



50
2j

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**CALCULO PARA EL USO DE POSTES DE MADERA
MEXICANA EN LINEAS DE DISTRIBUCION**

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista

p r e s e n t a:

LILIAN MERCEDES FERNANDEZ REYNA

México, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

P R O L O G O .

El presente trabajo tiene por objeto el analizar las especificaciones marcadas para el uso de postera de madera, dentro de las cuales un determinado número de postes no se le utiliza, debido a que presentan algunas características tanto físicas como mecánicas que pueden ser riesgosas, tanto en su levantamiento como en su durabilidad al tenerse determinadas condiciones de presión de viento, temperatura, etc.

Por lo que se determinará si el uso de estos postes puede ampliarse dentro de determinados rangos.

Antes de dar las bases para el planteamiento del proyecto, daremos una pequeña introducción sobre el tipo de madera que se usa en postera y con que características y restricciones debemos de contar.

I N D I C E

INTRODUCCION.

C a p í t u l o I

I.1 Generalidades.

C a p í t u l o II

II. 1 Análisis de la producción forestal maderable en México

C a p í t u l o III

III. 1 Especificación para postes de madera C.F.E. J5200-01

- III.1.1 Objetivo y campo de aplicación
- III.2 Normas que se aplican
- III.3 Definiciones
- III.4 Clasificación
- III.5 Especificaciones para la materia prima
 - III.5.1. Procedencia
 - III.5.2. Aserramiento
 - III.5.3. Descortezamiento
 - III.5.4. Acabado
 - III.5.5. Perforaciones
 - III.5.6. Desbastes
 - III.5.7. Dimensiones
 - III.5.8. Sazonamiento
- III.6. Tratamiento
- III.7. Designación
- III.8. Clasificación de defectos
 - III.8.1. Defectos críticos
 - III.8.2. Defectos mayores y menores.

C a p í t u l o IV

IV. 1 Resultados de las pruebas físico-mecánicas.

- IV.2 Prueba de compresión paralela a la fibra
- IV.3 Prueba de compresión perpendicular a la fibra
- IV.4 Prueba de flexión

- IV.5 Prueba de corte paralela a la fibra
- IV.5.1. De probetas de madera Red Wood
- IV.5.2. De probetas de madera pino Ponderosa
- IV.5.3. De probetas de madera Douglas - Fir
- IV.5.4. De probetas de madera, Pino Duranguense Arroyo de Alamitos
- IV.5.5. De probetas de madera, Pino Duranguense Meseta de Alamitos
- IV.6. Prueba de tensión paralela a la fibra
- IV.7. Prueba de Dureza
- IV.8. Prueba de desgarre

Capítulo V

- V.1. Análisis de las limitaciones mecánicas y eléctricas para postes de madera mexicana.
- V.2. Memoria de cálculo de las limitaciones, de diseño
- V.2.1. Tensiones iniciales
- V.2.2. Tensiones finales
- V.2.3. Dedución de la ecuación de cambio de estado
- V.2.4. Limitaciones mecánicas:
 - V.2.4.1a Libramiento
 - V.2.4.1b Resistencia mecánica del poste
 - V.2.4.2 Cruceta
 - V.2.4.2a Cargas Verticales
 - V.2.4.2b Cargas Longitudinales
 - V.2.4.2c Separación eléctrica
 - V.2.4.3 Alfiler
 - V.2.4.3a Resistencia Mecánica (claro medio horizontal)
 - V.2.4.3b Deflexiones máximas del conjunto Aislador-Alfiler
 - V.2.4.4 Retenida

Anexo 1

Glosario de Fórmulas utilizadas en el programa

A n e x o 2

Datos necesarios para el cálculo de las tensiones finales necesarias de los conductores a usar en el programa.

A n e x o 3

Valores para los postes en estudio

A n e x o 4

Tablas de claros interpostales según el tipo de estructura, tensión, poste y conductor

Programa

Conclusiones

Bibliografía

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

La madera es un producto orgánico de origen vegetal, de composición y estructura bien definidas. Está formada por un conjunto de células cementadas entre sí; estas células son las prosenquimatosas, cuyas funciones principales son la conducción de soluciones y el sostén máximo del árbol; y las parenquimatosas que sirven para el almacenamiento de sustancias.

Toda la madera proviene de árboles, los cuales invariablemente están constituidos por dos clases de madera, dependiendo de su ubicación en el tronco. La porción del centro, que es más densa y seca se llama duramen, mientras que la parte que rodea al duramen, que es más húmeda, se llama albura.

Las propiedades más sobresalientes de la madera son: alta resistencia mecánica por unidad de peso, poco peso por unidad de volumen y alto poder de --
aislación térmica.

La madera como todo producto natural, es susceptible de ser atacada por agentes biológicos que la destruyen o disminuyen su calidad. Estos agentes se --
pueden resumir en 3 grupos:

- a) Mohos y hongos cromógenos.
- b) Hongos xilófagos
- c) Insectos y perforadores marinos.

Las condiciones que favorecen el desarrollo de los agentes destructores de la madera serán los siguientes:

- a) Temperatura
- b) Humedad
- c) Oxígeno
- d) Alimento

Los postes son el producto extraído de una troza descortezada, labrada o no con una longitud mínima de 5 mts. y un diámetro en la punta no mayor de -- 2.20 m.

Pueden ser usados para transmisión eléctrica o telefónica. En nuestro caso analizaremos la primera.

En México, el comercio de madera aserrada y productos forestales en rollo -- tales como postes, no estaba del todo regido por normas de calidad de tipo nacional que protegieran al producto y al consumidor; por lo que uno de sus principales consumidores COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, conciente de la importancia que tiene el contar con materiales de calidad controlada adoptó las normas para postes de pino ponderosa de la "American Standard Association"; que aunque la especie de pino que más abunda en México, no es la de pino ponderosa, es más o menos similar a ésta.

La especie de pino a la cual nos referiremos de aquí en adelante es la llamada: Pinus Durangensis, conocida mayormente por Pino Nacional, la cual posee una resistencia a la fibra diferente a la del pino ponderosa.

Las pruebas y estudios que se realizaron para obtener las características -- anatómicas y físico-mecánicas de la madera para postes, se hicieron en probetas hechas de pino nacional pertenecientes al Estado de Durango (Pino -- Real Duranguense) de la Meseta de Alamitos y Arroyo de Alamitos, y se compararon los valores obtenidos, con los de probetas de maderas americanas como: Red Wood, Pino Ponderosa Americano y Douglas-Fir. (Más adelante se -- mostrará el cuadro comparativo, el cual solo incluirá los resultados de las pruebas físico-mecánicas.)

Uno de los resultados notables que se obtuvieron fue el de que todas las especies tienen una gran proporción de albura, lo que es muy ventajoso para los procesos de impregnación. La albura de los pinos es muy permeable, y -- por lo tanto, es fácil que las soluciones preservadoras entren al poste sin que se necesite dar tratamientos especiales antes o durante los procesos de impregnación.

Los estudios anatómicos que comprenden las pruebas macroscópicas (edad del árbol, proporción de albura y duramen, etc.); y las pruebas microscópicas -- (fibra tangencial, transversal y radial) fueron realizadas en el Laboratorio de Pruebas de la Cía. Maderera del Guadiana.

Los estudios físico-mecánicos fueron los siguientes:

Comprensión y tensión paralela y perpendicular a la fibra (bajo Normas de -- la ASTM D143 - 1952, y ASTM D1036 - 1958).

Dichos estudios fueron realizados bajo el patrocinio de C.F.E. en el "Laboratorio de Pruebas y Ensayos de México" perteneciente a dicha institución. En este estudio se utilizarán los resultados obtenidos sobre las características mecánicas de la madera de Pino Nacional, como base para el diseño de estructuras, así como, para el cálculo de limitaciones mecánicas y eléctricas de las mismas, utilizadas en líneas de distribución.

La fabricación de postes de madera impregnada, es uno de los procesos que más fuentes de trabajo genera, ya que se tiene un costo bajo en la materia prima y una gran cantidad de mano de obra desde el inicio del proceso hasta la terminación del mismo.

Como se sabe, la madera es un recurso renovable que requiere planeación a -- largo plazo por la naturaleza de su regeneración que en su caso (postería) requiere alrededor de 20 años el desarrollo del árbol para este fin.

Por experiencia se considera que el poste de madera nacional tendría una -- vida útil del orden de 25 años aunque puede variar este lapso de 10 a 40 -- años dependiendo (entre otros factores) del mantenimiento a que estén sometidos.

En nuestro caso, el que actualmente se construyan los postes de madera bajo normas americanas implica diseños de construcción y utilización para líneas de distribución fuera de las necesidades alcances y desarrollo económico -- del país. Por lo que es necesario revisar, analizar y/o modificar estas.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES.

C A P I T U L O I

I. 1 GENERALIDADES

Las normas para construcción de Redes Eléctricas comprenden:

Líneas
Redes Primarias
 Secundarias
Banco de Transformadores
Retenidas

Es común dentro de la electrificación rural, encontrar la subestación de -- distribución a una cierta distancia de los consumidores, por lo cual es necesario diseñar lo que se conoce como líneas de distribución; para lo cual existen 4 tipos de postes, que se utilizan dentro de las estructuras ya normalizadas.

Clasificación de Postes para líneas:

Octagonal
Reforzado
Acero
Madero Tratada

Dentro de la clasificación de postes de madera tratada para líneas, se tienen el siguiente tipo de estructuras de soporte:

ESTRUCTURAS TIPO.

- P = Se emplea en líneas de distribución cuando la disposición es en tangente.
- P.P.= Se emplea en líneas cuando se requiere una deflexión de 15°
- A = Se emplea en líneas de distribución cuando la disposición es en tangente, la ventaja de esta y la de tipo P, es que los conductores están en 3 planos diferentes.

A.M.= Es una estructura de remate.

A.G.= Es una estructura para deflexiones mayores de 15" pero menores de 60° de remate.

H.S.= Estructura de suspensión empleada cuando el terreno es accidentado.

H.A.= Estructura de remate cuando se requiere.

Los postes de madera que se utilizan en la transmisión de energía eléctrica deben cumplir con determinadas especificaciones, tanto para que sirvan para el tendido y diseño de Areas y Redes de Distribución, y Líneas de Subtransmisión.

Para seleccionar el tipo de poste de acuerdo a las necesidades que se tengan se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones, viendo de antemano las características particulares de cada caso se usará poste de madera en:

- Zonas en que predomine este tipo.
- Electrificación rural, costas, zonas de difícil acceso y de contaminación.
- Zonas próximas a plantas impregnadoras.

Ventajas del Poste de Madera:

- Facilidad de manejo y resistencia al maltrato
- Mayor resistencia al impacto
- Menor cantidad de herrajes.
- Mayor variedad de alturas y clases
- Mayor resistencia a la contaminación.

Desventajas del poste de madera:

- Poca duración
- Requiere de mantenimiento
- Solo hay dos lugares de entrega.
- En algunas ocasiones se ha requerido de importación
- Su uso requiere de un plan de reforestación de tal forma que no se altere la ecología de los bosques.

C A P I T U L O I I

ANALISIS DE LA PRODUCCION FORESTAL MADERABLE
EN MEXICO.

C A P I T U L O I I

II. 1. ANALISIS DE LA PRODUCCION FORESTAL MADERABLE EN MEXICO.

Las entidades que contribuyen mayormente en la producción forestal nacional son: Chihuahua, Durango, Michoacán, Jalisco y Oaxaca, que en conjunto dan el 75.5% del volumen total de ésta.

De las especies aprovechadas tradicionalmente el pino ha sido la más importante, derivando de esto su gran predominio en las masas arboladas del país, de tal manera que representa el 91.1% del volumen maderable total, siguiendo en importancia el encino con 3.8% y el oyamel con 3.6% y maderas preciosas con el 1.6%.

De acuerdo al tipo de propiedad de las áreas en que se llevan a cabo los -- aprovechamientos forestales, destacan los terrenos ejidales y comunales de los que se obtiene el 36.8% del volumen generado y las propiedades particulares que participan con el 34.8%, en promedio.

En las siguientes siete tablas, se ve de una manera sinóptica, la localización, producción y un cuadro comparativo de la superficie forestal en México.

Las tablas son las siguientes:

Tabla No. 1

Producción Forestal Maderable por Entidad Federativa

Tabla No. 2

Los diez Estados de mayor producción Forestal maderable

Tabla No. 3

Producción Forestal Maderable por grupos de productos.

Tabla No 4

Producción Forestal Maderable por grupos de productos y principales Estados.

Tabla No 5

Producción Forestal Maderable por tipo de propiedad en los principales Estados.

Tabla No 6

Producción Forestal Maderable por especies

Tabla No 7

Cuadro Comparativo de la Superficie Forestal

NOTA: Los datos mostrados son los más recientes con los que se pudo contar para mostrar dicho análisis.

PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR
ENTIDAD FEDERATIVA

ENTIDAD .	VARIACION PORCENTUAL .
TOTAL	7 . 2
CHIHUAHUA	5 . 3
DURANGO	9 . 9
MICHOACAN	21 . 5
JALISCO	- 0 . 1
OAXACA	2 . 3
MEXICO	- 5 . 7
CHIAPAS	11 . 6
PUEBLA	33 . 6
SAN LUIS POTOSI	- 14 . 8
VERACRUZ	- 17 . 0
OTROS	10 . 4

T A B L A N o . 1

LOS DIEZ ESTADOS DE MAYOR PRODUCCION
FORESTAL MADERABLE

E N T I D A D	%
TOTAL	1 0 0 . 0
CHIHUAHUA	2 5 . 0
DURANGO	1 7 . 2
MICHOACAN	1 6 . 6
JALISCO	9 . 9
OAXACA	7 . 4
MEXICO	3 . 9
CHIAPAS	3 . 4
PUEBLA	2 . 3
SAN LUIS POTOSI	2 . 2
VERACRUZ	2 . 0
OTROS	1 0 . 7

T A B L A N o . 2

PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR
GRUPOS DE PRODUCTOS

GRUPOS DE PRODUCTOS	M I L E S D E m ³ r
TOTAL	7 6 7 7
MADERA PARA	
ESCUADRIA	4 9 3 4
CELULOSICOS	2 1 1 3
MADERA PARA	
CHAPA TRIPLAY	3 0 2
POSTES, PILOTES	
Y MORILLOS	1 3 6
COMBUSTIBLES	5 9 8
O T R O S	9 4

T A B L A N o . 3

PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR GRUPOS DE PRODUCTOS
Y PRINCIPALES ESTADOS.

ESTADOS	GRUPOS DE PRODUCTOS						
	TOTAL	ESCADRILLA	CELULOSICOS	CHAPA Y TRIPLAY	POSTES PILOTES Y MORILLOS	COMBUSTIBLE	OTROS
TOTAL	7 677	4 434	2 113	3 02	1 36	5 98	94
CHIHUAHUA	1 918	1 934	7 00	1 10	2 0	2	52
DURANGO	1 320	1 131	1 07	2 6	5 4	2	---
NICHOACAN	1 230	8 27	3 71	---	2	21	9
JALISCO	7 56	2 51	4 12	---	1	8 6	6
ÓAXACA	5 68	2 91	1 78	5 3	2	32	12
MEXICO	2 99	1 31	1 32	---	---	36	---
CHIAPAS	2 59	2 21	1	3 4	1	2	---
PUEBLA	1 75	5 5	9 3	---	2	2 0	5
SAN LUIS POTOSI	1 77	2	3 1	---	---	1 38	1
VERACRUZ	1 56	5 9	---	2 5	---	7 2	---
OTROS	8 24	4 32	8 8	5 4	5 4	1 87	9

T A B L A No. 4

PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR TIPO DE PROPIEDAD
Y PRINCIPALES ESTADOS. MILES DE m³

ESTADOS	TOTAL	PARTICULAR	EJIDAL	COMUNAL	NACIONAL	ESTATAL	UNIDADES
TOTAL	7 677	2 676	2 149	673	48	4	2 127
CHIHUAHUA	1 918	552	778	23	---	---	565
DURANGO	1 320	416	599	79	---	---	226
MICHOACAN	1 230	615	174	31	---	---	410
JALISCO	756	207	66	---	---	---	483
OAXACA	568	22	9	410	---	---	127
MEXICO	299	48	27	7	18	---	199
CHIAPAS	259	210	11	38	---	---	---
PUEBLA	175	71	17	2	---	---	85
SAN LUIS POTOSI	172	141	31	---	---	---	---
VERACRUZ	156	82	68	2	---	4	---
OTROS	824	312	369	81	30	---	32

T A B L A No. 5

PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR ESPECIES

Y PRINCIPALES ESTADOS.

(MILES DE m³)

ESTADOS	TOTAL	PINO	ENCINO	OYAMEL	PRECIOSAS	OTRAS
TOTAL	7 677	6 227	291	276	122	761
CHIHUAHUA	1 918	1 895	3	----	----	20
DURANGO	1 320	1 304	14	----	----	2
MICHOACAN	1 230	1 077	51	91	----	11
JALISCO	756	581	92	63	----	20
OAXACA	568	499	24	1	3	41
MEXICO	299	178	40	74	----	7
CHIAPAS	259	210	2	----	38	9
PUEBLA	175	140	3	23	1	8
SAN LUIS POTOSI	172	----	3	----	----	169
VERACRUZ	156	14	4	----	2	136
OTROS	824	329	55	24	78	338

TABLA No. 6

SUPERFICIE FORESTAL
137.2 (69.8%).

A.- SUPERFICIE ARBOLADA 44.2 (22.5%)

a) BOSQUES
29.2 (14.9%)

CONIFERAS Y LATIFOLIADAS
20.6 (10.5%)
LATIFOLIADAS.
8.6 (4.4%)

b) SELVAS
15.0 (7.6%)

1.- ALTAS
2.4 (1.2%)
2.- MEDIANAS
12.6 (6.4%)

a.- MATORRALES
46.3 (23.6%)

1.- ROSETOFILAS
1.2 (3.4%)
2.- MICROFILO
34.0 (17.3%)
3.- CRASICAULE
11.1 (5.7%)

B.- OTRAS AREAS FORESTALES.
93.0 (47.3%)

b.- VEGETACION ARBUSTIVA
29.2 (14.8%)

1.- SELVAS BAJAS
14.7 (7.5%)
2.- CHAPARRALES
7.8 (7.5%)
3.- MEZQUITALES.
6.7 (3.4%)

c.- AREAS PERTURBADAS
16.4 (8.3%)

d.- VEGETACION HIDRO
1.1 (0.6%)

MEXICO

CUADRO COMPARATIVO DE LA SUPERFICIE FORESTAL

T A B L A No. 7

C A P I T U L O I I I

ESPECIFICACION PARA POSTES DE MADERA

C F E J6200 - 01

Noviembre 1979

C A P I T U L O I I I .

III. 1 Especificación para postes de madera.

III. 1.1. Objetivo y campo de aplicación.

Establecer los requisitos que deben cumplir los postes de madera de pino nacional impregnado, utilizados para soportar conductores eléctricos, equipo y los - accesorios necesarios para la distribución de la energía eléctrica.

III. 2 NORMAS QUE SE APLICAN.

ASTM D 143-1952	Métodos Normalizados de Pruebas de Pequeños Especímenes de Madera.
ASTM D 1036-1958	Métodos Normalizados de Pruebas Estáticas para Postes de Madera.
AWPA A5- 1979	Métodos Normalizados para Análisis de aceites Preservadores.
AWPA A6- 1974	Método para la Determinación de Preservadores de Aceite y Agua en la madera.
AWPA A7- 1975	Procedimiento Normalizado de Prueba Vía Húmeda por Análisis Químico para Madera.
AWPA A8- 1967	Análisis Cualitativo de Soluciones de Creosota o Alquitrán de Hulla, en Pilotes, Postes o Madera Recién tratados. Método de -- Comprensión.
AWPA A9- 1970	Método Normalizado para Análisis de Madera Tratada y Soluciones para tratamiento por Emisión Espectroscópica de Rayos X.
AWPA A10- 1972	Métodos Normalizados de Análisis por Colorimetría de Soluciones de Tratamientos con Sales CCA o Madera Tratada Bajo el mismo - Procedimiento.

AWPA A11- 1974	Método Normalizado de Análisis por Absorción Atómica y Espectroscopía para Madera Tratada y Soluciones para Tratamientos.
AWPA C4- 1979	Tratamiento Preservador de Postes por el Proceso de Presión.
AWPA P2- 1968	Norma para Soluciones de Creosota Alquitrán de Hulla
AWPA P5- 1978	Normas para Preservadores de Sales Hidrosolubles.
AWPA P8- 1977	Normas para Preservadores a Base de Aceites

III. 3 D E F I N I C I O N E S .

Poste Crudo.- Poste de madera sin impregnar.

Poste Tratado.- Poste de madera impregnado con una solución preservadora

Sazonamiento .- Secado de la madera por medios naturales o artificiales.

Poste Desbastado.- Pieza de madera nivelada y rebajada, acabada a una medida desanda.

Duramen.- Porción central de los árboles en pie, sin células de parénquima vivas, cuyas sustancias de reserva fueron consumidas o transformadas en otras (extractivos).

Albura.- Madera tierna y blanquecina entre la corteza y el corazón de los árboles en pie que contiene células vivas de parénquima y materiales de reserva, generalmente de coloración más clara y de menor resistencia a los agentes biológicos que el duramen.

Creosota.-Fracción obtenida por destilación de la hulla.

Pentaclorofenol.- Producto químico constituido por un radical de penta y cinco cloros, que consiste de una mezcla de fenoles clorados.

Sales Hidrosolubles.- Combinación de elementos: cromo, cobre y arsénico

Celdilla Llena.- Proceso de impregnación conocido como células llenas de la estructura de la madera.

Celdilla Vacía.- Proceso de impregnación conocido como células vacías de la estructura de la madera.

III. 4. CLASIFICACION.

Por el Tratamiento. - Los postes de madera se clasifican por el tratamiento a que se someten en:

- a) Postes de madera con creosota
- b) Postes de madera con pentaclorofenol
- c) Postes de madera con sales hidrosolubles.

Por la carga de Ruptura.- De acuerdo con su carga de ruptura los postes de madera de pino nacional tendrán la siguiente clasificación:

CLASE	CARGA DE RUPTURA	
	N	(kgf)
3	13194.0	(1344.95)
4	11183.4	(1140.00)
5	10693.0	(1090.01)

Estos valores mostrados en la tabla anterior fueron obtenidos mediante pruebas que se realizaron en el Laboratorio de C.F.E. y que de acuerdo a la clasificación anterior, estos caen dentro de las clases 3,4,5 que antes se manejaban; por lo que para las mismas tendremos ahora nuevos datos arriba antes mencionados.

III. 5.- ESPECIFICACIONES PARA LA MATERIA PRIMA

III. 5.1 P r o c e d e n c i a .

Los postes deben proceder de árbol vivo especie pino con una resistencia de fibra no menor de 41.7 kPa (425 kfg/cm²).

III. 5.2 A s e r r a m i e n t o .

Deben ser aserrados en la base en un plano perpendicular al eje del poste y en la punta llevar bisel doble con un ángulo de 45° como se puede ver en la figura # 1.

III. 5.3 D e s c o r t e z a m i e n t o .

Las cortezas exterior e interior deben ser totalmente removidas de la superficie del poste, usando tornos o máquinas descortezadoras.

III. 5.4. A c a b a d o .

Los postes deben tornearse hasta presentar una superficie lisa, eliminando de esta forma la cutícula y que no sobresalgan nudos mayores 2 cm.

III. 5.5. P e r f o r a c i o n e s .

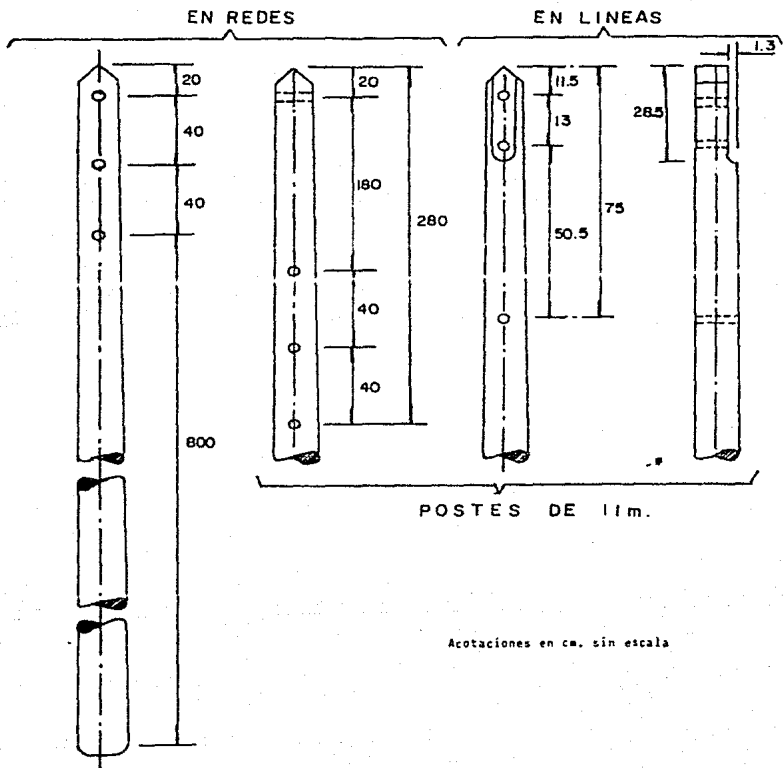
Todos los postes deben ser perforados antes del tratamiento de impregnación con perforaciones de 17 mm. La fig. # 1 muestra las perforaciones para postes de 9 y 11 m.

III. 5.6 D e s b a s t e s .

Los postes deben ser desbastados antes del tratamiento de impregnación, la fig. # 1 muestra los desbastes para el caso de postes de 9 y 11 m.

III. 5.7. D i m e n s i o n e s .

a). Longitud.- La longitud de los postes debe medirse entre los extremos del poste y sus valores nominales se indican en la tabla # 1, con una tolerancia de \pm 10 cm.



POSTES DE MADERA

Fig. 1. Aserramiento, perforaciones y desvastes en los postes de madera. 24

DIMENSIONES DE POSTES.

CLASE	1	2	3	4	5	6					
CARGA DE RUPTURA (kgf)	19600 (2000)	16700 (1700)	12700 (1300)	10800 (1100)	8800 (900)	6900 (700)					
PERIMETRO MINIMO DE LA CIRCUNFERENCIA EN LA PUNTA	68	63	57	51	47	43					
LONGITUD DEL POSTE (M).	PERIMETRO DE LA CIRCUNFERENCIA A 1.80m DE LA BASE (cm)										
	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
7.00	92	87	91	80	86	76	79	71	75	65	70
8.00	97	92	96	84	91	80	83	74	82	68	81
9.00	102	96	101	88	95	83	87	78	82	72	77
10.00	106	100	105	95	99	87	91	81	86	75	80
11.00	110	104	109	95	103	90	94	84	89	77	83
12.00	114	103	113	99	107	93	98	90	92	80	89
14.00	120	114	119	104	113	99	103	92	98	85	91
15.00	117	123	107	116	101	106	94	100	97	87	93
17.00	129	122	128	112	121	106	111	99	105	91	98
18.00	132	125	131	114	124	108	113				
20.00	137	130	136	118	129	112	117				
21.00	139	132	138								
23.00	143										

DIMENSIONES DE POSTES.

CLASE	1	2	3	4	5	6					
CARGA DE RUPTURA (kg)	19600 (2000)	12700 (1700)	12700 (1300)	10800 (1100)	8800 (900)	6900 (700)					
PERIMETRO MÍNIMO DE LA CIRCUNFERENCIA EN LA PUNTA	68	63	57	51	47	43					
LONGITUD DEL POSTE (M).	PERIMETRO DE LA CIRCUNFERENCIA A 1.80m DE LA BASE (cm)										
	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
7.00	92	87	91	80	86	76	79	71	75	65	70
8.00	97	92	96	84	91	80	83	74	82	68	81
9.00	102	96	101	88	95	83	87	78	82	72	77
10.00	106	100	105	95	99	87	91	81	86	75	80
11.00	110	104	109	95	103	90	94	84	89	77	83
12.00	114	108	113	99	107	93	98	90	92	80	89
14.00	120	114	119	104	113	99	103	92	98	85	91
15.00	117	123	107	116	101	106	94	100	97	87	93
17.00	129	122	128	112	121	106	111	99	105	91	98
18.00	132	125	131	114	124	108	113				
20.00	137	130	136	118	129	112	117				
21.00	139	132	138								
23.00	143										

TABLA. # 1

- b) Perímetro.- El perímetro inferior se medirá al 10% de la longitud del poste + 50 cm (medidas de prueba) y en la punta en el lugar correspondiente a la longitud mínima permitida en el poste. Los perímetros superiores deben corresponder a los valores indicados en la tabla #1; y los inferiores pueden caer dentro de los límites mínimo y máximo marcados en la tabla # 1, para cada clase correspondiente.
- c) Volumen.- Los postes de madera deben satisfacer los valores indicados en la tabla # 2 de acuerdo a su longitud y clase.

III. 5.8. S a z o n a m i e n t o .

La madera debe estar sazonada al aire o por medios artificiales (secado en estufa, vapor o ambos). El proveedor debe controlar el sazonamiento indicando los que estén en condiciones de ser impregnados.

III. 6 T r a t a m i e n t o s .

- a) Con Creosota.- Cuando se use este tratamiento se debe cumplir con las características físicas y químicas indicadas en la tabla # 3, así como lo indicado en la norma AWWA P2.
Los procesos que deben seguirse son los de celdilla vacía -- (Lowry).
- b) Con Pentaclorofenol.- Para tratamiento con Pentaclorofenol se debe cumplir con las características físicas y químicas indicadas en la tabla #4, así como lo indicado en la norma AWWA P8.
Los procesos que deben seguirse son los de celdilla -- vacía (Rueping).

c). Con Sales Hidrosolubles. Con este tratamiento deben usarse las A.C.A. (amoniaco, cobre, arsénico) o C.C.A. (cobre, cromo, arsénico) con las características y composición dadas en la norma AWWA P5. Los procesos que deben seguirse para el tratamiento son los de ebullición plena (Bethell) en una auto-clave, controlando rigurosamente las características de la solución impregnante así como los factores de: temperatura - vacío, tiempo de proceso. Para este tratamiento - la retención mínima de la solución impregnante debe ser de 9.6 kg/m^3

VOLUMEN DE POSTES DE MADERA.

VOLUMEN EN METROS CUBICOS (m ³)						
CLASE	1	2	3	4	5	6
CARGA DE RUPTURA LONGITUD DEL POSTE (m) N(Mg)	19600 (2000)	16700 (1700)	12800 (1300)	10800 (1100)	8800 (900)	6900 (700)
7.00	0.426	0.363	0.310	0.266	0.234	0.213
8.00	0.496	0.444	0.379	0.322	0.281	0.240
9.00	0.602	0.523	0.445	0.377	0.331	0.290
10.00	0.677	0.607	0.519	0.441	0.384	0.328
11.00	0.732	0.698	0.594	0.503	0.488	0.375
12.00	0.894	0.794	0.678	0.572	0.510	0.437
14.00	1.090	0.912	0.840	0.712	0.623	0.532
15.00	1.216	1.090	0.908	0.785	0.683	0.585
17.00	1.433	1.297	1.118	0.940	0.822	0.702
18.00	1.578	1.418	1.204	1.017		
20.00	1.800	1.645	1.399	1.179		
21.00	1.945	1.756				
23.00	2.203					

TABLA # 2

CARACTERISTICAS DE CREOSOTA.

C A R A C T E R I S T I C A S	V A L O R E S	
	M A X I M O	M I N I M O
GRAVEDAD ESPECIFICA DE 38°C COMPARADA CON AGUA A 15.5°C	—	1.03
POR CIENTO EN VOLUMEN	3.0	—
MATERIA INSOLUBLE EN BENZOI (por ciento en peso).	0.5	—
RETENCION EN Kg/cm ³	—	1.60
RESIDUO COKE (por ciento en peso)	2.0	—
DESTILACION (creosota libre de agua) PRODUCTO OBTENIDO HASTA LA TEMPERATURA : (por ciento en peso).		
210° C	5.0	
235° C	25.0	5.0
270° C		20.0
375° C	85	60
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS FRACCIONES:		
FRACCION DE 235°C HASTA 315°C COMPARADA CON AGUA A 15.5°C	—	1.025
FRACCION DE 315°C HASTA 365°C COMPARADA CON AGUA A 15.5°C	—	1.085

T A B L A # 3

CARACTERISTICAS DEL PENTACLOROFENOL .

C A R A C T E R I S T I C A S	V A L O R E S	
	M A X I M O	M I N I M O
FENOLES CLORADOS (%).	—	95
MATERIA INSOLUBLE EN SOLUCION NORMAL DE NaOH en % .	1	—
PUNTO DE CONGELACION °C	—	174
SOLVENTE PARA EL PENTACLOROFENOL (impregnante N° 1 Pemex) SIGUIENTES REQUISITOS:		
GRAVEDAD ESPECIFICA A 60/16° C	—	0.900
AGUA Y SEDIMENTO EN %	0.1	—
TEMPERATURA DE INFLAMACION °C	—	80
RETENCION EN Kg/m ³	—	160
VOLUMEN TOTAL DE LAS FRACCIONES QUE DESTILAN ABAJO DE 260°C EN %	—	50
VISCOSIDAD SEGUNDOS UNIVERSAL A 98.9° C	60	—
COLOR UNION	3.5	—
SOLVENCIA PARA EL PENTACLOROFENOL EN %	—	10.0
MEZCLA IMPREGNANTE N° 1 IMPREGNOL EN %	25.75	—
PENTACLOROFENOL EN LA MEZCLA %	5	—

T A B L A # 4

CARACTERISTICAS DEL POSTE PINO NACIONAL

DESCRIPCION C O R T A	LONGITUD m.	CLASE	CLAVE / TRATAMIENTO.		
			CREOSOTA	PENTACLOROFENOL	SALFOSOLUBLES
PM - 7 - 3	7.00	3	J62DGC2240	J62DCC3220	J62DGC4280
PM - 8 - 5	8.00	5	J62ECC2240	J62ECC 3240	J62ECC4280
PM - 9 - 5	9.00	5	J62GCC2240	J62GC3240	J62GCC 4280
PM - 10 - 5	10.00	5	J62HCC2240	J62HCC3240	J62HCC 4280
PM - 10 - 4	10.00	4	J62HEC2240	J62HEC3240	J62HEC 3240
PM - 11 - 5	11.00	5	J62JCC 2240	J62JCC3240	J62JCC 4280
PM - 11 - 4	11.00	4	J62JEC 2240	J62JEC 3240	J62JEC 4280
PM - 11 - 3	11.00	3	J62JGC 2240	J62JGC 3240	J62JGC 4280
PM - 12 - 4	12.00	4	J62MEC 2240	J62MEC 3240	J62MEC 4280
PM - 12 - 3	12.00	3	J63MGC2240	J62MGC 3240	J62MGC 4280
PM - 14 - 4	14.00	4	J62PEC 2240	J62PEC 3240	J62PEC 4280
PM - 14 - 3	14.00	3	J62PGC2240	J62PGC 3240	J62PGC 4280
PM - 15 - 4	15.00	4	J62REC 2240	J62REC 3240	J62REC 4280
PM - 15 - 3	15.00	3	J62RGC 2240	J62RGC 3240	J62RGC 4280
PM - 15 - 2	15.00	2	J62RHC 2240	J62RHC 3240	J62RHC 4280
PM - 17 - 4	17.00	4	J62TFC 2240	J62TFC 3240	J62TFC 4280
PM - 17 - 3	17.00	3	J62TGC 2240	J62TGC 3240	J62TGC 4280
PM - 18 - 3	18.00	3	J62UGC 2240	J62UGC 3240	J62UGC 4280
PM - 18 - 2	18.00	2	J62UHC 2240	J62UHC 3240	J62UHC 4280
PM - 20 - 2	20.00	2	J62VHC 2240	J62VHC 3240	J62VHC 4280
PM - 21 - 2	21.00	2	J62WHC 2240	J62WHC 3240	J62WHC 4280
PM - 23 - 1	23.00	1	J625JC 2240	J625JC 3240	J625JC 4270

TABLA # 5

III. 7 Designación.

En la tabla # 5 se enlistan los postes que se utilizan en C.F.E con su descripción y clave correspondiente.

III. 8 Clasificación de Defectos.

III. 8.1. Defectos Críticos.

- 1 Quiebres o grietas transversales a la fibra de la madera
- 2 Orificios huecos o tapados.
- 3 Bases o puntas huecas
- 4 Destrucción por barrenillo marino
- 5 Cuarteaduras o grietas longitudinales en la punta
- 6 Degeneración o desintegración de la madera.
- 7 Clavos o tornillos que no estén especificados por el comprador
- 8 Orificios de pájaros.

III. 8.2. Defectos mayores y menores.

- Vetas en espiral.-** Una sola veta en espiral (alrededor del eje del poste), -- siempre y cuando la vuelta completa esté comprendida en un tramo mayor de 5m.
- Grietas radiales.-** Grietas radiales que procedan de la base del poste, siempre y cuando estas grietas se extiendan en una longitud menor de 60 cm. a lo largo del poste.
- Grietas Circulares.-** Grietas circulares en la base del poste siempre y cuando estas grietas abarquen un arco menor de 90° asimismo, las que se extiendan en un arco mayor de 90° siempre y cuando estas grietas sean concéntricas al corazón y tengan aproximadamente un diámetro menor que la mitad del diámetro de la base del poste. Grietas circulares en la punta del poste, siempre y cuando estas grietas tengan una anchura menor de 2mm. y de un diámetro menor que la mitad del diámetro de la punta.

Destrucción por insectos.— Daños causados por insectos siempre y cuando las -- huellas dejadas sean superficiales y tengan una anchura menor de 2 mm.

Cicatrices.— Cicatrices y huellas sanas de trementina cepilladas fuera de la -- sección comprendida medio metro arriba y abajo de la línea de tierra, entendiéndose como línea de tierra a la referencia que sirve para aplicar las especificaciones relativas a cicatrices combaduras, etc., y que sitúan la región de empotramiento --- cuando el poste es montado.

Venas muertas.— Venas muertas cuya anchura mayor abarque un arco menor de 90". Se conocen con este nombre a las concavidades laterales que -- partiendo de la base se extienden a lo largo del poste en forma de canal, estrechándose progresivamente.

Madera Comprimida.— Siempre y cuando ésta no aparezca en 3 cm. de espesor a lo largo de la superficie del poste. Esta es la madera anormal -- que se forma en las partes inferiores de las ramas o en los -- troncos inclinados y se caracteriza por la presencia de ani--- llos anuales de crecimiento relativamente anchos y excéntricos.

Base Defectuosa.—Defectos en las bases de los postes cuando la huella sea menor de 10% del área de la base.

Manchas de savia.—Manchas de savia o decoloramiento de la madera, siempre y --- cuando éstas no hayan producido reblandecimiento o desintegración de la madera.

Corazón Rojo.— Postes con corazón rojo, siempre y cuando éste no haya producido reblandecimiento o desintegración de la madera.

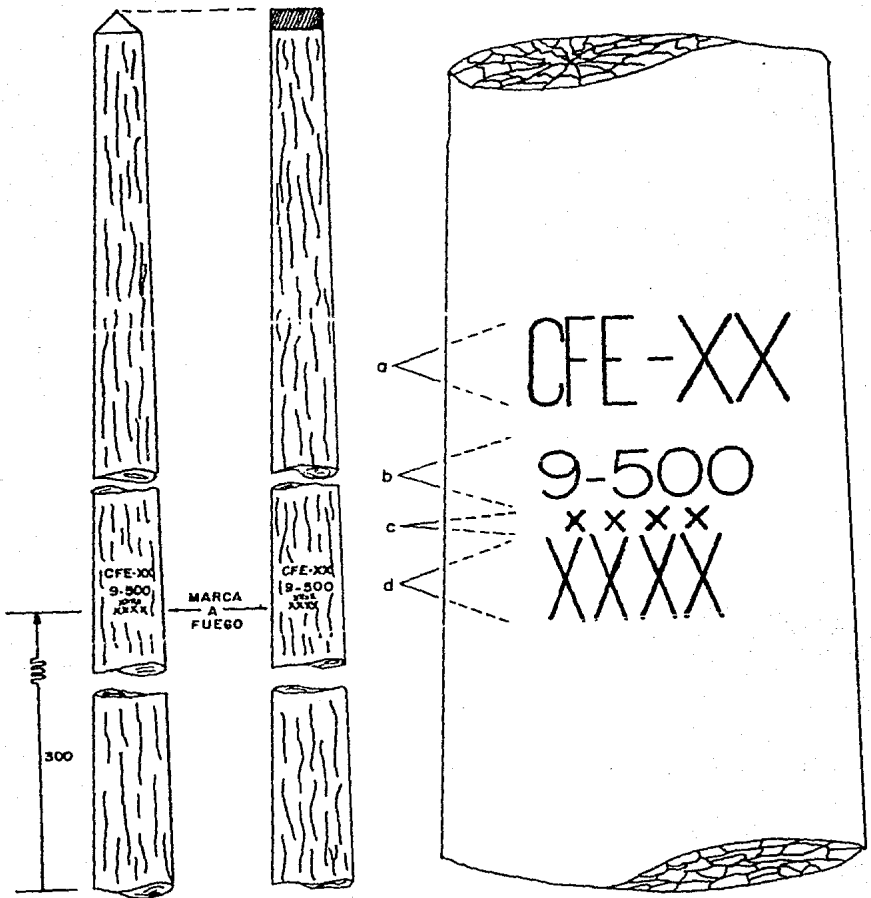
Centro de Médula Hueca.— Centros de médula hueca en la base y en los nudos siempre y cuando los postes en cuestión vayan a recibir un trata-- miento integral.

Nudos.- Nudos bajo las siguientes condiciones:

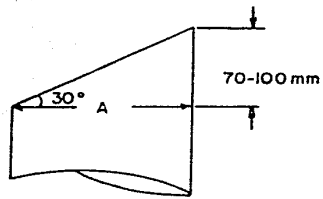
- menores de 8 cm. de diámetro.
- que la suma de los diámetros de los nudos que existan en una sección de medio metro de longitud, sea menor de 25 cm. Para esta última condición no se toman en cuenta aquellos nudos - cuyo diámetro sea menor de 1 cm.

Nudos muertos.- Nudos muertos, siempre y cuando éstos no presenten corazón podrido.

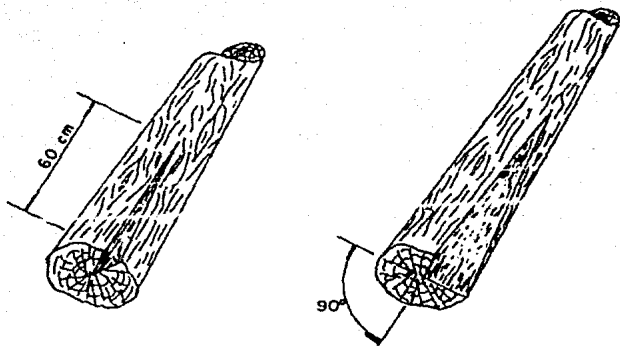
Combaduras.- Combaduras siempre y cuando sean menores a los valores dados en la tabla de: Diferencias a líneas de tierra y combaduras; haciendo la medición conforme a las figuras correspondientes. Si las combaduras son en dos planos (doble curvatura) o en dos direcciones en un plano, la línea recta que une el punto medio de la línea de tierra con el punto medio de la punta debe quedar dentro de la superficie del poste (ver figuras).



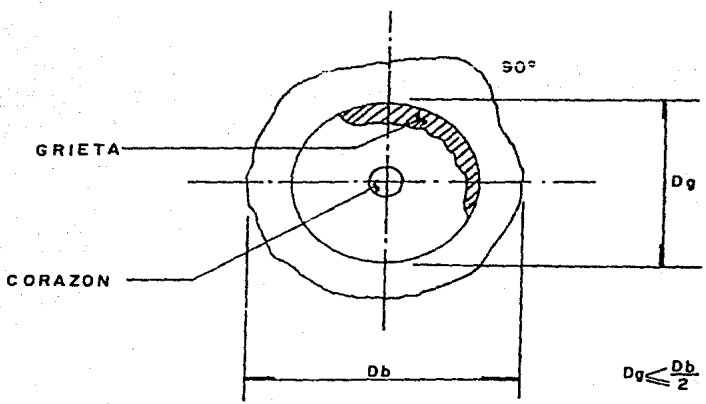
MARCADO



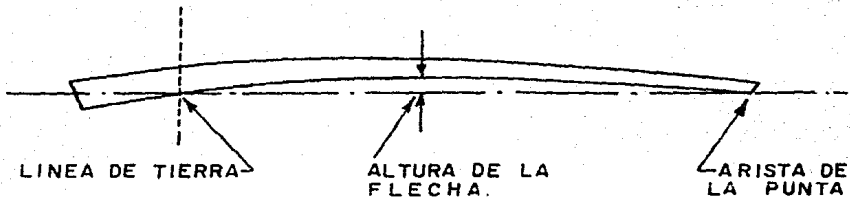
**CORTE EN LA PUNTA
DE LOS POSTES**



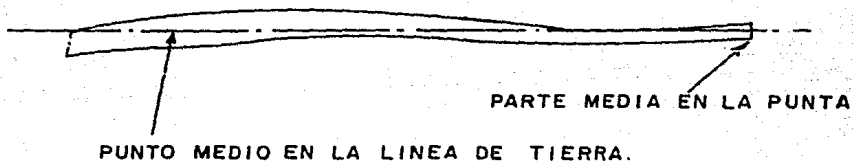
GRIETAS RADIALES Y CIRCULARES



LAMINA DE GRIETAS CIRCULARES



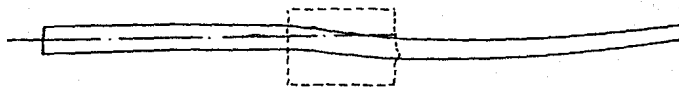
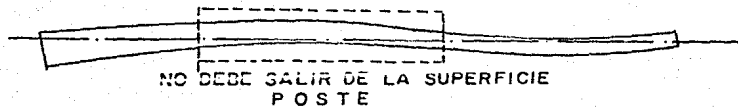
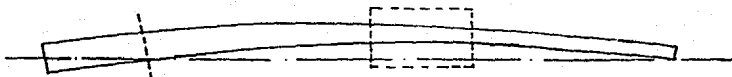
COMBADURA EN UN PLANO.



**COMBADURA DE DOBLE
CURVATURA .**

**DIFERENCIAS A LINEAS DE TIERRA
Y COMBADURAS.**

LONGITUD DEL POSTE en m.	LINEA DE TIERRA en cms.	COMBADURA MAXIMA en cms.
7	1 4 0	8
8	1 6 0	9
9	1 7 0	1 1
1 0	1 7 5	1 2
1 1	1 8 0	1 4
1 2	1 9 0	1 5
1 4	2 0 0	1 8
1 5	2 1 0	1 9
1 7	2 3 0	2 2
1 8	2 4 0	2 3
2 0	2 6 0	2 6
2 1	2 7 0	2 7
2 3	3 0 0	3 0



DEFECTOS EN POSTES.

LIMITES EN TAMAÑOS DE NUDOS

	T AMANOS MAXIMOS PERMITIDOS .			
	DIAMETRO DE CUALQUIER N U D O (P U L G A D A S)	SUMA DE DIAMETRO DE LOS NUDOS MA- YORES QUE 0.5 Pul- gadas EN CUALQUIER SECCION A LO LARGO DE UN PIES (PULGADAS).		
LONGITUD DEL POSTE	CLASES H6 a 3	CLASES 4 a 10	CLASES H6 a H1	CLASES I a 10
HASTA 45 PIES				
EN LA MITAD INFERIOR	3	2	8	8
EN LA MITAD SUPERIOR	5	4		
MAS DE 50 PIES				
EN LA MITAD INFERIOR	4 6	4 6	1/3 DE LA CIRCUNFE- RENCIA EN CUALQUIER SECCION A LO LARGO DE UN PIE O 14 PUL- GADAS, CUALQUIERA QUE SEA MENOR	

C Á P I T U L O I V

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISIC-MECANICAS.

C A P I T U L O I V

IV. 1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICO - MECANICAS.

Los resultados de las pruebas físico-mecánicas que se contemplan en las tablas siguientes fueron obtenidos mediante pruebas que se realizaron en probetas de varios tipos de madera para postes, tanto americana como nacional, bajo normas de la ASTM D-143.

Aunque los resultados fueron bastante satisfactorios para las probetas de madera de pino nacional depende también de la clase, perímetros y alturas de poste que se tengan, para poder diseñar los diferentes tipos de estructuras que se usan en las líneas de distribución, además de tener las características del conductor que se va a usar, considerando para ambos su diseño en condiciones críticas.

Las probetas de pino nacional que se utilizaron son provenientes del Edo. de Durango del Arroyo de Alamitos y Meseta de Alamitos, dadas por la Cía. Impregnadora El Guadiana, de la cual se muestrearon los perímetros de la base del poste (perímetro que se tiene en el empotramiento) y de la punta, de 10 postes por cada altura y clase en estudio.

De dichas probetas se obtuvieron los siguientes resultados: Mayor esfuerzo al límite elástico, mayor esfuerzo a la flexión, la mayor resistencia al corte, mayor resistencia de la tensión y mayor resistencia al desgarre.

Las probetas de madera americana fueron de los siguientes tipos:

- Red Wood
- Pino Ponderosa (americano)
- Douglas - Fir

1v.2 PRUEBA DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
DE PROBETAS DE VARIOS TIPOG DE MADERA PARA POSTES

PROBETA	LADO mm	LADO mm	AREA mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO A LA COMPRESION M Pa
RED WOOD 1	50.25	50.10	2517.525	76518	30.394
PINO PONDEROSA 2	38.35	38.55	1478.392	53955	36.496
DOUGLAS - FIR 3	37.30	36.35	1355.855	59105.25	43.593
PINO REAL O DURANQUERO ARROYO DE ALAMITOS 4	51.50	51.65	2659.975	157941	59.377
MESETA DE ALAMITOS 5	49.87	50.25	2505.967	123606	49.325

LAS PROBETAS DE LA MADERA PINO DURANQUERO DEL ARROYO DE ALAMITOS SON LAS QUE PRESENTAN UNA MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESION

IV.3 PRUEBA DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA
DE PROBETAS PARA VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

PROBETAS	LADO mm	LADO mm	AREA mm ²	CARGA A 2.54 mm DE DEFORMACION N	ESFUERZO A LA COMPRESION N Pa.
RED WOOD 1	50.00	50.8	2540	22808.25	8.980
PINO PONDEROSA 1	38.30	50.8	1945.64	21074.40	11.294
DOUGLAS - FIR 1	36.95	50.8	1877.06	23936.40	12.752
PINO REAL O DURANGUENO ARROYO ALAMITOS 1	51.25	50.8	2603.50	22023.45	8.459
MESETA ALAMITOS 1	52.1	50.8	2646.68	20502.9	7.47

LAS PROBETAS DE LA MADERA DOUGLAS - FIR SON LAS QUE PRESENTAN MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA

iv.4 PRUEBA DE FLEXION

DE PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

CONDICIONES DE PRUEBA:

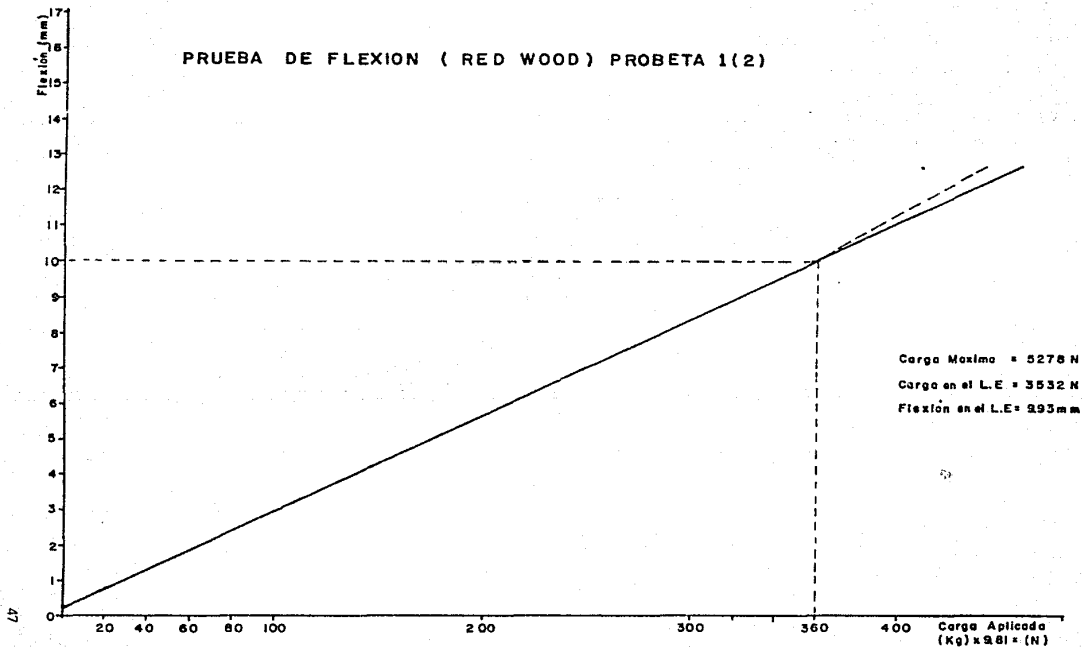
CLARO ENTRE APOYOS = 700 mm
 VELOCIDAD DE LA PRUEBA = 1.5 mm/min
 TEMPERATURA DE CUANTO = 25°C

PROBETA	ANCHO mm	ALTURA mm	CARGA EN EL L. E. N	ESFUERZO EN EL L. E. M Pa	FLEXION EN EL L. E. mm	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO A LA FLEXION M Pa
RED WOOD							
1 (2)	49.8	49.25	3532	30.702	9.93	5278	45.879
PINO PONDEROSA							
2 (1)	38.3	38.55	2649	48.868	12.62	4341	80.081
2 (2)	38.4	37.65	1962	37.847	13.79	3208	61.882
DOUGLAS - FIR							
3 (1)	37.1	38.40	2649	50.843	10.92	3581	68.732
3 (2)	36.8	37.60	2551	51.484	10.82	3801	76.712
PINO REAL O DURANGUENO							
ARROYO DE ALAMITOS							
4 (1)	51.6	51.00	N.D.	N.D.	N.D.	11183.4	87.493
4 (2)	51.1	51.55	7848	60.683	7.21	13194.0	102.020
MESETA DE ALAMITOS							
5 (1)	50.3	51.95	8093	35.770	10.8	10693	47.262

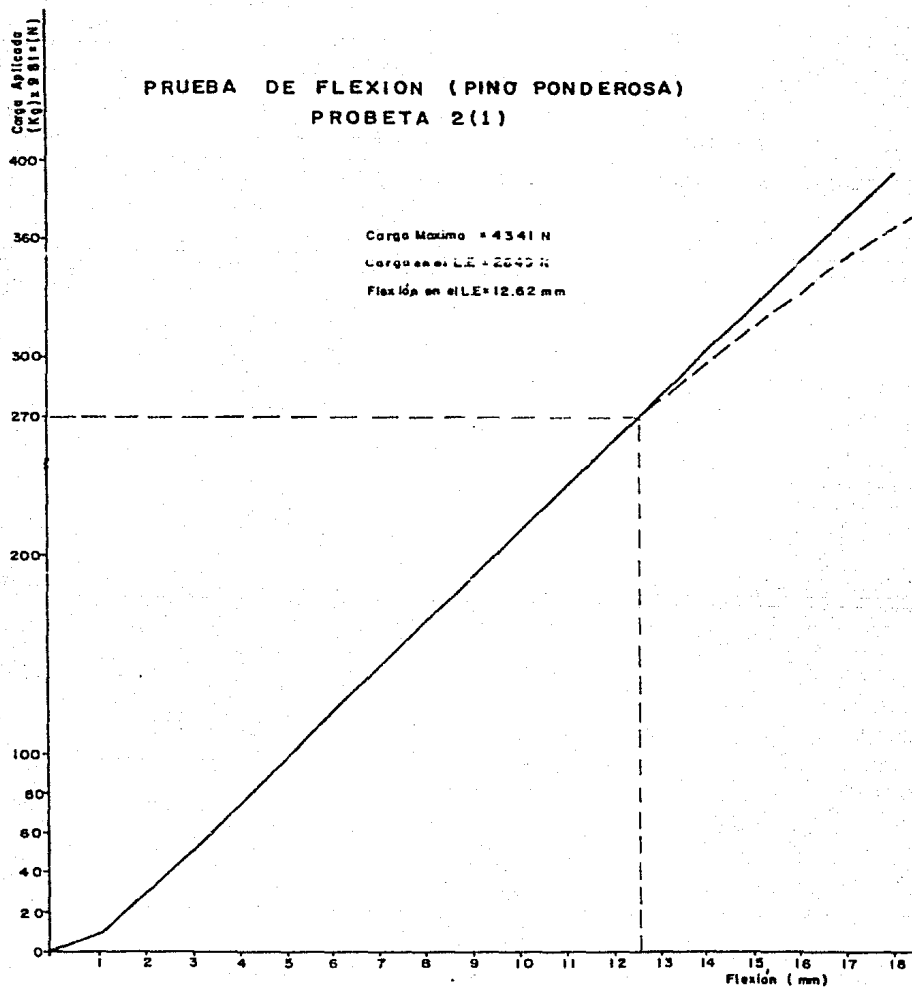
LAS PRUEBAS SE REALIZARON DE ACUERDO CON LA NORMA ASTM D 143

LAS PROBETAS DE LA MADERA PINO REAL O DURANGUENO DEL ARROYO DE ALAMITOS, SON LAS QUE TIENEN EL MAYOR ESFUERZO A LA FLEXION, ASI COMO EL MAYOR ESFUERZO EN EL LIMITE ELASTICO.

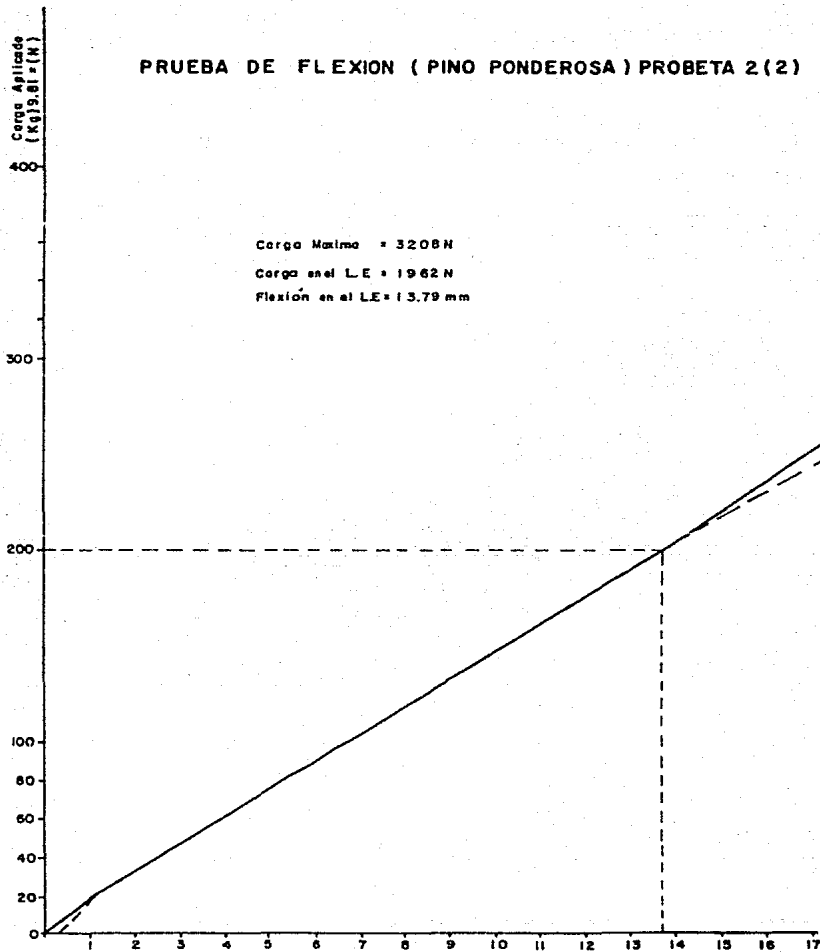
PRUEBA DE FLEXION (RED WOOD) PROBETA 1(2)



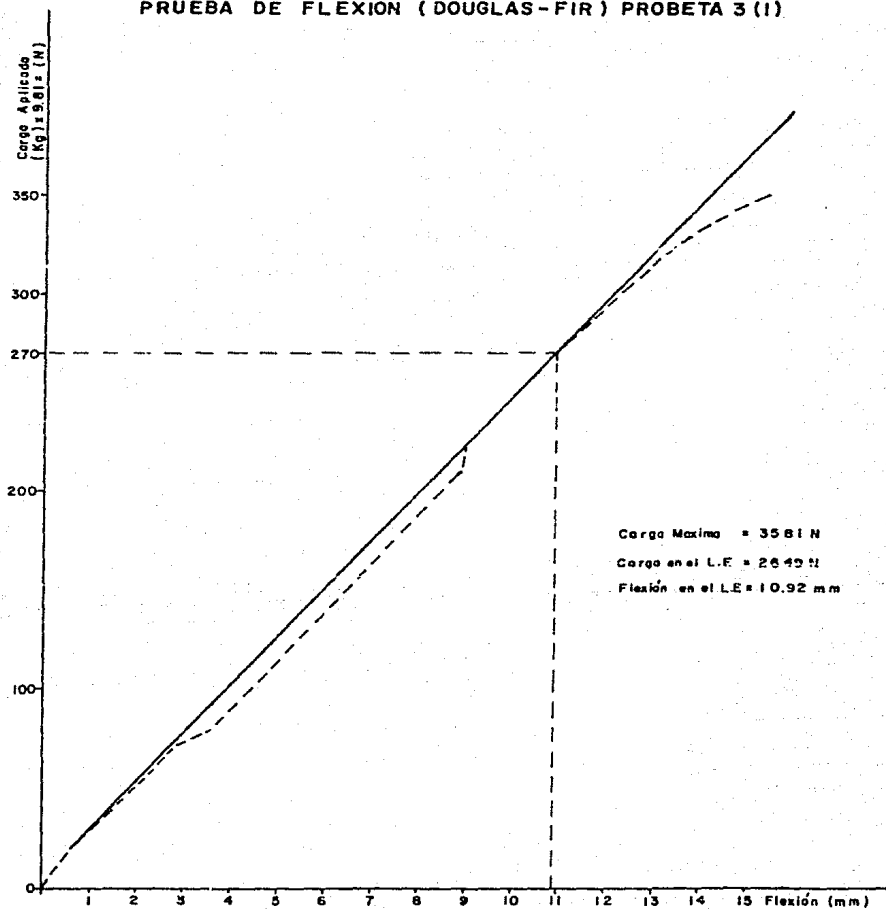
PRUEBA DE FLEXION (PINO PONDEROSA)
PROBETA 2(1)



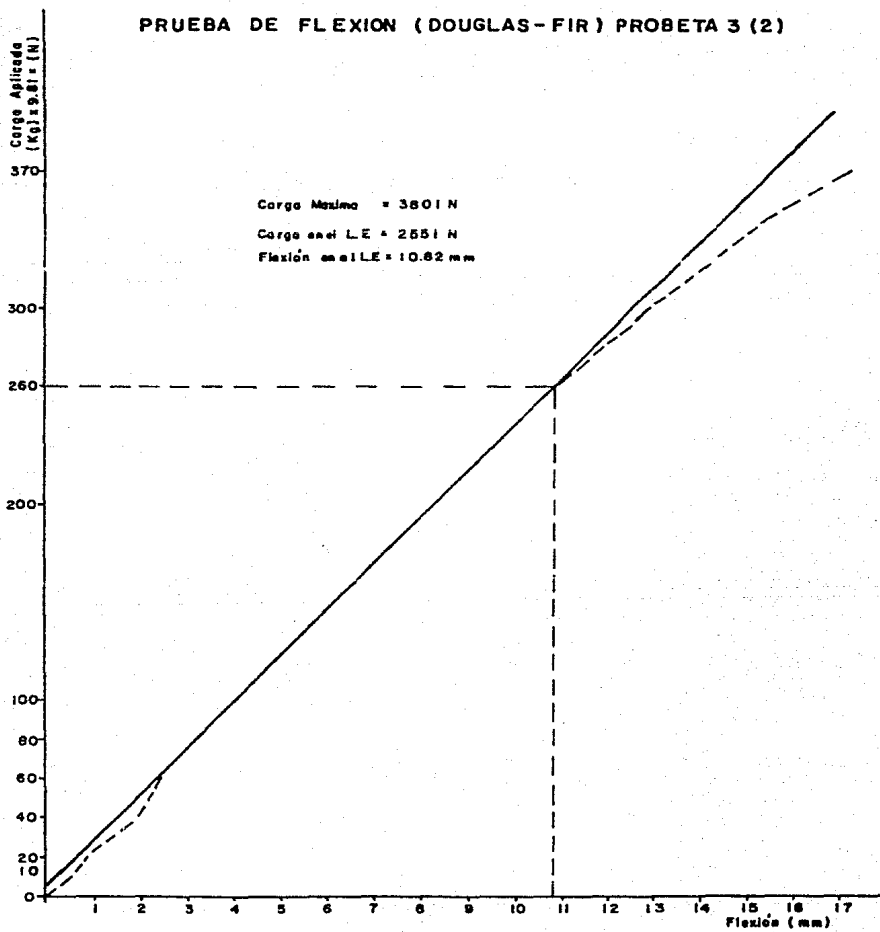
PRUEBA DE FLEXION (PINO PONDEROSA) PROBETA 2 (2)



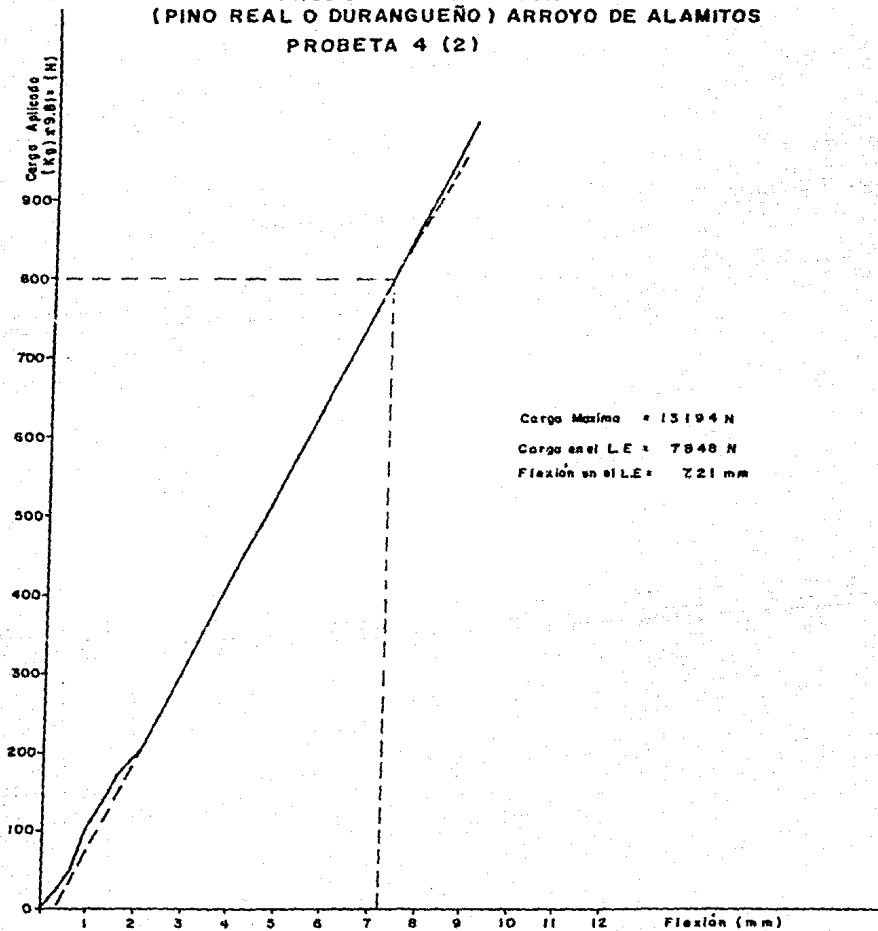
PRUEBA DE FLEXION (DOUGLAS-FIR) PROBETA 3 (I)



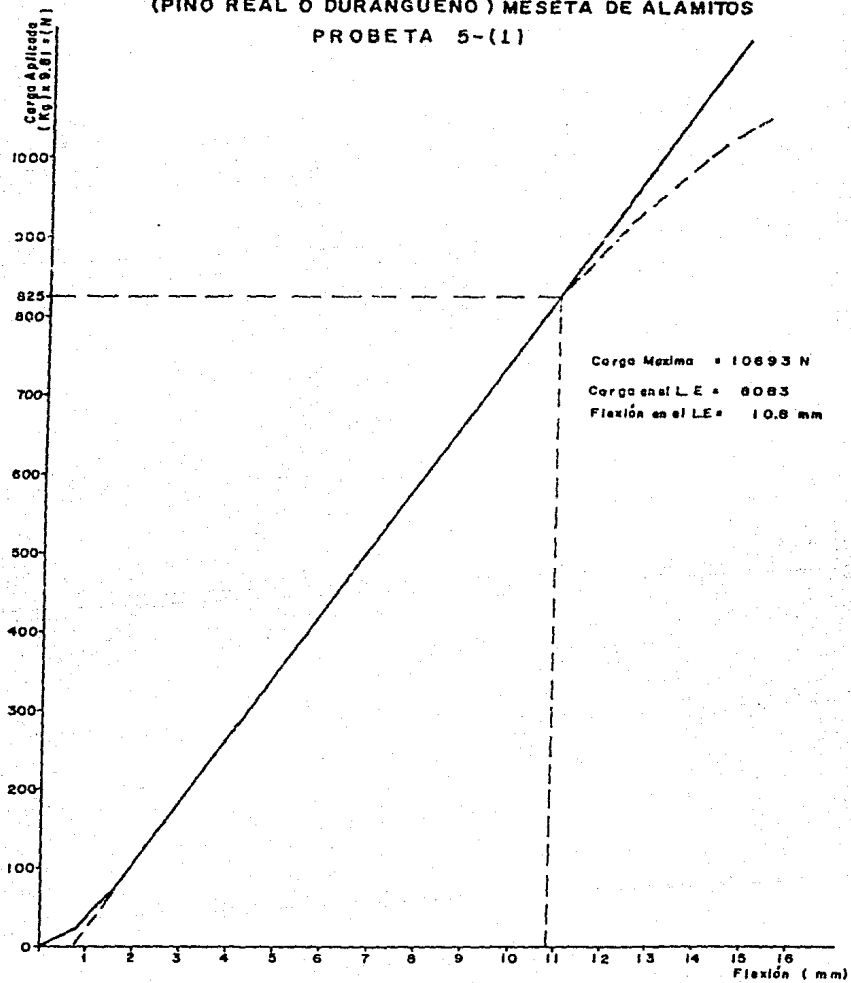
PRUEBA DE FLEXION (DOUGLAS-FIR) PROBETA 3 (2)



PRUEBA DE FLEXION
(PINO REAL O DURANGUÑO) ARROYO DE ALAMITOS
PROBETA 4 (2)



PRUEBA DE FLEXION
(PINO REAL O DURANGUENO) MESETA DE ALAMITOS
PROBETA 5-(1)



IV. 5 PRUEBA DE CORTE PARALELA A LA FIBRA

IV.5.1 DE PROBETAS DE MADERA RED WOOD PARA POSTES EN CONDICIONES INICIALES

PROBETAS	ANCHO mm	ALTURA mm	AREA DE CORTE mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO AL CORTE M Pa.
1	49.95	44.80	2237.76	13635.90	6.093
2	50.25	50.15	2520.04	13586.85	5.391
3	50.00	44.30	2215.00	16677.00	7.529
4	49.65	44.65	2216.87	12949.20	5.841
5	50.50	44.65	2254.82	12507.75	5.547
6	49.90	44.65	2228.03	12802.05	5.746
7	49.50	45.60	2257.20	9810.00	4.346
8	50.00	44.90	2245.00	13390.65	5.965
9	49.45	44.55	2202.99	15009.30	6.813
10	49.50	44.20	2187.90	11772.00	5.380
11	49.60	44.25	2203.65	5640.75	2.559
12	49.65	44.85	2226.80	12262.50	5.507
VALOR PROMEDIO DE ESFUERZO AL CORTE, OBTENIDO					<u>5.560</u>

PRUEBA DE CORTE PARALELA A LA FIBRA

IV. 5.2. DE PROBETAS DE MADERA PINO PONDEROSA PARA POSTES EN CONDICIONES INICIALES

PROBETAS	ANCHO mm	ALTURA mm	AREA DE CORTE mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO AL CORTE M Pa.
1	38.5	42.95	1653.575	11722.95	7.089
2	38.2	43.80	1673.160	6376.5	3.811
3	38.4	43.30	1662.720	5199.3	3.127
4	38.3	43.65	1671.795	6768.90	4.049
5	38.6	44.20	1706.120	5248.35	3.076
6	38.7	43.15	1669.905	4561.65	2.732
7	38.4	43.30	1662.720	5199.30	3.127
8	38.15	44.05	1680.507	8534.70	5.079
9	38.75	43.80	1697.250	6376.50	3.757
10	37.80	43.90	1659.420	5297.40	3.192
11	38.40	43.45	1668.480	9123.30	5.468
12	38.30	43.65	1671.795	5052.15	3.022

VALOR PROMEDIO DE ESFUERZO AL CORTE, OBTENIDO

3.961

PRUEBA DE CORTE PARALELA A LA FIBRA

IV. 5.3. DE PROBETAS DE MADERA DOUGLAS-FIR PARA POSTES EN CONDICIONES INICIALES

PROBETAS	ANCHO mm	ALTURA mm	AREA DE CORTE mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO AL CORTE M Pa.
1	36.75	44.90	1650.075	12262.50	7.431
2	37.00	45.00	1665.000	12507.75	7.512
3	37.00	44.90	1661.300	6376.50	3.838
4	37.00	44.90	1661.300	9466.65	5.698
5	36.80	44.85	1650.480	5101.20	3.091
6	36.85	45.00	1658.250	9810.00	5.916
7	36.80	45.00	1656.000	4905.00	2.962
8	37.00	45.00	1665.000	8976.15	5.391
9	37.00	44.80	1657.600	9810.00	5.918
10	36.60	45.00	1647.000	12262.50	7.445
11	38.00	45.20	1717.600	11036.25	6.425
12	37.00	45.00	1665.000	12654.90	7.600

VALOR PROMEDIO DE ESFUERZO AL CORTE, OBTENIDO

5.769

PRUEBA DE CORTE PARALELA A LA FIBRA

IV. 5.4. DE PROBETAS DE MADERA, PINO DURANGUEÑO ARROYO DE ALAMITOS PARA POSTES EN CONDICIONES INICIALES

PROBETAS	ANCHO mm	ALTURA mm	AREA DE CORTE mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO AL CORTE M Pa.
1	51.20	45.00	2304.000	20110.5	8.728
2	51.25	44.90	2301.125	15941.2	6.927
3	51.10	44.75	2286.725	25751.2	11.261
4	51.50	44.70	2302.050	22366.8	9.716
5	51.55	44.80	2309.440	21091.5	9.133
6	52.25	45.90	2398.275	26830.3	11.187
7	50.00	45.25	2262.500	30411.0	13.441
8	48.85	45.10	2205.135	24525.0	11.132
9	51.70	44.60	2305.820	23838.3	10.338
10	48.65	45.90	2233.035	23053.5	10.324
11	52.00	44.45	2311.400	25996.5	11.247
12	52.25	44.35	2317.267	25260.7	10.901
VALOR PROMEDIO DE ESFUERZO AL CORTE, OBTENIDO					<u>10.361</u>

PRUEBA DE CORTE PARALELA A LA FIBRA

IV.5.5 DE PROBETAS DE MADERA PINO DURANGUENO MESETA DE ALAMITOS PARA POSTES EN
CONDICIONES INICIALES

PROBETAS	ANCHO mm	ALTURA mm	AREA DE CORTE mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO AL CORTE M Pa.
1	51.35	44.35	2277.372	16186.5	7.107
2	51.00	44.80	2284.800	20797.2	9.102
3	50.95	44.70	2277.465	16186.5	7.107
4	50.85	44.20	2247.570	17952.3	7.987
5	51.40	45.20	2323.280	23347.8	10.049
6	51.20	44.80	2293.760	24034.5	10.478
7	44.90	44.35	1991.315	23740.2	11.922
8	50.30	44.65	2245.895	16677.0	7.425
9	43.90	45.00	1975.500	23445.9	11.868
10	51.60	44.70	2306.520	22563.0	9.782
11	50.80	44.40	2255.520	19423.8	8.612
12	50.90	44.25	2252.325	16431.7	7.295
VALOR PROMEDIO DE ESFUERZO AL CORTE, OBTENIDO					<u>9.061</u>

PRUEBA DE TENSION PARALELA A LA FIBRA

IV. 6. DE PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

PROBETA	ANCHO mm	ESPESOR mm	AREA mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO ULTIMO N Pa.
RED WOOD					
1	9.35	4.9	45.815	1569.60	34.259
3	9.65	5.5	53.075	1520.55	28.649
7	9.40	5.5	51.700	1324.35	25.616
VALOR PROMEDIO					<u>29.508</u>
PINO PONDEROSA					
1	8.35	4.8	40.08	2207.25	55.071
3	9.20	4.2	38.64	2011.05	52.046
10	7.00	5.0	35.00	2011.05	57.458
11	9.00	4.8	43.20	2109.15	48.823
VALOR PROMEDIO					<u>53.349</u>
DOUGLAS - FIR					
1	8.3	4.8	39.84	3237.30	81.257
4	7.2	4.1	29.52	1324.35	44.862
5	7.6	4.9	37.20	2158.20	57.954
7	6.45	4.9	31.605	2060.10	65.183
9	8.7	4.7	40.890	2795.85	68.375
VALOR PROMEDIO					<u>63.526</u>

2.

PROBETA	ANCHO mm	ESPESOR mm	AREA mm ²	CARGA MAXIMA N	ESFUERZO ULTIMO N Pa.
PINO REAL O DURANGUENO					
ARROYO DE ALAMITOS					
1	9.8	4.9	48.02	7112.25	148.110
6	8.6	5.2	44.72	5101.20	114.070
10	9.1	5.0	45.50	4905.0	107.802
VALOR PROMEDIO					<u>123.327</u>
MESETA DE ALAMITOS					
2	9.1	5.25	47.77	3335.4	69.815
3	7.1	4.95	35.14	4022.1	114.443
10	9.3	5.0	46.50	3531.6	75.948
11	9.6	5.0	48.00	5395.5	112.406
VALOR PROMEDIO					<u>93.153</u>

LAS PROBETAS DE LA MADERA DE PINO DURANGUENO DEL ARROYO DE ALAMITOS SON LAS QUE PRESENTAN UNA MAYOR RESISTENCIA DE LA TENSION.

PRUEBA DE DUREZA

IV. 7. DE PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

(CARGA REQUERIDA PARA PENETRAR UNA BOLA DE DIAMETRO DE 11.3 mm, LA MITAD DE SU DIAMETRO)

MUESTRA	DUREZA EN CARAS N	DUREZA EN EXTREMOS N
REDWOOD	1545	5322
PINO PONDEROSA	4169	4513
DOUGLAS - FIR	2894	3581
PINO REAL O DURANGUERO		
ARROYO DE ALAMITOS	2906	2943
MESETA DE ALAMITOS	3237	3826

LAS PRUEBAS SE REALIZARON DE ACUERDO A LA NORMA ASTM D 143

LA MUESTRA DE LA MADERA PINO PONDEROSA ES LA QUE TIENE MAYOR DUREZA EN CARAS

LA MUESTRA DE LA MADERA RED WOOD ES LA QUE TIENE MAYOR DUREZA EN EXTREMOS

IV. 8 PRUEBA DE DESGARRE

A PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

CONDICIONES DE PRUEBA

TEMPERATURA = 26°C

VELOCIDAD = 2.25 mm/min

MUESTRA	TIPO DE SUPERFICIE DE DESGAJE	AREA DE DESGARRE ANCHO X LARGO mm X mm	CARGA MAXIMA N	CARGA POR (mm) DE ANCHO N/mm
RED WOOD				
1	R	43.85 X 76.2	539.5	1.25
2	R	50.00 X 76.2	441.4	8.829
3	R	45.9 X 76.2	49.0	1.067
4	R	50.15 X 76.2	490.5	9.781
5	R	44.6 X 76.2	343.5	7.702
6	R	49.25 X 76.2	588.6	11.951
7	R	50.0 X 76.2	686.7	13.734
8	R	44.45 X 76.2	343.35	7.724
9	R	44.65 X 76.2	343.35	7.690
10	R	44.6 X 76.2	343.35	7.698
11	R	50.05 X 76.2	49.0	0.98
12	R	44.25 X 76.2	637.6	14.409
VALOR PROMEDIO				<u>7.734</u>

PRUEBA DE DESGARRE

A PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

CONDICIONES DE PRUEBA

TEMPERATURA = 26°C

VELOCIDAD = 2.25 mm/min

MUESTRA	TIPO DE SUPERFICIE DE DESGAJE	AREA DE DESGARRE ANCHO X LARGO mm X mm	CARGA MAXIMA N	CARGA POR (mm) DE ANCHO N/mm
PINO REAL O DURANGUERO (MESETA DE ALAMITOS)				
1	T	48.3 X 76.2	2109.1	43.667
2	T	51.0 X 76.2	1569.6	30.776
3	T	50.6 X 76.2	1962.0	38.775
4	T	51.0 X 76.2	1471.5	28.843
5	T	51.65 X 76.2	1569.6	30.389
6	T	47.25 X 76.2	931.9	19.723
7	T	50.51 X 76.2	1177.2	23.306
8	T	51.35 X 76.2	1962.0	38.208
9	T	52.0 X 76.2	2158.2	41.504
10	T	51.15 X 76.2	1471.5	28.768
11	T	48.55 X 76.2	1912.9	39.401
12	T	48.3 X 76.2	1962.0	40.621
VALOR PROMEDIO				<u>33.665</u>

LAS PROBETAS DE LAS MADERAS PINO PONDEROSA Y DOUGLAS - FIR NO FUERON PROBADAS POR NO TENER LAS DIMENSIONES REQUERIDAS POR LA NORMA.

DE LAS PROBETAS SOMETIDAS A PRUEBA LAS DE LA MADERA PINO DURANGUERO ARROYO DE ALAMITOS SON LAS QUE PRESENTAN UNA MAYOR RESISTENCIA AL DESGASTE.

PRUEBA DE DESGARRE
A PROBETAS DE VARIOS TIPOS DE MADERA PARA POSTES

CONDICIONES DE PRUEBA

TEMPERATURA = 26°C

VELOCIDAD = 2.25 mm/min

MUESTRA	TIPO DE SUPERFICIE DE DESGAJE	AREA DE DESGARRE ANCHO X LARGO mm X mm	CARGA MAXIMA N	CARGA POR (mm) DE ANCHO N/mm
PINO REAL O DURANGUERO (ARROYO DE ALAMITOS)				
1	T	52.25 X 76.2	2452.5	46.938
2	T	51.25 X 76.2	1324.3	25.840
3	T	51.80 X 76.2	2354.4	45.452
4	T	51.60 X 76.2	2011.0	38.973
5	T	51.30 X 76.2	2109.1	41.113
6	T	50.85 X 76.2	2746.8	54.018
7	T	50.60 X 76.2	1471.5	29.081
8	T	51.55 X 76.2	1520.5	29.496
9	T	51.75 X 76.2	2746.8	53.078
10	T	51.10 X 76.2	1667.7	32.656
11	T	50.85 X 76.2	735.7	14.468
12	T	51.60 X 76.2	2844.9	55.134
VALOR PROMEDIO				<u>38.852</u>

C A P I T U L O V

**ANALISIS DE LAS LIMITACIONES MECANICAS Y ELECTRICAS
PARA POSTES DE MADERA MEXICANA.**

C A P I T U L O V

V.1 Análisis de las limitaciones mecánicas y eléctricas para postes de madera Mexicana.

Para desarrollar el análisis de las limitaciones mecánicas y eléctricas para postes de madera tratada, mencionaremos brevemente en que consiste cada uno de los elementos básicos para este análisis.

Dentro de este cálculo se usarán los tipos de conductores (ligeros) más usados en distribución de CU y ACSR, para un sistema de tres fases, tres hilos y una tensión de 13.2 kv., por ser la tensión con un porcentaje de normalización mayor.

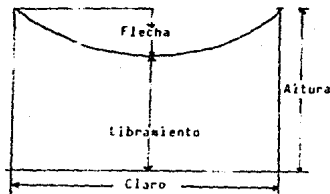
La estructura más representativa dentro del diseño y tendido de líneas, es la estructura tipo "P" (estructura de paso) ya que representa de un 70 a un 80 % de las estructuras usadas para este fin.

Dentro del programa se utilizan los resultados obtenidos durante las pruebas físico-mecánicas (realizadas en el Laboratorio de C.F.E en Irapuato, Gto.) como fueron los de resistencia de la fibra y las tensiones de ruptura correspondientes en cada caso, así como los datos de muestreo de diámetros en la punta y al 10 % de la longitud del poste más 50 cm. (norma de prueba). Supondremos (por facilidad) que estas estructuras van a ser puestas en un terreno plano, ligeramente ondulado, de tipo arcilloso.

El estudio comprende el desarrollo de las fórmulas a utilizar en cada una de las limitaciones, las cuales están analizadas independientemente. El método de cálculo de las tensiones mecánicas de los conductores, se analiza con las condiciones críticas que para cada caso deban de considerarse, obteniéndose las tablas correspondientes para conductores de ACSR y CU.

V. 2 MEMORIA DE CALCULO DE LAS LIMITACIONES DE DISEÑO.

El conductor de una línea, ya sea de distribución o de transmisión, se comporta mecánicamente hablando, como un elemento sometido a tensión y sostenido en sus extremos. Si suponemos que el peso del conductor es uniforme a lo largo de toda su longitud, éste formará una catenaria como se muestra en la figura.



Los parámetros básicos de un tramo de línea de distribución (para nuestro caso), se indican en dicha figura.

En orden de importancia, el primer parámetro por determinar es el "Libramiento", que se fija generalmente por las normas existentes.

Las tres dimensiones restantes: claro, flecha y altura, se determinan por consideraciones económicas sobre el material y calibre óptimos del conductor, por las condiciones máximas de carga y por las estructuras.

Para determinar las tensiones iniciales y finales de una línea "X" (de distribución) en estudio, se hace uso del método de la ecuación de cambio de estado. - (Método introducido a C.F.E. por los asesores franceses).

La ecuación de este método establece que a partir de ciertas condiciones dadas, es posible obtener el comportamiento de los parámetros de la línea (de distribución) para condiciones diferentes de las anteriores. Dicha ecuación corresponde a una ecuación de tercer grado de la forma:

$$X^3 - PX^2 - Q = 0.$$

Su solución puede obtenerse por 2 métodos: por el método de Cardan y por el método iterativo de Newton.

V. 2.1 TENSIONES INICIALES.

El módulo de elasticidad de un cable nuevo (módulo de elasticidad inicial) es diferente del módulo que tendrá cuando haya sido tendido, al esfuerzo correspondiente, a la tensión máxima. Para la construcción, se deberán calcular las tensiones de los conductores con el módulo de elasticidad inicial, a partir de la tensión máxima en el conductor con módulo de elasticidad final.

Las características que se supondrán para el tendido de conductores ACSR (condiciones iniciales) serán las siguientes:

No.	Tensión del Conductor Kg.	Temperatura °C	Presión de Viento kg/m ²	Módulo de Elasticidad
1	20% TR	16	0	Final
2	25% TR	0	0	Final
3	33% TR	0	0	Inicial
4	45% TR	-10	39	Final.

V. 2.2 TENSIONES FINALES

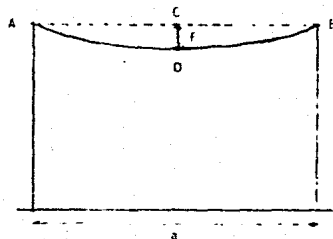
Las tensiones finales de los conductores se calcularán a partir del módulo de elasticidad final, en función de los claros regla, de la temperatura y presión de viento que se consideren.

A continuación se indicarán las variaciones de temperatura y presión de viento que deberán tomarse en cuenta en la determinación de cada una de las limitaciones necesarias para el diseño de las estructuras tipo.

- 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 así como para calcular las deflexiones máximas permisibles en las estructuras tipo.

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

V.2.3. DEDUCCION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO



Representación de una catenaria entre dos apoyos

La longitud L de la curva ADB de la figura se deduce de cálculos bastante laboriosos de los cuales sólo se dan los resultados:

$$L = a \left(1 + \frac{8f^2}{3a^2} - \frac{32f^4}{5a^4} + \dots \right) \quad (1)$$

Tomando los dos primeros términos del segundo miembro de la ecuación (1), tenemos:

$$L = a + \frac{8f^2}{3a} \quad (2)$$

La relación entre la longitud L del conductor y el claro a se expresa por:

$$\frac{L}{a} = 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{a} \right)^2 \quad (3)$$

Esta relación puede calcularse, como la relación Sa/S simplemente conociendo la flecha y el claro del conductor.

Las relaciones mencionadas bastan para establecer la ecuación de cambio de estado.

En la ecuación de cambio de estado de un conductor tendido entre dos puntos, designaremos α para el coeficiente de dilatación del metal del conductor. Bajo la influencia de un cambio de temperatura ($t_f - t_i$) de un conductor que tiene una longitud L a la temperatura t_i , resulta a la temperatura t_f una longitud igual, por definición, a $[L + L \alpha (t_f - t_i)]$. Pero como el conductor está fijo en sus dos extremos, su alargamiento modificará simplemente la tensión S la cual formará el valor S' .

Designemos por E el módulo de elasticidad del metal del conductor bajo la influencia simultánea de la variación de tensión ($S' - S$), y la longitud del conductor sufrirá una variación igual a:

$$\Delta L = \frac{(S' - S)}{E} L$$

Resulta entonces que la variación de longitud ($L' - L$) del conductor bajo la influencia simultánea de la variación de temperatura ($t_f - t_i$) y de la tensión ($S' - S$), tiene por expresión:

$$L' - L = L \alpha (t_f - t_i) + L \frac{(S' - S)}{E} \quad (4)$$

Por otro lado, la variación de longitud ($L' - L$) puede expresarse de otra forma partiendo de la ecuación (2) y teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$S = \frac{w a^2}{8f}$$

$$L = a \left(1 + \frac{a^2 w^2}{24 S^2} \right) \quad (2')$$

de donde:

$$L' - L = \frac{a^3}{24} \left(\frac{w'^2}{S'^2} - \frac{w^2}{S^2} \right) \quad (5)$$

Siendo w' el peso específico ficticio para el 2o. estado.

Igualando los segundos miembros de las expresiones (4) y (5) se obtiene:

$$L \alpha (t_f - t_i) + L \frac{(S' - S)}{E} = \frac{a^3}{24} \left(\frac{w'^2}{S'^2} - \frac{w^2}{S^2} \right) \quad (6)$$

Si se iguala ahora la longitud L con el claro (a) se puede dividir los 2 términos de (6) por (L') o bien por (a); entonces se tiene:

$$\alpha(t_f - t_i) + \left(\frac{S' - S}{E} \right) = \frac{a^2}{24} \left(\frac{w^2}{S'^2} - \frac{w^2}{S^2} \right) \quad (7)$$

que es la ecuación general de cambio de estado.

Se le puede dar una forma más general, designando por (m) un coeficiente definido como la relación del peso ficticio al peso real del conductor en el estado - (t_i) y (S) por (m') el mismo coeficiente en el estado (t_f) y (S'); se obtiene entonces:

$$\alpha(t_i - t_f) = \frac{a^2 w^2}{24} \left(\frac{m^2}{S^2} - \frac{m'^2}{S'^2} \right) = \frac{S - S'}{E} \quad (8)$$

La ecuación se puede escribir también como:

$$S'^3 + S'^2 \left(E \frac{w^2 a^2 m^2}{24 S^2} + E \alpha(t_f - t_i) - S \right) = E \frac{w^2 m'^2 a^2}{24}$$

O bien:

$$S'^2 \left(S' + \frac{w^2 E m^2 a^2}{24 S^2} + E \alpha (t_f - t_i) - S \right) = \frac{w^2 E m^2 a^2}{24}$$

Que es la forma conocida y utilizada en los diferentes departamentos de C.F.E.

Haciendo:

$$\frac{w^2 E}{24} = K \quad \text{y} \quad E \alpha = K'$$

Reduciéndose a :

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

En donde:

W Peso específico del conductor (kg/m/mm²)

E Módulo de elasticidad final (kg/mm²)

α Coeficiente de dilatación lineal (1 / °C)

En el estado inicial

}	S	Esfuerzo inicial sobre el conductor (kg./mm ²)
	T _i	Temperatura inicial (°C)
	m	Coefficiente de sobre carga inicial

En el estado buscado

}	S'	Esfuerzo final sobre el conductor (kg./mm ²)
	T _f	Temperatura final (°C)
	m'	Coefficiente de sobre carga final

a Claro regla (m)

coeficiente de sobre carga

$$m = \sqrt{\frac{\text{Inicial}}{w^2}} = \sqrt{\frac{w_h^2 + C_v^2}{w^2}}$$

$$m' = \sqrt{\frac{\text{Final}}{w^2}} = \sqrt{\frac{w'_h{}^2 + C'_v{}^2}{w^2}}$$

En 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.)

En la hipótesis sin viento el coeficiente de sobrecarga es igual a 1.

En los cálculos que se anexan, los datos para el estado inicial, corresponden a una tensión constante en función del claro regla, a la temperatura media sin viento nunca en la base del cálculo (Estado Inicial) se puede tomar cualquier hipótesis de las indicadas en un principio.

Ejemplo de Cálculo.

Determinación de la tensión final de un conductor de ACSR de una línea de distribución para las condiciones finales de 50°C de temperatura, sin presión de viento y con módulo de elasticidad final.

Desarrollo:

A.- Características del Conductor.

Tipo de Cable	Raven
Calibre	1/0 AWG
Sección	62.459 mm ²
Diámetro	10.109 mm
Peso por Unidad de Long	0.21679 kg/m.
Peso Específico	0.00346 kg/cm ³
Módulo de Elasticidad Final	8 000 kg/mm ²
Coefficiente de Dilatación Final	19.2 x 10 ⁻⁶ x 1/°C
Carga de Ruptura	1941.408 kg.
Claro Regla	150 m.

B.- Hipótesis de Cálculo

Condiciones Iniciales:

Temperatura	16°C
Tensión de tendido	22 % Tensión de Ruptura
Presión de Viento	Cero
Módulo de Elasticidad	Final
Claro Regla	150 m.
Carga de Hielo	Cero

Condiciones Finales:

Temperatura	50°C
Tensión	Valor por conocer
Presión de Viento	Cero
Módulo de Elasticidad	Final
Claro Regla	150 m.
Carga de Hielo	Cero

C.- Cálculo de la Tensión.

La tensión se calculará a partir de la ecuación de cambio de estado. Los coeficientes de sobrecarga así como los valores de K y K' se calculan con las fórmulas correspondientes.

Sustituyendo valores se tiene:

$$K = 0.00399 \text{ kg}^3 / \text{cm}^6 \text{ mm}^2 \text{ Ver tabla del apéndice}$$

$$K' = 0.1536 \text{ kg/mm}^2 \text{ °C (del apéndice)}$$

$$m = \sqrt{\frac{(0.21679)^2 + (0)^2}{(0.21679)^2}} = 1$$

$$m' = \sqrt{\frac{(0.21679)^2 + (0)^2}{(0.21679)^2}} = 1$$

El esfuerzo inicial del conductor es:

$$S = \frac{F}{A}$$

F = 22 % carga de ruptura del conductor

$$F = 0.22 \times 1941.408 \text{ kg.} = 427.10976 \text{ kg.}$$

$$S_{\text{inicial}} = \frac{427.10976}{62.459} = 6.838242 \text{ kg/mm}^2$$

Sustituyendo valores en la ec. de cambio de estado se tiene:

$$S_f^2 \left(S' + \frac{0.00399 \times (150)^2 \times (1)^2}{(6.838242)^2} + 0.1536 (34) - 6.838242 \right) = 0.00399 \times (150)^2 \times (1)^2$$

$$S_f^2 \left(S' + 1.919846 + 5.2224 - 6.838242 \right) = 89.775$$

De donde:

$$S' = 4.37857 \text{ kg/mm}^2$$

Por tanto la tensión final S_f :

$$S_f = S' \times A = 4.37857 \times 62.459$$

$$= 273.48 \text{ kg.}$$

V. 2.4 LIMITACIONES MECANICAS.

Utilizando la estructura tipo "P" por ser la más representativa dentro del diseño y tendido de líneas de distribución como se mencionó al principio del capítulo, se expondrá el proceso a seguir para el cálculo de las limitaciones de diseño de las líneas de distribución, haciendo intervenir, tanto la topografía del terreno como las características propias de la línea como son: voltaje de operación, calibre, tipo de conductor y los requisitos que fija el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

(R. O. I. E.)

Se analizarán las condiciones críticas de trabajo a que están sujetos los elementos de las estructuras (poste, cruceta, alfiler y retenida), para la selección correcta de las mismas.

Se incluyen ejemplos ilustrativos en los cuales se analizan las diferentes limitaciones a que está sujeta esta estructura (P), así como los cuadros comparativos de las diferentes condiciones que deben considerarse .

ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.		LIMITACIONES POR ANALIZAR PARA LA OBTENCION DEL CLARO BASE INTERPOSTAL
1)	POSTE	1a.- LIBRAMIENTO 1b.- RESISTENCIA MECANICA (Claro Medio Horizontal).
2)	CRUCETA	2a.- CARGAS VERTICALES 2b.- CARGAS LONGITUDINALES
3)	ALFILER	3a.- RESISTENCIA MECANICA (Claro Medio Horizontal)
4)	RETENIDA	4a.- RESISTENCIA MECANICA

POSTE

V. 2.4.1a LIBRAMIENTO

La distancia por libramiento se mide desde la línea de tierra, hasta el nivel - más bajo de los conductores, entre dos estructuras.

Para el cálculo del claro máx. por libramiento es necesario conocer de antemano las dimensiones de la estructura de que se trate, (en nuestro caso la estructura es la tipo P), la flecha máxima final del conductor a 50°C, sin presión de viento y módulo de elasticidad final, lo cual depende fundamentalmente del voltaje de la línea y de la tensión mecánica del conductor. Es decir, de acuerdo con la línea en proyecto, se hace necesario tomar en cuenta los libramientos mínimos a tierra que para cada voltaje tiene establecidos el reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, misma que se anexa.

Un concepto que se hace necesario definir es el claro regla, el cual establece como el claro prototipo, que asegura las características de tensión más adecuadas a lo largo de una serie de claros no uniformes, comprendidos en un tramo an clado.

La fórmula más usual para el cálculo del mismo es :

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

En donde L_1 , L_2 y L_n son claros comprendidos entre dos estructuras de anclaje.

En la práctica se ha observado que en líneas de distribución en las que se emplean conductores de Cu y de ACSR se han obtenido los siguientes claros regla - promedio:

CONDUCTOR. AWG-MCM.	CLAROS EN L. DE	REGLA D.	PROMEDIO (m).	OBSERVACIONES:
ACSR. -	4	}	175	Con Variaciones de ± 25 m.
	2		175	
	1/0		175	
3/0	}	125	Con Variaciones de ± 25 m.	
		266.8 MCM		125
		336.4 MCM		125
Cu	6	}	100	Sin Variaciones
	4		100	
	2		100	
	1/0		100	
	3/0		100	

Habiendo encontrado la tensión mecánica del conductor a 50°C, sin presión de viento, módulo de elasticidad final a partir de la ecuación de cambio de estado, (analizada al principio del capítulo), se calculará ahora el claro máximo por libramiento, a partir de la siguiente expresión:

$$F = \frac{wL^2}{8H}$$

$$L = \sqrt{\frac{8FH}{w}}$$

Los elementos que intervienen en esta ecuación son:

F.- Flecha del Conductor

W.- Peso Unitario del Conductor (Kg/m).

H.- Tensión horizontal del conductor a 50°C
sin presión de viento y módulo de elasticidad final.

L.- Claro máximo por libramiento (m)

ALTURA MINIMA DE CONDUCTORES SOBRE EL SUELO O VIAS FERREAS

	ALTURA MINIMA EN METROS.					
	En cruzamiento sobre .				A lo largo de	
	Areas no transitadas por vehiculos	Calles, callejones o caminos en distritos urbanos o rurales.	carreteras	Vias férreas (1)	caminos en distritos rurales	calles, callejones en distritos urbanos
Conductores aplicados a: (más de 0.750 a 15 Kv)						
Líneas suministradoras (incluyendo las de alumbrado público, acometidas y alimentadores de Trole) con tensión entre conductores en kilovolts.	4.50	5.75	6.50	6.00	5.00	5.75

(1) En la proximidad a la entrada de puentes o túneles, estas alturas pueden reducirse dentro del área en que no se permita pararse a personas sobre los carros; pero nunca será menor que la altura de la parte superior de la entrada.

V. 2.4.1b RESISTENCIA MECANICA DEL POSTE.

(Claro medio horizontal)

Los claros máximos por resistencia del poste se calculan partiendo de las cargas transversales provocadas por la presión de viento sobre conductores, aisladores y postes, así como también se hará necesario considerar la tensión resultante de conductores cuando se presenten pequeñas deflexiones.

ESTRUCTURA TIPO P.

En este tipo de estructura se analizarán básicamente las cargas transversales debidas a la presión de viento que actúan sobre la misma, así como las tensiones resultantes debidas a la deflexión y tomando al poste como elemento de falla.

Planteamiento de la ecuación: Con la finalidad de cubrir la aplicación de este tipo de estructura, se le consideró una pequeña deflexión.

$$\Sigma M_o = 0 = 4T_f \text{Sen } \theta (D) + 2C_{vcf} (D) + 2C_{va} (D) + 2T_n \text{Sen } \theta (B) + C_{v_{cn}} (B) + C_{vp} (A) - C_{Tp} (C)$$

$$= 4 T_f \text{Sen } \theta \text{ (D)} + 2 (\text{Pvd}_f L) \text{ (D)} + 2 \text{Cva} \text{ (D)} + 2 T_n \text{Sen } \theta \text{ (B)} + \text{Pvd}_n L \text{ (B)} ,$$

$$\left[\frac{G + H}{2} \right] E P_v \text{ (A)} - \frac{I}{F_S} \text{ (C)}$$

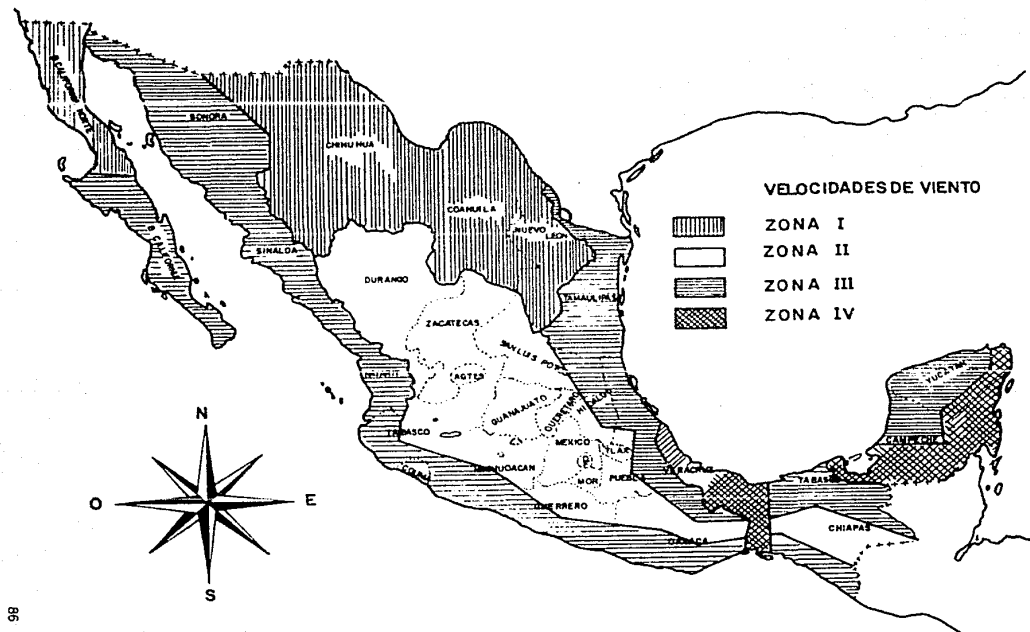
Despejando de esta expresión el término (L) se tiene:

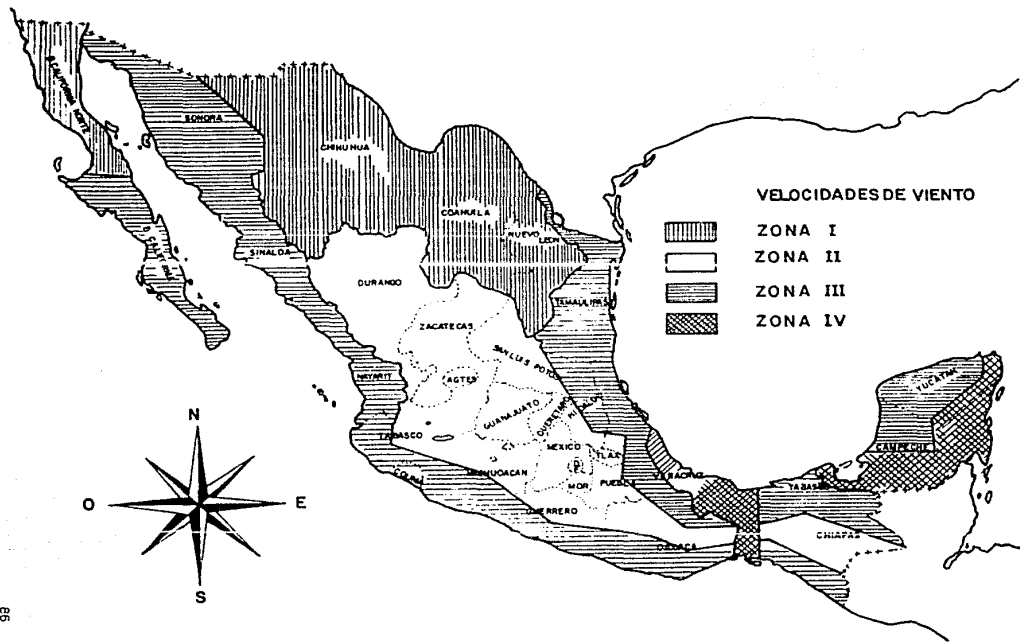
$$L = \frac{\frac{I}{F_S} \text{ (C)} - 4 T_f \text{Sen } \theta \text{ (D)} - 2 \text{Cva} \text{ (D)} - 2 T_n \text{Sen } \theta \text{ (B)} - \frac{G+H}{2} E P_v \text{ (A)}}{2 \text{Pvd}_f \text{ (D)} + \text{Pvd}_n \text{ (B)}}$$

En donde:

- A, B, C, D, E Parámetros - derivados de la configuración de la estructura (m)
 F_S Factor de Seguridad (El factor de seguridad establecido para postes de madera es de 3 y de 2 para concreto)
 G Base mayor del poste (m)
 H Base menor del poste (m)
 I Resistencia mecánica del poste (kg)
 df Diámetro de los conductores de fase (m)
 d_n Diámetro del hilo neutro (m)
 P_v Presión del viento *
 Cva Carga de viento sobre los aisladores (Se considera 1 Kg. por norma tanto para los aisladores de alfiler como de suspensión).
 θ Angulo total de la deflexión (° /)
 (T_f - T_n) Tensión del conductor de fase y neutro respectivamente. (Kg)
 (a - 10°C, con presión de viento y módulo de elasticidad final.)
 L Claro máximo interpostal por resistencia mecánica del poste. (m)

* A fin de considerar las condiciones más reales de presión de viento para el diseño de los diferentes elementos de cada estructura tipo, se ha dividido a la REPUBLICA MEXICANA en cuatro zonas, en las que se han establecido las condiciones más desfavorables de temperatura, velocidad de viento y cargas de hielo, (ver plano -- anexo).





Zona	Temperatura °C *	Velocidad de Viento Km. / Hora	Carga de Hielo
I	- 10	75	De 6 a 8mm. de espesor
II	- 5	60	- -
III	5	75	- -
IV	5	90	- -

* Condiciones críticas de diseño.

En dónde :

Zona I .- Comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Baja -- California Norte.

Zona II .- Región central delimitada por la Sierra Madre Oriental y Occidental

Zona III .- Región de los dos litorales, incluyendo el Estado de Baja California Sur.

Zona IV .- Región del Itamo de Tehuantepec y Cozumel.

Para alturas mayores de 2,500 m. s.n.m., en las zonas II y III se deberán considerar espesores de hielo similares a los establecidos para la zona I, temperaturas de -5°C y presiones de viento correspondientes a cada zona.

Se deberá investigar el comportamiento de la estructura en condiciones severas (eventuales), considerando velocidades de viento del doble del valor indicado en la tabla anterior.

La determinación de la presión (Pv) en función de la velocidad de viento se hará a partir de las siguientes expresiones:

$$Pv = 0.0047124 v^2 \quad (\text{para áreas cilíndricas}).$$

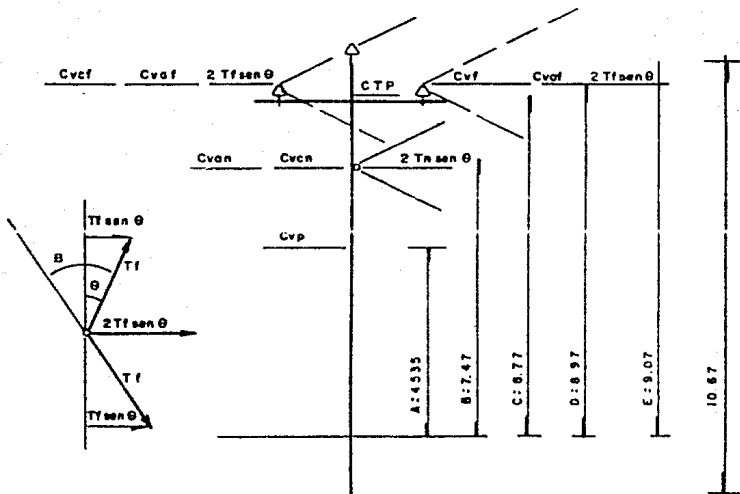
$$Pv = 0.0074074 v^2 \quad (\text{para áreas planas}).$$

En dónde:

V = Velocidad de viento (Km / hora).

Pv = Presión debida a la velocidad de viento (Kg/m²)

ESTRUCTURA TIPO (P)
MADERA



En donde:

Acot. en m.

- C_{vcf} Carga debida a la presión de viento sobre el conductor de fase.
- C_{vaf} Carga debida a la presión de viento sobre el aislador de fase.
- C_{tp} Carga de trabajo del poste.
- C_{van} Carga debida a la presión de viento sobre el soporte del hilo neutro.
- C_{vcn} Carga debida a la presión de viento sobre el hilo neutro.
- C_{vp} Carga de viento sobre el poste.
- T_f Tensión mecánica del conductor de fase.
- T_n Tensión mecánica del hilo neutro
- θ Angulo total de la deflexión.
- θ Angulo de la semi-deflexión.

Fig. 2.- Fuerzas que intervienen en el cálculo del claro máximo por Resistencia Mec.- Poste.

ESTRUCTURAS TIPO HA:

En el cálculo del claro máximo por resistencia mecánica del poste, para este tipo de estructura, se analizarán las dos variedades propuestas (C/Cv y S/Cv), las cuales consideran la aplicación de contravientos y sin contravientos, con aplicación definitiva en cuanto al claro máximo interpostal y al anclaje de conductores ligeros y pesados respectivamente.

La determinación de este claro máximo, se efectúa considerando las cargas transversales provocadas por la presión de viento, en cada uno de sus elementos (Poste, Aisladores y conductores), y en caso de deflexión, deberá considerarse la tensión resultante de los conductores en condiciones críticas de temperatura y presión de viento.

ESTRUCTURA TIPO HA Y HS -S/ Cv MADERA.

De la figura No. 3 se deduce lo siguiente:

$$\sum M_o = 0 = -2 C_{Tp} (D) + 8 (Cva) C + 2 Cvc_f (C) + Cvan (B)^{**} + Cvc_n (B) + 2 Cvp (A)$$

$$0 = -2 \left[\frac{I}{F_s} \right] (D) + 8 (Cva_f) C + 2 Pvd_f LC + Pvd_n LB + 2 \left[\frac{G + H}{2} \right] E.Pv.A.$$

* Esta cantidad dependerá del tipo de aislador y de los kV del sistema para los que esté diseñada la estructura.

**Se considera despreciable la carga de viento sobre el soporte del hilo neutro

$$L = \frac{\left[\frac{2ID}{F_s} \right] - 8 Cva C - (G + H) E Pv. A.}{2 Pvd_f C + Pvd_n B}$$

En donde :

A,B,C,D y E Parámetros derivados de la configuración de la estructura (m)

F_S Factor de Seguridad ($F = 3$)

C Base mayor del poste. (m)

H Base menor del poste. (m)

I Resistencia mecánica del poste. (kg)

df Diámetro de los conductores. (m)

dn Diámetro del hilo neutro. (m)

Pv Presión de Viento. (kg/m²)

L Claro máximo por resistencia mecánica del poste (m)

Ejemplo :

Cálculo del claro máximo por resistencia mecánica del poste en una estructura Ha S/CV, poste de madera para una tensión de 13.2 kV y conductores de ACSR No 2 para las fases y neutro.

Datos para el cálculo.

Estructura	HA
Postería	Madera Clase IV.
Resistencia Mecánica del poste clase IV	1088 kg.
Conductor	ACSR.
Calibre	No. 2
P_v	39 Kg / m ²
Tensión	13.2 kV
$\left. \begin{array}{l} df \\ dn \end{array} \right\}$	0.008026 m.

Los términos A,B,C,D y E se obtienen de la figura No. 3

F_S	3
G	0.32126 m.
H	0.1843 m.

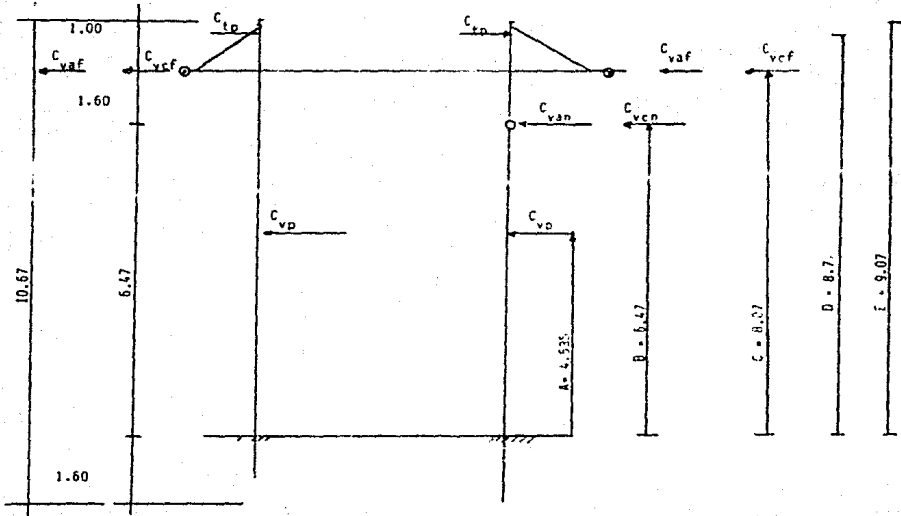
Substituyendo valores en la expresión deducida en la hoja No. 89 se tiene;

$$L = \frac{2(1088) \cdot 8.77}{3} - 8(1)(8.07) - (0.32126 + 0.1843) \cdot 9.07 \times 39 \times 4.535$$
$$2(39 \times 0.008026 \times 8.07) + 39 \times 0.008026 \times 6.47$$

$$L = 775.11 \text{ m.}$$

ESTRUCTURA TIPO HA

M A D E R A .



Acot. en m.

En donde:

- C_{vcf} Carga debida a la presión de viento sobre el conductor de fase.
- C_{vaf} Carga debida a presión de viento sobre los aisladores de fase.
- C_{tp} Carga de trabajo del poste.
- C_{van} Carga debida a la presión de viento sobre el soporte del hilo neutro
- C_{vcn} Carga debida a la presión de viento sobre el hilo neutro
- C_{vp} Carga debida a la presión de viento sobre el poste.

Fig. 3.- Fuerzas que intervienen en el cálculo del claro Máximo por Resistencia Mecánica del Poste.

ESTRUCTURA TIPO HA Y HS - C/CV

M A D E R A .

Para la determinación del claro máximo por resistencia mecánica del poste, en estructuras HA ó HS, con contravientos, se parte del análisis del comportamiento de la estructura bajo carga, a partir de los diagramas de cortantes y momentos flexionantes, los cuales nos determinan los puntos falla y nos delimitan la magnitud de la carga crítica de diseño. Para facilitar dicho análisis, se tomará como base el procedimiento de cálculo establecido en el libro de "Gráficas y Tablas - para el cálculo de líneas de Transmisión y Subestación", recopiladas por los Ingenieros Daniel Barrios - Morales F. y Jacinto - Viqueira L., del cual se anexa las tabulaciones de Momentos Máximos y el Método de Cálculo, para la determinación de los parámetros de diseño de la estructura.

Una vez determinada la carga crítica de diseño, se calcula el claro máximo en función de las cargas transversales que actúan sobre la estructura, referidas todas a la cruceta.

De la figura No. 5

Se obtiene:

$$\sum F \text{ (Referidas a la cruceta) } = 0$$

$$0 = 2 C_{vcf} + 8 C_{va} + C_{vn} \frac{C}{D} + C_{van} + \frac{C}{D} - 2 \frac{C_{CF}}{F} + 2 C_{vp} \frac{A}{D}$$

* Esta cantidad dependerá del tipo de aislador y de los kV del sistema, para los que esté diseñada la estructura.

Se desprecia la carga debida a la presión de viento sobre el soporte del hilo neutro.

$$0 = 2 (Pvd_f L) + 8 Cva + Pvd_n L \frac{C}{D} - 2 \frac{C_{CD}}{F_S} + 2 \left[\frac{G + H}{2} \right] E. P_v \left[\frac{A}{D} \right]$$

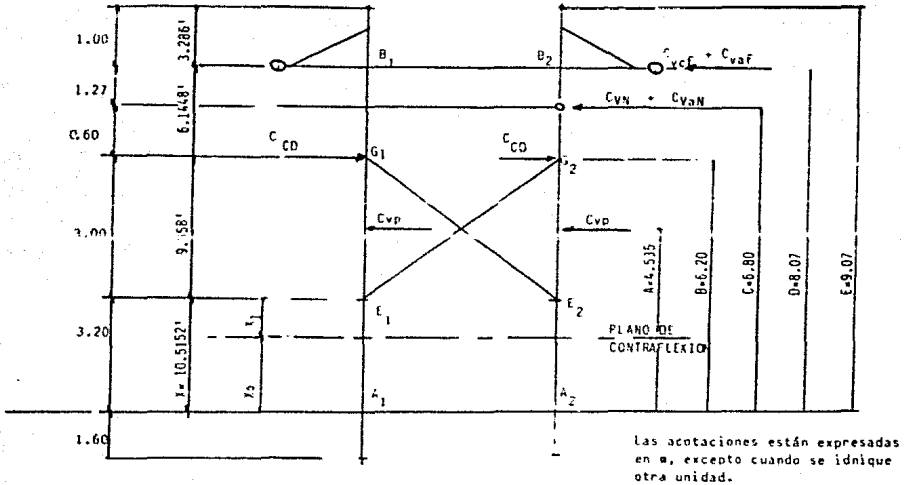
De donde :

$$L = \frac{2 \frac{C_{CD}}{FS} - 8 C_{vaf} - (G + H) E. Pv. \left[\frac{A}{D} \right]}{2 Pvd_f + Pvd_n \frac{C}{D}}$$

En donde:

A, B, C, D y E	Parámetros derivados de la configuración de la estructura (m)
F_c	Factor de Seguridad ($F = 3$)
G	Base mayor del poste (m)
H	Base menor del poste (m)
C_{CD}	Carga crítica de diseño (kg)
C_{vaf}	Carga de viento sobre los aisladores de las fases (kg)
P_v	Presión de viento (kg/m^2)
d_f	Diámetro de los conductores de fase (m)
d_n	Diámetro del hilo neutro (m)

ESTRUCTURA TIPO HA Y HS.
C/ Cv MADERA .



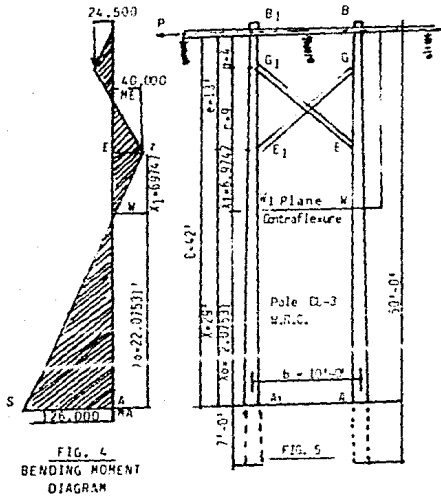
En donde:

- C_{vcf} Carga debida a la presión de viento sobre el conductor de fase.
- C_{vaf} Carga debida a la presión de viento sobre el aislador de fase.
- C_{vn} Carga debida a la presión de viento sobre el hilo neutro.
- C_{cd} Carga crítica de diseño.
- C_{vp} Carga debida a la presión de viento sobre el poste.

Fig. 5. Fuerzas que intervienen en el cálculo de Resistencia Mecánica de la estructura.

ESTRUCTURA TIPO H MADERA

DETERMINACION DE LA CARGA DE DISEÑO "LIBRO DE GRAFICAS Y TABLAS" - LD'S Y SUB'S



NOTES

Under Normal Loading investigation of strengths of poles and braces between positions E and G will be unnecessary as shown by BENDING -- MOMENT DIAGRAMS.

We have assumed that both poles in the structure are evenly matched and the circumferences at top and ground line are the minimum permitted under A.S.A. specifications. Therefore the moments delivered to both poles in the same structure are equal.

The problems meriting investigation are the strengths of poles at G1 and G; E1 and E; A1 and A.

METHOD OF DETERMINING PLANE OF CONTRAFLEXURE BY MATHEMATICS.

The triangles WEZ and WAS are similar - therefore:
 $AW:AE::AS:(AS + EZ)$
 or $Xo:X::MA:(MA+ME)$

$$\text{or } \frac{Xo}{X} = \frac{MA}{MA+ME}$$

$$Xo = \frac{X \cdot MA}{MA+ME}$$

TYPICAL DESIGN PORCEEDURE

POLE DATA

Assume 50' Class 3-W.R.C.

Position	Circ	Mr
E = C1	25.4"	24,500
F = E1	29.9"	39,900
A = A1	44.1"	126,000

$$MR \text{ @ } G \text{ or } G1 = \frac{24500}{4} = 6125$$

$P = 6125 \times 7 = 42875 \text{ lbs.}$
 VERTICAL Uplift
 $Px \left(\frac{c-xo}{b} \right) = \frac{11441 \times (42-22)}{10} = 22882 \text{ lbs. Uplift}$

CALCULATIONS

To DETERMINE PLANE OF CONTRAFLEXURE

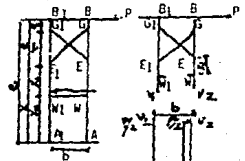
$$Xo = \frac{X(MA)}{ME + MA} = \frac{29 \times 126,000}{39,900 + 126,000} = 22.02531$$

$$X1 = X - Xo = 29 - 22.02531 = 6.97469$$

$$\frac{P}{2} \text{ @ } E \text{ or } E1 = \frac{Mr}{X1} = \frac{39,900}{6.9747} = 5720.66$$

$$\frac{P}{2} \text{ @ } A \text{ or } A1 = \frac{MA}{Xo} = \frac{126,000}{22.02531} = 5720.69$$

$$P = 2 \times 5720.66 = 11,441 \text{ lbs. ULT. Strength}$$

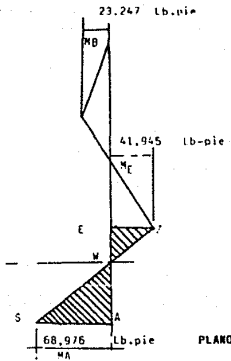
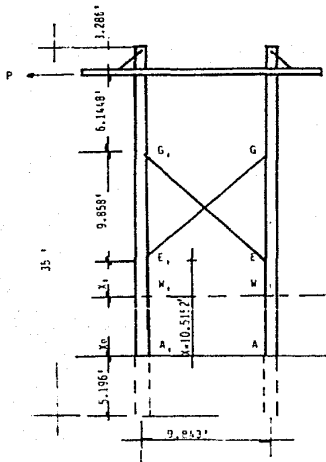


GENERAL FORMULAE

- ① $V1 = M2 + \frac{P}{2}$
- ② $V2 = \frac{P(C-Xo)}{b}$
- ③ $V2 = \frac{P1(C-Xo)}{b}$
- ④ $V1 = V2 = \frac{Pc-2MA}{b}$
- ⑤ $Xo = \frac{X(MA)}{MA+ME}$
- ⑥ $P = \frac{MA + MA1}{g}$

DIAGRAMAS DE CORTANTES - MOMENTOS FLEXIONANTES.

Estructuras Tipo H
Madera.



PLANO DE CONTRAFLEXION

TABLA DE MOMENTOS MAXIMOS PARA MADERA DE PINO NACIONAL.

• $M_r = xfc^3$

cir (cm)	Diam (cm)	Mr. (kg - m)
40	12.73	976.1024
42	13.36	1,129.96
44	14.00	1,299.19
46	14.64	1,484.53
48	15.278	1,686.70
50	15.915	1,906.45
52	16.55	2,144.50
54	17.188	2,401.57
56	17.825	2,678.40
58	18.46	2,975.77
60	19.098	3,294.34
62	19.735	3,634.88
64	20.37	3,998.11
66	21.008	4,384.77
68	21.645	4,795.60
70	22.28	5,231.30
72	22.918	5,692.63
74	23.55	6,180.31
76	24.19	6,695.08
78	24.828	7,237.67
80	25.46	7,808.82
82	26.10	8,409.24
84	26.738	9,039.68
86	27.37	9,700.87
88	28.01	10,393.54
90	28.647	11,118.41
92	29.284	11,876.23
94	29.92	12,667.73
96	30.55	13,493.64
98	31.194	14,354.68
100	31.83	15,251.60
102	32.467	16,185.12
104	33.104	17,155.97
106	33.74	18,164.90
108	34.377	19,212.62
110	35.01	20,299.87
112	35.65	21,427.40
114	36.287	22,595.91
116	36.92	23,806.16
118	37.52	25,058.86
120	38.197	26,354.76

cir (cm)	Diam (cm)	Mr. (kg - m)
122	38.83	27,694.58
124	39.47	29,079.06
126	40.10	30,508.93
128	40.74	31,984.92
130	41.38	33,507.76
132	42.017	35,078.19
134	42.65	36,696.93
136	43.29	38,364.72
138	43.926	40,082.30
140	44.56	41,850.40
142	45.20	43,669.72
144	45.83	45,541.03
146	46.47	47,465.05

* Nota: la constante "X" resulta de:
 ec. escuadrilla

$$F = MC/I$$

$$M = FI/C \text{ de donde } I \text{ para una circunferencia } I = \frac{\pi d^4}{64}$$

C = Perímetro de la circunferencia :

$$M = \frac{F \pi \frac{d^4}{64}}{\frac{d}{2}} = \frac{F \pi^2 d^3}{32}$$

Multiplicando y dividiendo por: π^2 :

$$Mr = \frac{\pi^3 d^3}{32 \pi^2}$$

$$C^3 = \pi^3 d^3$$

$$X = \left(\frac{1}{32} \pi^2 \right) (.01) (\text{Kg} - \text{m})$$

$$\text{Donde : } x = \text{ctte} = 0.00003166$$

$$\text{Resist. de la fibra } f = 481.687 \text{ kgf/cm}^2$$

V. 2.4.2. CRUCETA

2a.- Cargas Verticales.

Los claros máximos por resistencia mecánica de la cruceta debido a cargas verticales, se determinan considerando a la cruceta como una viga en cantiliver, sometida a un esfuerzo flexionante por el conductor y una carga adicional por norma de 100 kg. considerada ésta, como la correspondiente a el peso del liniero más sus herramientas.

ESTRUCTURA TIPO (P).

$$M_{\max} = (\text{Peso Conductor} + 100) \cdot a$$

$$= (W (L) + 100) \cdot a \dots \dots (1)$$

partiendo de la ecuación de la escauadrilla:

$$S_x = \frac{M_{\max} (C)}{I_x - x'} \dots \dots (2)$$

En donde:

S_x = Esfuerzo a la flexión (kg/ cm²)

W = Peso unitario del conductor (kg/ m)

C = Distancia de la fibra más fatigada a la fibra neutra. (cm)

L = Claro máximo, interpostal por resistencia mecánica de la cruceta (m)

$I_x - x'$ = Momento de inercia respecto a el eje x - x' (cm⁴)

a = Distancia del eje del poste al punto de aplicación de la carga (cm).

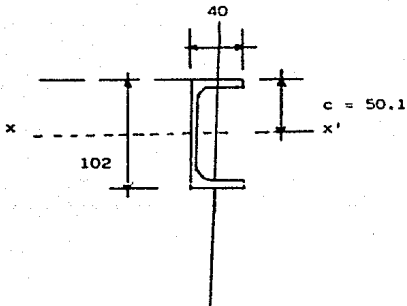
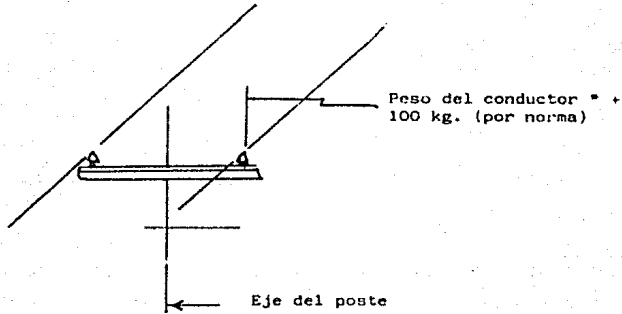
Substituyendo (1) en (2)

$$S_x = \frac{(W (L) + 100) \cdot a \cdot (C)}{I_x - x'}$$

Despejando de esta expresión el término L.

$$L = \frac{(S_x) (I_x - x') - (100) (a) (C)}{(w) (a) (C)}$$

CRUCETA - CARGAS VERTICALES



Acot. en mm.

* Se considera el claro medio horizontal

Fig. 6.- Fuerzas que intervienen en el cálculo del claro máximo por Resistencia Mecánica de la Cruceta sometida a cargas Verticales.

Ob.- Cargas Longitudinales.

Este cálculo tiene como finalidad determinar el campo de acción de las cruces C4T, C4R y la L-2438 en cuanto a su aplicación en estructuras de remate, - bajo cargas longitudinales y clara regla prototipo para cada conductor. Al trabajar la cruceta con cargas longitudinales en estructuras de remate, se considera que se encuentra sometida a un esfuerzo flexionante, debido a la tensión final del conductor, determinada ésta bajo las condiciones críticas. ---- (- 10° C de temperatura, presión de viento y con un clara regla dominante, de acuerdo con el calibre del conductor)

$$\sigma_{\max} = T_f (a) \dots \dots \dots (1)$$

$$S_y = \frac{M_{\max} (C)}{I_T} \dots \dots \dots (2)$$

En donde:

S_y = Esfuerzo máximo a que esta sometida la cruceta (kg/cm²)

T_f = Tensión final del conductor 0 - 10°C y con presión de viento (kg)

a = Distancia del eje del poste al punto de aplicación de la T_f (cm)

C = Distancia del punto más fatigado a la fibra neutra. (cm)

I_T = Momento de inercia de la sección formada por el poste y -- las crucetas cm⁴

$$I_T = 2 (I_y - y' + AY^2) \dots \dots \dots (3)$$

$I_{y-y'}$ = Momento de inercia de la cruceta respecto al eje (y-y')(cm⁴)

A = Area de la sección (cm²)

Y = Distancia del eje (y-y') de la cruceta al eje del poste (cm)

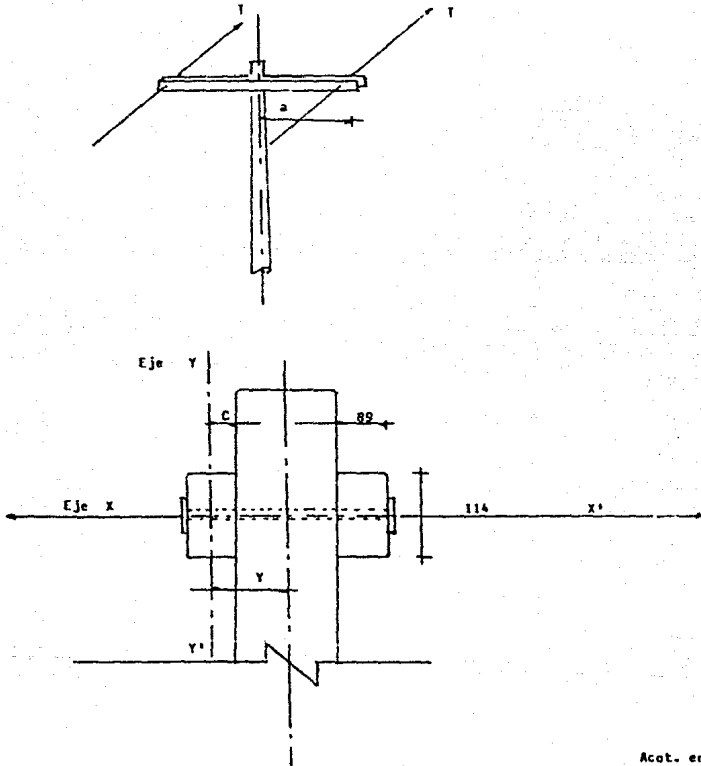
M_{\max} = Momento flexionante máximo. (kg-cm)

Sustituyendo 1 y 3 en 2 se obtiene:

$$S_y = \frac{T_F (a) (C)}{2(I_y - y' + A Y^2)} \dots\dots\dots(4)$$

El valor obtenido de la ecuación 4, deberá compararse con el esfuerzo flexio--
nante del material de la cruceta respectiva.

CRUCETA - CARGAS LONGITUDINALES



Acot. en mm.

T tensión del Conductor

C Distancia de la fibra más fatigada a la fibra neutra.

a Distancia del eje del poste al punto de aplicación de la T

Y Distancia del eje(y-y') de la cruzeta al eje del poste.

Fig. No. 7 Fuerzas que intervienen en el cálculo de comprobación del esfuerzo flexionante del material de la cruzeta bajo cargas longitudinales.

2c.- Separación Eléctrica.

Para el cálculo de los claros máximos por separación eléctrica entre conductores, se parte del balanceo que tienen los conductores en el punto más bajo de la catenaria, formada por el conductor tomando en cuenta que en ese lugar, -- cuando cesa el viento que provoca el balanceo, éste último se torna irregular provocando acercamientos que pueden disminuir la distancia mínima entre fases, limitada por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, se anexa la ta bla correspondiente.

De la figura 8 podemos observar que el desplazamiento "X" del conductor a un ángulo $\frac{\alpha}{8}$ (valor determinado por experiencias) acerca a los conductores una distancia "d". Si conocemos el valor de "S", que es la separación de los conductores en los puntos de soporte de la cruceta, así como la distancia "d" limitada por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas, estaremos en condiciones de conocer el valor del claro máximo por el siguiente procedimiento.

De la figura se deduce:

$$S = d + 2X \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Sen } \frac{\alpha}{8} = \frac{X}{f} \dots \dots X = f \text{ Sen } \frac{\alpha}{8} \dots \dots \dots (2)$$

Sustituyendo 2 en 1

$$S = d + 2f \text{ Sen } \frac{\alpha}{8} \dots \dots \dots (3)$$

Ahora sabiendo que :

$$f = \frac{w L^2}{8 T}$$

$$S = d + 2 \left[\frac{w L^2}{8 T} \right] \text{ Sen } \frac{\alpha}{8} \dots \dots \dots (5)$$

Despejando L encontramos:

$$L = \sqrt{\frac{4 T (S - d)}{W \operatorname{Sen} \frac{\alpha}{8}}} \dots\dots\dots (6)$$

En donde;

- L Claro máximo por separación eléctrica (m).
- T Tensión del conductor a 50°C, sin viento (kg),
- S Separación de los conductores entre puntos de apoyo (m)
- d Distancia mínima entre fases limitada por el ROIE (m).
- W Peso del conductor por unidad de longitud (kg/m).

El valor del ángulo α se obtiene de la siguiente manera:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C \operatorname{vc}}{W c}$$

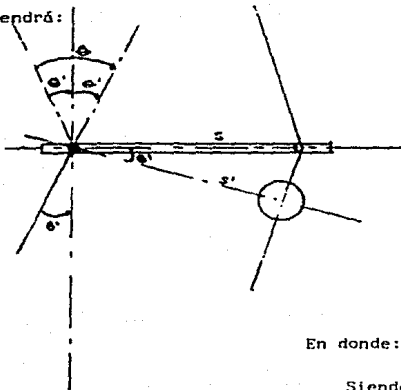
$$\alpha = \operatorname{Ang.} \operatorname{tg} \frac{Cvc}{Wc}$$

En donde:

Cvc = Carga de viento sobre los conductores (kg).

Wc = Peso unitario del conductor (kg).

Para el cálculo del claro máximo por separación eléctrica con deflexión se tendrá:



$$\operatorname{Cos} \theta' = \frac{S'}{S}$$

$$S' = S \operatorname{Cos} \theta' \dots\dots\dots (7)$$

Substituyendo 7 en 6

$$L = \sqrt{\frac{4 T (S \operatorname{Cos} \theta' - d)}{W \operatorname{Sen} \frac{\alpha}{8}}}$$

En donde:

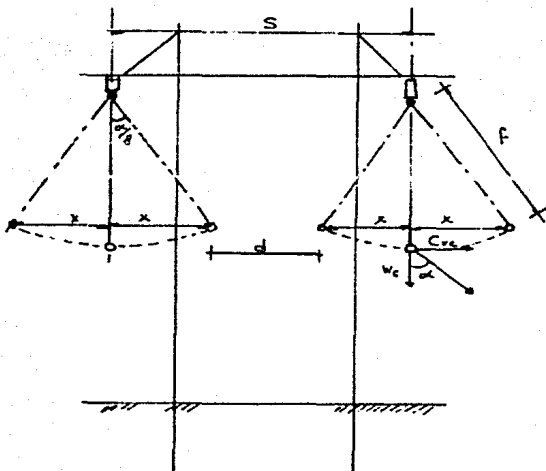
Siendo θ el ángulo total de la deflexión (°/)

SEPARACION MINIMA EN CUALQUIER DIRECCION ENTRE CONDUCTORES DE UNA LINEA Y SOPORTES, CONDUCTORES VERTICALES
O TRANSVERSALES, CABLES DE SUSPENSION Y RETENIDOS EN LA MISMA ESTRUCTURA.

LINEAS AEREAS.	Separación mínima en cm. de los conductores de línea a.c.						
	superficie de crucetas y otros soportes horizontales	superficie de postes o estruc- turas	Hilos de guarda	cables de retenida y de suspensión		conductores transver- sales y verticales	
				paralelos a la línea	otras direcciones	del mismo circuito	de otros circuitos
Suministradoras con tensión entre conduc- tores en Kilovolts (13.2)	10.5	15.5	(2)*	36.0	21.0	10.5	21.0

* Para determinar la separación mínima del hilo de guarda a otros conductores que no sean los del circuito que proteja, se considera que el hilo de guarda tiene la tensión a tierra de dicho circuito.

ESTRUCTURA TIPO HS.



- S Separación de los conductores entre puntos de apoyo (m)
- f Flecha máxima del conductor (m).
- d Distancia mínima entre fases limitada por el ROIE (m)
- C_{vc} Carga debida a la presión de viento sobre el conductor (kg).
- W_c Peso unitario del conductor (kg).
- $\frac{\alpha}{8}$ Angulo para mínima separación entre conductores

Fig. No. 8 Fuerzas y parámetros que intervienen en el cálculo del Claro Máximo por Separación Eléctrica.

Ejemplo:

Cálculo del claro máximo por separación eléctrica para una estructura tipo HS, con tensión de operación de 13.2 kV y conductores de ACSR No.2.

Datos para el cálculo:

Conductor ACSR No. 2

$W = 0.13644 \text{ kg/m}$

$d = 0.105 \text{ m}$ (Distancia entre fases para 13.2 kV)

$S = 5.94 \text{ m}$. (Determinado a partir de la cruceta C4S)

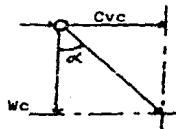
$T_f = 178 \text{ Kg}$. (Para un claro real de 150m, una temperatura de 50°C y $P_v = 0$)

La fórmula para calcular el claro interpostal en función de la separación eléctrica es:

$$L = \sqrt{\frac{4 T (S - d)}{W \sec \frac{\alpha}{8}}} \dots\dots\dots(1)$$

El ángulo α se calcula cuando se tiene una presión de viento de 39 Kg/m^2 .

Conductor:



$$\text{tg } \alpha = \frac{C_{vc}}{W_c \times 1m} = \frac{0.313031}{0.13644}$$

$$= 6^\circ 27'$$

$\alpha/8 = 8^\circ 18'$ (Ángulo de mínima separación entre conductores).

Sustituyendo valores en la ecuación 1 se tiene:

$$L = \sqrt{\frac{(5.94 - 0.105) \times 4 \times 178}{0.13644 \times 0.14445}}$$

$$L = 459.14 \text{ m.}$$

V.2.4.3. ALFILER

3a.- Determinación del claro medio horizontal a partir de la resistencia mecánica del Alfiler.

Los claros máximos por resistencia mecánica del alfiler, se determinan haciendo intervenir las cargas transversales provocadas por la presión de viento sobre los conductores, en un claro medio horizontal, considerado éste en terreno plano, e igualando esta carga con la carga máxima de trabajo de alfiler.

La carga límite del conjunto alfiler - aislador, es proporcionada por el Instituto de Investigaciones de la Industria Eléctrica (IIIE), el cual somete a cargas simuladas en cantiliver, al alfiler.

$$\text{Carga debida a la presión de viento sobre el conductor de fase } (C_{vcf}) = \frac{\text{Carga límite del alfiler}}{\text{Factor de Seguridad}}$$

$$C_{vcf} = P_{vc} \cdot d_f \cdot L$$

$$\text{Carga de trabajo del alfiler } (C_{TA}) = \frac{C_{LA}}{F_S}$$

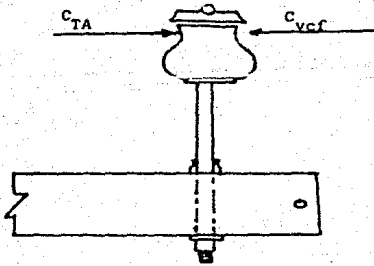
$$P_{vc} \cdot d_f \cdot L = \frac{C_{LA}}{(F_S)}$$

$$L = \frac{C_{LA}}{F_S \cdot P_{vc} \cdot d_f}$$

En donde:

- L Claro medio horizontal (C.M.H.) Máximo, por resistencia mecánica del alfiler
- C_{LA} Carga límite del alfiler (kg)
- F_S Factor de Seguridad ($F = 2$ para cualquier tipo de alfiler)
- P_{vc} Presión de viento sobre el conductor (kg/m^2)
- d_f Diámetro del conductor de fase (m).

ALFILER - AISLADOR



En donde:

C_{TA} Carga de trabajo del conjunto alfiler - Aislador

C_{vcf} Carga debida a la presión de viento sobre el conductor de fase.

Fig. No. 9 Fuerzas que intervienen en el cálculo del claro máximo por Resistencia Mecánica del conjunto.

ALFILER - AISLADOR.

Ejemplo:

Cálculo del claro máximo por resistencia mecánica del alfiler, considerando un sistema de 13.2 kV, una estructura Tipo P y conductor de ACSR No.2

Consideraciones para el cálculo.

Tipo de Estructura	P
Voltaje de Operación	13.2 kv
Conductor	ACSR.
Calibre	2 AWG.
Cargo límite del Alfiler IA	200 kg.
Factor de seguridad para el alfiler	2
Presión de viento.	39 kg/m ²
Diámetro del conductor ACSR No.2.	0.008026 m.

De la ecuación obtenida en la hoja No. 112.- se tiene:

$$L = \frac{200}{2 \times 39 \times 0.008026}$$

$$L = 319.47 \text{ m.}$$

3b.- Cálculo de deflexiones máximas del conjunto Aislador - Alfiler

La deflexión máxima que es posible dar en estructuras tipo "P", tomando como punto de falla el conjunto aislador - alfiler se analiza en la siguiente forma:

Planteando una ecuación de suma de fuerzas de acuerdo a la figura 10.

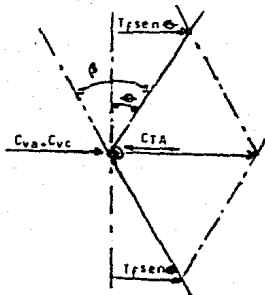


Fig. No. 10

$$C_{va} + C_{vc} + 2 T_f \text{ Sen } \theta = C_{TA}$$

$$C_{vc} = P.v.d.L$$

$$C_{va} = 1 \text{ Kg. (Por norma)}$$

$$\text{Sen } \theta = \frac{C_{TA} - C_{va} - PvdL}{2 T_f} \quad (1)$$

En donde:

- C_{va} Carga de viento sobre el aislador (kg)
- C_{vc} Carga de viento sobre el conductor (kg)
- T_f Tensión final del conductor (kg) (Ver sección de cálculo de tensiones mecánicas pag. 68)
- θ Semiángulo de deflexión (°)
- C_{TA} Carga de trabajo del conjunto aislador - alfiler (kg)
- P_v Presión de viento (kg/m²)

$d =$ Diámetro del conductor (m)

$L =$ Claro regla promedio, establecido para cada conductor y condiciones de terreno. (m)

$2 \theta =$ Deflexión total (°/)

Consideraciones para el cálculo.

a) Para conductores ACSR en calibres 4,2 y 1/0 se calculó con claros interpostales de 200 m, en calibres ACSR 3/0 y 266.8 MCM de 150 m. y para conductores normalizados de cobre, de 150 m.

b) Como condiciones iniciales se consideró una temperatura de 16°C, sin presión de viento, módulo de elasticidad final y sin carga de hielo.

c) Como condiciones finales se consideró una temperatura de - 10°C, una presión de viento de 39 kg/m², módulo de elasticidad final y sin carga de hielo. (Condiciones críticas de tensión en el conductor).

d) El conjunto aislador "13 A" - Alfiler "1A" acepta cargas de trabajo de acuerdo con pruebas de laboratorio de 100 kg. y el conjunto aislador "22A" - Alfiler "2A" de 125 kg.

Ejemplo: Se tiene una estructura tipo P con aislador "22A" y alfiler "2A", se requiere calcular la deflexión máxima para un conductor ACSR 4, calculando de acuerdo a las condiciones establecidas anteriormente.

$$\text{Sen } \theta = \frac{C_{TA} - C_{va} - P_v d L}{2T_f}$$

$$C_{TA} = 125 \text{ (kg)}$$

$$C_{va} = 1 \text{ (kg)}$$

$$P_v = 39 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$d = .00636 \quad (\text{m})$$

$$L = 200 \text{ m (claro regla promedio para este tipo de conductor).}$$

$$T_f = 372 \text{ (kg)}$$

$$\text{Sen } \theta = \frac{125 - 1 - 39 \times .00636 \times 200}{2 \times 372} = .09999$$

$$\theta = 5.7^\circ$$

$$\text{Deflexión total} = 2 \times \theta = 11.4^\circ$$

V. 2.4.4. RETENIDAS

La carga que soportan los postes se debe a la acción combinada de las fuerzas horizontales y verticales. Las fuerzas verticales se deben básicamente al peso muerto del equipo instalado en ellos, a la componente vertical de la retenida y además al peso propio de los mismos, las cuales en sí son fácilmente absorbidas, dado que normalmente los postes tienen una considerable resistencia bajo condiciones de compresión. Por lo que respecta a las cargas horizontales, éstas resultan de la carga transversal ocasionada por la presión de viento sobre poste, herrajes y conductores, además de las tensiones resultantes debidas a las deflexiones de la línea, remates, fuerzas longitudinales y verticales desbalanceadas. De aquí para diseñar mecánicamente una retenida, se deberán considerarse únicamente las cargas correspondientes a las fuerzas horizontales.

Como ejemplo ilustrativo, se anexa a continuación los cálculos correspondientes a la estructura tipo normalizada, en donde se analiza al cable de retenida como limitante para determinar su claro máximo interpostal.

ESTRUCTURA TIPO PP

En la determinación del claro máximo, se consideran las cargas transversales que actúan sobre los elementos de la estructura, debidas a la presión de viento, y las tensiones resultantes ocasionadas por la deflexión, tomándose como elemento de falla al cable de retenida.

El planteamiento de la ecuación se hace de acuerdo con las fuerzas que intervienen en la estructura tipo de la figura No.

$$\sum M_o = 0 = 2 T_{rf} (D) = 4 C_{va} D + 2 C_{vc} D - C_{TR} C + T_{rn} .B + C_{vcn} .B + C_{vp} A$$

Se consideran para fines de cálculo :

a) Despreciable la carga de viento, sobre el soporte del hilo neutro

b) Que el diámetro del hilo neutro es igual al diámetro de la fase.

$$0 = 2 (2 T_{rf} \text{ Sen } \theta) D + 4 C_{va} D + 2 (P_v d_f L.) D - C_{TR} (\text{Cos } 45^\circ)$$

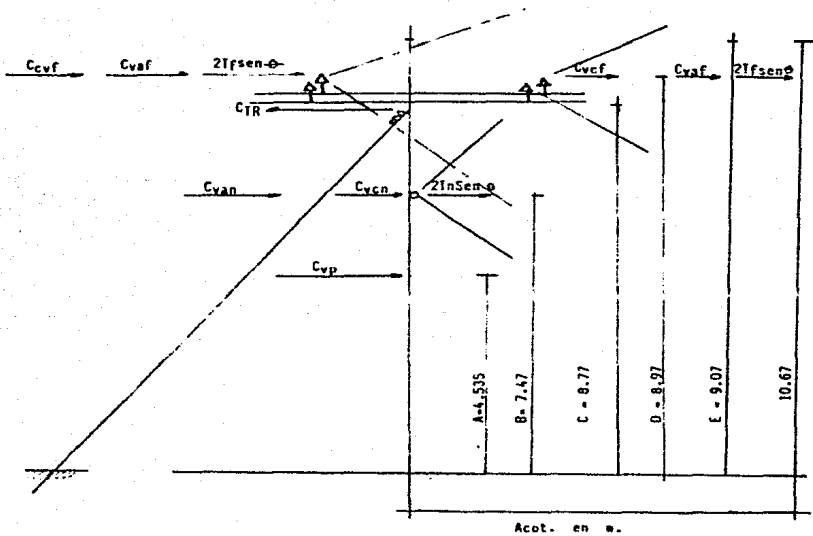
$$(C) + 2 T_{rn} \text{ Sen } \theta (B) + (P_v d_n L.) B + \left[\frac{G+H}{2} \right] E (P_v) A$$

$$L = \frac{C_{va} C \text{ Cos } 45^\circ - 4 T_{rf} D \text{ Sen } \theta - 2 T_{rn} B \text{ Sen } \theta - 4 C_{va} D - \left[\frac{G+H}{2} \right] P_v E.A}{2 P_v d_f D + P_v d_n B}$$

En donde:.

- A, B, C, D y E Parámetros derivados de la configuración de la estructura (m)
- L Claro máximo interpostal por resistencia mecánica de la redonda (m)
- T_{rf} y T_{rn} Tensión resultante de los conductores de fase e hilo neutro respectivamente.
- T_f , T_n Tensión del conductor de fase y neutro respectivamente a -10°C de temp. con presión de viento y claro regla correspondiente. (kg).
- F_S Factor de seguridad (El factor de seguridad establecido para retenidas es de 1.5)
- θ Angulo total de la deflexión (°/)
- G Base mayor del poste (m)
- H Base menor del poste (m)
- d_f Diámetro del conductor de fase (m)
- d_n Diámetro del hilo neutro (m)
- C_{va} Carga de viento sobre los aisladores de fase (kg)

ESTRUCTURA TIPO PP
MADERA .



En donde:

- C_{vcf} Carga debido a la presión de viento sobre el conductor de fase.
- C_{vaf} Carga debida a la presión de viento sobre el aislador de fase.
- C_{TR} Carga de trabajo de la Retenida
- C_{van} Carga debida a la presión de viento sobre el soporte del hilo neutro.
- C_{vcn} Carga debida a la presión de viento sobre el hilo neutro.
- C_{vp} Carga debida a la presión de viento sobre el poste
- T_f Tensión mecánica del conductor de fase.
- T_n Tensión mecánica del hilo neutro

Fig. No.11 Fuerzas que intervienen en el cálculo del Claro Máximo por Resistencia Mecánica de la Retenida.

Ejemplo:

Cálculo del claro máximo por resistencia mecánica de la retenida en una estructura Tipo PP para una deflexión de 10° en postería de madera para una tensión de 13.2 kV y conductor de ACSR No. 2

Datos para el cálculo:

Estructura	PP
Postería.	Madera Clase (IV)
Carga de ruptura del Cable de Acero de 5/16" Alta resistencia para retenida.	3,630 kg.
Factor de Seguridad del cable para retenida	1.5
Diámetro del poste en el empotramiento (G)	0.32126 m.
Diámetro del poste en el extremo superior (H)	0.1843 m.
Angulo de la deflexión.	10°
Conductor fase y neutro	ACSR No.2
Diámetro del ACSR No.2	0.008026 m.
Tensión final del conductor para fase y neutro, para las condiciones de -10° de temp. y con presión de viento de 39 kg/m^2 y claro regla de 150 m.	501 kg. (Cálculo de tensiones Mecánicas en líneas de Distrib. Página No. 68)

Los parámetros A,B,C,D y E, se obtienen de la Fig. No. 11

Sustituyendo valores en la ecuación correspondiente de la página No. 119

Se obtiene:

$$L = \frac{2420 \times 8.77 \times 0.707 - 4 \times 501 \times 8.97 \times 0.08716}{39 \times 0.008026 (2 \times 8.97 + 7.47)}$$

$$\frac{- 2 \times 501 \times 7.47 \times 0.08716 - 4 \times 1 \times 8.97 - \left[\frac{0.32126 + 0.18430}{2} \right] \times 39 \times 9.07 \times 4.53}{39 \times 0.008026 (2 \times 8.97 + 7.47)}$$

$$L = 1552.05 \text{ m.}$$

A N E X O S .

FORMULAS PARA EL CALCULO DE CLAROS POR LIMITACIONES MECANICAS.

1) Por resistencia mecánica del poste:

1.1) Para estructuras sin deflexión:

1.1.1) Tipo P.

$$1LP = \frac{\left[\frac{I}{3} \right] (F1) - 2(cva)(D1) - G(cva) - \left[\frac{J+H}{2} \right] (h1)(Pv)(A3)}{(2)(Pv)(d_f)(E1) + (Pv)(d_f)(G)}$$

* (cva=1)

1.1.2) Tipo pp:

$$1LPP = \frac{\left[\frac{I}{3} \right] (F1) - 4(D1) - 2(G) - \left[\frac{J+H}{2} \right] (h1)(Pv)(A3)}{4(Pv)(d_f)(E1) + 2(Pv)(d_f)(G)}$$

1.1.3) Tipo HA sin/contra viento

$$1LHA s/cv = \frac{\left[\frac{2(I)}{3} \right] (F2) - 12(C2) - (J+H)(h1)(Pv)(A3)}{3(Pv)(d_f)(C2)}$$

1.1.4) Tipo HA con/contraviento

$$1LHA c/cv = \frac{\left[\frac{2(Ccd)}{3} \right] - 12(C2) - (J+H)(h1)(Pv)(A3/C2)}{3(Pv)(d_f)(C2)}$$

1.1.5) Tipo HS sin/contraviento

$$1LHS s/cv = \frac{\left[\frac{2}{3} \right] (I)(F2) - 6(C2 - 0.4324) - (J+H)(h1)(Pv)(A3)}{3(Pv)(d_f)(C2 - 0.4324)}$$

1.1.6) Tipo HS con/contraviento

$$1LHS c/cv = \frac{\left[\frac{2}{3} \right] (Ccd) - 6 \left[\frac{(C2 - 0.4324)}{C2} \right] - (J+H)(h1)(Pv) \left[\frac{A3}{C2} \right]}{3(Pv)(d_f) \left[\frac{(C2 - 0.4324)}{C2} \right]}$$

1.2) Para estructuras con deflexión.

1.2.1) Tipo P.

$$1LPD = 1LP - \left[\frac{4(T_f) \operatorname{sen} \phi (E1) + 2(T_f) \operatorname{sen} \phi (G)}{2(P_v)(d_f)(E1) + (P_v)(d_f)(G)} \right]$$

1.2.2) Tipo PP

$$1LPPD=1LPP - \left[\frac{8(T_f) \operatorname{sen} \phi (E1) + 4(T_f) \operatorname{sen} \phi (G)}{4(P_v)(d_f)(E1) + 2(P_v)(d_f)(G)} \right]$$

1.2.3.) Tipo HA sin/contraviento

$$1LHAD s/cv = 1LHA s/cv - \left[\frac{6(T_f) \operatorname{sen} 30^\circ (C2)}{3(P_v)(d_f)(C2)} \right]$$

1.2.4.) Tipo HA con/contraviento

$$1LHAD c/cv = 1LHA c/cv - \left[\frac{6(T_f) \operatorname{sen} 30^\circ (C2)}{3(P_v)(d_f)(C2)} \right]$$

Donde:

I = Resistencia de la fibra (Kg)

J = Diámetro del poste en la punta (m)

H = Diámetro del poste en la base (m)

h1 = Altura libre (m)

CcD = Carga crítica de diseño (Kg)

Cc = Carga crítica por columna (Kg)

Pv = Presión de viento (Kg/m²) (39, 47, 55,)

df = Diámetro del conductor a utilizar

Tf = Tensiones finales (a temp= -10°C y Pv (39, 47, 55))

CT = Retenida = 3630 Kg.

Cva = Carga debida a la presión de viento sobre el conductor = 1 Kg.

A3, C1, C2, D1, E1, F1, F2, G = Parámetros de los postes

peso del conductor + herrajes = 60 Kg.

CC por columna > Ct retenida + peso conductor + herrajes.

FS= Factor de seguridad = 3 para postes

e = 1.5 para retenidas

A N E X O 2

DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE LAS TENSIONES FINALES NECESARIAS DE LOS CONDUCTORES A USAR EN EL PROGRAMA

ACSR	4	2	1/0	3/0
K kg. ³ /cm ⁶	0.00399	0.00399	0.00399	0.00399
K kg./mm ² °C	0.1536	0.1536	0.1536	0.1536
a m	175 ± 25	175 ± 25	175 ± 25	125 ± 25
s kg.	166.0176	253.1088	388.2816	605.556
m unitario	1	1	1	1
m' unitario	1	1	1	1
Tf °C	50	50	50	50
ti °C	16	16	16	16

Cu	4	2	1/0	3/0
K	0.037127	0.035966	0.035966	0.035966
k	0.190336	0.184388	0.184388	0.184388
a	100	100	100	100
s	143.7	214.188	336.116	527.264
m	1	1	1	1
m'	1	1	1	1
Tf	50	50	50	50
ti	16	16	16	16

NOTA S : 20 % de la tensión de ruptura.

A N E X O 3

VALORES PARA LOS POSTES EN ESTUDIO.

	I (Kg)	J (m)	H (m)	h1(m)	CcD (Kg)	Cc por columna
1° Valor	1,140.00	0.16588	0.3533	15.7	1,337.386	2 510.26
2° Valor	1,140.00	0.16366	0.3374	13.9	1,323.97	2 778.296
3° Valor	1,090.00	0.1496	0.3024	13.0	1,026.275	2 103.35
4° Valor	1,090.00	0.1509	0.3055	11.2	1,150.173	2 945.799
5° Valor	1,090.00	0.1498	0.2769	10.3	1,058.285	2 661.8685
6° Valor	1,344.95	0.1798	0.2896	7.6	1,800.92	7 158.232

Parametros de los postes en (m):

	A 3	C 1	C 2	D 1	E 1	F 1	F 2
1° Valor	7.85	14.95	14.70	15.19	15.19 + 0.5 df	15.40	15.40
2° Valor	6.95	13.15	12.90	13.39	13.39 + 0.5 df	13.60	13.60
3° Valor	6.50	12.25	12.00	12.49	12.49 + 0.5 df	12.70	12.70
4° Valor	5.60	10.45	10.20	10.69	10.69 + 0.5 df	10.90	10.90
5° Valor	5.15	9.55	9.30	9.70	9.70 + 0.5 df	10.00	10.00
6° Valor	3.8	6.85	6.60	7.09	7.09 + 0.5 df	7.30	7.30

G

1° Valor	15.885 + 0.5 df
2° Valor	14.085 + 0.5 df
3° Valor	13.185 + 0.5 df
4° Valor	11.385 + 0.5 df
5° Valor	10.485 + 0.5 df
6° Valor	7.785 + 0.5 df

ANEXO 4

Estructura Tipo	Tensión (KV)	Poste	Conductor Cu	Deflexión max. permisible	Postera de madera		Cruce ta		Alfiler
					Libramiento	Res. Mec	Separación Cargas.		Resistencia
						FS=3	eléctricas verticales		mecánica
CLAROS INTERMEDIOS (m)									
P	7.6/13.2	10.67m 1088 Kg clase IV	4	0 -15°	130	214	224	3334	150
			2	0 -10°	124	185	224	2055	150
			1/0	0 - 5°	125	181	244	1293	150
			3/0	0°	124	236	266	812	217
P P	7.6/13.2	10.67m 1088 Kg clase IV	4	15 -40°	130	1994	218	7199	150
			2	10 -25°	124	1513	222	4438	150
			1/0	5 -15°	125	1227	243	2791	150
			3/0	0 -10°	124	974	266	1755	150
R-2M	7.6/13.2	10.67m 1088 Kg clase IV	4	0°	130		220	7199	NO
			2	0°	124	375	219	4438	Existe
			1/0	0°	125	298	239	2791	Limita-
			3/0	0°	124	236	260	1755	ción.

Estructura tipo	Tensión (kv)	Poste	Conductor Cu	Deflexión max. permisible	Postería de madera		c r u c e t a		afilera
					Libramiento	Res. Mec. FS-3	Separación Cargas. eléctrica verticales		Resistencia mecánica
					C L A R O S I N T E R P O S T A L E S (m)				
RR-2M	7.6/13.2	10.67 1000 (IV)	4	60°	130	2585	204	7,199	No
			2	60°	124	1585	204	4,438	existe
			1/0	60°	125	801	221	2,791	Limita-
			3/0	60°	124	319	241	1,755	ción.
HA-1M	7.6/13.2	10.67 1088 (IV)	4	60°	117	6554	347	5,212	No
			2	60°	112	4354	346	3,213	Existe
			1/0	60°	113	2988	376	2,021	Limita-
			3/0	60°	112	3848	410	1,270	ción.
HS-2M	7.6/13.2	10.67 1088 (IV)	4	0°	110	1183	373	2,630	NO
			2	0°	105	926	372	1,621	Existe
			1/0	0°	106	656	405	1,020	Limita-
			3/0	0°	105	520	441	641	ción.

P R O G R A M A .

```

10 CLEAR:CLS
20 DEFINI I=1
30 DIM PV(I)
40 DIM NOS(11),DF(11),W(11)
50 DIM AI(5),AJ(5),HI(5),HI(5),CC(5),A3(5),CI(5),C2(5),DI(5),EI(5),F1(5),F2(5),G(5)
60 DIM CR(11,5,6),MD(6),CF(11,4),CA(11),CN(11,5,1)
70 READ CC
80 FOR I = 1 TO 3
90 READ PV(I)
100 NEXT I
110 FOR I = 1 TO 11
120 READ NOS(I), DF(I), W(I)
130 NEXT I
140 FOR I = 1 TO 5
150 READ AI(I),AJ(I),HI(I),HI(I),CC(I),A3(I),CI(I),C2(I),DI(I),EI(I),F1(I),F2(I),G(I)
160 NEXT I
170 FOR N=1 TO 3
175 PRINT : PRINT:PRINT"CALCULO DE CLAROS PARA PRESION DE VIENTO DE": PV(M):PRINT:PRINT
180 FOR I=1 TO 11
190 FOR J=1 TO 5
200 CR (I,J,1)-(AI(J)/3*F1(J)-2*DI(J)-(G(J)+.5*DF(I))-(AJ(J)-H(J))/2*HI(J)*PV(M)*A3(J))/(2*PV(M)*DF(I)*(EI(J)+.5*DF(I))+PV(M)*DI(I)*G(J)+.5*DF(I))
210 CR (I,J,2)-(AI(J)/3*F1(J)-4*DI(J)-2(G(J)+.5*DF(I))-(AJ(J)-H(J))/2*HI(J)*PV(M)*A3(J))/4*PV(M)*DF(I)*(EI(J)+.5*DF(I))+2*PV(M)*DF(I)*G(J)+.5*DF(I))
220 CR (I,J,3)-(2*AI(J)/3*F2(J)-12*C2(J)-OU(J)-H(J))*HI(J)*PV(M)*A3(J))/(3*PV(M)*DF(I)*C2(J))
230 CR (I,J,4)-(2/3*CC(J)-12*C2(J)-(AJ(J)-H(J))*HI(J)*PV(M)*A3(J)/C2(J))/(3*PV(M)*DF(I)*C2(J))
240 CR (I,J,5)-(2/3*AI(J)+2*(J)-6*(C2(J)-.4324)-(AJ(J)-H(J))*HI(J)*PV(M)*A3(J))/(3*PV(M)*DF(I)*G2(J)-.4324)
250 CR (I,J,6)-(2/3*CC(J)-6*(C2(J)-.4325)/C2(J)-(AJ(J)-H(J))*HI(J)*PV(M)*A3(J)/C2(J))/(3*PV(M)*DF(I)*G2(J)-.4324)/C2(J)
260 NEXT J
270 NEXT I
275 PRINT:PRINT:PRINT"CLAROS POR RESISTENCIA MECANICA DEL POSTE":PRINT
280 FOR I = 1 TO 11
290 FOR K = 1 TO 6
300 OP = 0
310 FOR J = 1 TO 5
320 IF CR(I,J,K) . OP THEN OP = CR(I,J,K) : MD(K)=J
330 NEXT J,K
340 PRINT:PRINT:PRINT"CONDUCTOR": NOS(I):PRINT
350 PRINT" ESTRUCTURA "
360 PRINT"POSTE P. PP. HAS/cv. HAC/cv. HSA/cv. HSC/cv."
370 FOR J=1 TO 5
380 PRINT USING "### " : J;
390 FOR K = 1 TO 6
400 PRINT USING " ###.### " : CR (I,J,K);
410 NEXT K
420 PRINT
430 NEXT J

```

```

442 PRINT:PRINT "OPTIMO";
450 FOR K=1 TO 5
460 PRINT USING " # " :MO(K);
470 NEXT K
480 PRINT
490 NEXT I
510 FOR I=1 TO 11
520 C1(1,1)=597.169/W(1)
530 C1(1,2)=C1(1,1)*2
540 C1(1,3)=164.876/W(1)
550 C1(1,4)=74.0684/W(1)
560 NEXT I
565 PRINT:PRINT:PRINT "CLAROS POR RESISTENCIA MECANICA DE LA CRUCETA (CARGA VERTICAL): PRINT
570 PRINT:PRINT"
600 PRINT "CONDUCTOR P PP ESTRUCTURA" HA MS"
603 FOR I=1 TO 11
605 PRINT USING "/ " :NO5(I);
610 FOR J=1 TO 4
620 PRINT USING "###.###" :C1(I,J);
630 NEXT J
640 PRINT
650 NEXT I
710 FOR I=1 TO 11
720 CA (I)=100/PV(M)/DF(1)
730 NEXT I
735 PRINT:PRINT:PRINT"CLAROS POR RESISTENCIA MECANICA DEL ALFILER": PRINT
740 PRINT:PRINT " CONDUCTOR CLAROS:PRINT
745 FOR I=1 TO 11
750 PRINT USING "/ / ###.###":NO5(I);CA(I)
760 NEXT I
810 FOR I=1 TO 11
820 FOR J=1 TO 5
830 CM(I,J,1)=CR(I,J,2)-(AI(J)/3)*I(J)-CE*C1(J)*.70710678)/(4*PV(M)*DF(1)*(E1(J)-.5*DF(I))-2*PV(M)*DF(1)*(E(J)+.5*DF(I)))
840 CM(I,J,2)=CR(I,J,3)-(2*AI(J)/3)*2(J)-4*CE*C2(J)*.70710678)/(3*PV(M)*DF(1)*C2(J))
850 CM(I,J,3)=CR(I,J,4)-(2*CC(J)/3)-4*CE*O1(J)*.70710678)/(3*PV(M)*DF(1)*C2(J))
860 NEXT J
870 NEXT I
875 PRINT:PRINT:PRINT"CLAROS POR RETENIDA": PRINT.
880 FOR I=1 TO 11
890 FOR K=1 TO 3
900 OP=0
910 FOR J=1 TO 5
920 IF CM(I,J,K)>OP THEN OP=CM(I,J,K):MO(K)=J
930 NEXT J,K
940 PRINT:PRINT:PRINT " CONDUCTOR " :NO5(I)
950 PRINT:PRINT " ESTRUCTURA"

```

```

960 PRINT " POSIE          PP          HAS/cv          HAc/cv"
970 FOR J=1 TO 5
980 PRINT USING "###" ";J";
990 FOR K=1 TO 3
1000 PRINT USING " #####.###";CN(L,J,K);
1010 NEXT K
1020 PRINT
1030 NEXT J
1040 PRINT:PRINT "OPTIMO";
1050 FOR K=1 TO 3
1060 PRINT USING " # " ";MO(K);
1070 NEXT K
1080 PRINT
1090 NEXT I
1100 NEXT M
10000 END
10010 DATA 3630
10020 DATA 39,47,55
10030 DATA "ACSR 477 HAWK", .0218,9749
10040 DATA "ACSR 2 SPARROW",.008026,.13644
10050 DATA "ACSR 1/0 RAVEN",.010109,.21679
10060 DATA "ACSR 3/0 PIGEON", .01275,.34476
10070 DATA "ACSR 266.8 PARTRIDGE",.016306,.54578
10080 DATA "ACSR 336.4 LINNET",.018313,.68843
10090 DATA "COBRE 250", .01458,1.149
10100 DATA "COBRE 300",.01595,1.379
10110 DATA "COBRE 2",.0074168,.3050311
10120 DATA "COBRE 1/0",.0093472,.4848924
10130 DATA "COBRE 3/0",.0117856,.7113173
10140 DATA 1140,.16588,.3533,15.7,1337.386,7.85,14.95,14.7,15.186,15.186,15.4,15.4,15.8849
10150 DATA 1160,.16366,.1774,13.9,1323.87,6.95,12.15,12.2,13.305,13.386,13.6,13.6,14.0854
10160 DATA 1090,.1496,.3024,13,1026.275,6.5,12.25,12,12.486,12.486,12.7,12.7,13,1849
10170 DATA 1090,.1509,.3055,11.2,1150.173,5.6,10.45,10.2,10.686,10.686,10.9,10.9,11,3849
10180 DATA 1090,.1498,.27693,10.3,1058.285,5.15,9.55,9.3,9.786,9.786,10,10,10.4849

```

VALORES DE CLASE PARA REGION DE MICHIO DE 39

CLASE POR RESISTENCIA MECANICA DEL PASE

INDUCTOR ACER 477 HARR

CLASE	P		ESTRUCTURA			
	1	2	HAS/60	HAS/20	HAS/60	HAS/20
1	150.0000	70.0000	351.0000	28.0000	784.0000	382.0000
2	170.0000	70.0000	329.0000	23.0000	343.0000	370.0000
3	140.0000	70.0000	313.0000	19.0000	327.0000	320.0000
4	140.0000	70.0000	311.0000	20.0000	320.0000	320.0000
5	140.0000	70.0000	312.0000	20.0000	320.0000	320.0000

OPRIMO 1 1 1 5 1 1

INDUCTOR ACER 120 HARR

CLASE	P		ESTRUCTURA			
	1	2	HAS/60	HAS/20	HAS/60	HAS/20
1	431.0000	210.0000	900.0000	50.0000	720.0000	1030.0000
2	420.0000	210.0000	871.0000	40.0000	722.0000	1021.0000
3	420.0000	200.0000	850.0000	31.0000	667.0000	780.0000
4	421.0000	170.0000	830.0000	21.0000	670.0000	667.0000
5	370.0000	170.0000	810.0000	21.0000	667.0000	613.0000

OPRIMO 1 1 1 5 1 1

INDUCTOR ACER 170 HARR

CLASE	P		ESTRUCTURA			
	1	2	HAS/60	HAS/20	HAS/60	HAS/20
1	340.0000	170.0000	710.0000	40.0000	741.0000	820.0000
2	320.0000	160.0000	710.0000	30.0000	710.0000	811.0000
3	320.0000	150.0000	670.0000	20.0000	720.0000	631.0000
4	310.0000	150.0000	677.0000	20.0000	710.0000	720.0000

	311.0000	39.0000	57.0000	59.0000	712.0000	845.0000
OPTIMO	1	1	1	5	1	1

CONDUCTOR ACBR 370 PITCHER

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAc/cv	HAc/cv	HG/cv	HG/cv
1	271.0000	134.9300	559.7500	35.4000	500.0000	624.8000
2	220.0000	139.1000	563.0000	30.4000	529.7000	643.0000
3	254.0000	120.1600	535.6200	32.5000	557.0000	580.9000
4	222.0000	129.0000	537.0000	44.7000	560.0000	530.7000
5	247.0000	123.0500	534.7000	44.0000	565.0000	511.0000

OPTIMO 1 1 1 5 1 1

CONDUCTOR ACBR 266.0 PARTRIDGE

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAc/cv	HAc/cv	HG/cv	HG/cv
1	212.0000	102.0000	443.1600	27.0000	459.0000	511.6000
2	207.0000	104.1100	440.0000	31.0000	458.0000	503.0000
3	190.0000	99.0000	410.0000	25.0000	437.0000	391.0000
4	177.0000	97.0000	420.1000	35.0000	442.0000	430.0000
5	175.0000	96.0000	410.0000	35.0000	441.0000	400.0000

OPTIMO 1 1 1 5 1 1

CONDUCTOR ACBR 336.4 LINNET

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAc/cv	HAc/cv	HG/cv	HG/cv
1	109.0000	93.0000	374.5000	24.0000	407.0000	453.0000
2	100.0000	92.0000	373.0000	20.0000	400.0000	447.0000
3	177.0000	87.0000	373.0000	22.0000	399.0000	340.0000
4	175.0000	87.0000	373.0000	31.0000	393.0000	359.0000
5	173.0000	86.0000	373.0000	31.0000	393.0000	356.0000

OPTIMO 1 1 1 5 1 1

CONDUCTOR COBRL 250

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAc/cv	HAc/cv	HG/cv	HG/cv

ITEM	PP	PP	PP	PP	PP	PP
1	217.5113	187.0213	473.3576	20.2847	470.1923	522.6233
2	216.4013	186.4373	430.1163	32.3376	429.1150	514.2133
3	203.2770	183.0360	420.1640	25.9539	447.6240	430.4433
4	201.0213	182.1000	429.2530	33.2807	422.0670	410.6110
5	190.5953	175.9537	427.4260	35.0511	431.7970	409.1740

CONDUCTOR CODE 300

ITEM	ESTRUCTURA					
	P	PP	HAc/3v	HAc/2v	HCl/2v	HCl/1v
1	217.5113	187.0213	473.3576	20.2847	470.1923	522.6233
2	216.4013	186.4373	430.1163	32.3376	429.1150	514.2133
3	203.2770	183.0360	420.1640	25.9539	447.6240	430.4433
4	201.0213	182.1000	429.2530	33.2807	422.0670	410.6110
5	190.5953	175.9537	427.4260	35.0511	431.7970	409.1740

CONDUCTOR CODE 2

ITEM	ESTRUCTURA					
	P	PP	HAc/3v	HAc/2v	HCl/2v	HCl/1v
1	467.4613	221.0323	974.3100	68.0704	1011.1700	1124.4403
2	461.4013	221.9733	927.7240	57.5471	1003.9500	1103.7033
3	437.2213	214.9533	923.7770	33.9347	915.6370	861.1633
4	431.2133	211.4333	923.7640	76.9703	972.1010	920.1470
5	427.4160	212.9033	917.1903	77.0706	971.6033	877.9433

CONDUCTOR CODE 100

ITEM	ESTRUCTURA					
	P	PP	HAc/3v	HAc/2v	HCl/2v	HCl/1v
1	310.0770	171.0770	771.0940	40.2974	605.3420	670.2170
2	304.0710	161.0710	750.0710	35.1011	603.3770	677.5230
3	246.0730	172.1110	733.0160	44.3572	763.0230	503.3160
4	215.2750	170.9270	732.7070	61.0701	771.4070	762.0940
5	160.0770	160.9770	729.3500	61.1761	770.9440	690.2160

CATEG	CONSTRUCTORA					
	PP	MAZDA	MANZANA	IPSA	IPSA	IPSA
1	274.1270	145.7510	419.1430	30.2814	526.3420	729.6230
2	270.3120	144.0720	527.1020	43.7427	624.9420	678.9720
3	275.1510	136.4620	577.4510	35.1314	625.7710	541.9420
4	273.2270	137.2470	531.3340	40.4520	511.2520	574.4120
5	273.1770	134.0010	570.4320	40.5170	611.4320	523.7570

CATEG 1 1 1 5 1 1

CLAVES POR RESISTENCIA MECANICA DE LA CRUJETA (CARGA VERTICAL)

CONSTRUCTORA	CONSTRUCTORA				
	P	PP	MA	MA	IPSA
ACER 477 HAMB	612.5440	1225.0720	1079.4112		714.0754
ACER 477 HAMB	4374.7700	8750.0000	12009.4100		5421.0040
ACER 477 HAMB	2754.5000	5507.1020	720.5330		241.6600
ACER 477 HAMB	1720.0000	3464.0000	470.1500		219.6100
ACER 477 HAMB	1074.1640	2148.3280	301.0720		133.7110
ACER 477 HAMB	627.4220	1254.8440	173.1720		107.5700
ACER 477 HAMB	510.7250	1021.4500	143.4720		64.4634
ACER 477 HAMB	433.0450	866.0900	119.5620		53.7117
ACER 477 HAMB	1037.7000	2075.4000	290.5420		121.0230
ACER 477 HAMB	1231.5500	2463.1000	343.0260		152.7520
ACER 477 HAMB	774.1200	1548.4400	213.7500		96.0204

CLAVES POR RESISTENCIA MECANICA DEL ALFILER

CONSTRUCTORA	CLARO
ACER 477 HAMB	1170.6170
ACER 477 HAMB	319.4730
ACER 477 HAMB	223.0100
ACER 477 HAMB	201.1000
ACER 477 HAMB	170.1150
ACER 477 HAMB	140.0130
ACER 477 HAMB	175.0040
ACER 477 HAMB	167.1270
ACER 477 HAMB	520.3120
ACER 477 HAMB	277.1100
ACER 477 HAMB	217.5020

CLAROS POR RETENIDA

CONDUCTOR ACSR 477 HAWK

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAz/cv	HAc/cv
1	492.074	4044.720	4090.770
2	408.984	4010.500	4100.250
3	400.907	4037.150	4105.930
4	483.300	4035.230	4120.700
5	480.496	4031.700	4130.100

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 2 SPARROW

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAz/cv	HAc/cv
1	1337.150	10986.200	11111.300
2	1320.040	10974.900	11137.000
3	1323.250	10965.000	11152.400
4	1313.500	10960.400	11192.000
5	1306.010	10951.000	11218.100

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 1/0 RAVEN

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAz/cv	HAc/cv
1	1061.500	0722.420	0821.770
2	1054.750	0713.510	0842.170
3	1050.500	0706.090	0854.420
4	1042.790	0701.750	0886.450
5	1036.790	0694.520	0906.560

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 3/0 PIGEON

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAz/cv	HAc/cv
-------	----	----------------------	--------

1	841.574	6913.800	6774.450
2	836.340	6905.220	7010.630
3	832.816	6902.730	7020.340
4	826.690	6899.460	7045.730
5	821.926	6893.560	7061.660

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 266.0 PARTRIDGE

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	657.906	5407.520	5469.110
2	653.072	5401.770	5481.750
3	651.105	5397.370	5487.350
4	646.391	5394.030	5507.210
5	642.567	5390.220	5521.660

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 336.4 LINNET

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	585.036	4814.800	4867.720
2	582.147	4807.970	4880.980
3	579.702	4805.070	4887.750
4	575.417	4803.590	4905.430
5	572.080	4799.400	4916.520

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR C08BC 250

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	735.920	6017.670	6116.550
2	731.325	6011.490	6130.690
3	728.233	6006.340	6137.180
4	722.060	6003.480	6161.390
5	718.676	6000.320	6175.320

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 1/0

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAc/cv
1	472.679	5520.210	5991.180
2	468.475	5500.560	5801.110
3	465.047	5517.800	5611.070
4	460.737	5515.240	5632.170
5	455.920	5510.530	5644.900

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 2

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAc/cv
1	1447.010	11000.500	12024.000
2	1439.020	11875.400	12051.800
3	1431.970	11866.300	12060.500
4	1421.490	11800.700	12110.100
5	1413.200	11850.500	12139.500

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 1/0

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAc/cv
1	1148.100	9433.300	9540.740
2	1140.700	9423.670	9562.010
3	1130.100	9415.640	9576.050
4	1127.820	9411.170	9610.700
5	1121.330	9403.130	9632.420

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 3/0

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAc/cv
1	710.471	7481.590	7566.800
2	704.017	7473.740	7584.300
3	690.970	7467.500	7594.000
4	694.377	7464.030	7622.200
5	807.225	7457.650	7639.510

OPTIMO 3
 CALCULO DE CLASES PARA OPERACION DE VIENTO DE 47

ESTATE CON RESISTENCIA MECANICA DEL POSTE

CONDUCTOR ACCR 477 HAWK

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAS/2V	HAC/2V	HBS/2V	HSC/2V
1	131.0750	66.4401	379.1470	17.4626	227.6700	321.6550
2	131.7920	65.4081	375.5000	19.0744	228.3610	315.7010
3	132.5090	64.3760	371.8530	20.6862	229.0520	309.7470
4	133.2260	63.3440	368.2060	22.2980	229.7430	303.7930
5	133.9430	62.3120	364.5590	23.9098	230.4340	297.8390

OPTIMO 3 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACCR 2 SPARROW

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAS/2V	HAC/2V	HBS/2V	HSC/2V
1	343.7300	163.9640	750.2120	47.4310	702.0140	873.6700
2	343.1310	177.7500	751.1510	54.0420	703.1030	857.3520
3	342.5320	169.1270	713.6610	43.2010	742.0360	660.2350
4	341.9330	156.7570	715.0000	37.8750	752.1730	743.4920
5	341.3340	164.4900	707.9650	37.6707	750.4330	600.1200

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACCR 170 RAVEN

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAS/2V	HAC/2V	HBS/2V	HSC/2V
1	200.7670	143.3320	601.9000	37.6579	624.6000	573.6470
2	200.3710	141.1120	570.6120	42.9264	621.0000	500.3500
3	200.0470	133.4730	566.6000	34.5001	592.3100	530.5430
4	200.0750	132.3850	567.7040	47.3748	577.4200	570.2720
5	200.2010	130.5090	563.6740	47.3753	595.7790	539.9700

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACBR 3/8 RIGIDON

POSTE			ESTRUCTURA			
	P	PP	HAs/ev	HAc/ev	HGs/ev	HSc/ev
1	225.9243	113.4333	477.2878	29.8876	473.3923	347.9678
2	215.4118	111.8723	473.0313	31.8109	473.0868	339.0733
3	213.1773	109.9173	449.1438	27.3339	469.8233	422.8433
4	211.8623	107.9513	458.1278	37.5774	473.2878	463.0213
5	209.7163	103.3533	463.9163	37.3321	473.0713	453.1213

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACBR 264.0 PARTRIDGE

POSTE			ESTRUCTURA			
	P	PP	HAs/ev	HAc/ev	HGs/ev	HSc/ev
1	178.0333	88.0117	373.2318	23.3422	367.1993	436.0333
2	176.3333	87.4241	367.8733	24.6001	367.1923	423.0733
3	166.7533	81.7267	351.2733	21.4121	367.2333	323.9133
4	163.4333	81.0476	351.7643	29.3327	374.2333	363.7533
5	163.1733	80.9341	349.4533	29.3786	369.3573	334.7633

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACBR 336.4 LINNET

POSTE			ESTRUCTURA			
	P	PP	HAs/ev	HAc/ev	HGs/ev	HSc/ev
1	159.2613	79.1333	333.3333	20.7876	344.8333	323.7813
2	156.7878	77.8723	329.3378	23.2347	343.2443	373.8378
3	148.4713	73.6547	312.7733	19.0234	326.7643	323.0623
4	147.2633	72.8337	313.3913	26.1623	327.7733	323.0478
5	143.2753	72.3367	311.1533	26.1513	328.0778	323.0733

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACBR 333

POSTE			ESTRUCTURA			
	P	PP	HAs/ev	HAc/ev	HGs/ev	HSc/ev
1	200.1333	97.3643	417.3813	26.1163	433.1263	463.7333

1	171.1337	81.5714	171.5720	24.2400	431.1270	471.0120
2	159.1710	71.0710	321.0540	23.7209	412.3750	367.0120
4	121.7200	71.7720	273.6300	32.0511	414.2520	409.2760
5	102.5220	58.5220	392.0210	32.0475	413.0220	374.3920

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 303

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HA2/cv	HA3/cv	HA4/cv	HA5/cv
1	152.0000	90.0257	301.0210	23.0670	302.0210	420.0200
2	120.1500	81.4170	370.1120	27.1700	374.0700	431.1120
3	170.4020	81.5740	359.1110	21.5720	375.4240	336.2540
4	109.0710	83.0320	357.0200	30.0300	373.0200	374.1200
5	166.0170	82.7420	357.2520	30.0220	377.0010	342.2350

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 2

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HA2/cv	HA3/cv	HA4/cv	HA5/cv
1	312.0110	159.0770	622.4700	51.0270	621.4420	540.4010
2	307.5700	172.3500	612.1740	50.1007	647.0120	727.7070
3	366.7500	101.9410	772.2000	47.0747	607.3140	720.1230
4	353.7710	103.4020	773.0200	64.5785	614.0310	584.5010
5	350.0070	176.0150	760.2770	64.5719	612.0290	731.9030

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 170

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HA2/cv	HA3/cv	HA4/cv	HA5/cv
1	312.0110	159.0100	651.0410	49.7170	670.0000	750.1790
2	307.5700	172.3500	612.1740	50.1007	647.0120	727.7070
4	280.0300	143.1000	513.7740	51.0270	511.1400	410.4010
5	284.7500	141.2370	609.6130	51.2304	644.3300	583.9870

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 370

ITEM	P	P	ESTRUCTURA			P	P
			PC	PA	PD		
1	247.4750	121.9710	514.3430	32.8200	531.0210	554.9700	
2	243.8010	121.0210	511.7370	30.8026	533.3460	553.9700	
3	230.7400	114.4770	460.0240	27.6247	500.0510	455.0300	
4	200.8120	110.5710	400.7300	26.0025	512.1400	500.3100	
5	229.8070	115.0000	437.4060	23.6350	511.0290	463.1620	
OPTIMO	1	1	1	4	1	1	

CLASES POR RESISTENCIA MECANICA DE LA CRUZETA (CARGA VERTICAL)

CONDUCTOR	P	ESTRUCTURA			P
		PC	PA	PD	
ACCR 477 HAWK	612.5440	1225.0700	167.1210	73.9754	
ACCR 2 SPARROW	4374.0700	8733.5000	1200.4100	540.0340	
ACCR 170 POWER	2754.0000	5507.1000	740.5500	341.6000	
ACCR 740 PIGEON	1700.0000	3404.0000	470.0000	214.0000	
ACCR 200.0 PARTRIDGE	1074.1000	2100.3100	302.0700	139.7110	
ACCR 200.4 LINDSET	507.4000	1734.0700	239.4700	107.9000	
COBRE 200	519.7500	1037.4000	143.4700	64.4000	
COBRE 300	400.0000	800.0000	119.5600	53.9117	
COBRE 2	100.7000	201.4000	30.0000	14.0000	
COBRE 170	1031.5000	2063.1000	340.0000	150.7500	
COBRE 370	774.0000	1540.4000	213.7500	96.0000	

CLASES POR RESISTENCIA MECANICA DEL ALFILER

CONDUCTOR	CLARO
ACCR 477 HAWK	97.3971
ACCR 2 SPARROW	269.0060
ACCR 170 POWER	210.4700
ACCR 740 PIGEON	144.0750
ACCR 200.0 PARTRIDGE	100.4000
ACCR 200.4 LINDSET	114.1000
COBRE 200	145.9000
COBRE 300	100.0000
COBRE 2	236.0000
COBRE 170	227.4200
COBRE 370	100.5000

CONDUCTOR ACCR 4/77 HAWK

POSTE	PP	ESTRUCTURA	
		HAc/cv	HAc/cv
1	409.290	3360.350	3394.770
2	409.290	3358.220	3402.400
3	404.691	3352.780	3407.200
4	431.610	3350.920	3419.620
5	399.147	3347.410	3427.310

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACCR 2 SPARROW

POSTE	PP	ESTRUCTURA	
		HAc/cv	HAc/cv
1	1112.200	7127.290	9220.770
2	1124.830	9115.070	9242.050
3	1077.810	9105.720	9254.770
4	1071.540	9101.510	9288.270
5	1084.700	7072.150	7309.160

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACCR 1/0 RAVEN

POSTE	PP	ESTRUCTURA	
		HAc/cv	HAc/cv
1	882.947	7246.580	7320.790
2	877.111	7237.220	7337.680
3	873.115	7230.240	7347.700
4	866.540	7226.110	7374.300
5	861.261	7210.670	7390.970

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACCR 3/0 PIGEON

POSTE	PP	ESTRUCTURA	
		HAc/cv	HAc/cv
1	700.012	5745.310	5804.300

2	275.511	3753.473	5317.733
3	372.133	5731.373	5325.773
4	466.264	5719.313	5846.873
5	632.772	5723.423	5860.023

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 266.8 PARTRIDGE

POSTE	PP	ESTRUCTURA HA# / cv	HAc / cv
1	547.291	4492.563	4538.573
2	543.646	4407.033	4549.043
3	541.161	4482.433	4555.333
4	537.361	4477.873	4571.773
5	533.779	4475.263	4582.873

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 336.4 LINNET

POSTE	PP	ESTRUCTURA HA# / cv	HAc / cv
1	487.277	4088.333	4041.173
2	484.030	3995.233	4050.493
3	481.015	3991.133	4056.873
4	478.131	3973.933	4070.753
5	475.233	3974.033	4079.933

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 250

POSTE	PP	ESTRUCTURA HA# / cv	HAc / cv
1	612.114	5024.373	5075.053
2	608.042	5019.213	5087.563
3	605.265	5013.873	5094.573
4	600.690	5010.203	5113.013
5	597.023	5005.053	5124.513

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 300

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	557.512	4592.830	4639.870
2	565.780	4587.100	4620.570
3	553.247	4502.430	4636.930
4	549.860	4579.060	4673.030
5	545.702	4575.140	4684.340

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 2

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	1230.580	9870.970	9770.140
2	1175.410	9834.040	10001.200
3	1190.170	9854.720	10014.900
4	1181.230	9817.070	10051.200
5	1174.040	9830.950	10373.000

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 1/0

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	954.953	7837.170	7917.440
2	940.422	7827.540	7935.710
3	944.302	7810.510	7946.630
4	937.192	7815.040	7975.400
5	931.409	7807.000	7993.330

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR COBRE 3/0

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	757.314	6215.670	6279.350
2	752.289	6200.050	6293.340
3	740.050	6201.600	6302.500
4	743.211	6190.130	6325.320
5	730.670	6191.760	6339.540

CALCULO DE CLASE PARA PRESION DE VIENTO DE 55

CLASE POR RESISTENCIA MECANICA DEL POSTE

CONDUCTOR ACOR 477 MARK

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA		H21/2V	H22/2V
			H1A1/2V	H1A2/2V		
1	112.0500	57.6004	242.0370	15.1603	251.1453	270.4650
2	113.0211	52.3771	237.3110	17.2207	247.3940	272.7920
3	107.6740	52.4302	228.7210	13.0037	237.1940	272.7190
4	106.6677	52.0210	227.0010	15.0002	238.9530	272.1210
5	105.0160	52.0214	224.0770	10.9462	237.7760	272.6660
OPTIMO	1	1	1	4	1	1

CONDUCTOR ACOR 2 SPARROW

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA		H21/2V	H22/2V
			H1A1/2V	H1A2/2V		
1	315.3510	156.5450	657.4190	41.1700	602.1490	750.3710
2	309.7000	153.0570	650.0070	36.7900	677.0700	740.0000
3	292.6740	145.2050	616.3560	37.7190	644.2650	577.7000
4	297.9530	142.0340	618.7070	31.9750	649.0360	641.3450
5	285.4300	141.5070	611.0770	31.4620	645.0470	505.7070
OPTIMO	1	1	1	4	1	1

CONDUCTOR ACOR 170 PAVEN

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA		H21/2V	H22/2V
			H1A1/2V	H1A2/2V		
1	250.3570	124.2000	521.9330	32.6931	541.5070	600.5100
2	245.9200	122.0500	512.0720	37.1492	537.0170	590.2740
3	232.3400	115.0750	467.3530	29.7444	511.5110	450.7260
4	230.1000	114.1740	489.7050	40.9100	515.3000	509.1730
5	226.9700	112.4010	405.1620	40.0503	512.7600	460.0040

OPTIMS 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACCE 378 RINGGON

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V
1	102.1000	70.5001	413.0300	32.7211	425.4700	474.1200
2	171.0000	70.5001	391.1700	17.1200	425.4700	554.1200
3	102.1000	70.5001	391.0000	17.7410	425.4500	553.7000
4	102.1000	70.5000	391.0000	32.4000	425.4500	482.7100
5	171.0000	67.1000	394.0000	32.3900	424.9500	525.7400

OPTIMS 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACCE 366.3 PARTRIDGE

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V
1	132.1000	71.0000	311.0000	12.0000	323.0000	374.0000
2	132.4000	70.0000	312.7000	23.0000	333.0000	384.0000
3	142.0000	71.4000	333.0000	16.0000	349.0000	394.0000
4	142.0000	70.7000	333.0000	25.0000	358.0000	419.0000
5	142.4000	67.0000	333.0000	25.0000	358.0000	400.0000

OPTIMS 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR ACCE 376.4 LINNET

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V	HAZ/6V
1	130.1000	40.5000	280.1200	10.0000	290.0000	331.4000
2	130.1000	40.5000	284.8000	22.5000	307.0000	324.7000
3	130.1000	40.5000	284.8000	22.5000	307.0000	324.7000
4	130.1000	40.5000	284.8000	22.5000	307.0000	324.7000
5	130.1000	40.5000	284.8000	22.5000	307.0000	324.7000

CONT
 157.0770 77.9152 326.2820 28.3290 335.5220 322.4640

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 330

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev
1	150.6400	77.7525	329.2120	23.7207	343.2360	320.2040
2	155.0240	77.3173	327.0070	23.5449	341.0350	318.0440
3	147.0070	73.0427	316.1370	18.9703	324.1920	299.7300
4	145.0010	72.3354	310.3720	23.9524	324.0930	322.7030
5	143.0750	71.2177	307.4930	23.0757	324.0070	294.7670

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 2

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev
1	341.2400	167.4060	711.4100	44.5402	730.1770	610.4970
2	330.2050	162.0070	703.3990	30.6337	733.0000	601.0090
3	312.7110	157.1350	677.7000	42.0130	677.1000	621.0000
4	313.7700	155.0040	667.4020	35.0110	702.3470	674.0000
5	307.0750	153.2210	661.2700	35.4074	690.0060	633.0000

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDUCTOR CODE 170

POSTE	P	PP	ESTRUCTURA			
			HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev	HAe/ev
1	270.7600	134.4120	564.4550	35.3570	593.7250	649.4600
2	265.7070	132.0170	550.1320	10.1709	591.0470	630.2100
3	251.2070	124.6740	529.2360	32.3049	553.2000	497.1130
4	240.7040	121.5000	527.0100	44.2053	537.1970	550.6920
5	245.0740	121.5660	524.7030	44.1803	534.5900	502.9800

OPTIMO 1 1 1 4 1 1

CONDICION COBRE 370

ITEM	P	PP	ESTRUCTURA			
			HA/704	HA/704	HA/704	HA/704
1	214.7330	184.5740	447.7330	28.0432	444.5640	315.0710
2	210.9330	181.0710	442.0370	31.0015	411.0355	283.0370
3	197.0370	98.0677	419.7370	35.6843	431.7430	373.4630
4	197.0370	97.7310	420.0410	35.1230	431.7590	423.7530
5	194.0400	96.4022	419.1440	35.0470	430.9120	380.9210

CONDICION 1 1 1 1 1 1

CARGO POR RESISTENCIA MECANICA DE LA CRUZETA (CARGA VERTICAL)

CONDICION	P	PP	ESTRUCTURA		
			HA	HA	HA
ACCR 170 BARR	412.0440	1225.0730	1227.1210		75.0714
ACCR 170 CAPRON	4370.7730	8702.0630	1223.4130		342.0610
ACCR 170 PIGLON	3730.4330	8500.1010	700.0230		341.1630
ACCR 170 PIGLON	1724.0730	2114.0030	470.0430		214.0130
ACCR 224-B PARTRIDGE	1074.1130	2100.3130	200.0230		133.7110
ACCR 224-L LINNET	207.4310	1704.0730	207.1030		107.0730
CONDICION 200	310.7230	1030.4230	147.4730		64.4230
CONDICION 300	431.0430	200.0730	110.0330		50.7110
CONDICION 400	190.7230	2710.1430	540.0130		240.0330
CONDICION 170	1001.0530	2462.1230	310.0230		132.7530
CONDICION 370	774.0230	1348.4430	213.7030		94.0230

CARGO POR RESISTENCIA MECANICA DEL ALFILER

CONDICION CARGO

ACCR 170 BARR	23.4310
ACCR 170 CAPRON	226.0370
ACCR 170 BARR	170.0330
ACCR 170 PIGLON	140.0330
ACCR 224-B PARTRIDGE	111.0310
ACCR 224-L LINNET	50.4537
CONDICION 100	120.7010
CONDICION 200	110.0030
CONDICION 300	210.1440
CONDICION 170	170.5110

154.2710
SOURCE 3/0

154.2710

CLAROS FOR RETENIDA

CONDUCTOR ACSR 477 HAWK

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAs/cv
1	350.500	2875.070	2901.220
2	340.105	2870.930	2907.980
3	346.001	2867.490	2911.080
4	343.000	2865.500	2922.430
5	341.463	2862.130	2928.940

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 2 SPARROW

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAs/cv
1	950.287	7809.100	7800.210
2	945.091	7797.950	7800.360
3	941.327	7789.600	7807.160
4	934.110	7783.400	7937.810
5	928.111	7774.030	7955.570

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 170 PAVEN

POSTE	PP	ESTRUCTURA HAs/cv	HAs/cv
1	756.331	6200.060	6256.460
2	751.000	6191.130	6270.870
3	747.333	6183.730	6279.450
4	741.562	6177.000	6302.190
5	736.793	6172.160	6316.290

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR ACSR 3/0 PIGEON

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	572.615	4915.000	4740.510
2	575.389	4900.730	4771.940
3	572.471	4902.850	4770.740
4	587.084	4899.570	4994.770
5	504.077	4973.680	5007.950
OPTIMO	1	1	5

CONDUCTOR ACSR 246.8 PARTRIDGE

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	460.790	3843.770	3878.730
2	465.400	3830.210	3897.660
3	463.221	3833.640	3892.980
4	457.625	3831.030	3987.000
5	456.630	3826.470	3919.820
OPTIMO	1	1	5

CONDUCTOR ACSR 336.4 LINNET

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	417.393	3422.510	3453.640
2	414.441	3417.570	3461.600
3	412.404	3413.470	3466.330
4	409.190	3411.210	3478.890
5	406.552	3407.110	3406.670
OPTIMO	1	1	5

CONDUCTOR OMBRE 250

POSTE	ESTRUCTURA		
	PP	HAs/cv	HAc/cv
1	524.324	4290.830	4337.900
2	520.624	4292.620	4347.070
3	510.879	4287.470	4353.840
4	514.050	4281.610	4367.610
5	510.739	4279.450	4379.300
OPTIMO	1	1	5

CONDUCTOR CODES 322

POSTE	PP	ESTRUCTURA	HAc/cv
1	477.267	3727.562	3765.300
2	475.802	3723.910	3774.430
3	473.348	3717.210	3779.870
4	469.071	3712.570	3794.250
5	466.038	3711.870	4003.220

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR CODES 2

POSTE	PP	ESTRUCTURA	HAc/cv
1	1030.960	8430.610	8527.470
2	1023.720	8433.400	8547.110
3	1010.710	8423.340	8558.800
4	1010.040	8422.710	8567.810
5	1004.370	8412.570	8607.020

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR CODES 170

POSTE	PP	ESTRUCTURA	HAc/cv
1	817.772	6705.370	6765.360
2	812.230	6695.730	6761.930
3	800.545	6687.710	6791.220
4	802.028	6683.240	6815.820
5	795.872	6675.170	6831.070

OPTIMO 1 1 5

CONDUCTOR CODES 370

POSTE	PP	ESTRUCTURA	HAc/cv
1	640.731	5310.050	5366.430
2	644.131	5310.310	5370.770
3	640.777	5304.040	5386.140
4	636.020	5300.500	5405.650
5	631.925	5294.120	5417.750

OPTIMO 1 1 5

Ready

SYSTEM DUAL OFF

Dual Routing now OFF

CONCLUSIONES.

Los resultados que se obtuvieron al hacer el análisis de las limitaciones que se presentarían en el tendido de líneas de distribución con -- postes de madera nacional (aunque para esto se propusieron condiciones -- ideales de tendido) nos pueden ayudar en un momento dado a determinar en que casos es recomendable utilizar posteria de madera de importación debi do al costo que representaría el montar una mayor cantidad de postes de -- madera mexicanos ya que por las limitaciones mecánicas de trabajo que pre senta, los claros intespostales serían más cortos en algunas estructuras.

Esto se debe analizar para el tendido de la línea en cuestión de que se trate en cada caso y de las diferentes estructuras que se requieran.

El presente trabajo únicamente da una base para la toma de decisiones -- en cuanto a que tipo de posteria conviene montar en una línea determina da por el costo que se tendría en cuanto a materiales y mano de obra.

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

Especificación para postes de madera: C.F.E. J6200-01-1979
Specifications and dimensions for wood poles ANSI 05.1 - 1979

Apoyos de ARBOL. Asesoría y Proyectos Integrales, S.A.
(Grupo Guadiana)

Método para el Cálculo de limitaciones Mecánicas y Eléctricas de --
Estructuras tipo en Distribución C.F.E.

Normas de Distribución Construcción C.F.E. 1973

Cálculo de Flechas y Tensiones C.F.E.

Standard Methods of static test of wood poles ASTM D 1036-58

Normas Técnicas para instalaciones eléctricas - Parte 2°

Líneas Aéreas y Subterráneas 1982 - Secretaría de Patrimonio y
Fomento Industrial.