



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

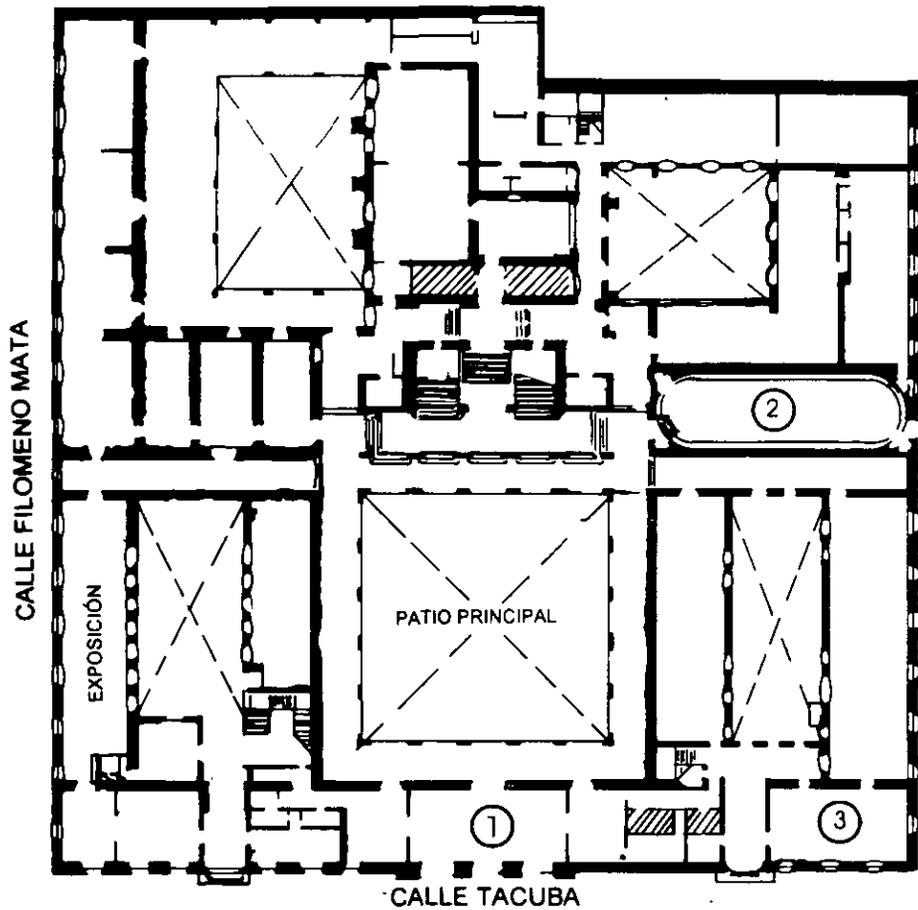
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

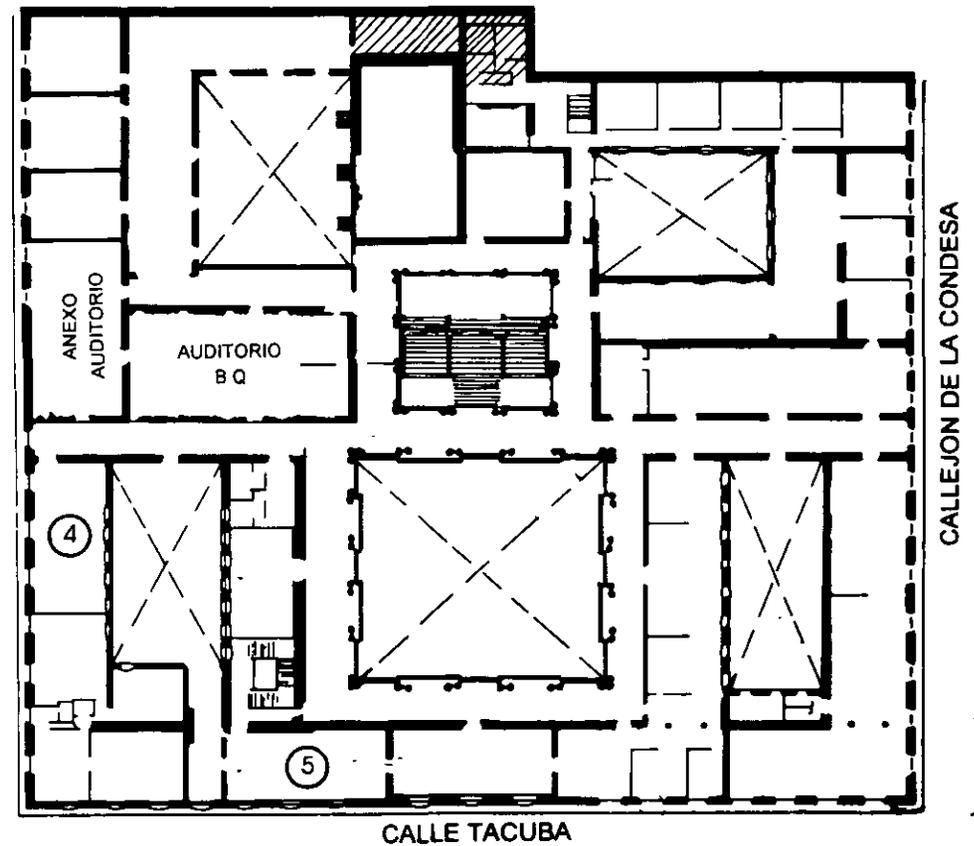
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

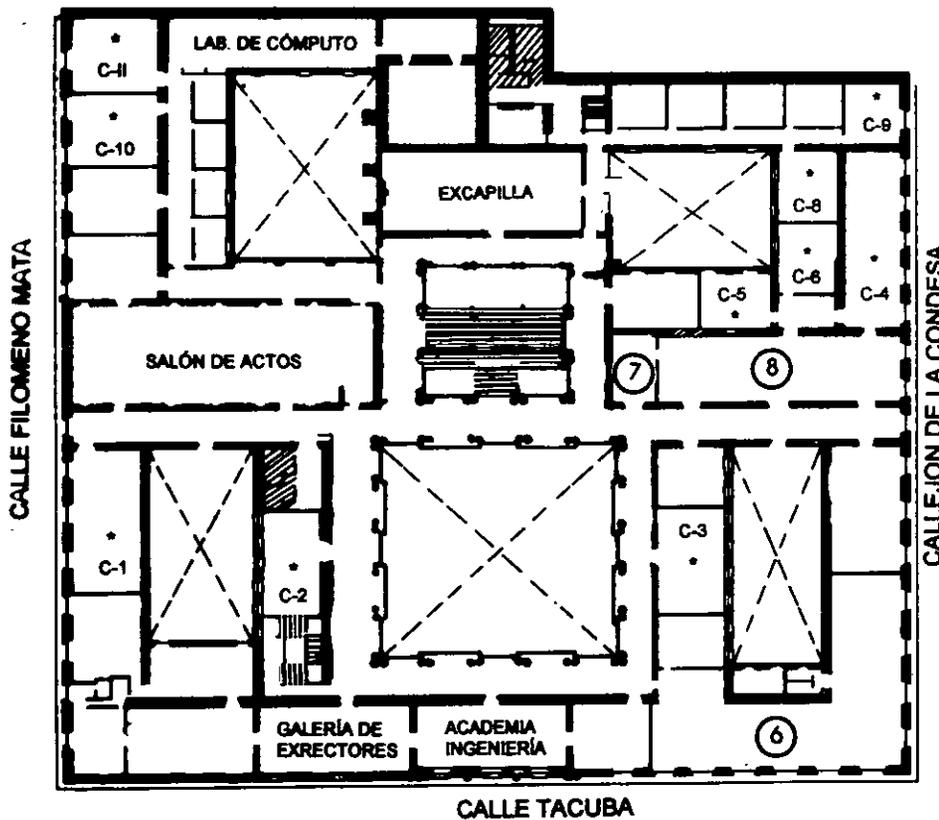


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA CURSOS ABIERTOS

CURSO DE DEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

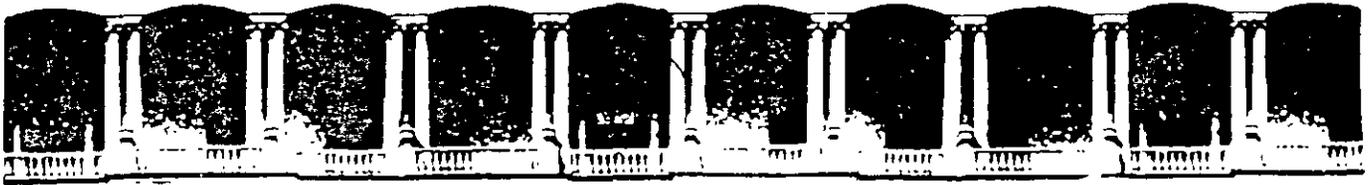
Lunes 21	16:30 a 17:00 17:00 a 21:30	Introducción Reglamento líneas de aérea	Ing. Hugo Equihua T. Ing. Arturo Trujillo A.
Martes 22	16:30 a 21:30	Descargas de Rayos: distancias diaelectricas	Ing. Antonia Paniagua
Miercoles 23	16:30 a 17:00 17:00 a 21:30	Angulo de blindaje Materiales: conductores, aisladores	Ing. Antonio Paniagua Ing. Arturo Trujillo A.
Jueves 24	16:30 a 17:00 17:00 a 21:30	Resistencia a tierra Aisladores: longitud, distancia de fuga, cointaminacióm	Ing. Froylan Martínez F. Ing. Hugo Equihua T.
Viernes 25	16:30 a 21:30	Sobretenciones, apartarrayos, ejercicios	Ing. Gilberto Paniagua G.
Lunes 28	16:30 a 21:30	Selección y Localización de estructuras	Ing. Arturo Morales C.
Martes 29	16:30 a 18:30 19.00 a 21:30	Vibraciones Fuerzas horizontales y verticales, cargas mecánicas **	Ing. David Vázquez Ortíz Ing. Arturo Morales C.
Miercoles 30	16.30 a 21:30	Flechas y tensiones, plantillas	Ing. Rodolfo Lorenzo B.

****:** ESTA SESIÓN SE IMPARTIRA EN LA FACULTAD DE INGENIERA SALÓN
L-18 CIUDAD UNIVERSITARIA

CURSO DE DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE TRANSMISION

FECHA HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
000821 16.30-17.00	INTRODUCCION	ING. HUGO EQUIHUA T.
17.00-21.30	REGLAMENTO LINEAS DE AEREAS	ING. ARTURO TRUJILLO A.
000822 16.30-21.30	DESCARGA DE RAYOS: DISTANCIAS DIELECTRICAS	ING. ANTONIO PANIAGUA
000823 16.30-19.30	ANGULO DE BLINDAJE	ING. ANTONIO PANIAGUA
19.30-21.30	MATERIALES: CONDUCTORES, AISLADORES	ING. ARTURO TRUJILLO A.
000824 16.30-19.00	RESISTENCIA A TIERRA	ING. FROYLAN MARTINEZ F.
19.00-21.30	AISLADORES: LONGITUD, DISTANCIA DE FUGA, CONTAMINACION	ING. HUGO EQUIHUA T.
000825 16.30-19.00	SOBRETENSIONES. APARTARRAYOS, EJERCICIOS	ING. GILBERTO PANIAGUA G.
19.00-21.30		ING. GILBERTO PANIAGUA G.
000828 16.30-21.30	SELECCION Y LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS. *	ING. ARTURO MORALES C.
000829 16.30-18.30	VIBRACIONES	ING. DAVID VAZQUEZ ORTIZ
000829 19.00-21.30	FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES, CARGAS MECANICAS	ING. ARTURO MORALES C.
000830 16.30-21.30	FLECHAS Y TENSIONES, PLANTILLAS	ING. RODOLFO LORENZO B.

* ESTA SESION SE IMPARTIRA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA SALON L18 CIUDAD UNIVERSITARIA



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

DESCARGA DE RAYOS: DISTANCIAS DIELECTRICAS

**EXPOSITOR: ING. ANTONIO PANIAGUA
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

1

DESCRIPCION DE LA INCIDENCIA DE DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRANSMISION DE CFE

- 1.1 Parámetros de la Descarga Utilizados en el
Diseño de Líneas**
 - 1.1.1 Densidad de Rayos a Tierra**
 - 1.1.2 Número de Descargas que Inciden
en una Línea de Transmisión**
 - 1.1.3 Distribución de Frecuencia de la Magnitud
y Forma de Onda de la Corriente del Rayo**
 - 1.1.4 Impedancia Transitoria de Cables de Blindaje,
Conductores, Torres y Sistemas de Tierra**
 - 1.1.5 Propagación de Ondas en Cables de Blindaje
y Conductores de Fase**
 - 1.1.6 Atenuación y Distorsión de Ondas por Efecto Corona**
 - 1.1.7 Características de Flameo de Aisladores**
 - 1.1.8 Efectividad de la Protección**

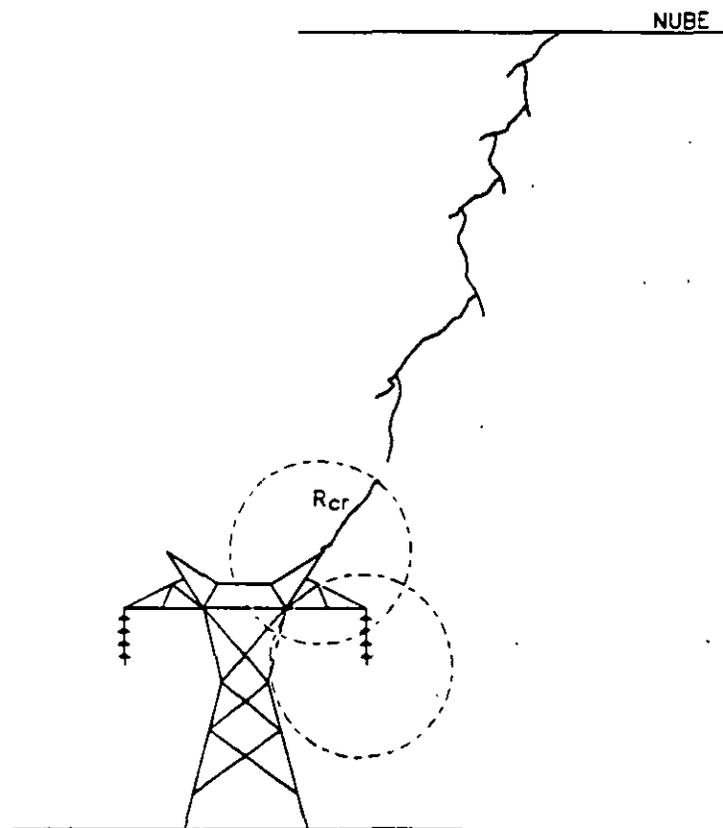


Figura 1.2.- Proceso de propagación de la guía descendente y formación de la guía ascendente (radio crítico de atracción).

1.1 Parámetros de la Descarga Utilizados en el Diseño de Líneas

Desde el punto de vista del diseño de líneas los parámetros de la descarga atmosférica más importantes son:

- 1.1.1 - La densidad de rayos a tierra en el área de interés
- 1.1.2 - El número de descargas que inciden en la línea de transmisión
- 1.1.3 - La distribución de frecuencia de la magnitud y forma de onda de la corriente del rayo
- 1.1.4 - La impedancia transitoria de los cables de blindaje, conductores, torres y sistemas de tierras
- 1.1.5 - La propagación (incluyendo la reflexión y transmisión) de las ondas en cables de blindaje y conductores de fase
- 1.1.6 - La atenuación de las ondas por efecto corona
- 1.1.7 - Las características de flameo de aisladores y el aislamiento de subestaciones incluyendo el efecto de ondas de impulso no normalizadas
- 1.1.8 - La efectividad de la protección contra descargas para varios niveles de salidas de operación de la línea

1.1.1 Densidad de Rayos a Tierra

La densidad de rayos a tierra es uno de los parámetros de importancia en el diseño de la protección de líneas de transmisión.

La densidad de rayos a tierra se obtiene con contadores de rayos, los cuales registran el número de rayos a tierra en una área determinada.

En áreas donde solamente se cuente con información del número de **días tormenta** por año T_d , es posible obtener el número de rayos a tierra/km²/año, N_g .

La gráfica de la **figura 1.3** presenta las relaciones para los diferentes tipos de terrenos observadas en México y la curva obtenida por CIGRE (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques). Los valores de densidad de rayos a tierra se correlacionan con el número de días tormenta en terrenos planos con la siguiente aproximación:

$$N_g = 0.044 T_d^{1.24}$$

donde:

N_g = Número de rayos a tierra/km²/año
 T_d = Número de días tormenta

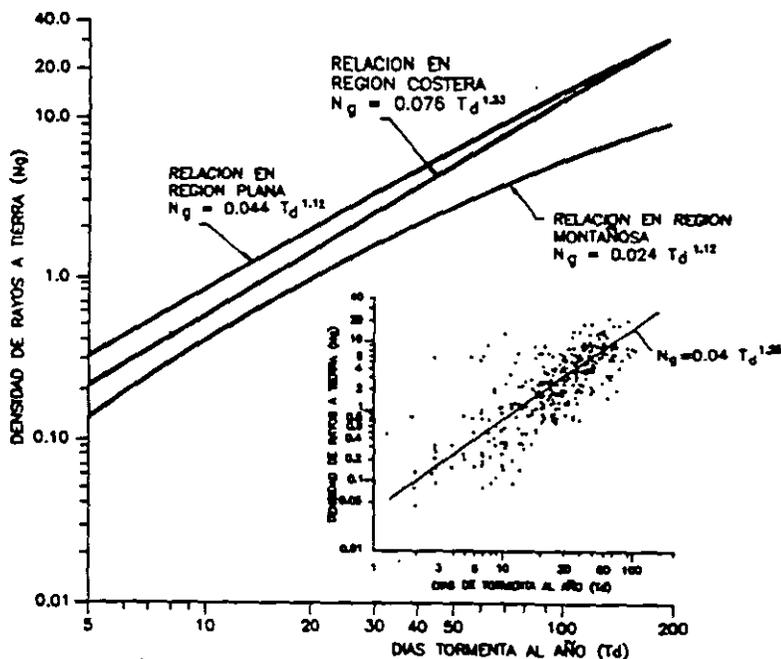


Figura 1.3.- Número de rayos a tierra en función del número de días tormenta para diferentes tipos de terreno en la República Mexicana y la relación obtenida por CIGRE.

1. DESCRIPCION DE LA INCIDENCIA DE DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRANSMISION DE CFE

Las descargas atmosféricas son descargas naturales producidas normalmente durante tormentas eléctricas. Las descargas atmosféricas se clasifican por la polaridad de la carga en la nube (positiva o negativa) y por la dirección de propagación del líder inicial o guía escalonada (ascendente o descendente). Las descargas de polaridad positiva son mas frecuentes en zonas cercanas a los polos. Podemos considerar que en nuestro país, en promedio, el 90% de rayos a tierra son de polaridad negativa, con 45% a 55% de descargas con solo un rayo de retorno.

El tipo de descarga más común que produce problemas a líneas de transmisión es la descarga de nube a tierra con polaridad negativa, **figura 1.1**.

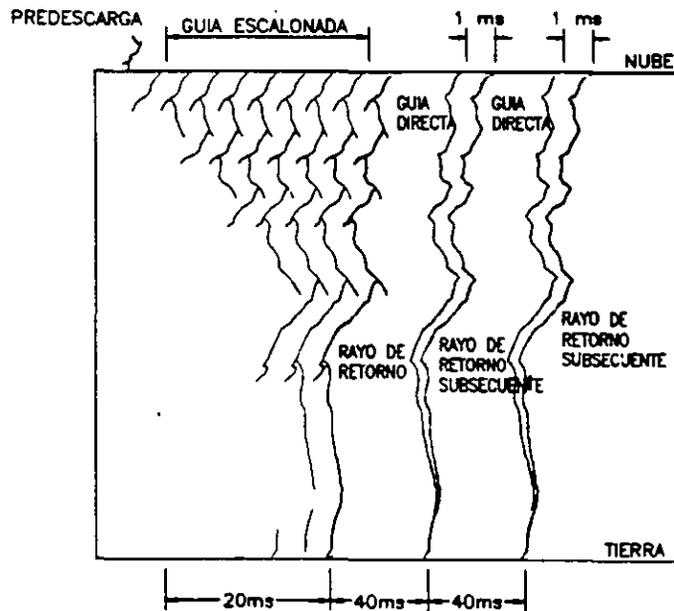


Figura 1.1.- Secuencia de los procesos en una descarga atmosférica con polaridad negativa.

Los procesos que se llevan a cabo durante una descarga son muy variables tanto en espacio como en tiempo. En la **tabla 1.1** se muestra un resumen de los procesos en una descarga atmosférica en secuencia de tiempo y lugar de ocurrencia.

Después de que ocurre el rayo de retorno, existe una alta probabilidad de que ocurra una o varias descargas subsecuentes por el mismo canal de descarga; el número promedio de descargas subsecuentes es de 3.

TABLA 1.1.- Procesos en un descarga atmosférica con polaridad negativa

PROCESO	TIEMPO	LUGAR
PREDESCARGA	Duración menor de un microsegundo , < 1 μ s.	Descarga dentro de la nube.
GUÍA ESCALONADA	Sucede a intervalos de tiempo de alrededor de 50 μ s con una duración total de aprox. 100 ms.	Desde la nube se prolonga hasta cerca del nivel de tierra, cambia de dirección en forma de escalones, con secuencias de aprox. 50 m cada uno.
(*)GUÍA ASCENDENTE	Se forma antes que la guía escalonada llegue a tierra.	Comienza en la superficie de la tierra u objetos altos.
(**)RAYO DE RETORNO	Neutralización de la carga en la guía escalonada en aprox. 100-200 μ s.	Desde la unión de las guías hasta la base de la nube.
GUÍA SUBSECUENTE	Más rápida que la escalonada	El mismo canal que el rayo de retorno, sin ramificaciones
DESCARGA SUBSECUENTE	Descargas con intervalos de tiempo de aprox. 50 ms.	En el mismo canal del rayo de retorno.

(*) El proceso en el cual ambas guías se unen es considerado en el estudio del radio de atracción para el diseño de blindaje como protección contra rayos directos en líneas de transmisión de energía eléctrica.

(**) Este proceso es el de mayor corriente y el que mayor daño produce debido a la energía de la descarga. Los valores típicos de las corrientes de los rayos de retorno son de aproximadamente 30 kA y su frente de onda varía entre 1.8 μ s y 18 μ s, con valor promedio de 5.5 μ s.

En la **figura 1.2** se muestra la última etapa antes de que el rayo de retorno se produzca, en esta etapa se desarrolla la guía ascendente cuya longitud depende de la carga que tenga la guía descendente. A través de experimentación con torres de diferentes alturas, Erikson propuso la siguiente relación entre el radio crítico o de atracción y alturas promedio de torres de transmisión. Esta relación se obtuvo por medio del ajuste de las curvas de datos experimentales usando mínimos cuadrados:

$$R_{cr} = 14.0 H_T^{0.6}$$

donde:

R_{cr} = Radio crítico o de atracción (m)

H_T = Altura promedio de la torre o del conductor (m)

En México se tiene la información obtenida por una red de contadores de rayos instalados en toda la República Mexicana, esta información se recabó durante 11 años de operación de los contadores. En la **figura 1.4** se muestra el mapa de la República Mexicana con las áreas con una misma **densidad de rayos a tierra**, indicando el **número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado y por año**. Estos valores representan el promedio de los valores registrados durante los once años de operación de los contadores. En el **APENDICE A** se muestran los mapas de las áreas de transmisión.

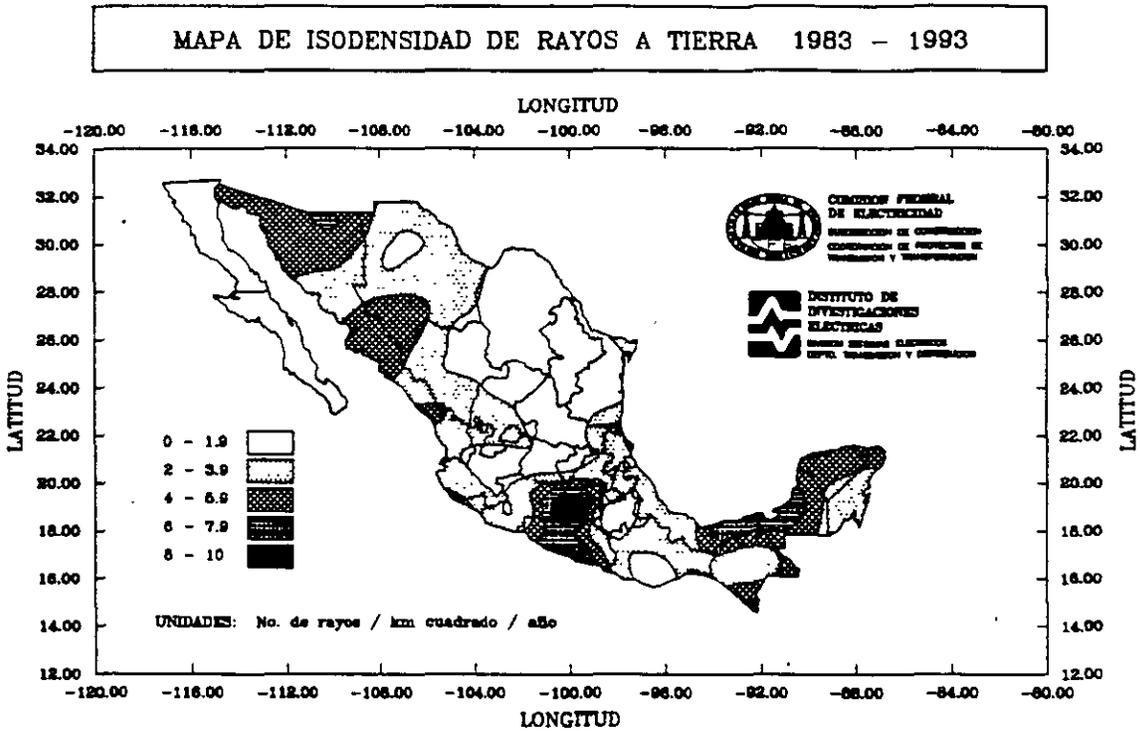


Figura 1.4.- Mapa de la República Mexicana con las áreas de densidad de rayos a tierra por kilómetro cuadrado por año.

1.1.2 Número de Descargas que Inciden en una Línea de Transmisión

En el estudio de blindaje de líneas de transmisión se comienza por calcular la distancia de atracción o radio crítico para los conductores de fase e hilos de guarda de acuerdo a la fórmula propuesta por Erikson, discutida en la sección 1.0 y representada por la **figura 1.2**. Posteriormente, se obtiene el número de rayos directos a la línea de acuerdo al tipo de terreno donde se encuentre la línea de transmisión. Por medio de un modelo dinámico matemático del desarrollo de la guía escalonada, se han obtenido resultados del número de rayos que inciden en líneas de transmisión para diferentes condiciones del terreno, como lo son: terreno plano,

laderas y picos de montañas (Dellera y Garbagnati). En la **figura 1.5** se muestra la relación entre el número de rayos esperados a una línea de transmisión en función de la altura promedio de la torre H_T , para una $N_g = 1$, y para diferentes tipos de terreno. Para densidades de rayos a tierra diferentes a la unidad, el resultado se afectará proporcionalmente.

El número de rayos a una línea en **terreno plano** se puede calcular usando la siguiente fórmula:

$$N_L = N_g \frac{(2R_{cr} + b)}{10}$$

donde:

- N_g = Densidad de rayos a tierra de la región en número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado por año.
- R_{cr} = Radio crítico de atracción en metros (ver sección 1.0 y figura 1.2)
- b = Ancho de la línea en metros

En la **figura 1.5** se muestran los resultados obtenidos con la fórmula anterior, representados por la curva marcada con (*). De estos resultados se concluye que se puede usar esta fórmula para el cálculo del número de rayos a una línea en un terreno plano o en ladera, con las alturas promedio de torres mostradas en la gráfica. Para el caso de líneas sobre terreno con cumbres se recomienda el uso de la curva correspondiente mostrada en la **figura 1.5**.

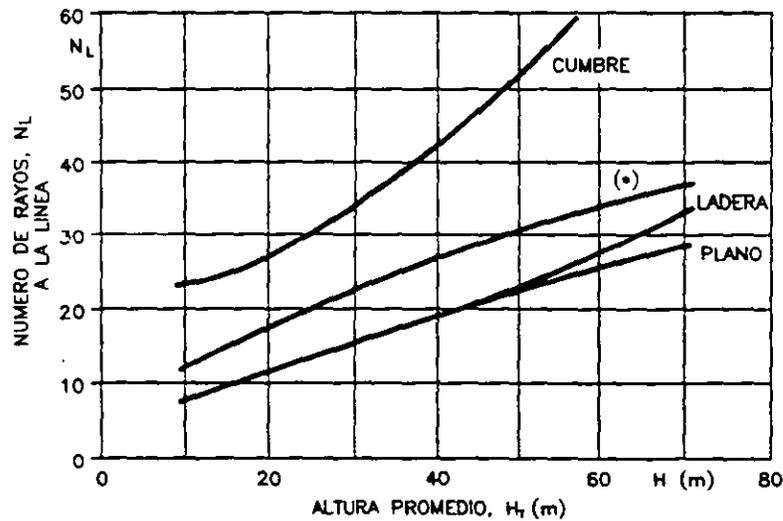


Figura 1.5.- Número de rayos esperados a líneas de transmisión en función de la altura promedio de la torre H_T , para $N_g=1$.

1.1.3 Distribución de Frecuencia de la Magnitud y Forma de Onda de la Corriente del Rayo

En la **figura 1.6** se muestran las distribuciones de frecuencia de las magnitudes de corriente del rayo (polaridad negativa), obtenidas por: CIGRE (línea continua) y la adoptada por IEEE (línea punteada). La curva dada por CIGRE se obtuvo con 408 observaciones en estructuras de menos de 60 m de altura en diferentes partes del mundo. La curva de IEEE es una aproximación matemática de la curva de CIGRE.

Para efectos de cálculo, una representación simple de la curva probabilística de la magnitud de corriente del rayo de IEEE (sugerida por J. G. Anderson) es la siguiente:

$$P(I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

donde P(I) es la probabilidad de exceder un valor de la corriente I.

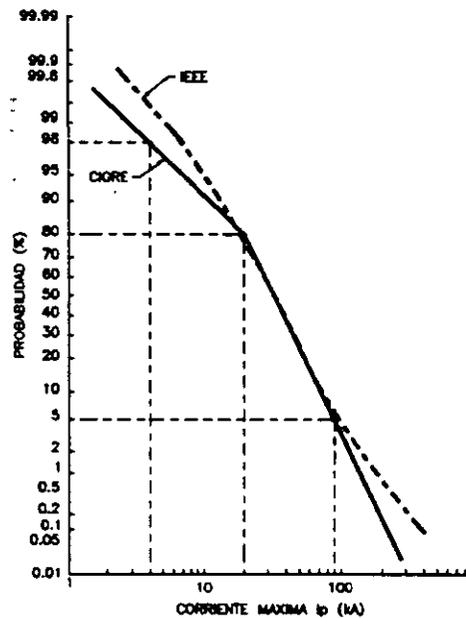


Figura 1.6.- Distribución de corrientes de rayo.

Las transitorios producidos por descargas atmosféricas directas en líneas de transmisión de energía eléctrica y los esfuerzos a los que se ve sometido el aislamiento eléctrico pueden analizarse por medio de simulaciones usando formas de onda normalizadas. La forma de onda de 1.2 μs de frente y 50 μs para que la onda disminuya su amplitud a un 50% de su valor máximo (1.2/50 μs) es usada en pruebas de simulación de impulsos de voltaje por rayo y la forma de onda 8/20 μs es usada en pruebas de impulso de corriente de rayo. Normalmente se usan funciones matemáticas para su representación en cálculos en los que se involucran.

1.1.4 Impedancia Transitoria de Cables de Blindaje, Conductores, Torres y Sistemas de Tierra.

La impedancia transitoria de cables, ya sea de blindaje o conductores de fase a una altura sobre el nivel de tierra, se calcula con la relación siguiente:

$$Z_t = 60 \ln \frac{2h_c}{r_c}$$

donde:

- h_c = altura del conductor sobre el nivel de tierra (m)
- r_c = radio del conductor (m)

La estructura de la torre se considera como una línea de transmisión corta con una impedancia transitoria constante aterrizada a través de su resistencia a pie de la torre. Se tienen las relaciones de impedancias transitorias equivalentes para algunos tipos de torres (obtenidas por Sargent y Darveniza en 1968). La **figura 1.7** muestra los perfiles típicos de tres clases de torres con sus respectivas relaciones de impedancia transitoria. Para el perfil de torre de clase 2, el valor $2r$ es el diámetro de la guía de bajada de tierra en poste de madera o en su caso el diámetro del poste metálico. Adicionalmente, en la **tabla 1.2** se presentan las impedancias transitorias de las torres de transmisión, normalmente usadas en CFE.

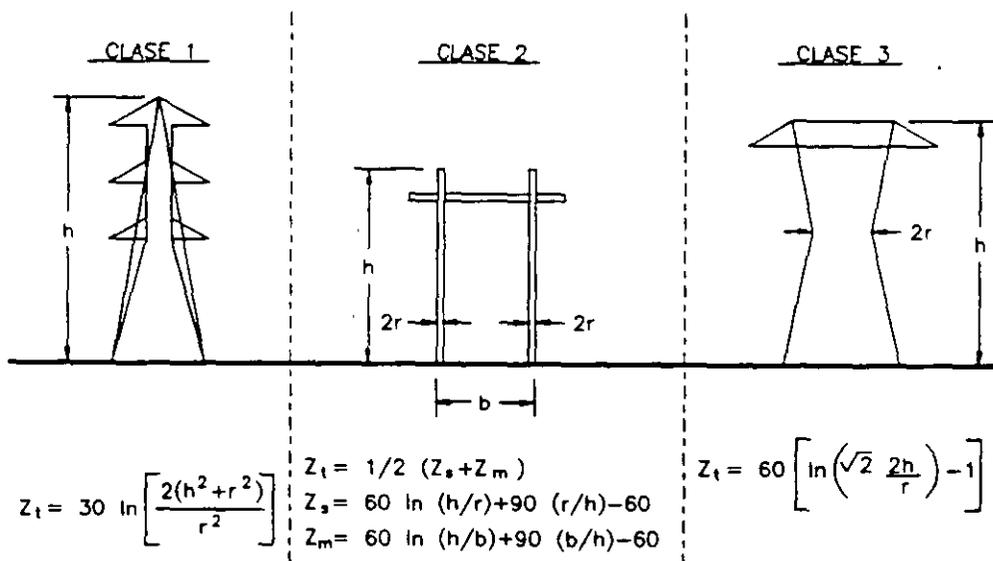


Figura 1.7.- Perfiles típicos de torres de transmisión con sus respectivas relaciones de impedancia transitoria.

Tabla 1.2.- Impedancias características de torres usadas en CFE

TORRE TIPO	NIVEL DE TENSION (kV)	IMPEDANCIA TRANSITORIA (Ω)	TORRE TIPO	NIVEL DE TENSION (kV)	IMPEDANCIA TRANSITORIA (Ω)
A	400	247.83	2M1	230	243.3
AM	400	249.4	2S1	230	241.1
C	400	211.7	2B1	230	232.2
CM	400	237.3	2B2	230	154.9
D	400	216.12	2R2	230	148.0
DM	400	241.0	2S2	230	154.6
4BC1	400	229.7	2Z1	230	234.1
4BB1	400	233.14	2D1	230	243.8
4BA1	400	232.23	1M1	115	294.2
2B1	230	245.8	1B1	115	283.1
2C1	230	239.0			

La impedancia transitoria de conexión a tierra al pie de la torre puede considerarse constante (resistencia al pie de torre) para efectos de simplificación de cálculos. En realidad este valor de impedancia transitoria de conexión a tierra varia en forma no lineal.

1.1.5 Propagación de Ondas en Cables de Blindaje y Conductores de Fase

Al incidir una descarga atmosférica en un cable de blindaje o conductor de fase, **figura 1.8**, se inyectará la corriente del rayo en el conductor y se producirá una onda de voltaje proporcional al producto de la impedancia transitoria del conductor y la mitad de la corriente del rayo, como:

$$V_i(t) = \frac{I_r(t)}{2} Z_i$$

donde:

$V_i(t)$ = voltaje transitorio (V)

$I_r(t)$ = corriente del rayo (A)

Z_i = impedancia transitoria del conductor (Ω)

Estas ondas se propagarán o viajarán, con una velocidad aproximada a la velocidad de la luz (300 m/μs), hacia ambos lados del conductor, ver **figura 1.8**, hasta encontrar un camino a tierra. Al encontrar cambios de impedancia, como puede ser la conexión a una torre, la onda de corriente y de voltaje sufrirán cambios en magnitud y forma de onda.

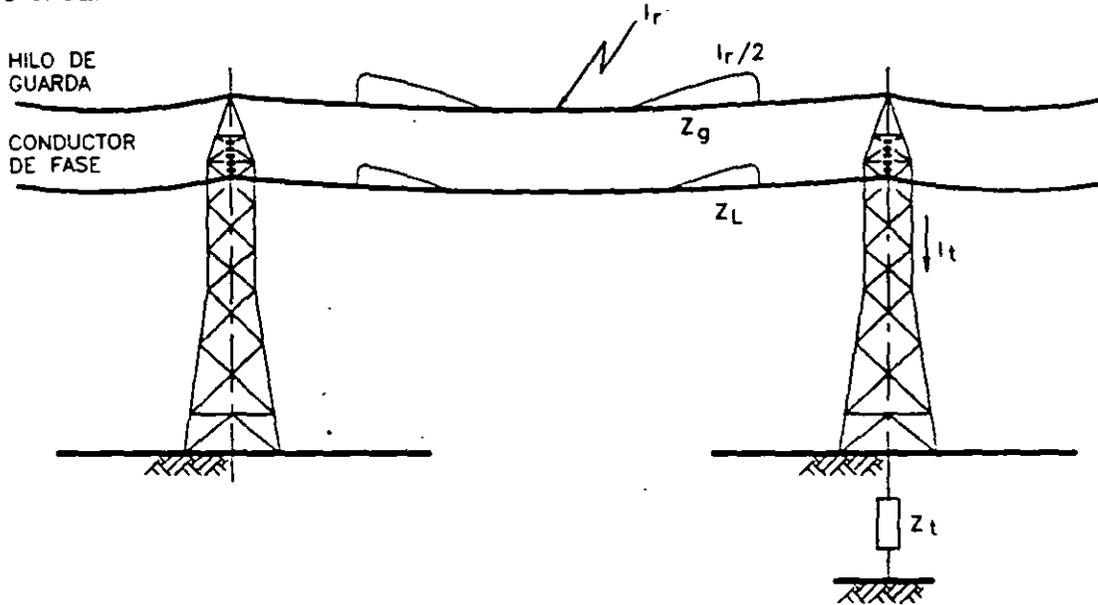


Figura 1.8.- Representación de la incidencia de una corriente de rayo en una línea de transmisión y la formación de las ondas de voltaje.

1.1.6 Atenuación y Distorsión de Ondas por Efecto Corona

La atenuación y distorsión de las ondas al viajar por los conductores se debe principalmente a la pérdida de energía, esta pérdida de energía depende de las características del conductor, principalmente de sus dimensiones y su ubicación. El efecto corona es una manera de pérdida de energía a través de ionización alrededor del conductor. Este efecto consiste en la disipación de la energía en el aire, la cual forma una corona conductiva alrededor del conductor y está relacionado directamente con el voltaje y el radio del conductor. El voltaje de iniciación de corona está dado por:

$$V_c = E_c r_c \ln\left(\frac{2h}{r_c}\right)$$

donde :

- r_c = radio de corona
- h = altura del conductor
- E_c = esfuerzo dieléctrico en aire para campo eléctrico uniforme (3×10^6 V/m)

En la **figura 1.9** se muestra la atenuación y distorsión debido a corona para diferentes tiempos de cola de la onda.

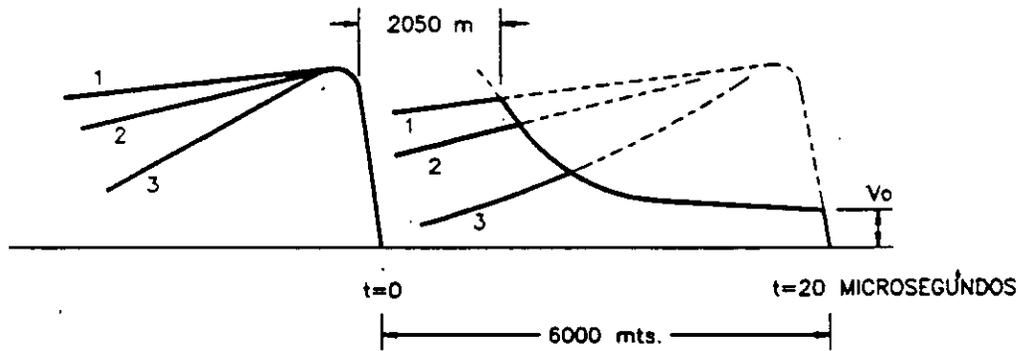


Figura 1.9.- Atenuación y distorsión debido a corona para diferentes tiempos de cola.

1.1.7 Características de Flameo de aisladores

El comportamiento de los aisladores ante esfuerzos eléctricos es bastante complejo, normalmente se define como un fenómeno no lineal con su característica voltaje-tiempo, en la **figura 1.10** se muestra este comportamiento para diferentes frentes de onda de la corriente del rayo.

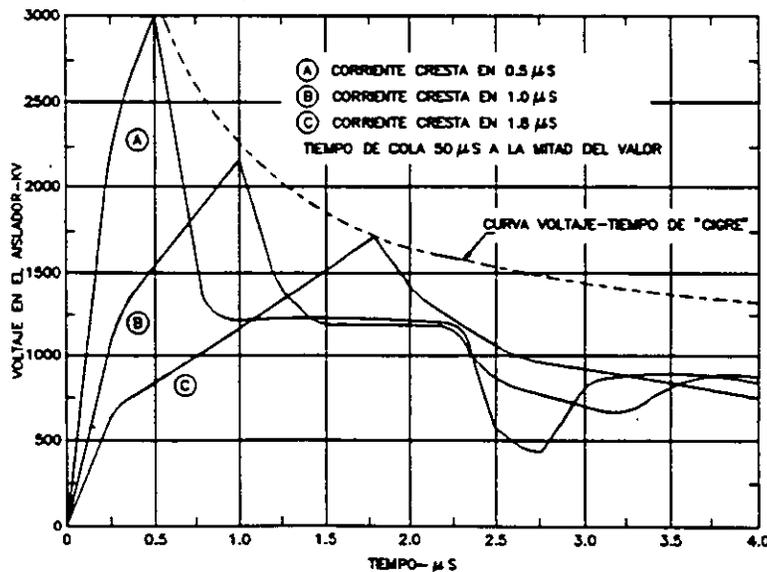


Figura 1.10.- Curva Voltaje-tiempo de un aislador con corrientes de rayo con diferentes frentes de onda.

1.1.8 Efectividad de la Protección

Normalmente, la efectividad de la protección contra descargas atmosféricas se evalúa comparando los índices de salidas esperados contra los índices de salida obtenidos, para los diferentes métodos de protección. Por ejemplo, si se espera un índice de salidas de 0.05 por cada 100 kilómetros de línea por año debido a fallas de protección, se tiene que evaluar la operación de la línea durante un año para determinar el índice real de salidas de la línea analizada. Se puede usar la siguiente relación para obtener una evaluación aproximada de la efectividad del esquema de protección contra rayos en líneas de transmisión:

$$E_{prot} = \left(1 - \frac{S_{esp} - S_{prot}}{S_{esp}}\right) \times 100$$

donde :

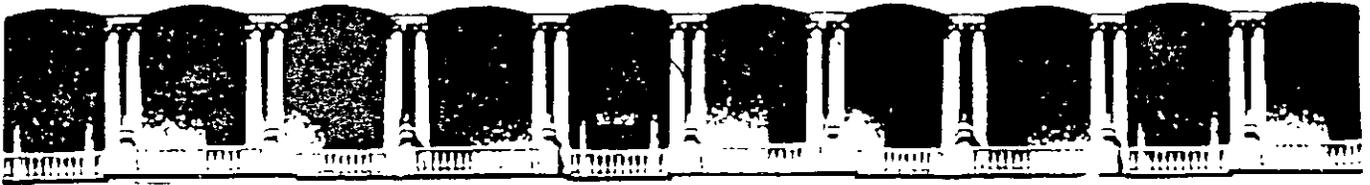
- E_{prot} = Efectividad de la protección usada
- S_{esp} = Índice de salidas esperado
- S_{prot} = Índice de salidas durante un año de operación con protección

Adicionalmente, en este análisis se puede incluir el costo de operación de la protección, C_{oper} , con la siguiente relación:

$$C_{oper} = \frac{C_{ssp} - C_{scp}}{C_{prot}} \times 100$$

donde :

- C_{oper} = Costo de operación de la protección usada
- C_{ssp} = Costo de salidas de línea sin protección
- C_{scp} = Costo de salidas de línea con protección durante un año de operación



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

ANGULO DE BLINDAJE

**EXPOSITOR: ING. ANTONIO PANIAGUA
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

2

DETERMINACION DEL ANGULO DE BLINDAJE PARA OBTENER UN INDICE DE SALIDAS DESEADO POR FALLAS DE BLINDAJE

2.1 Angulo de Blindaje

2.2 Falla de Blindaje

**2.3 Indices de Salidas de Lineas de Transmisi3n
por Fallas de Blindaje**

2. DETERMINACION DEL ANGULO DE BLINDAJE PARA OBTENER UN INDICE DE SALIDAS DESEADO POR FALLAS DE BLINDAJE

Uno de los métodos de protección de líneas contra descargas es por medio del blindaje, este método consiste en interceptar las descargas atmosféricas y conducirlos a tierra por medio de un conductor conectado a tierra o **hilo de guarda**. El hilo de guarda se instala en la parte más elevada de la torre de transmisión con un ángulo respecto a su línea vertical y el conductor de fase mas externo, conocido como ángulo de blindaje, θ_o (figura 2.1).

2.1 Angulo de Blindaje

La **figura 2.1** muestra la variación del ángulo de blindaje, θ_o , de positivo a negativo, al variar la posición del hilo de guarda con respecto a un conductor de fase para un tipo de torre. El objetivo de la selección del número de hilos de guarda y su posición es el de interceptar los rayos y reducir las fallas de blindaje a un número aceptable.

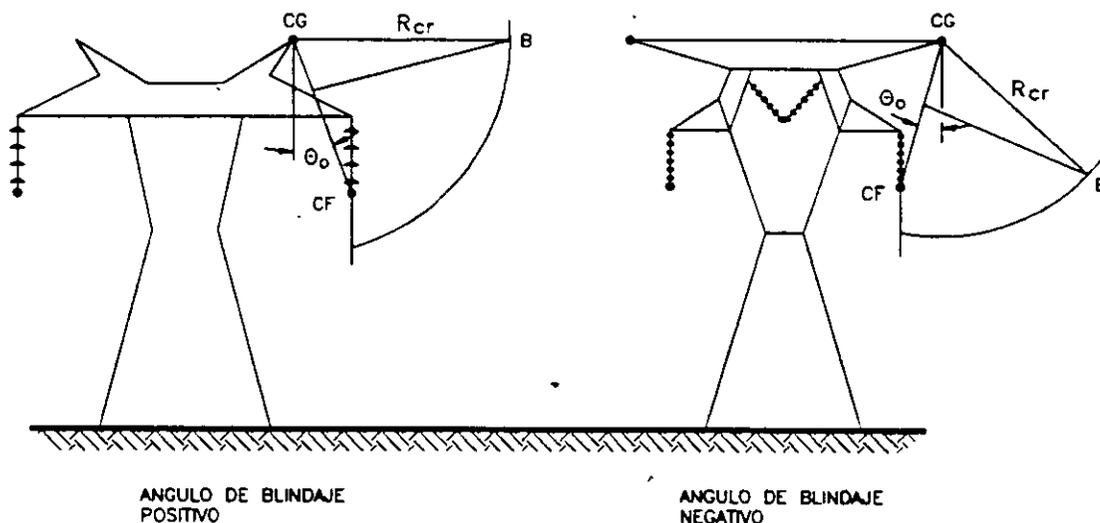


Figura 2.1.- Variación del ángulo de blindaje para un tipo de estructura de torre. Los ángulos mostrados son positivo (a) y negativo (b).

2.2 Falla de Blindaje

Para la obtención del **índice de fallas por blindaje inapropiado**, FB, se tienen dos alternativas, una es considerando la corriente mínima de incidencia del rayo, obtenida de la curva de probabilidad (3 kA) y la otra alternativa es considerando la corriente mínima del rayo en el conductor de fase que produzca flameo en el aislamiento, obteniendo el **índice de fallas de blindaje que producen flameo**, FBF.

La falla de blindaje se puede definir como el flameo de un aislador debido a la incidencia de un rayo en el conductor de fase en vez de incidir en el hilo de guarda diseñado con cierto ángulo de blindaje, ver el **APENDICE B**, sección B.2.

Adicionalmente, las condiciones para las cuales se producen flameos inversos, como son altos valores de resistencia a tierra y/o bajo nivel del aislamiento, se deben de tomar en cuenta para obtener las bases de un diseño total por descargas atmosféricas. De esta manera se puede considerar un solo hilo de guarda para zonas con baja densidad de rayos a tierra y dos hilos de guarda para zonas con alta densidad de rayos a tierra. Los niveles críticos para los **índices de fallas de blindaje que producen flameos**, FBF, se deja a consideración del diseñador. Por ejemplo para líneas que den servicio a cargas críticas, se puede seleccionar un valor de diseño de **FBF menor o igual a 0.05** fallas de blindaje que producen flameos por cada cien kilómetros de línea por año.

Basado en la formulación del radio crítico de Brown-Whitehead, para condiciones severas y considerando rayos verticales, se puede sugerir el uso de la **figura 2.2** para la selección del ángulo de blindaje. En esta figura se presentan los ángulos de blindaje promedio a medio claro, por lo que los ángulos de blindaje en las torres pueden ser mayores.

Con las curvas de la **figura 2.2** se obtiene el ángulo de blindaje promedio para diferentes valores de diseño de FBF/ N_g y se considera terreno plano. En la figura, H_g es la altura del conductor de guarda y H_f es la altura del conductor de fase. Los ángulos de blindaje, θ_o , se obtienen con las alturas promedio de los conductores en la torre, H_T , para valores de corriente de 5 y 10 kA, los cuales representan los límites para obtener fallas de blindaje que producirán flameos al rebasar el nivel básico de aislamiento. Estos ángulos de blindaje son promedios tomados a medio claro, por lo que en las torres pueden llegar a tener un valor mayor. También se considera un terreno plano para estos ángulos. Para torres en laderas, el ángulo promedio se obtiene como el valor del ángulo en la gráfica menos el ángulo de inclinación de la ladera. Para el caso de torres en áreas arboladas o con estructuras altas se pueden usar ángulos mayores, ya que el radio de atracción de la tierra se incrementa por las alturas de los árboles y estructuras.

Torres construidas en topes de colinas son más vulnerables debido al aumento del número de rayos, sin embargo los flameos inversos llegan a ser más representativos debido a que la resistencia al pie de la torre tiende a ser mayor en estas áreas.

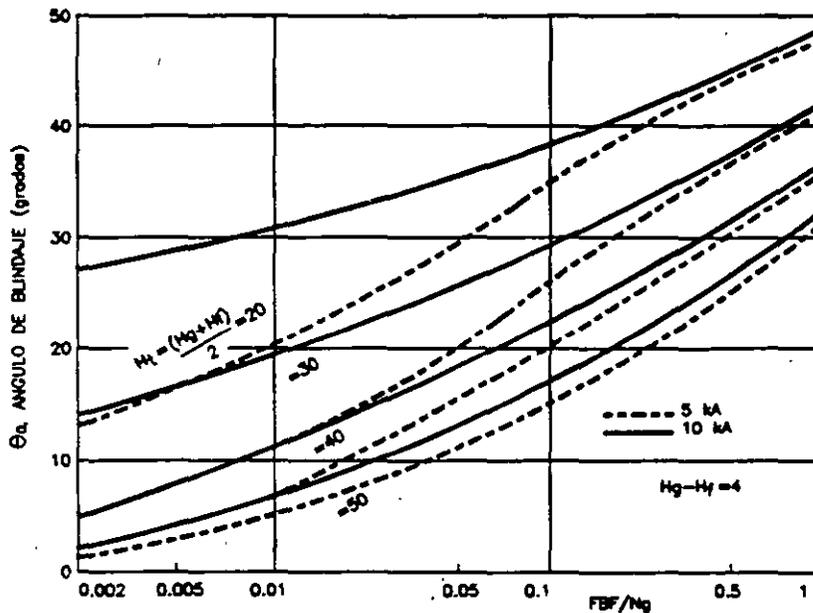


Figura 2.2.- Relación entre valores de diseño de fallas de blindaje que producen flameo/densidad de rayos a tierra (FBF/N_g) y ángulo de blindaje promedio considerando terreno plano.

Como ejemplo de aplicación de la gráfica de la figura 2.2, tomemos el tipo de torre de 400 kV (un circuito, suspensión), tipo "A", TOMEXSA, con alturas del conductor de fase de 25.0 m y del hilo de guarda de 33.525 m, se obtiene un valor promedio $(H_g + H_f)/2 = 29.26$ m, y considerando un valor de diseño de $FBF = 0.05$ y un $N_g = 5$, tenemos que $FBF/N_g = 0.01$, para una corriente crítica de 5 kA se obtiene en la curva un valor de ángulo promedio de 11 grados. Si cambiamos el valor de N_g a un valor de 1, se tiene una relación $FBF/N_g = 0.05$, lo que resulta en valor de 21 grados de ángulo de blindaje en la gráfica.

La utilización de ángulos de blindaje negativos es solamente apoyada por los estudios de Dellera-Garbagnati, quienes proponen la relación entre la altura promedio de los conductores en la torre H_T y el ángulo de blindaje θ_0 , mostrada en la figura 2.3.

Nótese que los ángulos negativos son requeridos para torres con H_T mayor a 35 m, para garantizar una relación FBF/N_g del orden de 0.0125, o una de 0.05 para regiones con una N_g de 4 rayos/km²/año.

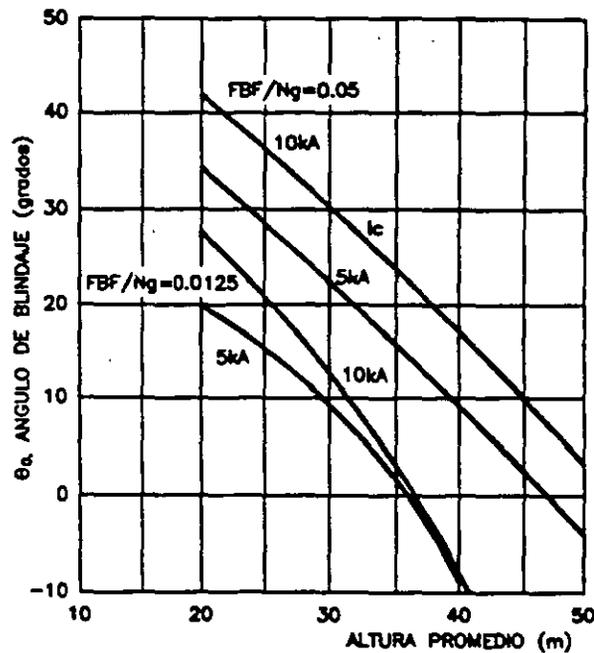


Figura 2.3.- Angulo de blindaje obtenido por el método Deller-Garbagnati.
 FBF = fallas de blindaje que producen flameo,
 Ng = densidad de rayos a tierra

2.3 Indices de Salidas de Líneas de Transmisión por Fallas de Blindaje

En esta sección se presentan las relaciones entre el número de salidas por kilómetro de línea por año debidas a fallas por blindaje y el ángulo de blindaje. Estas relaciones se establecen para cada nivel de tensión.

Normalmente se permite un cierto riesgo de falla del blindaje en su diseño, el cual influye en la construcción o modificación de topes o copetes de torres para la instalación del hilo de guarda. El cálculo del índice de salidas de línea se realiza con el modelo electrogeométrico por medio de una computadora. Se tienen resultados, válidos a nivel internacional, en donde se da el número de salidas por año por 100 km de línea en función del ángulo de blindaje, **gráficas de la figura 2.4**. Las gráficas se dan para una densidad de rayos a tierra de 2.0 rayos/km²/año (Td = 25), para diferentes alturas promedio del hilo del guarda y diferentes niveles de aislamiento al impulso por rayo. La altura promedio del hilo de guarda se calcula de la manera siguiente:

Para terreno plano: $H_p = H_g - (2/3) F_g$
 Para terreno ondulado: $H_p = H_g$
 Para terreno montañoso: $H_p = 2H_g$

donde H_p es la altura promedio, H_g es la altura del hilo de guarda y F_g es la flecha máxima del hilo de guarda.

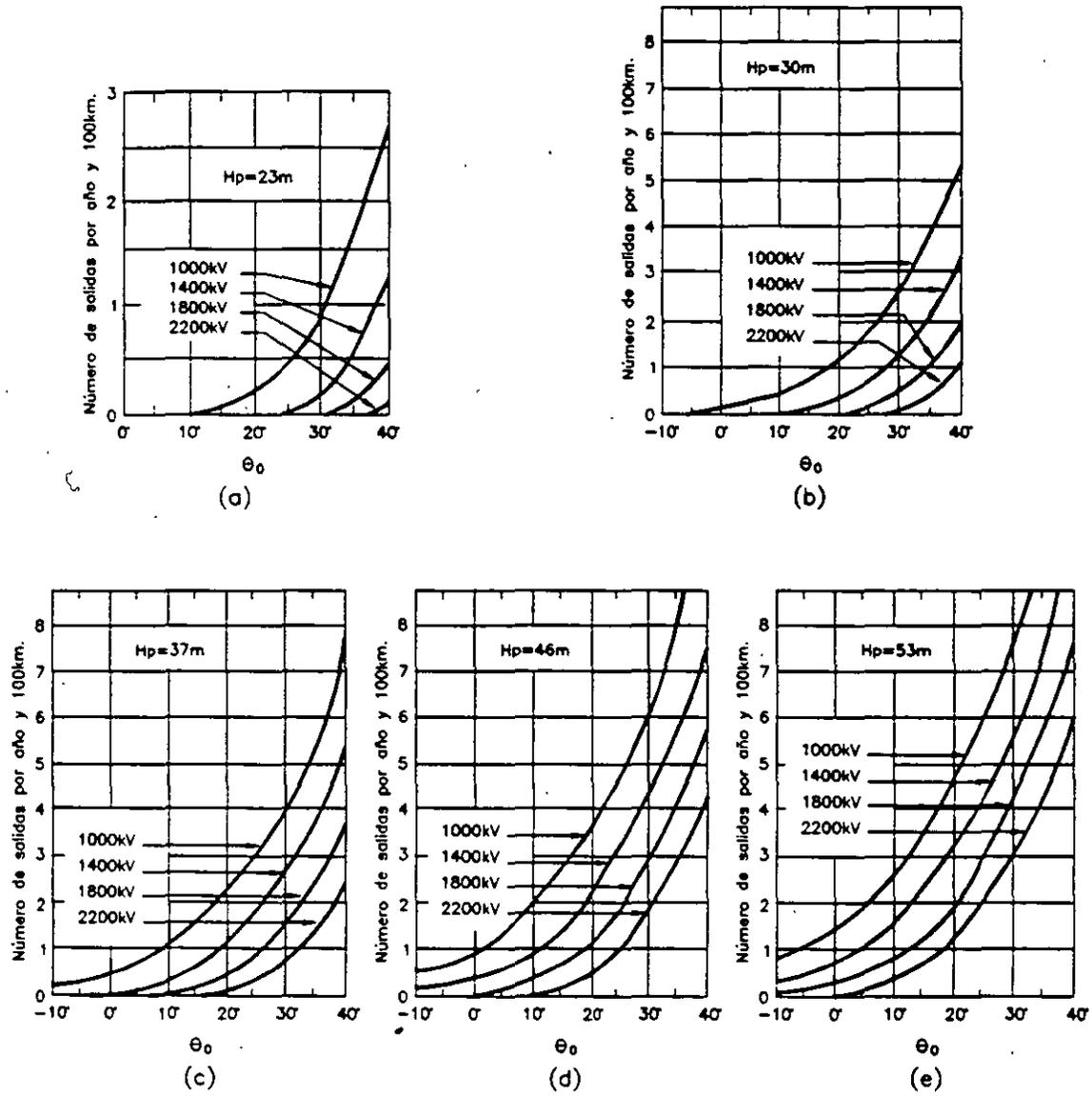


Figura 2.4.- Gráficas del número de salidas en función del ángulo de blindaje.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

MATERIALES: CONDUCTORES, AISLADORES

**EXPOSITOR: ING. ARTURO TRUJILLO AYALA
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

INDICE

CONDUCTORES

- 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
- 2 NORMAS QUE SE APLICAN
- 3 DEFINICION
- 4 ESPECIFICACIONES
- 5 MUESTREO
- 6 METODOS DE PRUEBA
- 7 EMPAQUE
- 8 MARCADO

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente especificación establece las características que deben cumplir los cables ACSR/AS, que utiliza la Comisión en los sistemas eléctricos ubicados en zonas con problemas de corrosión.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

NOM-EE-161-1983	Carretes de Madera para Conductores Eléctricos y Telefónicos.
CFE E0000-13-1979	Procedimientos de Muestreo Estadístico para Conductores Eléctricos
ANSI/ASTM B 549-71	Concentric - Lay - Stranded Aluminum Conductors, Aluminum - Clad. Steel Reinforced (ACSR/AW). (Conductores de Aluminio con cableado concéntrico, reforzados con acero recubierto de aluminio soldado)
ANSI/ASTM B 502-70	Aluminum-Clad Steel Core Wire For Aluminum Conductors. Aluminum-Clad Steel Reinforced. (Alambres de Acero con recubrimiento de aluminio soldado, para conductores de aluminio reforzados con acero recubierto de aluminio soldado)

3 DEFINICION

3.1 Cable ACSR/AS

Es el cable constituido por un núcleo central de alambre(s) de acero recubierto(s) de aluminio soldado, rodeado(s) por una (o más) capa(s) de alambre de aluminio dispuesto helicoidalmente.

4 ESPECIFICACIONES.

Todos los cables ACSR/AS que utiliza la Comisión deben cumplir con lo indicado en las normas ANSI/ASTM B 549 y ANSI/ASTM B 502 última revisión. Sus características principales se indican en la tabla 1.

La unión aluminio-acero en los alambres del núcleo, se debe efectuar por el proceso controlado de soldadura a nivel molecular.

4.1 Tensiones Nominales

Las tensiones nominales de operación en las que se utilizan normalmente los cables ACSR/AS, se indican en la tabla 2.

TABLA 1- Características generales de los cables ACSR/AS

Descripción corta	Area Total de AL mm ² (kCM)	Area de los alambres de AL mm ²	No. de alambres		Diámetros mm		
			AL	AS	Alambres		Total cable (D)
					AL (d1)	AS (d2)	
Cable ACSR/AS 2	39.25 (69.14)	33.64	6	1	2.67	2.67	8.01
Cable ACSR/AS 1/0	62.46 (109.9)	53.52	6	1	3.37	3.37	10.11
Cable ACSR/AS 3/0	99.16 (174.8)	84.95	6	1	4.25	4.25	12.75
Cable ACSR/AS 4/0	125.10 (220.4)	107.20	6	1	4.77	4.77	14.31
Cable ACSR/AS 266	157.23 (277.7)	135.13	26	7	2.57	2.00	16.28
Cable ACSR/AS 336	198.39 (350.1)	170.60	26	7	2.89	2.25	18.31
Cable ACSR/AS 477	281.29 (496.4)	241.81	26	7	3.44	2.68	21.80
Cable ACSR/AS 795	468.58 (827.4)	402.93	26	7	4.44	3.45	28.14
Cable ACSR/AS 900	515.16 (929.2)	455.95	54	7	3.28	3.28	29.51
Cable ACSR/AS 1113	103.22 (1132)	564.05	45	7	3.99	2.66	31.98

Descripción corta	Resistencia mínima a la ruptura kN (kgf)	Resistencia C.D. a 20°C Ω/km	Masa aproximada kg/km	Clave
Cable ACSR/AS 2	12 (1252)	0.820	129	EV0EA00261
Cable ACSR/AS 1/0	19 (1928)	0.515	206	EV0EA00D61
Cable ACSR/AS 3/0	28 (2858)	0.324	326	EV0EA09861
Cable ACSR/AS 4/0	34 (3488)	0.257	412	EV0EA00A61
Cable ACSR/AS 266	48 (4899)	0.206	520	EV0EA099G7
Cable ACSR/AS 336	60 (6124)	0.163	657	EV0EA0ATG7
Cable ACSR/AS 477	84 (8573)	0.115	931	EV0EA0CRG7
Cable ACSR/AS 795	136 (13835)	0.069	1 551	EV0EA0CNG7
Cable ACSR/AS 900	138 (14062)	0.062	1 654	EV0EA0BKL7
Cable ACSR/AS 1113	130 (13290)	0.050	1 822	EV0EA0BUK7

Abreviaturas:

AL - ALUMINIO

AS - ACERO CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO SOLDADO.

5 MUESTREO

Debe seguirse el procedimiento de muestreo indicado en las especificaciones CFE E0000-13-1979

6/1 HILOS 26/7 HILOS 54/7 HILOS 45/7 HILOS

FIGURA 1-Cables ACSR/AS

TABLA 2-Tensiones nominales de operación, en las que se usan normalmente los cables ACSR/AS

Descripción corta	Baja tensión 240 V	Mediana tensión kV			Alta tensión kV			
		13.8	24	34.5	6.9	115	230	400
Cable ACSR/AS 2	X	X	X	X				
Cable ACSR/AS 1/0	X	X	X	X				
Cable ACSR /AS 3/0		X	X	X	X			
Cable ACSR/AS 4/0		X	X	X	X			
Cable ACSR/AS 266			X	X	X	X		
Cable ACSR/AS 336				X	X	X		
Cable ACSR/AS 477					X	X		
Cable ACSR/AS 795						X	X	
Cable ACSR/AS 900							X	
Cable ACSR/AS 1113							X	X

6 METODOS DE PRUEBA

Deben realizarse las pruebas indicadas en la norma ANSI/ASTM-8 549, ANSI/ASTM B 502, última revisión.

7 EMPAQUE

7.1 Carretes

Deben utilizarse carretes como los indicados en la norma NOM-EE-161

7.2 Tramos de embarque y sus penalizaciones

La longitud nominal del tramo de embarque debe ser como se indica en la tabla 3. Se acepta la entrega de tramos con longitud diferente aplicando las penalizaciones mostradas en la tabla 4.

El tramo de embarque que contenga cada carrete, debe ser continuo en su longitud completa.

TABLA 3-Tramos de embarque de los cables ACSR/AS

Descripción corta	Masa kg	Longitud Nominal m
Cable ACSR/AS 2	537	4 160
Cable ACSR/AS 1/0	538	2 610
Cable ACSR/AS 3/0	535	1 640
Cable ACSR/AS 4/0	536	1 300
Cable ACSRtAS 266	1 903	3 660
Cable ACSR/AS 336	1 912	2 910
Cable ACSR/AS 477	1 909	2 050
Cable ACSR/AS 795	1 908	1 230
Cable ACSR/AS 900	2 266	1 370
Cable ACSR/AS 1113	1 822	1 000

TABLA 4- Penalizaciones de tramos con longitud diferente a la nominal

Para todos los cables excepto el 1113 kCM		Para el cable 1113 kCM	
Longitud en % de lo especificado	Descuento al precio en %	Longitud en % de lo especificado	Descuento al precio en %
Mayor de 105	30*	Mayor de 102.5	30*
105 - 95	0	102.5 - 97.5	0
94.9 - 85	10	97.4 - 85	10
84.9 - 75	15	84.9 - 75	15
74.9 - 65	20	74.9 - 65	20
64.9 - 55	25	64.9 - 55	25
54.9 - 50	30	54.9 - 50	30

Nota

* al tramo excedente.

8 MARCADO

Cada carrete debe tener una placa metálica con los siguientes datos marcados en relieve.

- Número progresivo del carrete,
- Nombre o símbolo del fabricante del cable,
- Clave y descripción corta,
- Longitud en m y masa en kg, del tramo de embarque,
- Número de pedido,
- Año de fabricación.

Table 3.3.3
CHARACTERISTICS OF MULTILAYER ALUMINUM-CONDUCTOR-STEEL-REINFORCED (ACSR)

Code	Cross Section			Stranding		Diameter		L a y e r s	wt lbs per 1000 ft	STRG (Kips)	DC 25 C	Resistance (Ohms/Mile) AC at 60 HZ					Reactance 1 ft Rad. 60 HZ		
	(kcmil)	(sq mm)	(sq mm)	Aluminum	Steel	Cond (in.)	Core (in.)										GMR (ft)	X _a (Ohm/ Mile)	X _b (Megohm -Mile)
												25 C	50 C	75 C	100 C				
—	2776	1407	1521.	84x.1818	19x.1091	2.000	546	4	3219	81.6	0.338	.0395	0.421	0.452	.0482	0.667	329	0.736	
Joree	2515	1274	1344	76x.1819	19x.0849	1.880	425	4	2749	61.7	0.365	.0418	0.450	0.482	.0516	0.621	337	0.755	
Thrasher	2312	1171	1235.	76x.1744	19x.0814	1.802	407	4	2526	57.3	0.397	.0446	0.482	0.518	.0554	0.595	342	.0767	
Kiwi	2167	1098	1146	72x.1735	7x.1157	1.735	347	4	2303	49.8	0.424	.0473	0.511	.0550	.0589	0.570	348	0.778	
Bluebird	2156	1092	1181	84x.1602	19x.0961	1.762	480	4	2511	60.3	.0426	.0466	0.505	0.544	.0584	0.588	344	.0774	
Chukar	1781	902.	976	84x.1456	19x.0874	1.602	.437	4	2074	51.0	.0516	.0549	0.598	.0646	.0695	0.534	.355	0.802	
Falcon	1590	806	908	54x.1716	19x.1030	1.545	515	3	2044	54.5	.0578	.0602	0.657	0.712	.0767	0.521	.358	0.813	
Laoping	1590	806.	862.	45x.1880	7x.1253	1.504	.376	3	1792	42.2	0.590	.0622	0.678	0.734	.0790	0.497	.364	0.821	
Parrot	1510	765	862.	54x.1672	19x.1003	1.505	502	3	1942	51.7	0.608	.0631	0.689	0.748	.0806	0.508	.362	0.821	
Nuthatch	1510	765	818	45x.1832	7x.1221	1.465	.366	3	1702	40.1	0.622	.0652	0.711	.0770	.0830	.0485	.367	0.828	
Plover	1431	725.	817	54x.1628	19x.0977	1.465	489	3	1840	49.1	0.642	.0663	0.725	.0787	.0849	0.494	.365	0.828	
Bobolink	1431	725	775	45x.1783	7x.1189	1.427	.357	3	1613	38.3	0.656	.0685	0.747	0.810	.0873	0.472	.371	0.836	
Martin	1351	685.	772.	54x.1582	19x.0949	1.424	475	3	1737	46.3	0.680	.0700	0.765	0.831	.0897	0.480	.368	0.837	
Dipper	1351.	685	732.	45x.1733	7x.1155	1.386	347	3	1522	36.2	0.695	.0722	.0788	0.855	.0922	0.459	.374	0.845	
Pheasant	1272.	645	726.	54x.1535	19x.0921	1.382	461	3	1635	43.6	0.722	.0741	0.811	.0881	.0951	0.466	.372	0.846	
Bittern	1272.	644	689.	45x.1681	7x.1121	1.345	336	3	1434	34.1	0.738	.0764	0.835	.0906	.0977	0.445	.378	0.854	
Grackle	1192.	604	681	54x.1486	19x.0892	1.338	446	3	1533	41.9	0.770	.0788	0.863	.0938	.1013	.0451	.376	0.855	
Bunting	1193.	604	646	45x.1628	7x.1085	1.302	326	3	1344	32.0	0.787	.0811	.0887	0.963	.1039	0.431	.382	0.863	
Finch	1114	564	636.	54x.1436	19x.0862	1.293	431	3	1431	39.1	0.825	.0842	0.922	1.002	.1082	0.436	.380	0.866	
Bluejay	1113	564	603	45x.1573	7x.1049	1.258	315	3	1255	29.8	0.843	.0866	.0947	1.029	.1111	0.416	.386	0.873	
Curlew	1033	523	591	54x.1383	7x.1383	1.245	.415	3	1331	36.6	0.909	.0924	.1013	.1101	.1190	0.420	.385	.0877	
Ortolan	1033	523	560	45x.1515	7x.1010	1.212	303	3	1165	27.7	0.909	.0930	1.018	1.106	.1195	0.401	.390	0.885	
Merganser	954	483	596	30x.1785	7x.1783	1.248	535	2	1493	46.0	0.987	.0995	1.092	1.189	.1286	0.430	.382	0.876	
Cardinal	954	483	546	54x.1329	7x.1329	1.196	.399	3	1229	33.8	0.984	.0998	1.094	1.191	.1287	0.404	.389	0.889	
Rail	954	483	517	45x.1456	7x.0971	1.165	291	3	1075	25.9	0.984	.1004	.1099	1.195	.1291	0.385	.395	0.896	
Baldpate	900	456	562	30x.1732	7x.1732	1.212	520	2	1410	43.3	1.046	.1054	1.156	.1259	.1362	0.417	.385	0.885	
Canary	900	456	515	54x.1291	7x.1291	1.162	387	3	1159	31.9	1.043	.1056	1.158	1.260	.1362	0.392	.393	0.897	
Ruddy	900	456	487	45x.1414	7x.0943	1.131	283	3	1015	25.4	1.043	.1062	1.163	1.265	.1367	0.374	.399	0.905	
Crane	875	443	501	54x.1273	7x.1273	1.146	.382	3	1126	31.4	1.073	.1086	1.191	1.296	.1401	0.387	.395	0.901	
Willet	874	443	474	45x.1394	7x.0929	1.115	279	3	987	25.0	1.073	.1092	1.196	1.301	.1406	0.369	.400	0.909	
Skimmer	795	403	497	30x.1628	7x.1628	1.140	488	2	1246	38.3	1.183	.1191	1.307	1.423	.1540	0.392	.393	0.903	
Mallard	795	403	495	30x.1628	19x.0977	1.140	489	2	1235	38.4	1.183	.1191	1.307	1.423	.1540	0.392	.393	0.903	
Drake	795	403	469	26x.1749	7x.1360	1.108	408	2	1094	31.5	1.180	.1190	1.306	1.422	.1538	0.375	.399	.0911	
Condor	795	403	455	54x.1213	7x.1213	1.092	364	3	1024	28.2	1.181	.1193	1.309	1.425	.1541	0.368	.401	.0916	
Cuckoo	795	403	455	24x.1820	7x.1213	1.092	364	2	1024	27.9	1.181	.1193	1.308	1.424	.1540	0.366	.402	.0916	
Tern	795	403	431	45x.1329	7x.0886	1.063	286	3	896	22.1	1.181	.1197	1.313	1.428	.1544	0.352	.406	0.923	
Coot	795	403	414	36x.1486	1x.1486	1.040	149	3	805	16.5	1.175	.1197	1.311	.1426	.1540	0.337	.411	0.930	
Buteo	715	362	447	30x.1544	7x.1544	1.081	463	2	1119	34.4	1.316	.1322	1.452	1.581	.1711	0.372	.399	0.919	
Redwing	715	362	445	30x.1544	19x.0926	1.081	463	2	1111	34.6	1.316	.1322	1.452	1.581	.1711	0.372	.399	0.919	
Starling	716	363	422	26x.1659	7x.1290	1.051	387	2	985	28.4	1.312	.1321	1.450	1.579	.1707	0.355	.405	0.927	
Crow	715.	362	409	54x.1151	7x.1151	1.036	345	3	921	26.3	1.312	.1323	1.452	.1580	.1709	0.350	.407	0.931	
Stilt	716.	363	410	24x.1727	7x.1151	1.036	345	2	922	25.5	1.311	.1322	.1451	1.579	.1708	.0347	.408	0.931	
Grebe	716	363	388	45x.1261	7x.0841	1.009	252	3	807	20.6	1.312	.1327	1.455	1.583	.1712	.0334	.413	0.939	
Gannet	666	338	393	26x.1601	7x.1245	1.014	374	2	917	26.6	1.409	.1417	1.555	.1694	.1832	0.343	.409	0.937	
Gull	667	338	382	54x.1111	7x.1111	1.000	333	3	858	24.5	1.408	.1418	1.557	1.695	.1833	0.337	.411	0.942	
Flamingo	667	338	382.	24x.1667	7x.1111	1.000	333	2	859	23.7	1.407	.1418	1.556	1.694	.1832	0.335	.412	.0942	
Scoter	636	322.	397	30x.1456	7x.1456	1.019	437	2	993	30.8	1.480	.1486	.1631	.1777	.1923	0.351	.406	0.936	
Egret	636	322	396	30x.1456	19x.0874	1.019	437	2	988	31.5	1.480	.1485	1.631	.1777	.1923	0.351	.406	0.936	
Grosbeak	636	322	375	26x.1564	7x.1216	0.990	365	2	875	25.2	1.476	.1484	1.629	1.774	.1920	0.335	.412	.0944	
Goose	636	322	364	54x.1085	7x.1085	0.977	326	3	819	23.6	1.477	.1486	1.631	1.776	.1922	0.330	.414	.094	
Rook	636	322	364	24x.1628	7x.1085	0.977	326	2	819	22.0	1.476	.1485	1.630	1.775	.1920	0.327	.415	.0949	
Kingbird	636	322	340	18x.1880	1x.1880	0.940	188	2	691	15.7	1.468	.1484	1.627	1.771	.1915	0.304	.424	0.960	
Swift	636	322.	331	36x.1329	1x.1329	0.930	133	3	644	13.4	1.469	.1487	1.630	.1774	.1918	0.302	.425	0.963	

Table 3.3.3 (Cont.)
CHARACTERISTICS OF MULTILAYER ALUMINUM-CONDUCTOR-STEEL-REINFORCED

Code	Cross Section			Stranding		Diameter		L a y e r s	wt lbs per 1000 ft	STRG (Klps)	DC 25 C	Resistance (Ohms/Mile)				GMR (ft)	Reactance 1 ft Rad. 60 HZ	
	(kcmil)	(sq mm)	(sq mm)	Aluminum	Steel	Cond (in.)	Core (in.)					AC at 60 HZ					X _a (Ohm) /Mile	X _b (Megohm -Mile)
												25 C	50 C	75 C	100 C			
Wood Duck	605	307	378	30x 1420	7x 1420	0.994	426	2	947	29.4	1556	1561	1714	1868	2021	0342	410	0943
Teal	605	307	376	30x 1420	19x 0852	0.994	426	2	940	30.0	1556	1561	1714	1868	2021	0342	410	0943
Squab	605	306	356	26x 1525	7x 1186	0.966	356	2	833	23.6	1552	1560	1713	1866	2018	0327	415	0952
Peacock	605	307	346	24x 1588	7x 1059	0.953	318	2	780	21.6	1551	1560	1712	1865	2018	0319	418	0956
Duck	606	307	347	54x 1059	7x 1059	0.953	318	3	779	22.5	1550	1559	1711	1864	2016	0322	417	0956
Eagle	557	282	348	30x 1362	7x 1362	0.953	409	2	872	27.2	1691	1696	1863	2029	2196	0328	415	0956
Dove	556	282	328	26x 1463	7x 1138	0.927	341	2	766	22.4	1687	1694	1860	2026	2192	0313	420	0964
Parakeet	557	282	319	24x 1523	7x 1015	0.914	305	2	717	19.8	1686	1695	1860	2026	2192	0306	423	0968
Osprey	556	282	298	18x 1758	1x 1758	0.879	176	2	604	13.7	1679	1693	1857	2022	2187	0284	432	0980
Hen	477	242	298	30x 1261	7x 1261	0.883	378	2	747	23.8	1973	1977	2171	2366	2560	0304	424	0979
Hawk	477	242	281	26x 1354	7x 1053	0.858	316	2	657	19.5	1969	1975	2169	2363	2557	0290	430	0987
Flicker	477	242	273	24x 1410	7x 0940	0.846	282	2	615	17.2	1967	1975	2168	2362	2556	0283	432	0991
Pelican	477	242	255	18x 1628	1x 1628	0.814	163	2	518	11.8	1958	1970	2162	2355	2547	0263	441	1003
Lark	397	201	248	30x 1151	7x 1151	0.806	345	2	623	20.3	2368	2371	2605	2838	3072	0277	435	1006
Ibis	397	201	234	26x 1236	7x 0961	0.783	288	2	547	16.3	2363	2368	2601	2834	3067	0265	441	1014
Brant	398	201	228	24x 1287	7x 0858	0.772	257	2	512	14.7	2361	2367	2600	2833	3066	0259	444	1018
Chickadee	397	201	213	18x 1486	1x 1486	0.743	149	2	432	9.9	2350	2360	2591	2822	3054	0240	452	1030
Onole	336	170	210	30x 1059	7x 1059	0.741	318	2	527	17.0	2797	2800	3076	3352	3628	0255	445	1030
Linnet	336	170	198	26x 1137	7x 0884	0.720	265	2	463	14.0	2793	2797	3072	3348	3623	0243	451	1039
Widgeon	336	170	193	24x 1184	7x 0789	0.710	237	2	433	12.5	2790	2795	3070	3345	3621	0238	454	1043
Merlin	336	170	180	18x 1367	1x 1367	0.684	137	2	366	8.6	2777	2785	3059	3332	3606	0221	463	1054
Piper	300	152	187	30x 1000	7x 1000	0.700	300	2	470	15.5	3137	3139	3449	3758	4068	0241	452	1047
Ostrich	300	152	177	26x 1074	7x 0835	0.680	251	2	413	12.7	3130	3134	3443	3751	4060	0230	458	1056
Gadwall	300	152	172	24x 1118	7x 0745	0.671	224	2	386	11.2	3129	3134	3442	3751	4060	0225	461	1060
Phoebe	300	152	160	18x 1281	1x 1291	0.646	129	2	326	7.7	3114	3121	3428	3735	4042	0209	469	1071
Junco	267	135	167	30x 0943	7x 0943	0.660	283	2	418	13.7	3527	3530	3878	4226	4574	0227	459	1065
Partridge	267	135	157	26x 1013	7x 0788	0.642	236	2	367	11.3	3518	3522	3869	4216	4563	0217	465	1073
Waxwing	267	135	143	18x 1217	1x 1217	0.609	122	2	289	6.9	3504	3510	3856	4201	4547	0197	477	1089

7

INDICE
AISLADORES

- 1 **OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**
- 2 **NORMAS QUE SE APLICAN**
- 3 **DEFINICIONES**
- 4 **CLASIFICACION**
- 5 **ALCANCE DEL SUMINISTRO**
- 6 **CARACTERISTICAS GENERALES**
- 7 **MARCADOR DEL AISLADO**
- 8 **DESCRIPCION DE LAS ABREVIATURAS EN LA
DESCRIPCION CORTA**
- 9 **EMPAQUE Y EMBARQUE**
- 10 **CONTROL DE CALIDAD**
- 11 **GARANTIA**
- 12 **INFORMACION REQUERIDA**

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta especificación establece los requerimientos principales para la adquisición, así como las características electromecánicas que deben cumplir los aisladores tipo suspensión de porcelana o de vidrio templado para uso en las instalaciones de Comisión.

2 NORMAS QUE APLICAN

CFE 52000-51-1991	Pruebas para Evaluar las Propiedades de la Porcelana Utilizada en Aisladores Eléctricos.
CFE L0000-11-1988	Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE.
CFE L0000-15-1992	Código de Colores.
CFE L0000-31-1993	Requisitos de Aseguramiento de Calidad para Proveedores de Bienes y Servicios
NOM 008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida.
NMX B-381-1976	Pasadores y Chavetas Series Métricas.
NMX H-004-1995	Recubrimientos de Zinc por el Proceso de Inmersión en Caliente para Sujetadores y Herrajes de Hierro y Acero
ANSI C29.1-1988	Electrical Power Insulators-Test Methods.
ANSI C-29 2-1992	Insulators-Wet-Process Porcelain and Toughened Glass Suspension Type.
ASTM A-668/A668 M-1993	Standard Specification for Steel Forging, Carbon and Alloy, for General Industrial Use.
IEC-575-1977	Thermal-Mechanical Performance Test and Mechanical Performance Test on String Insulator Units
MIL-STD-105 E-1989	Military Standard Sampling Procedures and Tables for Inspection By Attributes.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en la fecha de apertura de las ofertas de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

3 DEFINICIONES

3.1 Aislador

Aislador es un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

3.2 Aislamiento Tipo Suspensión

Es un conjunto de unidades de aisladores de suspensión adecuados para soportar no rigidamente conductores eléctricos.

3.3 Distancia de Fuga

La distancia de fuga de un aislador es la distancia más corta o la suma de las distancias más cortas a lo largo del contorno de las superficies externas de partes de vidrio o porcelana del mismo, entre estas partes, en las que normalmente se tiene la tensión de operación entre ellas.

Una distancia medida sobre la superficie del cemento u otro material de unión conductora, no debe ser considerado como parte de la distancia de fuga.

3.4 Unidad de Aislador de Suspensión

Es un arreglo de un esbozo y herrajes para el acoplamiento no rígido con otras unidades o al herraje de sujeción

3.5 Cadena de Aisladores de Suspensión

Es un conjunto de dos o más aisladores de suspensión montados en serie.

3.6 Tensión Crítica de Flameo (TCF)

Es el valor de cresta de tensión de una onda de impulso por rayo para el cual se tiene una probabilidad de flameo de 50%.

3.7 Zona Contaminada

Es la localidad en la que existen niveles de contaminación ambiental en grado tal, que altere las condiciones normales de operación del aislador.

3.8 Zona Normal

Es la localidad donde existen niveles mínimos de contaminación ambiental, que no afectan las condiciones normales de operación del aislador.

3.9 Zona Corrosiva

Es la localidad donde existen ambientes industriales de alta humedad y marinos que afectan en grado tal que aceleran la degradación en partes metálicas del aislador.

3.10 Manguito de Zinc

Parte metálica de refuerzo que actúa como ánodo de sacrificio que retarda la corrosión en el vástago.

4 CLASIFICACION

4.1 Por su Acoplamiento

Los aisladores de suspensión se clasifican de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

TABLA 1 - Clasificación de los aisladores

Por su acoplamiento.
a) Horquilla y ojo anular.
b) Clavera y bola.
Por su aplicación.
a) Normal.
b) Corrosión.
c) Contaminación.

5 ALCANCE DEL SUMINISTRO

El alcance del suministro debe incluir el diseño, materiales, fabricación, pruebas, empaque y embarque de los aisladores tipo suspensión. A continuación se mencionan las partes, accesorios y servicios que integran el suministro.

- a) Cuerpo del aislador
- b) Herrajes y chavetas para el acoplamiento entre aisladores y el herraje de sujeción.
- c) Pruebas de rutina.
- d) Pruebas de aceptación.
- e) Empaque (cuando así se indique.)
- f) Embarque.

6 CARACTERISTICAS GENERALES

6.1 Aisladores de Porcelana o de Vidrio Templado

Los aisladores de suspensión de porcelana o de vidrio templado deben satisfacer las características electromecánicas y dimensiones indicadas en las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y especificaciones particulares correspondientes. Su fabricación y acabado debe realizarse conforme a lo indicado en la norma ANSI C29.2.

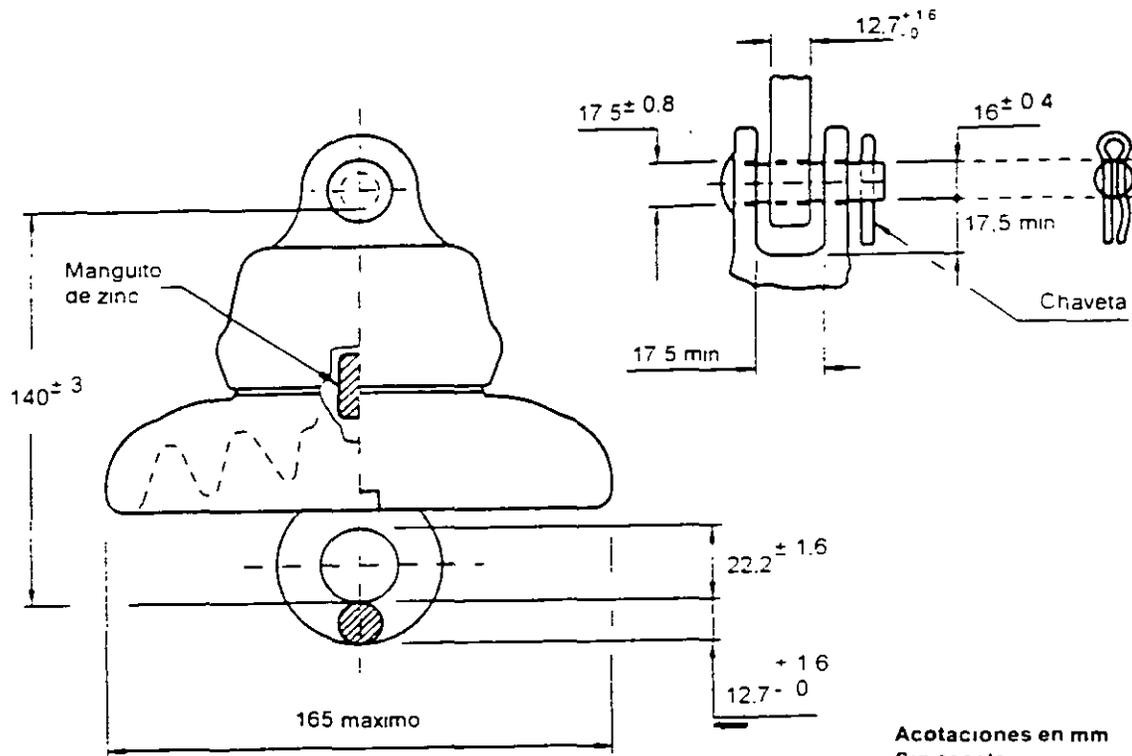
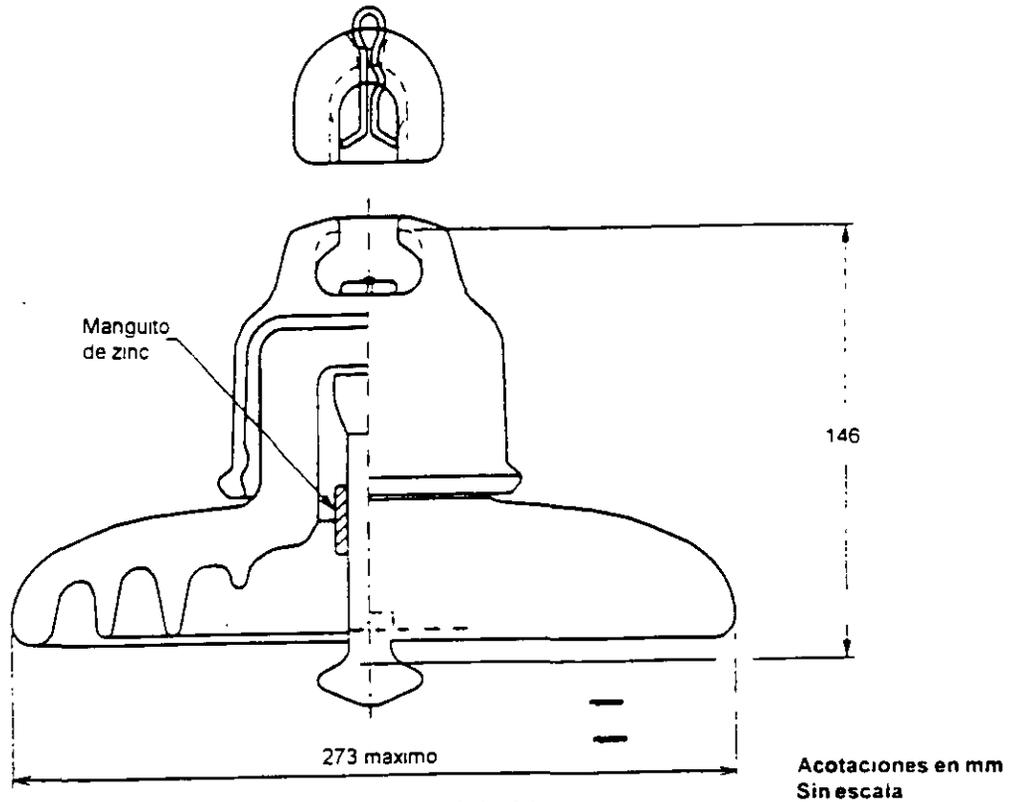


FIGURA 1 - Aislador 16S

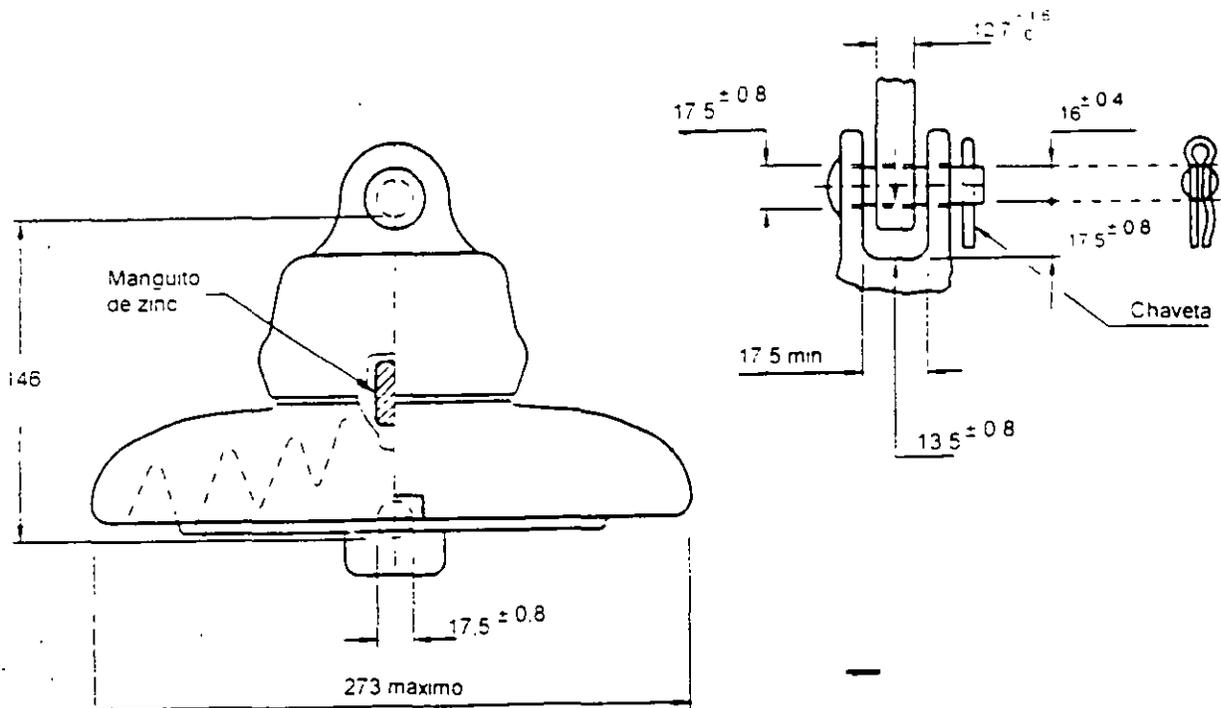
- NOTAS:
- 1- La geometria del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El codigo es para uso admistrativo

Caracteristicas	Clase		52 -1	52-1	52-1	52-1	
	Codigo		201300	2013X2	2013X3	2013X4	
	Descripcion corta		16SVH044	16SPH044	16SVH044C	16SPH044C	
Dimensiones	Diametro y espaciamento		mm	165 x 140	165 x 140	165 x 140	165 x 140
	Distancia minima de fuga		mm	178	178	178	178
Electricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	60	60	60	60
		en humedo	kV	30	30	30	30
	Tension critica de flameo	al impulso positivo	kV	100	100	100	100
		al impulso negativo	kV	100	100	100	100
Tension de perforacion a baja frecuencia		kV	80	80	80	80	
Mecanicas	Resistencia electromecanica		kN	44	44	44	44
	Resistencia al impacto		Nm	5	5	5	5
	Resistencia a la tension (durante 3 s)		kN	22	22	22	22
De radio Interferancia	Tension de prueba a baja frecuencia (fmc a tierra)		kV	7.5	7.5	7.5	7.5
	Tension maxima de radio interferencia 1000 kHz		µV	50	50	50	50
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana	
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta y asia conductores aereos en zonas		Normales		Corrosivas		
Abreviaturas en la descripcion corta		Vease capitulo 8 de esta especificacion					



- NOTAS:**
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-5	52-5	52-5	52-5	
		Código	2028A4	2028A3	2028X2	2028X1	
		Descripción corta:	27SVC111	27SPC111	27SPC111C	27SPC111C	
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	273 x146	273 x146	273 x146	273 x146	
	Distancia mínima de fuga	mm	279	279	279	279	
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80	80
		en humedo	kV	50	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130	130
	Tensión de perforación a baja frecuencia	kV	110	110	110	110	
Mecánicas	Resistencia electromecánica	kN	111	111	111	111	
	Resistencia al impacto	Nm	7	7	7	7	
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)	kN	55,5	55,5	55,5	55,5	
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10	
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50	
Herraje de acoplamiento	Calavera y bola ANSI tipo		J	J	J	J	
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana	
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivas		
Abreviaturas en la descripción corta	Véase capítulo 8 de esta especificación						

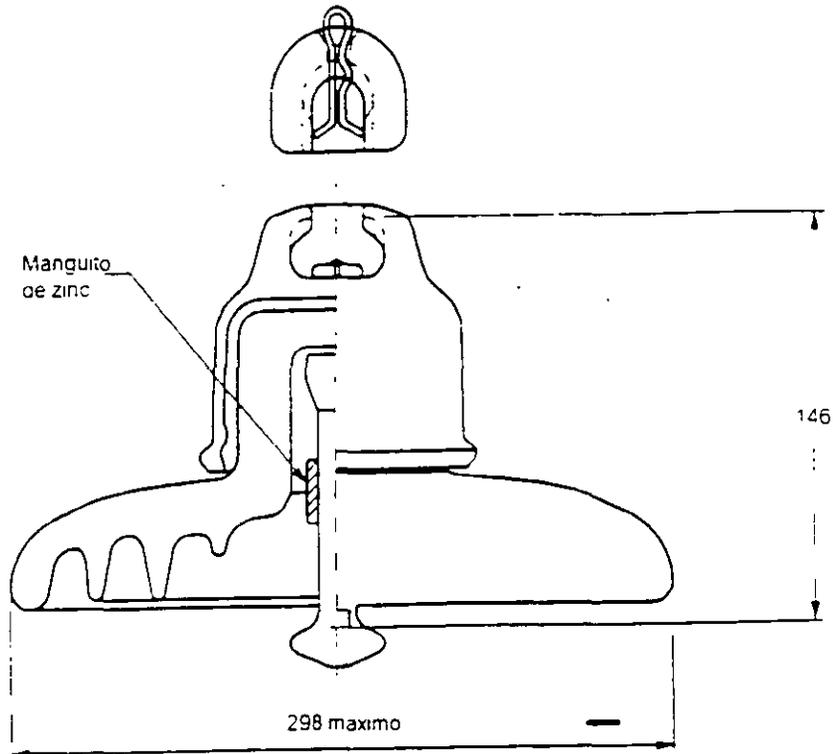


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 3 - Aislador 27S

- NOTAS:
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-6	52-6	52-6	52-6	
		Código	2013X1	2013X5	2013X6	2013X7	
		Descripción corta	27SVH111	27SPH111	27SVH111C	27SPH111C	
Dimensiones	Diámetro y espaciamento		mm	273 x146	273 x146	273 x146	273 x146
	Distancia mínima de fuga		mm	279	279	279	279
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80	80
		en humedo	kV	50	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130	130
Tensión de perforación a baja frecuencia		kV	110	110	110	110	
Mecánicas	Resistencia electromecánica		kN	111	111	111	111
	Resistencia al impacto		Nm	7	7	7	7
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)		kN	55.5	55.5	55.5	55.5
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)		kV	10	10	10	10
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz		µV	50	50	50	50
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana	
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivas		
Abreviaturas en la descripción corta		Vease capítulo 8 de esta especificación					

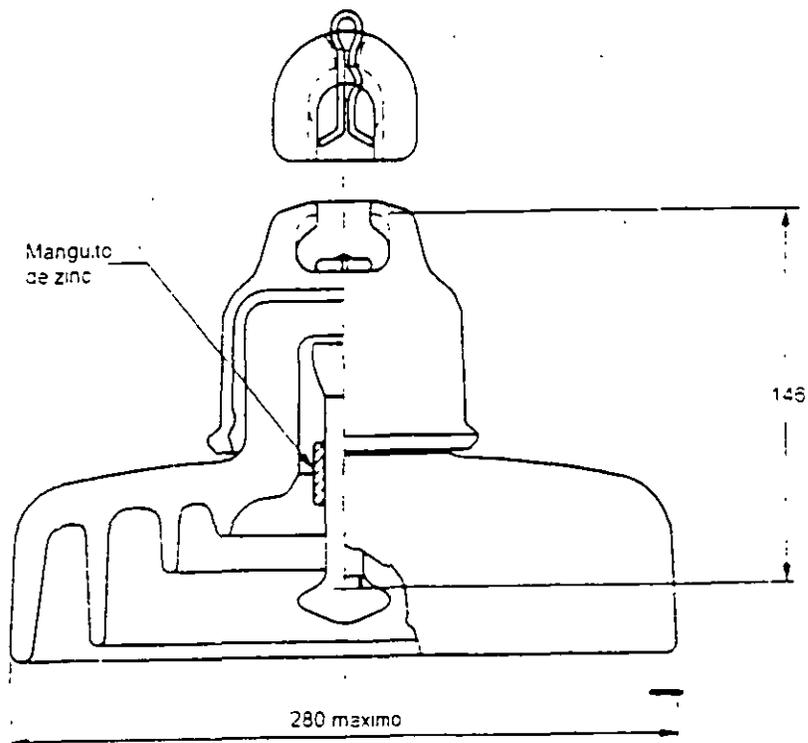


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 4 - Aislador 29S

- NOTAS:
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Código	2028X3	2028X4	
		Descripción corta.	28SPC111C	28SVC111C	
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	280x146	280x146	
	Distancia mínima de fuga	mm	445	445	
Electricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	100	100
		en humedo	kV	60	60
	Tension crítica de flameo	al impulso positivo	kV	140	140
		al impulso negativo	kV	140	140
Tension de perforacion a baja frecuencia	kV	130	130		
Mecanicas	Resistencia electromecanica	kN	111	111	
	Resistencia al impacto	Nm	11	11	
	Resistencia a la tension (durante 3 s)	kN	55.5	55.5	
	Resistencia de carga sostenida-tiempo	kN	67.7	67.7	
De radio Interferencia	Tension de prueba a baja frecuencia (mc a tierra)	kV	10	10	
	Tension maxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	
Herraje de acoplamiento	Calavera y bola ANSI tipo		J	J	
Material			Porcelana	Vidro templado	
			Con manguito de zinc		
Uso	Soporta y aisla conductores aereos en zonas		Corrosivas y contaminacion		
Abreviaturas en la descripción corta	Vease capitulo 8 de esta especificacion				

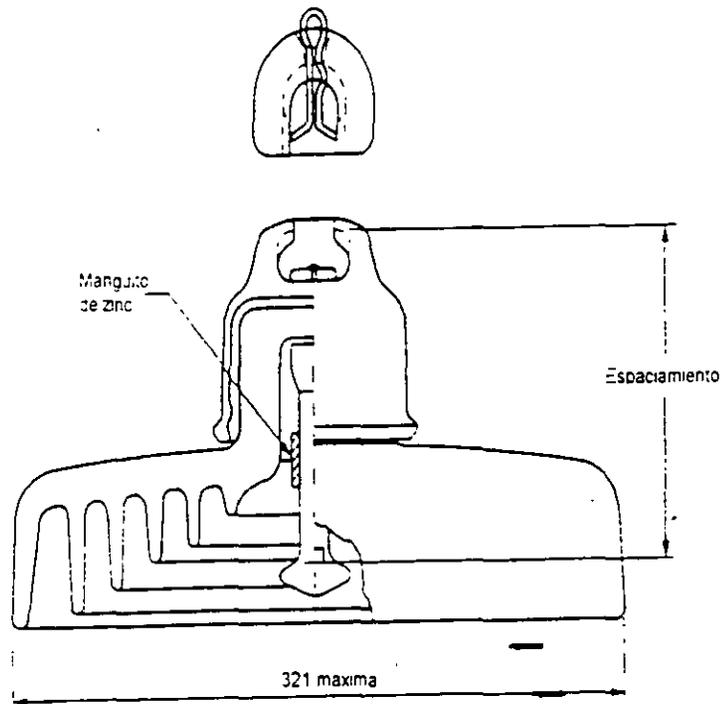


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 5 - Aislador 28S

- NOTAS:
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-8	52-8	52-8	52-8
		Código	2028X6	2028X5	2028X8	2028X7
		Descripción corta.	29SVC160	29SPC160	29SVC160C	29SPC160C
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	298x146	298x146	298x146	298x146
	Distancia mínima de fuga	mm	279	279	279	279
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80
		en húmedo	kV	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130
Tensión de perforación a baja frecuencia	kV	110	110	110	110	
Mecánicas	Resistencia electromecánica	kN	160	160	160	160
	Resistencia al impacto	Nm	10	10	10	10
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)	kN	80	80	80	80
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50
Herraje de acoplamiento		Calavera v bola ANSI tipo	K	K	K	K
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana
			Con manguito de zinc			
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivas	
Abreviaturas en la descripción corta		Vease capítulo 8 de esta especificación				

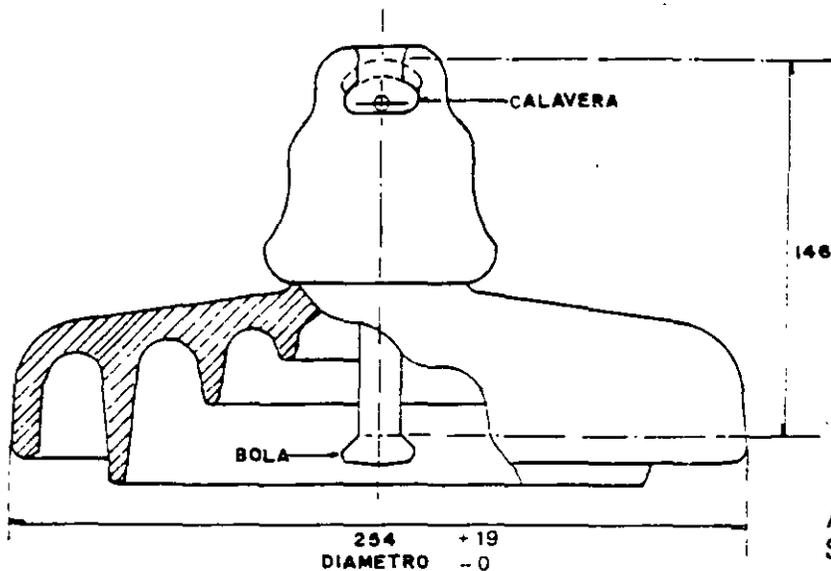


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 6 - Aislador 32S

- NOTAS:
- 1- La geometria del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El codigo es para uso administrativo
 - 3- Estos valores no tienen referencia normalizada, son características particulares requeridas por CFE.

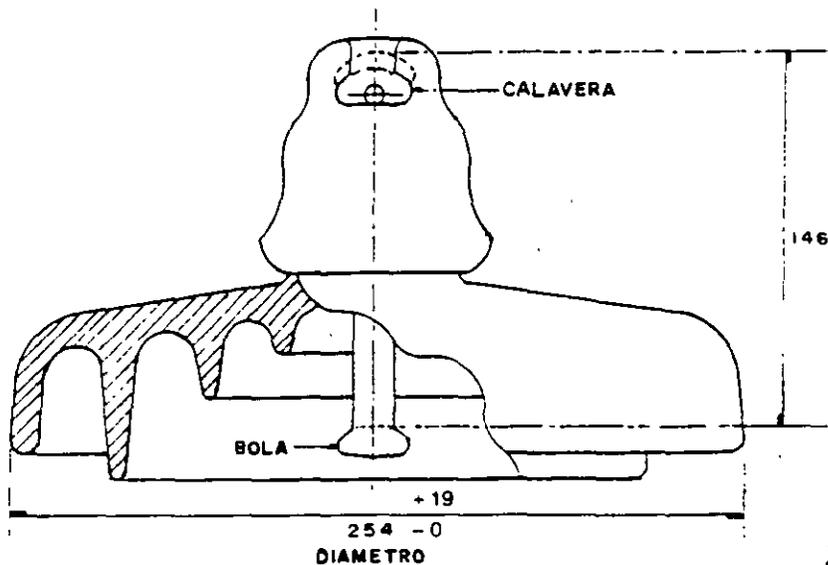
Características		Codigo	2028Y1	2028Y3	2028Y2	2028X9	
		Descripcion corta	32SVC111CM	325VC160CC	32SVC111CM	32SPC160CC	
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	321x146	321x171	321x146	321x171	
	Distancia minima de fuga	mm	612	540	612	540	
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	110	100	110	100
		en humedo	kV	60	65	60	65
	Tension critica de flameo	al impulso positivo	kV	160	170	160	170
		al impulso negativo	kV	170	160	170	160
Tension de perforacion a baja frecuencia	kV	130	130	130	130		
Mecánicas	Resistencia electromecánica	kN	111	160	111	160	
	Resistencia al impacto	Nm	11	45	11	45	
	Resistencia a la tension (durante 3 s)	kN	55.5	80	55.5	80	
	Resistencia de carga sostenida-tiempo	kN	66.5	110	66.5	110	
De radio Interferencia	Tension de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10	
	Tension maxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50	
Herraje de acoplamiento	Calavera y bola ANSI tipo		J	K	J	K	
Material			Vidrio templado		Porcelana		
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta y aisla conductores aereos en zonas		Corrosivas y contaminacion				
Abreviaturas en la descripcion corta	Vease capitulo 8 de esta especificacion						



Acotaciones en mm
Sin escala

Características					
Las dimensiones del vástago, bola y calavera deben cumplir con la clase 52.5					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 x 146			420	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	111200 (11340)	1000 (104)	55600 (5670)	66700 (6804)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en número a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	100	60	150	155	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPNC25 - Porcelana vidriada 10SVNC25 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura a aisl conductores aéreos en zonas contaminadas.				
Descripción corta:	Aislador 10SPNC25		Aislador 10SVNC25		
Clave:	522E4G1310		522E4G2310		
Abreviatura en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión, P - Porcelana; V - Vidrio, N - Niebla; C - Calavera v bola; 25 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

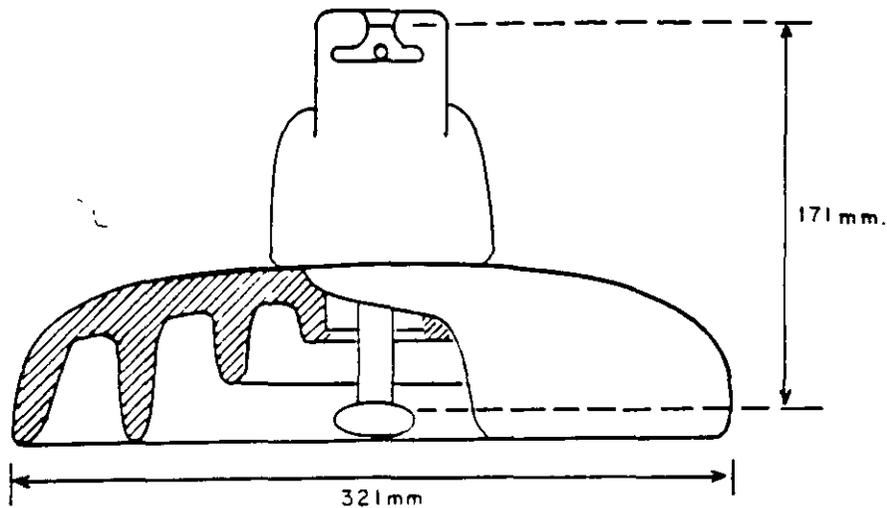
Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.



Acotaciones en mm
Sin escala

Características					
Las dimensiones del vástago, bola y calavera deben cumplir con la clase 52.3					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 x 146			420	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida-tiempo N (kgf)	
	66700 (6804)	1000 (104)	33400 (3402)	44500 (4536)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	100	60	150	155	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rmc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μV	
	10			50	
Material y acabado:	10SPNC 15 - Porcelana vidriada 10SVNC 15 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura, aísia conductores aéreos en zonas contaminadas				
Descripción corta:	Aislador 10SPNC15		Aislador 10SVNC15		
Clave:	522E3G1310		522E3G2310		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; N - Niebla; C - Calavera y bola; 15 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

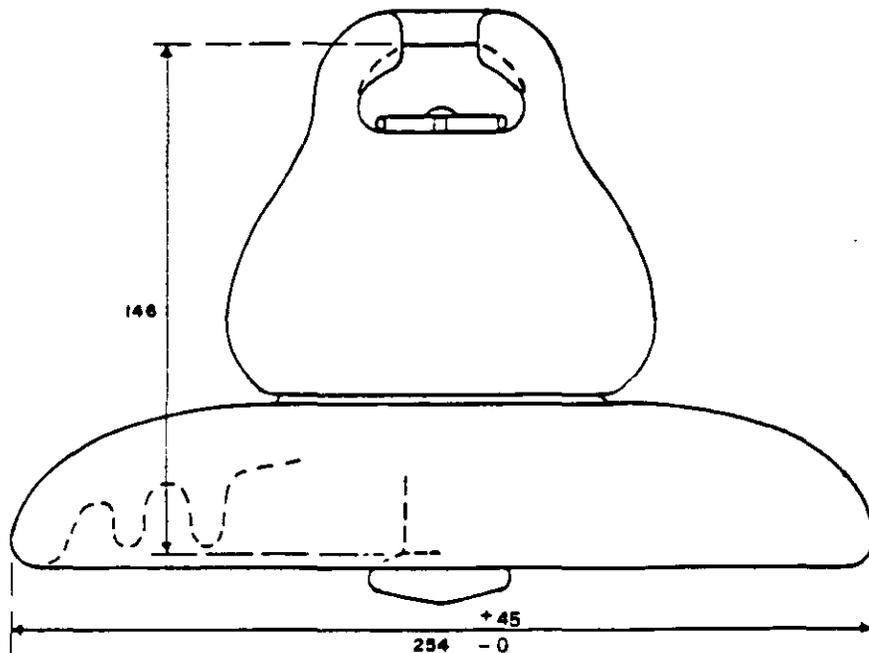
Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador ± 19 mm.



Acotaciones en mm

Características J0

Clase 52.8					
Dimensiones	Diámetro y altura (mm)			Distancia mínima de fuga (mm)	
	321 X 171			540	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N-cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (Kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	160143 (16330)	4511(460)	80071 (8165)	106755(10886)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	110	65	170	160	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			90	
Material y acabado:	<ul style="list-style-type: none"> - Vidrio templado - Manguito de zinc, fundido sobre el vástago. 				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aisla conductores aéreos en zonas contaminadas				
Descripción corta:	Aislador 12SVNC36				
Abreviaturas en la descripción corta:	12-Diámetro del aislador en pg; S.- Tipo suspensión; V- Vidrio N-Niebla; C-Caía vera 36- Resistencia electromecánica en lb x 1000.				
Nota aclaratoria:	Solo para reposición de aisladores similares en líneas ya existentes. No debe considerarse en nuevos proyectos.				

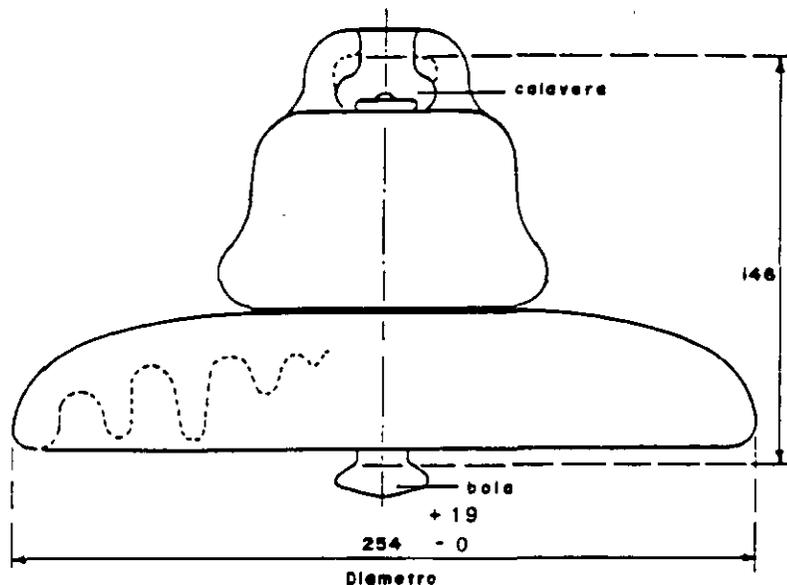


Acotaciones
en mm.

Sin escala

Características					
Clase 52-8					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 X 146			279	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	160200 (16330)	1000 (104)	80100 (8165)	106800 (10886)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rme a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μV	
	10			50	
Material y acabado:	10SPC36 - Porcelana vidriada 10SVC36 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales.				
Descripción corta:	Aislador 10SPC36		Aislador 10SVC36		
Clave:	522E631110		522E632110		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; C - Cálavero y bola; 36 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador ± 19 mm.



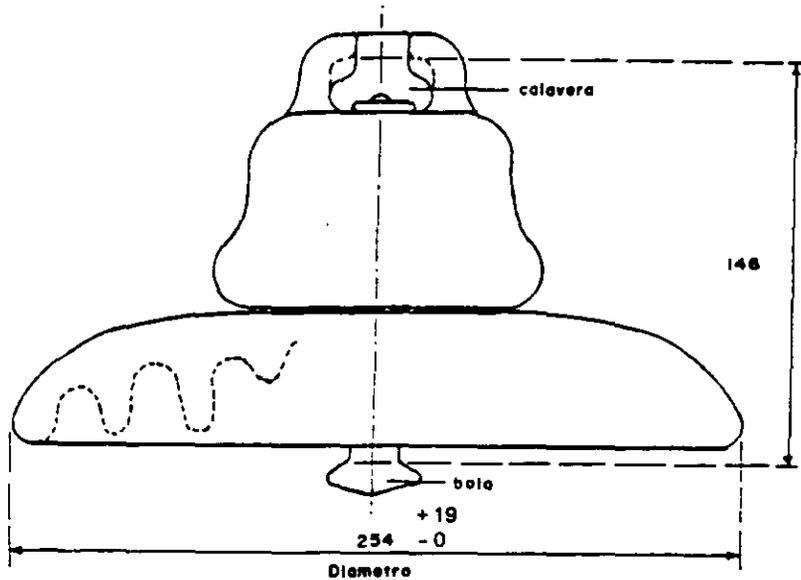
Acotaciones en mm

Sin escala

Características					
Clase 52.5					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 X 146			279	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)		Resistencia al impacto N · cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga-sostenida tiempo N (kgf)
	111200 (11340)		700 (69)	55600 (5670)	66700 (6804)
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPC25 - Porcelana vidriada 10SVC25 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales				
Descripción corta:	Aislador 10SPC25		Aislador 10SVC25		
Clave	522E431110		522E432110		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; C - Calavera y bola; 25 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.

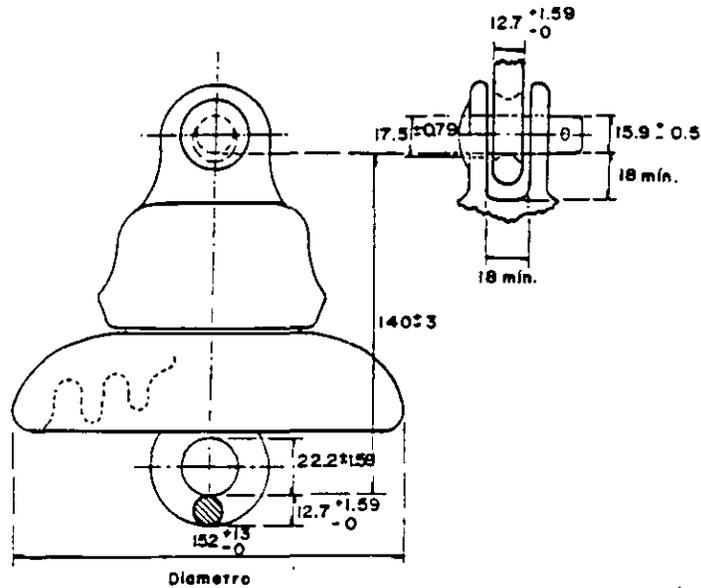
?



Acotaciones en mm
Sin escala

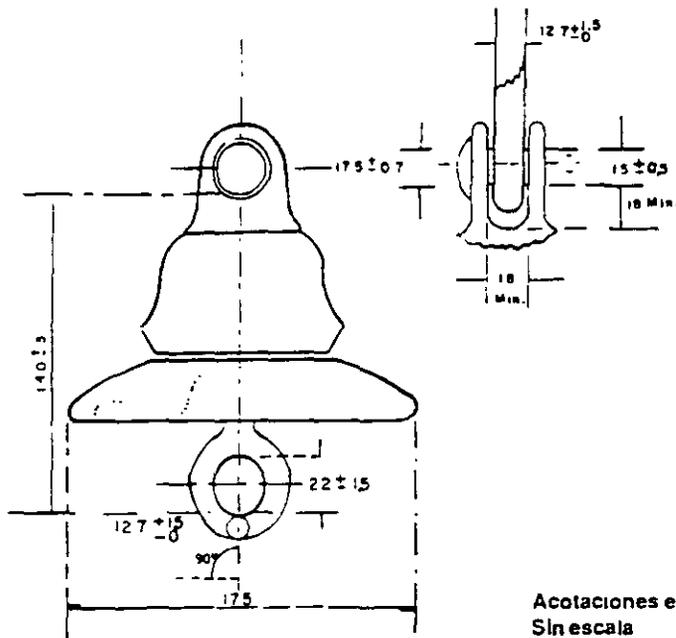
Características					
Clase 52.3					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 X 146			292	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)		Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N(kgf)	Resistencia de carga sostenida- tiempo N (kgf)
	66700 (6804)		600 (63)	33400 (3402)	44500 (4536)
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz. μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPC15 - Porcelana vidriada 10SVC15 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales				
Descripción corta:	Aislador 10SPC15		Aislador 10SVC15		
Clave:	522E331110		522E332110		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - vidrio; C - Calavera y bola; 15 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.



Acotaciones en mm
Sin escala

Características					
Clase 52-1					
Dimensiones	Diámetro y altura mm		Distancia mínima de fuga mm		
		152 X 140		178	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)	Resistencia al impacto N-cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	44500 (4536)	500 (52)	22200 (2268)	26700 (2722)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	60	30	100	100	80
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV		Tensión máxima a 1000 kHz, μ V		
	7.5		50		
Material y acabado:	6SPH10 - Porcelana vidriada 6SVH10 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales				
Descripción corta:	Aislador 6SPH10		Aislador 6SVH10		
Clave	522A111130		522A112130		
Abreviaturas en la descripción corta:	6 - Diámetro del aislador en pg; S - Tipo suspensión; P - Porcelana; V - vidrio H - Horquilla y ojo anular; 10 - Resistencia electromecánica en lb X 1000.				



Acotaciones en mm
Sin escala

Nota: Las tolerancias deben ser verificadas despues del galvanizado

Características

Clase 52.1					
Dimensiones	Diametro y altura (mm)			Distancia minima de fuga (mm)	
	175 X 140			178	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3 s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	44500 (4538)	4511 (460)	22200(2268)	26700 (2722)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en humedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tension de perforacion a baja frecuencia kV
	60	35	88	90	80
De radio interferencia	Tension de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tension maxima a 1000 kHz. μV	
	75			50	

Material y acabado:	Vidrio templado Partes metalicas de hierro maleable galvanizado
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión
Uso:	Acoplado a la estructura aisla conductores aéreos en zonas normales
Descripción corta:	Aislador 7SVH10
Abreviaturas en la descripción corta	7 - Diámetro del aislador en pg; S.- Tipo suspensión; V - vidrio H.- Horquilla y ojo anular; 10 - Resistencia electromecánica en lb X 1000
Nota aclaratoria:	Sustituye al aislador 6SVH10 que actualmente esta fuera del mercado nacional

6.2 Materiales

La porcelana debe cumplir con lo indicado en la especificación CFE 52000-51.

El vidrio debe cumplir con lo indicado en el inciso 8.4 de la norma ANSI C-29.2.

6.3 Acabado

El aislador debe tener un acabado vidriado y liso; de constitución homogénea compacta y libres de porosidades. La homogeneidad debe ser de alta calidad para evitar la absorción de humedad. En los aisladores de porcelana el color debe ser gris y los límites son los colores 25 gris y 5 gris claro de la especificación CFE L0000-15 y para los de vidrio templado debe ser verde translúcido, y los límites son los colores 13 verde hoja y 15 verde claro de acuerdo a la misma especificación.

6.4 Cemento

Debe estar libre de cavidades y no presentar agrietamiento en las partes expuestas al ambiente.

6.5 Vástago

La posición del vástago (ojo anular o bola) debe ser perpendicular al plano del esbozo del aislador, y estar alineado con respecto al eje central del esbozo y calavera como se muestra en las figuras correspondientes. Debe ser de acero de acuerdo con la norma ASTM A-668/A668 M con galvanizado tipo especial de acuerdo con la norma NMX H-004.

6.6 Chavetas

Deben ser de acero inoxidable tipo AISI 316, de acuerdo a la norma NMX B-381, diseñadas de manera que una vez instaladas por el fabricante no tengan movimientos en condiciones normales. Para la calavera del aislador debe ser del tipo R y debe tener ambos extremos alabeados de tal forma que impidan su extracción completa. Para el perno de acoplamiento tipo horquilla, la chaveta debe ser del tipo R (Joroba) véanse las figuras de la 1 a la 6.

Cuando se realicen trabajos en línea energizada, deben operarse con facilidad, para retirar el aislador.

6.7 Perno

Debe ser de acero forjado de acuerdo a la norma ASTM A-668 con galvanizado tipo especial de acuerdo a la norma NMX H-004.

6.8 Galvanizado

Debe ser del tipo especial de acuerdo a la norma NMX H-004.

7 MARCADO DEL AISLADOR

- a) Calavera.
 - valor de la resistencia eléctricomecánica en kN,
 - año de fabricación,

- identificación del fabricante.
- b)** Esbozo de porcelana o vidrio.
- año de fabricación,
- identificación del fabricante,

8 DESCRIPCION DE LAS ABREVIATURAS EN LA DESCRIPCION CORTA

Estas se indican en las tablas de las características técnicas de las figuras de la 1 a la 6.

10 caracteres alfanuméricos.

9 EMPAQUE Y EMBARQUE

9.1 Empaque

Los aisladores deben cumplir con lo indicado en la especificación CFE L0000-11.

Los aisladores deben empacarse en cajas de madera tratada que resista el manejo rudo sin dañar el contenido y almacenaje a la intemperie, con una cantidad máxima de 6 piezas.

Adicionalmente a lo anterior estos se deben entregar sobre flejados y debidamente ordenados para efectuar un conteo rápido; la masa total del conjunto debe ser menor a 1000 kg para mover cada tarima con una cargador frontal (montacargas.)

Se permite además, que en una tarima se acomoden debidamente ordenados y flejados dos o más tipos de aisladores, cuando las cantidades de cada uno de ellos no sea suficiente para completar la carga de una tarima.

9.2 Marcado en el Empaque

Para la identificación del empaque este debe tener las siguientes leyendas en un lugar visible.

- a)** Propiedad de CFE.
- b)** Identificación del fabricante y del proveedor en su caso.
- c)** Indicación de manejo de que es un producto frágil.
- d)** Número de contrato de CFE.
- e)** Número de lote de fabricación
- f)** Cantidad de piezas contenidas.
- g)** Masa bruta y neta en kg y volumen en m³.
- h)** Destino.

- i) País de origen.
- j) Posición y condición de almacenamiento.
- k) Descripción corta del producto.

10 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad del aislador, así como sus partes constitutivas debe ser supervisado por la Gerencia de LAPEM de Comisión de acuerdo con los procedimientos que esta tenga establecidos y cumplir con la especificación CFE L0000-31.

10.1 Prueba de Prototipo

Los aisladores deben cumplir con las pruebas de diseño establecidas en el inciso 8.2 de las normas ANSI C29.1 y ANSI C29.2 y la prueba termomecánica de acuerdo con lo establecido en la norma IEC 575, estas pruebas deben ser sancionadas y aprobadas por la Gerencia de LAPEM.

NOTA: CFE se reserva el derecho de exigir el cumplimiento de las pruebas siguientes.

10.1.1 Resistencia de arco de potencia

De acuerdo al método de prueba siguiente:

Dos cadenas de aisladores seleccionados al azar con 6 aisladores cada uno se deben someter a 6 arcos de potencia cada uno de 6 kA durante 0,2 s a una tensión mínima de 13,8 kV y una frecuencia de 60 Hz.

Durante la prueba se debe aplicar una carga mecánica a la cadena de 0,4 veces la carga nominal electromecánica y el tiempo máximo entre arcos debe ser de 5 min.

Se considera satisfactorio el resultado de esta prueba si no se rompen más de dos esbozos por cadena y si el valor promedio de resistencia mecánica menos 3 desviaciones estándar es mayor al 60% del valor especificado de resistencia electromecánica.

10.1.2 Prueba de perforación al impulso de frente de onda

Los parámetros en forma preliminar, se consideran los establecidos en la publicación IEC SC-36B.WG6

10.2 Pruebas de Aceptación

Son las indicadas en el inciso 8.3 de la norma ANSI C29 2, el muestreo se debe llevar a cabo en base a los lineamientos indicados en la norma MIL-STD-105 E y al procedimiento de inspección de la Gerencia de LAPEM, el cual debe considerar el comportamiento operativo en campo, cuya información será proporcionada por el área usuaria para fijar el nivel de inspección correspondiente.

10.3 Pruebas de Rutina

El proveedor debe realizar las pruebas al 100% de su producción de acuerdo a lo indicado en el inciso 8.4 de la norma ANSI C29.2.

11 GARANTIA

Todos los aisladores tipo suspensión que se indican en esta especificación deben garantizarse en todas sus partes de cualquier problema derivado de vicios ocultos, ocurridos durante su vida útil, la cual no debe ser menor de 30 años. Esta garantía es adicional a la garantía comercial.

12 INFORMACION REQUERIDA

12.1 Con la Oferta

El licitante debe incluir en su propuesta técnica la información siguiente.

- a) El cuestionario técnico contestado (el licitante tiene opción de utilizar otro formato siempre y cuando contenga toda la información requerida y el orden establecido en dicho cuestionario.)
- b) Debe presentar los reportes de prueba de caracterización de la porcelana de acuerdo a lo indicado en las especificación CFE 52000-51 avalados por la Gerencia de LAPEM.
- c) Planos prototipos aprobados por el área usuaria.
- d) Reporte de pruebas de prototipo aprobados por la Gerencia de LAPEM
- e) Catálogo descriptivo de los aisladores en español.
- f) Descripción de la garantía.

INDICE

HERRAJES

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. NORMAS QUE APLICAN
3. DEFINICIONES
4. CLACIFICACION DEL MATERIAL
5. PROCESOS DE FABRICACION
6. ENSAMBLE Y ACABADO
7. CONTROL DE CALIDAD
8. MARCADO
9. ENPAQUE Y ALMACENAMIENTO

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta especificación establece las características mecánicas, dimensionales, tolerancias de fabricación y métodos de prueba, que deben satisfacer los herrajes de material ferroso, con sus accesorios utilizados en la construcción y mantenimiento de redes y líneas aéreas de distribución y subtransmisión, que utiliza la Comisión.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

CFE L0000-11-1988	Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida.
NMX B-252 -1988	Requisitos Generales para Planchas, Perfiles, Tablaestacas y Barras de Acero Laminado, para Usos Estructurales.
NMX B-254-1987	Acero Estructural.
NMX H-004-1995	Recubrimientos de Zinc por el Proceso de Inversión en Caliente para Sujetadores de Herrajes de Hierro y Acero.
NMX H-076-1990	Arandelas Planas.
NMX H-118-1988	Sujetadores Roscados de Acero al Carbono.
NMX H-124-1990	Tornillo de Alta Resistencia para Uniones de Acero Estructural.
NMX H-131-1990	Sujetadores Tipo Máquina - Cabeza Hexagonal.
NMX H-132-1990	Tuercas y Contratuercas Hexagonales Grado Dos.
NMX H-148-1991	Arandelas Helicoidales de Presión Tipo Regular.
NMX H-172-1990	Procedimiento para Soldar Acero Estructural.
NMX J-151-1976	Productos de Hierro y Acero Galvanizados por Inmersión en Caliente.

NMX Z-012/1-1987	Muestreo para Inspecciones por Atributos - Parte 1 -Información General y Aplicaciones.
NMX Z-012/2-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos - Parte 2 - Método de Muestreo, Tablas y Gráficas.
NMX Z-012/3-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos - Parte 3 - Regla de Cálculo para la Determinación de Planes de Muestreo.
ANSI C135.17-1979	American National Standard for Galvanized Ferrous Bolt-Type Insulator Pins With Lead Threads for Head.
ASTM A47M-1990	Standard Specification for Ferritic Malleable Iron Castings. (Metric).
ASTM A213/A213M REV B-1994	Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat - Exchanger Tubes.
ASTM A563-1991	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nots.
ASTM A668-1990	Steel Forgings, Carbon and Alloy for General Industrial Use.
NEMA CC1-1984	Electric Power Conectors for Substations.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en la fecha de apertura de las ofertas de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

3 DEFINICIONES

3.1 Acero Estructural

Barras, perfiles, tubos y otras formas de acero, usadas con propósito de construcción.

3.2 Área sin Galvanizar

Áreas de un artículo galvanizado que no han reaccionado con el zinc durante el proceso de galvanizado.

3.3 Centrifugado

Acción de mover el exceso de zinc fundido, inmediatamente después del galvanizado, mediante el uso de fuerza centrífuga.

3.4 Decapado

La remoción de la cascarilla y óxido de las piezas por inmersión de las mismas en reactivos apropiados, tales como ácido sulfúrico o clorhídrico.

3.5 Doble Inmersión

En caso donde la pieza es demasiado grande para permitir el galvanizado en una sola inmersión, se efectúa una segunda inmersión para galvanizar las áreas no sumergidas en la primera inmersión.

3.6 Asentamiento de Impurezas (dross)

Aleación de hierro-zinc que se forma en el fondo de las tinas, durante el proceso de galvanizado, también se le conoce como escoria.

3.7 Fragilización

Una reducción de la ductilidad normal del metal base como resultado de un cambio físico o químico.

3.8 Galvanizar

Recubrir con una capa de zinc cualquier producto de hierro o acero, para protegerlo contra la corrosión.

3.9 Galvanizar por Inmersión en Caliente

Recubrir con zinc fundido, los productos de hierro o acero, después de que han sido sometidos a un proceso de preparación para lograr que se adhiera en ellos una capa de este metal.

3.10 Hierro Maleable

Hierro fundido convertido estructuralmente por un tratamiento térmico con una matriz de ferrita o perlita que contiene nódulos de grafito revenido (rosetas).

3.11 Hierro Forjado

Es el proceso de formado a productos por golpe o presión.

3.12 Masa de Recubrimiento

La masa del recubrimiento de zinc por unidad de área en el metal base.

3.13 Metal Base

Hierro o acero a recubrir o que ha sido recubierto.

3.14 Trabajo en Frío

Deformación permanente de un metal, abajo de su temperatura de recristalización.

3.15 Defecto Crítico

Defecto que puede producir condiciones inseguras o peligrosas, impide el desempeño o funcionamiento correcto.

3.16 Defecto Mayor

Defecto que puede provocar una falla o reducir en forma drástica la utilidad del producto para el que se destina.

4 CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

Todos los herrajes y accesorios deben cumplir con lo que se especifica a continuación a menos que se indique otra cosa en la especificación CFE particular del producto.

El proveedor debe recurrir antes de iniciar la fabricación de cualquier componente, con el área usuaria y/o Gerencia de LAPEM de Comisión.

4.1 Acero Estructural

Las formas o perfiles de acero estructural que se empleen en la fabricación de los herrajes y accesorios, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- las dimensiones generales deben estar de acuerdo con la norma NMX B-252,
- las propiedades físicas, químicas y mecánicas deben estar de acuerdo con la norma NMX B-254.

4.2 Hierro Maleable

Los productos de hierro maleable o fundido deben cumplir con lo establecido para este material en la norma ASTM A47M.

4.3 Hierro Forjado

Los productos de hierro forjado en los que así se requiera, deben cumplir con la norma ASTM A668.

5 PROCESOS DE FABRICACIÓN

En los procesos de manufactura del producto terminado los herrajes y accesorios deben estar libres de cualquier defecto.

5.1 Cortes

Los cortes que se ejecuten en el material durante la fabricación de los herrajes deben ser estrictamente ortogonales.

5.2 Barrenos

Los barrenos deben ser efectuados por medio de taladro o punzonado.

5.3 Doble

El doblez en los herrajes que lo requieran, se debe efectuar en caliente o en frío, y en cualquier caso las piezas terminadas deben estar libres de agrietamiento o abolsamiento en las zonas afectadas.

5.4 Roscas

Las roscas internas y externas, ajuste y dimensiones generales de los tornillos y tuercas, deben cumplir con la norma ASTM A-563.

Las roscas pueden ser roladas, tarrajadas o maquinadas, manteniéndose en los tres casos el diámetro nominal de la cuerda.

5.5 Soldadura

Cuando se requieran uniones soldadas, se debe cumplir con la norma NMX H-172 y con lo siguiente:

- a) Las uniones soldadas se deben hacer con soldadura de arco o por resistencia. El tipo de unión y la preparación de los extremos en las piezas a soldar, deben cumplir con lo indicado en las especificaciones del producto.
- b) Las superficies de unión de las piezas por soldar deben estar libres de oxidación, escamas de laminación, grasa o cualquier otra impureza.
- c) Los cordones deben ser corridos alrededor o longitudinalmente a toda el área de contacto entre las piezas, de tal manera que se evite la oxidación en los socabados donde es difícil el flujo de zinc durante el proceso de galvanizado.
- d) Los cordones deben ser uniformes y estar exentos de porosidades, carbón y escoria, antes de aplicar cualquier recubrimiento protector.
- e) El uso de electrodos deja frecuentemente residuos que presentan problemas para el proceso de decapado con las soluciones usuales, por lo que todos los residuos de la soldadura se deben eliminar por medio de chorro de arena o cepillo de alambre de acero.
- f) El cordón de soldadura debe estar libre de grietas, escamas, traslapes o porosidades, debiendo presentar además buena apariencia.

5.6 Galvanizado

Todos los herrajes, accesorios y tornillos, deben ser galvanizados por inmersión en caliente, excepto en los casos que se indique otro tipo de acabado en la especificación del producto. Dicho galvanizado debe ser del tipo especial y cumplir con lo indicado en las normas NMX-J-151 y NMX-H-004, tomando en cuenta lo siguiente:

- a) El galvanizado de los herrajes y accesorios se debe efectuar una vez terminadas las operaciones de manufactura.
- b) Las tuercas se deben repasar después del galvanizado, con un machuelo de 0,4 mm mayor en diámetro que el correspondiente al diámetro nominal de la cuerda.
- c) A todos los productos roscados, excepto las tuercas, después de la galvanización, se les debe efectuar una operación de centrifugación para eliminar los excesos que afectan el ajuste de sus partes.
- d) Las tuercas y tornillos deben ser acabados en tal forma, que después de su galvanizado conserven su ajuste y las tuercas puedan atornillarse con los dedos en toda la longitud de la cuerda del tornillo.
- e) La apariencia de la superficie en los productos galvanizados debe ser uniforme y libre de escurrimientos, exceso de áreas sin recubrimiento y burbujas, libre de dross, figuras, rallas, golpes, escamas, rebabas e imperfecciones que afecten las propiedades mecánicas o que presenten rugosidad, ya que deben tener un aspecto terso al tacto.
- f) Se requiere un certificado de calidad, que garantice el acabado de las piezas sometidas al galvanizado.

6 ENSAMBLE Y ACABADO

6.1 Piezas y Componentes

El componente de cada herraje o accesorio debe estar formado por elementos de una sola pieza, a menos que se indique otra cosa en las especificaciones particulares del producto. En este último caso, deben ser complementados con los materiales descritos como componentes adicionales del producto, por lo cual cada proveedor debe suministrar armados o ensamblados dichos componentes completos con cada producto.

6.2 Tornillos y Tuercas

6.2.1 Material

Los tornillos y tuercas que se suministren para el ensamble de los herrajes y sus accesorios deben ser de acero, de bajo contenido carbón SAE grado A, de acuerdo a las normas NMX-H-118, NMX-H-131 y NMX-H-132, fabricados en frío o en caliente.

Para las tuercas consultar y cumplir con todo lo establecido en la norma ASTM A563.

6.2.2 Forma y Dimensiones

El diámetro, longitud y forma de cabeza de tuerca y tornillos, deben cumplir con lo indicado en la especificación particular del producto.

Las cabezas de tornillos deben cumplir con la norma NMX H-131. Las tuercas deben corresponder a las de tipo regular de la norma NMX H-132 . Los tornillos y pernos de los herrajes y accesorios, se deben suministrar con tuerca y chaveta, cuando así lo indique la especificación particular del producto correspondiente.

6.3 Accesorios

6.3.1 Arandelas Planas

Las arandelas planas deben ser conforme a la norma NMX H-124 y cumplir dimensionalmente con lo indicado en la norma NMX-H-76.

6.3.2 Arandelas de Presión

Las arandelas de presión deben ser de acero al carbón, endurecido, tipo resorte helicoidal y cumplir con lo indicado en la norma NMX-H-148.

6.3.3 Alfileres

Los alfileres para aisladores deben cumplir con la norma ANSI C135.17 y con las especificaciones correspondientes del producto en particular.

6.3.4 Chavetas

Deben ser de acero inoxidable de AISI-316, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM A-213.

6.4 Masa

La masa de los herrajes en ningún caso debe variar más del 5% de la masa indicada en las especificaciones correspondientes de cada producto.

6.5 Dimensiones y Tolerancias

Las dimensiones de los herrajes y accesorios, deben ajustarse a lo establecido en las especificaciones de producto correspondiente y en su caso a las tolerancias indicadas en la tabla 1 de esta especificación.

6.6 Acabado de Herrajes y Accesorios

El acabado de los herrajes y accesorios no deben presentar grietas, escamas, porosidades o cualquier otra imperfección que afecte la resistencia mecánica o la apariencia de los mismos.

TABLA 2 - Referencia de los materiales forjados y de fundición

Materiales forjados (1)
Bola y Ojo Calavera y Ojo Calavera y Horquilla Eslabón para grapa de tensión a compresión Gancho Bola Gancho Ojo Grapas Paralelas Grilletes Horquillas Pija 13 Tornillos Máquina Tuercas de Ojo Yugos
Materiales de fundición (2)
Aro 84 Marco 84 Tapa 84 Dados Grapa Amortiguador Grapa Remate Grapa Suspensión Guardacabo de Aluminio Amortiguador

NOTA: Los materiales enlistados en esta tabla, son orientativos no limitativos.

7 CONTROL DE CALIDAD

7.1 Certificados de Calidad

a) Material.

El proveedor debe entregar antes de las pruebas los certificados de calidad del metal empleado en la fabricación de los herrajes y sus accesorios. No se aceptan reparaciones ni resanes y las partes deben estar libres de defectos de fundición.

b) Galvanizados.

El proveedor debe entregar antes de las pruebas, el certificado de calidad del galvanizado.

7.2 Muestreo

Se debe llevar a cabo de acuerdo con lo indicado en las normas NMX-Z-12/1, NMX-Z-12/2 y NMX -Z-12/3, usando un nivel de inspección II para un plan de muestreo simple normal con los niveles de calidad indicados a continuación:

	Nivel de calidad
- defectos críticos	1,0
- defectos mayores	4,0
- defectos menores	N/A

7.2.1 Clasificación de defectos

En las tablas 3,4,5 y 6 se muestran los defectos críticos, mayores y menores que se consideran al llevar a cabo la inspección y pruebas por el inspector del LAPEM de la Comisión. La inspección comprende detectar lo siguiente:

- defectos en los herrajes en su acabado final,
- defectos en los herrajes fabricados por forja,
- defectos en los herrajes fabricados por fundición,
- defectos en los herrajes fabricados por maquinado y troquelado.

7.2.2 Inspección

El proveedor debe proporcionar al personal de Comisión las facilidades para tener libre acceso a sus instalaciones, a fin de inspeccionar la materia prima, procesos de fabricación, precisión de los instrumentos de control y medición, así como los productos terminados, incluyendo los procedimientos y registros que apoyan estas actividades.

7.3 Pruebas

Deben efectuarse todas las pruebas indicadas en las normas que se citan en el capítulo 2 de esta especificación, aplicando los métodos de prueba que las mismas señalan.

7.3.1 Pruebas mecánicas

Los herrajes y accesorios deben cumplir con las pruebas que marcan las normas citadas en el capítulo 2 de esta especificación, así como con las indicadas en las especificaciones correspondientes de cada producto.

7.3.2 Pruebas eléctricas

Cuando la especificación del producto así lo indique, éste debe ser sometido a las pruebas siguientes:

- a) Elevación de temperatura.
- b) Efecto corona visual.
- c) Radiointerferencia.

Los valores de prueba que deben cumplir, son los indicados en la norma NEMA CC1.

TABLA 3 - Clasificación de defectos del acabado final

Inciso	Galvanizado fuera de especificación	Crítico	Mayor
a	Espesor	x	
b	Escamas		x
c	Escurrimiento		x
d	Exceso de material	x	
e	Burbujas		x
f	Aristas filosas *		x
g	Gotas		x
h	Roscas		x
i	Tuercas	x	
j	Escorias	x	
k	Limpieza		x
l	Manchas por fundente		x
m	Crispones		x
n	Grumos	x	
o	Asentamiento de impurezas (dross) *		x
p	Adherencia	x	
q	Áreas sin galvanizar	x	

TABLA 4 - Clasificación de defectos del acabado por forja

Inciso	Concepto	Crítico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Tensión mecánica	x	
d	Limpieza		x
e	Pliegues	x	
f	Burbujas		x
g	Manchas por fundente		x
h	Cristales		x
i	Grumos *	x	
j	Espesor	x	
k	Adherencia	x	
l	Áreas desnudas	x	

NOTA: * para defectos de cualquier tamaño

TABLA 5 - Clasificación de defectos en los herrajes fabricados por fundición

Inciso	Tipo de defecto	Crítico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Dimensiones internas	x	
d	Dimensiones externas	x	
e	Posición y tamaño de barreno	x	
f	Poros *	x	
g	Aristas filosas *	x	
h	Grietas *	x	
i	Tensión mecánica	x	
j	Dureza	x	
k	Ensamble	x	

TABLA 6 - Clasificación de defectos en los herrajes fabricados por maquinado y troquelado

Inciso	Concepto	Crítico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Dimensiones internas	x	
d	Dimensiones externas	x	
e	Grietas visibles*	x	
f	Tensión mecánica	x	
g	Rebaba *		x
h	Arista filosas*	x	
i	Filo	x	

8 MARCADO

8.1 En el Producto

Para facilitar la identificación de cada producto debe ser marcado con el logotipo o marca de fabricación indicando además el número de lote y año de fabricación. En los productos fabricados en acero forjado o maleable, se deben marcar además la resistencia mecánica de ruptura. Las marcas deben ser estampadas en alto o bajo relieve antes de galvanizar, a fin de quedar perfectamente visibles después del acabado del producto.

8.2 En el Empaque

Cuando el herraje o accesorio requiera empaque, deben aparecer en un lugar visible y en español, los siguientes datos que faciliten su identificación: nombre genérico, (descripción

corta), especificación del producto correspondiente, marca o logotipo del proveedor, cantidad y masa, así como las precauciones que se deben observar en el manejo del producto.

El empaque debe proteger al producto durante el viaje desde el lugar de fabricación hasta el sitio, incluyendo seis (6) meses de almacenamiento en el nivel y bajo las condiciones que se recomienden y que hayan sido aprobadas por la entidad de Comisión que lo haya adquirido.

El empaque debe hacerse de tal forma que permita un recuento rápido sin destruir o vaciar el empaque.

8.3 Nomenclatura

La designación y codificación de los herrajes y accesorios, para efectos de requisitos, pedidos, entrega y manejo por almacenes, se debe hacer conforme se describe en la especificación CFE del producto correspondiente.

9 Empaque y Almacenamiento

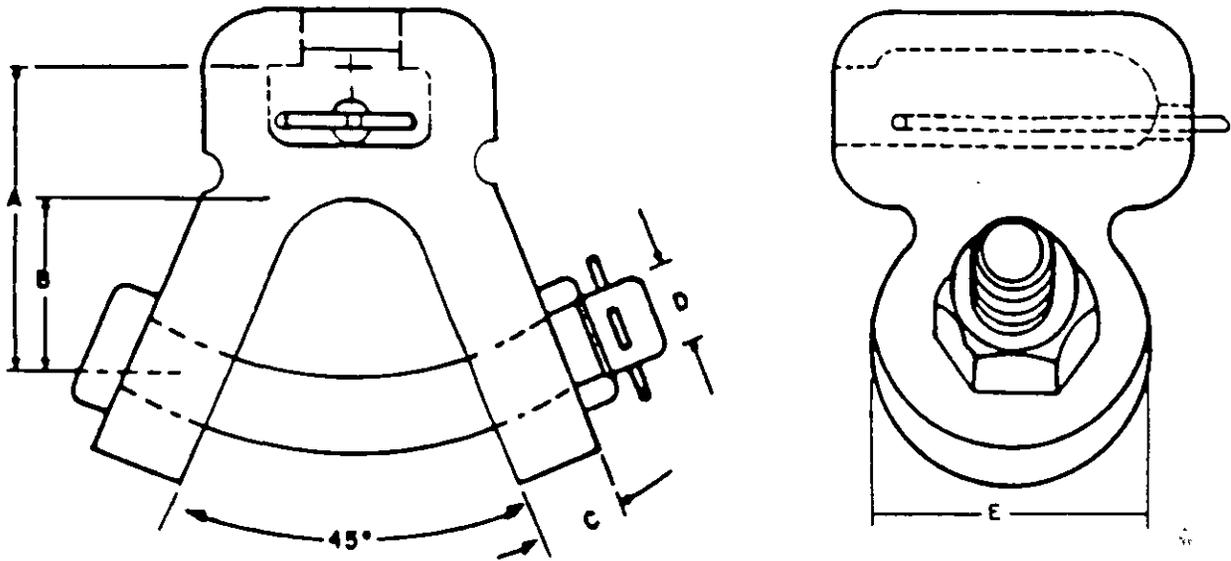
El empaque requerido, así como las recomendaciones de almacenamiento para cada material, se estipulan en la especificación del producto correspondiente. En términos generales, el empaque solicitado debe ser lo suficientemente fuerte para soportar un manejo rudo, presentar la resistencia necesaria para su transporte hasta los puntos de almacenamiento y de utilización, cumpliendo con lo indicado en la especificación CFE L0000-11, indicando la cantidad que ampara cada partida, con identificación clara y permanente.

Adicionalmente a lo anterior, para piezas menores de 3 m y masas hasta 50 kg, éstas se deben entregar sobre tarima (para mover con cargador frontal o montacarga), flejadas y debidamente ordenadas para efectuar un conteo rápido.

Se permite además, que en una tarima se acomoden debidamente ordenados y flejados dos o más tipos de herrajes, cuando las cantidades de cada uno de ellos no sea suficiente para completar la carga de una tarima.

Solo se permite el uso de alambre o fleje galvanizado en amarres o atados de empaques, salvo lo que se indique en la especificación particular del producto.

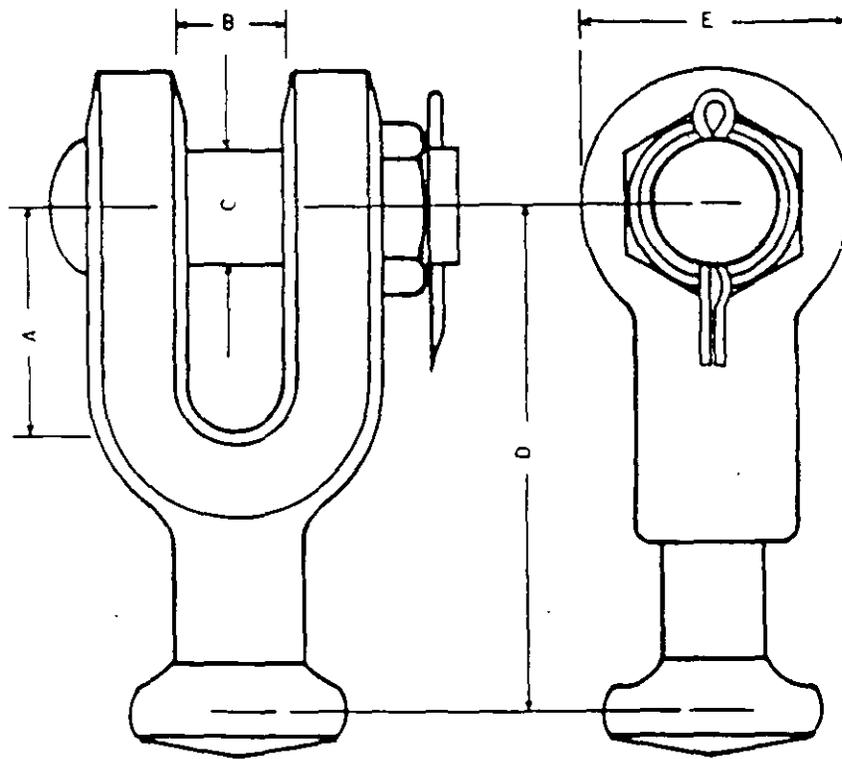
Cuando se usen cajas para empaque estas deben ser de plástico, lámina galvanizada o madera con espesor mínimo de 13 mm.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA kg	CLASE
2C2AC73302	58	30	13	19	48	1336 (13620)	1.13	52.5
2C2A684392	63	35	16	22	60	2227 (22700)	2.27	52.8
2C2AD14392	69	39	16	22	60	2227 (22700)	2.27	52.8

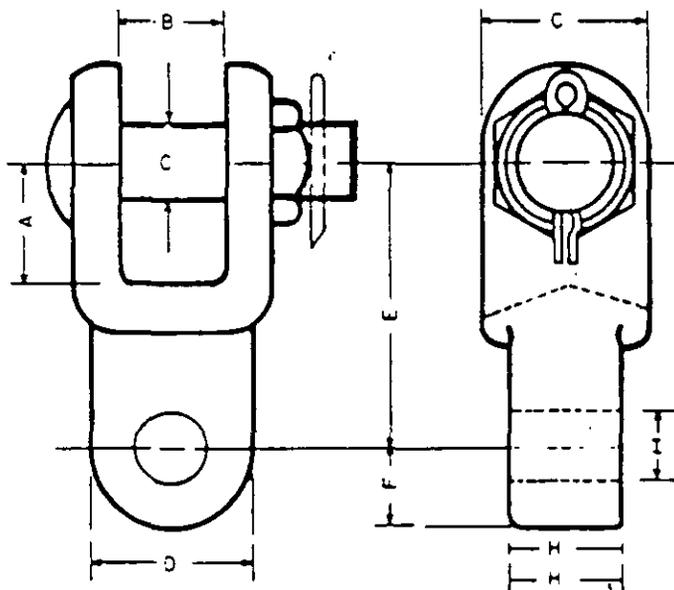
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleable galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Conjuntos de suspensión vertical 2 conductores por fase Conjuntos de suspensión en "V" 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg	CLASE
2H3B021111	49	24	22	106	56	160.2 (16380)	1.2	52.8

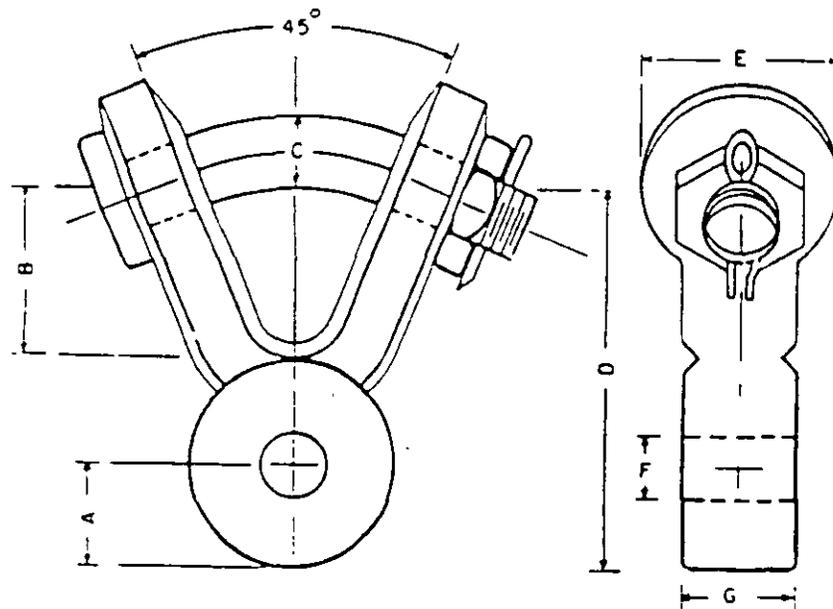
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm -
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 -01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT -01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo R de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN	MASA kg
2H3B072211	35	21	16	44	70	22	45	30	18	112.2 (11340)	1.247
2H3B072451	35	21	16	44	70	22	45	42	18	222.7 (22700)	1.361

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 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:	Chaveca tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg.
2H3D091331	21	41	22	62	45	21	44	133.6 (13620)	1.04

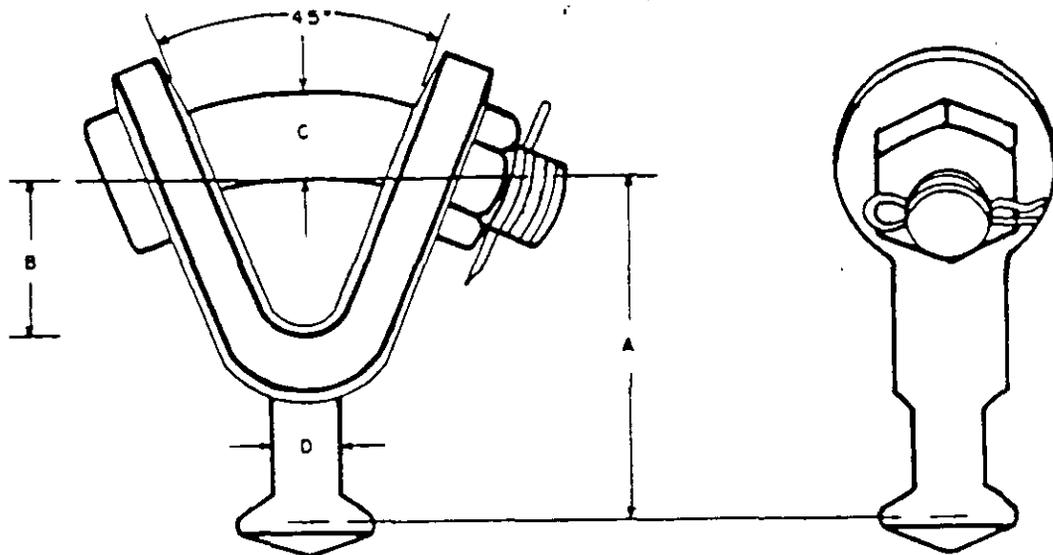
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleable galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 H1LT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical; 2 conductores por fase En conjuntos de suspensión en "V"; 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo R de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA "Y" BOLA

ESPECIFICACION

CFE 2H1LT-06

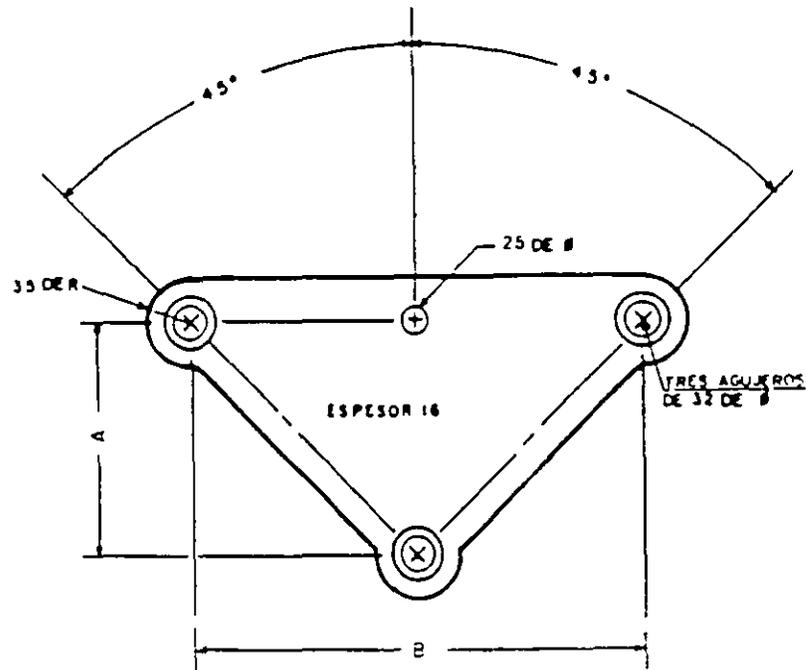
1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg	CLASE
2H30093261	76	38	19	18	111.2 (11340)	0.86	52.5
2H30091111	100	46	22	23	160 (16360)	1.27	52.8

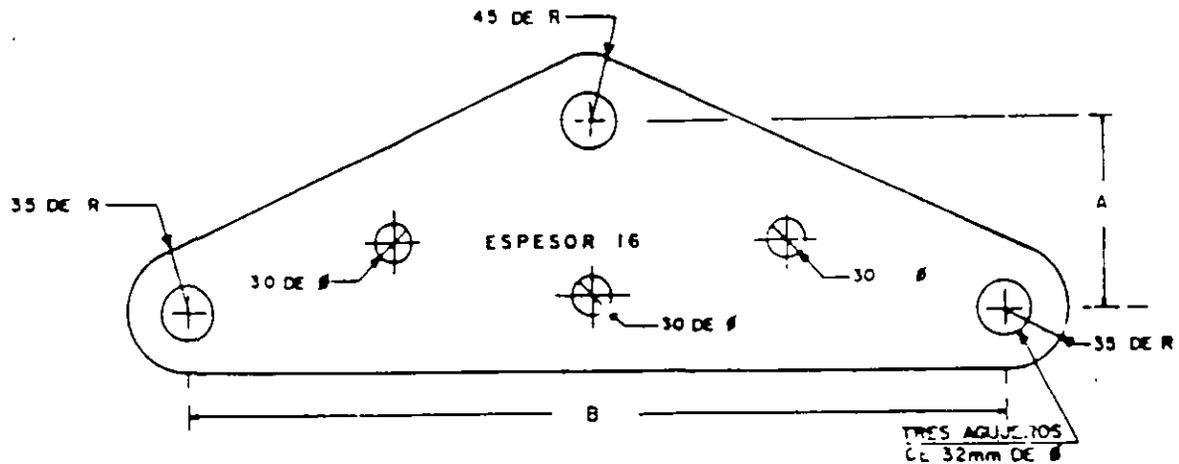
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical: 1 y 2 conductores por fase En conjuntos de suspensión en "Y": 1 y 2 conductores por fase En conjuntos de tensión: 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11211011	108	216	112.2 (11340)	2

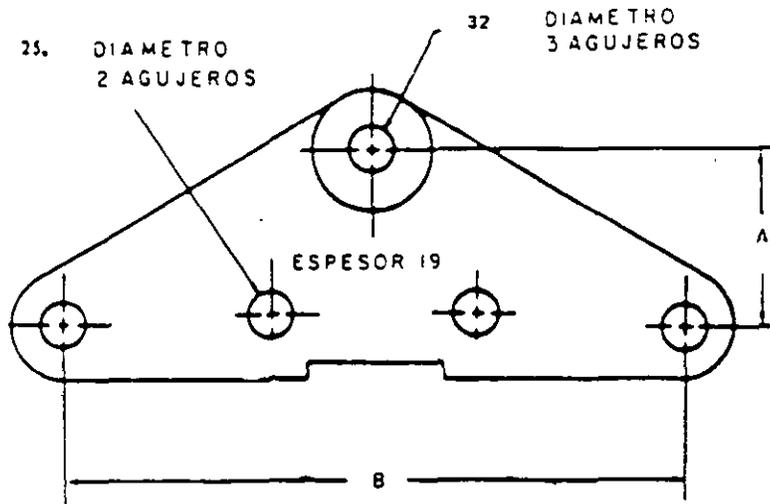
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión en "V": 1 conductor por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y.1221011	108	450	111 2 (11340)	12.7

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural 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 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11220221	127	457	267 (27240)	15.22

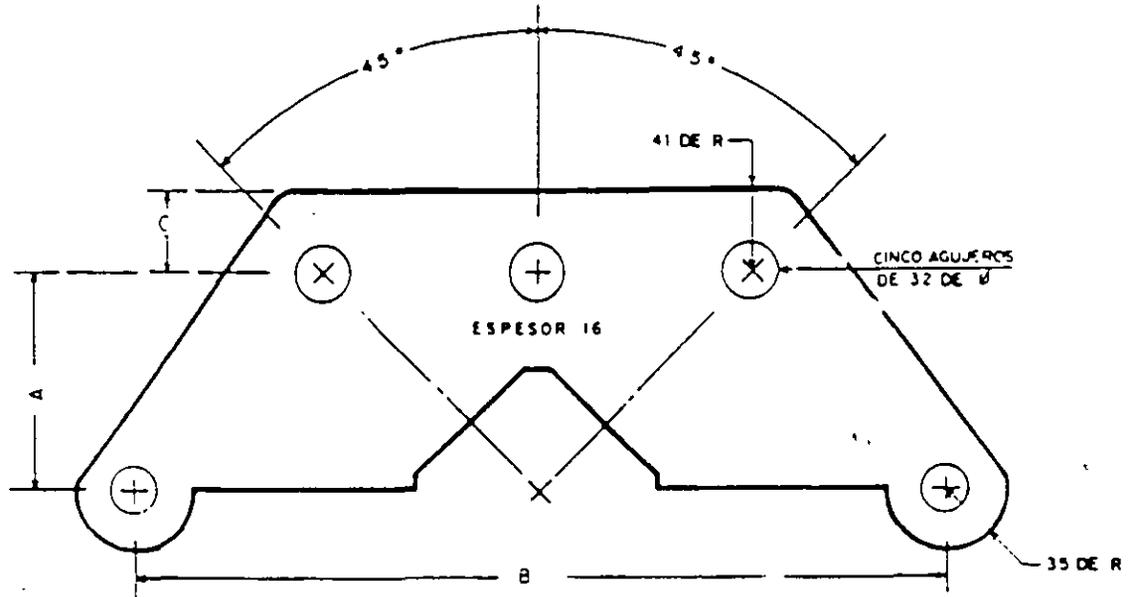
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

YUGO TRAPEZOIDAL V2

ESPECIFICACION

CFE 2H1LT-10

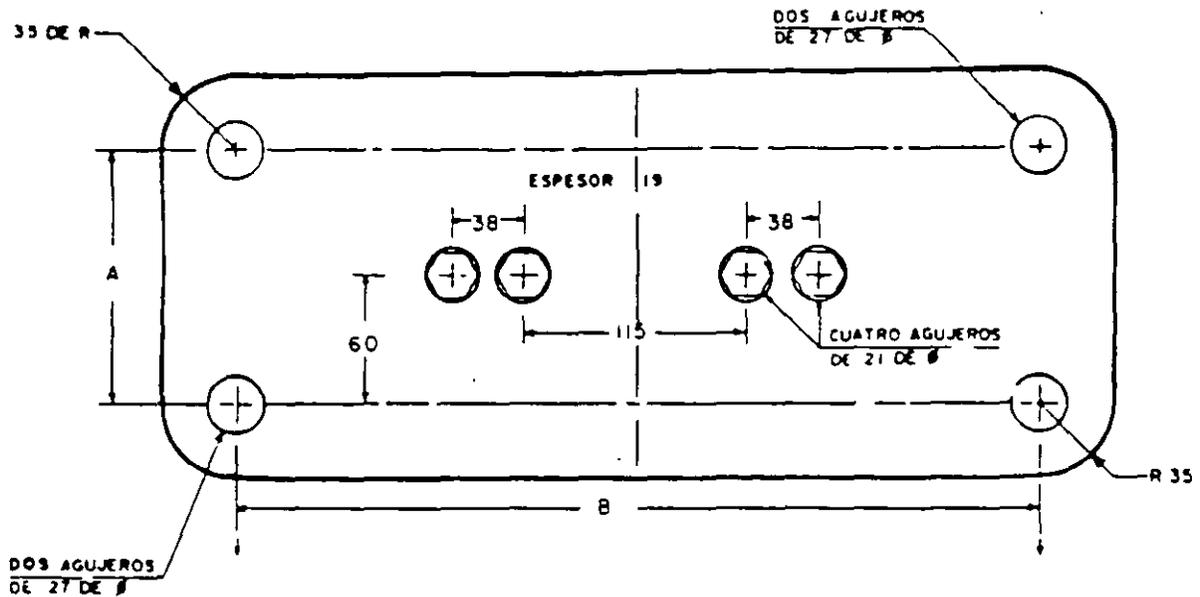
1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11624011	127	450	41	III 2 (11340)	8

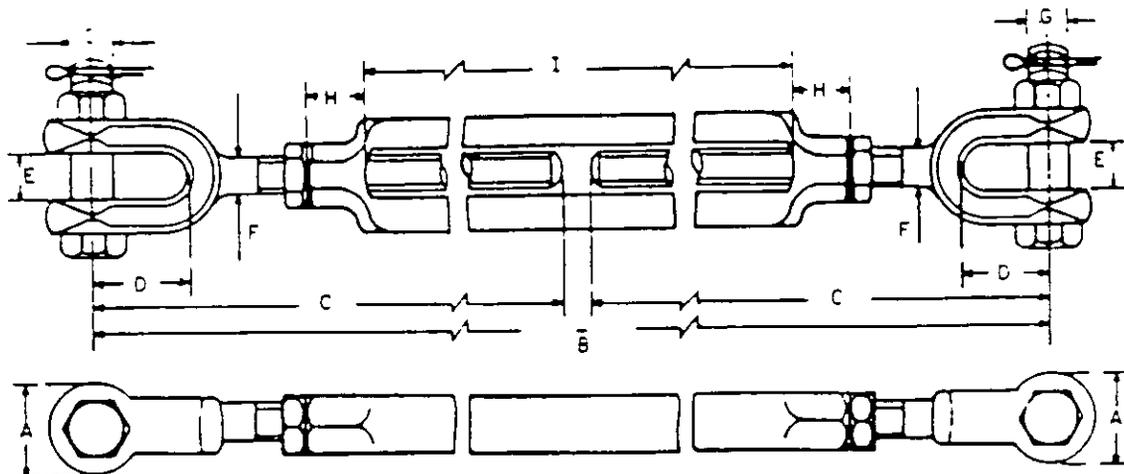
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E - 2 HILT - 01 Herrojes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensiones en "V" para 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA kN (kg)	M	A	S	A
					EN	kg	
2Y11626042	140	450	2227 (22700)			15.2	

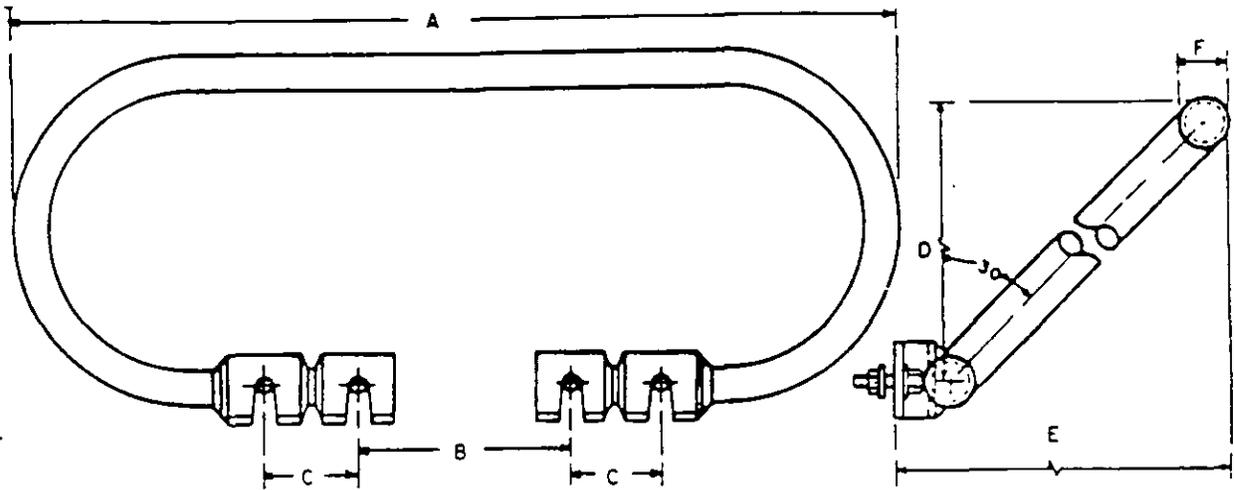
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para dos conductores por fase.
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN(kg)	MASA kg.
2T3EUVY731	46	413-	206	54	29	22	22	33	152	160.2 (16330)	2.0
2T3EUVY831	46	565	206	54	29	22	22	33	152	160.2 (16330)	2.0

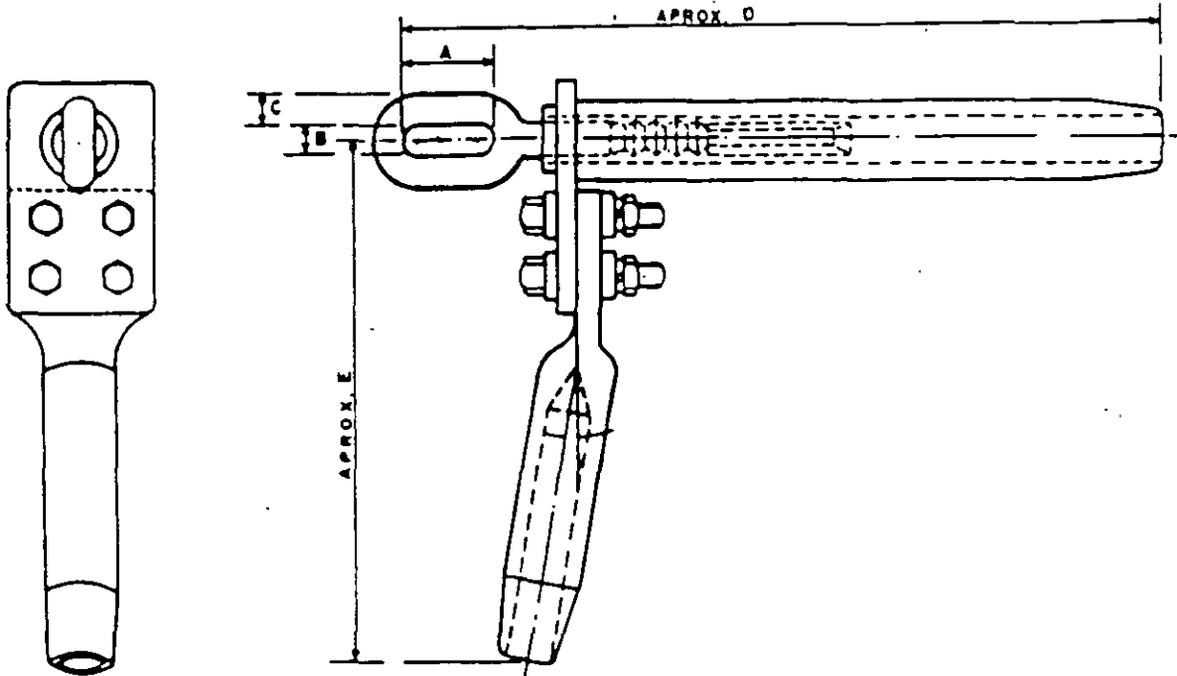
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	fi	n	S	A
								EN	kg	
51A0.0:1AL	930	115	38	275	300	48			1.60	

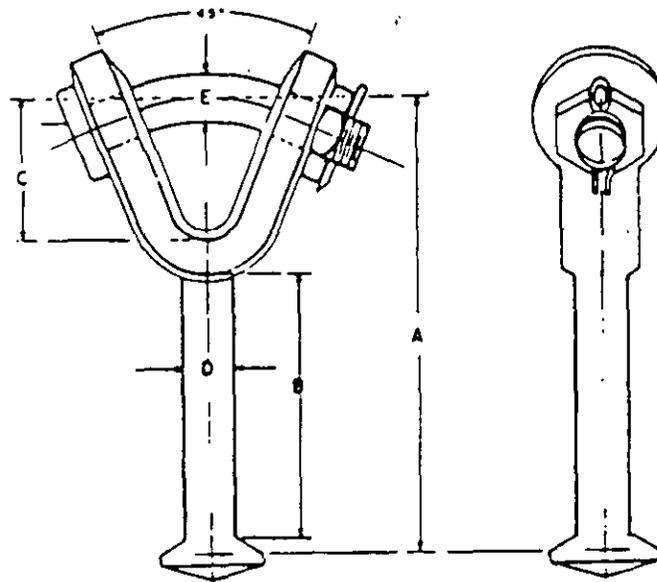
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aluminio (ASTM - B108)
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	CABLE kCM	RESISTENCIA A LA RUPTURA
2621600012	55	20	18	480	280	477	95% De la del cable
2621600117	60	26	24	590	300	795	95% De la del cable
2621600012	60	26	24	610	310	900	95% De la del cable
2621600012	60	26	24	620	325	1113	95% De la del cable

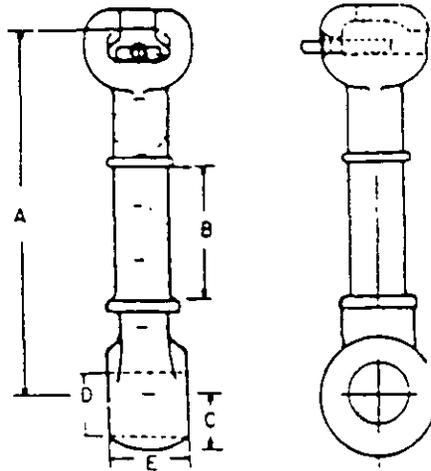
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Cuerpo: Aluminio Eslabon Acero
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tension de uno y dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg	CLASE
2H3B081311	246	149	48	22	19	133.6 (13620)	1.27	52.5
2H3B061441	259	152	48	22	22	222.7 (22700)	1.68	52.8

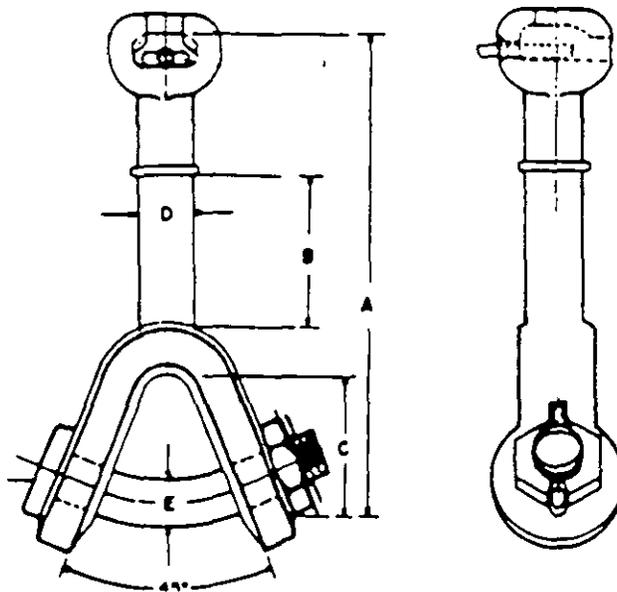
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En todos los conjuntos de suspensión y tensión de 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg.	CLASE
2C3AC85501	254	152	25	30	32	133.6 (13620)	1.406	52.5

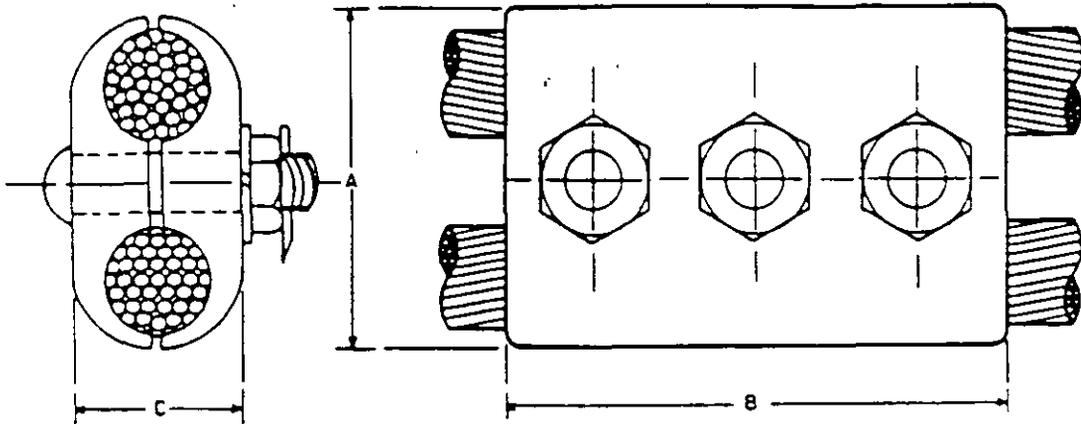
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o Hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión vertical para un conductor por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg.	CLASE
2C2A593382	262	152	49	22	19	133.6 (13620)	1.6	52.5
2C2A174392	273	150	52	30	22	222.7 (22700)	3.4	52.8

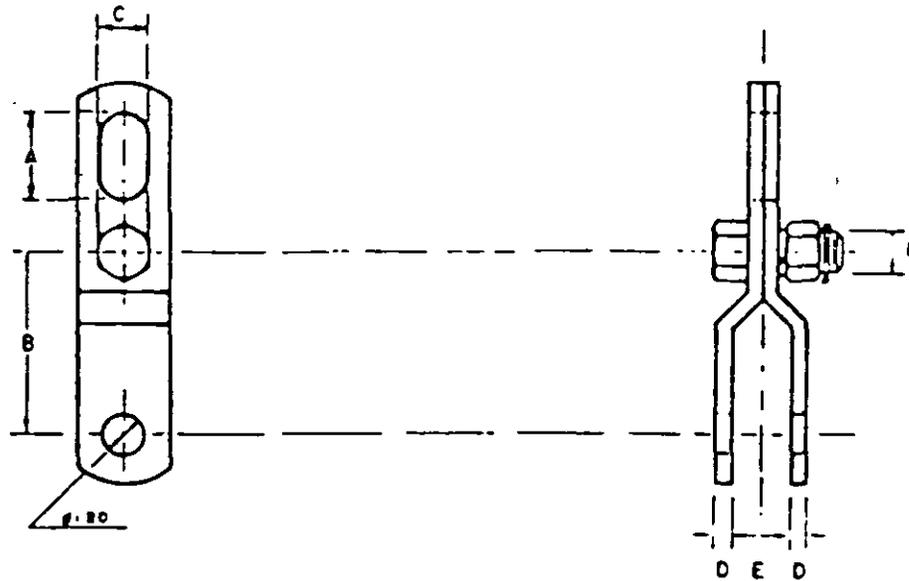
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleabe galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En todos los conjuntos de suspensión y tensión de uno y dos conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	DIAMETRO CABLE KCM	A	B	C
552000A66A	CONECTOR 477	477	74	140	60
552000B66A	CONECTOR 795	795	105	165	80
552000B66A	CONECTOR 900	900	105	165	80
552000C66A	CONECTOR 1113	1113	128	180	95

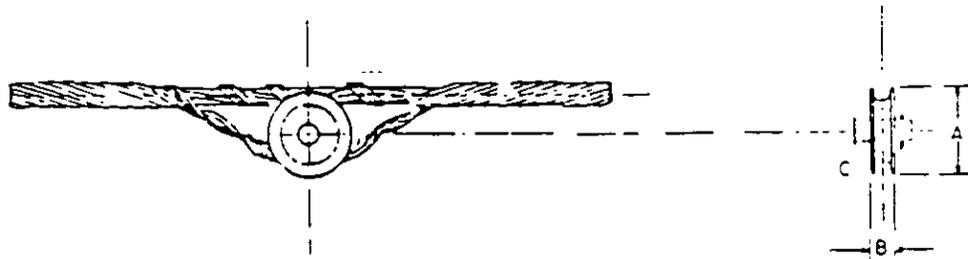
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aleacion de Aluminio-Silicio, alta resistencia mecánica
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrojes para Líneas de Transmisión
USO:	Conexión de cable a cable ACSR en transposiciones y puentes en torres de tensión
ACCESORIOS:	Arandela de presión
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas de acuerdo con la norma NEMA CCI o NOM-J-383
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg
2E1AP00032	44	90	17	13	32	111.2 (11340)	1.06

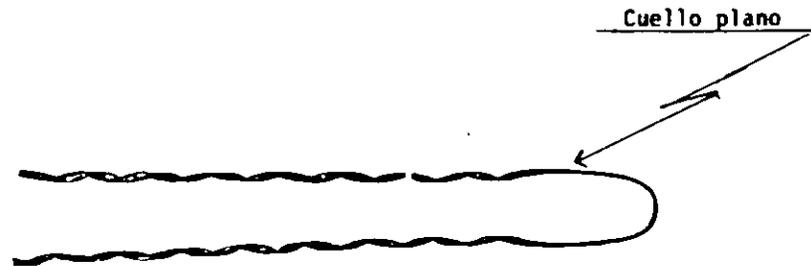
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión preformado para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)
8TLA000000	86	28	21	111.2 (11340)

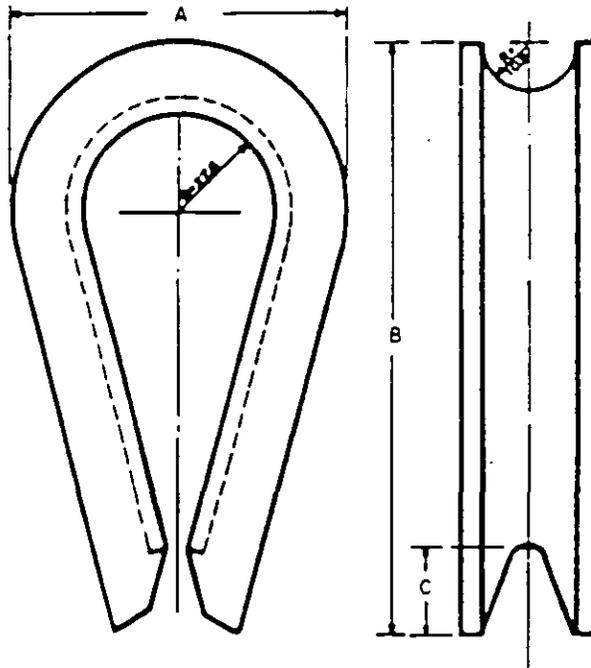
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Polea: Acero estructural galvanizado Preformado: Acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión preformado para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	LONGITUD mm	DIAMETRO DEL CABLE
517H58627P	REMATE PA 9.5	889	9.5

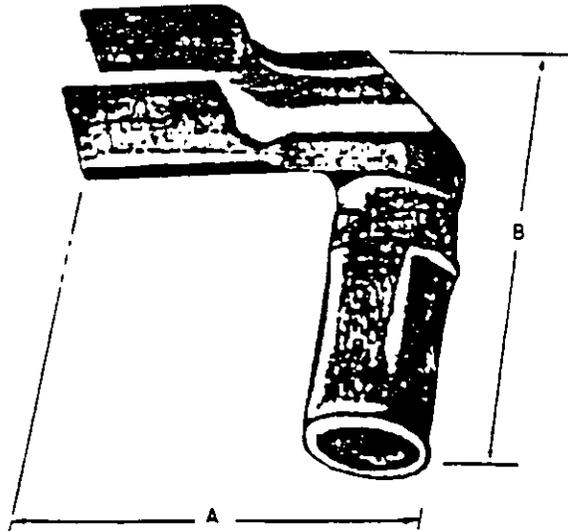
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Varillas preformadas de acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Rematar cable de guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas: Debe soportar una carga de deslizamiento no menor del 95% de la carga de ruptura del cable
ABREVIATURAS:	Remate PA 9.5 Remate preformado de acero 9.5



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	MASA EN kg
2R3A21C08E	79	122	24	0.085

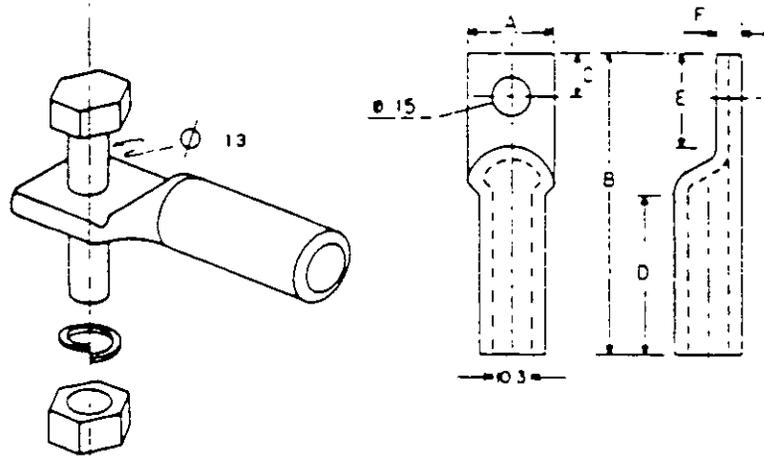
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Lamina de acero, galvanizado calibre No 12 USG
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT- 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En remates de cable de guarda
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	MASA kg
5590003003	79	79	0.15

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aleacion de aluminio o acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Conexion de cable a cable de guarda de acero galvanizado, 9.5 mm o 7 No.8 AAS
PRUEBAS:	Carga de deslizamiento del cable, mínimo 5% de la carga de ruptura del cable
ACOTACIONES:	En milímetros
ABREVIATURAS:	AAS Acero con aluminio soldado



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	MASA kg
5580007033	32	92	13	41	35	8	0.022

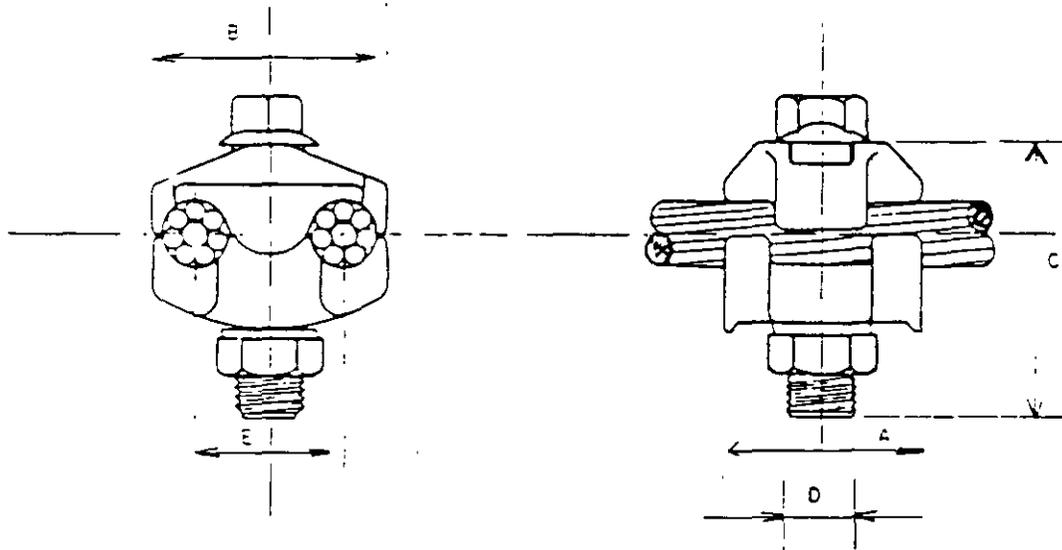
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de aluminio o acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO	Conexión de bajada del cable de guarda con las torres (acero galvanizado 9.5mm o 7 Nº 8 AAS)
ACCESORIOS:	Un tornillo de acero galvanizado de 13 mm de diámetro y longitud específica, con arandela de presión y tuerca
ACOTACIONES:	En milímetros.
ABREVIATURAS:	AAS Acero con aluminio soldado

CONECTOR PARALELO

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-25

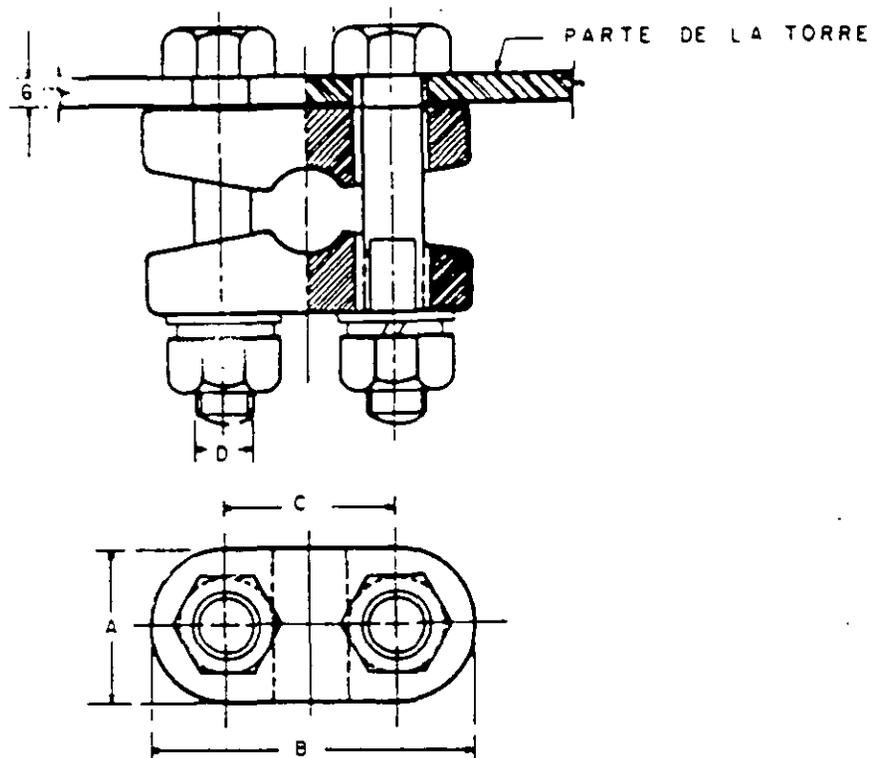
i de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	MASA EN kg
5520066BNB	50	41	40	95	21	0.26

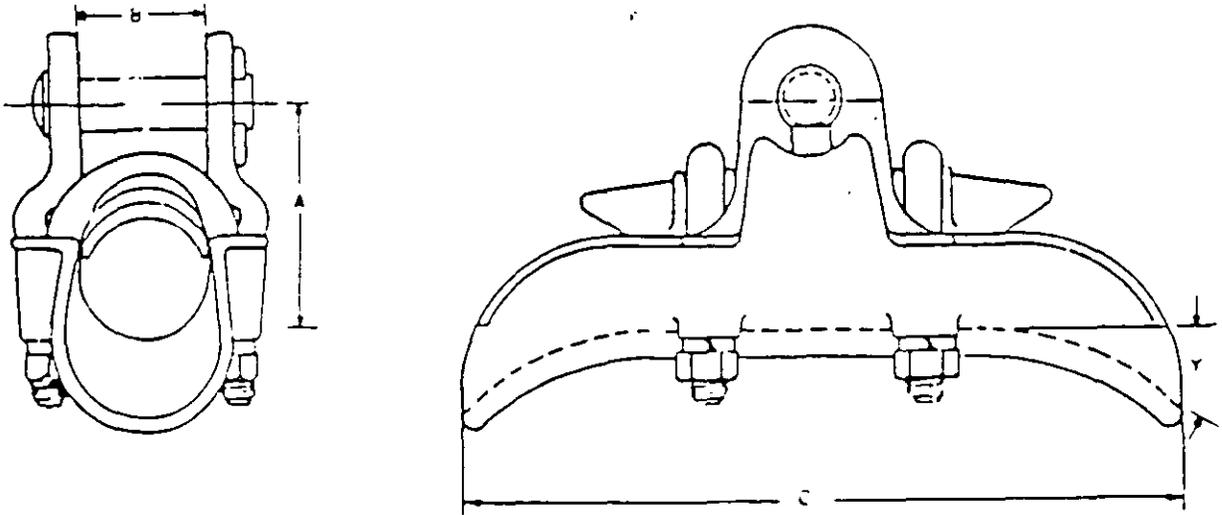
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Cuerpo del conector. acero forjado galvanizado Tornillo, Arandela y Tuerca: acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Conexión de dos cables a superficie plana
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	MASA EN kg
55B000A04A	30	64	34	13	0.26

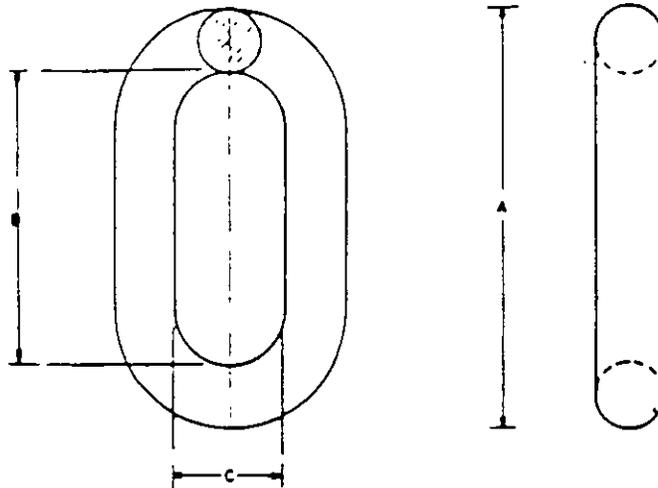
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado galvanizado o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para el cable de guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	Y	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg
ZCSAF2VI00	52	19	171	30°	75.714 (7718)	0.86

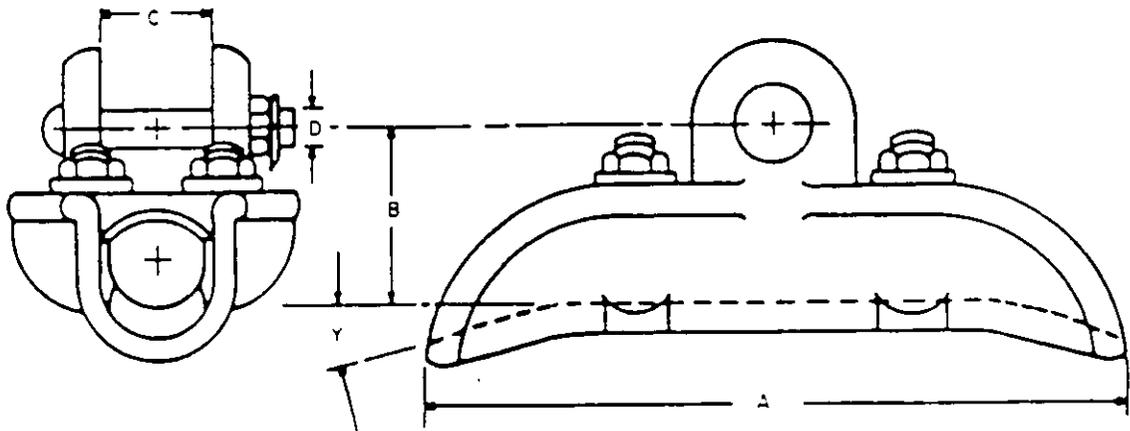
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de Aluminio-Silicio, alta resistencia mecánica o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E - 20000-01 Herrajes para accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN(kg)	MASA kg
2EiAR01060	82	57	25	135.6 (13620)	0.20

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 guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	Y	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg
2C5AF4CK00	270	89	55	16	20°	111.2 (11350)	2.22

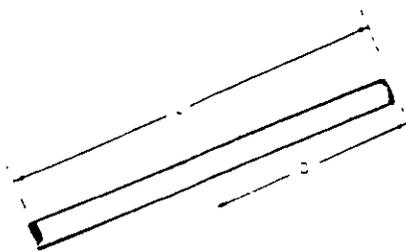
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación aluminio - Silicio, alta resistencia mecánica
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical y de suspensión en "V": 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	VARILLAS			PARA CABLE ACSR kCM
		Número	Diámetro	Longitud	
513A7Y82LF	VARILLAS PREFORMADAS ACSR 1113	12	9.27	2540	1113

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aleacion de aluminio, con los extremos en forma de pico de loro. ("Parrot bill")
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E 2H1LT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical y de suspensión en "V": 2 conductores por fase
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	RANGO DEL CABLE	L mm	D mm	MASA kg
512KA9710A	EMPALME CA 8	CABLE DE ACERO 8	187	92	0.25
512KIM0062	EMPALME CAAS 3N ₀ 8	CABLE AAS	165	81	0.20
512KAB012A	EMPALME CA 9.5	CABLE DE ACERO 9.5	343	170	0.77
512KIROARA	EMPALME CAAS 7N ₀ 8	CABLE AAS 7 N ₀ 8			

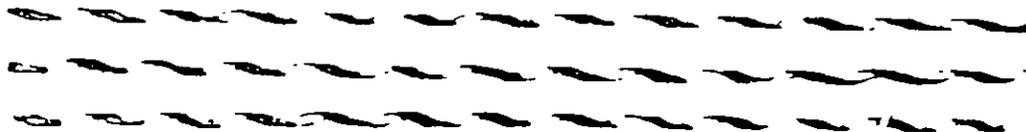
MATERIAL, FORMA Y ACABADO: Tubo de acero codminizado recubierto interiormente con partículas de carburo de silicio.

ESPECIFICACION GENERAL: CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios
CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión

USO: Para unir dos cables de acero galvanizado o dos cables de acero aluminio soldado

PRUEBAS: Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas.

ABREVIATURAS: CA 8 Cable de acero de 8 mm de diámetro, alta resistencia
CA 9.5 Cable de acero de 9.5 mm de diámetro, Siemens-Martín
AAS: Acero aluminio soldado



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	Nº DE SUB JUEGOS	LONGITUD DE LAS VARILLAS	PARA CABLE
512 DA972 K3	EMPALME PA 8	3	1067 mm	CABLE DE ACERO DE 8 mm DE DIAMETRO ALTA RESISTENCIA
512 DA973 L3	EMPALME PA 9.5	3	1270 mm	CABLE DE ACERO DE 9.5 mm DIAMETRO SIEMENS - MARTIN

MATERIAL, FORMA Y ACABADO Varillas preformadas de acero galvanizado, agrupadas en 3 subjuegos

ESPECIFICACION GENERAL: CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios
CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión

USO: Para unir dos cables de acero galvanizado

PRUEBAS Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas

ABREVIATURAS
EMPALME PA 8: Preformado para cable de acero de 8 mm de diámetro
EMPALME PA 9.5: Preformado para cable de acero de 9.5 mm de diámetro



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

Clave	Designación	Para conductor ACSR	Longitud (mm)		M A S A Kg
			ALUMINIO	ACERO	
512H31H1FA	EMPALME 336 4 (26/7)	336 4 KCM (26/7)	635	165	1 32
512H3BH1GA	EMPALME 477 (26/7)	477 KCM (26/7)	654	187	1 45
512H5BH1RA	EMPALME 795 (26/7)	795 KCM (26/7)	724	165	1 90
512H5HT2AA	EMPALME 900 (54/7)	900 KCM (54/7)	954	343	2 40
512H5PR1BA	EMPALME 1113 (45/7)	1113 KCM (45/7)	787	187	1 77

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Manguito exterior Aleación de aluminio Manguito interior Acero cadminizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios - CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Ls de T
USO	Para unir dos conductores ACSR
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ABREVIATURAS:	Ls de T = Líneas de transmisión

EMPALME PREFORMADO PARA CABLE DE ALUMINIO
DE ACERO RECUBIERTO DE ALUMINIO SOLDADO

CFE 20000-0
CFE 24111-01

Página 1



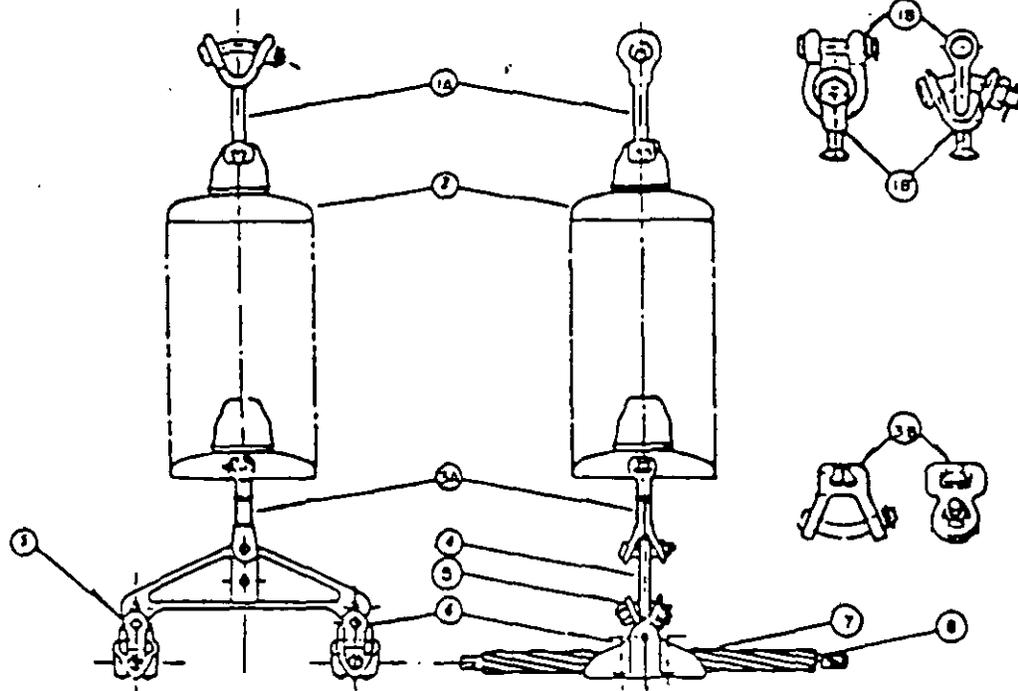
DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS

Clave	Designación	Número de subjugos	Longitud de las varillas	Para cable
512F12743	Empalme PAAS 3 / 8	3	71 mm	CABLE AAS CALIBRE 3 Nº 6
512F12728B	Empalme PAAC 7 / 8	3	165 mm	CABLE AAS CALIBRE 7 Nº 8

MATERIAL, FORMA Y ASESADO	Varillas preformadas de acero recubierto de aluminio soldado, agrupadas en 3 jugos
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 0 Herrajes y Accesorios CFE - 24111 - 01 Herrajes para LS de T
USO	Para unir dos cables de acero recubierto de aluminio soldado
PRUEBAS	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ABREVIATURAS	EMPALME PAAS: Empalme preformado de acero recubierto de aluminio soldado

ALTERNATIVA "A"

ALTERNATIVA "B"



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

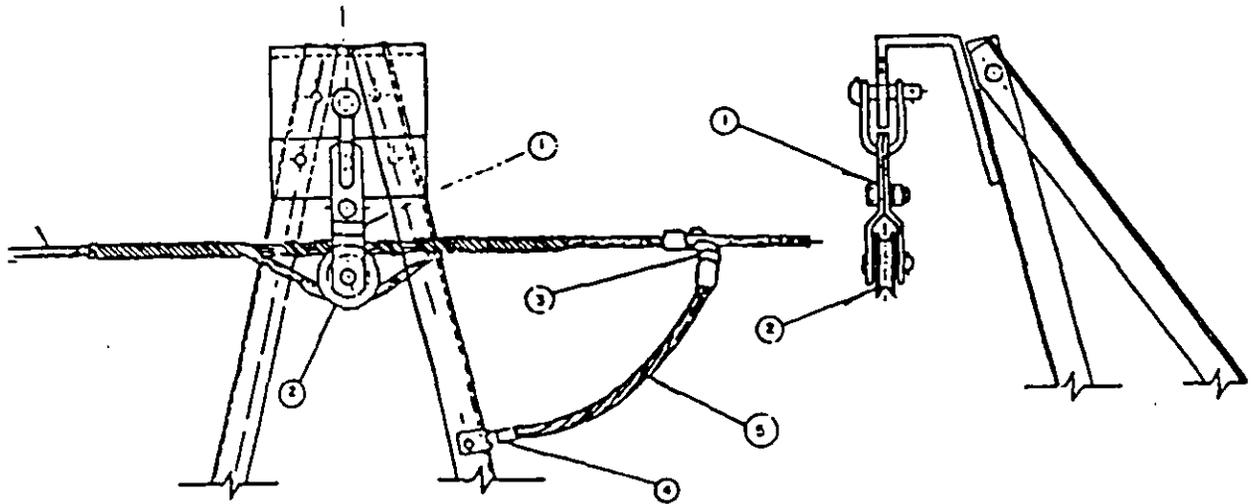
PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1A	Horquilla "Y" Bolo largo	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-15
2	Aisladores		Se adquieren por separado	
3A	Calavera horquilla en "Y" largo	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo triangular I 2	1	Acero estructural o hierro maleable galvanizado	2 HILT-08
5	Horquilla "Y" ojo corto	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-05
6	Grapa de suspensión III3	2	Aleación aluminio y silicio	2 HILT-29
7	Verillas protectoras	2	Aluminio	2 HILT-30
8	Cable conductor ACSR		Se adquiere por separado	
1B	Grillete	1	Acero forjado galvanizado	2 G300-84
1B'	Horquilla "Y" Bolo corto	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-06
3B	Calavera horquilla en "Y" corto	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20 000 - 01 Herrajes y accesorios
	C.F.E. 2HILT - 01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. 2HILT - 41 Conjuntos de herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES: (la CFE las definirá)	Alternativa:
	Esfuerzo electromecánico
ABREVIATURAS:	Calibre del conductor:
	Ls. de T. = Líneas de Transmisión

CONJUNTO DE SUSPENSION PREFORMADO
PARA EL CABLE DE GUARDA

ESPECIFICACION
C.F.E. 2HILT-48

1 de 1



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

PART.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Estabón para Cable de Guarda	1	Acero estructural galvanizado	2 HILT-19
2	Juego de Suspensión Tipo Polea	1	Acero galvanizado	2 HILT-20
3	Conector o Compresión Cable a Cable	1	Lámina de acero galvanizado	2 HILT-23
4	Conector o Compresión de Cable a Solera	1	Aleación de aluminio y acero galvanizado	2 HILT-24
5	Cable de Guarda	Se odquiera por separado		

ESPECIFICACION GENERAL:

C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios

C.F.E. 2HILT-01 Herrajes para Ls. de T.

C.F.E. 2HILT-41 Conjuntos de Herrajes para Ls. de T.

CARACTERISTICAS PARTICULARES
(La CFE las definirá)

Esfuerzo electromecánico

Calibre del conductor:

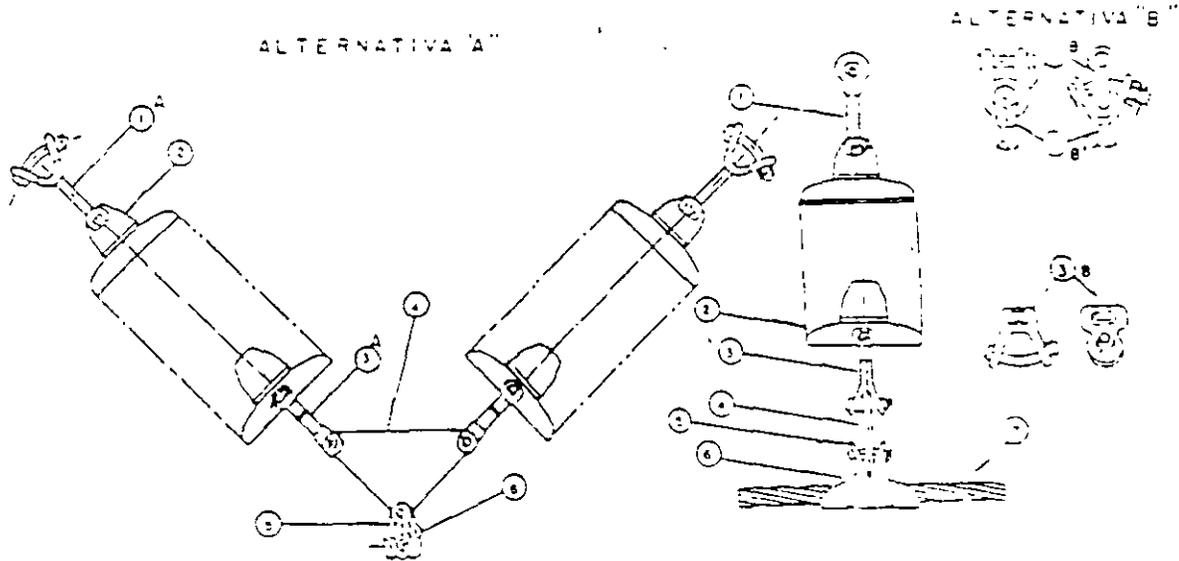
ABREVIATURAS:

Ls. de T. = Líneas de Transmisión

CONJUNTO DE SUSPENSION EN "V" PARA
UN CONDUCTOR POR FASE

ESPECIFICACION
CFE 2HILT-44

1 de



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

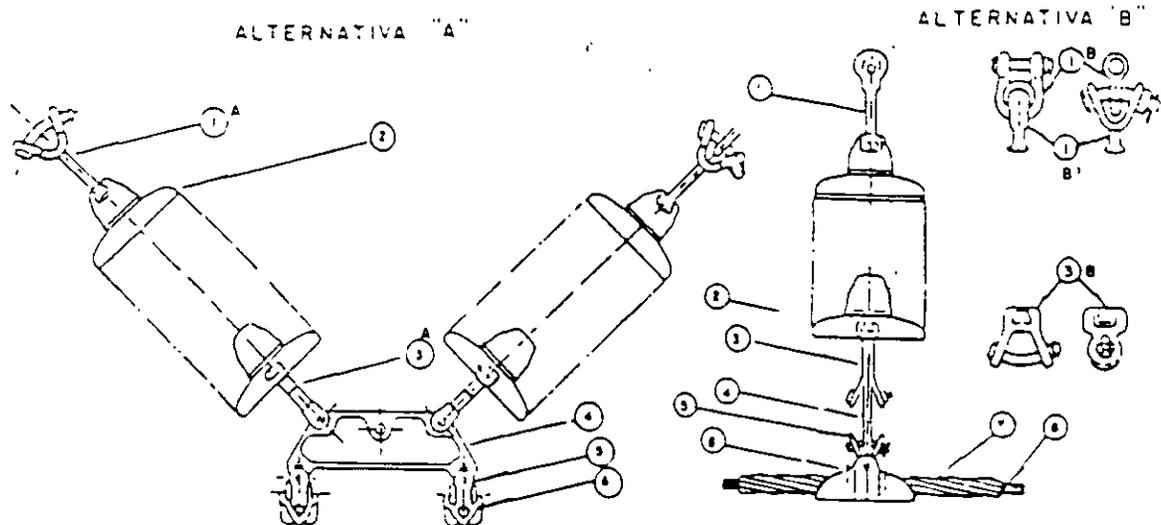
PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1A	Horquilla "Y" Bolo Largo	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT -15
2	Aisladores	Se adquiere por separado		
3A	Calavera Horquilla en "Y" Largo	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo Triangular VI	1	Acero estructural o hierro forjado galvanizado	2 HILT -07
5	Horquilla Ojo Revirado	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-04
6	Grapo de Suspensión	1	Aleación aluminio-silicio	2 C 500-69
7	Cable conductor ACSR	Se adquiere por separado		
1B	Grillete	2	Acero forjado galvanizado	2G 300-84
1B'	Horquilla "Y" Bolo Corta	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT -06
3	Calavera Horquilla "Y" Corta	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL	CFE. 20000-01 Herrajes y Accesorios
	C.FE 2HILT-01 Herrajes para Ls. de T
	C.FE. 2HILT-41 Conjuntos de Herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las definirá)	Alternativa:
	Esfuerzo electromecánico:
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS	Ls de T. = Líneas de Transmisión

CONJUNTO DE SUSPENSION EN "V" PARA
DOS CONDUCTORES POR FASE.

ESPECIFICACION
C.F.E. 2HILT-45

1 de 1



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

PART.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACION
1 A	Horquilla "Y" Bola Larga	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-15
2	Aisladores	Se adquiere por separado		/
3 A	Calavera Horquilla "Y" Larga	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo Trapezoidal V2	1	Acero estructural o hierro maleable galvanizado	2 HILT-10
5	Horquilla Ojo Revirado	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-04
6	Grapa de Suspension III3	2	Aleación aluminio-silicio	2 HILT-29
7	Varillas Protectoras Preformadas	2	Aluminio	2 HILT-30
8	Cable Conductor ACSR	Se adquiere por separado		
1 B	Grillele	2	Acero forjado galvanizado	2 G300-84
1 B'	Horquilla "Y" Bola Corta	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-06
3 B	Calavera Horquilla "Y" Corta	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. 2000-01 Herrajes y Accesorios
	C.F.E. 2 HILT-01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. 2 HILT-41 Conjuntos de herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las definirá)	Alternativo;
	Esfuerzo electromecánico:
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS	Ls. de T. = Líneas de Transmisión

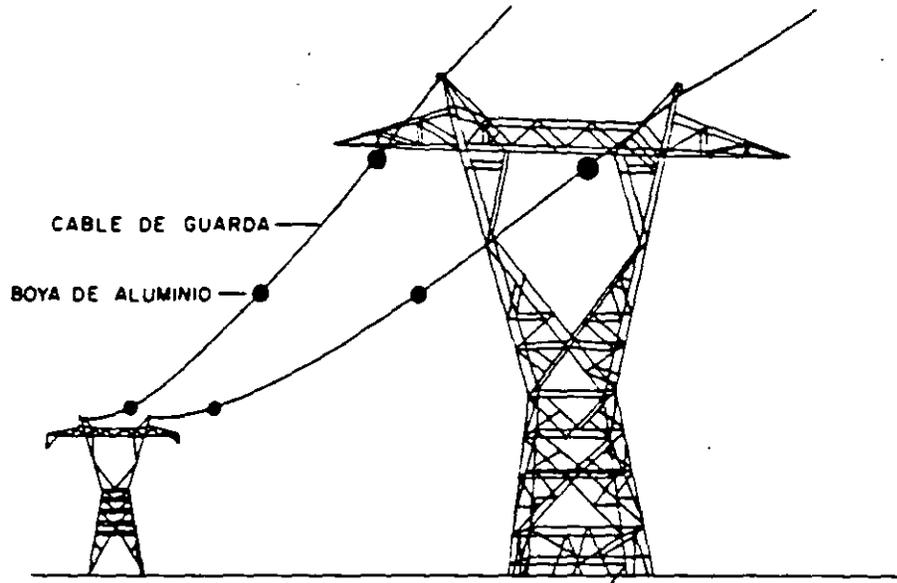
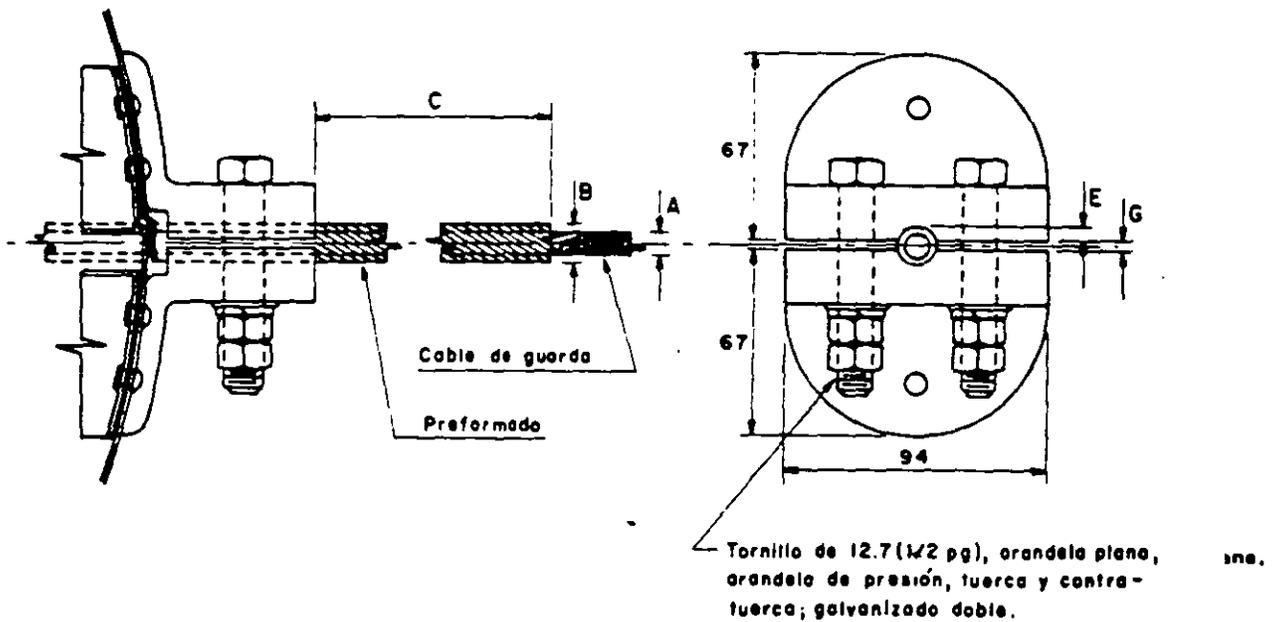


FIGURA 7 - Ubicación de la boya



Acotaciones en milímetros.
Sin tolerancia

Figura 8 - Detalle de montaje



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

RESISTENCIA A TIERRA

**EXPOSITOR: ING. FROYLAN MARTINEZ F.
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

3**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A TIERRA
PARA OBTENER UN INDICE DE INTERRUPCIONES
DESEADO POR FLAMEOS INVERSOS****3.1 Flameos Inversos****3.2 Número de Salidas por Flameos Inversos****3.3 Sistemas de Conexión a Tierra, Esquemas
y Mejoramiento de los Valores de Resistencia****3.3.1 Reducción de Valores de Resistencia de Conexión
a Tierra en Torres de Transmisión****3.3.2 Métodos de Mejoramiento****3.3.3 Recomendaciones para diferentes
Resistividades del Terreno**

3. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A TIERRA PARA OBTENER UN INDICE DE INTERRUPCIONES DESEADO POR FLAMEOS INVERSOS

El proceso de flameos inversos depende de varios factores, uno de los principales es la resistencia al pie de la torre la cual puede ser diseñada para obtener un indice de fallas por flameos inversos.

3.1 Flameos Inversos

Cuando se tiene una descarga atmosférica en el hilo de guarda se crean ondas transitorias de corriente y voltaje que viajan hacia ambos lados del conductor, como se mostró en la figura 1.8. Al llegar la onda a un punto de cambio de impedancia, como lo es una torre, se producen ondas reflejadas y transmitidas en la punta de la torre; estas ondas crean diferencias de potencial en los aislamientos entre los conductores de tierra y conductores de fase, en diferentes puntos de la línea, estos puntos pueden ser a lo largo del claro o en los aisladores sostenidos en las torres. En el caso de que este potencial exceda los potenciales del aislamiento se producirán flameos entre las estructuras y conductores de fase, estos flameos se denominan flameos inversos. En la figura 3.1 se muestra el concepto general de flameos inversos.

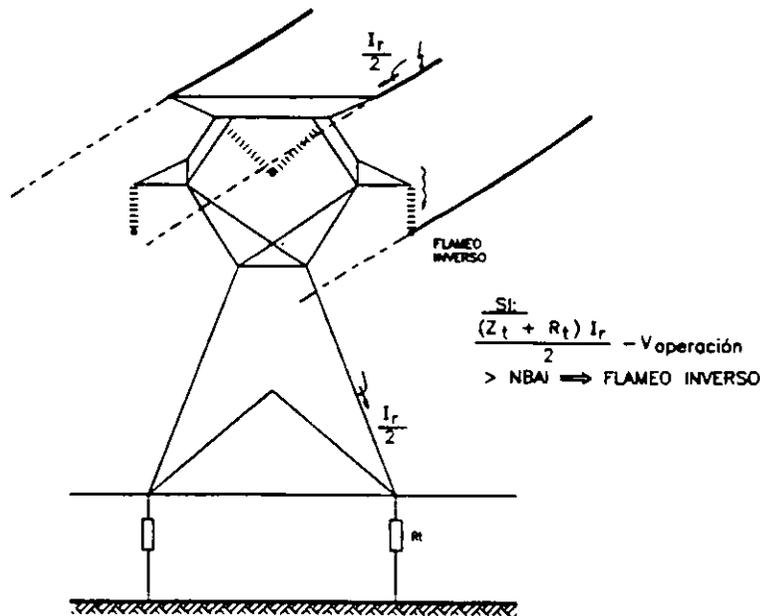


Figura 3.1.- Concepto general de flameos inversos.

Los flameos inversos en las torres son los más frecuentes. Por lo que para el diseño de protección por flameos inversos se deben considerar problemas por flameos inversos en las torres, despreciando los flameos inversos en los claros de las líneas. En general el flameo inverso es influenciado por los factores siguientes:

- Distancias conductor-conductor y conductor-estructura
- Longitud de claro entre torres
- Número de hilos de guarda y su posición
- Geometría de la estructura
- Resistencia de conexión a tierra de la torre
- Punto de incidencia del rayo
- Distribución de amplitudes de corrientes de rayo y formas de onda
- Densidad de rayos a tierra de la zona
- Tensión de operación de la línea

3.2 Número de Salidas por Flameos Inversos

Para la obtención del número de salidas por flameos inversos se consideran todos los parámetros anteriores, los cuales se varían de acuerdo a sus distribuciones de probabilidad. Los parámetros mencionados se usan en un programa de computadora para realizar el análisis y calcular el número de salidas por flameo inverso. En todos los análisis obtenidos se consideró un valor de $N_0 = 2.0$ rayos/km²/año (consistentes con los resultados mostrados en la figura 2.4). En la figura 3.2 se muestran los resultados de estos cálculos para el nivel de tensión de 115 kV y el tipo de torre 1B1 (TOMEXSA), usada en C.F.E.

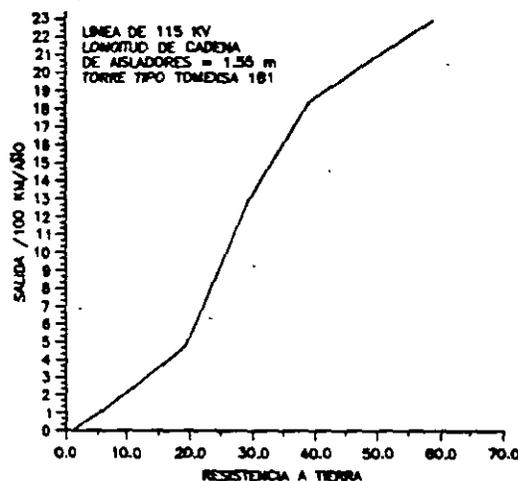


Figura 3.2.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para una torre de transmisión de 115 kV usada en C.F.E.

En las figuras 3.3 y 3.4 se muestran familias de curvas para obtener un índice de salidas por flameos inversos con determinada resistencia de conexión a tierra. En la figura 3.3 se muestran para un nivel de tensión de 230 kV y en la figura 3.4 se muestran para un nivel de tensión de 400 kV y para algunos tipos de torres de líneas de transmisión usadas en C.F.E.

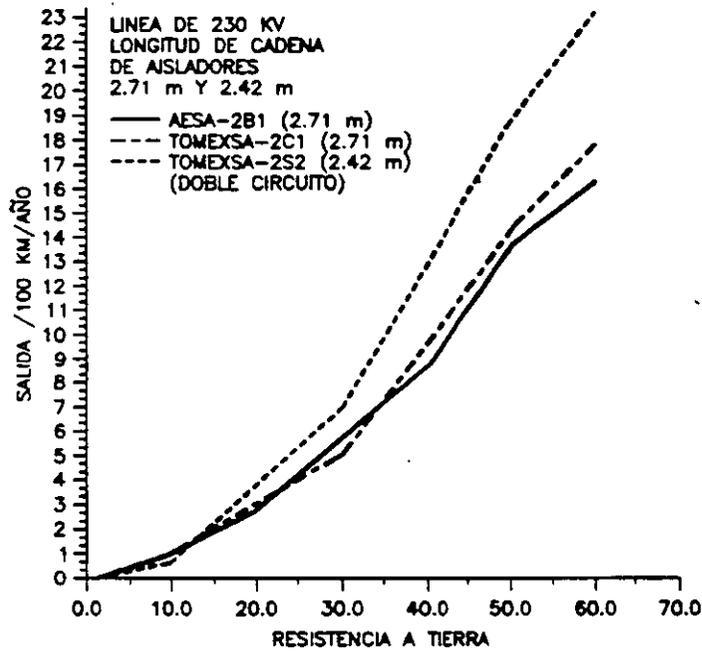


Figura 3.3.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para torres de transmisión de 230 kV usadas en C.F.E.

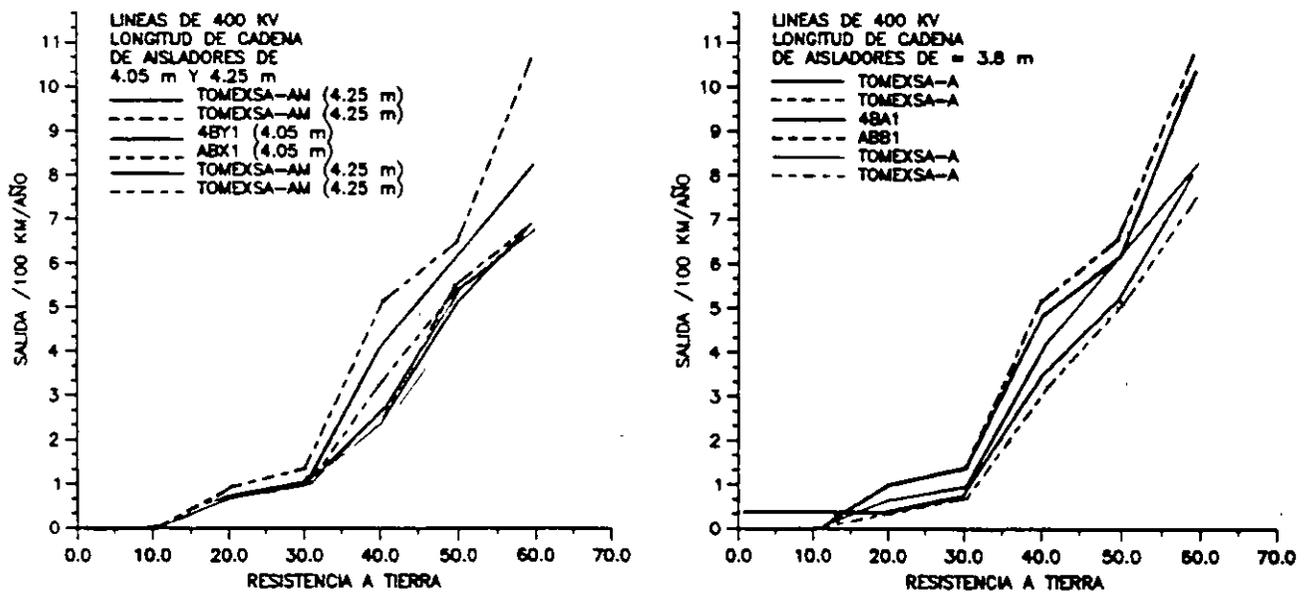


Figura 3.4.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para torres de transmisión de 400 kV usadas en C.F.E.

3.3 Sistemas de Conexión a Tierra, Esquemas y Mejoramiento de los Valores de Resistencia

Las funciones básicas de un sistema de conexión a tierra se pueden resumir en:

- 1) Proveer de una baja resistencia de dispersión de la corriente a tierra para:
 - a) Evitar daños por sobretensiones que se presenten por descargas atmosféricas o maniobras.
 - b) La descarga a tierra de dispositivos de protección (contra sobretensiones atmosféricas o internas)
 - c) Camino a tierra de corrientes de falla
 - d) Conectar los sistemas que usen neutro común aterrizado (más comunes)
 - e) Asegurar que las partes metálicas de los sistemas o equipos se encuentren al mismo potencial de tierra. Esto para protección de personal.

- 2) Disipar y resistir repetidamente las corrientes de falla y de las descargas atmosféricas.

Las **características** de los sistemas de conexión a tierra deben ser:

- a) Tener una resistencia a la corrosión en suelos de variada composición química, de manera que se asegure un comportamiento continuo durante la operación del equipo a proteger.
- b) Tener buenas propiedades de resistencia mecánica.
- c) El diseño de la red de tierras debe ser económico.

Uno de los elementos principales en una instalación de red de tierras es el electrodo de puesta a tierra. La resistencia del electrodo de puesta a tierra, llamado también varilla de tierra, tiene tres componentes:

- Una es su propia resistencia, la cual puede ser despreciable para efectos de cálculo. Pero las conexiones entre electrodo y conductor de bajada pueden llegar a tener una resistencia considerable con el tiempo.
- La resistencia de contacto entre electrodo y suelo, cuando el electrodo está libre de grasa o pintura, es despreciable. Sin embargo la resistencia de contacto puede aumentar significativamente en terrenos secos, aumentando

rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de un 15%.

- Resistividad del terreno alrededor del electrodo. Introduciendo un electrodo en un terreno uniforme, la corriente se dispersará uniformemente alrededor del electrodo. La resistividad del terreno varía ampliamente según su composición y zonas climáticas, también varía estacionalmente, debido a que la resistividad se determina en gran proporción por el contenido de electrolito, consistente de agua, minerales y sales. Adicionalmente también varía con la temperatura. Algunos valores típicos de resistividades de suelos se resumen en la siguiente **tabla 3.1**.

Tabla 3.1.- Valores típicos de resistividad en diferentes tipos de suelos.

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD (Ω -m)
Suelo de superficie, greda, etc	1 - 50
Arcilla	2 - 100
Arena y grava	50 - 1,000
Piedra caliza de superficie	100 - 10,000
Piedra caliza	5 - 4,000
Esquisto o pizarra	5 - 100
Piedra arenisca	20 - 2,000
Granito, basalto	1,000

3.3.1 Reducción de Valores de Resistencia de Conexión a Tierra en Torres de Transmisión

Debido a que el valor de resistencia de conexión a tierra se ve afectado por las características del terreno, arreglos de las varillas de tierra y las conexiones entre ellas, los métodos de mejoramiento de los valores de resistencias de conexión a tierra en torres de transmisión hacen uso de los puntos mencionados anteriormente. Para las características del terreno se usan métodos para disminuir la resistividad del terreno por medio de sales o productos químicos. Con los arreglos de varillas de tierra se recomiendan tanto número como disposición de varillas para disminuir la resistencia de conexión para ciertas resistividades de terreno. Y por último, se recomiendan tipos de uniones para asegurar que las conexiones no pierdan sus características.

3.3.2 Métodos de Mejoramiento

A continuación se enumeran algunos de los métodos usados para reducir o mejorar los valores de conexiones a tierra:

1) Electrodo profundos.- Cuando el terreno es penetrable se puede usar este método para mejorar el valor de resistencia de tierra. A mayor profundidad se tienen mejores valores de resistividad del terreno, especialmente en terrenos donde se tienen los mantos freáticos no muy profundos. Debido a las longitudes de electrodos y los métodos para enterrar las varillas, este método puede resultar antieconómico y muy poco práctico.

2) Electrodo múltiples en paralelo.- Cuando se tienen valores de la resistividad del terreno de las capas superiores más baja que la de las capas más profundas o en casos donde no se puedan obtener las profundidades adecuadas de las varillas de tierra, se recomienda el uso de dos o más electrodos en paralelo.

3) Contraantenas.- En terrenos donde no es posible la penetración de varillas teniendo un manto delgado de suelo sobre subsuelo de roca, se recomienda el uso de conductores enterrados a baja profundidad a lo largo de zanjas construídas específicamente para contener al conductor.

4) Hormigón armado.- El hormigón armado puede considerarse como electrodo metálico inmerso en un medio razonablemente homogéneo (el hormigón), cuya resistividad está en el orden de los 30 Ω -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1,000 Ω -m. La relación de resistividades de hormigón y terreno determina la resistencia de dispersión a tierra resultante.

5) Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.- En algunos terrenos con alta resistividad, las prácticas de los métodos resumidos anteriormente pueden resultar prácticamente imposibles de aplicar para obtener valores de resistencia de conexión a tierra aceptables. En estos casos puede resultar aceptable el uso de procedimientos para reducir artificialmente la resistividad del terreno que circunda al electrodo de tierra. Los métodos más usados se resumen a continuación :

5.1 Agregado de sales simples.- Un método simple de tratamiento químico de suelos es mediante sales. Esta se dispersa en una zanja alrededor del electrodo de tierra formando un círculo y tapada con tierra, sin llegar a tener contacto directo con el electrodo, como se muestra en la **figura 3.5**. El sulfato de magnesio, el sulfato de cobre y la sal común (cloruro de sodio), son sales que pueden utilizarse para este propósito. Una de las desventajas de este método es la degradación que existe durante las lluvias, que drenan la sal a través de la porosidad del suelo y la corrosión de la varilla. Por lo que este método no se recomienda.

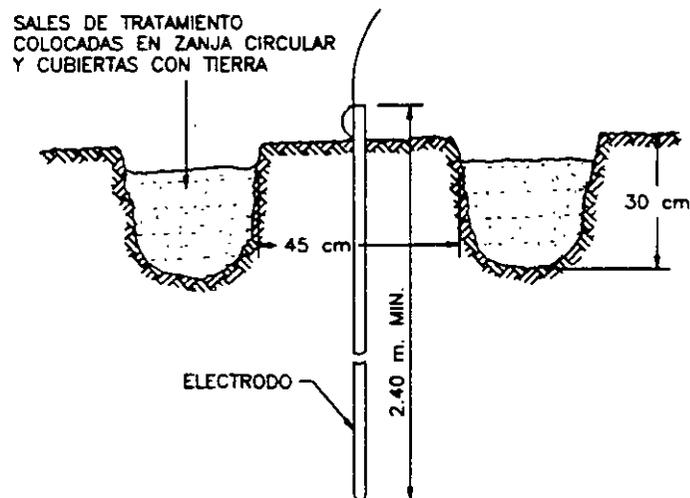


Figura 3.5.- Agregado de sales simples en zanja alrededor del electrodo de tierra.

5.2 Agregado de coque.- La resistividad del coque es de aproximadamente 1.3 Ω -m y además es independiente del contenido de humedad, pero al colocarse en el terreno se hace dependiente de la humedad debido al resto del terreno. Una de las desventajas del uso del coque y de la sal es su efecto corrosivo, el cual disminuye la vida del electrodo de tierra.

5.3 Aporte de sales "gel".- Este método consiste en irrigar el terreno con dos o más sales combinadas con una solución acuosa y acompañadas de catalizadores que reaccionan entre sí formando un precipitado en forma de "gel" estable, con una elevada conductividad eléctrica. Esta mezcla es resistente a los ácidos del terreno y es insoluble en agua, lo que le da al método un mayor tiempo de permanencia.

5.4 Inyección de bentonita.- Este método consiste en el uso de la bentonita en grietas naturales formadas alrededor del electrodo de tierra o formando una capa alrededor de este. La bentonita es un mineral de composición compleja, básicamente arcilla de notables características higroscópicas, un buen conductor de electricidad y que además protege al electrodo de la corrosión.

3.3.3 Recomendaciones para diferentes Resistividades del Terreno

Los métodos básicos de conexiones de tierra en líneas de transmisión son: a) el uso de varillas de conexión de tierra de 19 mm de diámetro y 3 metros de longitud, enterradas verticalmente, interconectadas con longitudes cortas de conductores y unidas a las patas de las estructuras y b) el uso de contraantenas, las cuales consisten de uno o varios conductores enterrados horizontalmente en zanjas de 30 cm de profundidad y unidos a las patas de la estructura.

Desde el punto de vista práctico el método más usado para reducir el valor de resistencia a tierra es el uso de contraantenas. Estas se recomiendan usar en casos en que la resistividad del terreno sea mayor a $200 \Omega\text{-m}$. Estas se caracterizan por una impedancia inicial entre 150 y 200 Ohms (impedancia característica). Su comportamiento al impulso de rayo presenta esta impedancia inicial que disminuye exponencialmente después de un tiempo aproximado a $1 \mu\text{s}$, como se muestra en la **figura 3.6**. Después de este tiempo la impedancia decrece a valores de la resistencia de conexión a tierra en estado estable. Este comportamiento al impulso de la impedancia nos da las longitudes máximas efectivas para el diseño de contraantenas, por ejemplo, si consideramos una contraantena de 50 m de largo (considerando un tiempo de viaje de la onda de corriente del rayo de $300 \text{ m}/\mu\text{s}$), se tiene que en $1 \mu\text{s}$ la onda viajará 300 m, 6 veces la longitud de la contraantena.

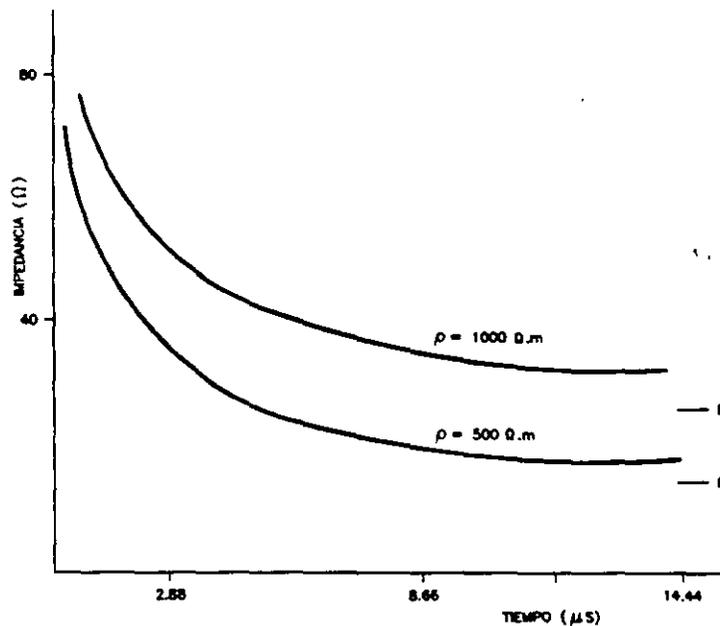


Figura 3.6.- Comportamiento al impulso de la impedancia de contraantenas.

Del comportamiento descrito anteriormente, la longitud de las contraantenas se puede limitar a valores característicos dependientes de la resistividad del terreno. En la **figura 3.7** se muestra la relación entre la longitud eficaz de contraantenas y resistividad del terreno.

La longitud eficaz de contraantenas deberá estar comprendida entre 20 y 70 m y su multiplicidad entre 2 y 4.

El uso de contraantenas en torres de transmisión se puede resumir con la recomendaciones mostradas en la **tabla 3.2 y figuras 3.8 y 3.9**.

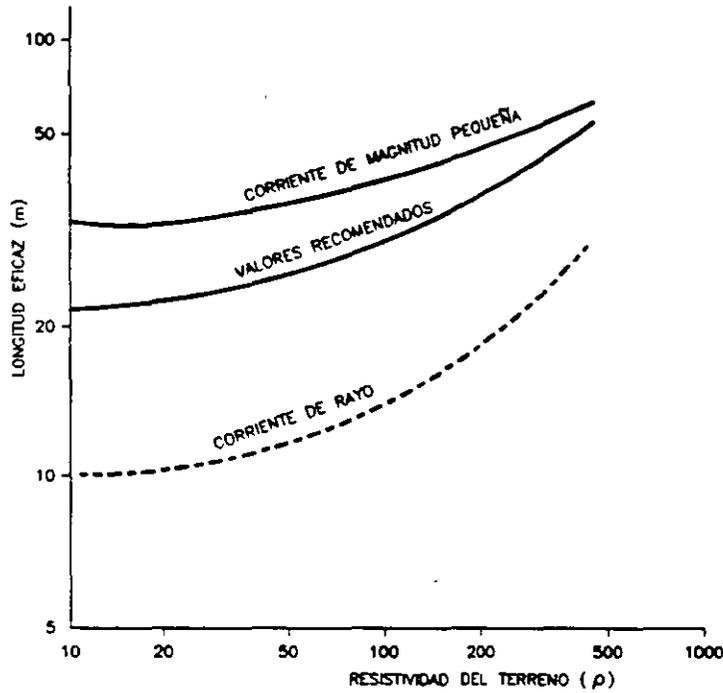


Figura 3.7.- Relación entre la longitud eficaz de contraantenas y resistividad del terreno.

Tabla 3.2.- Configuraciones de contraantenas para diferentes resistividades del terreno.

RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ω-m)	CONFIGURACION DE CONTRAANTENA
<300	Dos contraantenas de 30 m de longitud en patas opuestas (ver fig. 3.8)
300 - 500	Dos contraantenas de 45 m de longitud en patas opuestas (ver fig. 3.8)
500 - 1000	Cuatro contraantenas de 30 m de longitud (ver fig. 3.9)
1000 <	Cuatro contraantenas de 50 m de longitud (ver fig. 3.9)

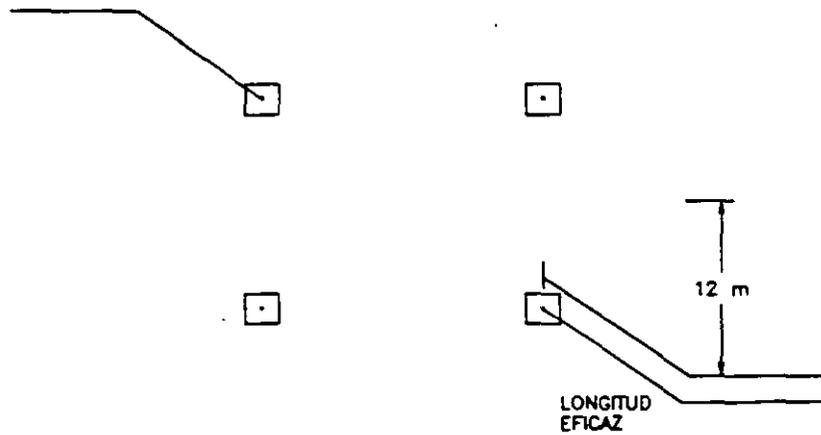


Figura 3.8.- Configuración de dos contraantenas.

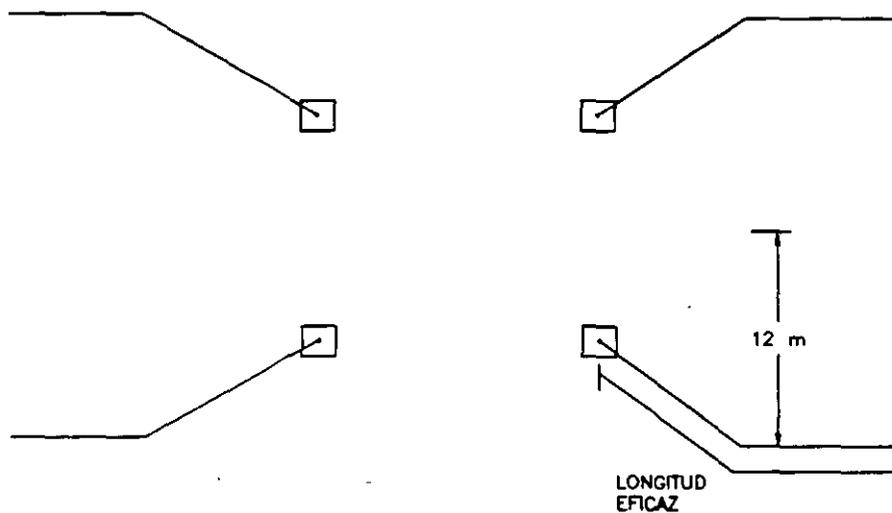


Figura 3.9.- Configuración de cuatro contraantenas.

Estas recomendaciones dan un enfoque general de las conexiones de tierra en las torres de transmisión, la solución para cada línea dependerá del nivel de confiabilidad deseado, la variación de la resistividad del terreno a lo largo de la línea y de la densidad de rayos a tierra.

4

**DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA
DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA
DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA**

4.1 Distancia Conductor-apoyo

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

AISLADORES: LONGITUD, DISTANCIA DE FUGA, CONTAMINACION

**EXPOSITOR: ING. HUGO EQUIHUA T.
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

4

DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA

4.1 Distancia Conductor-apoyo

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores

4. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA

La **distancia de fuga** de un aislador debe escogerse de acuerdo a la operación con la tensión de servicio y de acuerdo a las condiciones que imponga el índice de contaminación de la zona.

La **longitud de la cadena de aisladores**, para un riesgo de falla dado, se debe diseñar para soportar los voltajes a los que se verá sometido. En el diseño se consideran aspectos económicos y de construcción, por ejemplo, para obtener un índice de fallas igual a cero en una línea de transmisión, implicaría longitudes grandes de aislamiento debido a los altos potenciales que se producen por descargas directas a las fases. Por otro lado, la protección contra rayos directos a la línea se puede diseñar con el uso de hilos de guarda o blindaje de la misma.

4.1 Distancia Conductor-apoyo

Se pueden tener dos casos de distancias conductor apoyo dependiendo del tipo de arreglo de la cadena de aisladores; en el primer caso se tiene la distancia constante o geometría fija, en el cual se usa una disposición de la cadena de aisladores en "V", y en el segundo caso se tiene la geometría variable, en el que se usa la cadena de aisladores en arreglo vertical. Las **figuras 4.1(a)** y **4.1(b)** muestra los dos tipos de geometría, la fija y la variable respectivamente.

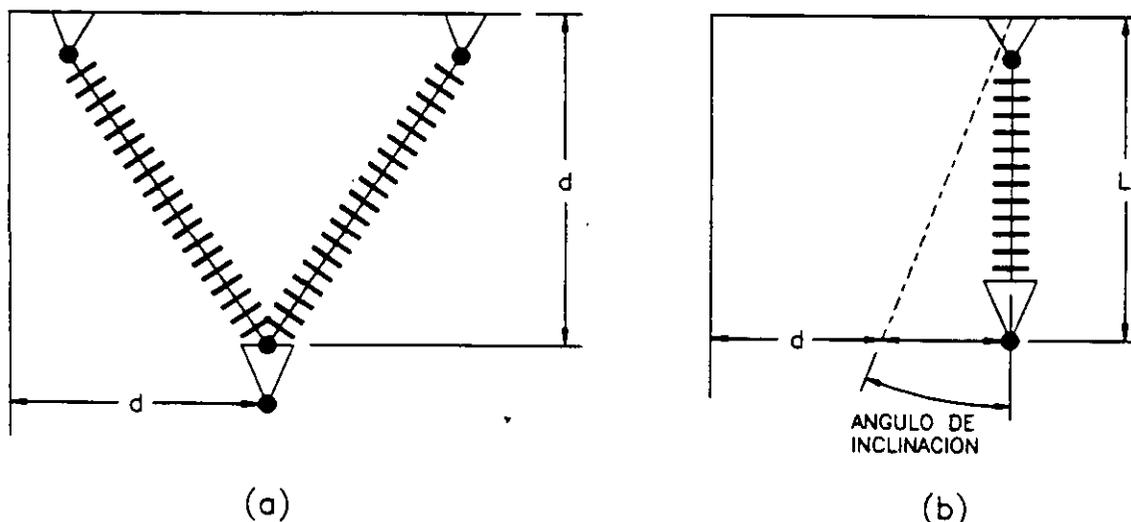


Figura 4.1.- Distancias conductor-apoyo: a) para aisladores de geometría fija y b) de geometría variable

Para el caso de distancias conductor-apoyo del arreglo vertical de la cadena de aisladores o de geometría variable, se consideran ángulos de oscilación de la cadena de aisladores debido a la acción del viento sobre los conductores. Se considera una presión del viento de 25 kg/m^2 para conductores de diámetro superior a 16 mm y de 30 kg/m^2 para diámetros inferiores a 16 mm. El ángulo de inclinación total obtenido por la acción del viento y por la de su propio peso, para claros promedios y diámetros de conductores normalmente en uso son:

- Para líneas de 115 kV : 50°
- Para líneas de 230 kV : 45°
- Para líneas de 400 kV : 40°

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores

Para el cálculo de distancias se toma un factor de 1.05 veces la distancia de fase a tierra por herrajes. El voltaje de arqueo entre conductores y estructuras depende de la geometría de los electrodos o elementos que intervienen y su distancia en aire. El voltaje de arqueo en aire de algunas geometrías de electrodos se puede relacionar con la característica del voltaje de arqueo en aire de electrodos de referencia por medio del factor K, el cual caracteriza al voltaje de arqueo en aire del arreglo geométrico de los electrodos. En la **tabla 4.1** se dan los valores de factores K para diferentes configuraciones de electrodos en aire y para cada tipo de voltaje (k_n para voltaje a frecuencia nominal, k_m para maniobra y k_i para impulso de rayo).

El voltaje de arqueo para impulsos de rayo se puede obtener con la siguiente formulación como una aproximación:

$$V_{ag}(d) = K_r d$$

donde:

- V_{ag} = es el voltaje de arqueo en aire entre electrodos varilla-plano
- K_r = factor de electrodo en aire
- d = es la distancia en aire entre electrodos

y para sobrevoltaje por maniobras como:

$$V_{ag}(d) = K_m \left(\frac{3400}{1 + \frac{8}{d}} \right)$$

para el cálculo a frecuencia nominal el factor K_m en la ecuación anterior se sustituye por K_n obtenido en la **tabla 4.1**.

Para efecto de cálculos se presenta la **tabla 4.2** con los valores de niveles básicos de aislamiento al impulso (NBAI) y por maniobra (NBAM), para los diferentes niveles de tensión transmisión.

Tabla 4.1.- Valores de los factores K_n , K_m y K_f para diferentes configuraciones de entrehierros

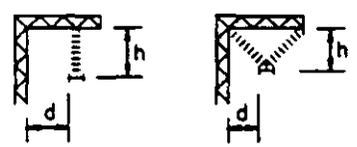
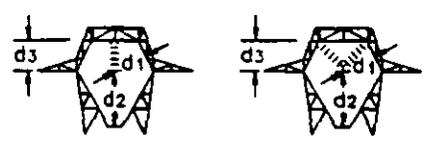
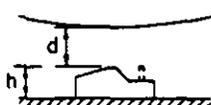
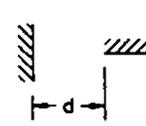
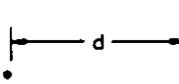
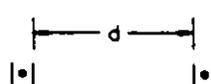
Configuración de entrehierros	Diagrama	K_n	K_m	K_f
Fase-torre		1.40	1.25	550
Fase-ventana de torre		1.30	1.20	550
Conductor-suelo		1.30	1.10	550
Conductor-objeto		1.45	1.35	550
Varilla-plano		1.20	1.00	480
Conductor-conductor		1.65	1.50	550
Entre anillos (equipotenciales) de conductores		-	1.60	550

Tabla 4.2.- Niveles básicos de aislamiento por impulso tipo rayo, NBAI y niveles básicos de aislamiento por impulso tipo maniobra, NBAM, de fase a tierra y de fase a fase y distancias mínimas de fase a fase y de fase a tierra, para diferentes niveles de tensión de transmisión.

Tensión nominal kV	Tensión máxima kV	NBAI fase-tierra kV	NBAM fase-tierra kV	NBAI fase-fase kV	NBAM fase-fase kV	Distancia fase-tierra mm	Distancia fase-fase mm
4.4	4.4	75	-	75	-	120	120
6.9	7.2	95	-	95	-	160	160
13.8	15.5	110	-	110	-	220	220
24.	26.4	150	-	150	-	320	320
34.5	38.	200	-	200	-	480	480
69.	72.5	350	-	350	-	630	630
115.	123.	450 550	-	450 550	-	900 1100	900 1100
138.	145	450 550 650 550	-	550 650 650 650	-	1100 1300 1100	1100 1300 1300
161.	170.	650 750	-	650 750	-	1300 1500	1500
230.	245	650 750 850 950 1050	-	750 850 950 1050 1125	-	1300 1500 1700 1900 2100	1500 1700 1900 2100 2250
400.	420.	1050 1175 1300 1425	950 950 1050	-	1425 1550	2200 ² , 2900 ³ 2600 ² , 3400 ³	3100, 3200 3500, 4100

1 Presión barométrica de 760 mm de Hg y temperatura de 20°C

2 Para configuraciones conductor-estructura

3 Para configuración asimétrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

INTRODUCCION

**EXPOSITOR: ING. HUGO EQHUIHUA T.
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE C. F. E.

TENCION (KV)	CONDUCTORES		CAPACIDAD		LIMITE DE OP ESTABLE PROMEDI (MVA)	DIST. ENTRE COND. EXTREMOS	MVR X100 KM EN VACIO	NO. AISLADORES DE VIDRIO 12 Kv.
	N° X FASE	CALIBR. E(MCM)	SII (MVA)	TERMICA (MVA)				
400	2	1113	504	1545	400 - 600	22	64	24
230	1	900	138	358	100 - 120	13	16	17
	1	795	138	317	80 - 100	13	16	
115	1	177	38	95	40 - 60	9	4	9

TABLA N° 1

INTRODUCCIÓN

CONTENIDO:

- **CONCEPTOS GENERALES**
- **USO DE UNA TORRE**
- **ESTRUCTURACIÓN**

OBJETIVO:

Los Participantes:

- Conocerán las partes que integran una torre ó estructura
- Conocerán la función de las torres
- Unifican vocablos usados

USO DE LA TORRE

LA CONJUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DEFLEXIÓN, CLARO MEDIO HORIZONTAL Y CLARO VERTICAL FORMAN EL DENOMINADO “USO DE LA TORRE”.

DEFLEXIÓN/CLARO MEDIO HORIZONTAL/CLARO VERTICAL

CLASIFICACIÓN DE TORRES

POR SU SILUETA

- DELTA

- VERTICALES

CLASIFICACIÓN DE TORRES

- AUTOSOPORTADAS

POR SU CONDICIÓN
DE APOYO

- CON RETENIDAS

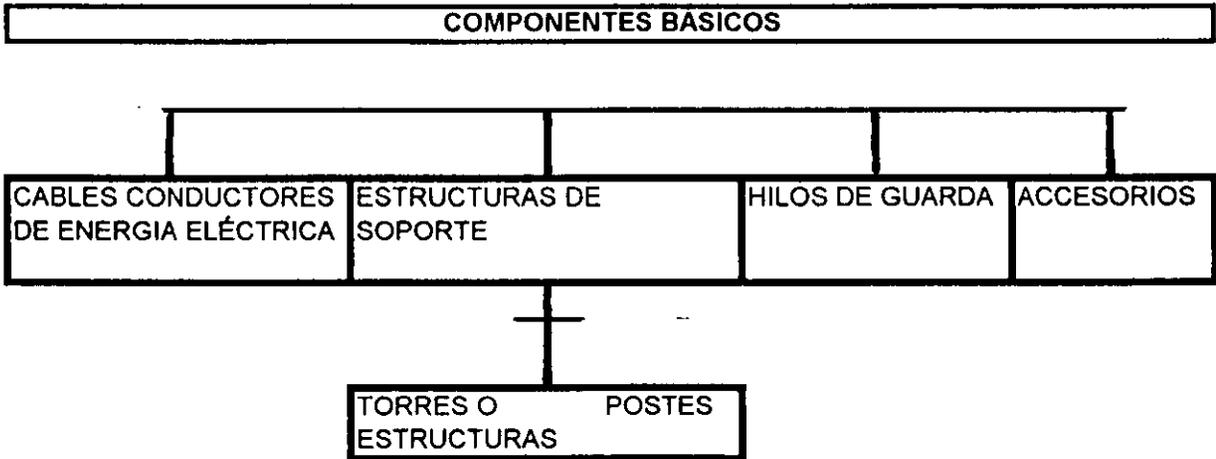
ESTRUCTURAS FUNCIÓN PRIMORDIAL

- SOPORTAR A LOS CONDUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- SOPORTAR HILOS DE GUARDA.
- RESISTIR LA ACCIÓN DE FENÓMENOS NATURALES: VIENTO, HIELO, SÍSMO.

DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

- SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTORES*
- SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTOR Y ESTRUCTURA*
- DISTANCIA ENTRE CONDUCTOR Y TERRENO*
- ÁNGULO DE PROTECCIÓN ENTRE CONDUCTORES E HILO DE GUARDA*
- CADENAS DE AISLADORES*

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UNA TORRE

- EXTENSIONES
- CERRAMIENTOS
- CUERPO PIRAMIDAL
- HORQUILLA
- BRAZOS
- CRUCETAS DE CONDUCTORES
- TRABE O PUENTE
- CRUCETAS DE HILO DE GUARDA

CLASIFICACIÓN DE TORRES

POR SU USO

- SUSPENSIÓN
- DEFLEXIÓN
- REMATE
- TRANSPOSICIÓN

CLASIFICACIÓN DE TORRES

- POR SU TENSIÓN DE OPERACIÓN

- 400 kV

- 230 kV

- 115 kV

- COMBINADAS

TIPOS DE CARGA

EN FUNCIÓN A SU DIRECCIÓN
RESPECTO AL EJE DE LA LÍNEA.

- **CARGA MUERTA**

VERTICALES: DEBIDA A LA MASA DE LOS CABLES CONDUCTORES, HERRAJES, ACCESORIOS Y AL PROPIO PESO DE LA TORRE.

- **CARGA VIVA**

TRANSVERSALES: DEBIDAS A VIENTO EN LOS CONDUCTORES, H.G., ESTRUCTURA HIELO SOBRE ESTOS ELEMENTOS.

- **CARGA ACCIDENTAL**

LONGITUDINALES: DEBIDA A LA TENSION MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES E H.G.

DEFLEXIÓN

ES EL ÁNGULO MÁXIMO DE CAMBIO DE DIRECCIÓN EN LA TRAYECTORIA DE LA L.T., QUE PERMITE LA TORRE SIN AFECTAR SU ESTABILIDAD.

PLANOS DE MONTAJE

- SON UN COMPLEMENTO DE LOS DE TALLER.
- SU FUNCIÓN ES MOSTRAR EL ENSAMBLE DE UNA ESTRUCTURA

PLANOS DE FABRICACIÓN O TALLER

SE ELABORAN CON LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN LOS PLANOS ESTRUCTURALES O DE DISEÑO

- CONTIENE LA GEOMETRÍA AL MILÍMETRO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA.
- DETALLES DE LAS PLACAS DE CONEXIÓN.
- TIPOS, TAMAÑOS Y LONGITUD DE SOLDADURAS.
- GRAMILES, POSICIÓN Y BARRENOS EN PLACAS Y PERFILES.
- LISTA DE MATERIALES EN DONDE SE ESPECIFICA LA MARCA, PERFIL, DIMENSIONES, PESO Y NÚMERO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MISMO TIPO.

PLANOS EMPLEADOS EN TORRES

- PLANOS ESTRUCTURALES O DE DISEÑO
- PLANOS DE FABRICACIÓN O TALLER
- PLANOS DE MONTAJE

CLARO VERTICAL

ES LA SUMA DE LAS DISTANCIAS HORIZONTALES ENTRE LOS PUNTOS MÁS BAJOS DE LAS CATENARIAS DE LOS CABLES ADYACENTES A LA TORRE Y SE UTILIZA PARA DETERMINAR LAS CARGAS VERTICALES QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURA, DEBIDAS A LA MASA DE LOS CONDUCTORES E H.G.

CLARO MEDIO HORIZONTAL

ES LA SEMISUMA DE LOS CLAROS ADYACENTES A LA TORRE Y SE UTILIZA PARA CALCULAR LAS CARGAS TRANSVERSALES QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURA, DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LOS CABLES.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

FLECHAS Y TENSIONES - PLANTILLAS

**EXPOSITOR: M. EN I. RODOLFO LORENZO BAUTISTA
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

Análisis de flechas y tensiones.

El análisis de flechas y tensiones en un conductor es una consideración importante en el diseño de una línea aérea de transmisión.

La cantidad y continuidad del servicio eléctrico suministrado por la línea dependerá enormemente de la instalación apropiada de los conductores.

De acuerdo con lo anterior, el ingeniero de diseño deberá determinar de antemano la tensión mecánica que dará a los cables de una línea en particular, a una temperatura dada.

Para determinar la tensión mecánica que será usada en el tendido de los conductores de la línea, deberá conocer los valores de flechas y tensiones para las diferentes condiciones climatológicas.

La tabla 2208.3 del artículo 2208 de las Normas Oficiales Mexicanas, contiene las condiciones meteorológicas mínimas de diseño para las diferentes zonas de cargas mecánicas en la República Mexicana.

La tensión en los conductores contribuye a la carga mecánica sobre las estructuras de soporte donde la línea tiene un ángulo de deflexión o donde remata. La tensión mecánica excesiva puede causar la falla del propio conductor.

Los factores que afectan la flecha de un conductor fijo firmemente en sus soportes son:

1. Carga del conductor por unidad de longitud
2. Claro interpostal, esto es, distancia entre soportes
3. Temperatura
4. Tensión mecánica aplicada al conductor.

Para determinar adecuadamente la carga del conductor los factores que se necesitan tomar en cuenta son:

1. Peso propio del conductor
2. Peso del hielo o nieve adherida al conductor
3. Viento sobre el conductor.

El peso efectivo máximo del conductor es la suma de su propio peso y el peso del hielo adherido a él. Es importante considerar las condiciones más críticas.

El viento se considera aplicado en ángulo recto a la dirección de la línea y actuando sobre el área proyectada de los conductores, incluyendo el área proyectada del hielo en determinadas zonas geográficas.

Un diseño económico establece que la flecha del conductor sea mínima para no usar estructuras muy altas, para proveer suficiente espacio sobre el nivel del terreno (libramiento) y para eliminar excesivas distancias entre conductores evitando que se aproximen demasiado en los centros del claro interpostal.

Cálculo mecánico de conductores.

En mecánica se estudia la curva que forma un cable de peso uniforme suspendido por sus extremos situados en la misma horizontal. A esta curva se le conoce con el nombre de catenaria (Figura 1) y su ecuación es:

$$y = \frac{h}{2} \left(e^{\frac{x}{h}} - e^{-\frac{x}{h}} \right)$$

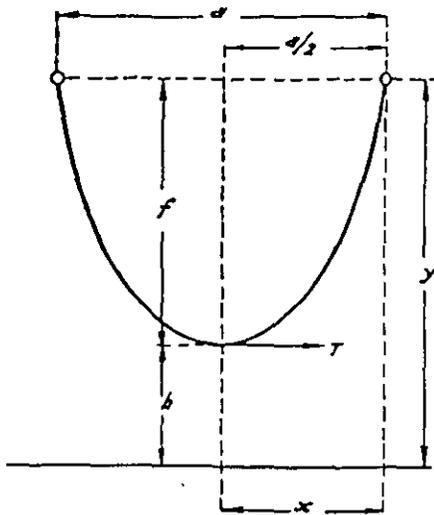


Figura 1

En la que $h = T/p$, siendo T la tensión en kilogramos en el punto mas bajo del conductor y p la carga por metro de conductor (peso + sobrecarga).

Desarrollando en serie la ecuación anterior tendremos:

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} + \frac{x^4}{4h^4} + \dots \right)$$

Como la relación T/p tiene un valor elevado porque p es pequeño comparado con la tensión T , y h aparece en los diversos términos de la serie en el denominador y con potencias crecientes, puede prescindirse, sin cometer error sensible, de los términos de la serie a partir del tercero, quedando así reducida la fórmula anterior a:

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} \right) = h + \frac{x^2}{2h}$$

$$y - h = f = \frac{x^2}{2h}$$

Sustituyendo x por su valor $a/2$ y h por su valor T/p , tendremos:

$$f = \frac{x^2}{2h} = \frac{a^2}{4} \times \frac{p}{2 \times T} = \frac{a^2 \times p}{8 \times T}$$

que es la ecuación de una parábola.

Donde:

f = Flecha del conductor en metros

a = Longitud del claro, en metros

p = Peso del conductor por unidad de longitud, en Kg/m

T = Tensión del conductor en el punto de flecha máxima, en kilogramos

La longitud de la curva ADB (Figura 2) será:

$$l = a + \frac{8f^2}{3a} = a + \frac{a^2 \times p^2}{24 \times T^2}$$

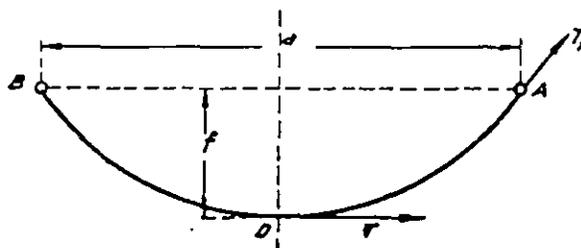


Figura 2

La tensión T_1 del conductor en los puntos de soporte es mayor que T y ambas tensiones se relacionan con la ecuación:

$$T_1 - T = p \times f$$

Generalmente en las líneas aéreas la flecha es inferior a 2% de la longitud del claro correspondiente y por ello el término $p \cdot f$ tiene un valor reducido.

Se considera entonces que $T_1 = T$, es decir, las tensiones de los diversos puntos de la curva son constantes y que éstas son iguales a la tensión en el punto más bajo, para el cual la flecha es máxima.

Con la sustitución de la parábola por la catenaria y para claros menores de 300 m que es lo más común en líneas de distribución, con flechas menores del 6% de la longitud del claro, el error en la flecha calculada es del orden de 0.5%, error que aumenta con rapidez, y para flechas del orden de un 10% del claro, la ecuación de la parábola da flechas un 2% menores que empleando la ecuación de la catenaria.

Soportes a diferentes niveles. Claros asimétricos.

Considere un claro L entre dos niveles, como se muestra en la figura 3, cuyas elevaciones difieren por una distancia h .

Sea X_1 la distancia horizontal desde el punto más bajo de la curva hasta el punto de soporte inferior y X_2 la distancia horizontal desde el punto más bajo de la curva hasta el punto de soporte superior.

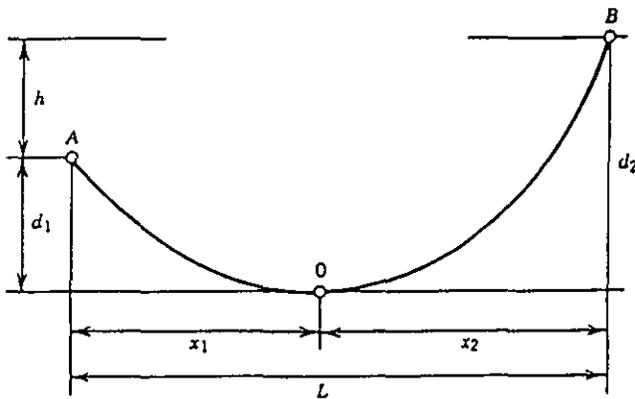


Figura 3

Usando la ecuación de la parábola se tiene:

$$y = \frac{wx^2}{2T}$$

Las flechas d_1 y d_2 pueden determinarse como:

$$d_1 = \frac{wx_1^2}{2T}$$

$$y \quad d_2 = \frac{wx_2^2}{2T}$$

De la figura, vemos que: $h = d_2 - d_1$

Por lo que
$$h = \frac{w}{2T} (x_2^2 - x_1^2)$$

ó
$$h = \frac{wL}{2T} (x_2 - x_1)$$

pero
$$L = x_1 + x_2 \quad \dots 1$$

entonces
$$\frac{2Th}{wL} = x_2 - x_1 \quad \dots 2$$

Sumando las ecuaciones 1 y 2 :

$$2x_2 = L + \frac{2Th}{wL}$$

ó
$$x_2 = \frac{L}{2} + \frac{Th}{wL}$$

Restando la ecuación 2 de la ecuación 1 :

$$2x_1 = L - \frac{2Th}{wL}$$

ó
$$x_1 = \frac{L}{2} - \frac{Th}{wL} \quad \dots 3$$

En la ecuación 3 :

Si $\frac{L}{2} > \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es positiva

Si $\frac{L}{2} = \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es cero

Si $\frac{L}{2} < \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es negativa

Si X_1 es negativa, el punto mas bajo (punto 0) de la curva se ubica fuera del claro, como se muestra en la siguiente figura:

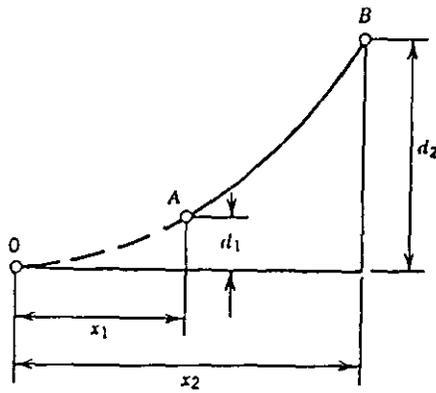


Figura 4

CLAROS DE LONGITUD DESIGUAL: CLARO REGLA O CLARO PROMEDIO.

Cuando en una línea existen claros de longitud desigual (el caso mas general), cada claro debería ser tensionado de acuerdo a su propia longitud. Sin embargo, esto no es posible con los aisladores de suspensión ya que la cadena de aisladores se giraría para igualar la tensión en cada claro. También es impráctico estar rematando a la línea en cada claro (con cadenas horizontales) por separado.

Es posible, para eliminar este inconveniente, suponer una tensión uniforme entre soportes de remate definiendo un claro equivalente, el cual se conoce como CLARO REGLA o CLARO PROMEDIO y basando todos los cálculos en este claro equivalente.

Si se conocen los claros entre soportes, el claro regla puede calcularse de la ecuación:

$$L_e = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}}$$

Donde: L_e = Claro regla o claro equivalente

L_i = Claro individual en la línea

Generalmente, no es necesario tener un valor exacto del claro regla. Un claro regla aproximado puede calcularse como:

$$L_e = L_{avg} + \frac{2}{3}(L_{max} - L_{avg})$$

Donde: L_{avg} = Claro promedio en la línea

L_{max} = Máximo claro en la línea

La tensión T en la línea puede estimarse usando este claro equivalente y la flecha para cada claro puede calcularse de la ecuación.

$$d = \frac{wL^2}{8T}$$

ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO

En los libros de mecánica, se expone con detalle la deducción de la llamada ecuación de cambio de estado o ecuación de cambio de condiciones, en la cual figuran:

- a) Los valores de las tensiones inicial y final, debida ésta a las sobrecargas y variaciones de temperatura.
- b) Las temperaturas extremas a que se hallan sometidos los conductores.
- c) El módulo de elasticidad del metal de que está formado el conductor.
- d) El coeficiente de dilatación lineal del material considerado.
- e) Los pesos por unidad de longitud del conductor, con sobrecarga y sin ella.

Para el cálculo de la tensión mecánica del conductor, hacemos uso de la ecuación de cambio de estado, tomando como datos para el estado inicial y final, las limitaciones mecánicas que se fijan a los conductores para que trabajen satisfactoriamente en las diferentes condiciones ambientales, tales como: variación de temperatura, presión de viento y en algunos casos cargas de hielo.

A continuación se indicarán las variaciones de temperatura y presión de viento así como la carga de hielo que deberán tomarse en cuenta en la determinación de cada una de las limitaciones necesarias para el diseño de la línea.

1. Temperatura máxima sin presión de viento, permite determinar la limitación por libramiento y la plantilla a utilizar en la localización de postes sobre el perfil del recorrido de la línea.
2. Temperatura media sin viento, permite verificar que las tensiones alcanzadas en este caso estén de acuerdo con las tensiones admitidas para limitar las vibraciones.

3. Temperatura mínima sin viento: Permite verificar el libramiento en caso de cruce abajo de una línea existente.
4. Temperatura mínima con viento máximo, sin hielo o bien temperatura mínima con hielo y viento reducido: Permite obtener la tensión final máxima resultante de los conductores, cuyo valor es necesario para determinar el coeficiente de seguridad mínima en los conductores y así como para calcular las deflexiones máximas permisibles en las estructuras tipo.

Cargas de viento y hielo.

A fin de considerar las condiciones más reales de velocidad de viento y cargas de hielo para el diseño, se ha dividido a la República Mexicana en 6 zonas en las que se han establecido las condiciones más desfavorables de temperatura, velocidad de viento y cargas de hielo. (Ver mapa anexo).

El peso de hielo sobre un conductor circular está dado por la ecuación:

$$I = 0.3109 (D_I^2 - D_B^2)$$

Donde:

I = Peso del hielo sobre el conductor, en libras/pie

D_B = Diámetro del conductor en pulgadas

D_I = Diámetro del conductor + 2 veces el espesor del hielo en pulgadas

La carga de viento sobre conductores y estructuras se determinará de acuerdo con la Tabla 2208.4 de las Normas Oficiales Mexicanas para la zona geográfica en estudio.

Zona de carga mecánica	Velocidad de viento de diseño km/h	Presión del viento en kg/m ² , sobre superficies de:		
		Cables	Estructuras	
			Cilíndricas (postes)	De celosía
I, II y III	90	39	66	105
IV	70	24	40	64
V	100	48	81	130
VI	105	53	90	143

Las tensiones finales, se calcularán a partir de la ecuación de cambio de Estado:

$$S'^2 \left[S' + \frac{W_e^2 E_f m'^2 a^2}{24S^2} + \alpha E_f (t_f - t_i) - S \right] = \frac{W_e^2 E_f m'^2 a^2}{24}$$

Haciendo:

$$\frac{W_e^2 E_f}{24} = K \quad \text{y} \quad \alpha E_f = K'$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{Km^2 a^2}{S^2} + K'(t_f - t_i) - S \right] = Km^2 a^2$$

En el estado inicial	}	S	Esfuerzo inicial sobre el conductor	(Kg/mm ²)
		T _i	Temperatura inicial	(°C)
		m	Coefficiente de sobrecarga inicial	
En el estado final	}	S'	Esfuerzo final sobre el conductor	(Kg/mm ²)
		T _f	Temperatura final	(°C)
		m'	Coefficiente de sobrecarga final	
		a	Claro regla	(m)

Coefficientes de sobrecarga

$$\text{Inicial} \quad m = \sqrt{\frac{W_h^2 + C_v^2}{W^2}}$$

$$\text{Final} \quad m' = \sqrt{\frac{W_h'^2 + C_v'^2}{W^2}}$$

Donde:

W	Peso unitario del conductor	(Kg/m)
W_h	Peso unitario del conductor con o sin hielo, para el estado inicial	(Kg/m)
C_v	Carga unitaria de viento sobre el conductor, con o sin hielo para el estado inicial	(Kg/m)
W'_h	Peso unitario del conductor con o sin hielo, para el estado final	(Kg/m)
C'_v	Carga unitaria de viento sobre el conductor, con o sin hielo para el estado final	(Kg/m)
W_e	Peso específico del conductor	(Kg/m / mm ²)
E_f	Módulo de elasticidad final	(Kg/ mm ²)
α	Coefficiente de dilatación lineal	(1/°C)

DETERMINACION DE LA TENSION FINAL DE UN CONDUCTOR DE COBRE, CAL 250 KCM, PARA LAS CONDICIONES FINALES DE 50 °C DE TEMPERATURA, SIN PRESION DE VIENTO Y MODULO DE ELASTICIDAD FINAL.

A) CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

TIPO DE CABLE	COBRE
CALIBRE	250 KCM
SECCION	126.64 mm ²
DIAMETRO	14.58 mm
PESO POR UNIDAD DE LONGITUD	1.1501 kg/m
PESO ESPECIFICO	0.0089 kg/cm ³
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL	11950 kg/mm ²
COEF. DILATACION LINEAL	16.92×10 ⁻⁶ /°C
CARGA DE RUPTURA	5157 kg
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS

B) HIPOTESIS DE CALCULO

CONDICIONES INICIALES

TEMPERATURA	16 °C
TENSION DE TENDIDO	10% CARGA DE RUPTURA
PRESION DE VIENTO	CERO
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CARGA DE HIELO	CERO

CONDICIONES FINALES

TEMPERATURA	50 °C
TENSION	VALOR POR DETERMINAR
PRESION DE VIENTO	CERO
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
CARGA DE HIELO	CERO

CLARO PROMEDIO: 75 m

$$m = 1$$

$$m' = 1$$

$$K = \frac{0.0089^2 \times 11950}{24} = 0.0394$$

$$K' = 16.92 \times 10^{-6} \times 11950 = 0.2022$$

ESFUERZO INICIAL

$$F = 0.1 \times 5157 = 515.7 \text{ kg}$$

$$S = \frac{515.7}{126.64} = 4.0722 \text{ kg / mm}^2$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 75^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 75^2$$

$$S'^2 [S' + 13.3647 + 6.8748 - 4.0722] = 221.625$$

$$S'^2 [S' + 16.1673] = 221.625$$

$$S'^3 + 16.1673S'^2 - 221.625 = 0$$

$$S' = 3.3682 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 3.3682 \times 126.64 = 426.54 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 50 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 50^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 50^2$$

$$S'^2 [S' + 5.9399 + 6.8748 - 4.0722] = 98.5$$

$$S'^2 [S' + 8.7425] = 98.5$$

$$S'^3 + 8.7425S'^2 - 98.5 = 0$$

$$S' = 2.9078 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 2.9078 \times 126.64 = 368.24 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 100 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 100^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 100^2$$

$$S'^2 [S' + 23.7595 + 6.8748 - 4.0722] = 394$$

$$S'^2 [S' + 26.5621] = 394$$

$$S'^3 + 26.5621S'^2 - 394 = 0$$

$$S' = 3.6135 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 3.6135 \times 126.64 = 457.61 \text{ kg}$$

DETERMINACION DE LA TENSION FINAL DE UN CONDUCTOR DE COBRE, CAL 250 KCM, PARA LAS CONDICIONES FINALES DE -5 °C DE TEMPERATURA, SIN CARGA DE HIELO, CON PRESION DE VIENTO Y MODULO DE ELASTICIDAD FINAL.

A) CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

TIPO DE CABLE	COBRE
CALIBRE	250 KCM
SECCION	126.64 mm ²
DIAMETRO	14.58 mm
PESO POR UNIDAD DE LONGITUD	1.1501 kg/m
PESO ESPECIFICO	0.0089 kg/cm ³
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL	11950 kg/mm ²
COEF. DILATACION LINEAL	16.92×10 ⁻⁶ /°C
CARGA DE RUPTURA	5157 kg
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS

B) HIPOTESIS DE CALCULO

CONDICIONES INICIALES

TEMPERATURA	16 °C
TENSION DE TENDIDO	10% CARGA DE RUPTURA
PRESION DE VIENTO	CERO
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CARGA DE HIELO	CERO

CONDICIONES FINALES

TEMPERATURA	-5 °C (ZONA IV)
TENSION	VALOR POR DETERMINAR
PRESION DE VIENTO	23.6 kg/m ² (70 km/h) (ZONA IV)
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
CARGA DE HIELO	CERO

CLARO PROMEDIO: 75 m

$$m = 1$$

$$W_h' = W = 1.1501 \text{ kg / m}$$

$$C_v' = 23.6 \times 0.01458 = 0.3441 \text{ kg / m}$$

$$m' = \sqrt{\frac{(1.1501)^2 + (0.3441)^2}{(1.1501)^2}} = 1.0438$$

DEL CALCULO ANTERIOR:

$$K = 0.0394$$

$$K' = 0.2022$$

$$S = 4.0722$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 75^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5-16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 75^2$$

$$S'^2 [S' + 13.3647 - 4.2462 - 4.0722] = 241.46$$

$$S'^2 [S' + 5.0463] = 241.46$$

$$S'^3 + 5.0463S'^2 - 241.46 = 0$$

$$S' = 4.922 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 4.922 \times 126.64 = 623.32 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 50 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 50^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5-16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 50^2$$

$$S'^2 [S' + 5.9399 - 4.2462 - 4.0722] = 107.32$$

$$S'^2 [S' - 2.3785] = 107.32$$

$$S'^3 - 2.3785S'^2 - 107.32 = 0$$

$$S' = 5.6915 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 5.6915 \times 126.64 = 720.77 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 100 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 100^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5-16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 100^2$$

$$S'^2 [S' + 23.7595 - 4.2462 - 4.0722] = 429.27$$

$$S'^2 [S' + 15.4411] = 429.27$$

$$S'^3 + 15.4411S'^2 - 429.27 = 0$$

$$S' = 4.6252 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 4.6252 \times 126.64 = 585.73 \text{ kg}$$

** P R O B L E M A N O . - 3 : **

D A T O S :

CALIBRE Y TIPO DEL CONDUCTOR = 250 kCM cobre
 SECCION DEL CONDUCTOR (mm²) = 126.64
 DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm) = 14.58
 PESO POR UNIDAD DE LONGITUD DEL CONDUCTOR (kg/m) = 1.1501
 PESO ESPECIFICO DEL CONDUCTOR (kg/cm³) = .0089
 MODULO DE ELASTICIDAD FINAL DEL CONDUCTOR (kg/mm²) = 11950
 COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (1/ grados C) = 1.692E-05
 CLARO ENTRE SOPORTES (m) = 100
 TENSION DE TENDIDO = 10 % TENSION RUPTURA
 TENSION DE RUPTURA (kg) = 5157

CONDICIONES INICIALES :

TEMPERATURA INICIAL = 16 grados C
 TENSION DE TENDIDO = 515.7 kg
 TENSION DE RUPTURA = 5157 kg
 PRESION DE VIENTO INICIAL = 0 kg/m²
 CLARO ENTRE SOPORTES = 100 m
 CARGA DE HIELO INICIAL = 0 mm

CONDICIONES FINALES :

TEMPERATURA FINAL = 50 grados C
 PRESION DE VIENTO FINAL = 0 kg/m²
 CARGA DE HIELO FINAL = 0 mm

*** R E S U L T A D O S ***

TENSION FINAL = 457.6512 kg

** P R O B L E M A N O . - 6 : **

D A T O S :

CALIBRE Y TIPO DEL CONDUCTOR = 250 kCM cobre
 SECCION DEL CONDUCTOR (mm²) = 126.64
 DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm) = 14.58
 PESO POR UNIDAD DE LONGITUD DEL CONDUCTOR (kg/m) = 1.1501
 PESO ESPECIFICO DEL CONDUCTOR (kg/cm³) = .0089
 MODULO DE ELASTICIDAD FINAL DEL CONDUCTOR (kg/mm²) = 11950
 COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (1/ grados C) = 1.692E-05
 CLARO ENTRE SOPORTES (m) = 100
 TENSION DE TENDIDO = 10 % TENSION RUPTURA
 TENSION DE RUPTURA (kg) = 5157

CONDICIONES INICIALES :

TEMPERATURA INICIAL = 16 grados C
 TENSION DE TENDIDO = 515.7 kg
 TENSION DE RUPTURA = 5157 kg
 PRESION DE VIENTO INICIAL = 0 kg/m²
 CLARO ENTRE SOPORTES = 100 m.
 CARGA DE HIELO INICIAL = 0 mm

CONDICIONES FINALES :

TEMPERATURA FINAL = -5 grados C
 PRESION DE VIENTO FINAL = 23.6 kg/m²
 CARGA DE HIELO FINAL = 0 mm

*** R E S U L T A D O S ***

TENSION FINAL = 585.6791 kg

Plantilla para dibujo de perfiles.

La localización de estructuras en el perfil del terreno y el dibujo de los conductores sobre dicho perfil, puede hacerse por medio de una plantilla.

Esta plantilla contiene los perfiles del conductor para diferentes condiciones ambientales.

Las escalas horizontal y vertical que se emplean en el dibujo de la plantilla, deben corresponder a las escalas empleadas en el dibujo del perfil del terreno.

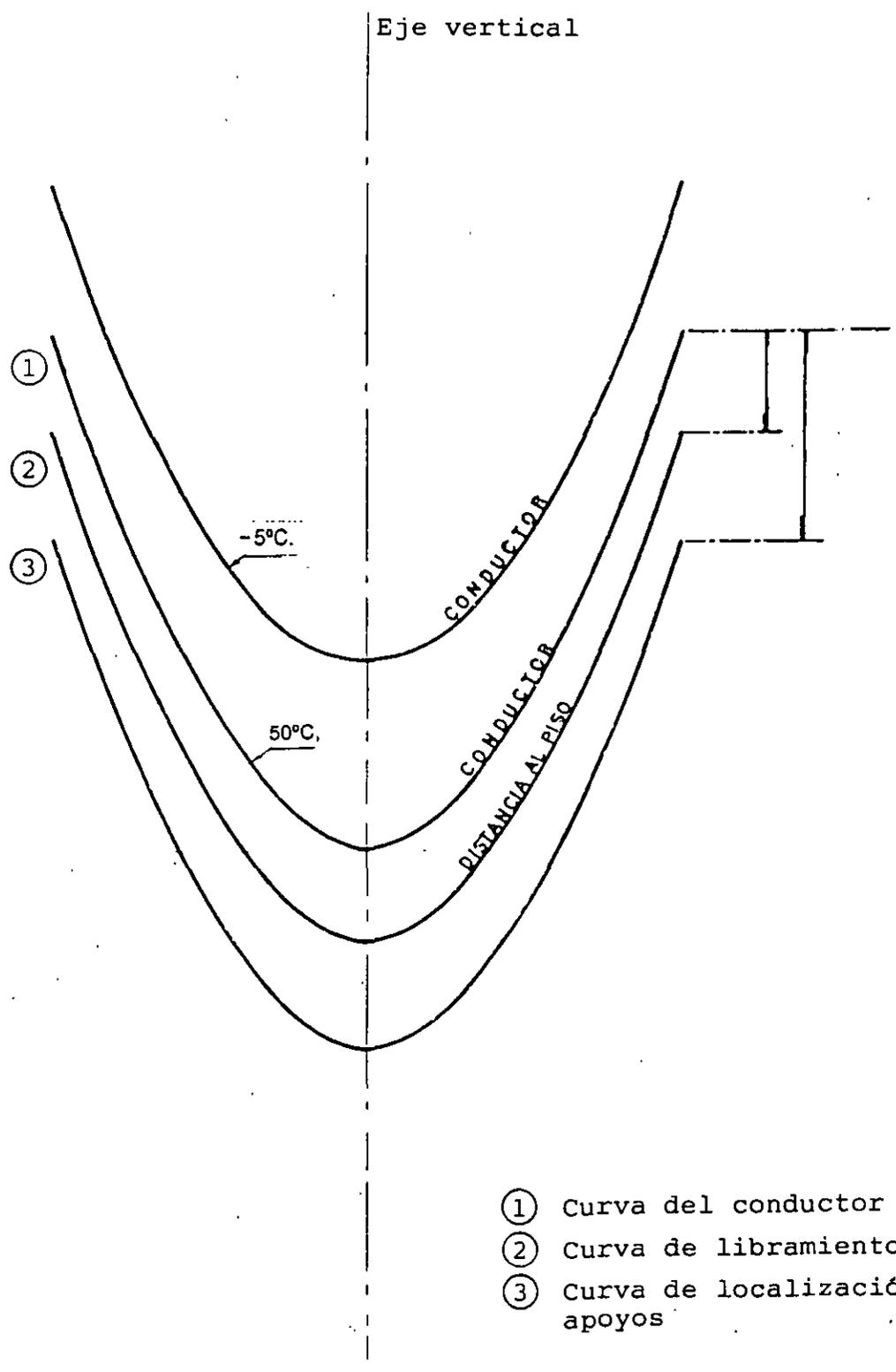
El perfil del conductor se traza de acuerdo con la ecuación de la parábola:

$$y = \frac{W}{2T} x^2$$

Donde:

W = Peso del conductor por unidad de longitud

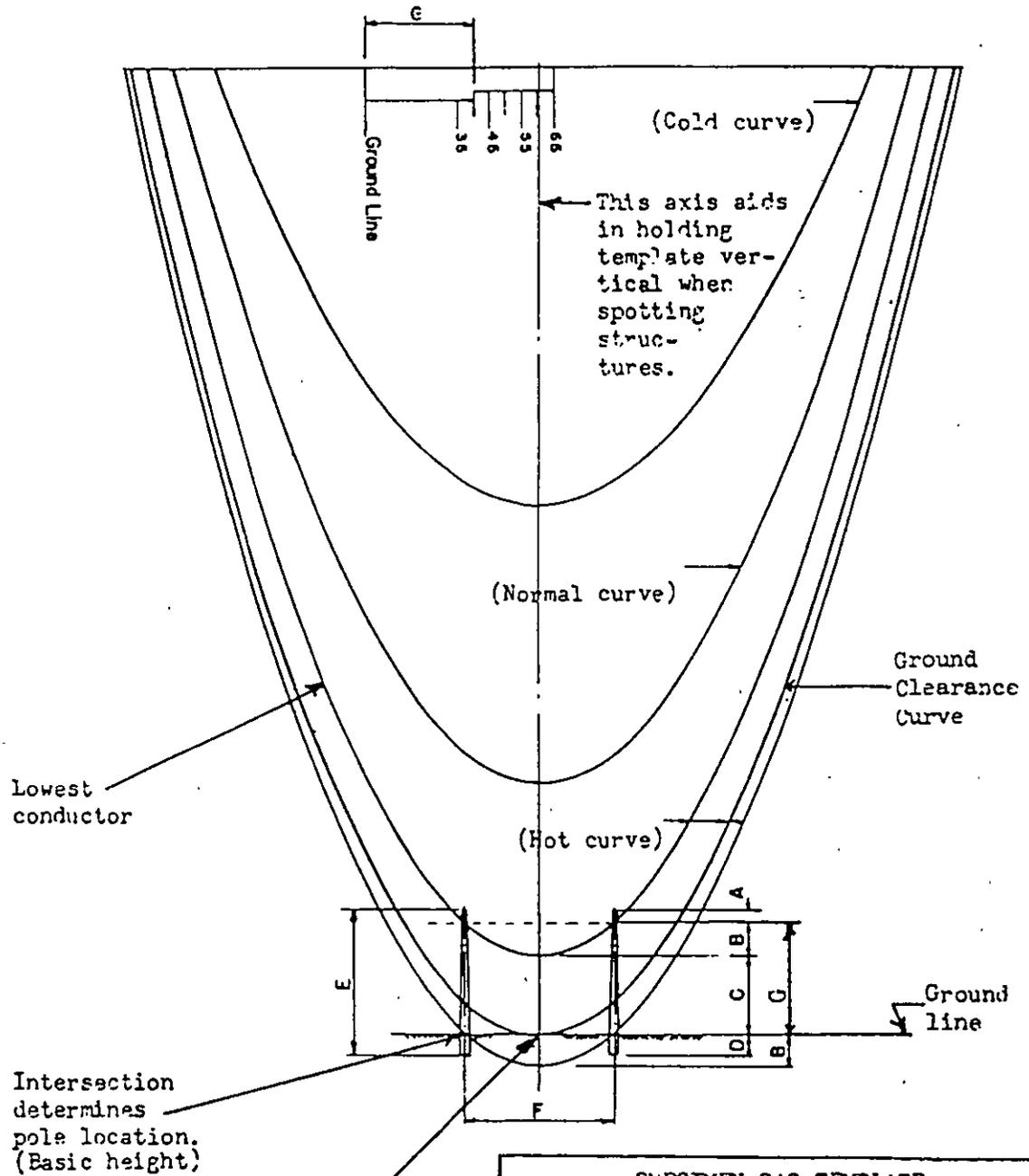
T = Tensión del conductor para las condiciones ambientales establecidas.



PLANTILLA PARA DIBUJO DE PERFILES

- A- Dimension from top of pole to point of attachment of lowest conductor.
- B- Sag in level ground span.
- C- Ground Clearance.
- D- Setting depth of pole.

- E- Length of pole.
- F- Level ground span.
- G- Dimension from ground to point of attachment of lowest conductor.



Intersection determines pole location. (Basic height)

Tangent to ground profile.

SPECIMEN SAG TEMPLATE		
Scale:		Date:
H- 1"=400'		TM-7
V- 1"= 40'		

REFERENCIAS.

ELECTRIC POWER TRANSMISSION SYSTEM ENGINEERING
Analysis and Design
Turan Gönen
John Wiley & Sons 1988

ELECTRICAL DISTRIBUTION ENGINEERING
Anthony J. Pansini
Mc Graw Hill Book Co. 1986

ELEMENTS OF POWER SYSTEM ANALYSIS
William D. Stevenson, Jr
Mc Graw Hill Book Co. 1982

TRANSMISSION AND DISTRIBUTION
Reference Book
Westinghouse Electric Corporation 1964

NORMAS OFICIALES MEXICANAS
NOM-001-SEMP-1994
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal

NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE
ANSI C2-1993

NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE HANDBOOK
Third Edition
IEEE Standards Press

NORMAS DE DISTRIBUCION-CONSTRUCCION-LINEAS AEREAS
Comisión Federal de Electricidad 1988

METODO PARA EL CALCULO DE LIMITACIONES MECANICAS Y ELECTRICAS
DE ESTRUCTURAS TIPO EN DISTRIBUCION
Comisión Federal de Electricidad 1975



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

DISEÑO MECANICO DE LINEAS DE TRANSMISIÓN

**EXPOSITOR: ING. DAVID VAZQUEZ ORTIZ
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

DISEÑO MECÁNICO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

INTRODUCCIÓN

LA NECESIDAD DE CONSTRUIR UNA NUEVA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SURGE POR CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES RAZONES:

- ° LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA GENERADORA O LA AMPLIACIÓN DE UNA EXISTENTE.
- ° INTERCONEXION ENTRE SISTEMAS.
- ° REHABILITACIÓN O REPOTENCIACIÓN DE UNA LÍNEA EXISTENTE.

PARA LA PLANEACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DEBEN CONSIDERARSE CONSIDERARSE TANTO LOS ASPECTOS ELÉCTRICOS COMO LOS MECÁNICOS, ASÍ COMO TAMBIÉN LOS ECONOMICOS, SIN OLVIDAR QUE LA CONSTRUCCION DE LA LÍNEA DEBE SER DE TAL MANERA QUE SE AFECTE, LO MENOS POSIBLE, AL MEDIO AMBIENTE.

UNA VEZ DETERMINADA LA POTENCIA QUE SE VA A TRANSMITIR POR LA LÍNEA, SE ANALIZARA EL PROBLEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR EL VOLTAJE MÁS ADECUADO PARA LAS TRANSMISIÓN. EL SIGUIENTE PROBLEMA POR RESOLVER SERA EL DEL DERECHO DE VÍA, PARA LO CUAL SE ANALIZARÁN LAS DIFERENTES RUTAS POSIBLES ENTRE LA PLANTA Y EL DESTINO FINAL DE LA LÍNEA. LA

SELECCIÓN RECAERÁ SOBRE LA MÁS ADECUADA Y LA MÁS ECONÓMICA PARA LA LÍNEA.

DETERMINADO EL DERECHO DE VÍA SE PROCEDERÁ A ESTUDIAR LA TOPOGRAFÍA DE LA RUTA, LA ALTURA DE LA MISMA SOBRE EL NIVEL DEL MAR Y LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO. CON LA INFORMACIÓN QUE SE OBTENGA DE ESTOS ESTUDIOS SE INICIARÁ, PROPIAMENTE EL DISEÑO DE LA LÍNEA.

EN ESTOS APUNTES SE DAN, COMO INTRODUCCIÓN, ALGUNOS ASPECTOS GENERALES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA EL DISEÑO MECÁNICO DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN.

CONDUCTORES

LOS CONDUCTORES PARA UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE SELECCIONAN DE ACUERDO CON LA CORRIENTE, LA TENSION, LA LONGITUD DE LA LÍNEA Y LAS NORMAS CORRESPONDIENTES.

PARA LAS TENSIONES DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL: 85, 230 Y 400 KV, LOS CONDUCTORES NORMALIZADOS SON:

PARA 85 KV: CABLE DE 795 MCML ACSR, CONDOR, AMPACIDAD DE 900 A.

PARA 230 Y 400 KV: CABLE DE 1113 MCM, ACSR, BLUEJAY, AMPACIDAD DE 1110 A.

LAS LÍNEAS PUEDEN SER: DE UN CIRCUITO TRIFÁSICO O DE DOS CIRCUITOS EN PARALELO CON UNO O DOS CONDUCTORES POR FASE Y DOS CABLES DE GUARDA. AUN CUANDO EN EL SISTEMA NACIONAL YA HAY LÍNEAS DE CUATRO CIRCUITOS EN PARALELO Y LÍNEAS CON TRES CONDUCTORES POR FASE.

PARA LÍNEAS CON DOS CONDUCTORES POR FASE, LAS SEPARACIONES ENTRE CONDUCTORES DE CADA FASE SON:

LÍNEAS DE 85 Y 230 KV: 33 cm.

LÍNEAS DE 400 KV: 45 cm.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE DAN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS CONDUCTORES MENCIONADOS.

CONDUCTORES		
CARACTERÍSTICAS	795 MCM	1113 MCM
NUMERO DE HILOS	54 / 7	45 / 7
DIAMETRO (mm)	28	32
ÁREA (mm ²)	456	603
PESO (kg / m)	1.524	1.870
CARGA DE RUPTURA (kg)	12,940	14.030
MODULO DE ELASTICIDAD INICIAL (kg / mm ²)	5.202	5.483
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL (kg / mm ²)	6,678	6,587
COEF. DE DILATACIÓN LINEAL INICIAL (1 / °C)	12.28 x 10 ⁻⁶	20.53 x 10 ⁻⁶
COEF. DE DILATACION LINEAL FINAL (1 / °C)	19.26 x 10 ⁻⁶	20.80 x 10 ⁻⁶

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES DE 795 Y 1113 MCM, ACSR.

LOS CONDUCTORES DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN ESTÁN SUJETOS A DIVERSOS ESFUERZOS, LOS CUALES DEBEN SER TOMADOS EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LAS MISMAS, ESTOS ESFUERZOS SON CAUSADOS POR:

- ° LA TENSION MECÁNICA EN EL MOMENTO DE TENDER LA LÍNEA.
- ° EL PROPIO PESO DE LOS CONDUCTORES.
- ° EL AGUA, LAS SUSTANCIAS SOLIDAS SUSPENDIDAS EN LA ATMÓSFERA Y EL HIELO QUE SE ACUMULA EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR.
- ° EL VIENTO.
- ° LAS VIBRACIONES.

AL TENDER LOS CONDUCTORES DE UNA LÍNEA, ÉSTOS NO PUEDEN QUEDAR HORIZONTALES, YA QUE LA TENSION MECÁNICA REQUERIDA PARA TAL EFECTO SOBREPASARÍA O ESTARÍA MUY CERCA DEL LÍMITE DE ELASTICIDAD DE LOS CONDUCTORES OCACIONANDO DEFORMACIONES PERMANENTES O LA RUPTURA DE LOS MISMOS. AL NO QUEDAR HORIZONTALES LOS CONDUCTORES, ÉSTOS FORMAN UNA CURVA LLAMADA CATENARIA CUYAS CARACTERISTICAS ESTÁN DETERMINADAS POR: LA TENSION MECÁNICA, EL PESO DE LOS CONDUCTORES Y EL TAMAÑO DEL CLARO, ES DECIR, LA LONGITUD DE LA SEPARACIÓN ENTRE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LA LÍNEA (TORRES, POSTES O MARCOS).

EL TAMAÑO DE LOS CLAROS EN UNA LÍNEA DEPENDE DE LA TOPOGRAFÍA DEL DERECHO DE VIA, ÉSTO ES, DEL CAMINO POR DONDE SE CONSTRUIRÁ LA LÍNEA. LO IDEAL ES QUE TODOS SEAN DEL MISMO TAMAÑO; LO CUAL IMPLICA QUE TODA LA RUTA DE LA LINEA FUERA SOBRE UN TERRENO PLANO Y SIN ACCIDENTES; DADO QUE, EN GENERAL, NO SE CUENTA CON ESTAS CONDICIONES ES NECESARIO ADAPTARSE A LAS PARTICULARIDADES DE LA RUTA SELECCIONADA, EN LA QUE SE

VAN A ENCONTRAR: TERRENOS PLANOS, BARRANCAS, MONTAÑAS, RÍOS, CRUCES CON CARRETERAS, VÍAS FÉRREAS, OTRAS LÍNEAS, ETC.

LA TENSION MECÁNICA A LA QUE SE SOMETEN LOS CONDUCTORES DEBE SER, AL MOMENTO DEL TENDIDO, A 0 °C , 33 1 / 3 % DE LA CARGA DE RUPTURA (TENSION INICIAL) Y 25 % LA TENSION FINAL, SIN CARGA DE VIENTO.

LA TENSION INICIAL O SIN CARGA SE REFIERE AL ESTADO DEL CONDUCTOR DESPUÉS DE INSTALADO, SIN HIELO EN LA SUPERFICIE Y SIN VIENTO. DESPUÉS DE QUE EL CONDUCTOR HA ESTADO SUJETO A LA CARGA DEL VIENTO Y DEL HIELO EN SU SUPERFICIE, SUFRE UN ESFUERZO PERMANENTE INELÁSTICO; LA TENSION QUE RESIENTE EL CONDUCTOR, AL QUEDAR SIN ESTAS CARGAS, SE LE LLAMA TENSION FINAL.

LA CARGA VERTICAL EN UN CONDUCTOR ES: EL PROPIO PESO DEL CONDUCTOR EN EL CLARO MAS EL PESO DEL HIELO, EN CASO DE QUE HAYA, LA CARGA HORIZONTAL ES LA DEL VIENTO; LA CARGA TOTAL ES LA SUMA VECTORIAL DE ESTAS DOS CARGAS.

CABLES DE GUARDA

LOS CABLES DE GUARDA PARA LAS LÍNEAS DE 85, 230 Y 400 KV SON DE 7 HILOS DE ACERO EXTRAGALVANIZADO, CON DIÁMETRO DE 9.53 mm. LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DE ESTOS CABLES SE DAN EN LA SIGUIENTE TABLA.

CABLES DE GUARDA	
NÚMERO DE HILOS	7
DIÁMETRO (mm)	9.5
ÁREA (mm ²)	51.2
PESO (kg / m)	0.406
CARGA DE RUPTURA (kg)	4,900
MÓDULO DE ELASTICIDAD INICIAL (kg / mm ²)	15,747
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL (kg / mm ²)	18,137
COEF. DE DILATACIÓN LINEAL (1 / °C)	11.52 x 10 ⁻⁶

TABLA 2. CARACTERISTICAS DE LOS CABLES DE GUARDA.

LOS CABLES DE GUARDA TAMBIEN SE VERÁN SOMETIDOS A LOS MISMOS ESFUERZOS DE LOS CONDUCTORES DE LA LÍNEA Y, TAMBIÉN, DEBEN SER CONSIDERADOS PARA LA SELECCIÓN Y EL TENDIDO CORRESPONDIENTE.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE DAN LAS TENSIONES MECANICAS MÁXIMAS NORMALIZADAS A -5 °C Y CON PRESIÓN DE VIENTO DE 24 kg / mm²

COND.	VOLT.	1 CON. / FA.	2 CON. / FA	1 CON. / FA.	C. DE GUARDA
		TORRE	TORRE	POSTE	
795MCM	85	2,500	--	1,000	750 Y 300
1113MCM	230	3,900	2,200	2,000	1,000 Y 600
1113MCM	400	--	3,700	--	1,000

TABLA 3. TENSIONES MAXIMAS EN CONDUCTORES.

VIBRACIONES EN LOS CONDUCTORES

ADEMÁS DE LAS CARGAS ANTES MENCIONADAS, EL DISEÑO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DEBE TOMAR EN CUENTA LA VIBRACIÓN EN LOS CONDUCTORES.

LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN AÉREAS ESTÁN SUJETOS A DOS TIPOS DE VIBRACIONES: LA VIBRACIÓN EOLICA Y EL GALOPEO.

VIBRACIÓN EÓLICA

LA VIBRACIÓN EOLICA ES UNA VIBRACIÓN DE ALTA FRECUENCIA, CON OSCILACIONES DE PEQUEÑA AMPLITUD, GENERADA POR UN VIENTO PERMANENTE DE BAJA VELOCIDAD, ENTRE 13 Y 24 km / h, A TRAVÉS DE LOS CONDUCTORES. ESTE VIENTO PERMANENTE CREA PEQUEÑOS REMOLINOS EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR, LOS CUALES SE ROMPEN A INTERVALOS REGULARES, EJERCIENDO SOBRE EL CONDUCTOR FUERZAS QUE ALTERNATIVAMENTE VAN HACIA ARRIBA Y HACIA ABAJO, PROVOCANDO LA OSCILACIÓN DEL CONDUCTOR.

LOS CONDUCTORES EN CLAROS MUY LARGOS Y MUY TENSOS ESTÁN PARTICULARMENTE PROPENSOS A ESTE TIPO DE VIBRACIONES.

LOS TERRENOS PLANOS Y ABIERTOS FACILITAN LAS CONDICIONES PARA QUE EL VIENTO PRODUZCA LA VIBRACIÓN EÓLICA. ESTA VIBRACIÓN ES CAUSA DE LA FRACTURA DE LOS CONDUCTORES EN LOS PUNTOS DE SUJECIÓN, ES DECIR, QUE EL CONDUCTOR FALLA POR FATIGA EN ESOS PUNTOS.

PARA MINIMIZAR LOS EFECTOS DE LA VIBRACIÓN EÓLICA ES RECOMENDABLE UTILIZAR CLEMAS DE SUSPENSIÓN ADECUADAS, ASÍ COMO TAMBIÉN CON EL USO DE AMORTIGUADORES EN LOS CONDUCTORES, LOS CUALES ABSORBEN LA ENERGÍA DE LA VIBRACIÓN Y LA AMORTIGUAN.

PARA DETECTAR LA VIBRACIÓN EÓLICA SE UTILIZA UN VIBRÓMETRO; ESTE DISPOSITIVO REGISTRA LA VIBRACION, EN CASO DE HABERLA; SI LA AMPLITUD DE

LAS OSCILACIONES ES IGUAL O MAYOR A 10 MILÉSIMAS DE PULGADA, SERÁ NECESARIO INSTALAR LOS AMORTIGUADORES.

GALOPEO

EL GALOPEO, O DANZA DE LOS CONDUCTORES, ES UNA CONDICIÓN EN LA CUAL LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN VIBRAN CON OSCILACIONES DE GRAN AMPLITUD Y MUY BAJA FRECUENCIA. EL GALOPEO PUEDE CAUSAR FALLAS DEBIDO AL CONTACTO ENTRE FASE O POR LA FRACTURA DE LOS CONDUCTORES EN LOS PUNTOS DE APOYO. EL GALOPEO PRODUCE ESFUERZOS TAN GRANDES QUE, INCLUSIVE, PUEDE CAUSAR FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS Y FLECHAS MAYORES A LAS DE DISEÑO; YA QUE ESTOS ESFUERZOS PUEDEN REBASAR EL LÍMITE DE ELASTICIDAD DE LOS CONDUCTORES.

EL GALOPEO USÚALMENTE LO CAUSA UN VIENTO PERMANENTE DE BAJA VELOCIDAD, ENTRE 3 Y 12 km / h, A TRAVÉS DE LOS CONDUCTORES, ESPECIALMENTE SI ESTOS ESTAN CUBIERTOS DE HIELO. CON LO CUAL SE INCREMENTA EL DIÁMETRO Y EL PESO DE LOS CONDUCTORES. ASÍ COMO LA TENSIÓN EN LOS MISMOS

DURANTE EL GALOPEO, LOS CONDUCTORES OSCILAN ELÍPTICAMENTE A FRECUENCIAS MENORES A 1 HZ Y AMPLITUDES DE VARIOS PIES.

EN LA LITERATURA CORRESPONDIENTE AL TEMA, SE REFIERE EL CASO DE UNA LINEA DE TRANSMISIÓN EN LA COSTA ESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS, SOBRE LA CUAL ESTUVO SOPLANDO UN VIENTO MODERADO PERMANENTE POR CUATRO DÍAS CAUSANDO EL GALOPEO DE LOS CONDUCTORES, EL ESFUERZO PRODUCIDO POR ESTE FUE DE TAL MAGNITUD QUE VARIAS TORRES DE LA LÍNEA SUFRIERON FRACTURAS EN SUS ESTRUCTURAS.

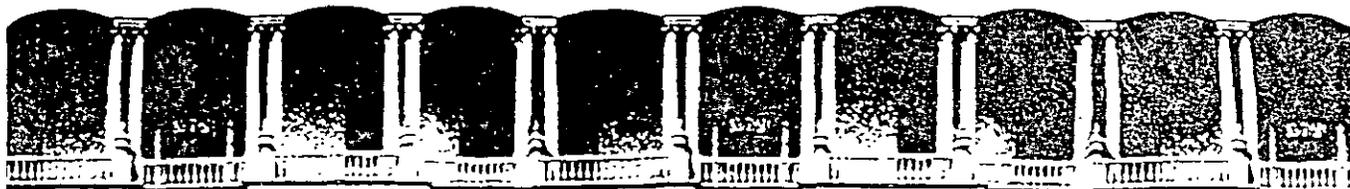
EL GALOPEO NO PUEDE PREVENIRSE, SIN EMBARGO UNA CUIDADOSA SELECCIÓN DEL CLARO Y DE LA TENSION DE LOS CONDUCTORES PUEDEN MINIMIZARLO. LÍNEAS CON CLAROS MAYORES DE 220 m RARAMENTE SUFREN ESTE TIPO DE VIBRACIONES, LO MISMO QUE LINEAS CON CONDUCTORES AGRUPADOS POR FASE (BUNDLED) CON SEPARADORES ENTRE ELLOS.

EN SITIOS DONDE EXISTE LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL GALOPEO , POR EJEMPLO ENTRE MONTAÑAS. DONDE ES ENCAÑONADO EL VIENTO, SERA NECESARIO INSTALAR AMORTIGUADORES AERODINÁMICOS.

BIBLIOGRAFIA

MANUAL DE DISEÑO Y NORMALIZACION DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN. COMPAÑÍA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A. 1980.

ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION AND TRANSMISSION. LUCES M. FAULKENBERRY AND WALTER COFFER. PRENTICE HALL. 1996.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

**SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, ALINEAMIENTO,
CIMENTACIONES Y EQUILIBRIO ECOLOGICO**

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS

LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN DENTRO DEL SISTEMA ELÉCTRICO TIENEN LA FUNCIÓN DE TRANSPORTAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA DESDE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN Y DE CONCENTRACIÓN DE ENERGÍA, HASTA LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y DE CONSUMO.

EN EL CASO DE LA REPÚBLICA MEXICANA, DONDE LAS GRANDES CENTRALES GENERADORAS CASI SIEMPRE ESTÁN UBICADAS A DISTANCIAS CONSIDERABLES DE LOS PRINCIPALES CENTROS DE CONSUMO, ES DE VITAL IMPORTANCIA CONTAR CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PARA LOGRAR EL ENLACE ENTRE LOS NODOS DEL SISTEMA Y EL ADECUADO TRANSPORTE DE LA ENERGÍA.

HASTA EL MES DE DICIEMBRE DE 1994 LA RED ELÉCTRICA NACIONAL DE TRANSMISIÓN, TIENE LA LONGITUD QUE SE INDICA A CONTINUACIÓN.

VOLTAJE (KV)	LONGITUD (KM)
400	10623
230	18217
230	20416
TOTAL	49256

LAS FIGS. 1, 2 Y 3 MUESTRAN LAS CONFIGURACIONES DE LAS REDES DE TRANSMISIÓN DE 400 KV, 230 KV Y >230 KV RESPECTIVAMENTE.

EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA DE IMPORTANTE QUE LA RED DE TRANSMISIÓN SE INCREMENTE CONSTANTEMENTE CON OBJETO DE LOGRAR EL ADECUADO FLUJO DE ELECTRICIDAD EN TODO EL PAÍS.

LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SE DEBEN CONCEBIR, PROYECTAR Y CONSTRUIR, TOMANDO EN CUENTA LAS CONDICIONES TÉCNICAS Y AMBIENTALES, PARA QUE SU OPERACIÓN SEA DENTRO DE LOS MÁRGENES DE CONFIABILIDAD ESTABLECIDOS POR LA NORMATIVIDAD OFICIAL.

LOCALIZACIÓN DE TRAYECTORIAS Y EVALUACIÓN DE LA RUTA

CRITERIOS BÁSICOS.

EL CRITERIO QUE SE ADOPTA PARA CADA UNO DE LOS CONCEPTOS QUE SE TOMAN EN CUENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RUTA, DEPENDE Y VARÍA LOS SIGUIENTES FACTORES.

TENSIÓN DE LA LÍNEA: MENORES DE 230, 230 Y 400 KV.

TOPOGRAFÍA PREDOMINANTE: CONSIDERANDO EL TIPO DE TERRENO: PLANO, LOMERIO O MONTAÑOSO.

CONDICIONES METEOROLÓGICAS: PRECIPITACIONES, DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, TORMENTAS, TORNADOS, MASAS DE AIRE, CICLONES.

USO DEL SUELO: AGRÍCOLA, PECUARIO, FORESTAL, INDUSTRIAL, URBANO Y EN CASOS TURÍSTICOS.

VIALIDAD DE APOYO: AUTOPISTAS, CARRETERAS PAVIMENTADAS, TERRACERÍAS, BRECHAS.

TIPO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SU PROBABLE EXPANSIÓN. CIUDADES, POBLADOS, RANCHERÍAS, CASERÍO AISLADO Y ASENTAMIENTOS IRREGULARES.

TIPO DE VEGETACIÓN: ÁRIDA, CULTIVOS HUERTOS, PASTIZALES, PALMARES, BOSQUE, SELVA, MANGLAR.

FACTIBILIDAD Y FACILIDAD PARA ADQUIRIR EL PERMISO DE PASO.

PROTECCIÓN AMBIENTAL, APEGÁNDOSE A LA LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO, LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y A SU REGLAMENTO.

PRECEPTOS RECOMENDABLES.

LA MEJOR LONGITUD POSIBLE. BASÁNDONOS EN EL PRINCIPIO GEOMÉTRICO QUE LA DISTANCIA MÁS CERCANA ENTRE 2 PUNTOS ES LA LÍNEA RECTA.

EL MENOR NÚMERO DE PUNTOS DE INFLEXIÓN.

EL MENOR NÚMERO DE CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, VÍAS DE FERROCARRIL, CARRETERAS Y RÍOS.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

CERCANÍA A CARRETERAS Y CAMINOS DE TERRACERÍA PARA FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN, REVISIÓN Y MANTENIMIENTO, EVITANDO CON ESTO LA

CREACIÓN DE NUEVOS ACCESOS QUE PUDIERAN AFECTAR LA ESTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS.

EVITAR BOSQUES, HUERTAS, SEMBRADÍOS DE ALTO VALOR Y PREFERENTEMENTE NO CRUZAR POR ZONAS SELVÁTICAS Y AGRÍCOLAS.

EVITAR LAGUNAS, ESTEROS, PANTANOS, RÍOS. ZONAS INUNDABLES Y PLAYAS.

ALEJARSE DE LA CONTAMINACIÓN MARINA E INDUSTRIAL ASÍ COMO DE TERRENOS EROSIONADOS O AGRESIVOS.

EVITAR PASAR CERCA DE ZONAS TURÍSTICAS, EN FUNCIONES O EVIDENTEMENTE POTENCIALES, ASÍ COMO POR ZONAS ARQUEOLÓGICAS O DE VALOR HISTÓRICO Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

PARA LO MÁS RAZONABLEMENTE ALEJADO DE NÚCLEOS DE POBLACIÓN.

CONSIDERAR EL USO DE POSTES TUBULARES, DE MEJOR ESTÉTICA Y POR RAZONES DE ESPACIO, CUANDO POR LA FUNCIÓN PROPIA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE TENGA QUE PASAR POR POBLACIONES O ZONAS TURÍSTICAS. ESTO MINIMIZARÁ EL IMPACTO VISUAL Y EL DERECHO DE VÍA RESPECTIVO.

CUMPLIR CON TODAS LAS LEYES, REGLAMENTOS Y RECOMENDACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA EN MATERIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, ASÍ COMO LAS DE LOS DEMÁS ORGANISMOS PÚBLICOS FEDERALES, ESTATALES O MUNICIPALES; ASÍ MISMO CON EL ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECEN LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS PARA LA SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE SITIOS Y TRAYECTORIAS, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA.

ACTIVIDADES DE GABINETE

ALGUNAS SE LLEVAN A CABO ANTES DEL RECONOCIMIENTO DE CAMPO Y OTRAS DESPUÉS.

PROGRAMACIÓN SIMPLIFICADA DE LA OBRA SEGÚN FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS INDICADAS EN EL PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES.

ELABORAR EL DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DE LA ZONA DONDE QUEDE COMPRENDIDA LA LÍNEA POR ESTUDIAR, INCLUYENDO, LAS OBRAS EN OPERACIÓN Y LAS FUTURAS.

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL:

- CARTAS TOPOGRÁFICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI)
- PLANOS URBANOS, DE DESARROLLO URBANO Y PLANES DIRECTORES.
- POSICIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, EN OPERACIÓN Y FUTURAS.
- CARRETERAS, VÍAS DE FF.CC., AEROPUERTOS, PRESAS, ETC., OPERANDO Y EN PROYECTO.
- DESARROLLOS INDUSTRIALES, HABITACIONALES Y TURÍSTICOS.
- ZONAS DE BOSQUES, SELVAS, HUERTAS, CAÑA, SEMBRADÍOS DE ALTO VALOR, ETC.
- ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, COMO PARQUES NACIONALES, RESERVA DE LA BIOSFERA, ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ETC.
- ZONAS DE CONTAMINACIÓN MARINA, INDUSTRIAL O AGRÍCOLA COMO LA QUEMA DE CAÑA.
- ZONAS INUNDABLES O PROPENSAS A INUNDACIÓN.
- VIENTOS DOMINANTES Y ALGUNOS DATOS METEOROLÓGICOS.

ELABORACIÓN DEL PLANO GENERAL DE TRABAJO Y TRAZO DE RUTAS OPCIONALES, CON BASE A LA INFORMACIÓN OBTENIDA. ESTA ES LA ÚLTIMA ACTIVIDAD ANTES DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO.

ACTIVIDADES DE CAMPO

ACTUALIZACIÓN EN CAMPO DEL PLANO DE TRABAJO, REGISTRANDO EN ÉL TODAS LAS NUEVAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y ASENTAMIENTOS HUMANOS E INDUSTRIALES, ASIMISMO LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS MÁS IMPORTANTES, REALIZANDO UN LEVANTAMIENTO DE TODAS LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE LA ZONA.

RECONOCIMIENTO TERRESTRE, EN FORMA DETALLADA, DE TODAS LAS OPCIONES DE RUTA CONSIDERADAS Y DE LAS QUE SURJAN COMO FACTIBLES DURANTE ESTA FASE DEL ESTUDIO.

RECONOCIMIENTO AÉREO DE LAS OPCIONES DE RUTA, YA AFINADAS DESPUÉS DEL RECORRIDO TERRESTRE, PRINCIPALMENTE CUANDO POR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO NO ES POSIBLE EL ACCESO TERRESTRE.

RECOPIACIÓN DE OPINIONES Y SUGERENCIAS RELATIVAS A LAS OPCIONES DE RUTA, DE LAS DIVERSAS ÁREAS DE OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN, ASÍ COMO DE LOS ORGANISMOS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE OPCIONES, EN DONDE SE CONSIDERA PRINCIPALMENTE LOS ASPECTOS TÉCNICOS Y ECOLÓGICOS ANALIZADOS EN CAMPO.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEFINITIVA.

ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LAS TRAYECTORIAS CONSIDERADAS, TOMANDO EN CUENTA LOS FACTORES YA DESCRITOS.

AJUSTE EN GABINETE DE LOS ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN, TANGENTES CRÍTICAS Y SELECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEFINITIVA.

ELABORACIÓN DEL "PLANO GENERAL", YA ACTUALIZADO CON LA INFORMACIÓN DE CAMPO Y LA TRAYECTORIA DEFINITIVA, GENERALMENTE EN CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA ESCALA 1:50,000 ASIMISMO OFICIALIZADO CON FIRMAS DE LOS FUNCIONARIOS AUTORIZADOS.

DISTRIBUCIÓN DEL "PLANO GENERAL" A LAS DIVERSAS ÁREAS DEL PROYECTO, EN EL QUE SE CONTEMPLA LA RUTA O TRAYECTORIA POR DONDE SE CONSTRUIRÁ LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

ESTOS APUNTES TIENEN COMO OBJETIVO PRINCIPAL, ESTABLECER LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS QUE DEBEN SATISFACER LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TENSIONES ENTRE 115 Y 400 KV, NORMALIZANDO Y OPTIMIZANDO SU EJECUCIÓN Y PRESENTACIÓN, UNIFORMIZAR LOS TRABAJOS, REGISTROS DE CAMPO, CÁLCULOS Y ELABORACIÓN DE PLANOS, PROPORCIONANDO AL PERSONAL DE CAMPO LA INFORMACIÓN NECESARIA Y SUFICIENTE.

CON ESTO SE PRETENDE FACILITAR AL TOPÓGRAFO, LA INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS, QUE SE TRADUCIRÁN EN UN MEJOR PROYECTO Y MENOS COSTO.

LOCALIZACIÓN DEL TRAZO

LA BASE DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EJE DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, ES LA TRAYECTORIA ANALIZADA, EVALUADA Y SELECCIONADA, QUE SE MARCA EN EL LLAMADO "PLANO GENERAL" Y QUE ESTA FORMADO POR CARTAS TOPOGRÁFICAS EDITADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMACIÓN (INEGI), GENERALMENTE A ESCALA 1:50.000, ACTUALIZADO POR EL ÁREA RESPONSABLE. TAMBIÉN PUEDE INDICARSE LA TRAYECTORIA SOBRE FOTOGRAMETRÍAS, FOTOS A ESCALA NO RECTIFICADA, ETC.

TAL EJE SE LOCALIZARÁ, REGISTRARÁ, DIBUJARÁ Y SEÑALARÁ EN EL CAMPO CON UNA APROXIMACIÓN MÁXIMA DE 50 M, A CADA LA DEL EJE SEÑALANDO EN EL PLANO GENERAL.

RECONOCIMIENTO DE CAMPO

EL TRAZO SE INICIA CON EL RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL TERRENO. EN ESTE RECORRIDO SE ESTUDIARÁN LOS ACCESOS; SE FIJARÁN LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN (PI), LOS PUNTOS OBLIGADOS, LOS PUNTOS SOBRE TANGENTE VISIBLES A GRAN DISTANCIA; LOS PUNTOS DE PARTIDA (0+000) Y DESTINO, QUE SERÁ EL CENTRO DE LOS MARCOS DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS SUBESTACIONES: EN SU DEFECTO, EL CENTRO DEL TERRENO O EL PUNTO MÁS CERCANO AL SITIO PROBABLE DE LA SUBESTACIÓN; LOS CRUZAMIENTOS CON VÍAS DE COMUNICACIÓN, CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, ETC.; LOS DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN; LAS POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN, ETC.

EN ESTE RECONOCIMIENTO, GENERALMENTE SURGEN LAS PRIMERAS DUDAS Y DIFICULTADES QUE SERÁN RESUELTAS CON ALGUNAS DE LAS RECOMENDACIONES GENERALES QUE A CONTINUACIÓN SE CITAN, EN LA INTELIGENCIA QUE YA FUERON TOMADAS EN CUENTA EN EL ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA TRAYECTORIA SELECCIONADA, PERO QUE PUDIERAN SER ÚTILES PARA AFINAR LA LOCALIZACIÓN DEFINITIVA EN EL CAMPO O POR ALGÚN PROBLEMA NO PREVISTO O QUE HAYA SURGIDO DESPUÉS DEL ESTUDIO Y QUE OBLIGUE A EFECTUAR UN CAMBIO PARCIAL DE TRAYECTORIA. ALGUNAS RECOMENDACIONES SON:

SE DEBERÁ EVITAR EL TRAZO PASE, HASTA DONDE SEA POSIBLE, POR:

- NÚCLEOS DE POBLACIÓN O CONSTRUCCIONES, A MENOS DE 50 M, SALVO CASOS PARTICULARES COMO LAS ÁREAS URBANAS.
- ZONAS CON VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS.

- MINAS, BANCOS DE MATERIAL EN EXPLOTACIÓN, POLVORINES.
- TERRENOS AGRESIVOS O VISIBLEMENTE EROSIONADOS O EXPUESTOS A CORRIENTES FLUVIALES.
- DESIERTOS, ZONAS DE DUNAS O ARENALES PLUVIALES.
- BOSQUES, SELVAS, HUERTAS, ZONAS DE CONTAMINACIÓN NATURAL O INDUSTRIAL.
- ZONAS INUNDABLES O PANTANOSAS.
- PENDIENTES DEL TERRENO EXCESIVAS Y LADERAS DESLIZANTES CON TERRENO SUELTO.
- SIEMBRAS DE ALTO COSTO.
- CABECERAS DE AEROPISTAS, A MENOS DE 2 KM.

LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN (PI) SE HARÁN EN TERRENO SENSIBLEMENTE PLANO RAZONABLE ALTO, NUNCA EN ZONAS BAJAS O CÚPIDES DE CERROS, NI LADERAS MUY PRONUNCIADAS.

LAS TANGENTES SERÁN LO MÁS LARGO POSIBLE, SIENDO ÉSTAS LO MÁS APROPIADAS PARA CRUZAR BARRANCAS DE GRAN CLARO.

LOS CRUZAMIENTOS CON CARRETERAS, FERROCARRILES, CANALES, ACUEDUCTOS O DUCTOS DE PEMEX SE HARÁN LO MÁS CERCANO A LOS 90° Y NUNCA A MENOS DE 30°.

LOS CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SE LOCALIZARÁN PENSANDO EN QUE LA LÍNEA DE MENOR VOLTAJE, PREFERENTEMENTE DEBE PASAR POR DEBAJO, ACERCÁNDOSE LO MÁS POSIBLE A UNA TORRE. LAS DE MAYOR VOLTAJE PASARÁN POR ARRIBA, POR LO QUE SE PROCURARÁ EL PASO POR DONDE LA FLECHA DEL CONDUCTOR ES MAYOR.

CUANDO SON DE LA MISMA TENSIÓN ES PREFERIBLE QUE, POR MANIOBRAS DE CONSTRUCCIÓN, LAS NUEVA LÍNEA PASO POR ABAJO.

EL ÁNGULO DE CRUCE IDEAL ES 90°, NO RECOMENDÁNDOSE UNO MENOR DE 45°.

NO SE LOCALIZARÁN PUNTOS DE INFLEXIÓN A MENOS DE 20 M FUERA DEL LÍMITE DEL DERECHO DE VÍA DE CARRETERAS, CAMINOS DE TERRACERÍA, VÍAS DE FF.CC., CANALES, DUCTOS DE PEMEX, ETC. LA DISTANCIA ENTRE EJES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PARALELAS, NO DEBE SER MENOR A LAS QUE SE INDICAN EN EL SIGUIENTE CUADRO, EXCEPTUANDO LOS REMATES EN LAS SUBESTACIONES.

SE CONSIDERARÁ EL PROMEDIO DE DIMENSIONES DE LAS TORRES MÁS REPRESENTATIVAS EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

CUANDO SE UTILICEN POSTES DE CUALQUIER TIPO, ESTAS DISTANCIAS SE REDUCIRÁN DE ACUERDO A LAS DIMENSIONES PARTICULARES DE CADA CASO.

TRAZOS DE LA PLANTA Y CONFIGURACIÓN DEL PERFIL DEL TERRENO.

EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEBERÁ SER LLEVADO A CABO POR MÉTODOS ELECTRÓNICOS UTILIZANDO DISTANCIÓMETROS.

SE DEBERÁ LEVANTAR Y REGISTRAR EN PLANOS, ADEMÁS DE LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER DIBUJAR LA PLANTA Y EL PERFIL DEL EJE DE LA LÍNEA LOS SIGUIENTES PUNTOS.

LINDEROS DE TERRENOS Y SU TIPO.

RÍOS, ARROYOS, ESCURRIMIENTOS PLUVIALES, CANALES.

LAGUNAS, PRESAS, ZONAS INUNDABLES, PANTANOS.

CARRETERAS, CAMINOS BRECHAS, PUENTES, FERROCARRILES.

TIPO Y ALTURA DE VEGETACIÓN, SEMBRADÍOS, HUERTAS, ARBOLEDAS Y SUS ALTURAS EN EL MOMENTO Y MÁXIMAS DE CRECIMIENTO.

TIPO Y USO DEL TERRENO.

SE LEVANTARÁ Y DIBUJARÁ CUALQUIER ELEMENTO DE LOS ANTERIORES, QUE AUNQUE NO SE CRUCE, QUEDE DENTRO DE UNA FAJA DE 50 M A CADA LADO DEL EJE DE LA LÍNEA.

PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO.

EL LEVANTAMIENTO SE INICIARÁ EN EL PUNTO CENTRAL DEL MARCO DE LA BAHÍA O BAHÍAS DE LA SUBESTACIÓN, SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA: PUNTO QUE SE DENOMINARÁ 0+000 DEL CADENAMIENTO.

EL ÁNGULO RESPECTO AL MARCO, DE SER POSIBLE, SERÁ DE 90°. EN NINGÚN CASO SERÁ MENOR DE 75°.

LA ESTRUCTURA O TORRE DE REMATE SE PROYECTA ENTRE 40 Y 60 M. QUE PUEDE SER UN PUNTO SOBRE TANGENTE (PST) O BIEN UN PUNTO DE INFLEXIÓN (PI), NUNCA MAYOR DE 15°.

LA SIGUIENTE O PRIMERA DEFLEXIÓN DE CUALQUIER GRADO, NO SERÁ LOCALIZADA A MENOS DE 300 M, EN CASO DE TORRES.

DE SER ESTRUCTURAS DE MADERA O CONCRETO, ESTA DISTANCIA SE RECOMIENDA DE 200 M Y DE 100 M EN EL CASO DE POSTES TUBULARES.

EL MARCO DE LA BAHÍA DE LA SUBESTACIÓN DE DESTINO, SERÁ EL PUNTO FINAL DE LA LÍNEA, DEBIÉNDOSE OBSERVAR LAS MISMAS RESTRICCIONES QUE EN LA SUBESTACIÓN DE ORIGEN.

SE DEBERÁ LIGAR EL TRAZO CON TODOS LOS LINDEROS DE LA SUBESTACIÓN Y LOS CUATRO PUNTOS EXTREMOS DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE LA SUBESTACIÓN. DIBUJÁNDOSE Y ACOTÁNDOSE ESTA LIGAR EN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA.

EN EL CASO DE QUE EL SITIO O PROYECTO DE UNA DE LAS SUBESTACIONES NO ESTÉ PERFECTAMENTE DEFINIDO, SE INICIARÁ O TERMINARÁ EL TRAZO EN UN PUNTO PIVOTE, LO MÁS CERCA POSIBLE DEL TERRENO O TERRENOS PROBABLES, PUNTO QUE SERÁ MARCADO EN EL PLANO DE TRAYECTORIA, CONSIDERÁNDOSE ALLÍ, SI ES DE ORIGEN, UNA IGUAL EN KILOMETRAJE.

BRECHA

EL DESMONTE O BRECHA SERÁ SÓLO LA SUFICIENTE PARA PERMITIR EL PASO DEL TRAZO, PROCURANDO NO DAÑAR CERCAS, LINDEROS, CULTIVOS NI HUERTAS. LOS ÁRBOLES FRUTALES Y DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA NO SE DEBEN DERRIBAR, Y CUANDO OBSTACULICEN, SE USARÁN MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ALINEAMIENTO Y MEDICIÓN. ALREDEDOR DE UNA MOJONERA SE HARÁ UN DESMONTE DE 3 (TRES) METROS.

ALINEAMIENTO

EL ALINEAMIENTO SE CONSERVARÁ VISANDO EN DIRECTA O EN INVERSA, CON PROMEDIO DE PUNTOS, LO QUE DISMINUIRÁ CUALQUIER DESVIACIÓN.

LAS ESTACIONES PODRÁN SER HASTA DE UN KILÓMETRO SIEMPRE QUE LA VISIBILIDAD LO PERMITA, SEÑALÁNDOSE CON UNA ESTACA CLAVADA AL RAZ DEL PISO.

PARA EVITAR CUALQUIER POSIBLE ERROR Y COMO MEDIO DE COMPROBACIÓN LAS LECTURAS SE DEBERÁN HACER DOBLES EN CADA ESTACIÓN. HACIA ATRÁS Y HACIA ADELANTE.

ENTRE ESTACIÓN Y ESTACIÓN SE TOMARÁN LECTURAS EN PUNTOS INTERMEDIOS. DE PREFERENCIA DONDE HAYA CAMBIOS DE PENDIENTE. ASÍ COMO EN LAS PARTES BAJAS Y PROMINENTES.

CUANDO EL TERRENO SEA PLANO O CON PENDIENTE UNIFORME LOS PUNTOS INTERMEDIOS SE OBSERVARÁN A UN MÁXIMO DE 100 M.

LOS PUNTOS INTERMEDIOS NO SE SEÑALARÁN EN EL TERRENO.

ELEVACIONES

LAS ELEVACIONES ESTARÁN REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR, TOMANDO COMO BASE LOS BANCOS DE NIVEL DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), EN CASOS ESPECIALES SE UTILIZARÁN LOS BANCOS DE NIVEL OFICIAL DE SEDENA, S.C.T., SARH, C.N.A., FONATUR.

SE DEBERÁ ADJUNTAR COPIA DEL BANCO DE NIVEL DONDE SE INDIQUE SU NÚMERO, UBICACIÓN Y COTA. EN CASOS PARTICULARES EN LOS QUE COMPROBADAMENTE NO SE ENCUENTRE BANCOS DE NIVEL A UNA DISTANCIA DE 10 KM., SE UTILIZARÁN LAS CURVAS DE NIVEL DEL INEGI.

ORIENTACIÓN DEL TRAZO

SE DEBERÁ EFECTUAR UNA ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA AL INICIO DEL TRAZO DEBIENDO REALIZAR OTRA AL FINAL, A MANERA DE COMPROBACIÓN ANGULAR. AMBAS POR MEDIO DE ORIENTACIÓN SOLAR.

TOLERANCIAS

-EN DISTANCIA HORIZONTAL, LA TOLERANCIA MÁXIMA SERÁ DE 20 CM POR KILÓMETRO.

-EN ELEVACIÓN SE ADMITE HASTA 15 CM POR KILÓMETRO DE DISTANCIA HORIZONTAL.

-EN NINGUNO DE LOS CASOS SERÁ ACUMULATIVA. DEBIENDO CORREGIRSE EN EL CADA PUNTO DE INFLEXIÓN.

CRUZAMIENTOS

CUANDO EL TRAZO DE LA LÍNEA CRUCE CON ALGUNA DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA QUE SE RELACIONAN EN LOS INCISOS SIGUIENTES, SE DEBERÁ LEVANTAR, REGISTRAR Y DIBUJAR EN PLANOS, LA INFORMACIÓN QUE SE DESCRIBE ABAJO DE CADA UNO DE ELLOS.

CON CARRETERAS Y CAMINOS DE TERRACERIA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE EN LA LÍNEA EN EL EJE DEL CAMINO.
- KILOMETRAJE DE LA CARRETERA Y SU NOMBRE O POBLACIONES IMPORTANTES MÁS CERCANAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN
- TIPO Y ANCHO DE LA CARRETERA
- LÍMITES DEL DERECHO DE VÍA

CON VÍAS DE FERROCARRIL

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA EN EL PUNTO DE CRUCE CON LOS RIELES.
- CLAVE KILOMETRAJE EXACTO Y ELEVACIÓN DE LOS RIELES DEL FF.CC. EN EL PUNTO DE CRUCE.
- NOMBRE DEL FERROCARRIL Y ESTACIONES MÁS CERCANAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- LÍMITES DEL DERECHO DE VÍA.

CON RÍOS, ARROYOS Y CANALES.

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA EN EL CRUCE CON LOS BORDES Y ORILLAS.
- NOMBRE DEL RÍO O ARROYO
- DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE.

- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- ELEVACIÓN DE LA CORRIENTE EN LAS ORILLAS DEL CAUCE
- ELEVACIÓN DEL NIVEL DE AGUAS MÁXIMAS, TOMADAS DE LAS HUELLAS DEL CAUCE O CONSULTANDO A LOS VECINOS DE MAYOR EDAD.
- EN CASO DE SER NAVEGABLE, DATOS DE ALTURAS MÁXIMAS DE EMBARCACIONES.

CON DUCTOS DE GAS, PETRÓLEO O DERIVADOS

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR. EN EL PUNTO DE CRUCE.
- ALTURA DEL CABLE MÁS ALTO.
- PERFILES LATERALES.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.

CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR. EN EL PUNTO DE CRUCE.
- NOMBRE Y TENSIÓN DE LA LÍNEA QUE SE CRUCE.
- DISTANCIA DEL PUNTO DE CRUCE, A LAS ESTRUCTURAS O TORRES MÁS CERCANAS Y EL NÚMERO DE ÉSTAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- ALTURA DE LOS CABLES DE GUARDA Y LOS CONDUCTORES INDICANDO SU NOMENCLATURA HG. CS. CM. CI.
- PERFILES LATERALES. A LA DISTANCIA ESPECIFICADA PARA LA LÍNEA EN PROCESO DE TRAZO. DE LOS CABLES DE GUARDA Y CONDUCTORES MÁS ALTOS CUANDO SE PROYECTE PASAR POR ARRIBA. CUANDO SE PROYECTO PASAR POR ABAJO, SE LEVANTARÁN LOS PERFILES LATERALES DE LOS CONDUCTORES MÁS BAJOS.

CON LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR, EN EL PUNTO DE CRUCE.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN
- ALTURA DEL CABLE MÁS ALTO
- PERFILES LATERALES

PERFILES LATERALES

CUANDO EL TERRENO PRESENTE UNA PENDIENTE TRANSVERSAL AL EJE DEL TRABAJO, EN EL SENTIDO ASCENDENTE, DE MÁS DE LOS VALORES QUE SE ESPECIFICAN, SERÁ NECESARIO QUE SE LEVANTE CON PRECISIÓN Y SE

REGISTRE EN LOS PLANOS DE PLANTA Y PERFIL, UN PERFIL LATERAL (PARALELO). ESTOS VALORES Y DISTANCIAS SERÁN SEGÚN LA TABLA SIGUIENTE:

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

CUANDO A LA DISTANCIA INDICADA EN LAS 2 ÚLTIMAS COLUMNAS SE ENCUENTRE ALGUNA PROMINENCIA NATURAL O CONSTRUCCIÓN QUE SOBREPASE DE 2 (DOS) M RESPECTO A LA ELEVACIÓN DEL EJE; NO IMPORTANDO QUE LA PENDIENTE TRANSVERSAL DEL TERRENO SEA NULA O MENOR QUE LA ESPECIFICADA EN LA PRIMERA COLUMNA. SE DEBERÁ OBTENER Y REGISTRAR EN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA EL O LOS PERFILES LATERALES.

TAL CASO SE PRESENTA COMÚNMENTE CUANDO LA LÍNEA SE TRAZA POR CALLES O PASA CERCA DE CONSTRUCCIONES AISLADAS O TAMBIÉN CERCA DE ALGUNA ARBOLEDA.

SEÑALAMIENTO

CON ESTACAS DE MADERA Y SE COLOCARÁN EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES (E). CLAVADAS AL RAS DEL SUELO, CON UNA TACHUELA O CLAVO EN EL EJE DEL TRAZO Y CLARAMENTE MARCADOS CON EL NÚMERO PROGRESIVO QUE LE CORRESPONDE A CADA ESTACIÓN (E-1, E-2, ETC.).

CON MOJONERAS DE CONCRETO CON FORMA PIRAMIDAL CON LAS DIMENSIONES SIGUIENTES: BASE 25X25 CM, CORONA 15X15 CM, ALTURA 40 CM. SE PINTARÁN CON PINTURA DE ACEITE, COLOR BLANCO, EN LA CARA SUPERIOR SE COLOCARÁN UNA VARILLA O ALAMBRÓN INMERSO 10 CM EN EL CONCRETO, QUE INDICARÁ EL EJE Y SE PINTARÁ CON ROJO EL NÚMERO DEL PUNTO DE INFLEXIÓN (PI) Y/O ESTACIÓN (E). EN UNA DE LAS CARAS, CON PINTURA DE ACEITE ROJA SE ANOTARÁ EL NOMBRE DE LA LÍNEA EL KILOMETRAJE Y EN SU CASO EL ÁNGULO DE DEFLEXIÓN, SE FIJARÁN FIRMEMENTE AL TERRERO, DEBIENDO SOBRESALIR ENTRE 10 Y 15 CM; PUEDEN SER COLOCADAS DIRECTAMENTE EN LA EXCAVACIÓN O PRECOLADAS, ADHRIÉNDOLAS CON MORTERO.

SE COLOCARÁN EN LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- INICIO Y TERMINACIÓN DE LA LÍNEA.
- PUNTOS DE INFLEXIÓN.
- ESTACIONES ADYACENTES DE PUNTOS DE INFLEXIÓN.
- CRUCES CON VÍAS DE FERROCARRIL, CARRETERAS, CAMINOS DE TERRACERÍAS IMPORTANTES, CANALES, RÍOS, GASODUCTOS, OLEODUCTOS O POLIDUCTOS, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN (DE 69 A 400 KV). EN ESTOS CASOS SE COLOCARÁN UNA CADA LADO, EN EL LÍMITE DEL DERECHO DE VÍA O FUERA DE ÉSTE EN DONDE SEAN VISTAS CON FACILIDAD.
- CAMINOS SECUNDARIOS DE TIERRA O BRECHAS QUE SIRVAN DE ACCESO A LA LÍNEA: EN ÉSTOS, SE COLOCARÁ SÓLO UNA.
- TANGENTES LARGAS, DONDE NO SE HAYAN COLOCADO LAS DE LOS CASOS ANTERIOR, A NO MÁS DE 3 KM.

SI EL TRAZO VA POR ZONAS DONDE HAYA ROCA APARENTE, LAS ESTACAS Y MOJONERAS SERÁN SUSTITUIDAS POR CÍRCULOS DE 20 Y 30 CM DE DIÁMETRO, RESPECTIVAMENTE, CUBIERTOS CON PINTURA DE ACEITE BLANCA INSCRIBIENDO EN ELLOS, CON LETRAS ROJAS, LOS MISMOS DATOS QUE EL DE LAS ESTACAS Y MOJONERAS.

REGISTROS DE CAMPO

TODOS LOS DATOS OBSERVADOS Y MEDIDOS PARA REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEBERÁN REGISTRARSE, DE PREFERENCIA, EN LIBRETAS DE TRÁNSITO EDITADAS EXPROFESO.

SE ANEXAN MODELOS DE REGISTRO, QUE PUEDEN SER MEJORADOS O AMPLIADOS SEGÚN EL EQUIPO UTILIZADO O LAS CONDICIONES ESPECIALES DEL LEVANTAMIENTO.

LOS REGISTROS CONTENDRÁN TODOS LOS DATOS NECESARIOS, CLAROS Y PRECISOS, PARA QUE SE ELABOREN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA, TAL Y COMO SE INDICA EN EL CAPÍTULO CORRESPONDIENTE. LAS HOJAS DEBERÁN ESTAR NUMERADAS.

EN LA PORTADA SE ANOTARÁ EL NÚMERO DE LA LIBRETA Y EL NOMBRE DE LA LÍNEA TRAZADA. EN LA PRIMERA HOJA ADEMÁS DE LO ANTERIOR, LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS, EL NOMBRE COMPLETO DEL TOPÓGRAFO, EL APARATO UTILIZADO, SU MARCA, TIPO Y PRECISIÓN TEÓRICA.

LAS FECHAS SE ANOTARÁN, INVARIABLEMENTE AL INICIO DE CADA UNA DE LAS HOJAS UTILIZADAS EN UN DÍA DE TRABAJO.

ESTOS REGISTROS NORMALMENTE SE ENTREGARÁN CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA, YA QUE ELLOS SERÁN EL APOYO NUMÉRICO DE LA REVISIÓN QUE DEBERÁ EFECTUARSE A DICHS PLANOS.

LOS DATOS DE APOYO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO, TALES COMO LA ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA Y LA NIVELACIÓN PARA DAR COTA RELACIONADA A LA RED DEL INEGI, TAMBIÉN SERÁN ENTREGADOS CON LOS PLANOS.

PLANOS

EL PLANO GENERAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ELABORA SOBRE UN MOSAICO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS EN COLOR, A ESCALA 1:50.000. EDITADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). LAS DIMENSIONES DE TAL MOSAICO SE PROCURAN QUE SEAN DE 28 O 56 CM A LO ANCHO; EL LARGO SEGÚN SEA EL DESARROLLO DE LA LÍNEA. SE INCLUIRÁ UN ESQUEMA DE LAS HOJAS Y SU CLASIFICACIÓN DEL INEGI, UTILIZADOS PARA FORMAR EL CITADO, MOSAICO.

EN LÍNEAS MUY LARGAS O CON DIRECCIONES MUY VARIABLES, ES CONVENIENTE FORMAR EL PLANO EN DOS O TRES HOJAS.

AL PLANO YA FORMADO, SE ADICIONARÁN, ENTRE OTROS, LOS SIGUIENTES DATOS:

- TRAYECTORIA DE LA LÍNEA POR TRAZAR.
- COORDENADAS GEOGRÁFICAS.
- LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUS DESTINOS. EN CASO DE QUE NO APAREZCAN EN EL PLANO.

PARA TAL FIN, SE NORMALIZARÁ LA SIMBOLOGÍA PARA INDICAR SUS DIFERENTES TENSIONES COMO SIGUE:

L.T. 400 KV AZUL
L.T. 230 KV AMARILLO
L.T. 161 KV
L.T. 150 KV NARANJA
L.T. 115 KV ROJO
L.T. 69 KV ROJO

- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 115 Y MAYORES Y SU NOMBRE.
- DESTINO DE CARRETERAS Y VÍAS DE FERROCARRIL QUE SE CORTEN POR LOS MÁRGENES DEL PLANO.

- MÁRGENES. CUADRO DE REFERENCIAS. ESCALA GRÁFICA Y NORTE ASTRONÓMICO.
- CUADRO DE DATOS FINALES DEL TRAZO (AL TERMINAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO).

PLANTA DEL TRAZO

LA PLANTA GENERAL O DE CONJUNTO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO LEVANTADO. SE DIBUJARÁ CON EXACTITUD, EN EL PLANO GENERAL. MISMO SOBRE EL QUE SE MARCA LA TRAYECTORIA PRELIMINAR DE LA LÍNEA.

LA POLIGONAL QUE REPRESENTA LA PLANTA GENERAL DE LA LÍNEA SERÁ RELACIONADA CON LAS SUBESTACIONES DE LOS EXTREMOS Y CON TODOS LOS ACCIDENTES NATURALES U OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTES, ADICIONANDO TODAS AQUELLAS QUE NO HAYAN ESTADO MARCADAS EN EL PLANO.

LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN DE LA POLIGONAL SE LES DOMINARÁ CON EL NÚMERO PROGRESIVO CORRESPONDIENTE. INCLUYENDO LOS DATOS PRINCIPALES DE ESOS PUNTOS. RESUMIDOS EN UN CUADRO DE DATOS TAL COMO SE INDICA EN EL EJEMPLO SIGUIENTE:

PLANOS DE PERFIL Y PLANTA

LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA SERÁN ELABORADOS EN FORMATOS DE PELÍCULA POLIESTER INDEFORMABLE CON CUADRÍCULA MILIMÉTRICA, DEBIENDO DIBUJARSE MEDIANTE COMPUTADORA O EN TINTA CHINA Y CON TODA LA INFORMACIÓN QUE EN ÉL SE INDICA, EMPLEANDO LAS SIGUIENTES ESCALAS:

	HORIZ	VERT
TERRENO PLANO, LOMERÍO, MONTAÑA SUAVE.	1:2000	1:200
EN TERRENO MUY ACCIDENTADO	1:2000	1:500

EL RUMBO ASTRONÓMICO DE CADA TANGENTE DEBERÁ APARECER EN CADA UNA DE LAS HOJAS.

AL DIBUJAR EL PERFIL, TENER EN CUENTA LA PROYECCION DE ESTRUCTURAS. POSTES O TORRES. INCLUYENDO EL CONDUCTOR MÁS BAJO QUE LAS UNE: POR LO TANTO, EL ESPACIO LIBRE QUE DEBERÁ HABER ENTRE EL PUNTO MÁS PROMINENTE DEL PERFIL Y LA PARTE INFERIOR DE LA PLANTA, SERÁ COMO MÍNIMO DE 40M SEGÚN LA ESCALA VERTICAL QUE SE UTILICE.

PARA COMPLEMENTAR LA INFORMACIÓN GRÁFICA ES CONVENIENTE INCLUIR EN UNA HOJA INDEPENDIENTE, EL DIBUJO EN PLANTA A UNA ESCALA OBJETIVA. TAMBIÉN SE DEBEN INDICAR LOS DETALLES DE CÓMO SE LLEGA Y SALE A LAS SUBESTACIONES CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

- LINDEROS DEL PREDIO DE LAS SUBESTACIONES Y CERCAS ALEDAÑAS
- ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES DENTRO DE LAS CUALES SE ENCUENTRE EL MARCO DE SALIDA O LLEGADA DE LA LÍNEA EN PROCESO DE TRAZO.
- POSTES, ESTRUCTURAS O TORRES DE REMATE DE LAS LÍNEAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE SALGAN O LLEGUEN A LAS SUBESTACIONES.
- CARRETERAS, CAMINOS, VÍAS DE FERROCARRIL Y DUCTOS ADJUNTOS A LA SUBESTACIONES, CON SUS RESPECTIVOS DESTINOS.

MODIFICACIONES A LA TRAYECTORIA

EN CASO QUE DURANTE EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO SE PRESENTE ALGÚN PROBLEMA NO PREVISTO EN EL ESTUDIO O QUE HAYA SURGIDO DESPUÉS DE ÉSTE, Y QUE OBLIGUE A UN CAMBIO SUSTANCIAL DE LA TRAYECTORIA, SERÁ NECESARIO QUE EL RESPONSABLE DEL TRAZO LEVANTE EL OBSTÁCULO Y/O INFORME DEL PROBLEMA PRESENTANDO ALTERNATIVAS PARA QUE SEAN ANALIZADA Y EVALUADAS POR EL DEPARTAMENTO DE SELECCIÓN DE SITIOS, EL QUE DECIDIRÁ FINALMENTE, LA MODIFICACIÓN QUE HABRÁ DE EJECUTARSE.

CIMENTACIONES

PARA QUE CUALQUIER ESTRUCTURA SEA SEGURA Y TRABAJE CORRECTAMENTE, DEBE CONTAR CON UNA CIMENTACIÓN ADECUADA.

LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CIMENTACIÓN ES MUCHAS VECES EL TRABAJO MÁS DIFÍCIL DE TODOS LOS QUE SE REALIZAN EN UNA OBRA.

LOS ELEMENTOS MECANICOS QUE TRANSMITEN AL TERRENO LAS ESTRUCTURAS:

DEBEN RESISTIR LOS PESOS, LA ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LOS CABLES Y LA ESTRUCTURA, ASÍ COMO ALGUNAS OTRAS ACCIONES POSIBLES COMO ROTURA DE CABLES O HIELO.

SE DEBE IDENTIFICAR LA MAGNITUD Y FORMA EN QUE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS SON TRANSMITIDOS POR LA ESTRUCTURAS AL SUELO DE LA CIMENTACIÓN.

LAS TORRES TRANSMITEN LAS CARGAS A LA CIMENTACIÓN MEDIANTE 4 PATAS, DOS DE ELLAS TRABAJAN A COMPRESIÓN Y LAS OTRAS DOS LO HACEN A TENSIÓN, FUERZAS HORIZONTALES, TRANSVERSALES Y/O LONGITUDINALES; LAS TORRES CON RETENIDAS TIENEN UN APOYO CENTRAL QUE TRABAJA A COMPRESIÓN, EN TANTO QUE LAS RETENIDAS LO HACEN A TENSIÓN.

EN CIMENTACIONES QUE TRABAJAN A COMPRESIÓN SE REQUIERE EL CONOCIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO DONDE SE APOYAN, EN LAS CIMENTACIONES QUE TRABAJAN A TENSIÓN SE REQUIERE CONOCER LA RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE LOS RELLENOS.

LOS POSTES TRONCOCÓNICOS SÓLO POSEEN UN APOYO Y POR TANTO LA FORMA DE TRANSMITIR LAS CARGAS AL TERRENO DIFIEREN.

GEOTECNIA

LA GEOTECNIA ES LA RAMA DE INGENIERIA CIVIL QUE INVOLUCRA A LA MECÁNICA DE SUELOS Y LA MECÁNICA DE LAS ROCAS.

DESPUES DE SER IDENTIFICADOS DEBIDAMENTE LA MAGNITUD Y FORMA DE ACTUCION DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS QUE TRANSMITEN LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN AL TERRENO, ES NECESARIO ESTUDIAR LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y SU RESISTENCIA A LOS EFECTOS A QUE SERA SOMETIDO.

LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS Y ROCAS ESTÁ ASOCIADA AL CONTENIDO DE AGUA QUE POSEEN EN SU ESTRUCTURA, A MAYOR CANTIDAD DE AGUA MENOR RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y MAYOR INESTABILIDAD DE LAS MASAS DE SUELOS; EL AGUA PROVOCA EROSIÓN Y SOCAVACIÓN.

EN LAS ESTRUCTURA DEL SUELO EL AGUA INFLUYE EN LA PRESION DEL PORO Y LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS Y SE EXPRESA:

$$s = c + \sigma_s \tan \theta$$

DONDE:

S = RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

C = COHESIÓN DEL SUELO

σ_s = ESFUERZO EFECTIVO NORMAL AL PLANO DE FALLA EN EL

σ_n = ESFUERZO TOTAL NORMAL AL PLANO DE FALLA

θ = ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA DEL SUELO EN GRADOS

LAS PARTES BAJAS O DEPRESIONES GENERALMENE SON ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES, ~~ES~~ IMPORTANCIA SU IDENTIFICACIÓN PREVIA AL DISEÑO.

LOS CONOCIMIENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA RESULTAN VALIOSOS PAA EL GEOTECNISTA COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS Y SU CIMENTACIÓN, LOS PROBLEMAS SÍSMICOS QUE MÁS PUDIERAN AFECTAR A LAS CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN ESTÁN ASOCIADOS CON EL AGRIETAMIENTO EN SUELOS Y CON LA LICUACIÓN DE ARENAS FINAS UNIFORMES SATURADAS.

PARA LOGRAR DISEÑOS ADECUADOS DE CIMENTACIONES, TANTO EN FUNCIONALIDAD COMO EN COSTO, ES NECESARIO REALIZAR ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE LAS DIFERENTES FORMACIONES QUE SE ENCUENTRAN A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA ELEGIDA DE LA LÍNEA DE TRANSMIISIÓN.

LA EXPLORACIÓN CONSISTE UNA VISITA PRELIMINAR DE CAMPO EL INGENIERO GEOTECNISTA IDENTIFICA FORMACIONES GEOLÓGICAS Y RASGOS QUE PRESENTAN EN LA SUPERFICIE, UN PROGRAMA DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO SUPERFICIAL Y/O PROFUNDO PARA

CONOCER LAS PROPIEDADES DEL SUBSUELO. PENETRACIÓN ESTÁNDAR O DE CONO ELÉCTRICO EN SUELOS BLANDOS Y DE BAJA RESISTENCIA. EL NÚMERO, TIPO Y DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS DEPENDE DE LA VARIACIÓN DEL TIPO DE TERRENO, LA EXPERIENCIA Y PERICIA DEL INGENIERO GEOTECNISTA. CON TODA ESTA INFORMACIÓN, CONSTRUYEN LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS ELIGEN LOS TIPOS DE CIMENTACIÓN.

DETECTAR LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS, POTENCIALIDAD DE INUNDACIÓN DE LAS DIFERENTES ZONAS, LA POTENCIALIDAD DE INUNDACIÓN DE LAS DIFERENTES ZONAS LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, EL RIESGO DE DESBORDAMIENTOS Y SOCAVACIÓN DE RÍOS Y ARROYOS, FACTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE LADERAS.

IDENTIFICAR ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN INFORMACIÓN Y REGISTRARLAS, EN LOS INFORMES GEOTÉCNICOS.

PRUEBAS DE LABORATORIO

LAS PRUEBAS GRANULOMETRÍA, LÍMITES DE PLASTICIDAD, CONTENIDO NATURAL DE AGUA, PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS Y PESO ESPECÍFICO NATURAL, LAS PRUEBAS MECÁNICAS SON COMPRESIÓN SIMPLE, COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA Y DE CONSOLIDACIÓN.

CAPACIDAD DE CARGA Y DEFORMACIONES EN LOS SUELOS

DOS ASPECTOS FUNDAMENTALES EL ANÁLISIS Y DISEÑO, CIMENTACIONES:

A) QUE LA PRESIÓN TRANSMITIDA AL SUELO NO REBASE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE ÉSTE PARA NO PROVOCAR UNA FALLA CATASTRÓFICA DE LA ESTRUCTURA

B) QUE LA PRESIÓN TRANSMITIDA NO INDUZCA DEFORMACIONES EXCESIVAS AL SUELO QUE SE TRADUZCAN EN UN MAL FUNCIONAMIENTO

LAS FALLAS MÁS FRECUENTES SE ASOCIAN CON EL PRIMER ASPECTO.

NO SE REBASE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS, SE EVALÚA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO ANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS COMPRESIVAS.

CONSIDERANDO CARGAS PERMANENTES COMO LAS CARGAS DINÁMICAS VARIABLES MÁS DESFAVORABLES.

PARA DISEÑAR PILAS DE CIMENACIÓN, REQUIERE CONOCER TANTO LA CAPACIDAD DE CARGA A COMPRESIÓN DEL SUELO, COMO LA RESISTENCIA DESARROLLA EN LA CARA LATERAL.

EN CIMENTACIONES EN POSTES LOS MOMENTOS TRANSMITIDOS AL SUELO SON MUY GRANDES, LAS ZAPATAS DE CIMENACIÓN RESULTAN TAMBIÉN MUY GRANDES.

TIPOS DE CIMENTACION, ANALISIS Y DISEÑO

SUPERFICIALES Y PRODUNDAS. ZAPATAS AISLADAS O CORRIDAS, ZAPATAS AISLADAS LIGADAS CON CONTRATRABES, LOSAS, PILAS CORTAS Y PILONES O ZAPATAS ANCLADAS EN ROCA, ASÍ MUERTOS DE ANCLAJE PARA RETENIDAS.

LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES SE DESPLANTAN A UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 5 M, HASTA 7 M. EN SUELOS CAPACIDAD DE 3 TON/M.

CIMENTACIONES PROFUNDAS EN ESTRATOS SUPERIORES DEL SUBSUELO NO TIENEN LA SUFICIENTE RESISENCIA AL CORTE, SON MUY COMPRESIBLES O SON SUSCEPTIBLES A LA LICUACIÓN ANTE CARGAS DINÁMICAS.

CIMENTACIONES SUPERFICIALES

PUEDEN SER DE CONCRETO O DE ACERO.

DEBIDO A PROBLEMAS DE CORROSIÓN EL CONCRETO REFORZADO EN SUELOS SUMAMENTE AGRESIVOS SE PUEDE MEJORAR CON CEMENTO TIPO LL O PUZOLÁNICO.

RN NINGUN CASO ESTAS ESTRUCTURAS SE DESPLANTARÁN SOBRE TIERRA VEGETAL, SUELOS O RELLENOS SUELTOS O DESHECHOS.

SE DISEÑANCIMENTACIONES DE ESTE TIPO PARA CUALQUIER CLASE DE TORRESEGÚN:

a) PARA SUELOS CON CAPACIDAD ECARGA NETA ADMISIBLE (0.5, 1.0 Y 2.0 KG/CM²)

b) PARA CADA NIVEL DE TORRE O POSTE SIN EXTENSIONES, SIGUIENTES CASOS:

SUELO SUMERGIDO (NIVEL FREÁTICO SUPERFICIAL).

ESTRUCTURAS SOPORTE DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISION

LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN IGUAL QUE TODAS LAS OBRAS DE INGENIERÍA, SURGEN DE LA NECESIDAD ESPECIFICA POR SATISFACER. LA NECESIDAD DE SOPORTAR ADECUADA Y EFICIENTEMENTE LOS CONDUCTORES PARA TRANSMITIR ENERGÍA ELÉCTRICA.

ESTAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN FORMAN PARTE DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SE PUEDEN DIVIDIR EN DOS TIPOS FUNDAMENTALES QUE SON TORRES Y POSTES.

EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE TIPOS DE TORRES DE TRANSMISIÓN:

TORRES AUTOSOPORTADAS:

- A) DELTA
- B) RECTA
- C) CARA DE GATO

TORRES CON RETENIDAS:

- A) COLUMNAS EN "V"
- B) COLUMNAS EN PORTAL

LAS TORRES AUTOSOPORTADAS SON CONSTITUIDAS POR LAS SIGUIENTES PARTES:

- A) CIMENTACIÓN METÁLICA, DE CONCRETO O COMBINADA
- B) EXTENSIONES "PATAS"
- C) CERRAMIENTO
- D) CUERPO PIRAMIDAL
- E) HORQUILLAS "BRAZOS", PARA TORRES TIPO DELTA
- F) CUERPO RECTO PARA TORRES CON CIRCUITOS DE DISPOSICIÓN VERTICAL

- G) TRABE, PARA TORRES TIPO DELTA
- H) CRUCETAS PARA CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA
- I) AISLADORES Y HERRAJES

LAS TORRES CON RETENIDAS CUENTAN CON LAS SIGUIENTES PARTES PRINCIPALES:

- A) CIMENTACIONES DE CONCRETO
- B) COLUMNAS
- C) TRABE
- D) CRUCETAS PARA CONDUCTORES E HILO DE GUARDA
- E) CABLES PARA RETENIDAS

ESTAS PARTES FORMAN UN CONJUNTO CUYO COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEPENDE DEL COMPORTAMIENTO DE CADA UNA DE ELLAS, EL OBJETO DEL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS ES QUE FORMEN PARTE DE SISTEMAS CONSTRUIDOS A UN COSTO RAZONABLE Y ALTAMENTE CONFIABLE, EN DONDE UN DISEÑO ÓPTIMO QUE IMPLICA:

- A) ESTABLECER LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD Y SERVICIO
- B) EVALUAR SOLICITACIONES
- C) EFECTUAR UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- D) DIMENSIONAR LOS ELEMENTOS DE LA TORRES EVALUANDO SU RESISTENCIA
- E) ELABORAR LOS PLANOS

LOS PASOS ANTERIORES SE RIGEN POR UNA SERIE DE CONSIDERACIONES, QUE DEPENDEN DEL MÉTODO DE DISEÑO.

PARA LAS TORRES SE SIGUE EL MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITE. QUE ES LA ETAPA DEL COMPORTAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE LA CUAL, ESTA O ALGUNA DE SUS PARTES DEJA DE CUMPLIR CON LA FUNCIÓN PARA LA CUAL FUE PROYECTADA.

ESTA DEFINICIÓN PRESENTA EN OCASIONES GRANDES DIFICULTADES, YA QUE EXISTEN DEFORMACIONES PERMANENTES O TRANSITORIAS DURANTE LA APLICACIÓN DE UNA CARGA, CUYO IMPACTO EN EL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE UNA TORRES O SU CONTRIBUCIÓN AL COLAPSO DE LA MISMA NO SON FÁCILES DE DETERMINAR.

EVALUACIÓN DE SOLICITACIONES

SOLICITACIÓN ES TODO AGENTE QUE PUEDE LLEVAR A LA TORRE A UN ESTADO LÍMITE, PARA CADA SOLICITACIÓN SE ESTABLECE UN VALOR NOMINAL QUE ES VALOR CONSERVADOR DE SU INTENSIDAD MÁS DESFAVORABLE.

DEBIDO A LA INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE LAS SOLICITACIONES, SU VALOR NOMINAL SE ESTABLECE CON PROBABILIDADES Y SE DEFINE COMO LA INTENSIDAD DE LA SOLICITACIÓN TAL, QUE LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRA UNA INTENSIDAD MAYOR EN UN PERÍODO DETERMINADO SEA PEQUEÑA.

PARA TOMAR EN CUENTA LA INCERTIDUMBRE CON QUE SE DETERMINAN LOS VALORES DE LAS FUERZAS QUE INTERVIENEN EN LAS COMBINACIONES, ESTAS ÚLTIMAS SE MULTIPLICAN POR FACTORES MAYORES QUE UNO, DENOMINADOS DE CARGA, CUYOS VALORES AUMENTAN CONFORME LA COMBINACIÓN CORRESPONDIENTE CONTIENE FUERZAS MÁS INCIERTAS.

PARA LA EVALUACIÓN DE LAS SOLICITACIONES SE REQUIERE LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

- A) TIPO Y NÚMERO DE CADENAS DE AISLADORES
- B) DISPOSICIÓN VERTICAL O EN "V"
- C) NÚMERO DE AISLADORES, CON EL FIN DE CALCULAR LA MASA DE LOS MISMOS.
- D) LONGITUD DE LAS CADENAS, CON LA FINALIDAD DE CALCULAR EL ÁREA EXPUESTA AL VIENTO.

E) SILUETA DE LAS ESTRUCTURAS, EN LA CUAL SE INDIQUEN LAS LIMITANTES DIELECTRICAS.

PROPORCIONADA POR LOS DISÑADORES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

A) TIPOS DE TORRES

- SUSPENSIÓN
- DEFLEXIÓN
- REMATE
- TRANSPOSICIÓN

B) USO DE LAS TORRES

- GRADOS DE DEFLEXIÓN
- CLARO MEDIO HORIZONTAL
- CLARO VERTICAL

C) TIPO DE CONDUCTOR

D) TIPO DE HILO DE GUARDA

E) TENSION DE LOS CABLES (CONDUCTORES Y DE GUARDA)

F) SI SE DEBEN DISEÑAR PARA UNA ZONA CON HIELO.

PROPORCIONADA POR LAS AREAS DE SELECCIÓN DE SITIOS:

FUERZAS VERTICALES: A, A* Y B

VARIABLES A CONSIDERAR (A)

A) WC = MASA UNITARIA DE CABLES CONDUCTORES (KG./M).

B) WH = MASA UNITARIA DE HILO DE GUARDA (KG./M).

C) WCAD = MASA DE AISLADORES Y HERRAJES (KG.)

D) WA = ACCESORIOS, CADENAS ADICIONALES (KG.)

E) CARGA VIVA EN PUNTAS DE CRUCETAS POR MONTAJE; PARA TORRES DE 400 Y 230 KV EN CRUCETA DE CONDUCTOR 7 KN; EN TORRES DE 115 KV EN CRUCETA

DE CONDUCTOR 5 KN Y PARA TODAS LAS TORRES EN CRUCETA DE HILO DE GUARDA 3 KN.

- F) CV = CLARO VERTICAL (M), ES EL VANO DE PESO Y SE CONSIDERA ENTRE LOS PUNTOS MÁS BAJOS DE LAS CATENARIAS ENTRE TORRES ADYACENTES.

VARIABLES A CONSIDERAR (A*)

- A) MASA DE HIELO SOBRE CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA, SE CONSIDERA UNA CAPA DE 5 MM DE ESPESOR SOBRE ÉSTOS (KG./ML).

VARIABLES A CONSIDERAR (B)

- A) MASA PROPIA DE LA ESTRUCTURA (KG.).

FUERZAS TRANSVERSALES C, C* Y D:

LA GRAN COMPLEJIDAD Y MAGNITUD DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y SUS EFECTOS COMO ES EL VIENTO, CON CARACTERÍSTICAS NO PREVISIBLES RESPECTO A SU VELOCIDAD, DIRECCIÓN Y FRECUENCIA, GENERAN GRANDES ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA Y A SU VEZ, ÉSTA LOS TRANSMITE A LAS CIMENTACIONES.

LA MAGNITUD SE ESTIMA ACTUALMENTE CON MAYOR PRECISIÓN, CON ESTUDIOS MÁS ACUCIOSOS BASADOS EN VALORES ESTADÍSTICOS.

CON EL RESULTADO DE ESTOS ESTUDIOS SE HAN AFINADO LOS PLANOS DE ISOTACAS, PROPORCIONANDO VALORES DE VELOCIDAD REGIONAL DE VIENTO, QUE PERMITEN EVALUAR EN FORMA MÁS PRECISA LAS SOLICITACIONES.

ESTOS PLANOS SE DESARROLLAN PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO.

DEFINIDA LA TRAYECTORIA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, SE UBICA DENTRO DEL PLANO DE ISOTACAS, CON EL FIN DE

DETERMINAR LA VELOCIDAD REGIONAL MÁXIMA QUE ACTUARÁ EN LA LÍNEA.

AL CONOCER LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO, SE CALCULA LA PRESIÓN QUE POR VIENTO INCIDIRÁ SOBRE CABLES CONDUCTORES Y DE GUARDA Y ESTRUCTURA.

VARIABLES A CONSIDERAR (C)

- A) ϕ_C = DIÁMETRO DE CONDUCTOR (M)
- B) ϕ_H = DIÁMETRO DE HILO DE GUARDA (M)
- C) ϕ_{CAD} = DIÁMETRO DE CADENA DE AISLADORES (M)
- D) $LCAD$ = LONGITUD DE CADENA DE AISLADORES (M)
- E) CME = CLARO MEDIO HORIZONTAL (M), ES EL VANO DE VIENTO Y SE CONSIDERA COMO LA SEMISUMA DE LA DISTANCIA ENTRE TORRES ADYACENTES
- F) FR = FACTOR DE CLARO, SI EL CMH ES IGUAL O MAYOR DE 500 M SE CONSIDERA UN VALOR DE 0.6; SI EL CMH ES IGUAL O MENOR DE 100 M SE CONSIDERA UN VALOR DE 0.8; PARA CMH INTERMEDIOS DE CALCULA SU VALOR POR INTERPOLACIÓN LINEAL.
- G) PVC = PRESIÓN DE VIENTO EN CABLES (PA).

VARIABLES A CONSIDERAR (C*)

- A) ϕ_C = DIÁMETRO DE CONDUCTOR, CON 5 MM ADICIONALES DE RADIO POR LA CAPA DE HIELO (M)
- B) ϕ_H = DIÁMETRO DE HILO DE GUARDA, CON 5 MM ADICIONALES DE RADIO POR LA CAPA DE HIELO (M).
- C) PVC = PRESIÓN DE VIENTO REDUCIDA EN CABLES (PA).
- D) PVE = PRESIÓN DE VIENTO REDUCIDA EN ESTRUCTURA (PA).

VARIABLES A CONSIDERAR (D)

- A) PVE = PRESIÓN DE VIENTO EN ESTRUCTURA (PA)

B) $D = \text{ÁREA EXPUESTA AL VIENTO DE LA ESTRUCTURA (M}^2\text{)}$

FUERZA LONGITUDINAL F.

- A) PARA TORRES DE SUSPENSIÓN Y DEFLEXIÓN ES AL FUERZA LONGITUDINAL NO CONTRARRESTADA DEBIDA A LA ROTURA DE CABLE CONDUCTOR O DE HILO DE GUARDA (KN).
- B) PARA TORRES DE REMATE SON LAS FUERZAS LONGITUDINALES NO CONTRARRESTADAS DE TODOS LOS CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA (KN).
- C) PARA TODOS LOS TIPOS DE TORRES SE CONSIDERA LA FUERZA LONGITUDINAL POR MANIOBRA DE MONTAJE DE CONDUCTOR O HILO DE GUARDA (KN).

COMPONENTE TRANSVERSAL H NO CONTRARRESTADA, PRODUCIDA POR LA TENSIÓN DE LOS CABLES CONDUCTORES Y DE GUARDA.

VARIABLES A CONSIDERAR:

- A) $TC = \text{TENSIÓN DE CONDUCTORES (KN)}$
- B) $TH = \text{TENSIÓN DE HILOS DE GUARDA (KN)}$
- C) $\alpha = \frac{1}{2} \text{ DE LA DEFLEXIÓN DE LA LÍNEA (GRADOS)}$

COMBINACIONES

PARA EL DISEÑO SE CONSIDERA EL EFECTO COMBINADO DE SOLICITACIONES QUE TIENEN LA PROBABILIDAD DE OCURRIR SIMULTÁNEAMENTE.

EJEMPLO:

- A) CONDICIONES NORMALES EN LAS CUALES SE COMBINA EL VIENTO MEDIO, MÁXIMO Y REDUCIDO, SEGÚN EL CASO, CON LA MASA DE CABLES, AISLADORES, HERRAJES, HIELO, ETC.

- VIENTO MEDIO SE REFIERE AL PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS
 - VIENTO MÁXIMO SE REFIERE AL PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS
 - VIENTO REDUCIDO SE CONSIDERA LA MITAD DEL VIENTO MEDIO.
- B) CONDICIONES ACCIDENTALES POR ROTURA DE CABLES, SON Y SIN HIELO, EN LAS CUALES SE COMBINAN CON VELOCIDAD DE VIENTO REDUCIDO Y MEDIO RESPECTIVAMENTE Y MASA DE CABLES, AISLADORES, HERRAJES, HIELO, ETC.
- C) CONDICIONES DE MANIOBRA POR TENDIDO DE CABLES, EN LAS CUALES SE COMBINA CON VIENTO REDUCIDO, MASA DE CABLES, AISLADORES Y HERRAJES, ETC., Y CARGA VIVA.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TORRES

DISEÑO PRELIMINAR

ESTA ACTIVIDAD CONSISTE EN DEFINIR UNA ESTRUCTURA BÁSICA, CON DIMENSIONES GENERALES QUE CUBRAN LAS CONDICIONES ESPECIFICADAS POR EL DEPARTAMENTO ELÉCTRICO COMO SON:

- A) LIMITANTES DIELECTRICAS
- B) DISTANCIA DE CONDUCTOR A PISO, CON ESTE DATO SE DEFINEN LAS DIFERENTES ALTURAS DE CUERPOS Y EXTENSIONES QUE TENDRÁ LA TORRE.
- C) ÁNGULO DE PROTECCIÓN DE BLINDAJE DEL HILO DE GUARDA.

DEFINIR LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.

ESTE ES EL PASO MÁS IMPORTANTE DEL DISEÑO, AL DEFINIR EN FORMA ÓPTIMA LAS DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES PARTES QUE CONSTITUYEN UNA TORRES COMO LA BASE, CINTURA, PERALTA DE TRABE, ETC., ASÍ COMO LA

ESTRUCTURACIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS, NOS DARÁ COMO RESULTADO UN DISEÑO EFICIENTE Y POR SUPUESTO ECONÓMICO.

POR LO QUE REPRESENTA EN LOS COSTOS, SE DEBE HACER UN ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA TORRE DE MAYOR ALTURA, VARIANDO LAS DIMENSIONES ANTERIORMENTE MENCIONADAS, Y COMPARANDO LAS MASAS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS, HASTA TENER LA QUE REPRESENTA UNA MASA MENOR.

ELEMENTOS CON ÁREA MÍNIMA.

DEFINIDA YA LA TORRE BÁSICA SE PRESENTAN VISTAS QUE SON DEFORMABLES EN ALGUNA DIRECCIÓN, EN ESTOS CASOS ES NECESARIO INCLUIR ELEMENTOS, PARA RIGIDIZAR EL SISTEMA.

A DICHOS ELEMENTOS SE LES ASIGNA UN ÁREA MÍNIMA, CON EL FIN DE QUE NO TOMAN ESFUERZO Y QUE ÉSTE, ES DECIR EL ESFUERZO, SE DISTRIBUYA EN LOS ELEMENTOS BÁSICOS.

DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS HORIZONTALES POR EFECTO DE LA PRESIÓN DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA.

CUANDO SE TIENE LA TORRE BÁSICA, SE ESTIMAN LOS REDUNDANTES (ELEMENTOS SIN ESFUERZOS QUE SE UTILIZAN PARA REDUCIR LA LONGITUD LIBRE DE PANDEO), CON SE TIENE DEFINIDA LA ESTRUCTURA.

A CONTINUACIÓN SE LIMITAN LAS ÁREAS TRIBUTARIAS Y SE PROCEDE A CALCULAR LAS ÁREAS QUE LOS ELEMENTOS EXPONEN AL VIENTO, PARA FINALMENTE MULTIPLICARLAS POR LA PRESIÓN DE VIENTO CALCULADA PARA LA ESTRUCTURA.

ESTAS FUERZAS CALCULADAS SE DIVIDEN ENTRE EL NÚMERO DE NODOS QUE SE HAN SELECCIONADO DENTRO DEL ÁREA TRIBUTARIA.

CÁLCULO DE COORDENADAS

LAS COORDENADAS SE CALCULAN EN TRES DIMENSIONES X, Y Y Z; ES CONVENIENTE QUE EL ORIGEN SE FIJE EN EL CENTRO DE LA TORRE, CON EL FIN DE FACILITAR EL CÁLCULO Y LA CAPTURA EN LA COMPUTADORA.

DETERMINACIÓN DE LOS NODOS

EN DONDE CONCURREN DOS O MÁS ELEMENTOS SE FORMA UN NODO, CUANDO LA ESTRUCTURA ESTA SUJETA A CARGAS CADA NODO SUFRIRÁ DESPLAZAMIENTOS.

DETERMINACIÓN DE INCIDENCIAS

TODOS LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DEBEN SER NUMERADOS Y SU POSICIÓN E IDENTIFICACIÓN LA DARÁN LOS NODOS EXTREMOS.

CAPTURA DE LA INFORMACIÓN EN AL COMPUTADORA

CADA PROGRAMA DE ANÁLISIS TIENE SU PROPIO FORMATO DE ENTRADA DE DATOS. SIN EMBARGO PODEMOS GENERALIZAR EN QUE TIPO DE INFORMACIÓN ES REQUERIDA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS.

- A) DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO
- B) COORDENADAS DE LOS NODOS
- C) INCIDENCIAS DE LOS ELEMENTOS
- D) ÁREA ASIGNADA A CADA UNO DE LOS ELEMENTOS
- E) GRADOS DE LIBERTAD DE LOS NODOS
- F) COMBINACIONES DE FUERZAS
- G) GRUPOS DE ELEMENTOS CONSIDERADOS COMUNES

ANÁLISIS

LAS FUERZAS INTERNAS Y LAS DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR LAS SOLICITACIONES EN TORRES, QUE PRESENTAN UN ALTO GRADO DE HIPERESTATICIDAD, SE DETERMINAN MEDIANTE UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN EL ESPACIO, UTILIZANDO PARA ELLO LAS HERRAMIENTAS DE CÓMPUTO MÁS MODERNAS.

PARA EL ANÁLISIS SE UTILIZAN LOS MÉTODOS DENOMINADOS EXACTOS, QUE SATISFACEN TODAS LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO DE FUERZAS Y DE COMPATIBILIDAD DE DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES.

EL TIPO DE ANÁLISIS QUE GENERALMENTE SE USA PARA ESTRUCTURAS DE CELOSÍA AUTOSOPORTADAS EN EL ANÁLISIS ELÁSTICO LINEAL DE PRIMER ORDEN. CON ESTE MÉTODO SE CONSIDERA LOS ELEMENTOS COMO LINEALMENTE ELÁSTICOS, CON CAPACIDAD DE TOMAR ÚNICAMENTE FUERZAS AXIALES DE TENSIÓN ASÍ COMO DE COMPRESIÓN Y ASUME QUE LA CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA CARGADA ES IDÉNTICA A LA CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA NO CARGADA, ES DECIR LOS EFECTOS SECUNDARIOS O DE SEGUNDO ORDEN SON IGNORADOS.

LAS TORRES AUTOSOPORTADAS SE CONSIDERAN LO SUFICIENTEMENTE RÍGIDAS QUE NO REQUIEREN DE UN ANÁLISIS NO-LINEAL (DE SEGUNDO ORDEN).

EN ESTE TIPO DE ANÁLISIS NO ES NECESARIO QUE LOS ELEMENTOS REDUNDANTES SE INCLUYAN, DEBIDO A QUE NO TOMAN NINGUNA CARGA.

EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AMBIENTAL.

PRINCIPIO BÁSICO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.

LA EVALUACIÓN AMBIENTAL COMO CONDICIÓN PREVIA A LA REALIZACIÓN DE OBRAS O ACTIVIDADES PÚBLICAS O PRIVADAS, QUE PUEDAN CAUSAR DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS O REBASAR LOS LÍMITES O CONDICIONES SEÑALADAS EN LOS REGLAMENTOS O NORMAS TÉCNICAS, CUALQUIERA QUE SEA LA NATURALEZA DE LA ACTIVIDAD QUE SE DESARROLLE.

ARTÍCULOS MAS REPRESENTATIVOS:

ARTÍCULO 4. LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO SE LLEVAN A CABO DE MANERA CONCURRENTENTE POR LA FEDERACIÓN, ESTADOS Y MUNICIPIOS.

ARTÍCULO 5. LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES ES DE INTERÉS FEDERAL.

ARTÍCULO 28. TODAS LAS OBRAS O ACTIVIDADES PÚBLICAS O PRIVADAS QUE PUEDAN CAUSAR DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS O REBASAR LOS LÍMITES ESTABLECIDOS DEBEN SUJETARSE A AUTORIZACIÓN PREVIA DEL GOBIERNO FEDERAL A TRAVÉS DE LA SECRETARÍA.

ARTÍCULO 29. EL IMPACTO AMBIENTAL SERÁ EVALUADO POR EL GOBIERNO FEDERAL POR CONDUCTO DE LA SECRETARÍA, EN PARTICULAR PARA LA OBRA PÚBLICA FEDERAL (FRACCIÓN L) Y PARA LA GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD (FRACCIÓN LLL).

REGLAMENTOS

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE JUNIO DE 1988.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1988.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1988.

ASIMISMO SON DE OBSERVANCIA Y APLICACIÓN LOS SIGUIENTES REGLAMENTOS:

-REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE CONTRA LA CONTAMINACIÓN ORIGINADA POR EMISIÓN DE RUIDO. PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 6 DE DICIEMBRE DE 1982.

-REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 21 DE FEBRERO DE 1994.

-REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 12 DE ENERO DE 1994.

REGLAMENTOS QUE TIENEN APLICACIÓN EN LAS OBRAS QUE EJECUTA LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL.

ARTÍCULO 5. OBTENER AUTORIZACIÓN PREVIA EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL PARA CUALQUIER OBRA, EN PARTICULAR LA OBRA PÚBLICA FEDERAL Y LA DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD (FRACCIÓN V).

ARTÍCULO 7. SE PRESENTARÁ INFORME PREVENTIVO ANTE SEDESOL CUANDO SE CONSIDERE QUE LA OBRA A REALIZAR NO CAUSARÁ DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS, NI REBASARÁ LOS LÍMITES O CONDICIONES DE LOS REGLAMENTOS Y NORMAS TÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE. UNA VEZ ANALIZADO, SEDESOL INFORMARÁ SI LA OBRA QUEDA AUTORIZADA O SI DEBE PRESENTARSE UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ASI COMO LA MODALIDAD.

ARTÍCULO 8. INFORMACIÓN MÍNIMA QUE DEBE CONTENER UN INFORME PREVENTIVO.

ARTÍCULO 9. MODALIDADES DE MANIFESTACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

ARTÍCULO 10. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD GENERAL

ARTÍCULO 11. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD INTERMEDIA.

ARTÍCULO 12. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD ESPECÍFICA.

ARTÍCULO 14. SEDESOL EVALUARÁ LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD GENERAL, ASÍ COMO LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA CUANDO SE REQUIERA DENTRO DE LOS TREINTA DÍAS HÁBILES SIGUIENTES A SU PRESENTACIÓN, O LOS SIGUIENTES 45 DÍAS HÁBILES CUANDO SE REQUIERA EL DICTÁMEN TÉCNICO QUE MENCIONA EL ARTÍCULO 19.

ARTÍCULO 15. SEDESOL EVALUARÁ LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD INTERMEDIA Y, EN SU CASO, LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE SE REQUIERA, EN 60 DÍAS HÁBILES. PARA LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD ESPECÍFICA EMPLEARÁ 90 DÍAS HÁBILES.

ARTÍCULO 19. SEDESOL PODRÁ SOLICITAR A OTRAS DEPENDENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL LA FORMULACIÓN DE UN DICTÁMEN TÉCNICO PARA PODER EVALUAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

ARTÍCULO 20. YA EVALUADA LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SEDESOL PODRÁ: AUTORIZAR LA OBRA EN LOS TÉRMINOS Y CONDICIONES INDICADOS EN EL DOCUMENTO.

. AUTORIZAR LA OBRA MODIFICANDO O RELOCALIZANDO EL PROYECTO.

. NEGAR LA AUTORIZACIÓN.

REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL

ARTÍCULO 19. INFORMACIÓN QUE SE DEBE PRESENTAR PARA EL OTORGAMIENTO EXCEPCIONAL DE AUTORIZACIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO.

ARTÍCULO 20. INFORMACIÓN QUE SE DEBE INCLUIR EN LOS ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS PARA LA AUTORIZACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO.

ARTÍCULO 21. LA SECRETARÍA DEBE TRÁ RESOLVER LAS SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO, TOMANDO EN CONSIDERACIÓN EN CADA CASO LO ESTABLECIDO EN EL ARTÍCULO 19 DE

LA LEY FORESTAL, LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA, LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES Y LA CONVENIENCIA ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA MEDIDA, DENTRO DE LOS 45 DÍAS HÁBILES SIGUIENTES A LA FECHA EN QUE HUBIERE PRESENTADO LA DOCUMENTACIÓN.

ARTÍCULO 22. INFORMACIÓN QUE DEBEN CONTENER LAS AUTORIZACIONES DE CAMBIO DE USO DEL SUELO.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

NOM-041-ECOL-1993 QUE ESTABLECE LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DEL ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE.

NOM-045-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

NOM-059-ECOL-1994, QUE DETERMINAN LAS ESPECIES Y SUBESPECIES DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES TERRESTRES Y ACUÁTICAS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, AMENAZADAS, RARAS Y LAS SUJETAS A PROTECCIÓN ESPECIAL Y QUE ESTABLECE ESPECIFICACIONES PARA SU PROTECCIÓN.

NOM-080-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES, MOTOCICLETAS Y TRICICLOS MOTORIZADOS EN CIRCULACIÓN Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN.

NOM-081-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO DE FUENTES FIJAS Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN

AREAS NATURALES PROTEGIDAS

EL SINAP ES EL ORGANISMO ENCARGADO DE PROTEGER Y DESARROLLAR LAS ZONAS NATURALES QUE SON PATRIMONIO DEL PAÍS, QUE BENEFICIAN LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN; LA ADMINISTRACIÓN ES RESPONSABILIDAD DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA.

EL SISTEMA CUENTA CON NUEVE CATEGORÍAS CUYOS OBJETIVOS DE MANEJO Y TIPO DE USOS PERMITIDOS SON:

A. RESERVAS DE LA BIÓSFERA. SON ZONAS CON UNA EXTENSIÓN SUPERIOR A LAS 10,000 HÉCTÁREAS, QUE CONTIENEN ÁREAS REPRESENTATIVAS BIOGEOGRÁFICAS RELEVANTES, A NIVEL NACIONAL,, DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS NO ALTERADOS SIGNIFICATIVAMENTE POR LA ACCIÓN DEL HOMBRE Y AL MENOS, UNA ZONA NO ALTERADA, EN QUE HABITEN ESPECIES CONSIDERADAS ENDÉMICAS, AMENAZADAS O EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:

B. RESERVAS ESPECIALES DE LA BIÓSFERA. SON ZONAS REPRESENTATIVAS DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS NO ALTERADOS SIGNIFICATIVAMENTE POR LA ACCIÓN DEL HOMBRE, EN QUE HABITEN ESPECIES QUE SE CONSIDEREN ENDÉMICAS, AMENAZADAS O EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, SU MENOR SUPERFICIE Y ECOSISTEMAS DA SU DIFERENCIA RESPECTO A LAS RESERVAS DE LA BIÓSFERA.

C. PARQUES NACIONALES. SON ÁREAS DE REPRESENTACIÓN BIOGEOGRÁFICA A NIVEL NACIONAL, DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS QUE SE SIGNIFIQUEN POR SU BELLEZA ESCÉNICA, SU VALOR HISTÓRICO, POR LA EXISTENCIA DE FLORA Y FAUNA DE IMPORTANCIA NACIONAL Y POR SU APTITUD PARA EL DESARROLLO DEL TURISMO.

D. MONUMENTO NATURAL. SON ÁREAS QUE CONTENGAN UNO O VARIOS ELEMENTOS NATURALES DE IMPORTANCIA NACIONAL, CONSISTENTES EN LUGARES Y OBJETOS NATURALES,QUE POR SU CARÁCTER ÚNICO O EXCEPCIONAL, INTERÉS ESTÉTICO, VALOR HISTÓRICO O CIENTÍFICO, SE RESUELVE INCORPORAR A UN RÉGIMEN DE PROTECCIÓN ABSOLUTA.

E. PARQUES MARINOS NACIONALES. SON ZONAS MARINAS, PLAYAS Y ÁREAS FEDERALES MARITIMO-TERRESTRES CONTIGUAS, DEDICADAS A LA PRESERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y SUS ELEMENTOS. SE DEDICAN A LA INVESTIGACIÓN ECOLÓGICA Y AL USO RACIONAL DE SUS RECURSOS, BAJO NORMAS ESPECÍFICAS DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA.

F. AREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES. SON AQUELLAS ZONAS DESTINADAS A LA PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ZONAS FORESTALES Y A LA CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA. SE CONSIDERAN DENTRO DE ESTA CATEGORÍA DE MANEJO LAS SIGUIENTES ÁREAS:

- L. RESERVAS FORESTALES
- LL. RESERVAS FORESTALES NACIONALES
- LLL. ZONAS PROTECTORAS FORESTALES
- LV. ZONAS DE RESTAURACIÓN Y PROPAGACIÓN FORESTAL
- V. ZONAS DE PROTECCIÓN DE RÍOS, MANANTIALES, DEPÓSITOS Y EN GENERAL, FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL SERVICIO DE LAS POBLACIONES.

G. AREAS DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES Y ACUÁTICAS. SON ZONAS QUE CONTIENEN LOS HABITATS DE CUYO EQUILIBRIO Y PRESERVACIÓN DEPENDEN LA EXISTENCIA, TRANSFORMACIÓN Y DESARROLLO DE LAS ESPECIES DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES Y ACUÁTICAS.

H. PARQUES URBANOS. SON AQUELLAS ÁREAS DE USO PÚBLICO, CON ECOSISTEMAS NATURALES, ARTIFICIALES O ELEMENTOS DE LA NATURALEZA DEDICADOS A PROTEGER UN AMBIENTE SANO PARA EL ESPARCIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y PROTEGER VALORES ARTÍSTICOS, HISTÓRICOS Y DE BELLEZA NATURAL DE SIGNIFICACIÓN A NIVEL REGIONAL O LOCAL.

L. ZONAS SUJETAS A CONSERVACIÓN ECOLÓGICA. SON AQUELLAS ÁREAS EN LAS QU EXISTE UNO O MÁS ECOSISTEMAS EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN, DESTINADAS A PRESERVAR LOS ELEMENTOS NATURALES INDISPENSABLES AL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y BIENESTAR GENERAL.

FUNCIONES DE LAS ENTIDADES QUE NORMAN LA PROTECCION AMBIENTAL.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL

CON LA FINALIDAD DE DAR CONGRUENCIA A LA APLICACIÓN DE LA LEY AMBIENTAL, EL 26 DE MAYO DE 1992 SE MODIFICÓ LA LEY ORGÁNICA DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL, FORMALIZANDO LA CREACIÓN DE LA SEDESOL, MODIFICÁNDOSE LOS ORGANISMOS DEL EJECUTIVO FEDERAL ENCARGADOS DE ATENDER LA PROBLEMÁTICA, A ERECTO DE DESCONCENTRAR ADMINISTRATIVAMENTE SUS ATRIBUCIONES, DE TAL FORMA EL REGLAMENTO INTERIOR DE LA SEDESOL PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN DEL 4 DE JUNIO DE 1992, ESTABLECE LA CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y DE LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE, COMO ÓRGANOS DESCONCENTRADOS, CON PLENA AUTONOMÍA TÉCNICA Y OPERATIVA.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

ES LA DEPENDENCIA DEL EJECUTIVO FEDERAL ENCARGADA DE REGULAR EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS FORESTALES DEL PAÍS Y FOMENTAR SU CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN.

COMPETENCIA

. REGULAR EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS ATENDIENDO LAS RESTRICCIONES QUE LE SEÑALE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.

. DECRETAR VEDAS FORESTALES, ORGANIZAR Y MANEJAR LA VIGILANCIA FORESTAL.

. ORGANIZAR Y ADMINISTRAR ZONAS FORESTALES, DE RESERVA Y PARQUES NACIONALES, CONSIDERADOS COMO ÁREAS NATURALES PROTEGIDOS.

. APLICAR LAS LEYES EN RELACIÓN CON RESTRICCIONES A LA CIRCULACIÓN O TRÁNSITO POR EL TERRITORIO NACIONAL DE LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES PROCEDENTES DEL O DESTINADAS EL EXTRANJERO DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE EXPIDA EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.

ATRIBUCIONES

A CONTINUACIÓN SE SEÑALAN ALGUNAS ATRIBUCIONES DE LA SECRETARÍA EN MATERIA FORESTAL QUE ESTÁN CONTENIDAS EN EL ARTÍCULO 5A. DE LA LEY FORESTAL.

. ORGANIZAR Y MANEJAR EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL

. AUTORIZAR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN TERRENOS FORESTALES.

. FORMULAR Y ORGANIZAR, EN COORDINACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, UN PROGRAMA PERMANENTE DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN PARA EL RESCATE DE ZONAS EROSIONADAS.

. REALIZAR VISITAS DE INSPECCIÓN Y AUDITORÍAS TÉCNICAS EN TERRENOS FORESTALES Y DE APTITUD PREFERENTEMENTE FORESTAL, ASÍ COMO A CENTROS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES.

. SANCIONAR LAS INFRACCIONES QUE SE COMETAN EN MATERIA FORESTAL Y DENUNCIAR LOS DELITOS EN DICHA MATERIA A LAS AUTORIDADES COMPETENTES.

SUBSECRETARIA FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE DE LA S.A.R.H.

COMPETE A ESTA SUBSECRETARÍA A TRAVÉS DE LAS DELEGACIONES ESTATALES, OTORGAR LAS AUTORIZACIONES DE CAMBIO DE USO DE SUELO POR LA APERTURA DE BRECHAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, LO ANTERIOR SE SUSTENTA EN EL ARTÍCULO 10. FRACCIÓN LL DEL ACUERDO DELEGATORIO PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 4 DE NOVIEMBRE DE 1988.

ES MENESTER MENCIONAR QUE LA REALIZACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS QUE CONLLEVEN AL DERRIBO DE ARBOLADO, TAL COMO LA APERTURA DE LA BRECHA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, IMPLICA UN CAMBIO DE USO DEL SUELO, PUESTO QUE NO SE VOLVERÁ A ARBOLAR, EN ESTE CONTEXTO Y AL NO PREVERSE EN LA LEY FORESTAL NI EN SU REGLAMENTO EL CASO ESPECÍFICO, ES DE APLICACIÓN AL ARTÍCULO 19 DE DICHA LEY.

ARTÍCULO 19. LEY FORESTAL, D.D.F. 22-DIC-1992.

LA SECRETARÍA SÓLO PODRÁ AUTORIZAR, POR EXCEPCIÓN Y CON BASES EN ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS Y EN SU CASO, PREVIA OPINIÓN DEL CONSEJO REGIONAL DE QUE SE TRATE, EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, ATENDIENDO LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE EN MATERIA DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA EMITA LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, SIEMPRE QUE EL NUEVO USO NO COMPROMETA LA BIODIVERSIDAD Y CONTRIBUYE A EVITAR LA EROSIÓN DE SUELOS, EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN.

GOBIERNO DE LOS ESTADOS Y MUNICIPIOS

CORRESPONDE A DICHOS GOBIERNOS EN LOS TÉRMINOS DE SUS RESPECTIVAS LEYES Y EN LOS PLANES DE USOS Y RESERVAS TERRITORIALES, EL OTORGAR LAS AUTORIZACIONES PARA EL DERRIBO DE ARBOLADA, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN DENTRO DE SU FONDO LEGAL.

ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS EN TENDIDO DE LÍNEAS

. PLANEAR, PROGRAMAR Y COORDINAR LAS DIVERSAS ACTIVIDADES RELATIVAS A LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

. RECOPLILAR LA INFORMACIÓN QUE EN MATERIA AMBIENTAL SE ESTE GENERANDO Y EN COORDINACIÓN CON OTRAS DISCIPLINAS SELECCIONAR LA QUE SEA APLICABLE PARA SU INCORPORACIÓN EN LA

SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

- PROMOVER Y DESARROLLAR LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE L.T. Y SE.

. RETROALIMENTAR A LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN CO LA INFORMACIÓN EN MATERIA AMBIENTAL MÁS ACTUALIZADA PARA QUE SEA CONSIDERADA EN LOS ESTUDIOS QUE SE ESTÉN REALIZANDO.

. ASESORAR A LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. ELABORAR NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. REVISAR QUE LOS ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, CUMPLAN CON LA INFORMACIÓN REQUERIDA DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE Y A LAS NUEVAS DISPOSICIONES PARA SU ELABORACIÓN Y TRAMITAR SU ENTREGA ANTE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA PARA SU REVISIÓN.

. EFECTUAR ANTE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA LAS GESTIONES NECESARIAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. COORDINAR, SUPERVISAR Y VIGILAR QUE LOS CONTRATISTAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN CUMPLAN CON LAS LEYES, REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES PARTICULARES DE LAS ENTIDADES QUE NORMAN LA PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PROCEDIMIENTOS

PARA OBTENER LA AUTORIZACIÓN PREVIA EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, PARA REALIZAR UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD ACATA LAS INDICACIONES PREVISTAS EN LOS ARTÍCULO 60, 70, 80 Y 90. DEL REGLAMENTO DE LA LEY, SIGUIENDO UNA PROCEDIMIENTO EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO, LAS CUALES SON:

- A) PROGRAMACIÓN
- B) INGENIERÍA BÁSICA Y SELECCIÓN DE TRAYECTORIA
- C) TOPOGRAFÍA
- D) DISEÑO
- E) CONSTRUCCIÓN

F) OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A) EN LA ETAPA DE PROGRAMACIÓN SE LLEVA A CABO UN ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE LA RED ELÉCTRICA, CONSIDERANDO LAS RESTRICCIONES ECOLÓGICAS Y LA PROBLEMÁTICA SOCIAL Y DE INDEMNIZACIONES QUE SE HA PRESENTADO EN LA ZONA DONDE SE PRETENDE QUE QUEDE UBICADO EL PROYECTO.

B) DENTRO DE LAS ACTIVIDADES DE INGENIERÍA BÁSICA Y SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, SE EFECTÚA UNA REVISIÓN DE LOS DIVERSOS DOCUMENTOS QUE ADVIERTEN RESTRICCIONES AMBIENTALES EN LOS SITIOS, COMO SON:

- . EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
- . ORDENAMIENTO ECOLÓGICO
- . DECLARATORIAS DE USOS Y RESERVAS DEL SUELO
- . LEYES Y REGLAMENTOS MUNICIPALES, ESTATALES Y FEDERALES
- . RESTRICCIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

C) LA ETAPA DE TOPOGRAFÍA ES LA MÁS IMPORTANTE EN LAS ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL, YA QUE PARALELAMENTE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN CAMPO, SE RECOPILA LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EVALUACIÓN DEL INFORME PREVENTIVO O MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. MISMOSON AUE SON ELABORADOS CONFORME A LOS INSTRUCTIVOS EXPEDIDOS POR LA SEDESOL Y CONFORMADOS CON LAS ADAPTACIONES NECESARIAS PARA LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

D) UNA VEZ OBTENIDA LA AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO, EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, SE INCORPORAN EN EL DISEÑO LAS MEDIDAS PARA CUMPLIR CON LOS TÉRMINOS ESTABLECIDOS, EVALUANDO EL COSTO-BENEFICIO DE DISEÑAR ESTRUCTURAS MULTICIRCUITOS PARA DISMINUIR LOS DERECHOS DE VÍA E IMPACTO VISUVAL, ASÍ COMO LA FACTIBILIDAD DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS.

E) EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN SE EJECUTAN LOS PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ACUERDO A LAS CONDICIONANTES DETERMINADAS POR LA SEDESOL.

F) UNA VEZ QUE LA LÍNEA ENTRA EN OPERACIÓN SE LLEVA A CABO LA EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS DETERMINADOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, ASÍMISMO, MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS Y ESTRUCTURAS INSTALADAS.

CONTROL DE LA BRECHA FORESTAL

- . CONTROL DE LA POSIBLE CONTAMINACIÓN A ESTRUCTURAS, AISLADORES, CONDUCTORES Y EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.
- . CONTROL DE LAS INVASIONES A LOS DERECHOS DE VÍA
- . MEDICIÓN DE LOS CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

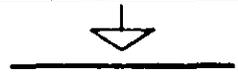
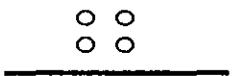
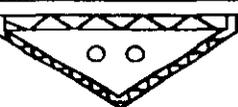
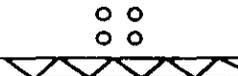
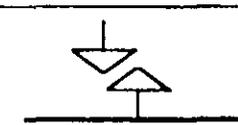
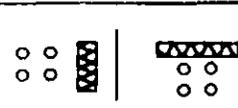
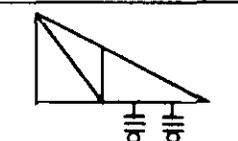
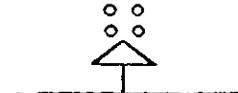
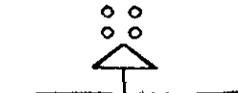
**DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

MATERIAL COMPLEMENTARIO

**PALACIO DE MINERIA
AGOSTO 2000**

DISTANCIAS DIELECTRICAS

Configuración de Electrodo		Factor de Gap K
Punta - Plano (punta - placa)		1.0
Punta - Estructura		1.05
Conductor - Plano		1.15
Conductor - Ventana		1.20
Conductor - Estructura		1.30
Punta - Punta (Varilla-Varilla) H= 3.0 m o menos		1.30
Conductor - Estructura Lateral y Debajo		1.35
Conductor - Extremo de brazo o Cruceta de Estructura		1.55
Conductor - Punta H= 3.0m o menos		1.65
Conductor - Punta H= 6.0m o menos		1.90

5. DETERMINACION DE LA DISTANCIA ESPECIFICA DE FUGA DE CADENA DE AISLADORES EN FUNCION DE LOS TIPOS Y NIVELES DE CONTAMINACION

La contaminación del aislamiento consiste en el depósito paulatino de partículas contaminantes sobre su superficie. Cuando la contaminación en el aislador se ve sujeta a procesos de humectación por niebla, rocío o una llovizna muy ligera, dependiendo del tipo de partículas, se llegan a reducir las distancias dieléctricas del aislamiento provocando el flameo.

5.1 Fenómeno de Flameo en Aisladores debido a Contaminación

El flameo por contaminación es un fenómeno dinámico que se presenta en varias etapas. En las **figuras 5.1a y b**, se muestran en forma esquemática estas etapas.

5.2 Relación entre los Niveles de Contaminación y las Distancias Específicas de Fuga Mínimas Nominales

De acuerdo a la norma IEC-815, se definen cualitativamente 4 niveles de contaminación. Estos niveles de contaminación se han correlacionado, a través de pruebas en laboratorio, con algunos valores de **Densidad Equivalente de Sal Depositada (DESD)**.

El alcance de la norma IEC-815, para la aplicación del criterio de la distancia específica de fuga, considera a aisladores tipo "long-rod", aisladores de calavera y bola, aisladores tipo poste, aisladores para subestación y boquillas. No se incluye todo tipo de aislamiento con vidriado semiconductor o recubierto. En la **tabla 5.1**, se muestra la relación que existen entre algunos ambientes típicos y los niveles de contaminación establecidos en la publicación IEC-815.

De la **tabla 5.1** es conveniente destacar tres aspectos:

- a) Solamente se da una descripción general de los ambientes típicos.
- b) No se incluyen otras condiciones ambientales extremas como hielo y nieve en ambientes con contaminación alta, zonas áridas o zonas con altos niveles de precipitación pluvial.
- c) Los ambientes típicos pueden estar más identificados con localidades de Europa y Norteamérica.

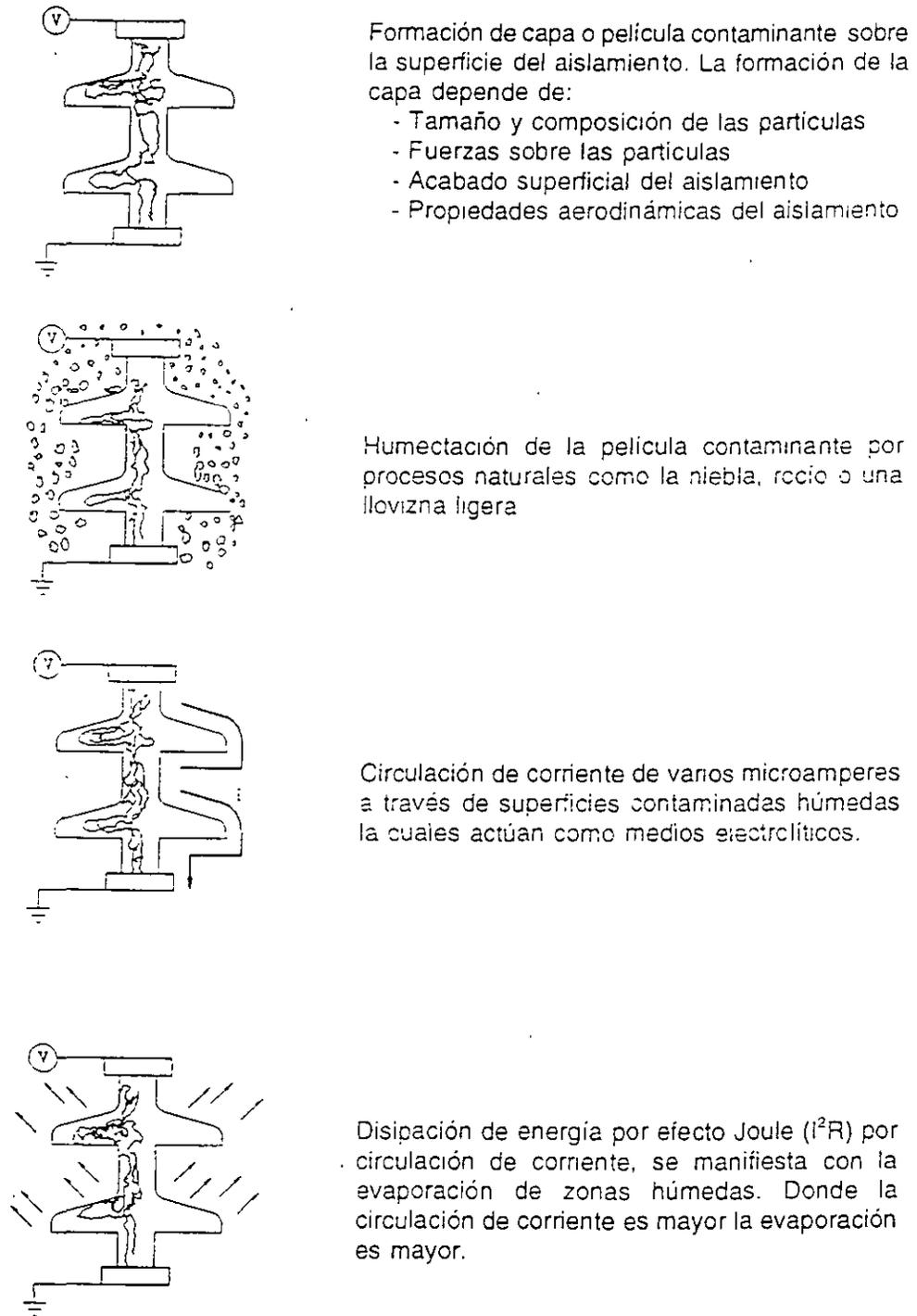
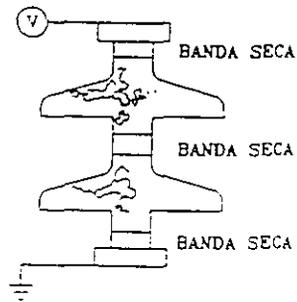
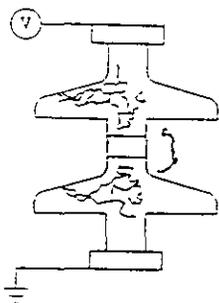


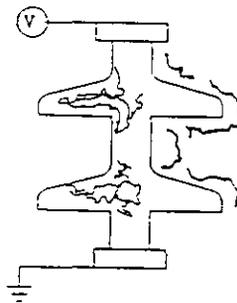
Figura 5.1a.- Procesos de formación de flameo por contaminación de un aislador.



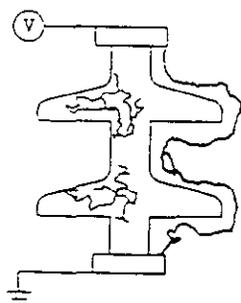
Formación de zonas o bandas secas en donde hubo mayor evaporación de humedad, estas zonas presentan una alta resistencia eléctrica. Se presentan elevados gradientes de voltaje en los extremos de las bandas secas debido a la tensión nominal.



Formación de descargas eléctricas (afluvics) en la superficie del aislamiento, debido a los esfuerzos eléctricos concentrados en los extremos de las bandas secas. Estas descargas implican picos de corriente que pueden mantener o provocar la formación de otras bandas secas.



La formación de otras bandas secas favorecen la creación de nuevas descargas eléctricas superficiales.



Apación de un arco de potencia cuando las descargas llegan a encadenarse. Esto implica la circulación de una corriente de varios kiloamperes.

Figura 5.1b.- Procesos de formación de flameo por contaminación de un aislador.

Tabla 5.1. Relación de ambientes típicos y niveles de contaminación

NIVEL DE CONTAMINACION	EJEMPLOS DE AMBIENTES TIPICOS
I LIGERA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción - Areas con baja densidad de industrias o casas pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias - Areas agrícolas¹. - Areas montañosas. <p>Todas estas áreas deben estar situadas por lo menos a 10 o 20 km del mar y no deben estar expuestas a vientos directos del mar².</p>
II MEDIA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas con industrias que no producen humo particularmente contaminante y/o con una densidad promedio de casas equipadas con calefacción - Areas con alta densidad de casas y/o industrias pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias. - Areas expuestas a vientos del mar pero no demasiado cerca de la costa (por lo menos varios kilómetros de distancia)².
III ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de equipos de calefacción que producen contaminación. - Areas cercanas al mar o expuestas a fuertes vientos del mar²
IV MUY ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas de extensión moderada sujetas a polvos conductores y a humos industriales que producen gruesos depósitos de polvos conductores. - Areas de extensión moderada muy cercanas a la costa y expuestas a la brisa del mar o a vientos contaminantes y muy fuertes provenientes del mar - Areas desérticas caracterizadas por grandes periodos sin lluvia, expuestas a vientos muy fuertes que llevan arena y sal y sujetas a condensación regular.

1 El uso de fertilizantes por aspersión o la quema de residuos de cosechas puede llevar a estas áreas a niveles de contaminación altos, debido a la dispersión por vientos.

2 La distancia al mar depende de la topografía del área costera y de las condiciones extremas de viento.

5.3 Distancia Especifica de Fuga Mínima Nominal en Función del Nivel de Contaminación

La **distancia de fuga** de un aislador es la distancia más corta, o la suma de las distancias más cortas, a lo largo del contorno de las superficies externas del material aislante (porcelana, vidrio templado, etc.)¹.

La distancia específica de fuga de fase a fase o de fase a tierra, se define como la relación entre la distancia de fuga total del aislamiento y el voltaje máximo fase a fase del sistema o de fase a tierra, respectivamente.

Para la selección primaria y adecuada del número de aisladores de porcelana o vidrio templado, que se utilizarán en cadenas expuestas a ambientes contaminados, en la publicación IEC-815 se considera que la **distancia específica de fuga** de la cadena debe ser igual o mayor a la **distancia específica de fuga mínima nominal** para cada nivel de contaminación. En la **tabla 5.2** se muestran los valores de la distancia específica de fuga mínima nominal, así como los valores de DESD asociados para cada nivel de contaminación, de acuerdo con la publicación IEC-815.

Tabla 5.2.- Relación de las distancias de fuga mínima nominal y valores de DESD para cada nivel de contaminación.

NIVEL DE CONTAMINACION	DESD (mg/cm ²) ASOCIADA DE ACUERDO A IEC- 815 ²	DISTANCIA ESPECIFICA DE FUGA MINIMA NOMINAL ³ (mm/kV)	
		FASE - FASE	FASE - TIERRA
I. LIGERA	0.03 - 0.06	16	28
II. MEDIA	0.10 - 0.20	20	35
III. ALTA	0.30 - 0.60	25	43
IV MUY ALTA ⁴	> 0.80 ⁵	31	54

¹ En la especificación CFE 52200-02 de 1995, se menciona que, en el caso de aisladores de suspensión de porcelana o vidrio templado, la distancia medida sobre la superficie del cemento no debe considerarse como parte de la distancia de fuga.

- ² La relación entre el nivel de contaminación y la Densidad Equivalente de Sal Depositada (DESD) en pruebas de contaminación artificial realizadas de acuerdo al método de la capa sólida (niebla limpia) de la norma internacional IEC-507 es válida solamente para aisladores de calavera y bola y para aisladores tipo "long rod".
- ³ Las experiencias han mostrado que el criterio de la "distancia específica de fuga mínima nominal", el cual implica, ante la contaminación, un compromiso lineal entre el voltaje de aguante y la distancia de fuga, se puede aplicar a casi todos los aisladores usados o existentes en los sistemas eléctricos (IEC 815).
- ⁴ En caso de que la contaminación sea sumamente severa, la distancia específica de fuga mínima nominal de 31 mm/kV puede no ser adecuada. Dependiendo de las experiencias en campo y/o de los resultados de las pruebas de laboratorio, se pueden usar valores superiores a 31 mm/kV, aunque en algunos casos es adecuado considerar la práctica de algún programa de mantenimiento como el lavado o el uso de recubrimientos (IEC 815).
- ⁵ Este valor no aparece en la publicación IEC-815 de 1986, sin embargo, está considerado dentro de los documentos de soporte técnico para la revisión de esta publicación. Cfr. R. G. Houlgate "Polluted Insulator Application Guide" CIGRE Task Force 33.04.01, March 1995.

5.4 Determinación del Número de Aisladores de una Cadena en Función de la Distancia Específica de Fuga

El cálculo del número de aisladores, tomando en cuenta el efecto de la contaminación, puede realizarse con los valores de la distancia específica de fuga mínima nominal de cada uno de los niveles de contaminación esperados y utilizando las siguientes expresiones:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k$$

donde:

- D_{itc} = Distancia de fuga total de la cadena en mm
- D_{imn} = Distancia de fuga mínima nominal en mm/kV, tomada de la tabla 5.2
- V_m = Voltaje máximo del sistema en kV
- k = Factor de corrección por diámetro que toma el valor de 1 para el caso de aisladores de suspensión.

y

$$NA = \frac{D_{itc}}{D_{cat}}$$

donde:

- NA = Número de aisladores de la cadena
- D_{cat} = Distancia de fuga del aislador seleccionado, tomado de los datos de catálogo del fabricante, en mm.

Es conveniente aclarar que:

- a) Aunque se ha observado que, en la mayoría de los casos, hay una mejora operacional del aislamiento cuando se instala en posición inclinada u horizontal, no debe emplearse ningún factor de corrección por posición.
- b) En caso de aislamiento de equipo, debe usarse el Voltaje Máximo de Diseño del equipo (V_d) en lugar de V_m .
- c) Cuando se trata de aisladores tipo poste el factor de corrección k puede adoptar los siguientes valores:

$$\begin{array}{ll} k = 1 & \text{para } D_m < 300 \\ k = 1.10 & \text{para } 300 \leq D_m \leq 500 \\ k = 1.2 & \text{para } D_m > 500 \end{array}$$

en donde D_m es el diámetro promedio del aislamiento.

Aunado a lo anterior, la selección adecuada del número de aisladores, en función de la distancia específica de fuga, debe considerar que:

- a) Pueden existir limitaciones en las distancias dieléctricas de fase a tierra de las torres.
- b) Puede resultar poco atractivo, desde el punto de vista económico, instalar el número de aisladores calculados.

En estos casos, resulta conveniente valorar alguna de las opciones que se mencionarán en la sección 5.6.

5.5 Distancias Específicas de Fuga con Diferentes Opciones de Aislamiento

De la tabla 5.3 a la tabla 5.5 se muestran los valores de las distancias específicas de fuga por kV para cada nivel de tensión y diferentes niveles de contaminación, definidos conforme a la publicación IEC-815. Estos valores se dan considerando desde el mínimo hasta el máximo número de aisladores en las cadenas de 115, 230 y 400 kV, que emplea la CFE en sus líneas de transmisión de potencia. Se incluyen únicamente tres tipos de aisladores, los cuales pueden resultar más adecuados para su instalación, en base a sus características dimensionales. En el caso de las cadenas con aisladores tipo niebla (28SV111C y 32SPC111, dados con la nominación en centímetros), el número de aisladores considerado en la cadena incluye un aislador tipo estándar, conforme a la práctica de CFE para facilitar las labores de mantenimiento de las líneas.

5.6 Alternativas para Evitar el Flameo en Aisladores debido a Contaminación

En el fenómeno de flameo de aisladores contaminados intervienen tres agentes: alta tensión, depósitos contaminantes y humedad. Cuando se inhibe o se minimiza la acción de uno de los tres agentes anteriormente citados, en algunos casos, no existe probabilidad de que se presente el flameo por contaminación.

Las alternativas para evitar el flameo de los aisladores se puede dividir en tres grupos:

- a) Minimización de la acumulación del contaminante.
 - Lavado periódico
 - Perfiles aerodinámicos
- b) Reducción de los esfuerzos eléctricos.
 - Mayor número de aisladores en las cadenas
 - Aisladores con grandes distancias de fuga (aisladores tipo niebla)
 - Extensores de la distancia de fuga
- c) Prevención de la humectación de la capa contaminante

Esto se puede lograr con:

- Aisladores con propiedades semiconductoras
- Aisladores de tipo sintético
- Aisladores recubiertos con grasas de petróleo o silicón
- Aisladores con recubrimiento elastomérico de silicón

Antes de la aplicación de una alternativa, para evitar el flameo de los aisladores, se hace necesario un análisis técnico-económico de diversas opciones

Para hacer una selección primaria del aislamiento para zonas con contaminación, internacionalmente se ha adoptado el criterio de la **distancia específica de fuga** en función de un nivel de contaminación. Este criterio, que se encuentra contenido en la publicación 815 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), está basado en el valor del esfuerzo eléctrico superficial adecuado para un nivel dado de contaminación.

Tabla 5.3.- Distancias específicas de fuga para aislamiento en 115 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO*	
115 kV	123 kV	LIGERA	29	7	27SVC111	29
					28SC111C	42
					32SPC111	56
		MEDIA	35	8	27SVC111	33
					28SC111C	48
					32SPC111	64
		ALTA	43	9	27SVC111	37
					28SC111C	54
					32SPC111	73
MUY ALTA	54					

(*) Tipo de aislador abreviado con las dos primeras cifras indicando el diámetro del aislador en centímetros, S - tipo suspensión, P - porcelana, V - vidrio, N - niebla, C - calavera y bola y los últimos tres dígitos indican la resistencia electromecánica en kilonewtons.

Tabla 5.4.- Distancias especificas de fuga para aislamiento en 230 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO	
230	245	LIGERA	28	14	27SVC111	29
					28SC111C	43
					32SPC111	58
		MEDIA	35	15	27SVC111	31
					29SC111C	46
					32SPC111	63
		ALTA	43	16	27SVC111	33
					28SC111C	49
					32SPC111	67
MUY ALTA	54	16	27SVC111	33		
			28SC111C	49		
			32SPC111	67		

Tabla 5.5.- Distancias especificas de fuga para aislamiento en 400 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO	
400	420	LIGERA	28	22	27SVC111	25
					28SV111C	40
					32SPC111	54
		MEDIA	35	23	27SVC111	28
					28SV111C	41
					32SPC111	57
		ALTA	43	24	27SVC111	29
					28SV111C	43
					32SPC111	59
		MUY ALTA	54	25	27SVC111	30
					28SV111C	46
					32SPC111	62
		MUY ALTA	54	26	27SVC111	31
					28SV111C	47
					32SPC111	64

APENDICE C

CALCULO DE LONGITUDES DE AISLAMIENTO PARA CONDICIONES DE SOBRETENSIONES POR DESCARGAS ATMOSFERICAS, CORRECCIONES AMBIENTALES Y NIVELES DE CONTAMINACION. EJEMPLOS DE APLICACION

En esta sección se da un ejemplo de aplicación sobre la determinación de las distancias mínimas entre conductores de fase y partes aterrizadas, considerando las sobretensiones de origen atmosférico en líneas de transmisión de 115 kV, 230 kV y 400 kV así como la corrección de las distancias por factores ambientales. Posteriormente se realiza el ejemplo para condiciones de contaminación.

C.1. Cálculo de la Longitud de Cadena de Aisladores para Condiciones Ambientales Normalizadas

Se consideran las condiciones atmosféricas normalizadas con presión atmosférica de 1013 mbar, humedad absoluta de 11 gr/m³ y temperatura de 20°C.

PARA UNA LINEA DE 115 kV:

1. El nivel básico de aislamiento al impulso por rayo, **NBAI**, se obtiene por medio de la **tabla 4.2** (página 48), en donde encontramos que para una línea de 115 kV tenemos un nivel básico de aislamiento al impulso tipo rayo (NBAI), en un intervalo de aire, de 550 kV.

2. Por otro lado, el nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico, (NBAI o $V_{10\%}$) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%}(1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a $0.961 \times V_{50\%}$, donde $V_{50\%}$ es el **voltaje crítico de flameo**, obtenido como el **50% de probabilidad de flameo del aislamiento eléctrico para condiciones atmosféricas normalizadas**. Por lo que el voltaje crítico de flameo al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 550 / 0.961 = 572.32 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r d \quad (\text{kV})$$

donde " k_r " es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; " d " es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que $k_r = 550$. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 572.32/550 = 1.04 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 115 kV será de 1.04 m.

PARA UNA LINEA DE 230 kV:

1. Por medio de la **tabla 4.2** encontramos que para una línea de 230 kV tenemos un nivel básico de aislamiento a impulso por rayo (NBAI) de 1050 kV.

2. El nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico, (NBAI o $V_{10\%}$) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%} (1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a $0.961 \times V_{50\%}$. Por lo que el voltaje crítico de flameo al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 1050/0.961 = 1092.61 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r d \quad (\text{kV})$$

donde " k_r " es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; " d " es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que $k_r = 550$. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 1092.61/550 = 1.986 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 230 kV será de 1.986 m.

PARA UNA LINEA DE 400 kV:

1. Por medio de la **tabla 4.2** encontramos que para una línea de 400 kV tenemos un nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de 1425 kV.

2. El nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico, (NBAI o $V_{10\%}$) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%}(1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a $0.961 \times V_{50\%}$. El voltaje crítico de flameo al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 1425 / 0.961 = 1482.83 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r \cdot d \quad (\text{kV})$$

donde " k_r " es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; " d " es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que $k_r = 550$. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 1482.83 / 550 = 2.696 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 400 kV será de 2.696 m.

C.2. Corrección de la Longitud de Aislamiento por Condiciones Atmosféricas no Normalizadas

El siguiente paso es corregir los valores del nivel básico de aislamiento a impulso (NBAI), para los distintos niveles de operación, debido a los efectos ambientales en los que operarán las líneas de transmisión. Esto se realiza con base en lo expresado en la sección 6.1. Se consideran dos factores de corrección por condiciones atmosféricas, el primer factor es por la densidad del aire ó por presión atmosférica y el segundo factor es por la humedad del ambiente.

1. El **factor de corrección por la densidad del aire (K_{da})** se obtiene por medio de la ecuación descrita en la sección 6.1 (página 63) como:

$$K_{da} = [b/b_0]^m * [(273 + T_0)/(273 + T)]^n$$

donde:

- T = temperatura ambiente en grados centígrados
- b = presión atmosférica en mbar
- T₀ = temperatura ambiente a condiciones estándar (20° C)
- b₀ = presión atmosférica a condiciones estándar (1013 mbar)
- m, n = factores dependientes de la polaridad, tipo de tensión de prueba, forma de los electrodos y distancia disruptiva (igual a 1 para impulso por rayo).

Los factores de "m" y "n" tienen un valor de uno para impulso por rayo. Supongamos que la temperatura ambiente en la cual operará la línea es de 18.5°C y la presión atmosférica de 845 mbar, correspondiente a una altitud de 1500 msnm.

Entonces, el factor de corrección por la densidad del aire queda de la siguiente manera:

$$K_{da} = [845/1013]^1 \cdot [(273+20)/(273+18.5)]^1 \quad K_{da} = 0.8384$$

Con el valor de la altitud y/o de la presión atmosférica se puede obtener el valor del factor de corrección por presión atmosférica, K_{da}, tomando directamente el valor de la **tabla 6.1**, página 64. El cual nos da un valor de K_{da} = 0.834, aproximadamente igual al calculado.

2. El factor de corrección por humedad (K_h) se obtiene por medio de la ecuación:

$$K_h = K^w$$

donde "w" es un factor que depende de la geometría de entrehierros, el cual se obtiene de la **tabla 6.2**, página 65, para una configuración de electrodos punta-punta w = 1.0.

"K" es un factor que depende de la humedad absoluta, cuyo valor se obtiene de las gráficas mostradas en las **figuras 6.1 y 6.2**, página 66. Para leer el factor de "K" se debe conocer la humedad absoluta del sitio en gr/m³ que se obtiene de la gráfica en la **figura 6.2**, cuyos parámetros son la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo del lugar en grados centígrados y la humedad relativa del aire del lugar donde se encontrará la línea de transmisión. Para nuestro ejemplo tomamos los datos correspondientes a una altitud aproximada de 1500 msnm (metros sobre el nivel del mar), obteniendo los siguientes datos:

- * humedad relativa del aire es del 65%
- * temperatura de bulbo seco de 18.5°C
- * temperatura de bulbo húmedo 15°C

Con los valores anteriores y con la **figura 6.2**, obtenemos la humedad absoluta del lugar con un valor de 11 gr/m³.

Teniendo el valor de la humedad absoluta del lugar y por medio de la **figura 6.1**, obtenemos el valor de "K":

$$K = 0.995$$

por lo que el factor de corrección por humedad queda de la siguiente manera:

$$K_n = K^w = (0.995)^{1.0} \quad K_n = 0.995$$

3. Obtenidos los factores de corrección por condiciones atmosféricas, podemos corregir los valores de las distancias en aire con la expresión descrita en la página 67 como:

$$d_{co} = V_{50\%} / K \cdot K_{ca} \quad \text{donde } K_{ca} = K_{ga} / K_n = 0.8426$$

sustituyendo los valores, tenemos:

PARA LA LINEA DE 115 kV

$$d_{co} = 572.32 / (550 \times 0.8426) \quad d_{co} = 1.235 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 1.04)$$

PARA LA LINEA DE 230 kV

$$d_{co} = 1092.61 / (550 \times 0.8426) \quad d_{co} = 2.357 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 1.986)$$

PARA LA LINEA DE 400 kV

$$d_{co} = 1482.83 / (550 \times 0.8426) \quad d_{co} = 3.199 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 2.696)$$

El número de aisladores tipo 27SVC111, 28SV111C ó 32SPC111 necesarios para cumplir con la distancia mínima establecida, tomando en cuenta las correcciones por efectos ambientales, será:

$$NA = d_{co} / d_{ais}$$

donde "d_{ais}" es la distancia longitudinal del aislador, que para estos tipos de aisladores es de 0.146 m. Por lo tanto:

$$\text{PARA LA LINEA DE 115 kV} \quad NA = 1.235 / 0.146 \quad \approx 9 \text{ unidades}$$

$$\text{PARA LA LINEA DE 230 kV} \quad NA = 2.357 / 0.146 \quad \approx 16 \text{ unidades}$$

$$\text{PARA LA LINEA DE 400 kV} \quad NA = 3.199 / 0.146 \quad \approx 22 \text{ unidades}$$

Nota: En estos ejemplos no se consideró el factor de seguridad de 1.05 (por geometría variable)

C.3. Determinación del Número Mínimo de Aisladores de una Cadena tomando en Cuenta la Contaminación Ambiental de la Zona donde se Encontrará la Línea

PARA UNA LINEA DE 115 kV

1. **Nivel de contaminación ligero.**- De la tabla 5.3 (4ª columna), página 58, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{imn} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de 123/.3. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{ttc}), debe ser:

$$D_{ttc} = D_{imn} \cdot V_m \cdot k = (28) (123/.3) (1) = 1988.4 \text{ mm}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los siguientes tipos:

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.4, página 56, como:

$$NA = D_{ttc} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que:

$$NA = D_{ttc} / D_{cat} = 1988.4 / 292 \approx 7 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. **Nivel de contaminación medio.**- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{imn} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.3), por lo que:

$$D_{ttc} = D_{imn} \cdot V_m \cdot k = 35 \times 123/.3 \times 1 = 2485.5 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{ttc} / D_{cat} = 2485.5 / 292 \approx 9 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.3), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 45 \times 123/\sqrt{3} \times 1 = 3053.6 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{itc}/D_{cat} = 3053.6/292 \approx 11 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación.

$$NA = D_{itc}/D_{cat} = (3053.6 - 292)/445$$

$$\approx 7 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.3), debe ser de 54mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 54 \times 123/\sqrt{3} \times 1 = 3834.7 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{itc}/D_{cat} = 3834.7/292 \approx 14 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos:

$$NA = D_{itc}/D_{cat} = (3834.7 - 292)/445$$

$$\approx 8 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{itc}/D_{cat} = (3834.7 - 292)/612$$

$$\approx 6 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y un aislador tipo 27SVC111}$$

PARA UNA LINEA DE 230 kV

1. Nivel de contaminación ligero.- De la tabla 5.4 (4ª columna), página 59, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{imn} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de $245/\sqrt{3}$. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{itc}), debe ser:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = (28) (245/\sqrt{3}) (1) = 3960.62 \text{ mm}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los tipos enlistados a continuación:

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.4, página 56, como:

$$NA = D_{itc} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 3960.6 / 292 \approx 15 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. Nivel de contaminación medio.- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{imn} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.4), por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 35 \times 245/\sqrt{3} \times 1 = 4950.78 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 4950.78 / 292 \approx 17 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (4950.78 - (12 \times 292)) / 445$$

$$\approx 4 \text{ aisladores tipo 28SV111C y 12 aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.4), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 43 \times 245/\sqrt{3} \times 1 = 6365.3 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 6365.3 / 292 \quad \approx 22 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (6365.3 - 292) / 445 \\ \approx 13 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.4), debe ser de 54mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 54 \times 245 / \sqrt{3} \times 1 = 7638.34 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 7638.34 / 292 \quad \approx 26 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (7638.34 - 292) / 445 \\ \approx 17 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (7638.34 - (5 \times 292)) / 612 \\ \approx 10 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y 5 aisladores tipo 27SVC111}$$

PARA UNA LINEA DE 400 kV

1. Nivel de contaminación ligero.- De la tabla 5.5 (4ª columna), página 60, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{imn} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de $420 / \sqrt{3}$. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{itc}), debe ser:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = (28) (400 / \sqrt{3}) (1) = 6789.64 \text{ mm}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los siguientes tipos:

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.5, página 60, como:

$$NA = D_{itc} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 6789.64 / 292 \quad \approx 23 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. Nivel de contaminación medio.- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{imn} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.5), por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 35 \times 123 / \sqrt{3} \times 1 = 8487.05 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 8487.05 / 292 \quad \approx 29 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (8487.05 - (10 \times 292)) / 445$$

$$\approx 13 \text{ aisladores tipo 28SV111C y 10 aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.5), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 43 \times 420 / \sqrt{3} \times 1 = 10911.92 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 10911.92 / 292 \quad \approx 37 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (10911.92 - 292) / 445 \\ \approx 23 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.3), debe ser de 54 mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 54 \times 420 / 3 \times 1 = 13094.3 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 13094.3 / 292 \quad \approx 45 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (13094.3 - 292) / 445 \\ \approx 28 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (13094.3 - (2 \times 292)) / 612 \\ \approx 20 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y 2 aisladores tipo 27SVC111}$$

7. CASOS ESPECIALES EN LA OBTENCION DE LAS DISTANCIAS EN AIRE MINIMAS PERMISIBLES

La rigidez dieléctrica es una característica de los aislamientos de equipos eléctricos, ésta se representa con un valor de voltaje que al aplicarlo no produce el rompimiento del dieléctrico o descarga disruptiva. La rigidez dieléctrica se determina con pruebas con la aplicación de voltajes de impulso, como ejemplo tomemos el voltaje V_{50} el cual corresponde a aquel voltaje que el equipo soportará con un 50% de probabilidad de producir rompimiento del dieléctrico.

La coordinación de aislamiento es el balance entre los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento y el soporte del dieléctrico del aislamiento. El procedimiento de coordinación de aislamiento comprende la selección de voltajes de soporte de equipo eléctrico considerando los voltajes que puedan aparecer como transitorios en el sistema eléctrico. Para obtener una coordinación de aislamiento adecuada se deben de tomar en cuenta las características de los dispositivos que se usarán como protección.

La distancia dieléctrica en aire es uno de los parámetros prácticos de importancia en el diseño de la coordinación de aislamientos, esta distancia se determina a partir de pruebas del rompimiento en aire de diferentes tipos de electrodos bajo impulso por rayo.

Los aislamientos de fase a tierra y de fase a fase se definen de acuerdo a las distancias dieléctricas en aire como son las distancias entre fase y elemento conectado a tierra y entre fases, respectivamente.

El nivel básico de aislamiento al impulso por rayo, NBAI, se define como el voltaje al que se espera un 10% de probabilidad de flameo. El valor del NBAI se obtiene considerando una desviación estandar de 3% (σ) obtenida de la curva de probabilidad de flameo y a la tensión crítica de flameo al impulso, TCF o V_{50} . Este se obtiene con la siguiente relación:

$$NBAI = TCF(1.0 - 1.3\sigma)$$

con lo que resultaría como $NBAI = 0.961 TCF$, este valor es inferior que el TCF.

7.1 Distancias Mínimas en Aire

Las distancias críticas a tierra se calculan en base a la operación con impulso por descargas atmosféricas hasta los niveles de 230 kV, en niveles arriba de 230 kV se considera la operación por impulso de maniobras la predominante para el cálculo de las distancias críticas. En la sección 4.0 se describieron las formulaciones para la obtención de las distancias a tierra para diferentes tipos de entrehierros en aire.

La altura mínima de un conductor de una línea de transmisión con respecto al nivel de tierra se obtiene con la siguiente relación:

$$h=5.0-1.4d$$

donde d es la distancia de fase a tierra (metros). La longitud de la cadena de aisladores se determina considerando el tipo de configuración, el ángulo de oscilación de la cadena y la flecha (la cual depende del claro y esfuerzo mecánico como peso y fuerza del viento). La distancia mínima entre apoyos o entre aisladores, se puede obtener con la siguiente expresión:

$$D \geq n\sqrt{fL} - 0.012 V$$

donde:

n = factor que depende del material del conductor ($n = 0.6$ para conductor de aluminio y 0.5 para conductor de cobre o ACSR)

f = flecha del conductor (metros)

L = longitud de la cadena de aisladores (metros), $L = 0.0$ para aisladores tipo alfiler.

V = tensión máxima de operación entre fases (kV)

Para líneas de transmisión que usan cadenas de aisladores en "V", la distancia D es la distancia entre centros de conductores y L es la distancia de fase a tierra. En los casos en que se tengan condiciones especiales en donde la suma de la flecha y la longitud de la cadena de aisladores en estructuras de suspensión sea mayor de 40 metros, la distancia D se obtiene como:

Para conductores de aluminio: $D \geq 3.80 - 0.012 V$

Para conductores de cobre o ACSR : $D \geq 3.2 + 0.012 V$

En la operación de líneas de transmisión se consideran diferentes casos especiales para cruzamientos y paralelismo entre líneas de transmisión. En los casos de cruzamiento con líneas de transmisión, calles públicas o carreteras, vías de ferrocarril, ríos navegables y otras líneas de energía o de comunicaciones, se deben de tomar medidas de seguridad en lo que respecta a las distancias mínimas en aire en donde la línea debe operar. También se deben de considerar estas medidas de seguridad para los casos de paralelismo entre líneas de alta tensión, con vías de ferrocarril, calles o carreteras, ríos navegables u otras líneas eléctricas, telegráficas o telefónicas. Estos casos especiales de cruzamiento y paralelismo se resumen a continuación:

- Línea de potencia
- Zona habitacional
- Río navegable
- Calles o carreteras
- Vías de ferrocarril
- Otras líneas eléctricas o de comunicaciones
- Ductos subterráneos

7.2 Cruzamiento de una Línea de Transmisión con una Vía de Ferrocarril no Electrificada

En el caso de líneas que cruzan vías de ferrocarril se debe guardar una distancia horizontal mínima a la vía y una altura de la línea con respecto a la vía, como se muestra en la **figura 7.1**. La altura mínima del conductor se obtiene como:

$$h=8.0+0.015 V$$

donde V es la tensión nominal de la línea entre fases en kV. Dependiendo de la orografía del terreno se pueden tener distancias horizontales de 3 m como mínimo.

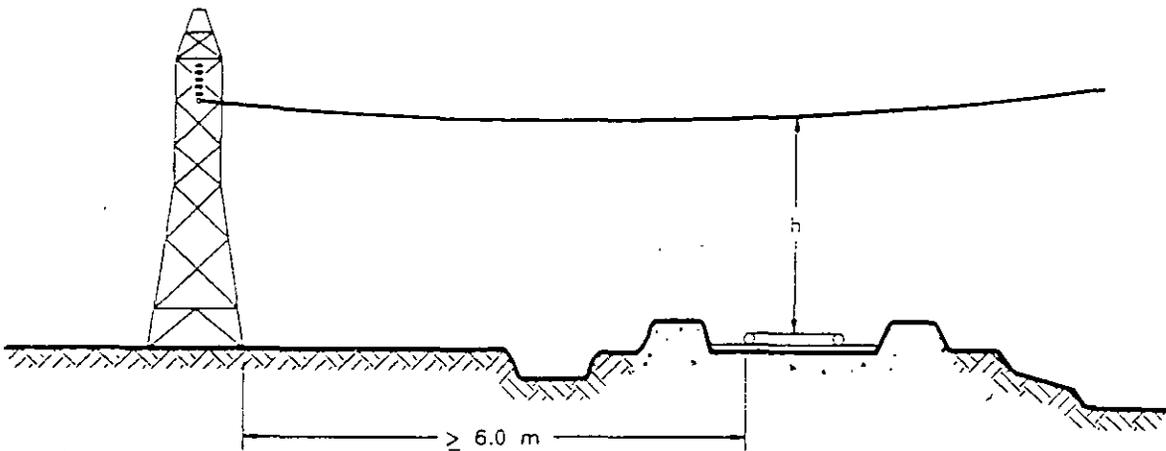


Figura 7.1.- Cruzamiento de una línea de transmisión con una vía de ferrocarril no electrificada

7.3 Cruzamiento de una Línea de Transmisión con una Vía de Ferrocarril Electrificada o Tranvía

En la **figura 7.2** se muestra el tipo de cruzamiento y la distancia horizontal mínima requerida. La distancia horizontal se estima como en el inciso anterior (≥ 6 m), la altura mínima del conductor de fase se obtiene de la siguiente fórmula:

$$d=1.5+0.015 V$$

para condiciones especiales se puede sustituir la constante de 1.5 por 1.0, y la distancia d se obtendría como:

$$d=1.0+0.015 V$$

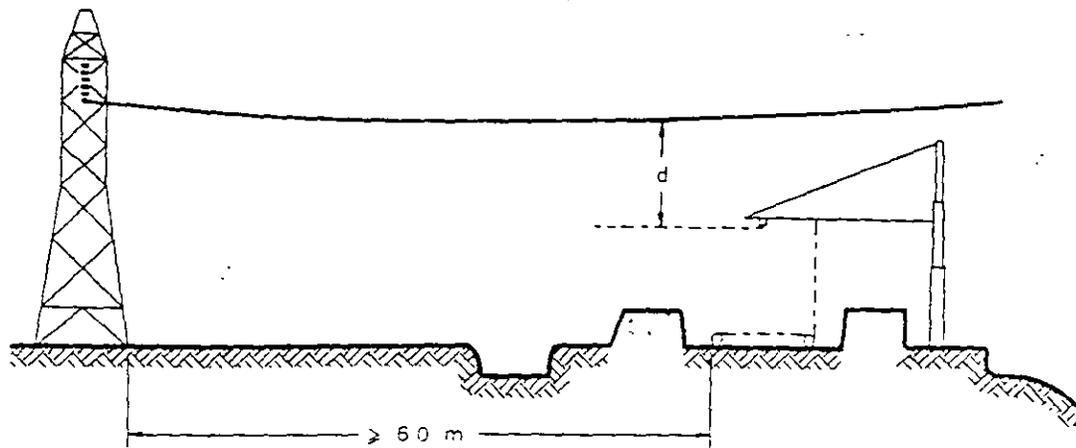


Figura 7.2.- Cruce elevado de una línea de transmisión con una vía de ferrocarril electrificada o tranvía

7.4 Cruceamiento de una Línea de Transmisión por una Autopista, Carretera o Calle

En estos casos las distancias horizontales se rigen por las disposiciones civiles que se encuentren vigentes en las zonas y por reglamentos de obras públicas e instalaciones eléctricas. En la **figura 7.3** se muestran las distancias de fase a tierra y de estructura a inicio de autopista, carretera o calle. La altura mínima se puede calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$h=7.0+0.005 \sqrt{V}$$

Para la distancia A se recomiendan los siguientes valores:

Para autopistas y carreteras: A=15.0 m

Para avenidas o calles principales en ciudades: A = 15.0 m

Para calles en poblados: A= 7.0 m

Para calles de poca importancia en poblados como condición excepcional: A = 3.0 m

En redes de distribución, en derivaciones en esquinas: A=0.2 m

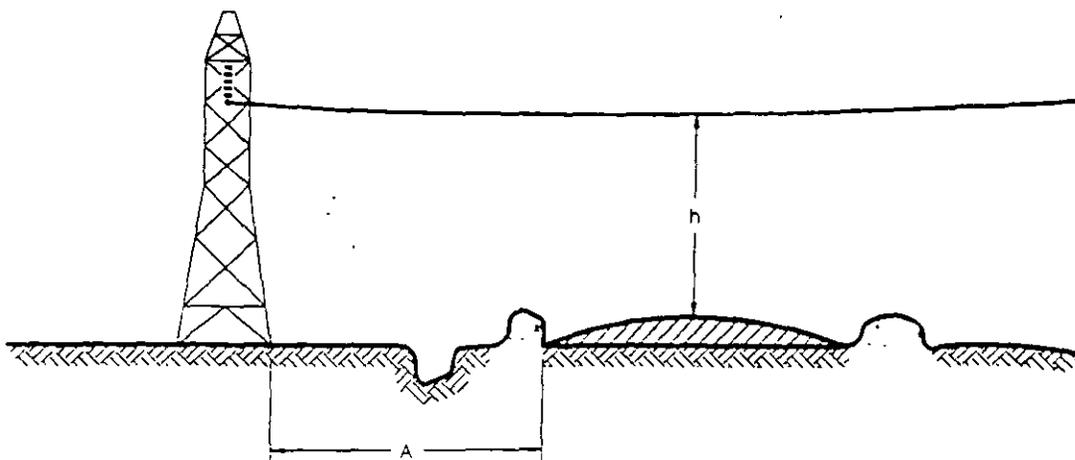


Figura 7.3.- Cruzamiento de una línea de transmisión por una autopista, carretera o calle

7.5 Cruzamiento de una línea de transmisión con un río navegable

En la figura 7.4 se muestra la disposición de las distancias mínimas horizontales de estructura a inicio de río y verticales o de alturas del nivel más alto del río a la fase más baja. La distancia horizontal mostrada en la figura 7.4 se considera para el caso de ríos navegables por pequeñas embarcaciones (como lanchas o lanchones), en donde la altura h está dada por:

$$h=7.0-0.015 V$$

Para el caso de ríos navegables por buques de gran calado se debe de tomar la distancia mínima, d , desde la parte más alta del buque (mástil) hasta la fase del conductor más bajo dada por:

$$d=3.0-0.01 V$$

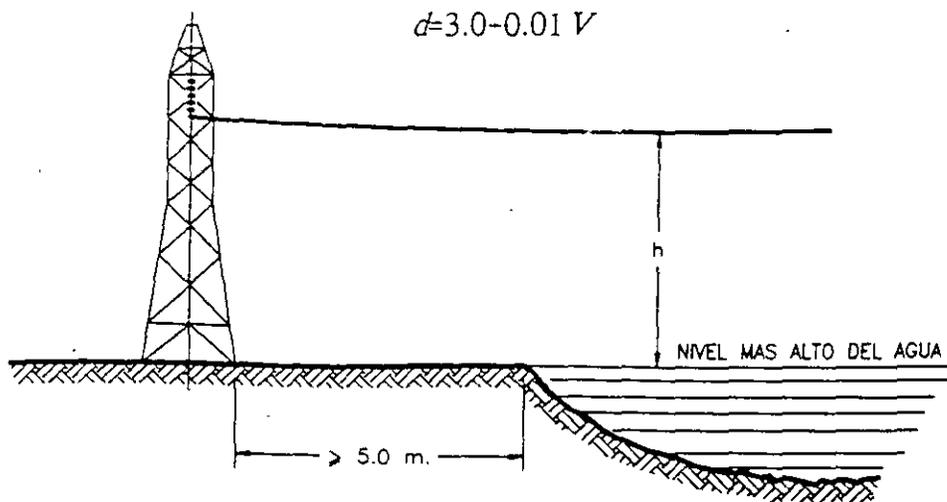


Figura 7.4.- Cruzamiento de una línea de transmisión con un río navegable

7.6 Cruzamiento entre Líneas de Transmisión

Se pueden presentar diferentes condiciones para el cruzamiento entre líneas, en general se recomienda que el ángulo de cruce entre líneas no sea menor de 45° entre ellas. En la **figura 7.5** se muestran las distancias entre el conductor más cercano y la estructura, indicada con la letra A y la distancia entre conductores que se cruzan indicada con la letra B.

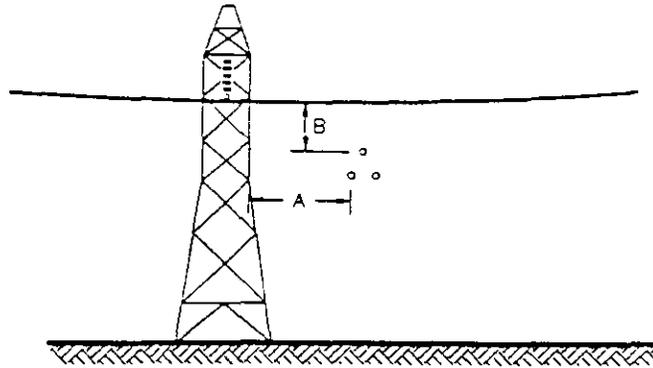


Figura 7.5.- Cruzamiento entre líneas de transmisión

Para líneas de tensión de hasta 161 kV fase a fase (línea que cruza), la distancia A se puede obtener como:

$$A \geq 3.0 + 0.015 V$$

Y para cualquier ángulo de cruzamiento, la distancia entre conductores, B, no debe ser menor a:

$$B \geq 1.5 + 0.02 V$$

donde V es la tensión en kV de fase a fase en la línea de tensión superior. Para líneas de transmisión de 230 kV y de 400 kV se emplean las siguientes expresiones:

$$A \geq 5.0 + \frac{V}{150}$$

y

$$B \geq 3.3 + \frac{V}{100}$$

donde V es la tensión máxima de diseño entre fases de la línea de transmisión de mayor tensión expresada en kV.

7.7 Líneas de Transmisión de Energía Paralelas

Para los casos en que dos líneas de transmisión sigan la misma dirección en secciones de derechos de vías compartidos o próximos se tiene un paralelismo entre líneas. Con excepción de las zonas de acceso a subestaciones eléctricas y plantas generadoras, las distancias mínimas entre líneas construidas en paralelo deben de guardar una distancia mínima entre conductores más próximos de 1.5 veces la altura del conductor más alto. En la **figura 7.6** se muestran las distancias entre conductores más próximos, d , y la altura del conductor, h .

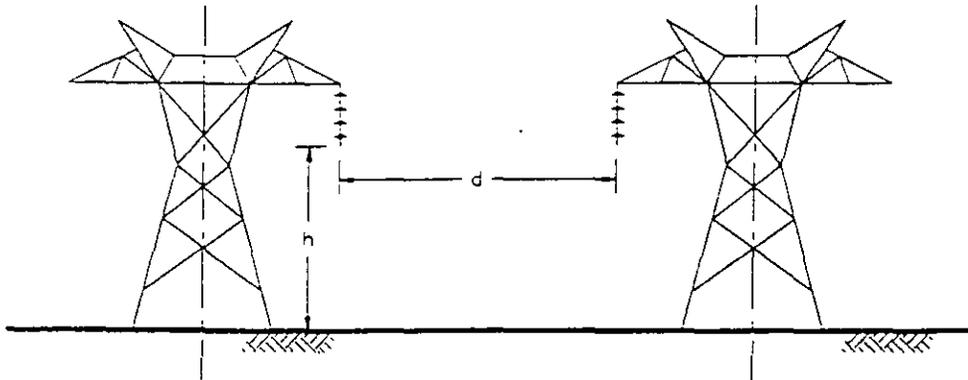


Figura 7.6.- Líneas de transmisión de energía paralelas

Para el caso en que se tengan dos sistemas compartiendo las mismas estructuras, como se muestra en la **figura 7.7**, el tendido de estas líneas sobre apoyos comunes se recomienda solo para sistemas de un mismo tipo de corriente (continua o alterna y a la misma frecuencia), la distancia mínima vertical entre conductores de ambas líneas en los puntos de apoyo y en las condiciones más desfavorables se deben obtener con las expresiones siguientes:

Para sistemas de hasta 69 kV: $d \geq 1.5 + V/100$ (metros)

Para sistemas superiores a 69 kV: $d \geq 3.3 + V/100$ (metros)

donde V es el voltaje de fase a fase (kV) de la línea de mayor tensión.

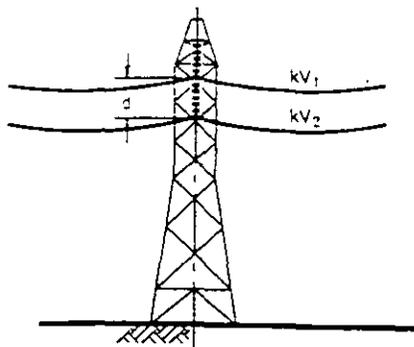


Figura 7.7.- Dos sistemas compartiendo la misma estructura

7.8 Líneas de Transmisión Paralelas a Líneas de Telecomunicación

El paralelismo entre líneas de transmisión de energía y líneas de telecomunicación (telefónicas y telegráficas) debe de evitarse en lo posible. Una de las razones primordiales para esta recomendación es la interferencia electromagnética sobre el sistema de telecomunicaciones producida por el sistema de alto voltaje (categorías B y C). En los casos en que se construyan con estas características se debe de mantener una distancia mínima, entre los trazos de los conductores más próximos de una y otra línea, igual a 1.5 veces la altura del conductor más alto de cualquiera de las líneas, **figura 7.8**. Además de que se tendrá que revisar el diseño y las distancias entre líneas de manera que se tengan los mínimos niveles de interferencia electromagnética permisibles en el sistema de telecomunicaciones. En la **figura 7.8** se muestran las alturas de los conductores de ambos sistemas; h_1 y h_2 , y la distancia entre conductores más próximos de ambos sistemas, d . En donde la distancia d (en metros) está dada por:

$$d \geq 1.5 h_1$$

y

$$h_1 > h_2$$

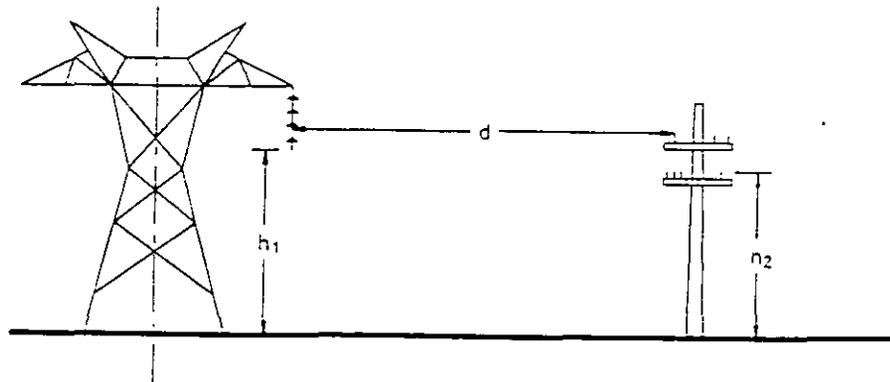


Figura 7.8.- Líneas de transmisión paralelas a líneas de telecomunicación

7.9 Paralelismo entre Líneas de Transmisión y Vías de Comunicación

Para el caso de líneas de transmisión que corran paralelas a vías de comunicación, calles, carreteras, autopistas y avenidas importantes en centros urbanos, deberán cumplir con las distancias entre extremos de estructuras y extremo de la calle o avenida. En la **figura 7.9** se muestra la distancia entre extremo de línea y extremo de calle, estas distancias deberán ser mayores a las que se enlistan a continuación :

Para carreteras y autopistas: $d \geq 25.0$ m

Para carreteras vecinales, avenidas
y calles principales en zonas urbanas: $d \geq 15.0$ m

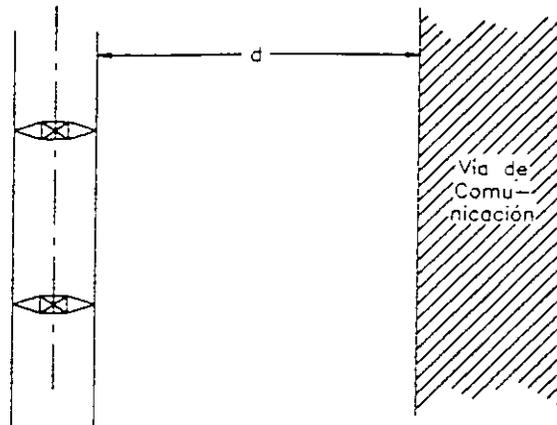


Figura 7.9.- Paralelismo entre líneas de transmisión y vías de comunicación

7.10 Líneas Paralelas a Vías de Ferrocarril o Cursos de Agua Navegables

Para estos casos se recomienda una distancia entre conductor extremo y extremo más cercano de la vía, conductor o cauce, superior a 25 metros. Esta distancia se podrá reducir sólo en circunstancias topográficas excepcionales y previa justificación técnica.

7.11 Cruce de Líneas de Transmisión por Zonas de Bosques, Arboles y Masas de Arbolado

En la **figura 7.10** se muestra la distancia entre la línea de transmisión y la zona arbolada, la distancia toma en cuenta la posición del conductor con el máximo ángulo de oscilación en la línea de transmisión. Esta distancia se obtiene con la siguiente expresión:

$$d \geq 1.5 + \frac{V}{150}$$

donde V es la tensión nominal de fase a fase en kV. Adicionalmente se recomienda cortar todo árbol que constituya un peligro para la seguridad de la línea, esto puede ser debido a su posición inclinada. Se está considerando el crecimiento de los árboles en un periodo de 5 años.

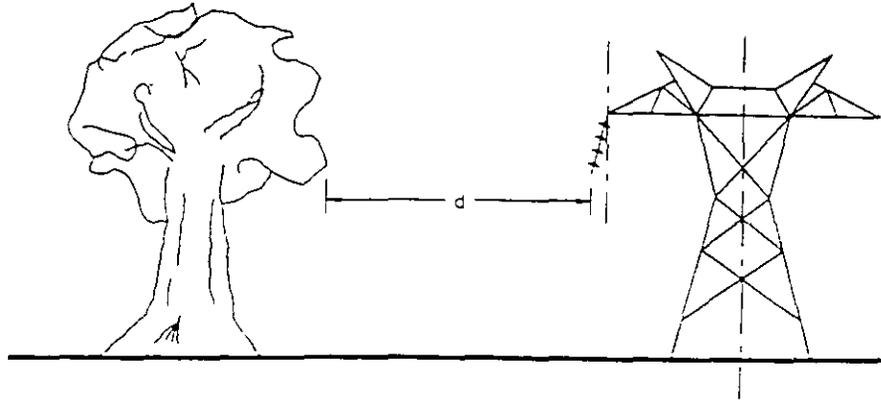


Figura 7.10.- Cruce de líneas de transmisión por zonas de bosques, árboles y masas de arbolado

7.12 Cruce de Líneas de Transmisión por Edificios, Construcciones y Zonas Urbanas

En los casos en que una línea de transmisión atraviese zonas urbanas o construcciones con edificios, se deben conservar distancias entre el conductor más cercano a la construcción y la esquina del edificio más cercana a la línea, como se observa en la **figura 7.11** y se describen con las expresiones siguientes, para puntos accesibles a personas se tiene:

$$d \geq 3.3 + \frac{V}{100}$$

esta distancia debe ser mayor de 2.0 metros para la categoría A (de 4.4 kV a 52 kV); 5.0 m para la categoría B (de 69 kV a 230 kV) y 7.0 m para la categoría C (de 400 kV a 765 kV). Para puntos no accesibles a personas tenemos la expresión:

$$d \geq 3.3 + \frac{V}{150}$$

esta distancia debe ser mayor de 2.0 m para la categoría A; 4.0 m para la categoría B y de 6.0 m para la categoría C.

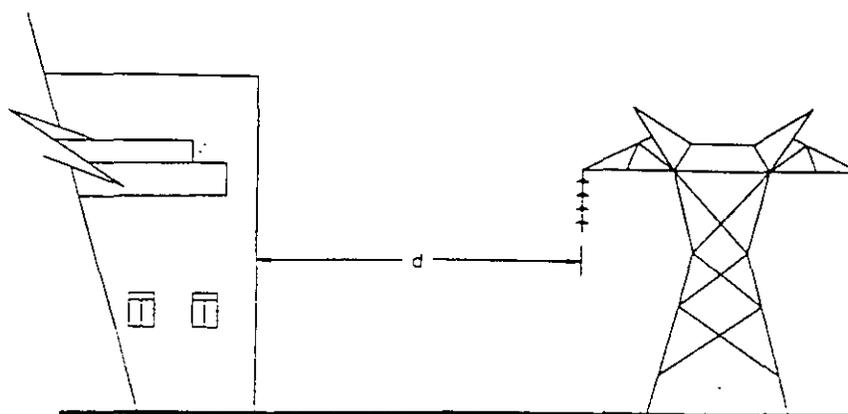


Figura 7.11.- Cruce de líneas de transmisión por edificios, construcciones y zonas urbanas

7.13 Derechos de Vía Compartidos con Ductos Subterráneos

Las líneas de transmisión comparten derechos de vía con ductos subterráneos (gasoductos u otro tipo de ducto metálico) en zonas en donde no se puede evitar la separación de derechos de vía. En este ambiente se generan campos electromagnéticos por las corrientes y voltajes de las líneas de transmisión de energía. Cuando el ducto corre paralelo a la línea de transmisión por cierta distancia, se pueden inducir voltajes en el ducto metálico debido al campo electromagnético producido por la o las líneas de transmisión.

Otro de los modos de acoplamiento en derechos de vía compartidos, se puede presentar por conducción a través del terreno. Existe la posibilidad de que corrientes de falla a tierra ocurran en torres cercanas a tuberías enterradas, con la consecuencia de generar potenciales cerca de la superficie del tubo. Estos potenciales son capaces de romper el dieléctrico de la cubierta aislante del tubo. Se puede tomar un valor típico de entre 2.0 a 3.0 kV de rompimiento del dieléctrico de la cubierta del tubo, con fines de evaluación de daño por este tipo de corrientes.

Desde el punto de vista de seguridad de personal se considera un voltaje máximo permisible de 15 V en la tubería. El método más eficiente de reducción del voltaje inducido es aumentar la distancia de separación entre la línea de transmisión y el ducto, cuando esta separación no es práctica, se usan técnicas de aterrizamiento de la tubería.

Para evitar los efectos de altos potenciales debido a condiciones de corriente de falla a tierra, se recomienda una separación de 10 m entre el sistema de tierras de la línea de transmisión (contraantenas y varillas de tierra) y la tubería. Aumentando el aislamiento de la línea no minimiza el efecto de la corriente de falla en la tubería, pero disminuye la probabilidad de que la falla ocurra en estos puntos.

Normalmente los ductos metálicos subterráneos se tienen protegidos contra corrosión con sistemas de protección catódica. Estos sistemas usan ánodos de sacrificio (magnesio o zinc) conectados en intervalos a lo largo de cierta longitud del ducto o concentrados. Si los ánodos son concentrados cerca de la línea de transmisión, esta protección puede producir corrosión de las bases de las torres de transmisión, sistemas de tierra y guías de anclas de torre.