645.8057	7.246871
145	146	52	370	7.5	419.2575	645.8057	10.32359
146	147	52	400	10.5	419.2575	645.8057	12.06555
147	148	52	380	14	419.2575	645.8057	10.88916
148	149	52	440	31.5	419.2575	645.8057	14.59932
149	150	52	400	36.5	419.2575	645.8057	12.06555
150	151	52	330	41.5	419.2575	645.8057	8.276795
151	152	52	340	36	419.2575	645.8057	8.766087
152	153	52	430	25	419.2575	645.8057	13.94325
153	154	52	580	23	419.2575	645.8057	25.36782
154	155	52	420	27.5	419.2575	645.8057	13.30227
155	156	52	480	53.5	419.2575	645.8057	17.65532
156	157	52	260	29	419.2575	645.8057	5.149305
157	158	52	200	6	419.2575	645.8057	3.016387
158	159	52	400	11.5	419.2575	645.8057	12.06555
159	160	52	290	35.5	419.2575	645.8057	6.389296
160	161	52	270	14.5	419.2575	645.8057	5.497366
161	162	52	300	6.5	419.2575	645.8057	6.786872
162	163	52	470	25	419.2575	645.8057	16.658
163	164	52	250	47	419.2575	645.8057	4.795669
164	165	52	570	61.5	419.2575	645.8057	24.6428
165	166	52	370.51	15.5	419.2575	645.8057	10.35207
166	167	53	309.49	27.5	405.8065	645.9758	7.221143
167	168	53	380	37.5	405.8065	645.9758	10.88625
168	169	53	380	26.5	405.8065	645.9758	10.88629
169	170	53	440	12	405.8065	645.9758	14.59547
170	171	53	410	28	405.8065	645.9758	12.67303
171	172	53	370	20	405.8065	645.9758	10.32087
172	173	53	390	16	405.8065	645.9758	11.46679
173	174	53	400	24	405.8065	645.9758	12.06237
174	175	53	440	11.5	405.8065	645.9758	14.59547
175	176	53	440	15	405.8065	645.9758	14.59547
176	177	53	450	10	405.8065	645.9758	15.26644
177	178	53	390	12.5	405.8065	645.9758	11.46679
178	179	53	390.03	21.5	405.8065	645.9758	12.79883

PROGRAMA REALIZADO POR SENSIO GOMEZ RUBIO
PARA TESIS PROFESIONAL

186

L. I. ZIHAPAN P.H - DAMU
230 K.V. 2 CIRCUITOS

CALCULO DE MONTAJE PARA CABLE 708 ALUMOWELD A 25 °C

TABLA DE FLECHAS Y TENSIONES

TRAZ. No.	T. AD No.	TRAMO No.	CLARO (m)	DES (m)	C. DE I (m)	TEN (kg)	FLECHA (m)
179	180	54	377.97	22	374.5866	646.4128	10.76301
180	181	54	420	18	374.5866	646.4128	13.28977
181	182	54	360	2	374.5866	646.4128	9.763915
182	183	54	360	15	374.5866	646.4128	9.763915
183	184	54	340	4.5	374.5866	646.4128	8.799171
184	185	55	212.19	3.5	212.19	647.708	5.574898
188	189	57	248.72	23	248.72	648.856	4.643036
184	186	58	212.19	3.5	212.19	647.708	5.574898
187	189	60	242.79	25.5	242.7899	648.8945	4.447662
189	190	61	310	5	347.6179	646.8421	7.23526
190	191	61	340	5	347.6179	646.8421	8.793393
191	192	61	381.88	29	347.6179	646.8421	10.46231
192	193	62	388.42	19.5	506.9487	644.9157	11.39277
193	194	62	520	11.5	506.9487	644.9157	20.41892
194	195	62	380	20	506.9487	644.9157	10.90419
195	196	62	330	4	506.9487	644.9157	8.223447
196	197	62	110	25	506.9487	644.9157	38.06648
197	198	62	318.76	6.5	506.9487	644.9157	7.672797
198	199	63	321.24	5.5	367.314	646.5226	7.73271
199	200	63	409.46	2.5	367.314	646.5226	12.97989
200	201	64	272.03	9.5	272.03	648.3245	5.55866
201	66HIA	65	71.65	1	71.64997	648.2773	1.3856564

CONCLUSIONES.

Con esto, se ha concluido el trabajo de tesis y con este la primera fase de una preparación profesional; ahora sigue la segunda fase la cual consiste en la preparación de campo hacia la vida profesional.

Seguramente los lectores de la presente, se preguntarán ¿Porqué fue involucrado también un cálculo mecánico y no solamente eléctrico como tal vez se esperaría? La razón es la que sigue.

En la vida profesional, y con más razón cuando se encuentra en la obra, el ingeniero no solamente es eléctrico o mecánico; el ingeniero es aquel que en cierto momento es capaz de resolver problemas de diversa índole u opinar.

Durante el desarrollo de esta tesis, cumplí además de una meta académica, una meta propia " Saber como se proyecta una línea de transmisión " aunque antes de comenzar no imaginé que tuviera que aprender a hacer estudios de ingeniería mecánica además de ingeniería eléctrica.

Hubiese deseado incluir en la misma el estudio de corto circuito del sistema y de esta forma involucrar el curso de "Sistemas eléctricos de potencia II (fallas)". Esto no fue posible debido a que el proyecto de protecciones y por tanto la información necesaria para ello, está a cargo de una compañía extranjera lo mismo que el sistema de tierra y el estudio eléctrico del cable de guarda.

Como se observó, en esta tesis se involucran aspectos no contemplados en nuestro programa de estudios; aspectos que creo son indispensables conocerlos sino a fondo, si una visión general de lo que es una línea de transmisión en forma global.

Debo mencionar que hubo algunos aspectos que no se incluyeron debido a políticas de la misma empresa.

BIBLIOGRAFIA.

1. AMORTIGUADORES EOLICOS STOCKBRIDGE. Catalogo SALVY Co.
2. ATLAS DEL AGUA DE LA REPUBLICA MEXICANA. Ed. 1970
3. CABLES DE ALUMINIO CONCENTRICO Y ALMA DE ACERO (ACSR).
Esp. CFEE0000-12
4. CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES. Ing. Marcos Moreno C.F.E
5. CATALOGO DE ESTRUCTURAS PARA 230 KV. C.F.E
6. CONJUNTOS DE HERRAJES PARA L.T. Esp. CFE2H1LT-41
7. COORDINACION DE AISLAMIENTO. Esp. CFEL0000-06
8. GUIA PARA EL CALCULO ELECTRICO DE LINEAS DE TRANSMISION.
Subgerencia de ingenieria basica de S.E y L.T. C.F.E.
9. HERRAJES PARA LINEAS DE TRANSMISION. Esp. CFE2H1LT-01
10. INFORMACION VERBAL DEL DEPTO. DE DISEÑO DE L.T. C.F.E
11. INFORMACION VERBAL DEL DEPTO. DE INGENIERIA BASICA. C.F.E
12. LINEAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA. Checa, Luis
Maria
13. MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES. C.F.E
14. REDES ELECTRICAS. Jacinto Viqueira, Vol. I
15. VISITA A LA ZONA DE OBRAS DE CONSTRUCCION.

Todo es posible en este mundo con un
poco de amor y buena voluntad

y colorin colorado esta historia ha terminado



17
20j.

RECEIVED
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
MAY 11 1965

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL
DESARROLLADA POR

SERGIO GOMEZ MUÑOZ

"PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV"
ZIMAPAN P.H - RED DARU

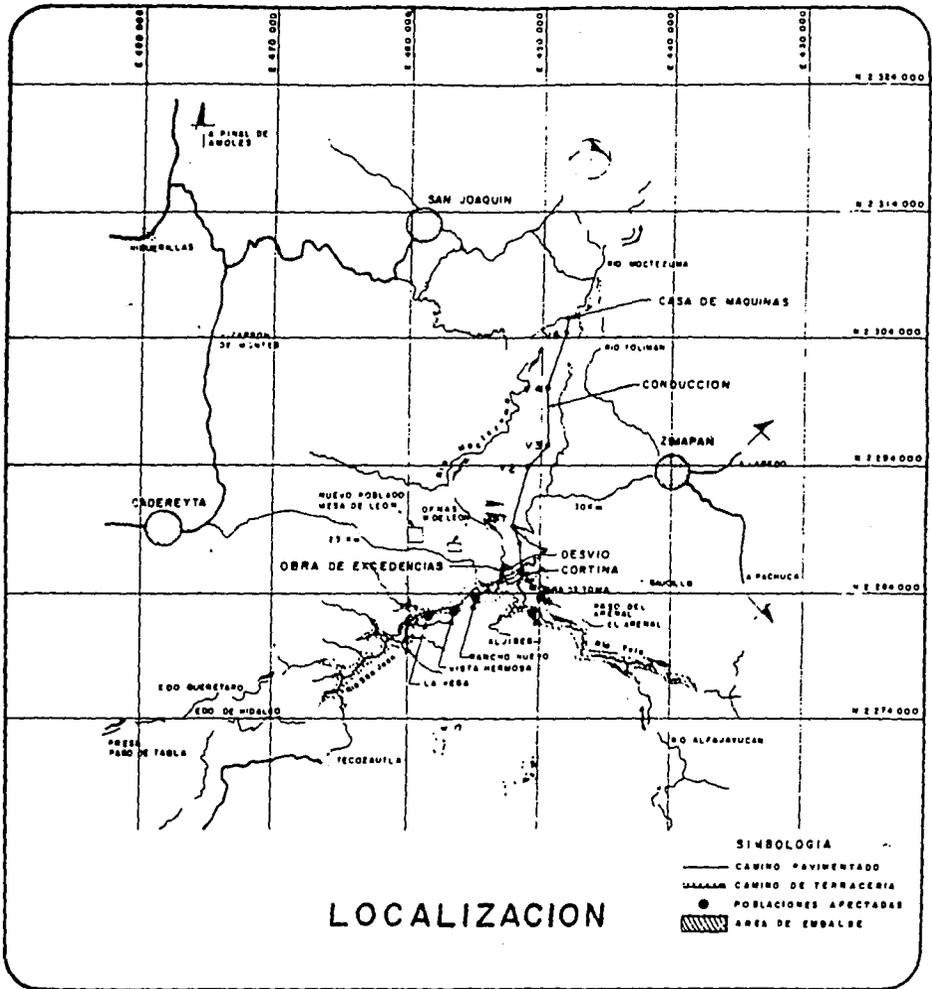
VOL. II

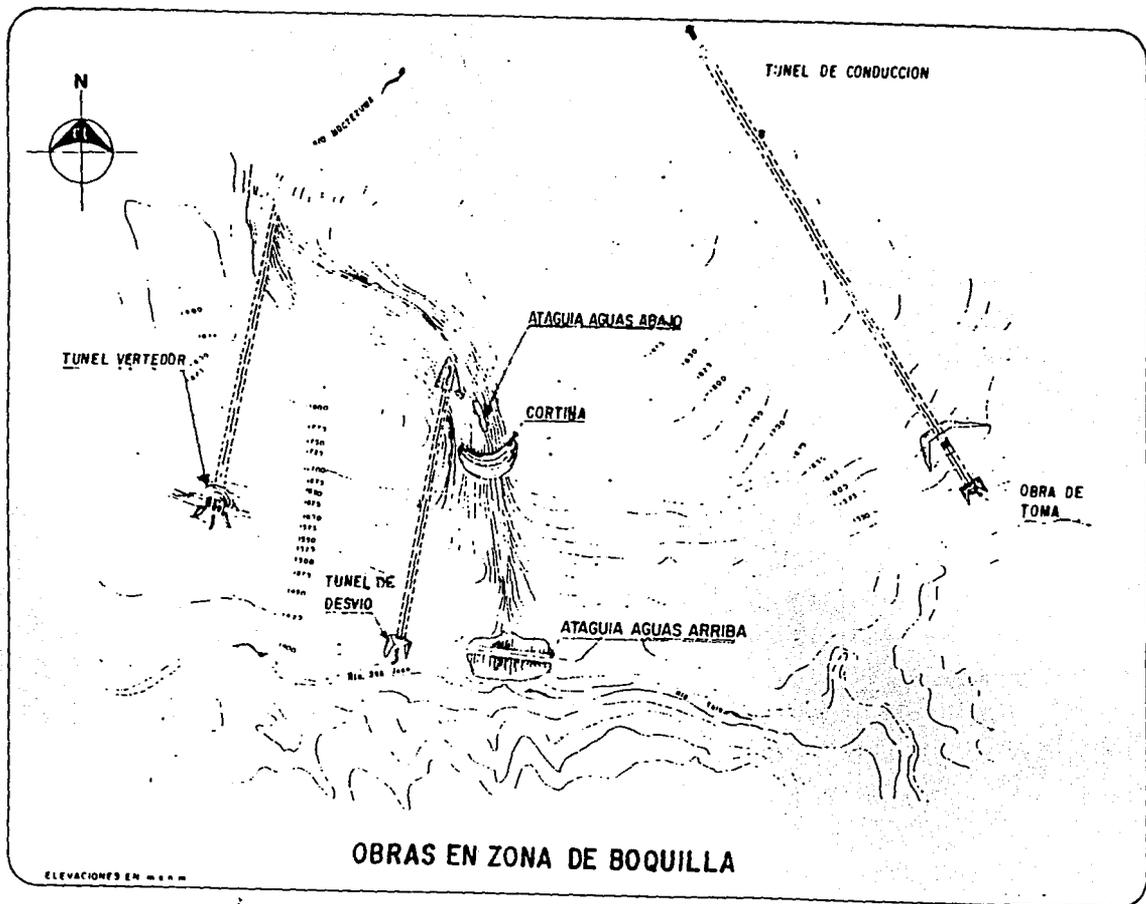
ANEXO DE PLANOS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INDICE

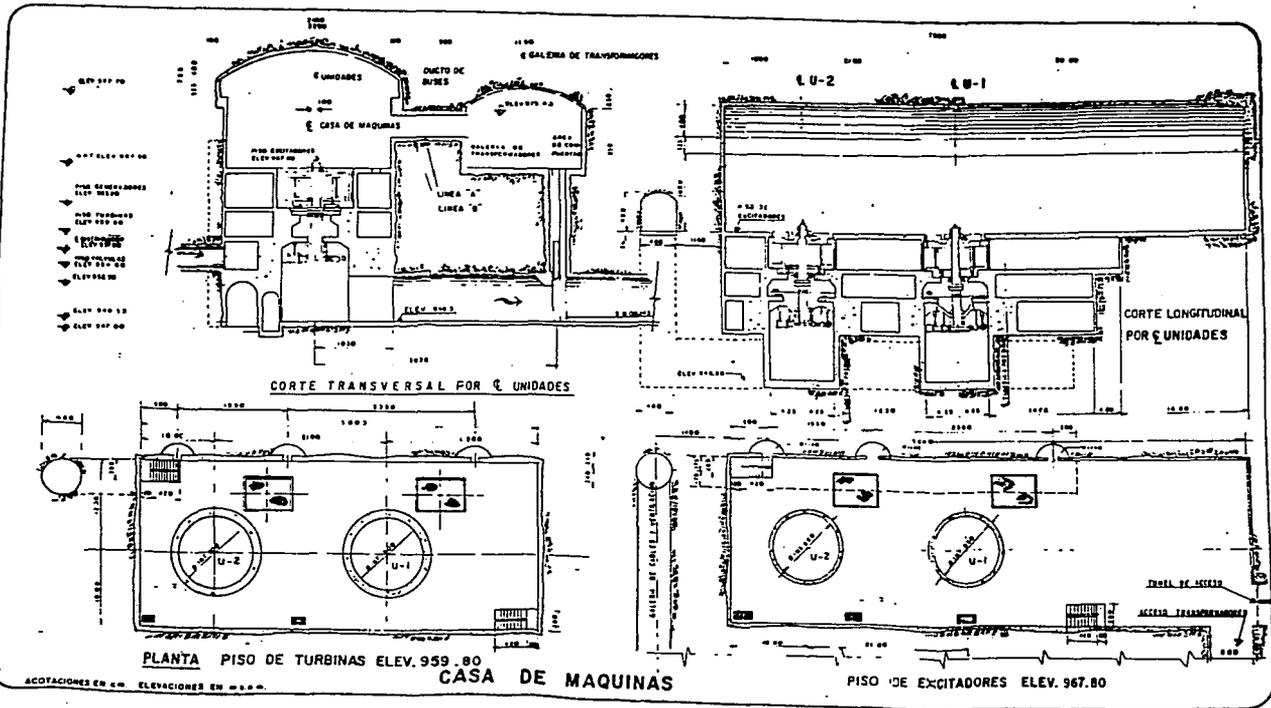
DESCRIPCION	No. PLANO
Localización del proyecto hidroeléctrico Zimapán	1
Obras en zona de boquilla	2
Obras de contención	3
Obras en casa de máquinas	4
Obras de conducción	5
Obras de exedencias	6
Trayectoria de la L.T Zimapán - Dañú	7
Salida del punto pivote 1/41	8
Salida del punto pivote 2/41	9
Cruzamiento con río Tula 12/41	10
Cruzamiento con río Tula 13/41	11
Cruzamiento con tubería PEMEX 37/41	12
Cruzamiento con L.T 400 KV y 230 KV (circuito derecho) 38/41 D	13
Cruzamiento con L.T 400 KV y 230 KV (circuito izquierdo) 38/41 I	14
Plantilla para localización de estructuras	15

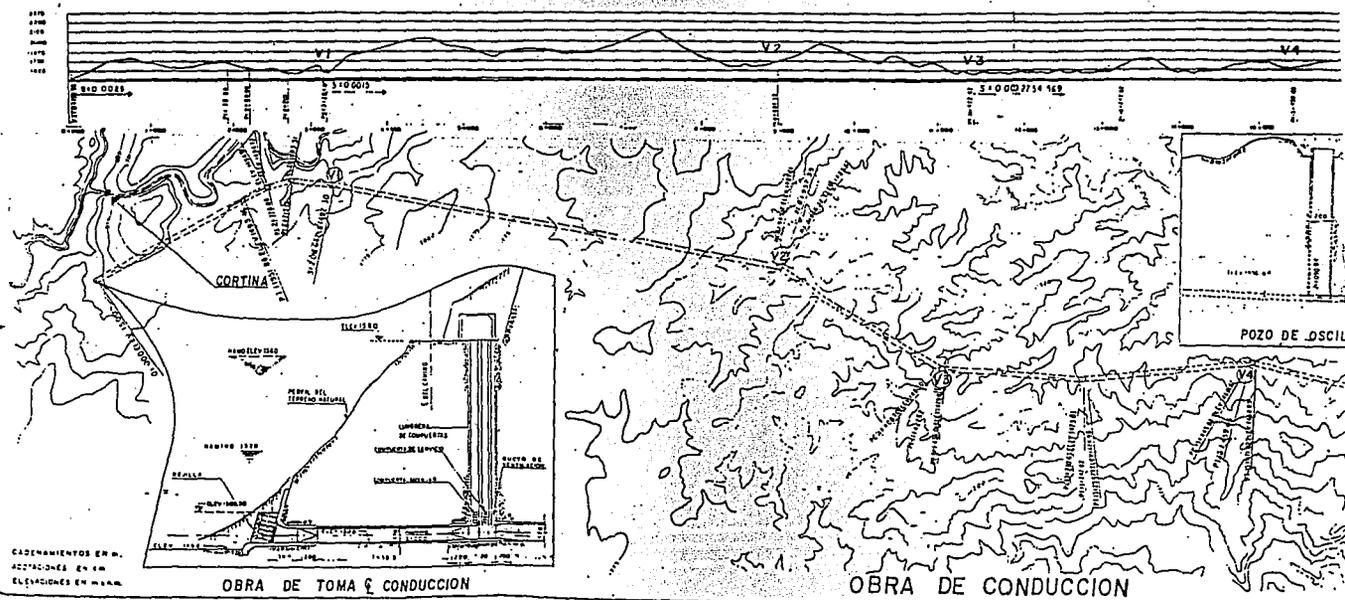




ELEVACIONES EN M.M.M.

OBRAS EN ZONA DE BOQUILLA

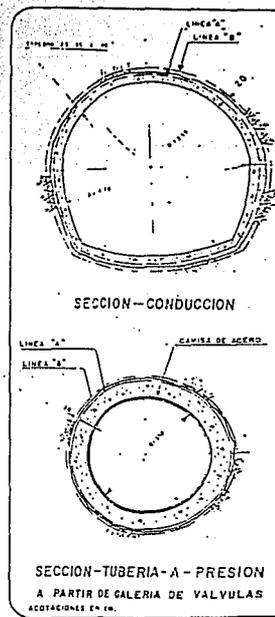
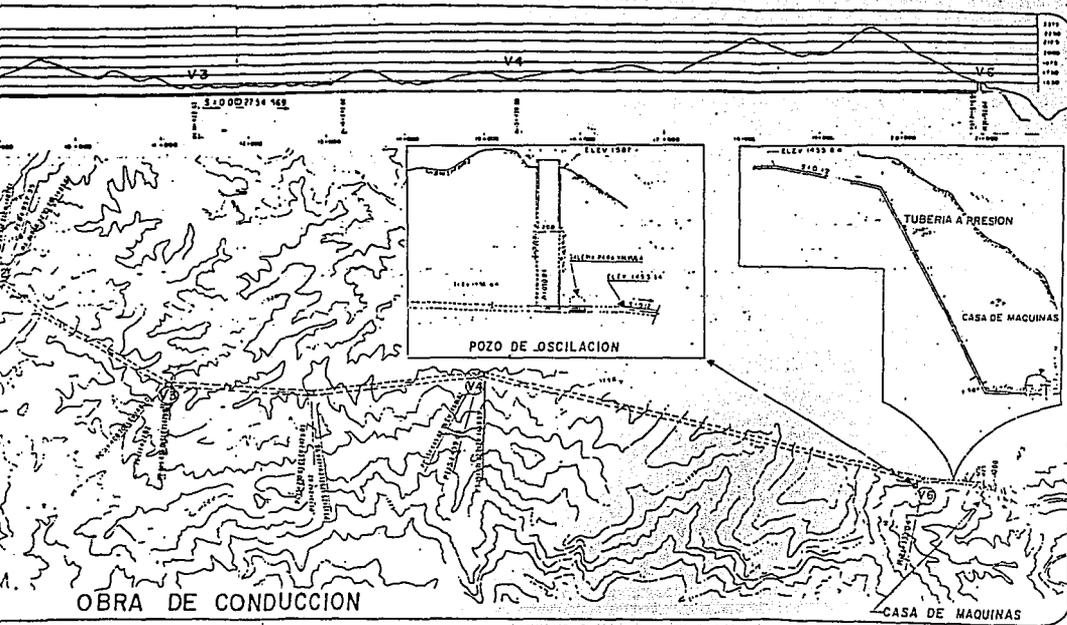


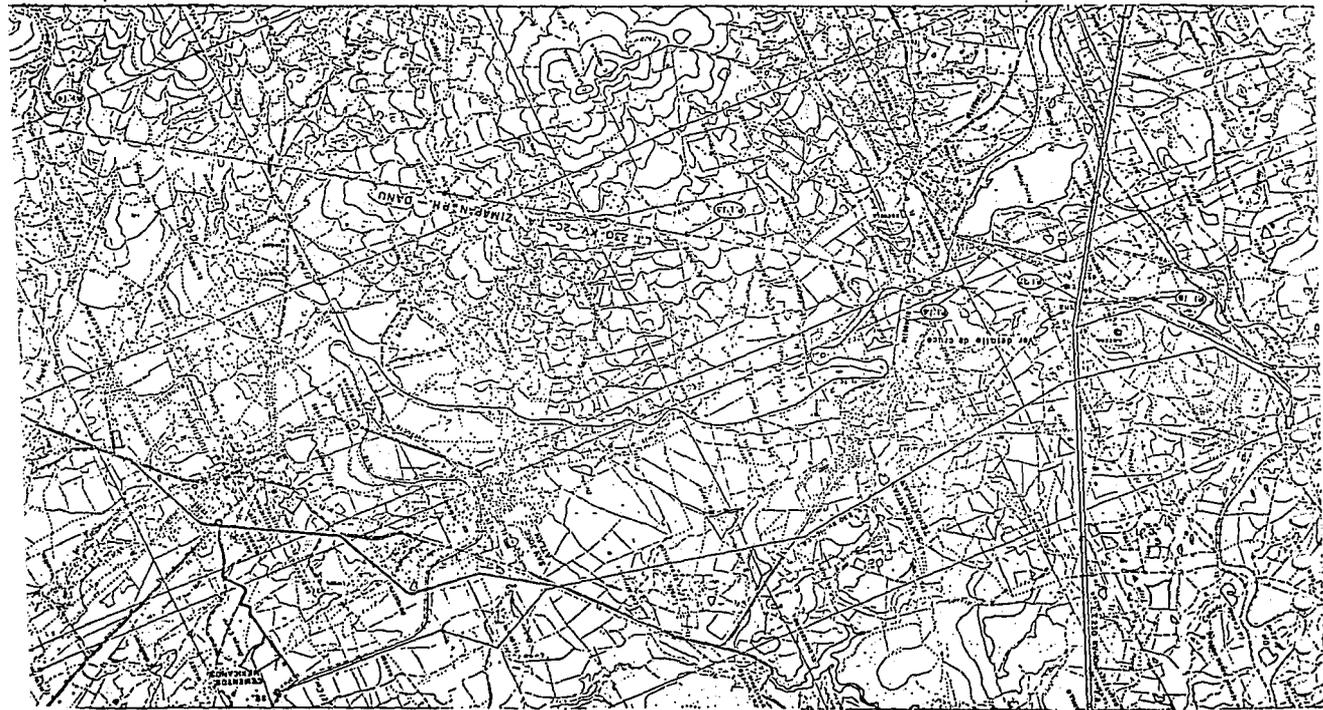


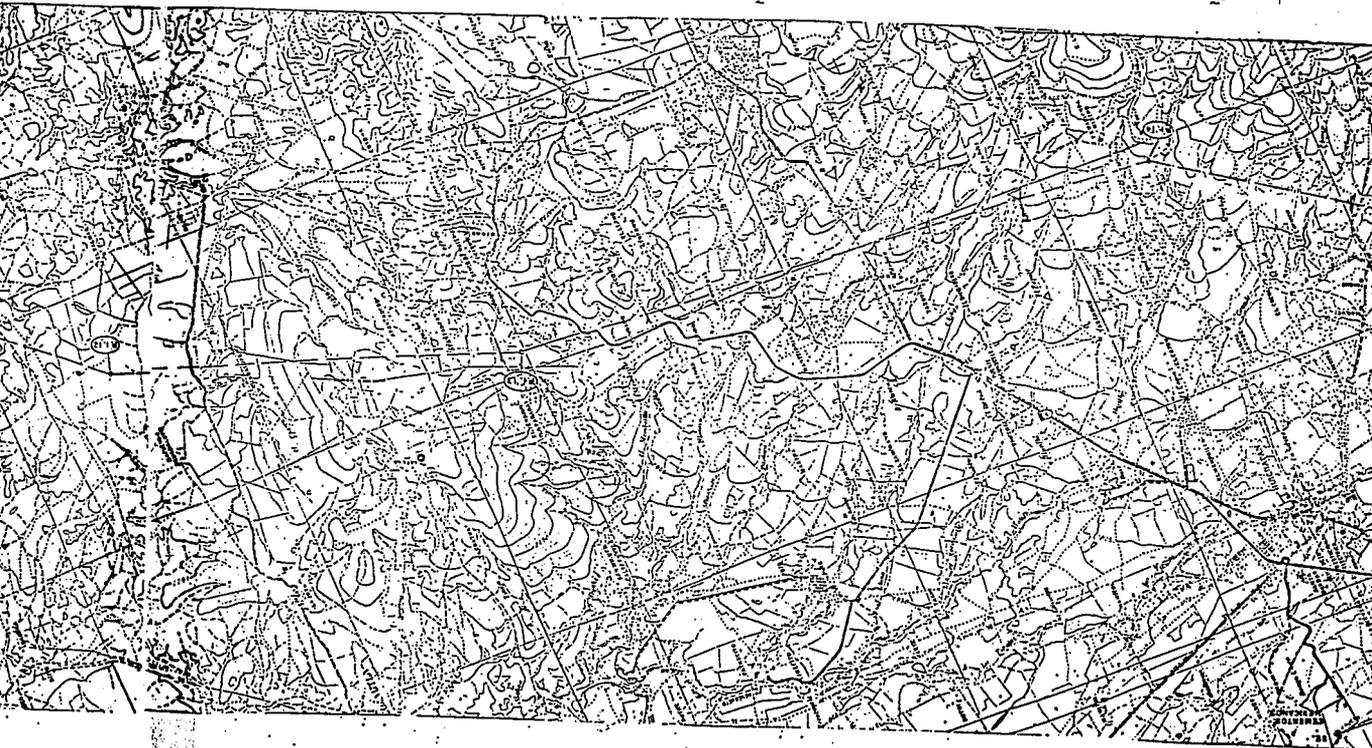
CADENAMIENTOS EN M.
 ACCIONES EN CM
 ELEVACIONES EN M.S.N.M.

OBRA DE TOMA & CONDUCCION

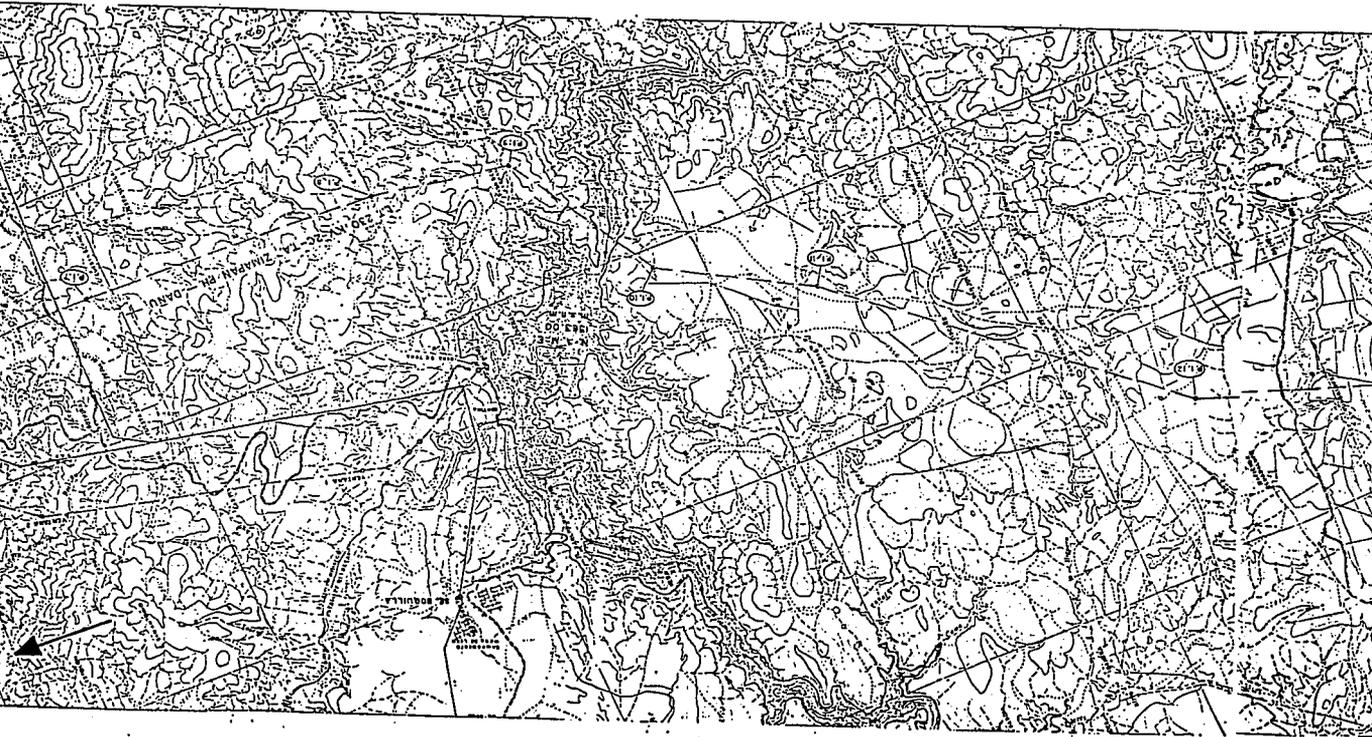
OBRA DE CONDUCCION

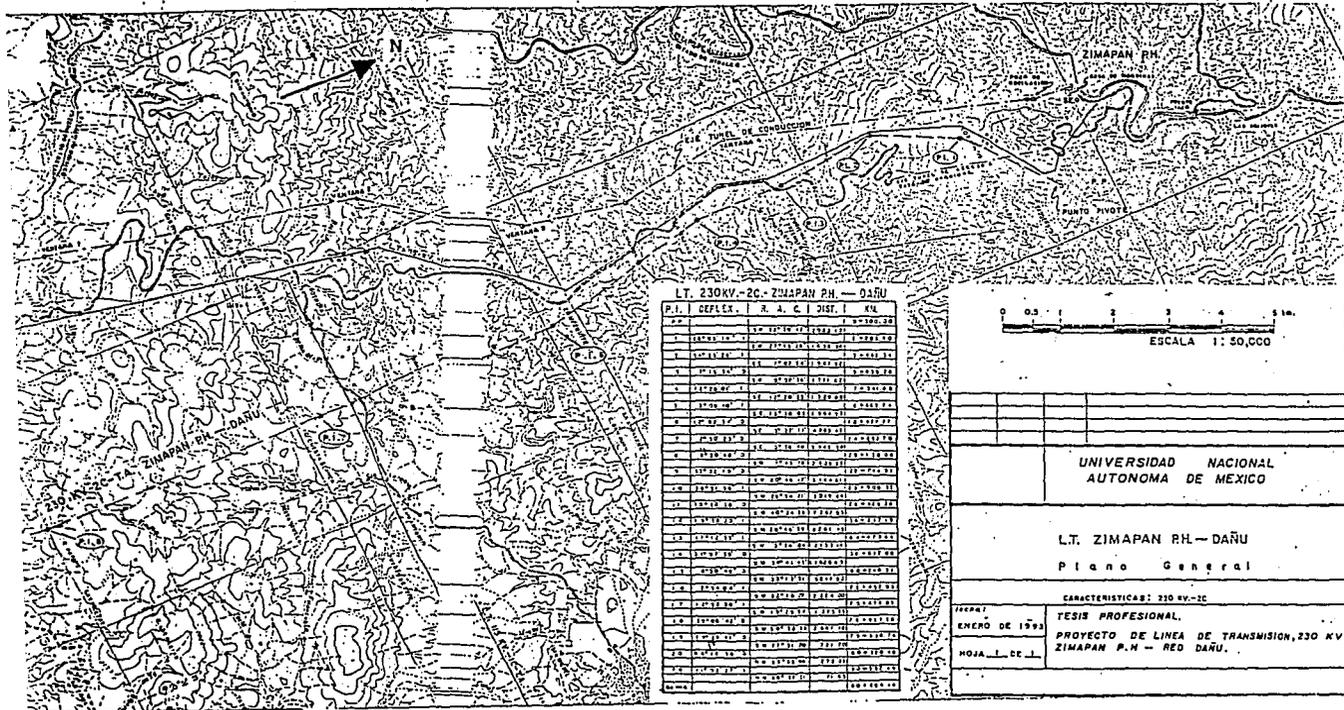






100000
100000
100000





LT. 230KV.-2C.-ZIMAPAN P.H. - DAÑU

P.I.	REFLEX.	R.	A.	C.	I.	DIST.	KM.
1	1000000	10	10	10	10	10	10
2	1000000	10	10	10	10	10	10
3	1000000	10	10	10	10	10	10
4	1000000	10	10	10	10	10	10
5	1000000	10	10	10	10	10	10
6	1000000	10	10	10	10	10	10
7	1000000	10	10	10	10	10	10
8	1000000	10	10	10	10	10	10
9	1000000	10	10	10	10	10	10
10	1000000	10	10	10	10	10	10
11	1000000	10	10	10	10	10	10
12	1000000	10	10	10	10	10	10
13	1000000	10	10	10	10	10	10
14	1000000	10	10	10	10	10	10
15	1000000	10	10	10	10	10	10
16	1000000	10	10	10	10	10	10
17	1000000	10	10	10	10	10	10
18	1000000	10	10	10	10	10	10
19	1000000	10	10	10	10	10	10
20	1000000	10	10	10	10	10	10
21	1000000	10	10	10	10	10	10
22	1000000	10	10	10	10	10	10
23	1000000	10	10	10	10	10	10
24	1000000	10	10	10	10	10	10
25	1000000	10	10	10	10	10	10
26	1000000	10	10	10	10	10	10
27	1000000	10	10	10	10	10	10
28	1000000	10	10	10	10	10	10
29	1000000	10	10	10	10	10	10
30	1000000	10	10	10	10	10	10
31	1000000	10	10	10	10	10	10
32	1000000	10	10	10	10	10	10
33	1000000	10	10	10	10	10	10
34	1000000	10	10	10	10	10	10
35	1000000	10	10	10	10	10	10
36	1000000	10	10	10	10	10	10
37	1000000	10	10	10	10	10	10
38	1000000	10	10	10	10	10	10
39	1000000	10	10	10	10	10	10
40	1000000	10	10	10	10	10	10
41	1000000	10	10	10	10	10	10
42	1000000	10	10	10	10	10	10
43	1000000	10	10	10	10	10	10
44	1000000	10	10	10	10	10	10
45	1000000	10	10	10	10	10	10
46	1000000	10	10	10	10	10	10
47	1000000	10	10	10	10	10	10
48	1000000	10	10	10	10	10	10
49	1000000	10	10	10	10	10	10
50	1000000	10	10	10	10	10	10
51	1000000	10	10	10	10	10	10
52	1000000	10	10	10	10	10	10
53	1000000	10	10	10	10	10	10
54	1000000	10	10	10	10	10	10
55	1000000	10	10	10	10	10	10
56	1000000	10	10	10	10	10	10
57	1000000	10	10	10	10	10	10
58	1000000	10	10	10	10	10	10
59	1000000	10	10	10	10	10	10
60	1000000	10	10	10	10	10	10
61	1000000	10	10	10	10	10	10
62	1000000	10	10	10	10	10	10
63	1000000	10	10	10	10	10	10
64	1000000	10	10	10	10	10	10
65	1000000	10	10	10	10	10	10
66	1000000	10	10	10	10	10	10
67	1000000	10	10	10	10	10	10
68	1000000	10	10	10	10	10	10
69	1000000	10	10	10	10	10	10
70	1000000	10	10	10	10	10	10
71	1000000	10	10	10	10	10	10
72	1000000	10	10	10	10	10	10
73	1000000	10	10	10	10	10	10
74	1000000	10	10	10	10	10	10
75	1000000	10	10	10	10	10	10
76	1000000	10	10	10	10	10	10
77	1000000	10	10	10	10	10	10
78	1000000	10	10	10	10	10	10
79	1000000	10	10	10	10	10	10
80	1000000	10	10	10	10	10	10
81	1000000	10	10	10	10	10	10
82	1000000	10	10	10	10	10	10
83	1000000	10	10	10	10	10	10
84	1000000	10	10	10	10	10	10
85	1000000	10	10	10	10	10	10
86	1000000	10	10	10	10	10	10
87	1000000	10	10	10	10	10	10
88	1000000	10	10	10	10	10	10
89	1000000	10	10	10	10	10	10
90	1000000	10	10	10	10	10	10
91	1000000	10	10	10	10	10	10
92	1000000	10	10	10	10	10	10
93	1000000	10	10	10	10	10	10
94	1000000	10	10	10	10	10	10
95	1000000	10	10	10	10	10	10
96	1000000	10	10	10	10	10	10
97	1000000	10	10	10	10	10	10
98	1000000	10	10	10	10	10	10
99	1000000	10	10	10	10	10	10
100	1000000	10	10	10	10	10	10



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

LT. ZIMAPAN P.H. - DAÑU
Plano General

CARACTERISTICAS: 230 KV.-2C
 TESIS PROFESIONAL,
 ENERO DE 1993
 PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
 ZIMAPAN P.H. - RED DAÑU.
 HOJA 1 DE 1

BIBLIOTECA GENERAL

PLANTA

COTAS

77800

77750

77500

77250

77000

76750

76500

76250

76000

77800

77750

77500

77250

77000

76750

76500

76250

76000

No. DE ESTACION Y KLOMETRAJE		5-1 0+120.111	5-2 0+200.12	5-3 0+310.161	5-4 0+420.188	5-5 0+530.215	5-6 0+640.242	5-7 0+750.269	5-8 0+860.296	5-9 0+970.323	5-10 0+1080.350	5-11 0+1190.377	5-12 0+1300.404	5-13 0+1410.431	5-14 0+1520.458	5-15 0+1630.485	5-16 0+1740.512	5-17 0+1850.539	5-18 0+1960.566	5-19 0+2070.593	5-20 0+2180.620	5-21 0+2290.647	5-22 0+2400.674	5-23 0+2510.701	5-24 0+2620.728	5-25 0+2730.755	5-26 0+2840.782	5-27 0+2950.809	5-28 0+3060.836	5-29 0+3170.863	5-30 0+3280.890	5-31 0+3390.917	5-32 0+3500.944	5-33 0+3610.971	5-34 0+3720.998	5-35 0+3830.025	5-36 0+3940.052	5-37 0+4050.079	5-38 0+4160.106	5-39 0+4270.133	5-40 0+4380.160	5-41 0+4490.187	5-42 0+4600.214	5-43 0+4710.241	5-44 0+4820.268	5-45 0+4930.295	5-46 0+5040.322	5-47 0+5150.349	5-48 0+5260.376	5-49 0+5370.403	5-50 0+5480.430	5-51 0+5590.457	5-52 0+5700.484	5-53 0+5810.511	5-54 0+5920.538	5-55 0+6030.565	5-56 0+6140.592	5-57 0+6250.619	5-58 0+6360.646	5-59 0+6470.673	5-60 0+6580.700	5-61 0+6690.727	5-62 0+6800.754	5-63 0+6910.781	5-64 0+7020.808	5-65 0+7130.835	5-66 0+7240.862	5-67 0+7350.889	5-68 0+7460.916	5-69 0+7570.943	5-70 0+7680.970	5-71 0+7790.997	5-72 0+7900.024	5-73 0+8010.051	5-74 0+8120.078	5-75 0+8230.105	5-76 0+8340.132	5-77 0+8450.159	5-78 0+8560.186	5-79 0+8670.213	5-80 0+8780.240	5-81 0+8890.267	5-82 0+9000.294	5-83 0+9110.321	5-84 0+9220.348	5-85 0+9330.375	5-86 0+9440.402	5-87 0+9550.429	5-88 0+9660.456	5-89 0+9770.483	5-90 0+9880.510	5-91 0+9990.537	5-92 0+1010.564	5-93 0+1020.591	5-94 0+1030.618	5-95 0+1040.645	5-96 0+1050.672	5-97 0+1060.699	5-98 0+1070.726	5-99 0+1080.753	5-100 0+1090.780	5-101 0+1100.807	5-102 0+1110.834	5-103 0+1120.861	5-104 0+1130.888	5-105 0+1140.915	5-106 0+1150.942	5-107 0+1160.969	5-108 0+1170.996	5-109 0+1180.023	5-110 0+1190.050	5-111 0+1200.077	5-112 0+1210.104	5-113 0+1220.131	5-114 0+1230.158	5-115 0+1240.185	5-116 0+1250.212	5-117 0+1260.239	5-118 0+1270.266	5-119 0+1280.293	5-120 0+1290.320	5-121 0+1300.347	5-122 0+1310.374	5-123 0+1320.401	5-124 0+1330.428	5-125 0+1340.455	5-126 0+1350.482	5-127 0+1360.509	5-128 0+1370.536	5-129 0+1380.563	5-130 0+1390.590	5-131 0+1400.617	5-132 0+1410.644	5-133 0+1420.671	5-134 0+1430.698	5-135 0+1440.725	5-136 0+1450.752	5-137 0+1460.779	5-138 0+1470.806	5-139 0+1480.833	5-140 0+1490.860	5-141 0+1500.887	5-142 0+1510.914	5-143 0+1520.941	5-144 0+1530.968	5-145 0+1540.995	5-146 0+1550.022	5-147 0+1560.049	5-148 0+1570.076	5-149 0+1580.103	5-150 0+1590.130	5-151 0+1600.157	5-152 0+1610.184	5-153 0+1620.211	5-154 0+1630.238	5-155 0+1640.265	5-156 0+1650.292	5-157 0+1660.319	5-158 0+1670.346	5-159 0+1680.373	5-160 0+1690.400	5-161 0+1700.427	5-162 0+1710.454	5-163 0+1720.481	5-164 0+1730.508	5-165 0+1740.535	5-166 0+1750.562	5-167 0+1760.589	5-168 0+1770.616	5-169 0+1780.643	5-170 0+1790.670	5-171 0+1800.697	5-172 0+1810.724	5-173 0+1820.751	5-174 0+1830.778	5-175 0+1840.805	5-176 0+1850.832	5-177 0+1860.859	5-178 0+1870.886	5-179 0+1880.913	5-180 0+1890.940	5-181 0+1900.967	5-182 0+1910.994	5-183 0+1920.021	5-184 0+1930.048	5-185 0+1940.075	5-186 0+1950.102	5-187 0+1960.129	5-188 0+1970.156	5-189 0+1980.183	5-190 0+1990.210	5-191 0+2000.237	5-192 0+2010.264	5-193 0+2020.291	5-194 0+2030.318	5-195 0+2040.345	5-196 0+2050.372	5-197 0+2060.399	5-198 0+2070.426	5-199 0+2080.453	5-200 0+2090.480	5-201 0+2100.507	5-202 0+2110.534	5-203 0+2120.561	5-204 0+2130.588	5-205 0+2140.615	5-206 0+2150.642	5-207 0+2160.669	5-208 0+2170.696	5-209 0+2180.723	5-210 0+2190.750	5-211 0+2200.777	5-212 0+2210.804	5-213 0+2220.831	5-214 0+2230.858	5-215 0+2240.885	5-216 0+2250.912	5-217 0+2260.939	5-218 0+2270.966	5-219 0+2280.993	5-220 0+2290.020	5-221 0+2300.047	5-222 0+2310.074	5-223 0+2320.101	5-224 0+2330.128	5-225 0+2340.155	5-226 0+2350.182	5-227 0+2360.209	5-228 0+2370.236	5-229 0+2380.263	5-230 0+2390.290	5-231 0+2400.317	5-232 0+2410.344	5-233 0+2420.371	5-234 0+2430.398	5-235 0+2440.425	5-236 0+2450.452	5-237 0+2460.479	5-238 0+2470.506	5-239 0+2480.533	5-240 0+2490.560	5-241 0+2500.587	5-242 0+2510.614	5-243 0+2520.641	5-244 0+2530.668	5-245 0+2540.695	5-246 0+2550.722	5-247 0+2560.749	5-248 0+2570.776	5-249 0+2580.803	5-250 0+2590.830	5-251 0+2600.857	5-252 0+2610.884	5-253 0+2620.911	5-254 0+2630.938	5-255 0+2640.965	5-256 0+2650.992	5-257 0+2660.019	5-258 0+2670.046	5-259 0+2680.073	5-260 0+2690.100	5-261 0+2700.127	5-262 0+2710.154	5-263 0+2720.181	5-264 0+2730.208	5-265 0+2740.235	5-266 0+2750.262	5-267 0+2760.289	5-268 0+2770.316	5-269 0+2780.343	5-270 0+2790.370	5-271 0+2800.397	5-272 0+2810.424	5-273 0+2820.451	5-274 0+2830.478	5-275 0+2840.505	5-276 0+2850.532	5-277 0+2860.559	5-278 0+2870.586	5-279 0+2880.613	5-280 0+2890.640	5-281 0+2900.667	5-282 0+2910.694	5-283 0+2920.721	5-284 0+2930.748	5-285 0+2940.775	5-286 0+2950.802	5-287 0+2960.829	5-288 0+2970.856	5-289 0+2980.883	5-290 0+2990.910	5-291 0+3000.937	5-292 0+3010.964	5-293 0+3020.991	5-294 0+3030.018	5-295 0+3040.045	5-296 0+3050.072	5-297 0+3060.099	5-298 0+3070.126	5-299 0+3080.153	5-300 0+3090.180	5-301 0+3100.207	5-302 0+3110.234	5-303 0+3120.261	5-304 0+3130.288	5-305 0+3140.315	5-306 0+3150.342	5-307 0+3160.369	5-308 0+3170.396	5-309 0+3180.423	5-310 0+3190.450	5-311 0+3200.477	5-312 0+3210.504	5-313 0+3220.531	5-314 0+3230.558	5-315 0+3240.585	5-316 0+3250.612	5-317 0+3260.639	5-318 0+3270.666	5-319 0+3280.693	5-320 0+3290.720	5-321 0+3300.747	5-322 0+3310.774	5-323 0+3320.801	5-324 0+3330.828	5-325 0+3340.855	5-326 0+3350.882	5-327 0+3360.909	5-328 0+3370.936	5-329 0+3380.963	5-330 0+3390.990	5-331 0+3400.017	5-332 0+3410.044	5-333 0+3420.071	5-334 0+3430.098	5-335 0+3440.125	5-336 0+3450.152	5-337 0+3460.179	5-338 0+3470.206	5-339 0+3480.233	5-340 0+3490.260	5-341 0+3500.287	5-342 0+3510.314	5-343 0+3520.341	5-344 0+3530.368	5-345 0+3540.395	5-346 0+3550.422	5-347 0+3560.449	5-348 0+3570.476	5-349 0+3580.503	5-350 0+3590.530	5-351 0+3600.557	5-352 0+3610.584	5-353 0+3620.611	5-354 0+3630.638	5-355 0+3640.665	5-356 0+3650.692	5-357 0+3660.719	5-358 0+3670.746	5-359 0+3680.773	5-360 0+3690.800	5-361 0+3700.827	5-362 0+3710.854	5-363 0+3720.881	5-364 0+3730.908	5-365 0+3740.935	5-366 0+3750.962	5-367 0+3760.989	5-368 0+3770.016	5-369 0+3780.043	5-370 0+3790.070	5-371 0+3800.097	5-372 0+3810.124	5-373 0+3820.151	5-374 0+3830.178	5-375 0+3840.205	5-376 0+3850.232	5-377 0+3860.259	5-378 0+3870.286	5-379 0+3880.313	5-380 0+3890.340	5-381 0+3900.367	5-382 0+3910.394	5-383 0+3920.421	5-384 0+3930.448	5-385 0+3940.475	5-386 0+3950.502	5-387 0+3960.529	5-388 0+3970.556	5-389 0+3980.583	5-390 0+3990.610	5-391 0+4000.637	5-392 0+4010.664	5-393 0+4020.691	5-394 0+4030.718	5-395 0+4040.745	5-396 0+4050.772	5-397 0+4060.799	5-398 0+4070.826	5-399 0+4080.853	5-400 0+4090.880	5-401 0+4100.907	5-402 0+4110.934	5-403 0+4120.961	5-404 0+4130.988	5-405 0+4140.015	5-406 0+4150.042	5-407 0+4160.069	5-408 0+4170.096	5-409 0+4180.123	5-410 0+4190.150	5-411 0+4200.177	5-412 0+4210.204	5-413 0+4220.231	5-414 0+4230.258	5-415 0+4240.285	5-416 0+4250.312	5-417 0+4260.339	5-418 0+4270.366	5-419 0+4280.393	5-420 0+4290.420	5-421 0+4300.447	5-422 0+4310.474	5-423 0+4320.501	5-424 0+4330.528	5-425 0+4340.555	5-426 0+4350.582	5-427 0+4360.609	5-428 0+4370.636	5-429 0+4380.663	5-430 0+4390.690	5-431 0+4400.717	5-432 0+4410.744	5-433 0+4420.771	5-434 0+4430.798	5-435 0+4440.825	5-436 0+4450.852	5-437 0+4460.879	5-438 0+4470.906	5-439 0+4480.933	5-440 0+4490.960	5-441 0+4500.987	5-442 0+4510.014	5-443 0+4520.041	5-444 0+4530.068	5-445 0+4540.095	5-446 0+4550.122	5-447 0+4560.149	5-448 0+4570.176	5-449 0+4580.203	5-450 0+4590.230	5-451 0+4600.257	5-452 0+4610.284	5-453 0+4620.311	5-454 0+4630.338	5-455 0+4640.365	5-456 0+4650.392	5-457 0+4660.419	5-458 0+4670.446	5-459 0+4680.473	5-460 0+4690.500	5-461 0+4700.527	5-462 0+4710.554	5-463 0+4720.581	5-464 0+4730.608	5-465 0+4740.635	5-466 0+4750.662	5-467 0+4760.689	5-468 0+4770.716	5-469 0+4780.743	5-470 0+4790.770	5-471 0+4800.797	5-472 0+4810.824	5-473 0+4820.851	5-474 0+4830.878	5-475 0+4840.905	5-476 0+4850.932	5-477 0+4860.959	5-478 0+4870.986	5-479 0+4880.013	5-480 0+4890.040	5-481 0+4900.067	5-482 0+4910.094	5-483 0+4920.121	5-484 0+4930.148	5-485 0+4940.175	5-486 0+4950.202	5-487 0+4960.229	5-488 0+4970.256	5-489 0+4980.283	5-490 0+4990.310	5-491 0+5000.337	5-492 0+5010.364	5-493 0+5020.391	5-494 0+5030.418	5-495 0+5040.445	5-496 0+5050.472	5-497 0+5060.499	5-498 0+5070.526	5-499 0+5080.553	5-500 0+5090.580	5-501 0+5100.607	5-502 0+5110.634	5-503 0+5120.661	5-504 0+5130.688	5-505 0+5140.715	5-
------------------------------	--	------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DAÑU

ESCALAS.

VERTICAL 1:500
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS

SIMBOLOGIA

	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	BRECHA
	CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
	VIA DE FERROCARRIL
	EL—EL— LINEA DE TRANSMISION
	el—el— LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
	TG—TG— LINEA DE TELEGRAFOS
	TL—TL— LINEA DE TELEFONOS
	○—○— CONDUCTO SUPERFICIAL
	○- - -○ CONDUCTO SUBTERRANEO
	ARROYO PERMANENTE
	ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE
ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL
LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.

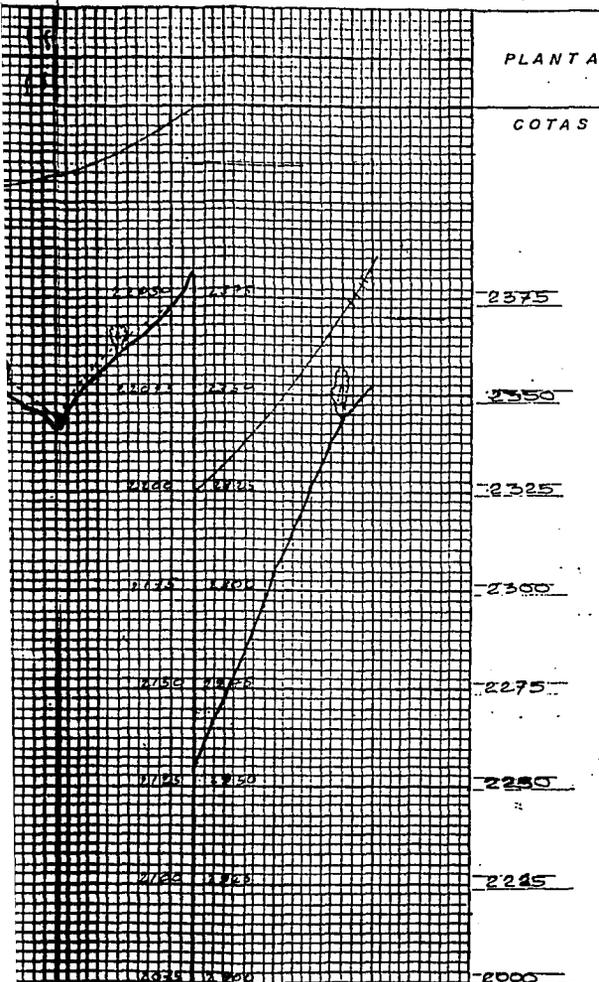
DIBUJO.

CALCULO.

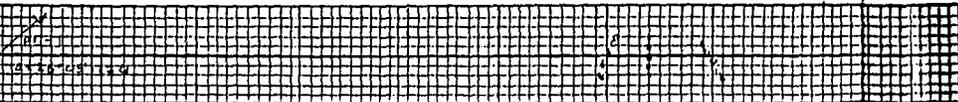
1/41

S.G.M

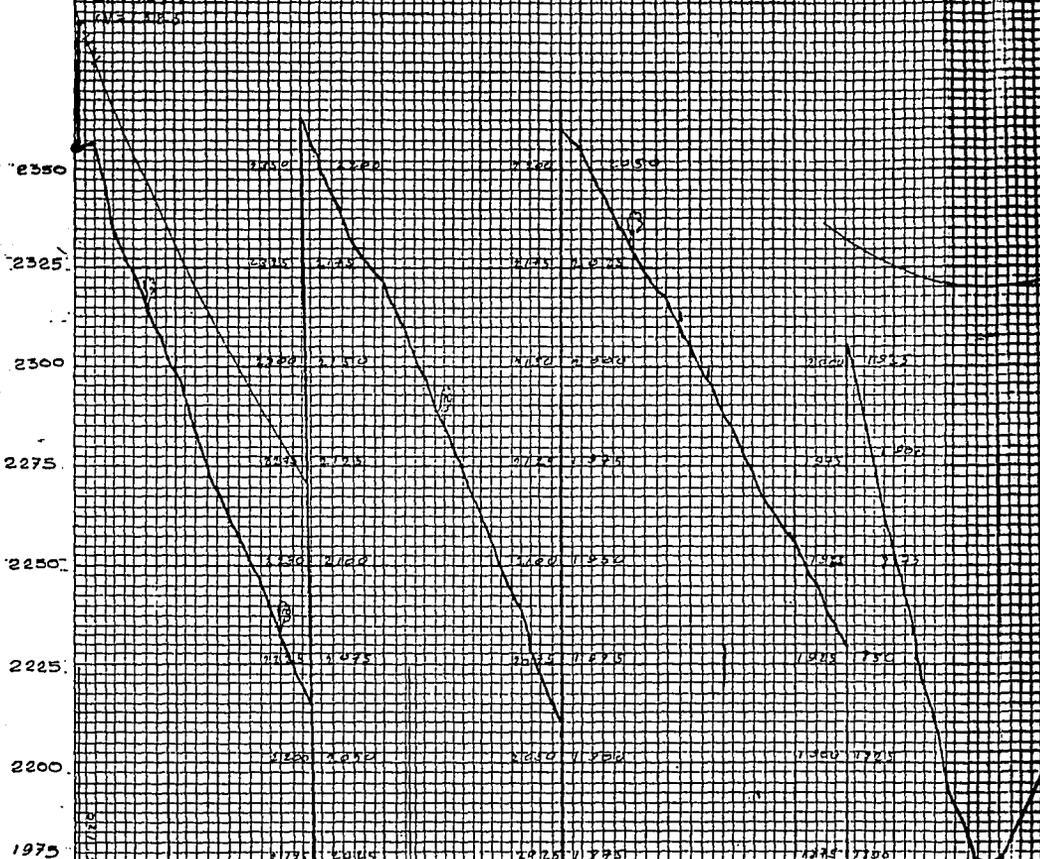
S.G.M



PLANTA



COTAS



ELEVACION PT. 14216" ELEV. 10 10	E-10 2170111	E-11 2132111	E-1000
NO. DE ESTACION Y KILOMETRAJE			
No. Y KILOMETRO DE TORRE	10, KM 21003.40		
TIPO	4W2+10		
CLARO(m)			

1658.94



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DANU

ESCALAS.

VERTICAL 1:500
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS.

SIMBOLOGIA

	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	BRECHA
	CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
	VIA DE FERROCARRIL
	LINEA DE TRANSMISION
	LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
	LINEA DE TELEGRAFOS
	LINEA DE TELEFONOS
	CONDUCTO SUPERFICIAL
	CONDUCTO SUBTERRANEO
	ARROYO PERMANENTE
	ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE
ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL
LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.

2/41

DIBUJO.

S. G. M

CALCULO.

S. G. M

PLANTA

GOTAS.

2150

2125

2100

2075

2050

2025

2000

1975

Nr. DE
ESTACION Y
KILOMETRAJE

12 34840

Nr. Y
KILOMETRO
DE TORRE

2x2+8

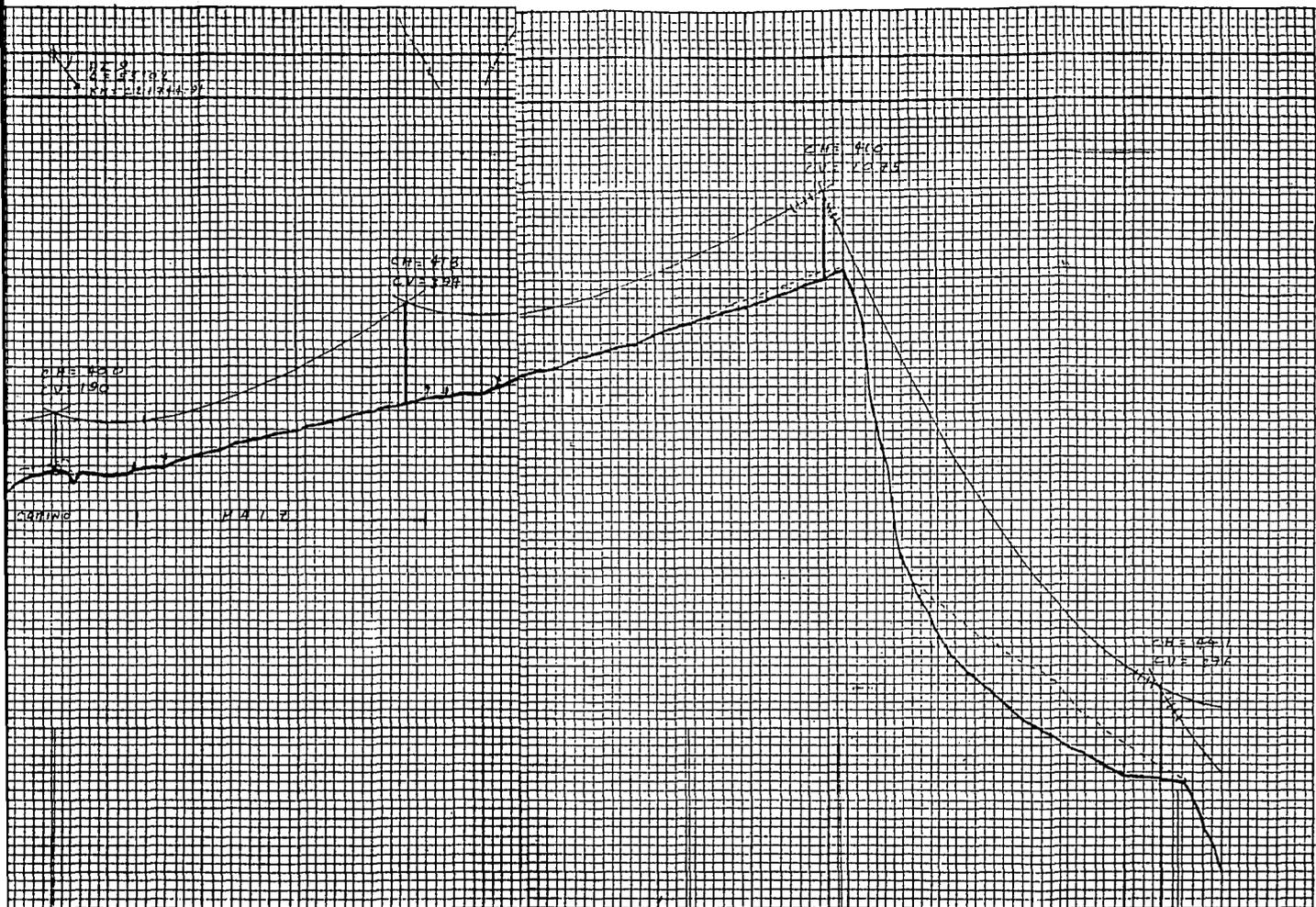
TIPO

200

CLARO (m)

PLANTA

COTAS



1900
7875
7850
1825
7800
1775
7750
1725

PE-9 4-55' of 282 22+94.91	23+000		E-10 23+434.42	23+500		E-12 23+961.3	24+000
52 22+744.91		53 23+120			54 23+580		55 23+940
4W2-5		2B2+4			4W2+5		2B2+8
	375.09		460			360	
							No DE ESTACION Y KILOMETRAJE
							No. Y KILOMETRO DE TORRE
							TIPO
							CLARO (m)

MARKER



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DAÑO

ESCALAS.

VERTICAL 1:500
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS

SIMBOLOGIA

	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	BRECHA
	CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
	VIA DE FERROCARRIL
	LINEA DE TRANSMISION
	LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
	LINEA DE TELEGRAFOS
	LINEA DE TELEFONOS
	CONDUCTO SUPERFICIAL
	CONDUCTO SUBTERRANEO
	ARROYO PERMANENTE
	ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE
ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL
LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.	DIBUJO.	CALCULO.
12/41	S.G.M	S.G.M

PLANTA

COTAS

1900

1875

1850

1825

1800

1775

1750

1725

LINEA DE
DISTRIBUCION

No DE
ESTACION Y
KILOMETRAJE

No. Y
KILOMETRO
DE TORRE

TIPO
CLARO(m)

24+000

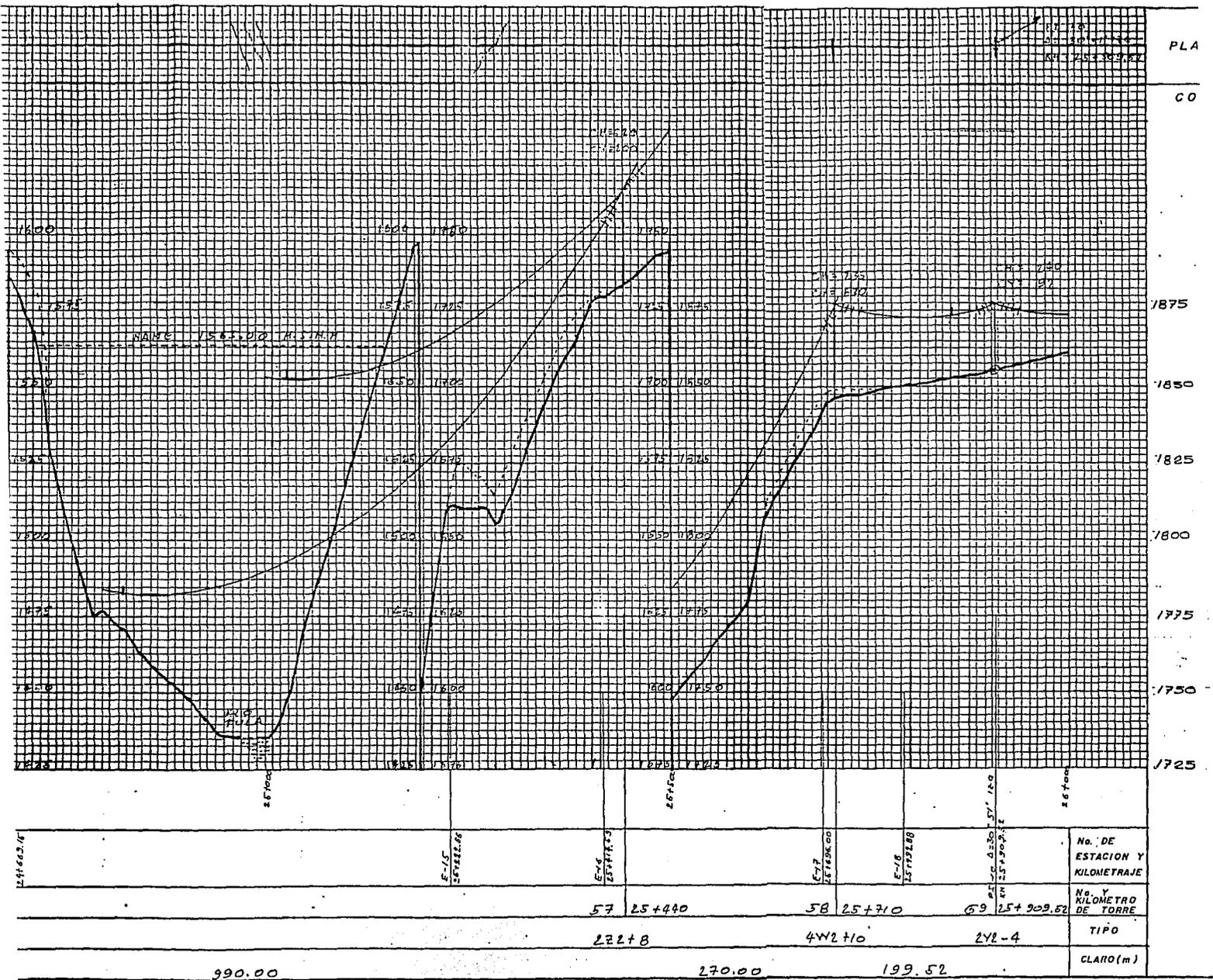
23+940

2B2+B

360

3+580

+5





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DAÑU

ESCALAS.

VERTICAL 1:500
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS

SIMBOLOGIA

- ==== CARRETERA PAVIMENTADA
- CAMINO DE TERRACERIA
- - - - BRECHA
- *-*-*- CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
- +++++ VIA DE FERROCARRIL
- EL — EL — LINEA DE TRANSMISION
- el — el — LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
- TG — TG — LINEA DE TELEGRAFOS
- TL — TL — LINEA DE TELEFONOS
- — ○ — ○ CONDUCTO SUPERFICIAL
- — ○ — ○ CONDUCTO SUBTERRAÑO
- ~~~~~ ARROYO PERMANENTE
- - - - - ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE
ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL
LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.	DIBUJO.	CALCULO.
13/41	S. G. M	S. G. M

PLANTA

COTAS

1875

1850

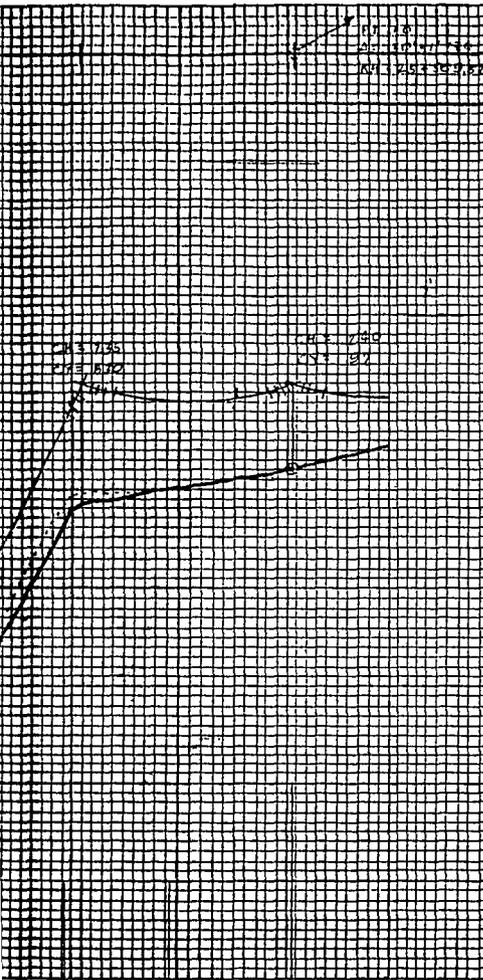
1825

1800

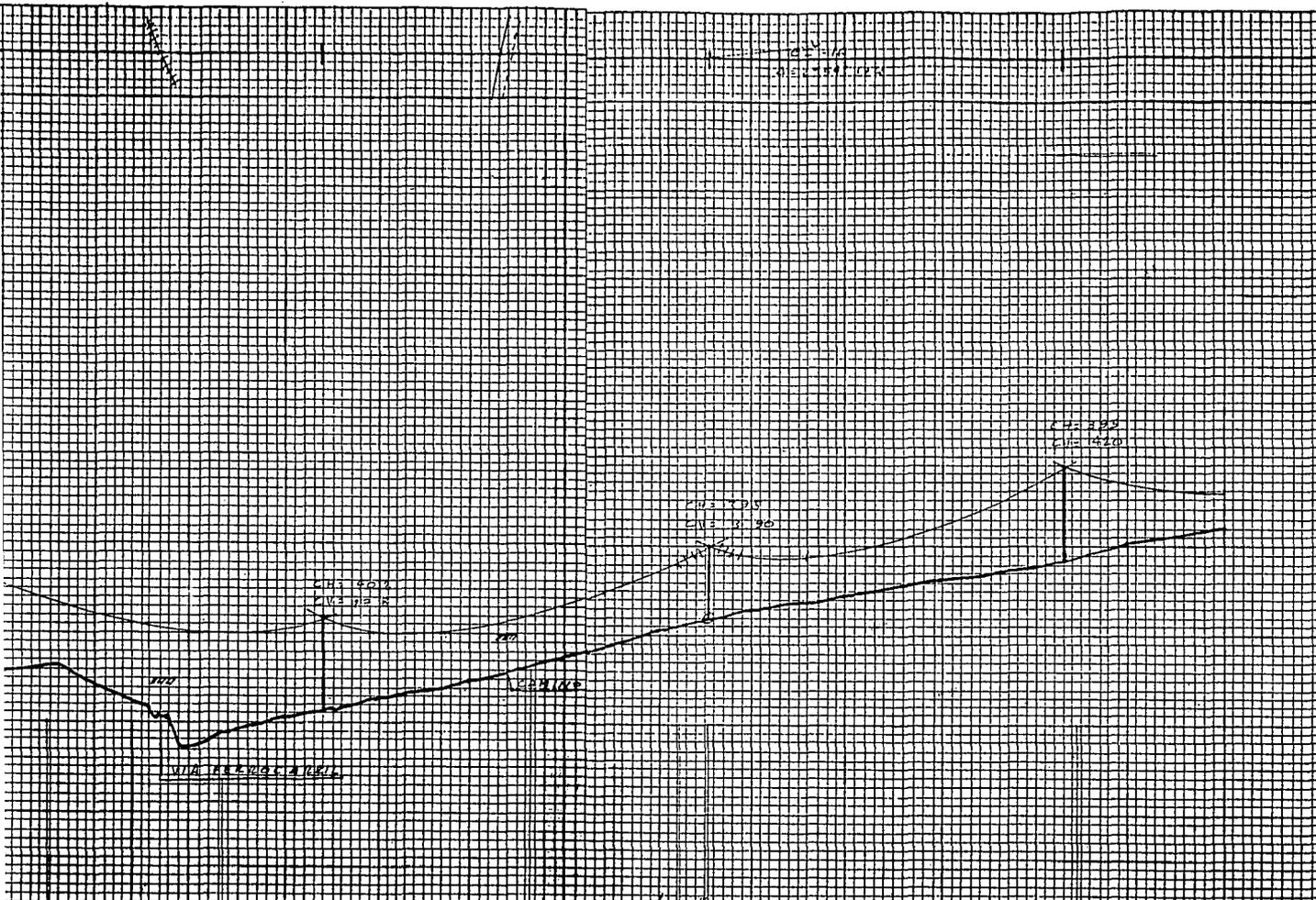
1775

1750

1725



58	25+70	59	25+90.52	No. DE ESTACION Y KILOMETRAJE
4W2110	2Y2-4			No. Y KILOMETRO DE TORRE
				TIPO
				CLARO (m)
199.52				



E-25 72+746.02	E-26 72+642.17	E-27 72+344.48	73+000	E-28 73+256.42	E-29 73+444.10	PI-164 73+452.03	E-30 73+650.04	E-31 73+647.73	74+000
50	178	73+040		179	73+452.03		180	73+840	
282+4		2X2+0		281+4					
390		412.03		377.97		420			
									No. DE ESTACION Y KILOMETRAJE
									No. Y KILOMETRO DE TORRE
									TIPO
									CLARO(m)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.



TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DANU.

ESCALAS.

VERTICAL 1:500
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS

SIMBOLOGIA.

	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	BRECHA
	CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
	VIA DE FERROCARRIL
	LINEA DE TRANSMISION
	LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
	LINEA DE TELEGRAFOS
	LINEA DE TELEFONOS
	CONDUCTO SUPERFICIAL
	CONDUCTO SUBTERRANEO
	ARROYO PERMANENTE
	ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE
ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL
LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.

37/41

DIBUJO.

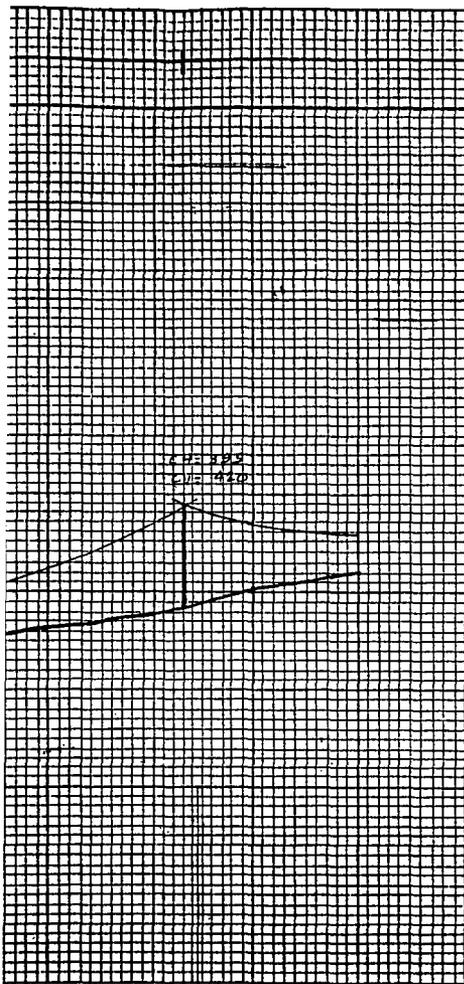
S. G. M

CALCULO.

S. G. M

PLANTA

COTAS



2400

2375

2350

2325

2300

2275

74100

No. DE
ESTACION Y
KILOMETRAJE

No. Y
KILOMETRO
DE TORRE

TIPO

CLARO (m)

180 73+840

282+4

420

97

PLANTA

COTAS

2500

2475

2450

2425

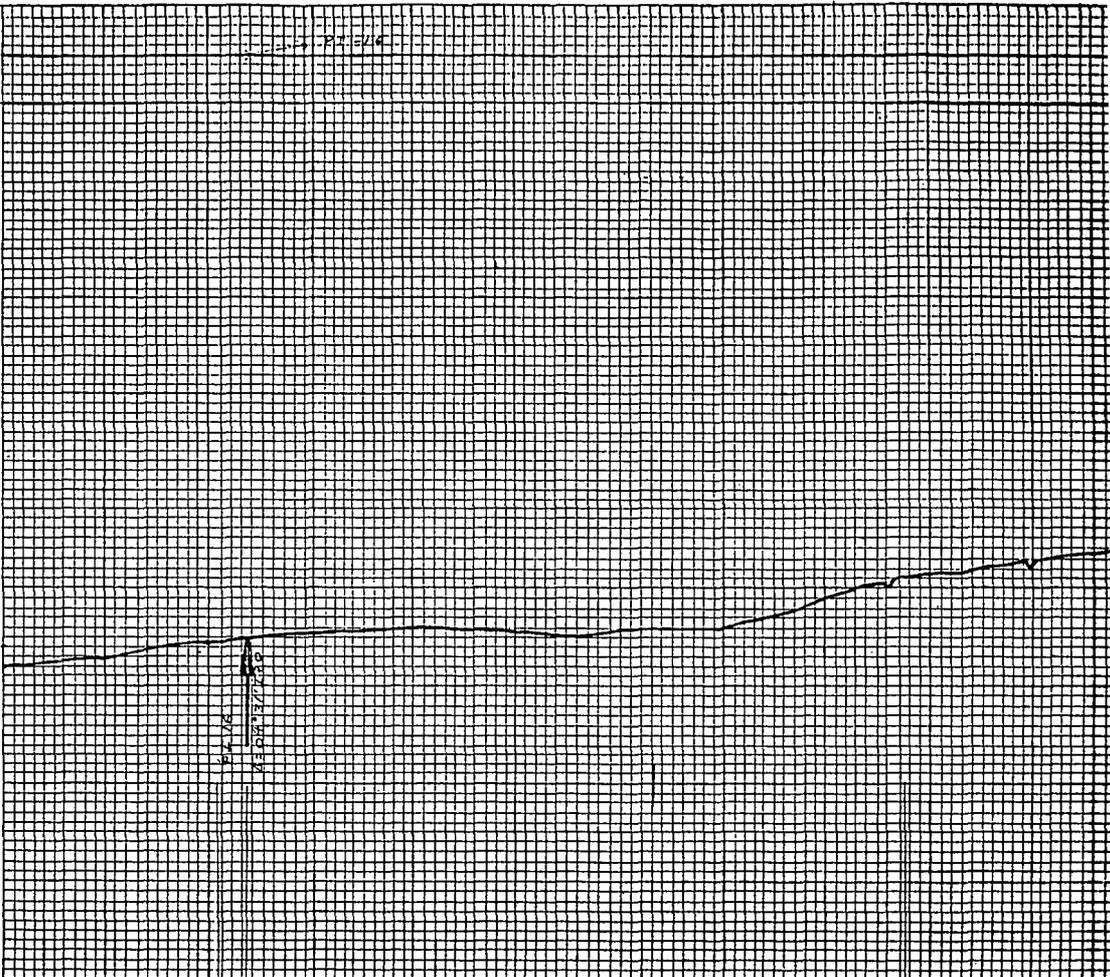
2400

2375

2350

2325

2300



		741000		741500		751000
No. DE ESTACION Y KLOMETRAJE		E-3 74+20.16		E-4 74+42.45		E-5 74+87.92
No. Y KLOMETRO DE TORRE						
TIPO						
CLARO (m)						

APP TOLERA
ART TOLERA

PLANTA

COTAS

2500

2475

2450

2425

2400

2375

2350

2325

2300

GH=22.36
GV=290

GH=20.0
GV=285

GH=21.72
GV=272

GH=22.36
GV=280

TOLERA	
AREA	ADERIVADA
7155	7214
Km 75+230.41	Km 86+231.0

TRAZO CIRCUITO DERECHO

<p>PI 165 B Δ=08°08' DER 754000</p>	<p>PI 166 C Δ=08°11' DER 754000</p>	<p>PI 177 Δ=18°10' DER 764000</p>	<p>PI 178 GUS Δ=06°51' DER 764000</p>
---	---	---	---

Nº DE ESTACION Y KILOMETRAJE

Nº Y KILOMETRO DE TORRE

TIPO

CLARO(m)

184 75+280 185 75+492.17 188 75+681.68 189 75+920

2R2-4 2X1-8 2Y1-8 2R2+0

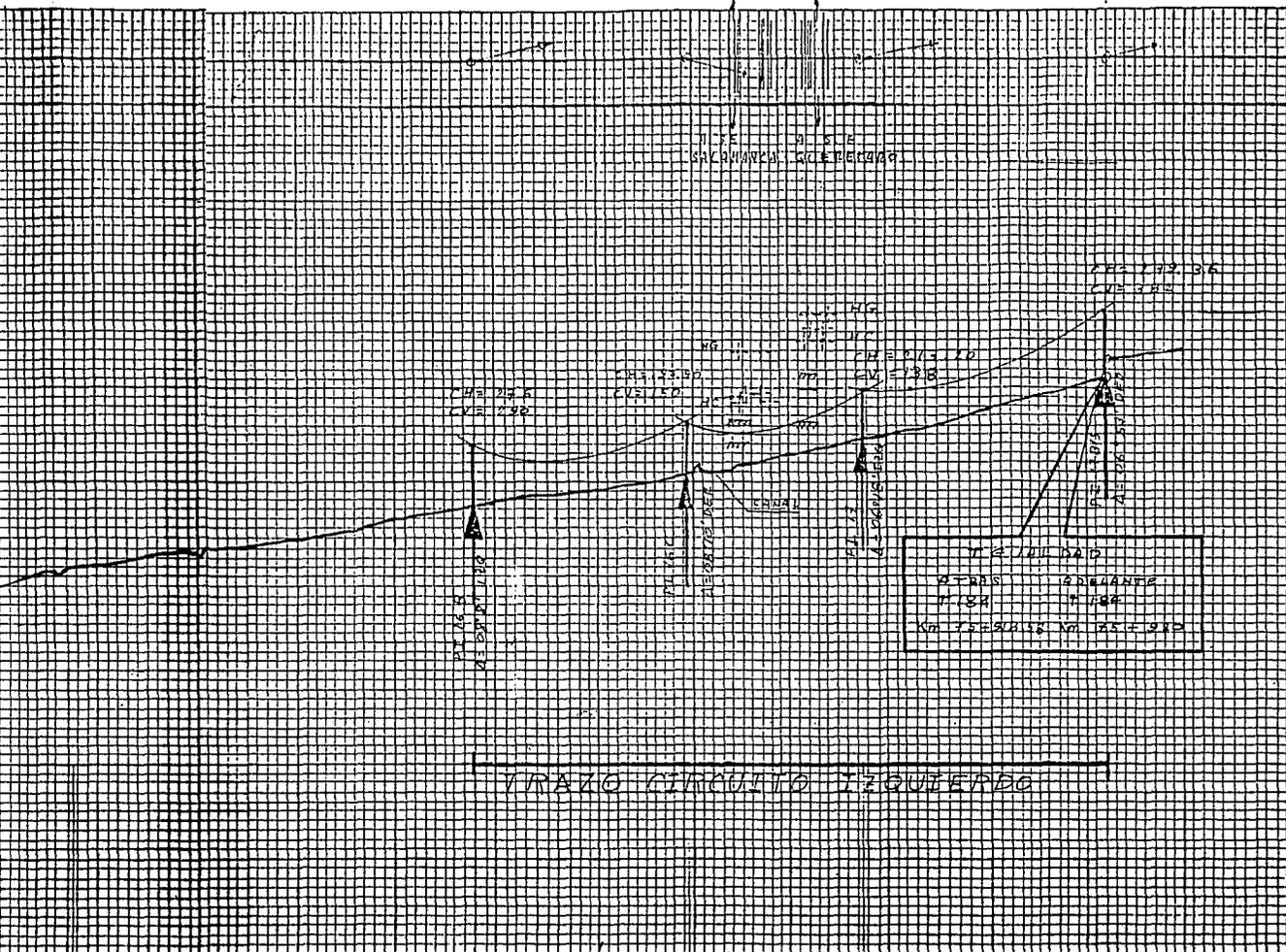
←340 212.18 189.51 248.72

A.P.T TULA A.P.T TULA

PLANTA

COTAS

2500
2475
2450
2425
2400
2375
2350
2325
2300



VIRAJE CIRCULO IZQUIERDO
 METROS ANTES
 184 184
 KM 75+280.00 KM 75+920.00

VIRAJE CIRCULO IZQUIERDO

6.5 P4181E2	754000	PI 16 $\Delta=06^{\circ}53'$ IZQ	PI 16C $\Delta=06^{\circ}53'$ DEJ	PI 17 $\Delta=06^{\circ}53'$ IZQ	PI 17B $\Delta=06^{\circ}53'$ DEJ	761000	Nº. DE ESTACION Y KILOMETRAJE	
	184	75+280	186	75+492.18	187	75+675.80	189	75+920
		2R2-4	2X1-B	2X1-B		2R2+0		
	←340	212.19	183.61		242.79			
								CLARO(m)

L
M
A
T
P
Z
PE
PR
ES
LO
PE
PL
38

A RT TULA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION, 230 KV
ZIMAPAN P.H - RED DANU

ESCALAS.

VERTICAL 1:500.
HORIZONTAL 1:2000

PERFIL LATERAL A 16 METROS

SIMBOLOGIA

- CARRETERA PAVIMENTADA
- CAMINO DE TERRAGERIA
- BRECHA
- CERCAS, BARDAS Y DIVISIONES
- VIA DE FERROCARRIL
- EL-EL LINEA DE TRANSMISION
- el-el LINEA DE DISTRIBUCION (menores de 115 KV)
- TG-TG LINEA DE TELEGRAFOS
- TL-TL LINEA DE TELEFONOS
- O-O CONDUCTO SUPERFICIAL
- O-O CONDUCTO SUBTERRANEO
- ARROYO PERMANENTE
- ARROYO INTERMITENTE

PROYECTO DE LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS SOBRE PERFIL LONGITUDINAL.

PERFIL, PLANTA Y PROYECTO

PLANO.	DIBUJO.	CALCULO.
38/41 IZQ	S.G.M	S.G.M

PLANTA

COTAS

2500

2475

2450

2425

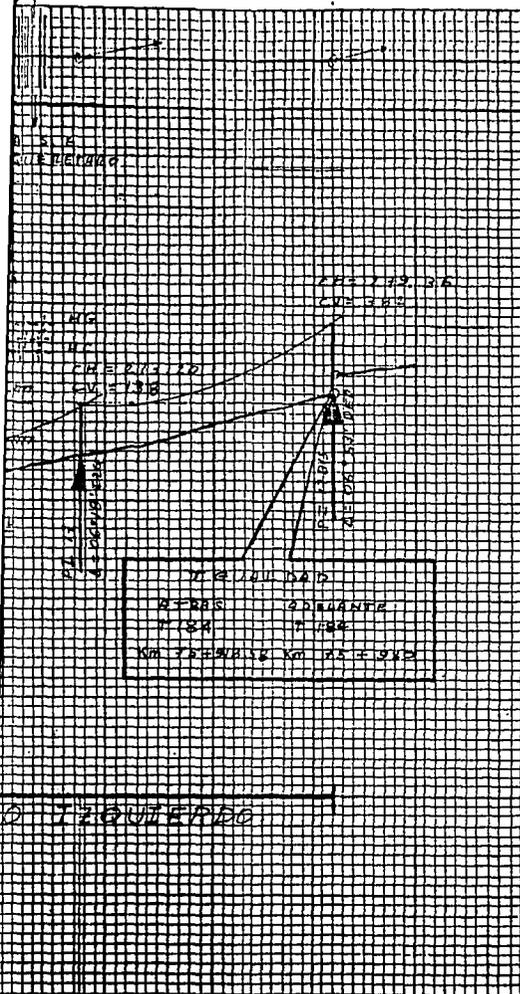
2400

2375

2350

2325

2300



PI 17 2505+18	PI 17.615 2506+33	DER 761000
18 187 75+675.80	189 75+920	No. Y KILOMETRO DE TORRE
2X1-B	2R2+0	TIPO
3.61	242.79	CLARO(m)

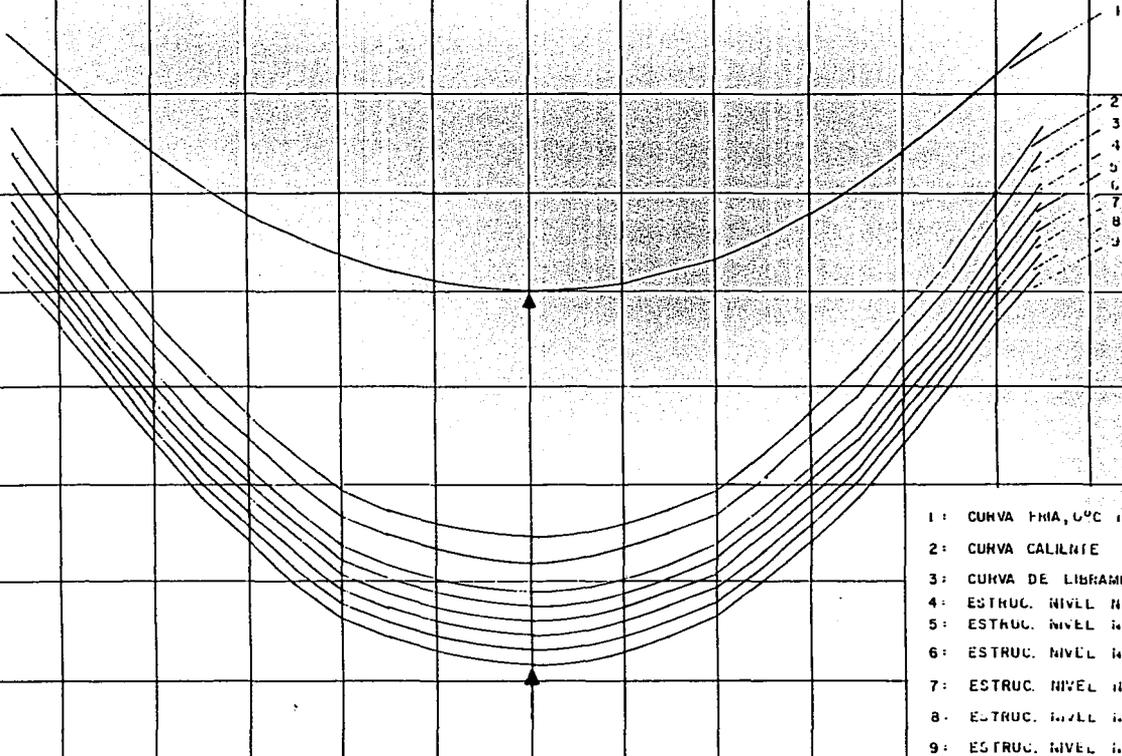
L.T. ZIMAPAN P.H - DANU , 230 KV , 2 CIRC.

CONDUCTOR 500 MCM CANARY

PARAMETRO A 50°C. 1433.55 m

ESCALAS HORIZONTAL : 1:2000

VERTICAL . 1:500



1 : CURVA FMA, 0°C / NIELO

2 : CURVA CALIENTE

3 : CURVA DE LIBRAMIENTO

4 : ESTRUCT. NIVEL 11-8

5 : ESTRUCT. NIVEL 11-4

6 : ESTRUCT. NIVEL 11-0

7 : ESTRUCT. NIVEL 11-4

8 : ESTRUCT. NIVEL 11-8

9 : ESTRUCT. NIVEL 11-12