

ESCUELA. POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO  
DE LINEAS DE TRANSMISION  
DE 6.3 Kv. A 46. Kv.  
CON PROGRAMA DIGITAL

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO, ESPECIALIZACIÓN  
POTENCIA

JORGE EDUARDO BRITO CASTILLO

QUITO, MARZO DE 1983



CERTIFICACION:

CERTIFICO QUE LA PRESENTE  
TESIS HA SIDO REALIZADA,  
EN SU TOTALIDAD, POR EL  
SEÑOR JORGE EDUARDO BRITO  
CASTILLO.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Milton Toapanta', is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized and cursive.

ING. MILTON TOAPANTA

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA:

A MIS PADRES

AGRADECIMIENTO:

A todas las personas que han colaborado para la realización de este trabajo, especialmente:

Ing. Milton Toapanta, Director de Tesis.  
Departamento de Construcción de Inecel:

Ing. James Narváez

Ing. Marco Torres

Ing. Renato Gudiño.

UNEPER:

Ing. César Orbe.

Departamento de Subtransmisión de Inecel.  
Centro de Cómputo de Inecel.

# INDICE

|  | <u>PAGINA</u> |
|--|---------------|
| INTRODUCCION, JUSTIFICACION Y  |               |
| OBJETIVO DEL TRABAJO .....   | 1             |
| CAPITULO I   |               |
| CALCULOS DEL CONDUCTOR Y DEL VANO  |               |
| ECONOMICOS   |               |
| 1.1- Resumen .....   | 4             |
| 1.2- Métodos existentes para el cálculo<br>de la sección del conductor econó-<br>mico .....  | 6             |
| 1.2.1- Cálculo del conductor eco-<br>nómico por medio del cono-<br>cimiento de las condicio -<br>nes de crecimiento de la<br>carga ..... | 6             |
| 1.2.2- Cálculo del conductor eco-<br>nómico debido al efecto<br>corona .....   | 7             |
| 1.2.3- Cálculo del conductor eco-<br>nómico por medio de la Ley<br>de Kelvin .....   | 10            |
| 1.3- Método empleado: Determinación del<br>conductor económico por medio de la<br>Ley de Kelvin .....                                    | 11            |
| 1.3.1- Enunciado de la Ley de Kel-<br>vin .....  | 11            |
| 1.3.2- Curva de carga a servirse   | 11            |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.3.3- | Costos de potencia y energía al comienzo de la línea .....  | 12 |
| 1.3.4- | Cargos fijos de inversión .....   | 13 |
| 1.3.5- | Gastos variables de producción .....  | 15 |
| 1.3.6- | Costo total anual de operación de la línea (CTAO) .....   | 17 |
| 1.3.7- | Determinación de la sección económica ...   | 18 |
| 1.4-   | Cálculo de flechas y tensiones en una línea .....   | 19 |
| 1.4.1- | Tensión máxima final y tensión inicial ...  | 19 |
| 1.4.2- | Cálculo de la flecha  | 19 |
| 1.4.3- | Vanos utilizados frecuentemente en el país para los niveles de voltaje analizados, y determinación del vano económico ..... | 21 |
| 1.4.4- | La ecuación de cambio de estado .....   | 21 |

## CAPITULO II

## AISLAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2.1- | Resumen .....   | 24 |
| 2.2- | Nivel de aislamiento .....  | 25 |
|      | 2.2.1- Tensiones eléctricas ....  | 25 |
|      | 2.2.2- Nivel de aislamiento ....  | 26 |
| 2.3- | Tipos y características de los aisladores para los niveles de voltaje analizados, según Normas ANSI ..... | 27 |
|      | 2.3.1- Para cadena de suspensión.   | 27 |
|      | 2.3.2- Aisladores espiga .....  | 29 |
| 2.4- | Grado de aislamiento .....  | 30 |
| 2.5- | Cálculo de la cadena de suspensión para los diferentes voltajes .....                                     | 36 |
|      | 2.5.1- Cálculo eléctrico .....  | 36 |
|      | 2.5.2- Cálculo mecánico .....   | 37 |
| 2.6- | Longitud de la cadena de aisladores   | 38 |
| 2.7- | Distancias de la cadena a la estructura .....   | 39 |
|      | 2.7.1- Distancia normal .....   | 39 |
|      | 2.7.2- Distancia mínima .....   | 40 |

## CAPITULO III

## TIPOS DE ESTRUCTURAS Y DIMENSIONES

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.1- | Resumen .....  | 42 |
| 3.2- | Uso de postes de madera .....                            | 44 |
|      | 3.2.1- Justificación de su uso..                         | 44 |
|      | 3.2.2- Exigencias; que debe cumplir para su selección... | 45 |

|        | <u>PAGINA</u>   |
|--------|---|
| 3.2.3- | Dimensionamiento del poste 46                               |
| 3.3-   | Uso de postes de hormigón ..... 48                          |
| 3.3.1- | Justificación de su uso .. 48                               |
| 3.3.2- | Exigencias que debe cumplir<br>para su utilización ..... 49 |
| 3.3.3- | Dimensionamiento del poste 52                               |
| 3.4-   | Uso de estructuras metálicas ..... 53                       |
| 3.4.1- | Cálculo de la cruceta más<br>baja al suelo ..... 53         |
| 3.4.2- | Cálculo de la distancia ver-<br>tical entre fases ..... 54  |
| 3.4.3- | Cálculo de la altura del<br>cable de guardia ..... 54       |
| 3.4.4- | Cálculo del ancho de la to-<br>rre ..... 55                 |
| 3.4.5- | Altura total de la estruc-<br>tura ..... 55                 |
| 3.5-   | Dimensionamiento de crucetas ..... 56                       |
| 3.5.1- | Angulo de desviación de la<br>cadena de aisladores ..... 57 |
| 3.5.2- | Voladizo de las crucetas.. 58                               |
| 3.6-   | Distancia entre fases ..... 59                              |
| 3.6.1- | Distancia mínima admisible<br>en el centro del vano .... 59 |

#### CAPITULO IV

CALCULOS APROXIMADOS DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LAS ESTRUCTURAS

|        | <u>PAGINA</u>   |
|--------|---|
| 4.1-   | Resumen ..... 61  |
| 4.2-   | Esfuerzos que soporta un poste de<br>madera ..... 63                              |
| 4.2.1- | Coeficiente de trabajo de<br>los postes de madera .... 63                         |
| 4.2.2- | Esfuerzos producidos por<br>el viento sobre el poste<br>y sus accesorios ..... 65 |
| 4.2.3- | Compresión del poste .... 69  |
| 4.2.4- | Resistencia longitudinal<br>del poste ..... 72                                    |
| 4.2.5- | Peso aproximado total de<br>la estructura ..... 73                                |
| 4.3-   | Esfuerzos que soporta un poste de<br>hormigón ..... 74                            |
| 4.3.1- | Coeficiente de trabajo de<br>los postes de hormigón .. 74                         |
| 4.3.2- | Esfuerzos transversales<br>sobre el poste ..... 75                                |
| 4.3.3- | Esfuerzos verticales so -<br>bre el poste ..... 80                                |
| 4.3.4- | Esfuerzos longitudinales<br>sobre el poste ..... 83                               |
| 4.3.5- | Momento total en la base,<br>debido a las cargas trans-<br>versales ..... 84      |
| 4.3.6- | Altura del centro de gra-<br>vedad de las cargas ..... 86                         |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.3.7- | Peso aproximado total del poste .....                            | 87 |
| 4.4-   | Esfuerzos que soporta una estructura metálica .....              | 87 |
| 4.4.1- | Esfuerzos transversales sobre la estructura .....                | 88 |
| 4.4.2- | Esfuerzos verticales sobre la estructura .....                   | 91 |
| 4.4.3- | Esfuerzos longitudinales sobre la estructura .....               | 92 |
| 4.4.4- | Momento total en la base debido a las cargas transversales ..... | 93 |
| 4.4.5- | Altura del centro de gravedad de las cargas .....                | 94 |
| 4.4.6- | Peso aproximado total de la estructura .....                     | 94 |

## CAPITULO V

## VOLUMEN DE FUNDACIONES

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 5.1-   | Resumen .....                                       | 96  |
| 5.2-   | Fijación de postes de madera .....                  | 97  |
| 5.2.1- | Cálculo de la longitud de empotramiento del poste.. | 97  |
| 5.2.2- | Volumen aproximado de excavación necesaria .....    | 101 |
| 5.2.3- | Fijación y relleno .....                            | 102 |
| 5.3-   | Fijación de postes de hormigón ...                  | 102 |

|   | <u>PAGINA</u> |
|---|---------------|
| 5.3.1- Determinación del esfuerzo o<br>de arrancamiento .....   | 102           |
| 5.3.2- Cálculo de la longitud de<br>empotramiento del poste ..  | 103           |
| 5.3.3- Volumen aproximado de ex-<br>cavación necesaria .....  | 104           |
| 5.3.4- Fijación y relleno .....   | 104           |
| 5.4- Fijación de estructuras metálicas.   | 105           |
| 5.4.1- Determinación del esfuerzo<br>de arrancamiento .....   | 105           |
| 5.4.2- Cálculo de los volúmenes<br>de excavación, hormigón y<br>relleno, aproximados, por<br>cada base de la estructura | 107           |
| <br>CAPITULO VI   |               |
| CALCULO DE COSTOS POR KILOMETRO DE LINEA  |               |
| 6.1- Resumen .....  | 109           |
| Costo de materiales .....   | 110           |
| 6.2- Costo de conductores y cable de<br>guardia, por kilómetro de línea ..  | 110           |
| 6.3- Costo de aisladores por kilómetro<br>de línea .....  | 111           |
| 6.4- Costo de accesorios por km. de línea   | 113           |
| 6.5- Costo de estructuras por km. de<br>línea .....   | 119           |
| 6.5.1- Costo de postes por kiló-<br>metro de línea .....  | 119           |

|        | <u>PAGINA</u>   |     |
|--------|---|-----|
| 6.5.2- | Costo de tensores por<br>kilómetro de línea ....                        | 119 |
| 6.5.3- | Costo de estructuras me-<br>tálicas por km.de línea                     | 121 |
| 6.5.4- | Costo de hormigonada<br>por kilómetro de línea                          | 121 |
| 6.6-   | Costo de construcción por kiló-<br>metro de línea .....                 | 122 |
| 6.6.1- | Costos de construcción<br>generales .....                               | 125 |
| 6.6.2- | Costos que se realizan<br>sólo cuando se utiliza<br>postes .....        | 129 |
| 6.6.3- | Costos que se realizan,<br>sólo cuando se utilizan<br>estructuras ..... | 136 |
| 6.7-   | Costos directos .....   | 142 |
| 6.8-   | Costos indirectos .....   | 143 |
| 6.8.1- | Costos indirectos de<br>construcción .....                              | 143 |
| 6.8.2- | Gastos variables de pro-<br>ducción .....                               | 144 |
| 6.9-   | Costo total por kilómetro de línea                                      | 145 |

#### APENDICES

##### PROGRAMA:

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| - Manual de Uso .....       | Manual 1   |
| - Diagramas de Bloque ..... | Diagrama 1 |

- Ejemplos

- Listado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones 1

BIBLIOGRAFIA .....

Bibliografía 1



# INTRODUCCION

## JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO DEL TRABAJO

### JUSTIFICACION

La presente tesis trata de satisfacer una necesidad de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica y profesionales de la rama en general, de conocer en forma detallada aspectos mecánicos de líneas de transmisión, como es dimensionar estructuras, grados de aislamiento, esfuerzos y pesos de las estructuras y fundaciones; además, este estudio técnico se complementa con un estudio detallado económico, muy importante en la actualidad.

Se ha tomado como base voltajes de distribución, hasta subtransmisión, existentes en el país y tres tipos de estructuras muy utilizadas, como postes de madera, de hormigón y torres metálicas, a cada uno de los cuales se los analiza, respecto a su dimensionamiento para un conductor económico previamente obtenido.

Todo lo anterior se resume en un programa de computadora, que realiza los cálculos descritos anteriormente y trata de normalizar, de acuerdo a normas internacionales vigentes en el país, a normas de Inecel y de la Empresa Eléctrica Quito, S. A.

## OBJETIVOS

Los objetivos que se persigue son:

- 1- Realizar un estudio técnico, detallado y confiable, de aspectos mecánicos y eléctricos de líneas de transmisión de 6.3 KV, 13.2 KV, 22.KV, 34.5 KV y 46. KV.
- 2- Dimensionar adecuada y económicamente las estructuras analizadas.
- 3- Realizar un estudio económico confiable del costo total por Km. de línea construída, incluyendo todos los pasos, hasta llegar al funcionamiento de la línea.
- 4- Comparar, para cada tipo de estructura que se puede utilizar para un nivel de voltaje especificado, cual es la mejor, tanto técnica como económicamente.
- 5- Facilidad en el manejo del programa digital, para que pueda ser utilizado como una base de cálculo, en la construcción de líneas de voltajes aquí analizados.

## RESTRICCION

El presente estudio se ha realizado como se dijo, para tres tipos de estructuras; como el estudio en sí es muy extenso, se ha restringido a:

- Para postes de madera y postes de hormigón:  
Un solo circuito trifásico, con un conductor por fase y un hilo neutro.
  
- Para torres metálicas:  
Un solo circuito trifásico, con un conductor por fase y un cable de guardia.

## CAPITULO I

### CALCULO DEL CONDUCTOR Y DEL VANO ECONOMICOS

#### 1.1- RESUMEN

En este capítulo se trata de determinar la sección del conductor, que cumpla con las exigencias necesarias para una transmisión continua de potencia y energía, sin deterioro de éste.

Además, para poder lograr que este conductor sea el de sección más apropiada, se asocia a esto un vano, lo más normal posible, sin ser pequeño ni grande, que exija al conductor realizar esfuerzos suficientes que no provoquen disminución en su vida útil; es así como se determinarán el conductor económico y el vano medio que cumpla con esta exigencia.

De los varios métodos existentes para determinar el conductor económico, se escogerá uno que, si bien es sencillo, recoge para su resolución datos tanto técnicos como económicos; el método es el denominado "Ley de Kelvin".

Luego de escoger la sección del conductor por este método, se la normalizará con las secciones de conductores

existentes en el mercado. Por fin, se verá si el conductor escogido cumple con la "Ecuación de cambio de estado" del conductor. Aquí se probará para varios vanos, hasta que se cumpla esta ecuación y ya se tendrán el conductor y el vano que cumplan con esta exigencia.

En las ecuaciones que permiten llegar al objetivo buscado, se tienen como datos:

- a) Potencia a transmitirse por la línea.
- b) Voltaje fase-fase de la línea.
- c) Factor de potencia.
- d) Resistividad de un conductor promedio, de una unidad de longitud y una unidad de sección; dato obtenido de tablas de conductores como primera aproximación.
- e) Rentabilidad de la línea.
- f) Valor residual.
- g) Vida útil.
- h) Inversión de un conductor promedio, de una unidad de sección y una unidad de longitud.
- i) Precio por kw. de demanda.
- j) Precio por kWh., por cada uno de los 100 kWh. de consumo.
- k) Precio por kWh. de exceso.
- l) Número de fases.
- m) Coeficiente de dilatación lineal del cable.
- n) Temperaturas máxima y mínima a las que puede estar sometido el cable.
- o) Módulo de elasticidad del cable.

- p) Tensiones inicial y final del cable.
- q) Peso del cable.
- r) Diferentes vanos.

## 1.2- METODOS EXISTENTES PARA EL CALCULO DE LA SECCION DEL CONDUCTOR ECONOMICO

### 1.2.1- Cálculo del conductor económico por medio del conocimiento de las condiciones de crecimiento de la carga

Este método parte del principio que, desde la construcción de una línea hasta un tiempo T de servicio de ésta, existirá un aumento considerable de consumidores, que en algunos casos hace necesario el cambio de conductor a otro de mayor sección; por eso, toma en cuenta en el cálculo del conductor, una proyección de la demanda futura. Como al comienzo del servicio de la línea existirá pérdidas grandes de potencia y energía por el sobredimensionamiento del conductor, en la ecuación final se trata de contrarrestar estas pérdidas.

Este método es usado especialmente para calcular secciones de conductores para redes de distribución, donde es notorio el crecimiento de la carga instalada; muy poco se usa para cálculo de líneas.

La ecuación final que se obtiene, da el valor presente total de la línea para un determinado conductor, tomando en cuenta: pérdidas de potencia; construcción por kilómetro de línea; costo de potencia de transmisión.

$$VP = \frac{C(10^6)Lo^2R(e^{T(2g-r)}-1)}{(V^2)(fp^2)(2g-r)} + \frac{(Y \times I)(1-e^{-2T})}{r} \quad [\$ / Km] \quad (1.1)$$

VP = Valor presente total, del tiempo  $t = 0$ , hasta el tiempo  $t = T$  (\$/km.).

C = Costo anual de pérdidas, (Suces/Kw)

R = Resistencia de la línea, (Ohm/Km.)

Lo = Carga inicial, (Mw.)

g = Rango anual de crecimiento de la carga.

V = Voltaje fase-fase, (Kv.)

fp = Factor de potencia.

Y = % de carga servida anualmente.

I = Costo de construcción de 1 km. de línea, (sucres.)

r = Interés de descuento de un sucre en el futuro: en  $t = T$ .

t = Tiempo, (años.)

### 1.2.2- Cálculo del conductor económico, debido al Efecto Corona

El efecto corona se presenta especialmente y en forma más acentuada en líneas de voltajes muy altos, por lo que se puede decir que este método es utili -

zado para obtener la sección de conductores para líneas de estos voltajes.

El método consiste en que, a partir de un conductor seleccionado en una primera aproximación, y comparar su gradiente superficial con uno escogido previamente y considerado como crítico, si rebasa este valor se podrá usar en la línea un haz de conductores por fase, para poder delimitar a un valor inferior el gradiente tomado en principio.

El efecto corona produce en una línea pérdidas y radiointerferencia; además, como beneficio, puede amortiguar sobrevoltajes u ondas viajeras en la línea.

La ecuación que define las pérdidas por corona es la fórmula de Peek:

$$P_c = \frac{244}{\delta} (f+25) \sqrt{\frac{r}{D}} (V-V_0)^2 \times 10^{-5} \quad [\text{KW/Km/fase}] \quad (1.2)$$

$P_c$  = Pérdidas por corona. (Kw/Km/fase.)

$\delta$  = Densidad relativa del aire.

$f$  = Frecuencia de la línea entre  $47 < f < 127$  c/seg.  
(fórmula válida).

$r$  = Radio del conductor (cm.).

$D$  = Separación entre conductores o entre conductor y tierra. (cm.).

$V_o$  = Tensión crítica disruptiva. (Kv.).

$V$  = Tensión fase-neutro. (Kv.).

$P_c$  = No debe exceder del 3% de la potencia transmitida. Se sabe, además, que el gradiente superficial crítico a 760 mm Hg, y 25°C, es igual a:

$$21.1 \frac{\text{kv rms}}{\text{cm}} .$$

El diámetro aceptable del conductor, para su comportamiento frente al efecto corona, debe ser de aquel cuyo gradiente superficial sea algo menor al crítico, y se relacionan el gradiente superficial con el diámetro del conductor por las fórmulas siguientes:

a) Un conductor por fase:

$$V_o = \frac{2.2 \times V}{\sqrt{3} \times m \times \rho^{2/3} \times d \times \ln\left(\frac{2000 \text{ DMG}}{d}\right)} \left[ \frac{\text{KVrms}}{\text{mm}} \right] \quad (1.3)$$

b) Dos conductores por fase:

$$V_o = \frac{1.155 \times V}{\sqrt{3} \times m \times \rho^{2/3} \times d \times \ln\left(\frac{1000 \text{ DMG}}{\sqrt{5} \times d}\right)} \left[ \frac{\text{KVrms}}{\text{mm}} \right] \quad (1.4)$$

$V_o$  = Gradiente crítico superficial del conductor.  
 $\frac{\text{KV rms}}{\text{mm}}$ , o del subconductor.

$V$  = Voltaje nominal, fase - fase. (Kv.).

$m$  = Factor de superficie del conductor.

$\delta$  = Densidad relativa del aire.

$d$  = Diámetro del conductor o subconductor (mm).

DMG = Distancia media geométrica. (m).

$S$  = Separación entre subconductores. (mm).

### 1.2.3- Cálculo del conductor económico por medio de la Ley de Kelvin

Este método, utilizado para obtener la sección del conductor para líneas de voltaje de transmisión, subtransmisión y distribución, se basa en el principio de que la sección del conductor puede variar dentro de ciertos límites, como resistencia mecánica, resistencia al calor y un coeficiente de seguridad, de acuerdo a la carga que vaya a servir la línea.

Conforme la sección del conductor disminuye, el costo o inversión inicial disminuye, y con él los cargos fijos de inversión ; pero al disminuir la sección, la resistencia al paso de la corriente aumenta y con ella se aumenta el costo de pérdidas de potencia y energía.

Este cálculo recoge estos dos criterios. Así, la suma de estos dos tipos de costos (de operación), unos que disminuyen al disminuir la sección, y otros que aumentan con este mismo hecho, darán los costos totales anuales de operación, diferentes para cada sección del conductor.

En general, se sumará funciones ascendentes y funciones descendentes, que darán una curva parabólica resultante, que tiene un mínimo.

1.3- METODO EMPLEADO: DETERMINACION DEL CONDUCTOR ECONOMICO POR MEDIO DE LA LEY DE KELVIN

1.3.1- Enunciado de la Ley de Kelvin

La ley de Kelvin para el cálculo del conductor económico de una línea, dice:

"La sección del conductor más económico, es aquella sección cuyos cargos fijos (costos anuales) de inversión, imputables al cobre o al aluminio, igualan al costo de pérdidas de potencia y energía del conductor".

El método se describe en los siguientes subtemas.

1.3.2- Curva de carga a servirse

Curva de carga:

Es una curva que relaciona la demanda, o sea, la potencia (o corriente) que recibe una carga en sus terminales, en un determinado intervalo de tiempo; por lo tanto, es una curva: Demanda (kw o Kva; Kvar o A), en función de tiempo.- (Ver Apéndice 1.a-).

Para este método se debe especificar con precisión la curva de carga a servirse, ya que se trata de obtener de la curva de carga, la máxima demanda y la demanda media.

Máxima demanda (MxD), la mayor de todas las demandas que se ha registrado en la curva de carga, durante un período de tiempo especificado; o se define como la carga conectada al sistema a la hora de máxima demanda.

Demanda media ( $\bar{D}$ ), se obtiene de la curva de carga. Es la demanda que se mantiene en todo el período, consumiendo una misma energía.

Con estos dos datos, obtenidos de la curva de carga, se puede obtener el factor de carga del sistema (Fcar) que es la relación entre la demanda media y la demanda máxima.

$$F_{car} = \frac{\bar{D}}{MxD} \quad (1.5)$$

Se debe aclarar que el período de tiempo al que corresponde la curva de carga, es el de la vida útil que se proyectará a la línea; por lo tanto, se utilizará una curva de carga proyectada para obtener MxD,  $\bar{D}$  y Fcar.

### 1.3.3- Costos de potencia y energía al comienzo de la línea

Se obtiene de la ecuación básica de tarifas:

$$Ax + By + C = \text{Costo por abonado (o por servicio)} \\ (\$/abonado) \quad (1.6)$$

Con:

$A_x$  = Cargo por demanda (pérdidas de potencia en la línea).

$B_y$  = Cargo por energía (pérdidas de energía en la línea).

$C$  = Costo o cargo por consumidor.

Y cada término:

$A$  = Sucres/Kw. de demanda, mensuales o anuales.

El valor de  $A$ , cubre los cargos fijos de inversión en 1 Kw. de potencia. al comienzo de la línea.

$X$  = Kw. perdidos (consumidos) en la demanda máxima.

$B$  = \$/kWh.

El valor de  $B$ , cubre todos los gastos variables de producción.

$Y$  = kWh. perdidos (consumidos) en la línea.

Los valores de  $A$  y  $B$ , se obtienen de las tarifas vigentes en la Empresa Eléctrica.

#### 1.3.4- Cargos fijos de inversión

1- La línea que se considera, tiene inversiones que son constantes para toda sección de conductor como estudios de topografía; indemnización de terrenos por donde pasará la línea; derechos de paso, accesos, estructuras, etc. (Ver Capítulo VI).

Los cargos fijos de inversión anuales de esta parte son:

$$\text{PARTE \# 1} = f_1 \times G \times l \quad (1.7)$$

$f_1$  = Cargos fijos de inversión, expresados en función de la unidad de valor.

$G$  = Inversión por unidad de longitud (\$/km)

$l$  = Longitud de la línea (Km).

2- Otras inversiones fijas por año que se debe considerar, son las debidas al número de conductores (no de la sección de éstos), tales como: crucetas, aisladores, mano de obra del tendido de la línea. (Ver Capítulo VI).

$$\text{PARTE \# 2} = f_2 \times a \times l \times n \quad (1.8)$$

$f_2$  = Cargos fijos de inversión (anuales), considerando el número de conductores, expresados en función de la unidad de valor.

$a$  = Inversión por unidad de longitud y por conductor. (\$/Km).

$l$  = Longitud de la línea (Km).

$n$  = Número de conductores.

3- La línea tiene inversiones, que dependen de la sección del conductor y número de conductores.

Los cargos fijos anuales de inversión de esta parte son:

$$\text{PARTE \# 3} = f_3 \times b \times \text{CM} \times l \times n \quad (1.9)$$

$f_3$  = Cargos fijos de inversión anuales, dependiendo de la sección y número de conductores.

$b$  = Costo o inversión de un conductor promedio, de una unidad de sección y una unidad de longitud.

$\text{CM}$  = Sección del conductor (MCM).

$l$  = Longitud de la línea (Km).

$n$  = Número de conductores.

### 1.3.5- Gastos variables de producción

4- La línea tiene un costo de pérdidas que hay que valorar en sucres.

La máxima pérdida de potencia es en la potencia pico (en la curva de carga).

Se debe obtener:

Costo de pérdidas = Kw perdidos en la línea en este pico x A  
de Potencia

Costo de pérdidas =  $I_{\text{máx}}^2 \times R \times A$  ;  
de Potencia

como:  $R = \int \frac{1}{\text{CM}}$

$$\text{Costo de pérdidas de Potencia} = \frac{\rho \times l}{CM} \times \frac{n \times I_{\text{máx}}^2}{1000} \times A \left[ \frac{\$}{\text{Km} \times \text{año}} \right] \quad (1.10)$$

Con:

$\rho$  = Resistividad de un conductor promedio, de una unidad de sección y una unidad de longitud.  $\left( \frac{0 \text{hm} \times \text{MCM}}{\text{km}} \right)$

$I_{\text{máx}}$  = Intensidad máxima del sistema (A).

5- La línea tiene pérdidas de energía que hay que valorar en sucres.

Costo de pérdida de Energía = Kwh consumidos x B

Demanda =  $D_{\text{máx}}$  x  $F_c$ .

Promedia

con:

$D_{\text{máx}}$  = Demanda máxima (Kw).

$F_c$  = Factor de carga.

$I_p$  = Intensidad promedio (A).

e:

$I_p$  =  $I_{\text{máx}}$  x  $F_c$ . (A)

∴ Pérdidas de energía en la línea =  $\frac{I_p^2 \times \rho \times l \times n}{CM} \times \frac{8760}{1000}$

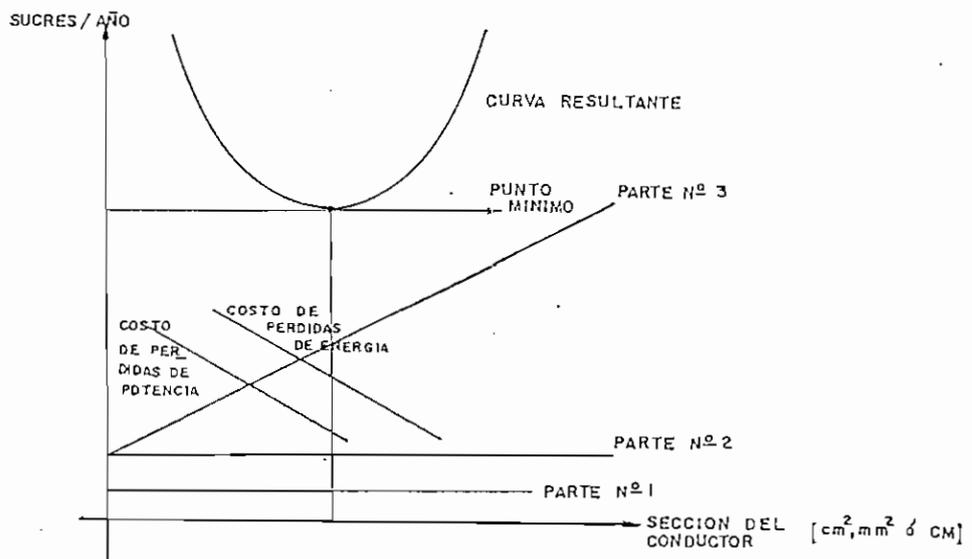
Costo de pérdidas de energía =  $\frac{I_p^2 \times \rho \times l \times n \times 8.760}{CM} \times B \left[ \frac{\$}{\text{año} \times \text{Km}} \right]$

1.3.6- Costo total anual de operación de la línea  
(CTAO)

Viene dado de la suma de los costos totales anuales de operación, más los gastos variables de producción así:

$$CTAO = (f_1 \times G \times l) + (f_2 \times a \times l \times n) + (f_3 \times b \times l \times n) + \left( \frac{I_m^2 \times \rho \times l \times n \times A}{CM \times 1000} \right) + \left( \frac{I_p^2 \times x \times l \times n \times B}{CM} \times 8.760 \right) \left[ \frac{\$}{Km \times año} \right] \quad (1.12)$$

Si se grafica cada parte de CTAO, y luego se suma cada recta correspondiente a cada parte, se obtiene una parábola así:



1.3.7- Determinación de la sección económica

Como se obtiene una parábola de la suma de todos los costos, se puede ahora obtener el mínimo de la curva y se cumple así la sección más económica del conductor.

Si se deriva CTAO con respecto a CM, y luego igualando el resultado a cero, se obtiene el objetivo buscado.

SECCION ECONOMICA:

$$\frac{\partial \text{CTAO}}{\partial \text{CM}} = 0 = f_2 \times b \times l \times n - \frac{I_{\text{máx}}^2 \times f \times l \times n \times A}{\text{CM}^2 \times 1000} - \frac{I_{\text{p}}^2 \times f \times l \times n \times 8.76}{\text{CM}^2}$$

Despejando CM, se obtiene:

$$\text{CM}^2 = f \left[ I_{\text{máx}}^2 \times A + 1000(I_{\text{p}}^2 \times B \times 8.76) \right]$$

$$y: \text{CM} = \sqrt{\frac{f}{f_3 \times b} \left[ \frac{I_{\text{máx}}^2 \times A}{1000} + (I_{\text{p}}^2 \times B \times 8.76) \right]} \quad [\text{MCM}] \quad (1.13)$$

Entonces, CM será la sección del conductor económico, obtenida por este método; en el presente caso, CM está en (MCM).

#### 1.4- CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES EN UNA LINEA

##### 1.4.1- Tensión máxima final y tensión inicial

La tensión máxima final, según recomendaciones de los fabricantes de conductores, es igual al 50%, máximo al 75%, de la tensión de ruptura, a una temperatura no mayor a 80°C.

Por lo tanto,

$$T_{\text{máx final}} = (0.5 \text{ a } 0.75) T_{\text{rup}} \quad [\text{Kg}] \quad (1.14)$$

$T_{\text{máx final}}$  = Tensión máxima final del conductor.

$T_{\text{rup}}$  = Tensión de ruptura del conductor.

La tensión inicial del conductor, se tomará como el 37.6% de la tensión máxima final, a una temperatura de 5°C.

Por lo tanto,

$$T_{\text{in}} = 0.376 T_{\text{máx final}} \quad [\text{Kg}] \quad (1.15)$$

$T_{\text{in}}$  = Tensión inicial del conductor.

##### 1.4.2- Cálculo de la flecha

La flecha más desfavorable, en medio vano, para una  $T_{\text{máx final}}$ , viene dada por:

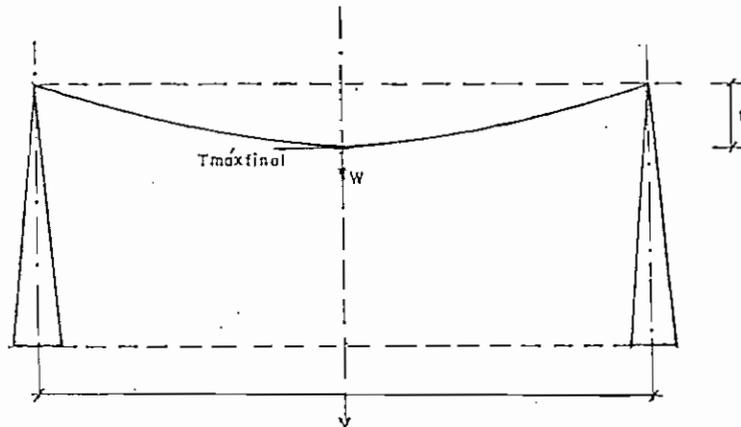
$$f = \frac{W \times V^2}{8 \times T_{\text{máx final}}} \quad [\text{m}] \quad (1.16)$$

$f$  = Flecha final en medio vano (m).

$w$  = Peso del conductor en medio vano.

$V$  = Longitud del vano.

Flecha = Distancia entre la punta de la estructura y el punto más bajo de la catenaria, formada por el conductor en el centro del vano y los esfuerzos longitudinales aplicados al conductor, sin que éstos sobrepasen el límite de elasticidad.



1.4.3- Vanos utilizados frecuentemente en el país para los niveles de voltaje analizados; y determinación del vano económico

Dependiendo de varias condiciones, se utilizan en el país vanos que oscilan entre los 25 m. hasta los 300 m., para voltajes de 6.3; 13.2; 22.; 34.5 y 46 kv., que son los voltajes analizados en este trabajo; estas condiciones principalmente son: forma del terreno; economía de la línea; importancia de ésta; facilidades para la ubicación de los soportes, etc.

Dentro de este rango de longitud del vano, se encuentra el ECONOMICO que se determina en este trabajo, dependiendo de varios factores propios del conductor de la zona donde éste se encuentre y de las estructuras.

Todos estos factores están relacionados entre sí y con el vano en la ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO, que es la que se debe hacer cumplir como primera aproximación, para relacionar al vano con las características mecánicas del conductor, para luego relacionar al vano así obtenido con las características de las estructuras.

1.4.4- La ecuación de cambio de estado

El conductor escogido anteriormente por medio de la Ley de Kelvin, debe cumplir con esta ecuación importante, que considera dos puntos extremos y más desfavorables en el medio ambiente, que provocan en el conductor reacciones propias en sus características iniciales, debiendo el conductor escogido soportar estas nuevas con

diciones alejadas de las normales, sin provocar rotura, pérdida de las características de elasticidad, rigidez, etc.

ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO:

$$\alpha(\theta_2 - \theta_1) + \frac{t_2 - t_1}{E} = \frac{V^2(P_w)^2}{24} \left[ \frac{t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 t_1^2} \right] \quad (I.17)$$

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal del cable ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$\theta_2$  y  $\theta_1$  = Temperaturas máxima y mínima a las que está sometido el cable ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_2$  y  $t_1$  = Dos tensiones correspondientes a  $\theta_2$  y  $\theta_1$  respectivamente. ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ).

Se tiene para el caso:

$t_2$  =  $T_{\text{máx}}$  final. ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ).

$t_1$  =  $T_{\text{in}}$ . ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ).

$P_w$  = Peso del conductor ( $\text{kg}/\text{m}/\text{mm}^2$ ).

$E$  = Módulo de elasticidad del cable ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ).

Generalmente se recomienda que la tensión designada a los conductores de las líneas, bajo condiciones de carga máxima mecánica proyectada, no sobrepase el 50% de la tensión de ruptura dada para ese conductor.

También la tensión del conductor sin carga mecánica exterior, no deberá exceder de los siguientes porcentajes de la tensión de ruptura:

|                           | Porcentaje<br>de la Ten-<br>sión de<br>Ruptura | TEMPERATURA (°C) |       |      |          |
|---------------------------|--|------------------|-------|------|----------|
|                           |  | BAJA             | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Tensión inicial sin carga | 28.2   | 5                | 15    | 30   | 80       |
| Tensión final sin carga   | 18.8   | 5                | 15    | 30   | 80       |

Luego de obtener de la ecuación de cambio de estado, un vano normal que cumpla con las condiciones del conductor escogido como económico, relacionando a este vano así obtenido con la ecuación de la flecha, se obtiene al final el VANO ECONOMICO, que cumple tanto con las condiciones de elasticidad del conductor, como con las condiciones de altitud de las estructuras, representado por la flecha, que toma en cuenta la mínima altitud del suelo al conductor más bajo; como también los esfuerzos que soportan las estructuras, como se verá en el Capítulo IV, más adelante.

## CAPITULO II

### AISLAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

#### 2.1- RESUMEN

Dentro de los aspectos importantes que requieren ser analizados en el estudio de los elementos de una línea de transmisión, están los aisladores de las estructuras.

En este capítulo se hará un análisis del tipo de aisladores normalizados, según las normas ANSI, para los voltajes en estudio; el número de éstos que se debe utilizar en cada caso; como también se verá otros aspectos importantes y necesarios para el dimensionamiento de las estructuras, como la longitud de la cadena de aisladores, y las distancias de la cadena a las estructuras.

Se ha tratado de hacer un análisis en este punto lo más objetivo posible, sin detenerse en aspectos relacionados a sobrevoltajes, contaminación, etc.; sino, tomando en cuenta estos aspectos para seleccionar directamente el tipo y el número de aisladores requeridos para proteger a la línea, ya que no amerita un estudio tan mi-

nucioso por tratarse de bajos voltajes.

En las diferentes ecuaciones utilizadas y que permiten llegar a determinar el objetivo de este capítulo, se utilizan los siguientes datos:

- a- Grado de aislamiento.
- b- Distancia de la línea de fuga del aislador seleccionado.
- c- Máxima tensión de la línea fase-fase.
- d- Altura del aislador seleccionado.
- e- Longitud de los accesorios de acoplamiento y sujeción.
- f- Presión atmosférica.
- g- Densidad relativa del aire.
- h- Voltaje nominal de la línea entre fases.

## 2.2- NIVEL DE AISLAMIENTO

Para poder definir el nivel de aislamiento, es necesario antes definir:

### 2.2.1- Tensiones eléctricas

Tensión nominal, es la tensión eficaz fase-fase, con que se designa la línea y a la cual se refieren ciertas características de funcionamiento.

Máxima tensión de la línea, es la mayor tensión eficaz fase-fase que se puede encontrar, bajo condiciones normales de operación, en cualquier punto de la línea y a cualquier tiempo, sin considerar las variaciones de ten-

si3n de corta duraci3n, debidas a defectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes.

Seg3n la Comisi3n Electrot3cnica Internacional (CEI) las l3neas quedan clasificadas de la siguiente forma:

- Primera categor3a: Las de tensi3n nominal superior a 66 kv.
- Segunda categor3a: Las de tensi3n nominal comprendida entre 66 y 30 kv., ambas inclusive.
- Tercera categor3a: Las de tensi3n nominal inferior a 30 Kv, e igual o superior a 1 kv.

#### 2.2.2- Nivel de aislamiento

Seg3n la CEI:

Se define como las tensiones soportadas bajo lluvia, a frecuencia industrial, durante un minuto y con una onda de impulso de 1.2/50 microsegundos.

Los niveles de aislamiento para las tensiones en estudio, se indican en la siguiente tabla.

| CATEGORIA DE LA LINEA | Tensión Nominal<br>Kvef | Máxima Tensión de la Línea<br>Kv ef | Tensión de Ensayo al Choque<br>Kv cresta | Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial:<br>Kv ef |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 3º                    | 6.3                     | 7.6                                 | 63.3                                     | 23.2  |
| 3º                    | 13.2                    | 15.8                                | 85.8                                     | 34.3  |
| 3º                    | 22.                     | 26.4                                | 137.5                                    | 55.   |
| 3º                    | 34.5                    | 41.4                                | 195.5                                    | 80.5  |
| 3º                    | 46.                     | 53.2                                | 255.8                                    | 97.2  |

2.3- TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES USADOS PARA LOS NIVELES DE VOLTAJE ANALIZADOS; SEGUN LAS NORMAS ANSI.

2.3.1- Para cadena de suspensión

En las cadenas de suspensión existen dos tipos:

Cadena de suspensión, llamada también "cadena vertical" y cadena de amarre, llamada también "cadena horizontal".

Las cadenas de suspensión utilizan aisladores de disco y para los niveles aquí expuestos, éstos son de 6 pulgadas - (15.24 cm.) o 10 pulgadas - (25.4 cm.).

El número de aisladores de disco depende del nivel de voltaje y se utiliza los normalizados: ANSI 52-1 o ANSI 52-4.

Los ANSI 52-1, tienen las siguientes características.

(Dibujo, ver Apéndice 2.a-)

DIMENSIONES

RANGO

Distancia de fuga 17.8 cm.

VALORES MECANICOS

Resistencia electromecánica 4545.5 Kg.  
Resistencia al impacto 0.52 Kgm.  
Tensión de prueba (rutina) 2272.7 Kg.  
Tensión sostenida 2727.3 Kg.

VALORES ELECTRICOS

Peso neto por unidad: 2.66 Kg.

Flameo aislador a baja frecuencia 60 Kv.  
Flameo aislador húmedo a baja frecuencia 30 Kv.  
Flameo impulso crítico, positivo 100 Kv.  
Flameo impulso crítico, negativo 100 Kv.  
Voltaje de perforación a baja frecuencia 80 Kv.

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

Prueba de voltaje, rms, fase-tierra,  
a baja frecuencia 7.5 Kv.  
Máximo voltaje de radio influencia,  
a 1000 KHz 50 microvoltios

Los ANSI 52-4, tienen las siguientes características.

(Dibujo, ver Apéndice 2.b-)

DIMENSIONES

RANGO

Distancia de fuga 29.2 cm.

VALORES MECANICOS

Resistencia electromecánica 6818.2 Kg.

|                            |        |      |
|----------------------------|--------|------|
| Resistencia al impacto     | 0.64   | Kgm. |
| Tensión de prueba (rutina) | 3409   | Kg.  |
| Tensión sostenida          | 4545.5 | Kg.  |

VALORES ELECTRICOS

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Flameo aislador seco, a baja frecuencia   | 80  | Kv. |
| Flameo aislador húmedo, a baja frecuencia | 50  | Kv. |
| Flameo, impulso crítico, positivo         | 125 | Kv. |
| Flameo, impulso crítico, negativo         | 130 | Kv. |
| Voltaje de perforación a baja frecuencia  | 110 | Kv. |

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

|   |      |              |
|---|------|--------------|
| Prueba de voltaje, rms, fase-tierra,<br>a baja frecuencia | 10   | Kv.          |
| Máximo voltaje de radio influencia,<br>a 1000 KHz.        | 50   | microvoltios |
| Peso neto por unidad                                      | 3,08 | kg.          |

2.3.2- Aisladores Espiga

Se utiliza un solo aislador por fase para cada nivel de voltaje. De acuerdo a las normas ANSI, se utilizarán:

| <u>VOLTAJE</u> | <u>TIPO DE AISLADOR</u> |
|----------------|-------------------------|
| 6.3 Kv.        | ANSI 55-3 o ANSI 55-4   |
| 13.2 Kv.       | ANSI 55-4               |
| 22. Kv.        | ANSI 56-1               |
| 34.5 Kv.       | ANSI 56-3               |
| 46. Kv.        | ANSI 56-5               |

Los ANSI 55-3, tienen las siguientes características. (Dibujo. Ver Apéndice 2.c-).

| <u>DIMENSIONES</u>        | <u>NORMAL</u> | <u>LIBRE DE RADIO-INTERFERENCIA</u> |
|---------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Distancia de fuga         | 17.8 cm.      | 17.8 cm.                            |
| Distancia de arco en seco | 11.4 cm.      | 11.4 cm.                            |
| Mínima altura del pin     | 12.7 cm.      | 12.7 cm.                            |

VALORES MECANICOS

|                           |            |            |
|---------------------------|------------|------------|
| Resistencia al cantiliver | 1136.4 Kg. | 1136.4 Kg. |
|---------------------------|------------|------------|

VALORES ELECTRICOS

|   |         |         |
|---|---------|---------|
| Flameo, aislador seco a baja frecuencia   | 65 KV.  | 55 KV.  |
| Flameo, aislador húmedo a baja frecuencia | 35 KV.  | 30 KV.  |
| Flameo, impulso crítico, positivo         | 100 KV. | 90 KV.  |
| Flameo, impulso crítico, negativo         | 130 KV. | 110 KV. |
| Voltaje de perforación, baja frecuencia   | 90 KV.  | 90 KV.  |

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

|  |          |          |
|--|----------|----------|
| Prueba de voltaje, rms, fase-tierra, baja frecuencia | 10 KV.   | 10 KV.   |
| Máximo voltaje de radio influencia, a 1000 KHz.      | 5500 V.  | 50 V.    |
| Peso neto por unidad                                 | 1.21 Kg. | 1.21 Kg. |

Los ANSI 55-4, tienen las siguientes características. (Dibujo. Ver Apéndice 2.d-).

| <u>DIMENSIONES</u>                                     | R A N G O     |                                  |
|--|---------------|----------------------------------|
|  | <u>NORMAL</u> | <u>LIBRE DE RADIO INFLUENCIA</u> |
| Distancia de fuga                                      | 22.9 cm.      | 22.9 cm.                         |
| Distancia de arco en seco                              | 12.7 cm.      | 12.7 cm.                         |
| Mínima altura del pin                                  | 12,7 cm.      | 12.7 cm.                         |
| <u>VALORES MECANICOS</u>                               |               |                                  |
| Resistencia al cantiliver                              | 1363.6 Kg.    | 1363.6 Kg.                       |
| <u>VALORES ELECTRICOS</u>                              |               |                                  |
| Flameo, aislador seco a baja frecuencia                | 70. KV.       | 65 KV.                           |
| Flameo, aislador húmedo a baja frecuencia              | 40. KV.       | 35 KV.                           |
| Flameo, impulso crítico, positivo                      | 110 KV        | 105 KV.                          |
| Flameo, impulso crítico, negativo                      | 140 KV.       | 130 KV.                          |
| Voltaje de perforación, baja frecuencia                | 95 KV.        | 95 KV.                           |
| <u>DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA</u>            | 430           | Radio Libre                      |
| Prueba de voltaje, rms, fase-tierra, a baja frecuencia | 10 KV.        | 10 KV.                           |
| Máximo voltaje de radio influencia a 1000 KHz..        | 5500 KV.      | 50 KV.                           |
| Peso neto  | 1.83 Kg.      | 1.83 Kg.                         |

Los ANSI 56-1, tienen las siguientes características. (Dibujo. Ver Apéndice 2.c-).

DIMENSIONES

RANGO

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| Distancia de fuga         | 33 cm.   |
| Distancia de arco en seco | 17.8 cm. |
| Mínima altura del pin     | 15.2 cm. |

VALORES MECANICOS

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Resistencia al cantiliver | 1136.4 Kg. |
|---------------------------|------------|

VALORES ELECTRICOS

|  |         |
|--|---------|
| Flameo, aislador seco, baja frecuencia   | 95 KV.  |
| Flameo, aislador húmedo, baja frecuencia | 60 KV.  |
| Flameo, impulso crítico, positivo        | 150 KV. |
| Flameo, impulso crítico, negativo        | 190 KV. |
| Voltaje de perforación, baja frecuencia  | 130 KV. |

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

|   |          |
|---|----------|
| Prueba de voltaje, rms, fase-tierra a baja frecuencia | 15 KV.   |
| Máximo voltaje de radio influencia a 1000 KHz         |          |
| Libre de radio influencia                             | 100 V.   |
| Normal  | 8000 V.  |
| Peso neto por unidad                                  | 3.53 Kg. |

Los ANSI 56-3, tienen las siguientes características. (Dibujo. Ver Apéndice 2.f-).

| <u>DIMENSIONES</u>        | <u>RANGO</u> |
|---------------------------|--------------|
| Distancia de fuga         | 53.4 cm.     |
| Distancia de arco en seco | 24.1 cm.     |
| Mínima altura del pin     | 20.3 cm.     |

VALORES MECANICOS

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Resistencia al cantiliver | 1363.6 Kg. |
|---------------------------|------------|

VALORES ELECTRICOS

|   |         |
|---|---------|
| Flameo, aislador seco a baja frecuencia   | 125 KV. |
| Flameo, aislador húmedo a baja frecuencia | 80 KV.  |
| Flameo, impulso crítico, positivo         | 200 KV. |
| Flameo, impulso crítico, negativo         | 265 KV. |
| Voltaje de perforación, baja frecuencia   | 165 KV. |

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

|  |        |
|--|--------|
| Prueba de voltaje, rms, fase-tierra, a baja frecuencia | 30 KV. |
|--|--------|

MAXIMO VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

A 1000 KHz

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| Libre de radio influencia | 200 KV.  |
| Normal                    | 16000 V. |
| Peso neto por unidad      | 6.75 Kg. |

Los ANSI 56-5, tienen las siguientes características. (Dibujo. Ver Apéndice 2.g-).

| <u>DIMENSIONES</u>        | <u>RANGO</u> |
|---------------------------|--------------|
| Distancia de fuga         | 86.4 cm.     |
| Distancia de arco en seco | 35.6 cm.     |
| Mínima altura del pin     | 30.5 cm.     |

VALORES MECANICOS

RANGO

Resistencia al cantiliver 1363.6 Kg.

VALORES ELECTRICOS

Flameo, aislador seco a baja frecuencia 175 KV.

Flameo, aislador húmedo, baja frecuencia 125 KV.

Flameo, impulso crítico, positivo 270 KV.

Flameo, impulso crítico, negativo 340 KV.

Voltaje de perforación, baja frecuencia 225 KV.

DATOS DE VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

Prueba de voltaje, rms, fase-tierra,  
a baja frecuencia 44 KV.

MAXIMO VOLTAJE DE RADIO INFLUENCIA

a 1000 KHz

Libre de radio influencia 200 V.

Normal 25000 V.

Peso neto por unidad 7.85 Kg.

Comparando los valores de tensión de ensayo al choque y tensión de ensayo a frecuencia industrial, del punto 2.2.2-, con los datos para cada aislador espiga, se puede concluir que los valores de tensiones de flameo de los aisladores, están en el margen de voltaje esperado para su uso en la tensión nominal correspondiente.

Además, si la línea recorriera próxima al mar, por zonas tormentosas, a considerable altura sobre el nivel del mar o en condiciones de niebla frecuente, se recomienda utilizar, en aisladores tipo espiga, para cada nivel de voltaje

estudiado, no el aislador especificado en el punto 2.3.2-, sino el inmediato superior especificado en las normas ANSI.

#### 2.4- GRADO DE AISLAMIENTO

Se denomina así a la relación entre la longitud de la línea de fuga (distancia de fuga) de un aislador ( o la total de la cadena ) y la tensión entre fases de la línea.

La longitud de la línea de fuga, dada como dato en las características de los aisladores, se mide sobre la superficie de éstos.

La longitud de la línea de fuga en una cadena de aisladores, es la correspondiente a uno solo de éstos, multiplicada por el número de aisladores componentes de la cadena.

La tensión entre fases de la línea: se tomará el valor de la "máxima tensión de la línea". Grados de aislamiento recomendados, según las zonas que atraviesen las líneas, son los siguientes:

| <u>ZONAS:</u>   | <u>GRADOS DE AISLAMIENTO:</u> |
|---|-------------------------------|
| Forestales y agrícolas  | De 1.7 a 2 cm/Kv.             |
| Industriales y próximas al mar  | De 2.2 a 2.5 cm/Kv.           |
| Industriales y muy próximas al mar  | De 2.6 a 3.2 cm/Kv.           |
| Industriales con fábricas de productos químicos, centrales térmicas y muy próximas al mar | Más de 3.2 cm/Kv.             |

2.5- CALCULO DE LA CADENA DE SUSPENSION PARA LOS DIFERENTES VOLTAJES

2.5.1- Cálculo Eléctrico

Es necesario que se cumpla la siguiente igualdad, para obtener el número de aisladores que protejan una línea, a un cierto voltaje de transmisión:

$$\frac{DLF \times n}{MKV_{f-f}} = GA \quad (2.1)$$

DLF = Distancia de la línea de fuga de un aislador seleccionado (cm).

n = Número de aisladores.

MKV<sub>f-f</sub> = Máxima tensión de la línea fase-fase (KV).

GA = Grado de aislamiento recomendado (cm/Kv).

Por tanto, se llega a determinar n, ya que los demás valores son datos; por lo general, se espera que el término de la izquierda sea un tanto mayor al de la derecha, para aceptar el valor de n.

El valor de DLF se obtiene de las características de los aisladores, tomando en cuenta que la tensión de contorno y las de impulso crítico y de voltaje pico, de cada aislador, multiplicado por n, debe ser un tanto mayor a las tensiones de ensayo de frecuencia industrial y de tensión de ensayo al choque, dadas en el numeral 2.2.2-

Así, se ha determinado para los voltajes en estudio, el número y el tipo de aisladores a usarse en la cadena de suspensión o anclaje:

| <u>VOLTAJE FASE-FASE</u> |                        | <u>AISLADORES</u> |
|--------------------------|------------------------|-------------------|
| <u>KV</u>                | <u>NUMERO POR FASE</u> | <u>CLASE</u>      |
| 6.3                      | 1                      | ANSI 52-1         |
| 13.2                     | 2                      | ANSI 52-1         |
| 22.                      | 3                      | ANSI 52-1         |
| 22.                      | 2                      | ANSI 52-4         |
| 34.5                     | 4                      | ANSI 52-1         |
| 34.5                     | 3                      | ANSI 52-4         |
| 46.                      | 5                      | ANSI 52-1         |
| 46.                      | 4                      | ANSI 52-4         |

Se debe anotar, además, como en el caso de los aisladores espiga, si la línea recorre próxima al mar, por zonas tormentosas, a considerable altura sobre el nivel del mar o en condiciones de niebla frecuente; entonces, será recomendable utilizar, en aisladores de suspensión, un disco más con respecto a los indicados en la tabla anterior.

#### 2.5.2- Cálculo Mecánico

Calculado ya el número de aisladores necesarios desde el punto de vista eléctrico, se hace necesario una comprobación sobre si desde el punto de vista mecánico, el coeficiente de seguridad no será inferior a 3, tal como indican las normas para estos niveles de voltaje

del Inecel.

Así, es necesario sumar las CARGAS NORMALES, o sea:

- Peso de una fase en el vano máximo.
- Sobrecarga de hielo, si existe.
- Peso de la cadena misma de aisladores.
- Peso aproximado de herrajes y accesorios.

El coeficiente de seguridad se obtiene del cociente entre la "tensión combinada eléctrica y mecánica que soporta", que es dato en las características del aislador y el total obtenido de la suma de las cargas normales. Y este coeficiente de seguridad, se compara con el normalizado, para aceptar el aislador.

Es necesario ver también si las CARGAS ANORMALES, están dentro de un margen de tensión adecuado. Así, se considera como tensión de carga anormal, el 50% de la tensión máxima de ruptura del conductor. Nuevamente se obtiene un coeficiente de seguridad para cargas anormales, del cociente entre la "tensión combinada eléctrica y mecánica que soporta" y el 50% de la tensión máxima de ruptura del conductor; este coeficiente de seguridad se compara con el normalizado, debiendo ser mayor a éste.

## 2.6- LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES

La longitud de la cadena de aisladores está compuesta por la longitud de los aisladores, más la longitud de los accesorios de acoplamiento, propios de la cadena, más los de suspensión del conductor.

Se puede expresar así:

$$Lca = ha \times n + La \quad (m) \quad (2.2)$$

Lca = Longitud de la cadena de aisladores (m.).

ha = Altura de un aislador (m).

n = Número de aisladores.

La = Longitud de accesorios de acoplamiento y de sujeción (m).

Los accesorios de acoplamiento y de sujeción, están constituidos por grupos de suspensión, amortiguadores, etc.

En el Apéndice 2.h-, se indica en forma aproximada algunas longitudes de cadenas de aisladores.

Además, para aisladores de 10 pulg x 5-3/4 pulg., o sea, los ANSI 52-4, se tiene los siguientes valores para las constantes:

$$ha = 0.146$$

La = 0.35 m., para un conductor por fase, que son todos los casos aquí analizados.

## 2.7- DISTANCIAS DE LA CADENA A LA ESTRUCTURA

### 2.7.1- Distancia Normal

Para el caso de voltajes considerados bajos y de líneas de distribución y subtransmisión, se considera

la distancia normal de los aisladores a la estructura, como la distancia de diseño para las crucetas de las estructuras. Esta distancia viene dada por la expresión:

$$D_n = h_a \times n \quad [m] \quad (2.3)$$

$D_n$  = Distancia normal de la cadena de aisladores a la estructura (m).

Esto se cumple para una inclinación máxima de  $\theta_n$ , de la cadena de aisladores. (Ver Apéndice 2.i-).

#### 2.7.2- Distancia Mínima

Depende principalmente de la sobretensión a frecuencia industrial que se presente y que ésta debe ser soportada por la estructura; por lo tanto, es necesario saber el valor de esta sobretensión. En condiciones normales está dada por la expresión:

$$\hat{S}\hat{V} = 1.347 \frac{(1.2 - 0.0131 Pat)}{(1 - 0.02 MKVf-f)} \times V \quad [KV] \quad (2.4)$$

$\hat{S}\hat{V}$  = Sobretensión a frecuencia industrial (Kv).

Pat = Presión atmosférica (mmHg).

MKVf-f = Probabilidad de voltajes resistidos; en la práctica, se le toma como el valor de la máxima tensión de la línea fase-fase (Kv).

$\sigma$  = Densidad relativa del aire.

V = Voltaje nominal de la línea entre fases (Kv).

La distancia mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$D_m = K_p \times SV \quad (m). \quad (2.5)$$

$D_m$  = Distancia mínima de la cadena de aisladores a la estructura (m).

$K_p$  = Depende de la relación existente entre voltaje de descarga en condiciones normales a 60 Hz, y el espaciamiento en aire. Se ha determinado que esta relación, es una línea recta con una pendiente de aproximadamente 500 Kv/metro.

$$\therefore K_p = 0.002$$

## CAPITULO III

### TIPOS DE ESTRUCTURAS Y DIMENSIONES

#### 3.1- RESUMEN

Se analizará tres tipos de estructuras que son las más usadas en nuestro medio; éstas son de madera, hormigón y metálicas.

Para los niveles de voltaje aquí analizados, se trata de ver cual clase de apoyo, de los tres a ser estudiados, es el más conveniente técnica y económicamente, para el uso en las líneas.

Los postes de hormigón y las torres metálicas que, aunque su precio en relación al de las de madera, es aproximadamente de 2 a 10 veces mayor, respectivamente, sin embargo, traen consigo algunas ventajas como el aumento en la vida útil, por lo menos en un 70% de la de los postes de madera, conicidad la necesaria en los postes de hormigón y geometría, de acuerdo a las necesidades en las estructuras metálicas, entre otras.

Las estructuras metálicas se recomienda ser usadas

en lugares donde las condiciones climatológicas son muy inhóspitas, cuando la confiabilidad de la línea se desea que sea óptima, o en lugares donde es difícil el acceso para reparaciones y se espera una vida útil larga de la línea sin su revisión periódica. En los demás casos que se podría llamarlos normales, que son en el país la mayoría de LINEAS DE SUBTRANSMISION o de DISTRIBUCION, se debe abaratar costos, usando postes de hormigón o de madera.

En total, para los tres tipos de estructuras, se analiza en este capítulo justificación para su uso, exigencias en su selección y dimensionamiento de las estructuras.

En las diferentes ecuaciones de este capítulo, para permitir llegar a obtener los resultados buscados, se utilizan como datos:

- a- Longitud de la cadena de aisladores.
- b- Flecha máxima final en el centro del vano.
- c- Angulo de apantallamiento considerado.
- d- Ancho del cuerpo de la torre, en el punto de las crucetas.
- e- Diámetro del poste, en el punto de la(s) cruceta(s)
- f- Angulo de alineación de las estructuras.
- g- Tensión inicial del conductor.
- h- Tensión final del conductor.
- i- Presión normal del viento sobre los conductores.
- j- Presión máxima del viento sobre los conductores.

- k-       Peso de la cadena de aisladores.
- l-       Voltaje nominal fase-fase, de la línea.

### 3.2-     USO DE POSTES DE MADERA

#### 3.2.1-   Justificación de su uso

Como se sabe, el Ecuador es un país productor de madera; por lo que en programas de electrificación comunal, donde se hace necesario abaratar los costos, se debe usar esta madera existente con un tratamiento especial para mejorar su vida útil; así se está utilizando un producto de fácil obtención y aceptable rendimiento.

En pruebas realizadas a postes de eucalipto, se ha logrado determinar rompimiento del poste para grados de humedad mayor al 30%, con coeficientes de trabajo de 380 kg/cm<sup>2</sup> y para grados de humedad de un 20% de 420 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores son aceptables, por lo que el poste puede ser usado para tensado de cables, con un factor de seguridad de 4 (cuatro).

Existen también maderas más resistentes a la ruptura en nuestro país como el bálsamo, guayacán, laurel, man - gle, que no han sido probadas para uso como postes.

Pruebas realizadas en España en abetos, dieron resultados apreciables. Postes que se rompían con coeficientes de trabajo comprendidos entre 700 kg/cm<sup>2</sup> y 500 kg/cm<sup>2</sup> para grados de humedad de 16% y 30%, respectivamente.

Como se ve claramente, por su precio, facilidad de

obtención y su aceptable resistencia al rompimiento radial, se justifica plenamente su uso.

3.2.2- Exigencias que debe cumplir para su selección

a) Para el presente estudio, se admite una carga a la rotura de 800 kg., para niveles de voltaje de: 34.5 y 46 Kv.; de 600 Kg. para niveles de 13.2 a 22 kv. y de 350 kg. para 6.3 kv.; en cada lote de postes, por lo menos uno de ellos debe ser probado hasta su rompimiento.

La longitud de estos postes es, por lo menos, de 11 metros; puede variar de acuerdo a las necesidades.

b) A la carga nominal que el poste esté sujeto, no debe producirle deformación permanente; es decir, la fuerza máxima soportada no debe exceder del límite de elasticidad; para las maderas usualmente empleadas y con grados medios de humedad, las cargas en el límite de elasticidad pueden considerarse de  $220 \text{ kg/cm}^2$  por extensión y de  $160 \text{ kg/cm}^2$  por compresión.

c) Además, se debe tomar en cuenta que no es permitido:

1. Señales de pudrimiento.
2. Rajaduras a la altura por corte.
3. Fracturas transversales.
4. Orificios acentuados.
5. Clavos o piezas metálicas no especificadas.

d) Se puede aceptar:

1. Curvatura en un plano y una dirección. Se permite una distancia máxima entre la recta, que va desde la línea de tierra a la arista de la punta del poste, en una cara de éste, de 1 a 4 cm. para cada metro de longitud entre estos puntos. (Apéndice 3.a-).

2. Curvatura en dos planos y en dos direcciones en un mismo plano.

Cualquier punto intermedio en la recta que une los puntos medios de las secciones transversales, de la línea de tierra y de una punta del poste; no deberá sobrepasar la cara del poste. (Apéndice 3.a-).

3. Sinuosidades, en cualquier trecho de la longitud mínima de 1.50 metros, el desvío de dirección deberá ser menor que la mitad del diámetro de las fibras inclinadas. Admítase la existencia de fibras inclinadas, para postes de 11 y 12 metros, de 6 metros como máxima torsión de la fibra, una vuelta completa en cualquier trecho. (Apéndice 3.a-).

e) Se admite, en la longitud nominal de los postes, variaciones de +15 y -10 centímetros.

### 3.2.3- Dimensionamiento del poste

Es necesario, para poder economizar y, al mismo tiempo, para tener una estructura funcional, hacer un análisis de todas las distancias existentes entre los accesorios del poste, parte libre de éste y su empotramiento, así:

- a- Altura libre al suelo mínima del conductor inferior:  
Es la distancia existente en el punto de máxima flecha, a 50°C de temperatura del conductor, tal que no presente contacto con líneas energizadas, a cualquier objeto o persona que se utilice debajo de aquella. Se admiten valores de:

Fase: 6.0 metros.

Neutro: 5.5 metros.

- b- Flecha, es la elongación vertical existente entre el punto de apoyo del conductor y el punto más bajo de éste en el vano. La flecha depende del vano, peso y tensión del conductor utilizado; para los volajes analizados, varía desde 0.4 metros hasta 3.5 metros aproximadamente. Se analizó más detenidamente en el Capítulo I.
- c- Separación entre conductores; Es muy necesario que exista una separación prudente entre conductores para evitar, por acción del viento, un acercamiento indebido o un choque de éstos, que produzcan una falla; está en los rangos de 0.4 a 1.6 metros.
- d- Colocación de la cruceta con respecto a la punta del poste: ésta se debe colocar a 30 centímetros de la punta del poste, para ubicación de conductores al mismo nivel y de 15 centímetros, para ubicación de conductores a diferente nivel.
- e- Separación del circuito de alta tensión con el de baja tensión: Se recomienda que sea de 1.60 metros, si

es que este último existe.

f- Longitud de empotramiento de los postes, viene dada por la expresión:

$$E = \frac{\text{longitud poste}}{10} + 0.50 \text{ m.} \quad (3.1)$$

E = Longitud que va enterrada del poste (metros).

Valores típicos de E = 1.7 a 1.8 metros.

Tomando los valores más representativos, se puede obtener la altura total del poste así:

|  |            |
|--|------------|
| - Longitud de empotramiento                                  | 1.8 m.     |
| - Altura libre al suelo mínima del conductor inferior        | 6.0 m.     |
| - Flecha máxima  | 1.0 m.     |
| - Separación entre conductores (diferente nivel)             | 2 x 0.8 m. |
| - Colocación de la cruceta con respecto a la punta del poste | 0.30 m.    |
| Total :  | 10.70 .    |

Por lo que se justificaría el uso de postes de hasta 10 metros para vanos normales; para mayor seguridad está normalizado el uso de postes de 11 y 12 metros de altura. (Ver Apéndice 3.c-).

### 3.3- USO DE POSTES DE HORMIGON

#### 3.3.1- Justificación de su uso

Para los niveles de voltaje del presente estudio se justifica el uso de postes de hormigón, tam-

bién llamados de concreto, sean éstos centrifugados o vibrados, en terrenos donde la contaminación, las condiciones meteorológicas, presencia de hongos, dañarían rápidamente un poste de madera. En cuanto a durabilidad se puede decir que, en general, tienen una vida útil mayor en una proporción de cinco veces más, que la de los postes de madera.

Dependiendo de los esfuerzos a los cuales vayan a ser sometidos, se puede reforzar más el poste, aunque para medir su coeficiente de trabajo se necesita ya de un equipo más sofisticado que para los postes de madera.

Se debe reconocer también que, por su presencia, se los puede utilizar ornamentalmente, dándoles formas o combinándolos con luminarias vistosas; es por esto, que se los utiliza especialmente en el centro de las ciudades.

En general, se debe usar postes de hormigón en terrenos contaminados, en ciudades, en carreteras de primer orden, como ornamentos; pero no se justifica su utilización en electrificación rural o en líneas de confiabilidad baja.

El costo de un poste de hormigón es, por lo menos, 1.5 veces mayor al de un poste de madera.

### 3.3.2- Exigencias que debe cumplir para su utilización

Según las normas UNE-21 80 y las ACI STANDARD 318, para la fabricación y pruebas de rigor, en la

construcción de postes de hormigón, es necesario, para aceptar un lote de postes de hormigón, realizar los siguientes ensayos:

a- Tolerancia en las dimensiones:

- Longitud de los postes  $\pm 0.5\%$
- En dimensiones transversales,  $\pm 5\%$ , con un máximo de 15 mm.
- Respecto a la rectitud del poste, se admitirá una desviación inferior al 5/1000 de su altura; midiéndose esta desviación por la distancia máxima entre la superficie del poste y un hilo tensado desde la cabeza a la base del mismo.

b- Resistividad.

Se efectúan dos tipos de ensayos para la recepción, para ver la resistividad del poste; éstos son: Un ensayo, no destructivo, en fase elástica y el mismo anterior; pero seguido de otro de rotura. (Ver Apéndice 3.b-).

En general, el ensayo no destructivo consiste en aplicar carga, lenta y gradualmente, hasta conseguir una flecha máxima prevista y una anchura de fisura, máxima también prevista; luego, se quita la carga del poste lentamente hasta una tensión nula; el poste no debe entonces presentar fisuras sin cerrar ni desprendimiento de hormigón del lado comprimido.

El ensayo de rotura es similar al anterior; pero se aplica la fuerza hasta conseguir la rotura del poste. Con esto se consigue el coeficiente de seguridad global del

poste.

Aceptación:

Para aceptar el lote de postes, es necesario que se haya cumplido:

- Ensayo en fase elástica. Se debe realizar el ensayo sobre el 4% del lote pedido, no siendo inferior la muestra, en ningún caso, a dos postes.

Se acepta el lote, cuando la totalidad de los postes sometidos a ensayo dan resultados satisfactorios. Si se produce algún resultado no satisfactorio en los postes ensayados, se procede a realizar dos contraensayos, por cada uno de los postes que no den buen resultado. El lote debe ser aceptado cuando todos los contraensayos den resultados satisfactorios.

- Ensayo a rotura. Se debe realizar este ensayo sobre el 1% de cada lote o pedido, con un mínimo de un poste.

Si todos los postes sometidos a ensayo dan resultado satisfactorio, se acepta el lote. Si algún resultado no es satisfactorio, en los postes ensayados, se procederá a realizar dos contraensayos por cada uno de los postes que no den buenos resultados. El lote debe ser aceptado, cuando todos los contraensayos den resultados satisfactorios.

Además, los postes de hormigón, conforme a estas

normas, están garantizados contra todo defecto de fabricación en un período de diez años.

### 3.3.3- Dimensionamiento del poste

Como se indica en los postes de madera, es necesario por economía, funcionalidad y tecnificación, dimensionar convenientemente el poste así: En el Apéndice 3.c-, se indican las longitudes correspondiente a un poste.

La altura libre del poste H2 se obtiene:

$$H2 = H - H_1 - H_y \text{ (m)} \quad (3.2)$$

H = Altura total del poste.

H<sub>1</sub> = Altura de empotramiento.

$$H_1 = \frac{H}{10} + 0.5 \text{ (m)} \quad (3.3)$$

$$H_y = 0.25 \text{ m.}$$

H<sub>y</sub> = Altura de la cogolla a la primera cruceta.

Según las normas de Inecel, la mínima altura de una fase al suelo es de 6 metros, y se recomienda una separación entre fases de 0.4 a 1.6 metros, aproximadamente, dependiendo del voltaje se puede decir que:

$$H_2 = AMf + 2 \times SF \text{ (m)}$$

AMf = Altura mínima de una fase al suelo (m).

SF = Separación entre fases (m).

Ejemplo: Si decimos  $AM_f = 6 \text{ m.}$

$$SF = 1.5$$

Por lo tanto:

$$H_2 = 9.0 \text{ metros.}$$

y,

$$H = H_2 + H_y + \frac{H}{10} + 0.5 \quad (\text{De 3.2 y 3.3})$$

Por lo tanto:

$$H = \frac{1}{0.9} (H_2 + H_y + 0.5) \quad (3.4)$$

y,

$$H = \frac{1}{0.9} (9.0 + 0.25 + 0.5)$$

$$H = 10.84 \text{ metros.}$$

Aquí también se justifica el uso de postes de 11 y 12 metros.

### 3.4- USO DE ESTRUCTURAS METALICAS

#### 3.4.1- Cálculo de la cruceta más baja al suelo

La altura de la cruceta más baja al suelo, en estructuras metálicas, es aplicable también a casos de este tipo en postes de hormigón y de madera y obedece a la siguiente expresión:

$$AC_M = LA + fm + AM_f \text{ (m)}. \quad (3.5)$$

$AC_M$  = Altura de la cruceta más baja al suelo (m).

$LA$  = Longitud de la cadena de aisladores con sus accesorios (m).

AM<sub>f</sub> = Altura mínima de una fase al suelo (m).

f<sub>m</sub> = Distancia de la máxima flecha al suelo, con el conductor a 50°C (m).

### 3.4.2- Cálculo de la distancia vertical entre fases

También la expresión aquí indicada es válida para postes de hormigón y de madera:

$$SF = LA + 1.1 DN \quad (m). \quad (3.6)$$

SF = Separación entre fases (m).

LA = Longitud de la cadena de aisladores (m).

DN = Distancia normal de los conductores a la estructura (m).

Se multiplica DN, por 1.1, para tomar un rango de protección mayor en la separación de los conductores a la estructura.

### 3.4.3- Cálculo de la altura del cable de guardia

El ángulo alfa (ver Apéndice 3.d-), protector o de apantallamiento, formado entre la línea que une el cable de guardia con la fase más desprotegida, debe ser tal que proteja efectivamente a esta fase.

Así, en función de alfa, se determina la altura del cable de guardia hasta una fase y:

$$ACG_f = \frac{L_c + (CT_c/2)}{\operatorname{tg} \alpha} - LA \quad [m] \quad (3.7)$$

ACGf = Altura del cable de guardia a una fase (m).

LC = Longitud de la cruceta (m).

CTc = Ancho del cuerpo de la torre, en el punto de la cruceta considerada (m).

LA = Longitud de la cadena de aisladores con sus accesorios (m).

$\alpha$  = Angulo de apantallamiento (grados).

Se tiene, como datos que se utiliza, ángulos de apantallamiento de  $30^\circ$  para los voltajes aquí considerados.

#### 3.4.4- Cálculo del ancho de la torre

Se puede calcular con la siguiente expresión. (Ver Apéndice 3.c-).

$$AT = 2 \times Lc + CTc \quad [m] \quad (3.8)$$

AT = Ancho de la torre (m).

#### 3.4.5- Altura total de la estructura

Como es lógico pensar, la altura total de la estructura (sin tomar en cuenta las patas de empotramiento), (ver Apéndice 3.f-), está dada por la expresión:

$$ATE = ACM + Sf + ACGf \quad [m] \quad (3.9)$$

ATE = Altura total de la estructura (m).

### 3.5- DIMENSIONAMIENTO DE CRUCETAS

Para dimensionar la longitud de las crucetas, en cualquier tipo de estructura, es necesario tomar en cuenta:

- a) Las distancias eléctricas en aire.
- b) Los ángulos de oscilación de la cadena de aisladores. Mientras mayor es el ángulo de oscilación más grande debe ser la cruceta.

a) depende de:

- Distancia mínima requerida por las sobretensiones de maniobra.
- Distancia mínima requerida en aire, por las sobretensiones a frecuencia industrial.
- Angulo de desviación de la cadena, producido por la presión máxima del viento, para la sollicitación de una sobretensión a frecuencia industrial.

$\vartheta_m$  = ángulo máximo (grados).

- Angulo de desviación, causado por el 20% de la presión máxima del viento, para la sollicitación de una sobretensión de maniobra. Debe resistir el sobrevoltaje con una probabilidad del 84%.

$\vartheta_n$  = ángulo normal (grados).

Tomando en cuenta los parámetros anteriores, se puede dimensionar las crucetas.

3.5.1- Angulo de desviación de la cadena de aisladores

Para el ángulo máximo de desviación:

$$\theta_m = \text{arctg} \frac{(2 \times T_o \times \text{Sen} \frac{\theta}{2}) + H \times W_h}{V \times W_v + \frac{1}{2} W_i} \quad (3.10)$$

Para el ángulo normal de desviación:

$$\theta_n = \text{arctg} = \frac{2 T_n \times \text{Sen} \frac{\theta}{2}}{V \times W_v + \frac{1}{2} W_i} \quad (3.11)$$

Estas expresiones son válidas para estructuras con un ángulo de desviación de una a otra estructura.

Cuando se trata de estructuras tangentes, el ángulo de desviación normal es pequeño y el máximo está dado por la expresión. (Ver Apéndice 3.g).

$$\theta_m = \text{arctg} \frac{H \times W_h}{V \times W_v + \frac{1}{2} W_i}$$

$\theta_m$  = Angulo de desviación máxima, de la vertical de la cadena de aisladores hacia la estructura (grados).

$\theta_n$  = Angulo de desviación normal de la vertical de la cadena de aisladores hacia la estructura (grados).

$\theta$  = Angulo de alineación de las estructuras (grados).

$T_o$  = Tensión inicial del conductor (kg).

$T_n$  = Tensión normal del conductor (tensión final a temperatura ambiente).

$H$  = Espaciamiento horizontal, que es la mitad de la suma de los espacios adyacentes (m).

$V$  = Espaciamiento vertical, que es la distancia entre el punto más bajo de los herrajes, en los espacios adyacentes (m).

Generalmente,  $V$  debería ser mayor que  $0.66 H$ .

$W_h$  = Carga del viento por unidad de conductor simple. (kg/m).

$W_v$  = Peso por unidad de conductor simple (kg/m).

$W_i$  = Peso de la cadena de aisladores (sin tomar en cuenta el viento). (kg).

Quando  $\theta_m$ , es mayor de 60 grados, se recomienda no utilizar cadena de aisladores, sino aislador espiga.

### 3.5.2- Voladizo de las crucetas

El voladizo de las crucetas (ver Apéndice 3.h-), debe ser el que resulte mayor que:

$$D_1 = LA \times \text{Sen } \theta_n + DN + K \quad [m] \quad (3.13)$$

$$D_2 = LA \times \text{Sen } \theta_m + DM + K \quad [m] \quad (3.14)$$

$D_1$  y  $D_2$  = Voladizo de la cruceta (m).

$DM$  = Distancia mínima de los conductores a la estructura (m).

K = Constante, que considera:

- Irregularidades de la estructura.
- Separación vertical entre fases, cuando se trata de una sola cruceta para las tres fases.

Tanto para el uso de cadena de aisladores de suspensión, como cuando se utiliza aisladores pin, el dimensionamiento de las crucetas es igual. Inecel recomienda el uso de crucetas para postes de madera y de hormigón de 2.0 metros de longitud, y de madera, para los voltajes estudiados aquí.

Además,

$$DN = 0.1 + \frac{KV}{150} \quad (m).$$

$$DM = DN \times \text{Sen } \emptyset_m \quad (m).$$

### 3.6- DISTANCIA ENTRE FASES

La distancia existente entre fases debe ser tal que no exista ninguna probabilidad de que éstas se acerquen a distancias peligrosas, peor que se unan, produciéndose en cualquier caso un cortocircuito.

Se debe tomar en cuenta la acción del viento, para la separación de diseño de las fases.

#### 3.6.1- Distancias mínimas admisibles en el centro del vano

La distancia mínima admisible en el centro del vano, se deberá calcular de acuerdo a la siguiente expresión:

$$a = KV, H \times \sqrt{f_m + L_c} + A \quad [m] \quad (3.15)$$

a = Separación entre conductores (m).

KV,H = 0.75, para separación vertical.

= 0.61, para separación longitudinal.

f<sub>m</sub> = Flecha final del conductor (m).

Se debe considerar esta flecha, para cuando por la línea se transmita la máxima potencia nominal, y que f<sub>m</sub> corresponda al vano máximo de toda la línea.

L<sub>c</sub> = Longitud de la cadena de aisladores (m).

En el caso de aislador pin, L<sub>c</sub> = 0.

A = Constante, que considera una separación debido a la variación de la densidad del aire ocasionada por la ubicación de la línea, considerando la altura de la zona sobre el nivel del mar.



## CAPITULO IV

### CALCULOS APROXIMADOS DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LAS ESTRUC- TURAS

#### 4.1- RESUMEN

Es un capítulo muy importante, que imprescindiblemente se debe tomar en cuenta al realizar el estudio de una línea de transmisión.

Con el conocimiento de los esfuerzos que actúan sobre la estructura y el peso de ésta con todos los accesorios, se puede dimensionar convenientemente a la estructura (en el caso de postes de hormigón y estructuras metálicas), o se verá la resistencia del poste de madera para soportar todas estas cargas.

El cálculo de los esfuerzos actuantes en una estructura se hará en forma aproximada, debido a que es muy difícil conocer con exactitud todas las fuerzas que, en un momento dado, actúan sobre la estructura; pero al tomar las condiciones más desfavorables de trabajo de las estructuras, se puede preveer algunos de los fenómenos exteriores que podrían impedir el normal funcionamiento de

la línea.

Algo similar sucede con el cálculo del peso que soportan las estructuras.

Se tratará en este capítulo de calcular los pesos existentes en la estructura, lo más aproximado a la realidad, pero siempre existe el riesgo de que éstos no sean los reales, ya sea por el material diferente de los herrajes, pesos diferentes en los aisladores, dependiendo del material de éstos, etc.

De acuerdo al cálculo que a continuación se va a realizar, los constructores de líneas piden a los fabricantes estructuras que soporten los esfuerzos previstos; es así como pueden fabricarse postes de hormigón o estructuras metálicas, normalizadas o reforzadas para soportar tensiones normales o grandes tensiones, respectivamente, de conformidad, todo esto, a varios factores como: vientos muy fuertes, desnivel del terreno, terrenos pantanosos o muy húmedos, vanos muy largos, etc.

Los datos utilizados en las siguientes ecuaciones son:

- a- Diámetro de la punta, en postes.
- b- Conicidad de los postes.
- c- Longitud de los postes.
- d- Vano promedio económico.
- e- Diámetro de los conductores.
- f- Diámetro de los aisladores.

- g- Peso por unidad de longitud de los conductores.
- h- Peso de herranjes.
- i- Peso de los aisladores.
- j- Sección de los conductores.
- k- Presiones del viento.
- l- Longitud de la cadena de aisladores.
- m- Altura mínima de una fase al suelo.
- n- Separación entre fases.
- o- Altura de la cruceta más alta, al cable de guardia.
- p- Peso por unidad de longitud del cable de guardia.

#### 4.2- ESFUERZOS QUE SOPORTA UN POSTE DE MADERA

##### 4.2.1- Coefficiente de trabajo de los postes de madera

Como se anotó en el punto 3.3.2-, del capítulo anterior, un poste de madera debe resistir todos los esfuerzos, cuando esté ya como apoyo de la línea, sin que se produzca deformación permanente; es decir, la fuerza máxima soportada, no debe exceder al límite de elasticidad.

Existen datos promedios que nos indican que, para grados de humedad medios (20% y 30%), las cargas en el límite de elasticidad, pueden considerarse de  $220 \text{ kg/cm}^2$ , por extensión, y de  $160 \text{ kg/cm}^2$  por compresión. (Punto 3.2.2-).

El Inecel, en su reglamento para líneas de distribución (corresponde a líneas con voltajes similares a los aquí estudiados), indica un factor de seguridad mínimo, o

coeficiente de trabajo para los postes de madera, de:

$$f_s = \frac{\text{Esfuerzo de rotura}}{\text{Esfuerzo de trabajo}} = 4 \quad (4.1)$$

$f_s$  = Factor de seguridad.

Este valor es un tanto alto, pero debido a que no todos los postes de madera tienen iguales características de resistividad y deben, en su vida útil, estar expuestos a trabajos de extensión, compresión, flexión o esfuerzo cortante, se lo ha impuesto.

Considerando como ejemplo resultados obtenidos en el país (Apéndice 4.a-), sobre pruebas de esfuerzos de rotura a postes de hormigón, con contenido de humedad de 20% y 30%, se puede obtener el coeficiente de trabajo promedio para estos postes así:

Para CH = 20%, se obtuvo un

Esfuerzo de rotura, de  $417 \text{ kg/cm}^2$ .

Por lo tanto, su esfuerzo de trabajo es:

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = \frac{417 \text{ kg/cm}^2}{4} = 104,25 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{De } 4.1)$$

CH = Contenido de humedad.

Para CH = 30%, se obtuvo un

Esfuerzo de rotura de  $379 \text{ kg/cm}^2$

Por lo tanto, su esfuerzo de trabajo es:

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = \frac{379 \text{ kg/cm}^2}{4} = 94,75 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{De } 4.1)$$

Tomando un promedio se obtiene un:

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

para maderas utilizadas en postes, extraídas de bosques del país.

Inecel recomienda el uso de postes de madera de hasta 600 kg. de esfuerzos de rotura. En los resultados obtenidos, se tiene coeficientes de trabajo mayores a  $100 \text{ kg/cm}^2$  que pueden ser aceptados, ya que solamente se reduce un poco el factor de seguridad; pero el poste, en ningún caso, está actuando al borde de sus características de elasticidad.

4.2.2- Esfuerzos producidos por el viento sobre el poste y sus accesorios

a- Esfuerzos producidos por el viento sobre el poste.

Los esfuerzos producidos por el viento son soportados por la parte libre del poste; es decir, es necesario calcular el área en la que actúan estos esfuerzos y para esto se necesita saber:

- Diámetro de la punta del poste (do).
- Conicidad (CON).
- Longitud de empotramiento (E),
- Longitud del poste (L).

Datos obtenidos de postes de madera, utilizados en el país, y aprobados por el Inecel indican:

- Diámetro de la punta del poste, no menor a 13 cm.

Promedio = 15 centímetros.

- Conicidad, debe estar entre 8 y 12/1000, en un 90% de los árboles, la conicidad varía entre 0.47 cm/m

CON = 1 cm/m.

Promedio = CON = 0.72 cm/m.

El diámetro de la sección de empotramiento (d2)

será:

$$d_2 = d_0 + CON \times L \quad [cm] \quad (4.1)$$

Y, por lo tanto, la superficie del poste expuesta a la acción del viento (SPV) se calculará:

$$SPV = \frac{d_0 + d_2}{2 \times 100} (L - E) \quad (m^2) \quad (4.2)$$

E, se calcula como se indica en la ecuación 3- 1. del capítulo anterior.

Sobre SPV el viento produce una fuerza normal (FN) al poste, de:

$$FN = fr \times SPV \times PV \quad [kg] \quad (4.3)$$

fr = Factor de reducción, de acuerdo a la superficie; en este caso, por ser aproximadamente el poste un trapecio, fr = 0.7.

PV = Presión máxima del viento normal al poste (kg/m<sup>2</sup>).

PV = 42 kg/m<sup>2</sup> (por ser una superficie aproximadamente cilíndrica).

En verdad, la sección longitudinal del poste es un

trapecio y la distancia, desde el terreno a que se vendrá aplicada la fuerza FN, se calcula:

$$Z = \frac{L-E}{3} \frac{d_2 + 2d_0}{d_2 + d_0} \quad [m] \quad (4.4)$$

Y se produce un momento flector en la parte libre del poste, por la acción del viento, de:

$$MV = FN \times Z \quad (\text{kg.m}) \quad (4.5)$$

MV = Momento flector, actuante en la parte libre del poste.

b- Esfuerzos producidos por el viento sobre los accesorios.

El esfuerzo del viento sobre cada conductor será:

$$FC = fr \times V \times Dc \times PV \times 10^{-3} \quad [Kg] \quad (4.6)$$

FC = Fuerza del viento sobre cada conductor (kg).

V = Vano promedio económico de la línea (m).

Dc = Diámetro del conductor (mm).

El esfuerzo del viento sobre cada aislador, será:

$$FA = fr \times SL \times PV \quad [Kg] \quad (4.7)$$

FA = Fuerza del viento sobre cada aislador (kg).

SL = Sección longitudinal del aislador ( $m^2$ ).

Sobre cada cruceta volada, se admite que el viento produce un esfuerzo de 1 Kg., y si es una sola que contiene las tres fases, el esfuerzo del viento será máximo de los 2/3 de la suma del esfuerzo en cada cruceta volada, esto es, 2 kg.

En el Apéndice 4.b-, se representa todos los esfuerzos producidos por el viento sobre el poste, y se supone que las presiones producidas por el viento sobre el conductor, el aislador y la cruceta, están aplicados en la cabeza del aislador respectivo; lo que da:

$$F_T = F_c + F_A + F_{cr} \quad [Kg] \quad (4.8)$$

$F_T$  = Fuerza total, supuestamente concentrada en la cabeza de un aislador (kg).

$F_{cr}$  = Fuerza producida por el viento sobre una cruceta volada (kg).

Se considera que  $F_T$ , para cada aislador, se concentra en la cabeza del aislador superior, si se trata de crucetas voladas, o en el aislador central si es una sola. Así, se produce un momento flector de:

$$M_a = 3 \times F_T \times (L - E - 0.3) \quad [Kg m] \quad (4.9)$$

$M_a$  = Momento flector actuante sobre los accesorios del poste (kg/m).

c- Esfuerzos totales.

Se obtiene un momento flector total (M), que será la suma del producido en la parte libre del poste y el de los accesorios:

$$M = M_v + M_a \quad (\text{kg/m}) \quad (4.10)$$

Y el esfuerzo de trabajo (R), que corresponde a la sección considerada, se calcula:

$$R = \frac{10M}{d^3} \times 10^2 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.11)$$

R, debe ser comparable a 100 kg/cm<sup>2</sup> que es el previsto para que el poste esté bien dimensionado, en cuanto a esfuerzos soportantes, debido al viento.

#### 4.2.3- Compresión del poste

También actúa sobre el poste un esfuerzo de compresión, producido por el peso de los conductores y por el equipo de aisladores y crucetas. Esto se especifica en el punto 2.5.3- del Capítulo II, y es necesario tomar en cuenta para saber la resistencia del poste a la compresión; por lo tanto, se debe saber:

- Peso de los conductores de fase:

$$P_{cf} = 3 \times V \times P \quad [\text{Kg}] \quad (4.12)$$

$P_{cf}$  = Peso total de los conductores de fase (kg).

$P$  = Peso por unidad de longitud de los conductores.  
(kg/m).

- Peso del conductor neutro:

$$P_{cn} = V \times P \quad [Kg] \quad (4.13)$$

$P_{cn}$  = Peso del conductor neutro en cada vano (kg).

- Peso de las crucetas voladas:

$$P_{cr} = 3 \times 6 \text{ kg.}$$

$P_{cr}$  = Peso de las crucetas. Se toma para efectos de cálculo como 6 kg. por cruceta (kg).

- Peso de la cruceta, cuerpo entero:

$$P_{cr} = 2 \times 6 \text{ kg.}$$

- Peso de los aisladores:

$$P_{ais} = 3 \times n \times P_A \quad [Kg] \quad (4.14)$$

$P_{ais}$  = Peso total de las tres cadenas de aisladores (kg).

$n$  = Número de aisladores por cadena.

$P_A$  = Peso de cada aislador (kg).

Y se obtiene un peso total debido a todos los accesorios ( $P_{ac}$ ):

$$P_{ac} = P_{cf} + P_{cn} + P_{cr} + P_{Ais} \quad [Kg] \quad (4.15)$$

El poste debe soportar, por lo menos, tres veces más del valor de  $P_{ac}$  y para  $3 \times P_{ac}$ , se debe calcular la

resistencia a la compresión, para evitar pandeos o flexiones laterales en la vida útil del poste; en general, se calcula el esfuerzo de trabajo por compresión con la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{3Pac}{S} \left( 1 + K \frac{l^2 S}{m^2 I} \right) \times 10^4 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.16)$$

$R_c$  = Esfuerzo de trabajo por compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

$l$  = Longitud del poste sometido a compresión (m).

$S$  = Sección de empotramiento del poste (cm<sup>2</sup>).

$I$  = Momento de inercia mínimo del poste (cm<sup>4</sup>).

$K$  = Coeficiente de valor 0.02 para la madera.

$m^2$  = Coeficiente que depende del modo de fijación de los extremos de la pieza comprimida, y tiene por valor: 1/4, cuando un extremo está empotrado y el otro está libre, y, además, se calcula:

$$S = \frac{\pi d_2^2}{4} \quad [\text{cm}^2] \quad (4.17)$$

A esta sección peligrosa de empotramiento, corresponde un momento de inercia

$$I = \frac{\pi}{64} d_2^4 \quad [\text{cm}^4] \quad (4.18)$$

$l$ , viene a ser igual a:

$$l = (L - E - 0.3) \quad [\text{m}] \quad (4.19)$$

Este esfuerzo  $R_c$ , debe sumarse al  $R$  de c) de 4.2.2- y se debe cumplir:

$$R_c + R \approx 100 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (4.20)$$

para que el poste esté bien dimensionado.

#### 4.2.4- Resistencia longitudinal del poste

Para calcular la resistencia longitudinal del poste se supone que el viento no actúa, pues no sería lógico considerar la acción conjunta de ambos esfuerzos. Este esfuerzo se calcula con la expresión:

$$F_L = 3 \times S_c \times \delta \times \frac{1}{\alpha} \quad [\text{Kg}] \quad (4.21)$$

para el ACSR, tiene como valor aproximado:

$$\delta = 70 \text{ kg/mm}^2$$

$F_L$  = Fuerza longitudinal sobre la estructura debido a los conductores (kg).

$S_c$  = Sección de los conductores ( $\text{mm}^2$ ).

$\delta$  = Coeficiente de ruptura para el conductor (ACSR).

$\alpha$  = Coeficiente para calcular la resistencia de los apoyos, en función del número de fases a soportar. (Apéndice 4.c-).

Esta fuerza  $F_L$ , se aplicará en la cabeza del aislador superior o en el aislador central, dependiendo del tipo de estructura, y se produce un momento flector.

$$M_L = FLx! \quad (\text{kg/m}) \quad (4.22)$$

$M_L$  = Momento flector, producido debido a una fuerza longitudinal de los conductores sobre los aisladores (kgm).

Y el coeficiente de trabajo será:

$$RL = \frac{10 \times ML}{d_2^3} \times 10^2 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.23)$$

$RL$  = Coeficiente de trabajo del poste, debido a una fuerza longitudinal aplicada ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Se debe comprobar, para satisfacer lo impuesto, que:

$$RL \approx 100 \quad \text{kg/cm}^2$$

#### 4.2.5- Peso aproximado total de la estructura

En el punto 4.2.3- se calculó  $P_{ac}$ , que es el peso total debido a los accesorios que componen la "vestimenta" del poste; se dijo que se debe tener, por lo menos,  $3 \times P_{ac}$ . A esto hay que sumarle el peso mismo del poste y se tiene el peso total de la estructura, así:

$$P_T = 3 \times P_{ac} + P_p \quad [\text{Kg}] \quad (4.24)$$

$P_T$  = Peso total de la estructura (kg).

$P_{ac}$  = Peso de todos los accesorios (kg).

$P_p$  = Peso propio del poste solo (kg).

En el Apéndice 4.d-, se indican pesos medios para los postes, existiendo un promedio de 550 Kg. para postes

de 12 metros.

#### 4.3- ESFUERZOS QUE SOPORTA UN POSTE DE HORMIGON

Dependiendo de la clase de línea, de las condiciones atmosféricas, clase de terreno, etc., se puede dimensionar a voluntad los postes de hormigón, ya que en este caso, con variar la estructura de hierro o la dureza del hormigón, se puede tener postes reforzados o más flexibles, de acuerdo a las necesidades.

El cálculo de los postes de hormigón armado se debe realizar principalmente, de la resistencia de la armadura metálica y de la parte de hormigón, al esfuerzo de compresión actuante, y hasta se puede despreciar la resistencia del hormigón y de la armadura, sometidos a un esfuerzo de extensión.

##### 4.3.1- Coeficiente de trabajo de los postes de hormigón

El poste de hormigón, igual que cualquier estructura de apoyo, debe soportar, cuando está ya actuando en la línea, esfuerzos producidos por varios factores y especialmente de compresión, como se anotó, sin que se produzcan deformaciones permanentes en éste, o estos esfuerzos sobrepasen el límite de elasticidad propio del poste.

Es necesario para esto, definir un coeficiente de trabajo. El Inecel, en sus normas para líneas de distribución, indica que la resistencia mecánica se la considera adecuada en postes que soportan 600 kg. a la rotura.

En la ecuación 4.1, se definió  $f_s$  (factor de seguridad); en las mismas normas se recomienda usar un  $f_s = 2$  para postes de hormigón, lo que da un esfuerzo de trabajo de  $300 \text{ kg/cm}^2$  para postes de hormigón, a ser utilizados en los voltajes y transmisión de potencia aquí estudiados.

#### 4.3.2- Esfuerzos transversales sobre el poste

Son producidos principalmente por las presiones del viento y los cambios de dirección de la línea.

##### a) Presiones del viento:

Se considerarán las siguientes presiones  $Q_0$  del viento:

- Conductores de fase y neutro (sobre su superficie diametral) 42  $\text{kg/m}^2$
- Postes de hormigón 70  $\text{kg/m}^2$
- Aisladores sobre la superficie diametral del cilindro envolvente 50  $\text{kg/m}^2$

Para las hipótesis de cálculo, se supone que el viento actúa a  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al eje de la línea, o a la normal de la bicetriz del ángulo de la línea.

La presión efectiva  $Q$  producida por el viento se calculará según:

$$Q = Q_0 \times \cos \beta \quad [\text{Kg/m}^2] \quad (4.25)$$

$Q$  = Presión efectiva, provocada por el viento ( $\text{kg/m}^2$ ),

$Q_0$  = Presión del viento indicada para cada elemento ante-

riormente.

$\beta$  = Angulo entre la dirección del viento y la normal a la superficie afectada (estructura, aisladores, accesorios, conductores, etc.).

Para la condición de viento máximo, se calculará con el total de la presión de viento  $Q_0$  indicada antes, para la condición viento medio con  $0,5 Q_0$  y para la condición de viento un cuarto,  $0.25 Q_0$ .

b) Viento sobre la estructura, aisladores y otros elementos:

Los esfuerzos debidos a  $Q$ , para la condición de viento que corresponda, se considerará normal a la superficie afectada y actuando en su centro de gravedad. ( $F_{TT}$ )

Para las caras o superficies protegidas de la estructura, se adoptará una presión de viento igual al 50% de la aplicada sobre la superficie directamente afectada.

Estos esfuerzos se calculan:

$$F_{TT} = h_l (Q_e \times S_e + Q_{ca} \times d_{ca} \times L_{ca} \times 10^{-3}) \quad [Kg] \quad (4.26)$$

$Q_e$  = Presión efectiva del viento sobre la estructura.  
( $kg/m^2$ ).

$S_e$  = Superficie transversal de la estructura, sometida a la acción del viento ( $m^2$ ).

$Q_{ca}$  = Presión efectiva del viento sobre la cadena de ais-

ladores ( $\text{kg/m}^2$ ),

dca = Diámetro exterior de la cadena de aisladores (mm).

Lca = Longitud de la cadena de aisladores (m).

hi = Factor de valor 1, si Q actúa normal a la superficie y en su centro de gravedad.

0.5 si Q actúa en superficies protegidas de la estructura.

c) Viento sobre los conductores de fase y conductor neutro:

La carga debida al viento sobre un conductor para cualquier vano adyacente a la estructura, se calculará según:

$$F_1 = Q \times \frac{L}{2} \times d \times 10^{-3} \quad [\text{Kg}] \quad (4.27)$$

$F_1$  = Carga del viento sobre un conductor o cable de guardia (kg).

L = Longitud del vano adyacente a la estructura (m).

d = Diámetro del conductor de fase o neutro (mm).

La carga  $F_1$  se considerará normal al plano vertical que contiene el vano, y actuando en el punto de suspensión o anclaje de los conductores.

Para los dos vanos adyacentes a la estructura la carga total por conductor o conductor neutro, será la resultante F de las cargas  $F_1$  correspondientes a cada vano.

En este caso,  $F = 2FL$ , ya que se está tomando vanos iguales o promedios (que es el vano económico).

d) Efecto de ángulo:

Se considerará que en cualquier estructura, la línea tiene un ángulo mínimo de  $1^\circ$  y un máximo de  $15^\circ$ .

Se deberá calcular, como fuerzas horizontales aplicadas en los puntos de suspensión o de anclaje de los conductores, y en los puntos de sujeción del conductor neutro, respectivamente. El valor y dirección de estas fuerzas será igual a las de la resultante de las tensiones mecánicas iniciales de servicio de los conductores y conductor neutro, no cortados, de ambos vanos adyacentes a la estructura.

Como las tensiones de los vanos adyacentes son iguales, se calcula la resultante según:

$$R_A = 2 \times T \times \text{Sen} \frac{A}{2} \quad [\text{Kg}] \quad (4.28)$$

$R_A$  = Tensión resultante (kg).

$T$  = Tensión inicial de servicio de los conductores (kg).

$A$  = Angulo de la línea. (Grados).

e) Esfuerzos transversales totales:

Tomando en cuenta y sumándoles a las ecuaciones 4.26, 4.27, 4.28, se obtienen los esfuerzos transversales totales actuantes:

$$T = h_i (Q_e \times S_e + Q_{ca} \times d_{ca} \times L_{ca} \times 10^{-3}) + 10^{-3} \times [Q_f \times L \times d_f \times N_f] + R_f \times N_f \quad [Kg] \quad (4.29)$$

T = Tensión transversal total (kg).

$Q_f$  = Presión efectiva del viento sobre los conductores de fase (kg/m<sup>2</sup>).

$d_f$  = Diámetro del conductor de fase.

$N_f$  = Número total de conductores de fase.

$R_f$  = Tensión resultante por el efecto de ángulo, para los conductores de fase (kg).

f) Momento flector debido al esfuerzo transversal total:

Se puede considerar que la sección longitudinal del poste es un trapecio, y la distancia desde el terreno a la cual vendrá aplicada la fuerza T, será:

$$Z_1 = \frac{L - E}{3} \times \frac{d_3 + 2d_1}{d_3 + d_1} \quad [m] \quad (4.30)$$

Y se producirá un momento flector:

$$M_T = T \times Z_1 \quad [Kgm]$$

$Z_1$  = Brazo del momento producido por T (m).

$d_1$  = Diámetro de la punta del poste (cm).

$d_3$  = Diámetro de la sección de empotramiento (cm).

$M_T$  = Momento flector, resultante debido a la fuerza trans-

versal total (kg m).

g) Esfuerzo de trabajo:

El esfuerzo de trabajo (R), para la sección considerada se calculará:

$$R = \frac{10 M_T}{d_3^3} \times 10^2 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.31)$$

Y R, debe ser comparable a 300 kg/cm<sup>2</sup>, que es el esfuerzo de trabajo previsto.

#### 4.3.3- Esfuerzos verticales sobre el poste

Se considera el peso del poste, más un peso de 150 Kg., correspondiente a un operario ubicado en cualquier punto del poste.

a) Peso por fase:

Se deberá considerar el peso del conductor, aisladores, accesorios, pesos adicionales, amortiguadores, etc. aplicado en los puntos de suspensión o anclaje de la fase.

b) Conductor neutro:

Se considerará el peso del conductor neutro, con sus accesorios de fijación y protección, aplicado en los puntos de sujeción de éste.

c) Para el cálculo del peso de los conductores de fase y neutro, se empleará el vano peso máximo positivo o negativo (en este caso son iguales), correspondiente a la estructura.

VANO PESO: Es la distancia horizontal entre los puntos más bajos de la catenaria, que forman los conductores entre dos vanos adyacentes.

- Negativo: Hacia el lado de generación o. S/E.

- Positivo: Hacia el lado de la carga.

En este caso, vano peso (positivo o negativo),  
= 1/2 vano económico.

d) Sobrecarga vertical:

Consistirá en cargas verticales, igual al peso del conductor por fase, empleando el vano de peso correspondiente, aplicados en los puntos de suspensión o anclaje de la fase, o igual al peso del conductor neutro aplicado en el punto de sujeción de éste.

Esta sobrecarga se deberá considerar aplicada a la estructura, actuando de la siguiente manera:

Para estructuras de simple circuito (presente caso)

- Sobre un conductor cualquiera, incluido el neutro.

La carga vertical a la que estará sometida la estructura, de acuerdo a lo anterior, se calcula:

- Para un conductor cualquiera:

$$V = L_p \times P_f \times N_f + L_p \times P_n + 1.0 \times L_p \times P_c + 150 + P_{ac} \quad [Kg]$$

(4.32)

- Para el conductor neutro:

$$V = L_p \times P_f \times N_f + L_p \times P_n + 1.0 \times L_p \times P_n + 150 + P_{ac} \quad [Kg]$$

(4.33)

V = Carga vertical total (kg).

L<sub>p</sub> = Vano peso máximo (m).

P<sub>f</sub> = Peso por unidad de longitud de los conductores de fase (kg/m).

N<sub>f</sub> = Número total de conductores de fase.

P<sub>n</sub> = Peso por unidad de longitud del conductor neutro. (kg/m).

P<sub>ac</sub> = Peso de los aisladores, accesorios, pesos adicionales, amortiguadores, etc., usados en los puntos de suspensión o anclaje de los conductores, y peso de los accesorios de fijación y de protección, usados para la sujeción de los cables de guardia (kg).

e) Esfuerzo de trabajo:

De igual manera que en los postes de madera, y usando la ecuación 4.16:

$$R_c = \frac{V}{S} \left( 1 + K \frac{l^2 S}{m I} \right) \times 10^{-4} \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

En este caso, sólo varía el valor de  $K = 0,011$  para los postes de hormigón con igualmente:

$$S = \frac{\pi}{4} d_3^2 \quad [\text{cm}^2] \quad (4.17)$$

$$I = \frac{\pi}{64} d_3^4 \quad [\text{cm}^4] \quad (4.18)$$

$$l = (L - E - 0.3) \quad [\text{m}] \quad (4.19)$$

(Extremo empotrado y el otro libre).

$R_c$  se suma a  $R$  de g) de 4.3.2-, y se debe cumplir que:

$$R_c + R \approx 300 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.34)$$

para que el poste esté bien dimensionado.

#### 4.3.4- Esfuerzos longitudinales sobre el poste

Son producidos por efecto de conductores o conductor neutro, cortados en un mismo vano adyacente a la estructura.

Consistirá en fuerzas horizontales en la dirección del vano, aplicadas en el punto de suspensión o anclaje de los conductores y en el punto de sujeción del conductor neutro, respectivamente.

Para estructuras de suspensión, se deberá tomar en cuenta la tensión mecánica normal final de los conductores y conductor neutro.

Se debe considerar las siguientes alternativas, según resulte más favorable:

- Estructuras para simple circuito.
  - a) Cortadura del conductor de una fase cualquiera.
  - b) Cortadura del conductor neutro.

La carga longitudinal total, se obtiene aplicando

las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad L &= T_{mnff} \quad [\text{Kg}] \\ \text{b)} \quad L &= T_{mnfn} \quad [\text{Kg}] \end{aligned} \quad (4.35)$$

$L$  = Carga longitudinal total (kg).

$T_{mnff}$  = Tensión mecánica normal final de los conductores de fase (kg).

$T_{mnfn}$  = Tensión mecánica normal final del conductor neutro (kg).

Para el cálculo del peso del poste, se escogerá la carga longitudinal que resulte mayor de las dos alternativas.

El esfuerzo  $L$ , produce un momento flector  $ML$ .

$$\text{y: } ML = L \times l \quad [\text{Kgm}] \quad (4.36)$$

$ML$  = Momento flector, producido por la fuerza  $L$  (kgm).

El momento  $ML$ , se produce en el aislador de la cruceta más alta o en la cadena, o, en su defecto, en el aislador o cadena central, si se utiliza cruceta centrada.

El coeficiente de trabajo será:

$$RL = \frac{10 \times ML}{d^3} \times 10^2 \quad [\text{Kg/cm}^2] \quad (4.37)$$

RL = Coeficiente de trabajo del poste, debido a una fuerza longitudinal aplicada sobre él (kg/cm<sup>2</sup>).

Se debe comprobar que  $RL \approx 300$  kg/cm<sup>2</sup>.

Es necesario calcular un momento total en la superficie de empotramiento del poste, debido a todas las cargas transversales, despreciando las longitudinales y las verticales, ya que las cargas transversales son las principales en el poste y, además, implícitamente, contienen esfuerzos considerados en las otras dos.

$$MT = Nf \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) Tf + (h_1 + h_2 + Lca + h_3) Tn + \\ + 3.0 \left( h_1 + \frac{Lca}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \times Tais + Z_1 \times Tes \quad [Kgm] \quad (4.38)$$

MT = Momento total en la superficie de empotramiento del poste, por la acción de las fuerzas transversales (kgm).

h<sub>1</sub> = Altura mínima de una fase al suelo (m).

h<sub>2</sub> = Separación entre fases (m).

h<sub>3</sub> = Altura de la cruceta más alta a la punta del poste (m).

Tf = Tensión transversal total sobre uno de los conductores de fase (kg).

Tn = Tensión transversal total sobre el conductor neutro (kg).

Tais = Tensión transversal por la acción del viento sobre la

cadena de aisladores (kg).

Tes = Tensión transversal, debido a la acción del viento sobre la estructura (kg).

Z<sub>1</sub> = Altura del centro de gravedad de la estructura (m).

dn = Diámetro del conductor neutro (mm).

Qn = Presión efectiva del viento sobre el conductor neutro (kg/m<sup>2</sup>).

Se calcula:

$$T_f = (L \times d_f \times Q_f \times 10^{-3}) + R_f \quad [\text{Kg}] \quad (4.39)$$

$$y ; T_n = (L \times d_n \times Q_n \times 10^{-3}) + R_g \quad [\text{Kg}] \quad (4.40)$$

además:

$$T_{ais} = Q_{ca} \times d_{ca} \times L_{ca} \times 10^{-3} \quad [\text{Kg}] \quad (4.41)$$

y ;

$$T_{es} = Q_e \times S_e \quad [\text{Kg}] \quad (4.42)$$

#### 4.3.6- Altura del centro de gravedad de las cargas

Con el momento total en la base, debido a las cargas transversales, y la carga transversal total T, se puede ya calcular la altura del centro de gravedad de las cargas:

$$h = \frac{MT}{T} \quad [\text{m}] \quad (4.43)$$

h = Altura del centro de gravedad de las cargas (m).

4.3.7- Peso aproximado total del poste

Viene dado por la expresión:

$$PT = 3 \times V \times PH \quad [Kg] \quad (4.44)$$

PT = Peso aproximado total de la estructura (kg).

PH = Peso del poste de hormigón (kg).

4.4- ESFUERZOS QUE SOPORTA UNA ESTRUCTURA METALICA

Una estructura metálica, al igual que los postes de madera y de hormigón, soportará esfuerzos transversales, verticales y longitudinales, durante toda su vida útil, ya que, como los otros casos, son apoyos de la línea sujetos a acciones como viento, peso de cables, aisladores y accesorios, fuerzas de éstos, etc.

El cálculo de los esfuerzos que soporta una estructura metálica, por lo tanto, será muy similar al usado para postes de hormigón; variando solamente en el cálculo de los momentos y del esfuerzo de trabajo, ya que, por la misma geometría y la base de sustentación, se producen momentos actuantes diferentes en los dos casos; aquí, sólo se considerará un momento total transversal, despreciando los otros producidos por fuerzas longitudinales y verticales, como se hizo también en los postes de hormigón para el cálculo de peso. Entonces, es lógico pensar que las mismas ecuaciones que sirvieron para el

cálculo de los esfuerzos en los postes de hormigón, sirvan ahora para las estructuras metálicas.

4.4.1- Esfuerzos transversales sobre la estructura

Producidos por las presiones del viento y cambios de dirección de la línea.

a) Presiones del viento:

Se considerarán las siguientes presiones  $Q_0$  del viento:

- Conductores y cables de guardia  
(sobre su superficie diametral) 42 kg/m<sup>2</sup>.
- Estructuras metálicas 80 kg/m<sup>2</sup>.
- Aisladores sobre la superficie  
diametral del cilindro envolvente 50 kg/m<sup>2</sup>.

Se considera al viento actuando a 0°, 45° y 90° con respecto al eje de la línea, o a la normal de la bisectriz del ángulo de la línea."

La presión efectiva  $Q$ , se calculará:

$$Q = Q_0 \times \cos \beta \quad [\text{Kg/m}^2] \quad (4.25)$$

Para la condición de viento máximo, se calculará con el total de la presión de viento  $Q_0$  indicada antes, para viento medio con  $0.5 Q_0$  y viento un cuarto. con  $0.25 Q_0$ .

- b) Viento sobre la estructura, aisladores y otros elementos:

Se considera actuando al viento normal sobre la superficie afectada y en su centro de gravedad. Para las caras protegidas, se adopta una presión del viento de 50% de la aplicada sobre la superficie directamente afectada.

Estos esfuerzos se calculan:

$$F_{TT} = h_i (Q_e \times S_e + Q_c \times d_c \times L_c \times 10^{-3}) \quad [Kg] \quad (4.26)$$

- c) Viento sobre los conductores y cable de guardia:

La carga debida al viento sobre un conductor o cable de guardia, para cualquier vano adyacente a la estructura, se calcula:

$$F_1 = Q \times \frac{L}{2} \times d \times 10^{-3} \quad [Kg] \quad (4.27)$$

$F_1$  se considera normal al plano vertical que contiene al vano, y actuando en el punto de suspensión o anclaje de los conductores, y en el punto de sujeción de los cables de guardia.

Si los vanos adyacentes a la estructura son iguales, como en el caso presente, se tiene una resultante:

$$F = 2F_1$$

d) Efecto de ángulo:

Se considera ángulos comprendidos entre mínimo 1° y máximo 15°.

El valor de estas fuerzas será igual a la resultante de las tensiones mecánicas iniciales de los conductores y cable de guardia, no cortados, de ambos vanos adyacentes a la estructura. Estas tensiones son iguales en los vanos adyacentes y se calcula la resultante según:

$$R_A = 2 \times T \times \text{Sen} \frac{A}{2} \quad [\text{Kg}] \quad (4.28)$$

e) Esfuerzos transversales totales:

Con las ecuaciones 4.26, 4.27 y 4.28, se obtienen los esfuerzos transversales totales actuantes sobre la estructura:

$$T = h_i (Q_e \times S_e + Q_{ca} \times d_{ca} \times L_{ca} \times 10^{-3}) + 10^{-3} \times [(Q_f \times L \times d_f \times N_f) + (Q_g \times L \times d_g \times N_g)] + R_f \times N_f + R_g \times N_g \quad [\text{Kg}] \quad (4.45)$$

$d_g$  = Diámetro del conductor de guardia (mm).

$N_g$  = Número de conductores de guardia ( $N_g = 1$ ).

$Q_g$  = Presión efectiva del viento sobre el conductor de guardia ( $\text{kg/m}^2$ ).

$R_g$  = Tensión resultante debido al efecto de ángulo en el cable de guardia (kg).

4.4.2- Esfuerzos verticales sobre la estructura

Se producen debido a los pesos soportantes por la estructura. Se considera el peso de la estructura, más un peso de 150 kg. correspondiente a un operario ubicado en cualquier punto de ella.

a) Peso por fase:

Debido al peso del conductor, aisladores, accesorios, pesos adicionales, amortiguadores, etc., aplicado en el punto de suspensión o anclaje de la fase.

b) Cable de guardia:

Se considera el peso del cable de guardia con sus accesorios de fijación y protección, aplicado en los puntos de sujeción de éste.

c) Se realizará el cálculo del peso de los conductores y cable de guardia, empleando el vano peso máximo positivo o negativo, correspondiente a la estructura. Para este caso,

$$\text{VANO PESO MAXIMO} = 1/2 \text{ VANO ECONOMICO}$$

d) Sobrecarga vertical:

Son cargas verticales de igual magnitud al peso del conductor por fase en el vano peso máximo, aplicadas en los puntos de suspensión o anclaje de la fase, o igual al peso del cable de guardia aplicado en el punto de sujeción de éste.

Esta sobrecarga vertical, actúa para estructuras de simple circuito, sobre un conductor cualquiera o sobre el cable de guardia.

- Para un conductor cualquiera:

$$V = L_p \times P_f \times N_f + L_p \times P_g \times N_g + 1.0 \times L_p \times P_f + 150 + P_{ac} \quad [\text{Kg}] \quad (4.46)$$

- Para el cable de guardia:

$$V = L_p \times P_f \times N_f + L_p \times P_g \times N_g + 1.0 \times L_p \times P_g + 150 + P_{ac} \quad [\text{Kg}] \quad (4.47)$$

$P_g$  = Peso por unidad de longitud del cable de guardia.  
(kg/m).

#### 4.4.3- Esfuerzos longitudinales sobre la estructura

Se producen por el corte en conductores o cable de guardia, en un mismo vano adyacente.

Son fuerzas horizontales en la dirección del vano, aplicadas en el punto de suspensión o anclaje de los conductores, y en el punto de sujeción del cable de guardia, respectivamente.

En estructuras de suspensión, se tomará en cuenta la tensión mecánica normal final de los conductores y cable de guardia.

Se tomará la alternativa más desfavorable de:

Estructuras para simple circuito:

- a) Cortadura del conductor de una fase cualquiera.
- b) Cortadura del cable de guardia.

La carga longitudinal total, se obtiene de:

$$\begin{aligned} \text{a- } L &= T_{mnff} && [\text{Kg}] \\ \text{b- } L &= T_{mnfg} && [\text{Kg}] \end{aligned} \quad (4.48)$$

$T_{mnfg}$  = Tensión mecánica normal final del cable de guardia.  
(kg).

Para el cálculo del peso de la estructura, se tomará la mayor entre a- y b-.

#### 4.4.4- Momento total en la base debido a las cargas transversales

Despreciando las cargas longitudinales y verticales, se calcula un momento total en la base de la estructura, debido a las cargas transversales actuantes. Se calcula con la expresión:

$$\begin{aligned} M_T &= N_f \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) T_f + (h_1 + h_2 + L_{ca} + h_3) N_g \times T_g + \\ &+ 3.0 \left( h_1 + \frac{L_{ca}}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \times T_{ais} + Z_1 \times T_{es} \quad [\text{Kgm}] \end{aligned} \quad (4.49)$$

$T_g$  = Tensión transversal total sobre el cable de guardia  
(kg).

Además, se calcula:

$$T_f = (L \times d_f \times Q_f \times 10^{-3}) + R_f \quad [\text{Kg}] \quad (4.39)$$

y ;

$$T_g = (L \times d_g \times Q_g \times 10^{-3}) + R_g \quad [\text{Kg}] \quad (4.40)$$

Además,

$$T_{ais} = Q_{ca} \times d_{ca} \times L_{ca} \times 10 \quad [\text{Kg}] \quad (4.41)$$

y;

$$T_{es} = Q_e \times S_e \quad [\text{Kg}] \quad (4.42)$$

#### 4.4.5- Altura del centro de gravedad de las cargas

Se calcula con la expresión:

$$h = \frac{M_T}{T} \quad [\text{m}] \quad (4.43)$$

#### 4.4.6- Peso aproximado total de la estructura

Viene de la expresión:

$$P_e = C_x \times K_{sf} \times h \times (T^{2/2} + V^{1/2} + L^{2/3}) \quad [\text{Kg}] \quad (4.50)$$

Además,  $K_{sf}$  se calcula:

$$K_{sf} = \sqrt{1.44 + \frac{r^2}{37.175}} \quad (\text{estructuras de suspensión}) \quad (4.51)$$

$$K_{sf} = \sqrt{2.89 + \frac{r^2}{117.1}} \quad (\text{estructuras de anclaje})$$

$P_e$  = Peso total aproximado de la estructura (kg).

$C$  = Constante, cuyo valor  $C = 0.08$ , para estructuras de suspensión.

$C = 0.12$  para estructuras de anclaje.

$K_{sf}$  = Variable dependiente de la separación entre fases.

$r$  = Distancia entre el centro de la estructura y la punta de la cruceta (m).

## CAPITULO V

### VOLUMEN DE FUNDACIONES

#### 5.1- RESUMEN

Se tratará en este capítulo sobre la erección de postes y fundación de las estructuras metálicas, tomando en consideración las fuerzas y momentos producidos por varios factores, que actúan sobre las estructuras durante su vida útil, actuando en la línea.

Es necesario conocer los momentos actuantes en la parte de empotramiento, para poder económicamente seleccionar el tipo de fundación necesario, sin sobredimensiones ni poner en peligro la erección, o la resistencia de las estructuras.

Para los voltajes aquí estudiados, y clasificando los tipos de suelos existentes en el país, en postes de madera y hormigón se puede aplicar un mismo volumen de excavación, ya que las tensiones soportadas por los postes no están muy alejadas de los valores nominales soportantes por estos postes, pues los vanos son de longitud moderada.

Para las torres metálicas se realizará fundaciones diferentes que en los postes. Cada zapata tiene su macizo independiente y contrarrestan éstos a las fuerzas transversales y longitudinales, existentes en la base de la torre.

En las posteriores ecuaciones de este capítulo se utiliza como dato:

- a- Longitud del poste.
- b- Diámetro de la base del poste.
- c- Diámetro de la parte empotrada del poste.
- d- Momentos transversales de las estructuras.
- e- Momentos longitudinales de las estructuras.
- f- Tensiones finales de los conductores.
- g- Distancia entre fases.
- h- Distancia de la cruceta más baja al suelo.
- i- Longitud de la cadena de aisladores.
- j- Ancho de la torre en la base.

## 5.2- FIJACION DE POSTES DE MADERA

Los postes de madera se fijan introduciéndolos en un hoyo de dimensiones apropiadas, dependiendo de la longitud del poste y de la calidad del terreno. Una vez colocado el poste en su posición definitiva, se rellena con tierra, retacándola después, para que tenga la necesaria consistencia. (Apéndice 5.a-).

### 5.2.1- Cálculo de la longitud de empotramiento del poste

El poste soporta varios esfuerzos tratados

en un capítulo anterior; éstos tienden a volcarlo, pero esto es impedido por el terreno que soporta la presión producida y que debe tener para ello la necesaria resistencia.

Si se toma el siguiente poste:

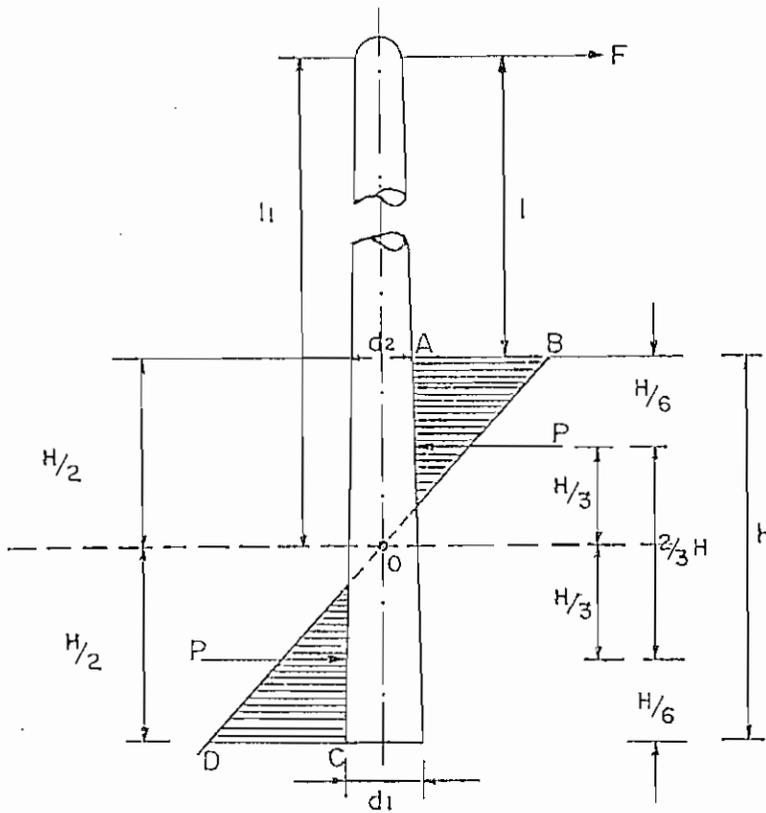


Fig. 5.1

Está sometido a un esfuerzo  $F$ , y su brazo de palanca, con respecto a la sección de empotramiento es  $l$ ; por lo tanto se produce un momento  $M = F.l$  que presiona al terreno ; se distribuye esta presión como en la figura 5.1.

Se aprecia el aumento de las presiones unitarias,

desde 0 hasta A y desde 0 hasta D.

AB y CD, representan, para una cierta escala, las presiones unitarias máximas que el terreno debe soportar; se designará a estas presiones con R.

El valor p, de la resultante de las presiones unitarias, es el área de cualquiera de los triángulos OAB y OCD, es decir:

$$p = \frac{1}{2} R \times \frac{H}{2} = \frac{1}{4} R \times H \quad [\text{Kg}] \quad (5.1)$$

Y la presión total se obtendrá multiplicando este valor por la anchura del poste. Se puede suponer que la sección longitudinal del poste es un rectángulo; luego, las secciones transversales serán iguales, por lo que el diámetro uniforme será  $\underline{d}$ , como semisuma de:  $\underline{d1}$  y  $\underline{d2}$ , y la fuerza total que presiona el terreno valdrá: (P)

$$P = \frac{1}{4} R \times H \times d \quad [\text{Kg}] \quad (5.2)$$

Según este análisis, se supone que dicha fuerza está aplicada a los dos tercios de OC, y como  $OC = H/2$ , con H : longitud de la porción del poste a enterrarse; lo estará, por tanto, esta fuerza a:

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{H}{2} = \frac{H}{3}$$

Tomando momentos con respecto al punto neutro 0, de todas las fuerzas actuantes, tendremos:

$$\begin{aligned}
 F \times l &= F \left( 1 + \frac{H}{2} \right) = F \times l + F \frac{H}{2} = \\
 &= P \times \frac{1}{3} H + P \times \frac{1}{3} H = \frac{2}{3} P \times H \quad [\text{Kgm}] \quad (5.3)
 \end{aligned}$$

Y sustituyendo por P su valor, y por F.l su igual a M, resulta:

$$M + F \frac{H}{2} \approx \frac{1}{6} R \times H^2 \times d \quad [\text{Kgm}] \quad (5.4)$$

De donde:

$$H = \sqrt{\frac{6 \left( M + \frac{FH}{2} \right)}{d \times R}} \times 10^{-2} \quad [\text{m}] \quad (5.5)$$

Y se puede tener el valor de H, conociendo el tipo de terreno, así:

R, o presión unitaria máxima para:

|                       |   |                                |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| Terrenos flojos       | = | R = 1 kg/cm <sup>2</sup>       |
| Terrenos consistentes | = | R = 4 kg/cm <sup>2</sup>       |
| Terrenos rocosos      | = | R = 10 a 20 kg/cm <sup>2</sup> |

El valor de M (momento flector total), se obtiene como se indicó en el capítulo anterior; el valor de F, se puede obtener de la expresión  $M = F.l$ ; además, d se obtiene de:  $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$  (cm).

Luego, se puede admitir como primera aproximación, que  $H = 0$  y, por lo tanto, el término:

$$F \cdot \frac{H}{2} = 0,$$

y desaparece del radical.

Con estos datos y con la fórmula 5.5, se calcula el valor aproximado de H, que se substituye en el segundo miembro de la citada fórmula, obteniendo para H un nuevo valor. Se procede de este modo y sucesivamente, hasta que la diferencia entre dos valores de H, así calculados, sea despreciable.

La fórmula (5.5), no es muy usada; en su lugar y para tratar de tener una fórmula más viable y de más fácil obtención de sus datos, se ha optado por simplificar y aproximarla a la expresión antes usada, que es:

$$E = \frac{L}{10} + 0.5 \quad [m]$$

para saber la altura de empotramiento del poste.

#### 5.2.2- Volumen aproximado de excavación necesaria

Por lo general y para suelo consistente, que es el predominante en el país, el volumen aproximado de excavación está dado por:

$$V = (0.40 + d_1)^2 \times E \quad [m^3] \quad (5.6)$$

V = Volumen aproximado de excavación necesaria (m<sup>3</sup>).

d<sub>1</sub> = Diámetro de la base propia del poste (m).

### 5.2.3- Fijación y relleno

Luego de practicar la excavación del hoyo necesario, se levanta el poste y se lo ubica en el hoyo ; el relleno se realiza con la misma tierra del hoyo; se la presiona bien por capas y alternativamente se pone piedras. También se puede poner una pieza de madera o una pequeña capa de hormigón, en caso de tener un terreno muy flojo, como se indica en el Apéndice 5.b-.

El volumen de la parte empotrada del poste se calcula así:

$$V_E = (0.2618 \times E) \times (d_2^2 + d_1^2 + d_1 \times d_2) \quad [m^3] \quad (5.7)$$

Y el volumen del relleno:

$$V_{rell} = V - V_E \quad [m^3] \quad (5.8)$$

$V_E$  = Volumen de la parte empotrada del poste ( $m^3$ ).

$d_2$  = Diámetro de la parte empotrada (m).

$V_{rell}$  = Volumen de relleno. ( $m^3$ )

### 5.3- FIJACION DE LOS POSTES DE HORMIGON

#### 5.3.1- Determinación del esfuerzo de arrancamiento

a) Cálculo del momento máximo resultante en la superficie de empotramiento del poste, debido a la acción de las cargas transversales y longitudinales.

Este momento es el resultante de la suma de los momentos producidos por las cargas transversales y longitudinales, calculadas en el capítulo anterior; por lo que:

$$MMSE = MT + ML \quad [Kgm] \quad (5.9)$$

MMSE = Momento máximo, resultante en la superficie de empotramiento del poste, por la acción de las cargas transversales y longitudinales (kgm).

b) Cálculo del esfuerzo de arrancamiento:

El esfuerzo de arrancamiento del poste de su fundación, viene dado por la expresión:

$$Ea = \frac{1}{fs} \times \frac{MMSE}{d_2} \quad [Kg] \quad (5.10)$$

Ea = Esfuerzo de arrancamiento (kg).

fs = Factor de seguridad, que tiene por valor 2.0 para postes de hormigón.

### 5.3.2- Cálculo de la longitud de empotramiento del poste

Siguiendo el mismo proceso de cálculo que para los postes de madera, de la longitud de empotramiento y reemplazando los valores respectivos, que se tenía para postes de madera, con los ahora obtenidos para postes de

hormigón en la ecuación (5.5), se tiene:

$$H = \sqrt{\frac{6 \left( MMSE + \frac{E_0 x H}{2} \right)}{d \times R}} \times 10^{-2} \quad [m] \quad (5.11)$$

La fórmula de su cálculo es similar a la descrita para postes de madera.

### 5.3.3- Volumen aproximado de excavación necesaria

Está dado de igual manera que para postes de madera; solamente que es conveniente usar el verdadero valor de la longitud de empotramiento, y ya no su aproximación; por lo que se tendría de la ecuación (5.6):

$$V = (0.40 + d_1)^2 \times H \quad [m^3] \quad (5.12)$$

$d_1$  = Diámetro de la base propia del poste (m).

### 5.3.4- Fijación y relleno

a) Con tierra apisonada:

Cuando la consistencia del terreno es la adecuada, luego de parar al poste en el hoyo se puede rellenar a éste con tierra apisonada, por capas, gradualmente, y se pone piedras pequeñas para compactar; se puede poner piezas de madera a mitad del hoyo cuando el terreno no es muy consistente, como se ve en el Apéndice 5.b-

Por lo general, la fijación y relleno para postes de hormigón, se realiza con tierra apisonada.

b) Con hormigón simple:

Cuando las condiciones del suelo no permiten la fijación del poste solamente con tierra apisonada, es necesario realizar un relleno con hormigón simple; su volumen se calcula:

$$VHS = V - V_E \quad [m^3] \quad (5.13)$$

VHS = Volumen de hormigón simple ( $m^3$ ).

$V_E$ , se calcula con la ecuación (5.7).

#### 5.4- FIJACION DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS

##### 5.4.1- Determinación del esfuerzo de arrancamiento

a) Cálculo del momento máximo en la base de la torre por la acción de las cargas transversales y longitudinales:

De igual forma que para los postes de hormigón, este momento es el resultante de la suma de los momentos producidos por las cargas transversales y longitudinales; y se calcula:

$$MMBT = MT + ML \quad [Kgm] \quad (5.14)$$

MMBT = Momento máximo resultante en la base de la torre (kg).

MT = Momento producido por las cargas transversales, proyectado a la base de la torre (kgm).

ML = Momento producido por las cargas longitudinales, proyectado a la base de la torre (kgm).

El momento longitudinal ML, se puede calcular:

$$I - \quad ML = (ACM + SF + ACGf) \times Tmfcg \quad [Kgm] \quad (5.15)$$

$$II - \quad ML = (ACM + SF - Lca) \times Tmfc \quad [Kgm] \quad (5.16)$$

ACM = Distancia de la cruceta más baja al suelo (m),

SF = Distancia vertical entre fases (m),

ACGf = Distancia del cable de guardia (m).

Tmfcg = Tensión mecánica final, en estado normal, del cable de guardia (kg).

Tmfc = Tensión mecánica final, en estado normal, de los conductores (m).

Lca = Longitud de la cadena de aisladores (m).

El ML escogido para poder calcular MMBT, será el que sea mayor de las dos alternativas.

b) Cálculo del esfuerzo de arrancamiento

El esfuerzo de arrancamiento para una zapata cualquiera de la estructura está dado por la expresión:

$$E_{aE} = \frac{l}{f_s} \times \frac{MMBT}{AEB} \quad [Kg] \quad (5.17)$$

$E_{aE}$  = Esfuerzo de arrancamiento para una zapata de la torre metálica (kg).

$f_s$  = Factor de seguridad; tiene el valor de 2.0 para estructuras metálicas.

$AEB$  = Ancho de la torre en la base (m).

#### 5.4.2- Cálculo de los volúmenes de excavación, hormigón y relleno, aproximados, por cada base de la estructura

Este cálculo se lo realizará aproximadamente; ya que, para que pueda ser exacto, es necesario conocer exactamente el tipo de suelo, la clase de hormigón que se va a utilizar, su rendimiento, el ángulo de inclinación necesario de la excavación, etc. A base de datos obtenidos en el Inecel, para un suelo promedio normal en el país, que acepta exigencias mínimas recomendadas, se pudo obtener curvas de volúmenes de hormigón y excavación en función del esfuerzo de arrancamiento y sus ecuaciones. Estas son las que se utilizará para el cálculo de los volúmenes.

(Ver Apéndice 5.c-).

Así,

##### a) Cálculo del volumen de excavación:

El volumen de excavación necesario promedio aproximado para cada zapata de una torre, se calcula con la expresión:

$$V_{Exc} = - 85.10 + 10.1 \ln(Ea_E) \quad [m^3] \quad (5.18)$$

ó

$$V_{Exc} = 0.0077 (Ea_E)^{0.748}$$

$V_{Exc}$  = Volumen de excavación para cada zapata de la torre metálica ( $m^3$ ).

b) Cálculo del volumen de hormigón:

Así, también el volumen de hormigón necesario promedio aproximado para cada zapata de la torre, se calcula con:

$$V_{horm} = 0.00614 (Ea_E)^{0.60074} \quad [m^3] \quad (5.19)$$

$V_{horm}$  = Volumen de hormigón para cada zapata de la torre metálica ( $m^3$ ).

c) Cálculo del volumen de relleno:

Tiene la siguiente fórmula:

$$V_{rell} = V_{Exc} - V_{horm} \quad [m^3] \quad (5.20)$$

$V_{rell}$  = Volumen de relleno con tierra apisonada y piedras pequeñas, para cada zapata de la torre ( $m^3$ ).



## CAPITULO VI

### CALCULO DE COSTOS POR KILOMETRO DE LINEA

#### 6.1- RESUMEN

En este capítulo se tratará sobre un punto muy importante en la construcción de una línea: su costo.

Se tratará en forma detallada sobre los costos de materiales, costos de construcción y pérdidas existentes en la línea.

Luego se conformará los costos directos totales e indirectos totales, para poder sacar al final un costo total de la línea por kilómetro.

Las fórmulas que se utilizará son fórmulas empíricas, desarrolladas por gente que ha tenido experiencia en este campo. Las constantes que multiplican a la fórmula, son principalmente debido al precio, en tanto por ciento, de los equipos utilizados con respecto al gasto total en personal.

Se tratará de especificar notoriamente los costos de la línea, cuando se utiliza postes y cuando se utiliza

torres metálicas; pero, en los gastos que son comunes para toda la línea, se tratará en forma general.

Además, se debe anotar que para el costo de accesorios en las estructuras, se tomó estructuras bases, o sea, estructuras más usadas frecuentemente tanto en postes como en torres metálicas. Al hacer esta aproximación no se está desviando mucho de la realidad, ya que el costo de estas estructuras bases, difiere en muy poco de otro tipo de estructuras no consideradas.

Para obtener los resultados esperados en las siguientes ecuaciones, es necesario tener como datos:

- a- Costo de materiales usados en cada tipo de estructuras.
- b- Salarios totales de los trabajadores utilizados en la construcción de la línea.
- c- Rendimiento de los trabajadores.
- d- Equipo a utilizarse en cada actividad.
- e- Rendimiento del equipo.
- f- Factor de influencia del equipo, en el costo de cada actividad.
- g- Pérdidas de potencia.
- h- Pérdidas de energía.

#### COSTOS DE MATERIALES

##### 6.2- Costo de conductores y cable de guardia, por kilómetro de línea:

Para este cálculo, es necesario aumentar al total

de metros, un 3% para compensar las pérdidas de conductores y cable de guardia producidos por empalme, retaceo, vanos flojos, etc. Si existe hilo neutro, solamente se aumenta un 1% del total de metros.

$$CC = 1.03 \left[ (3 \times \text{precio unitario condúct por fase}) + (1.01 \times \text{precio unitario conductor neutro}) \right] \quad [ \$ / Km ] \quad (6.1)$$

$$CCG = 1.03 \times \text{precio unitario del cable de acero de guardia} \quad [ \$ / Km ] \quad (6.2)$$

CC = Costo de conductores (\$/km).

CCG = Costo de cable de guardia (\$/km).

### 6.3- Costo de aisladores por kilómetro de línea:

Al total de aisladores por kilómetro de línea, es necesario aumentar un 3% por pérdidas de aisladores debido a rompimiento o alguna falla en éstos. Se ha dividido este costo para tres casos:

a) Estructura tangente, usando aisladores pin:

$$CAp = 1.03 \times 3 \times \text{Precio unitario del aislador} \times fp \quad [ \$ / Km ] \quad (6.3)$$

b) Estructura tangente, o para posiciones angulares: de retención:

$$CAR = 1.03 \times 3 \times (2NAisl \times \text{Precio unitario del aislador}) \times fs \quad [ \$ / Km ] \quad (6.4)$$

c) Estructuras fin de línea de retención o suspensión, o estructuras de suspensión:

$$CAf = 1.03 \times 3 \times (NAisl \times \text{Precio unitario del aislador}) \times ff \quad [\$ / Km] \quad (6.5)$$

CAp = Costo de aisladores para estructuras tangentes con aisladores pin (\$/km).

fp = Factor que indica el número de estructuras tangentes con aislador pin, respecto al total de estructuras, en el kilómetro de línea.

CAR = Costo de aisladores de retención (\$/km).

fs = Factor que indica el número de estructuras de retención, respecto al total de estructuras en el kilómetro de línea.

NAisl = Número de aisladores calculado anteriormente para cada nivel de voltaje por fase.

CAf = Costo de aisladores de retención (\$/km).

ff = Factor que indica el número de estructuras fin de línea, de retención o suspensión; o estructuras de suspensión, respecto al total de estructuras en el kilómetro de línea.

Además, es necesario aclarar que por la disposición misma de la estructura, en las tangentes y angulares de retención, se tiene doble cadena de aisladores por fase.

6.4- COSTO DE ACCESORIOS POR KILOMETRO DE LINEA

Se tomará tres estructuras básicas para postes:

- Estructura tangente con aislador pin.
- Estructura tangente o para posiciones angulares de retención.
- Estructura fin de línea,

y dos para torres metálicas: De suspensión y anclaje.

Los accesorios que normalmente se usan para cada tipo de estructuras son:

a- Para postes:

a<sub>1</sub>- Estructura tangente con aislador pin.

| <u>DENOMINACION</u>   | <u>CANTIDAD</u>     |
|---|---------------------|
| 1. Cruceta de platina o madera de 2.4 m.                                    | 1/ estructura.      |
| 2. Perno largo espiga   | 3/ estructura.      |
| 3. Brazo pie amigo de platina   | 2/ estructura.      |
| 4. Pernos máquina, tirafondo, portaneutro, arandelas, tuercas de seguridad. | 1 juego/estructura. |
| 5. Placa de puesta a tierra   | 1/ estructura.      |
| 6. Conector   | 3/ estructura.      |
| 7. Metros conductor de cobre #6 AWG   | 2m./estructura.     |
| 8. Metros conductor ASCR #4 AEG   | 10m./estructura.    |
| 9. Clavos de sujeción de la puesta a tierra                                 | 1 juego/estructura. |

Y, mediante la ecuación (6.6), se obtienen los costos de accesorios de las estructuras por kilómetro de línea, así:

$$CAcp = f_p \times [(CCr + 3CEs + CAcs) + (CPT + 3Co + 2 \times 10^3 CCCu + 10 \times 10^{-3} CCACSR)] \quad [\$ / Km] \quad (6.6)$$

CAcp = Costo de accesorios para estructuras tangentes, con aislador pin (\$/km).

CCr = Costo de la cruceta, incluido el costo de brazos pie amigo (\$/cruceta).

CEs = Costo unitario de los pernos largos espiga. (\$/perno).

CAcs = Costo de un juego de accesorios de sujeción como: pernos máquina, tirafondos, arandelas, tuercas de seguridad, etc. (\$/juego).

CPT = Costo de la placa de puesta a tierra, incluidos los accesorios de sujeción (\$/juego).

Co = Costo unitario de los conectores (\$/conector).

CCCu = Costo del conductor de cobre # 6 AWG (\$/km).

CCACSR = Costo del conductor de ACSR #4 AWG (\$/km).

a.2- ESTRUCTURA TANGENTE, O PARA POSICIONES ANGULARES: DE RETENCION.

| <u>DENOMINACION</u>                       | <u>CANTIDAD</u> |
|---|-----------------|
| 1. Cruceta de platina o madera, de 2.4 m. | 2/ estructura.  |
| 2. Perno espiga tope de poste             | 1/ estructura.  |
| 3. Perno máquina largo                    | 3/ estructura.  |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 4. Pernos máquina, espárrago, tuercas de seguridad, arandelas | 1 juego/estructura. |
| 5. Brazo pie amigo de platina                                 | 4/ estructura.      |
| 6. Guardacabo con horquilla pasador                           | 8/ estructura.      |
| 7. Placa de puesta a tierra                                   | 1/ estructura.      |
| 8. Conector   | 3/ estructura.      |
| 9. Metros de conductor de cobre #6 AWG                        | 2m./estructura.     |
| 10. Metros de conductor ACSR #4 AWG                           | 10m./estructura.    |
| 11. Clavos de sujeción de puesta a tierra                     | 1 juego/estructura. |

Y, por medio de la ecuación (6.7), se obtienen los costos de accesorios de las estructuras por kilómetro de línea.

$$CACR = fs \times [(2 \times CCr + CE_s + 3C_{Maq} + CA_{cs} + 8CGu) + (CPT + Co + 2 \times 10^3 CCGu + 10 \times 10^3 CC_{ASCR})] \quad [\$ / Km] \quad (6.7)$$

$CACR$  = Costos de los accesorios para estructuras tangentes o angulares de retención (\$/km).

$C_{Maq}$  = Costo unitario de los pernos máquina largos (\$/perno).

$CGu$  = Costo unitario de los guardacabos con horquilla.(\$)

a.3- ESTRUCTURA FIN DE LINEA

| <u>DENOMINACION</u>   | <u>CANTIDAD</u>     |
|---|---------------------|
| 1. Cruceta de platina o madera de 2.4 m.                      | 2/ estructura.      |
| 2. Brazo pie amigo de platina                                 | 4/ estructura.      |
| 3. Pernos máquina, tirafondo, tuercas de seguridad, arandelas | 1 juego/estructura. |
| 4. Guardacabos con horquilla pasador                          | 6/ estructura.      |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 5. Placa de puesta a tierra              | 1/ estructura.      |
| 6. Conector                              | 3/ estructura.      |
| 7. Metros de conductor de cobre #6 AWG   | 2m./estructura.     |
| 8. Metros de conductor ACSR #4 AWG       | 10m./estructura.    |
| 9. Clavos de sujeción de puesta a tierra | 1 juego/estructura. |

Con la ecuación (6.8), se obtienen los costos de accesorios por kilómetro de línea. (CAcf)

$$CAcf = ff [(2 \times CCr + CAcs + 6 CGu) + (CPT + 2 \times 10^3 CCCu + 10 \times 10^3 CCASCR)] \quad [ \$ / Km ] \quad (6.8)$$

b- Para torres metálicas:

b1- Estructura de suspensión.

| <u>DENOMINACION</u>                                | <u>CANTIDAD</u>      |
|--|----------------------|
| 1. Accesorios para la cadena de suspensión         | 3 juegos/estructura. |
| 2. Varilla de armar para conductor                 | 3 juegos/estructura. |
| 3. Amortiguadores de vibración                     | 3 juegos/estructura. |
| 4. Accesorios de fijación para el cable de guardia | 1 juego/estructura.  |
| 5. Varilla de armar para cable de guardia          | 1 juego/estructura.  |
| 6. Conector para conexión de cable a perfil plano  | 1/ estructura.       |
| 7. Varillas de copperweld                          | 2/ estructura.       |
| 8. Uniones por fusión                              | 2/ estructura.       |
| 9. Metros de cable de cobre #2 AWG                 | 10/ estructura.      |

Con la siguiente ecuación se obtienen los costos

de accesorios de estructuras de suspensión, en un kilómetro de línea.

$$C_{Acs} = ff \times \left\{ \left[ 3(C_{ACS} + C_{VaC} + C_{AV}) \right] + (C_{ACG} + C_{VaCG} + CCC) + (2C_{VCo} + 2C_{Uf} + 10 \times 10^{-3} C_{CaCu}) \right\} \quad [\$ / Km] \quad (6.9)$$

$C_{Acs}$  = Costo de los accesorios de estructuras de suspensión por kilómetro de línea (\$/km).

$C_{ACS}$  = Costo por juego de los accesorios para la cadena de suspensión (\$/juego).

$C_{VaC}$  = Costo por juego de la varilla de armas para conductor (\$/juego).

$C_{AV}$  = Costo por juego de los amortiguadores de vibración (\$/juego).

$C_{ACG}$  = Costo por juego de los accesorios de fijación del cable de guardia (\$/juego).

$C_{VaCG}$  = Costo por juego de la varilla de armar para cable de guardia (\$/juego).

$CCC$  = Costo del conector para conexión del cable a perfil plano (\$/conector).

$C_{VCo}$  = Costo unitario de la varilla de copperweld. (\$/varilla).

$C_{Uf}$  = Costo unitario de la unión por fusión (\$/unión).

$C_{CaCu}$  = Costo del cable de cobre #2 AWG (\$/km).

b2- Estructura de anclaje:

| <u>DENOMINACION</u>                                    | <u>CANTIDAD</u>   |
|--|-------------------|
| 1. Accesorios para cadena de retención                 | 6 juegos/estruct. |
| 2. Conector de ranuras paralelas por conductor         | 3/estructura.     |
| 3. Accesorios para fijación de cable de guardia        | 2 juegos/estruct. |
| 4. Conector de ranuras paralelas para cable de guardia | 1/estructura.     |
| 5. Conector para conexión de cable a perfil plano      | 1/estructura.     |
| 6. Varillas de copperweld                              | 2/estructura.     |
| 7. Uniones por fusión                                  | 2/estructura.     |
| 8. Metros de cable de cobre #2 AWG                     | 10/estructura.    |

Por medio de la siguiente fórmula se puede calcular los costos de accesorios de estructuras de anclaje, en un kilómetro de línea:

$$CAEA = fa \left\{ \left[ 3(2CACR + CCRpC) \right] + (2CACG + CCRpCG + CCC) + (2CVCc + 2CUf + 10 \times 10^{-3} CCaCu) \right\} \quad [ \$ / Km ] \quad (6.10)$$

CAEA = Costo de los accesorios de estructuras de anclaje por kilómetro de línea (\$/km).

fa = Factor que indica el número de estructuras de anclaje en km. de línea.

CACR = Costo por juego de los accesorios para cadena de retención (\$/juego).

CCRpC = Costo unitario del conector de ranuras paralelas para conductor (\$/conector).

CCRpCG = Costo unitario del conector de ranuras paralelas por cable de guardia (\$/conector).

6.5- COSTO DE ESTRUCTURAS POR KILOMETRO DE LINEA

6.5.1- Costo de postes por kilómetro de línea

El costo de postes, sean de madera o de hormigón, por kilómetro de línea, se calcula con la siguiente expresión: (CPm,h)

$$CP_{m,h} = \frac{100}{Vano} \times \text{Costo unitario del Poste} \quad [$/Km] \quad (6.11)$$

En este caso no existe ningún factor que aumente el número de postes por kilómetro; se supone que en las pruebas se detecta cualquier falla existente en los postes.

6.5.2- Costo de los tensores por kilómetro de línea

Se tomará como base el costo de todo el equipo que se utiliza en un tensor a tierra; sólo en los postes, según el diseño de la línea, se utiliza tensores.

| <u>DENOMINACION</u>                           | <u>CANTIDAD</u> |
|---|-----------------|
| 1. Cable tensor EHS                           | 14 m/tensor.    |
| 2. Mordaza de tensor                          | 1/ tensor.      |
| 3. Conector                                   | 1/ tensor.      |
| 4. Amarrador de varillas preformadas de acero | 2/ tensor.      |
| 5. Accesorios de sujeción del cable tensor    | 1 juego/tensor. |

- 6. Varilla de anclaje 1/ tensor.
- 7. Bloque de anclaje 1/ tensor.
- 8. Accesorios de sujeción de la varilla  
de anclaje 1 Juego/tensor.

$$CT = [fT + Np(Nur - 1)] \times [(14 \times 10^{-3} \times CT + CM + CCo + 2 CAV + CAcSCT) + (CVA + CBA + CAcSV)] \quad [$/Km] \quad (6.12)$$

CT = Costo de materiales de tensores por km. de línea (\$/juego/km).

fT = Factor que indica el número de postes que deben utilizar tensores en el km. de línea.

Np = Número de postes que utilizan más de un tensor por estructura.

Nur = Número de tensores (más de uno) por estructura.

CT = Costo del cable tensor (\$/km).

CM = Costo de la mordaza del tensor (\$/mordaza).

CCo = Costo del conector. (\$/conector).

CAV = Costo del amarrador de varillas preformadas de acero (\$/amarrador).

CAcSCT = Costo de los accesorios de sujeción del cable tensor (\$/juego).

CVA = Costo de la varilla de anclaje (\$/varilla).

CBA = Costo del bloque de anclaje (\$/bloque).

CACSV = Costo de los accesorios de sujeción de la varilla de anclaje (\$/juego).

6.5.3- Costo de estructuras metálicas por kilómetro de línea

Se obtendrá el costo de las estructuras metálicas de acuerdo al peso de éstas, así:

$$CEs = ff \times PEs \times \text{Costo por Kg de estructura} \quad [\$/\text{Km}] \quad (6.13)$$

$$CEA = fA \times PEA \times \text{Costo por Kg de estructura} \quad [\$/\text{Km}] \quad (6.14)$$

CEs = Costo de las estructuras de suspensión en un km. de línea (\$/km).

PEs = Peso de las estructuras de suspensión (kg).

CEA = Costo de las estructuras de anclaje en un kilómetro de línea (\$/km).

PEA = Peso de las estructuras de anclaje en 1 km. de línea (kg).

6.5.4- Costo de hormigonada por km. de línea

Este costo es imputable, en el caso de que la línea sea con estructuras metálicas, y, en muy pocos casos, solamente cuando el terreno es muy flojo, para postes de hormigón. Se calcula:

- Para estructuras metálicas:

$$CH_E = fH \times \frac{100}{Vano} \times \text{Costo del m}^3 \text{ de hormigón armado} \times \\ \times \text{Volumen de hormigonado por estructura} \quad [\$ / Km] \quad (6.15)$$

- Para postes de hormigón:

$$CH_P = fD \times fsf \times \text{Costo del m}^3 \text{ hormigón simple} \times \text{Volumen de excavación} \quad [\$ / Km] \\ (6.16)$$

$CH_E =$  Costo de hormigonada para estructuras metálicas.  
(\$/km).

$fH =$  Factor de sobredimensionamiento, dependiendo de las condiciones del suelo, con

$CH_P =$  Costo de hormigonada para postes de hormigón (\$/km).

$fD =$  Factor de sobredimensionamiento, dependiendo de las condiciones del suelo, con

$fsf =$  Factor que indica el número de postes que se debe realizar fundación por el suelo flojo, en el kilómetro de línea.

#### 6.6- COSTO DE CONSTRUCCION POR KILOMETRO DE LINEA

Se clasificará en tres grupos:

- Costos de construcción generales, tanto para líneas con postes de madera o de hormigón, como para estructuras metálicas.

- Costos que se realizan sólo cuando se utiliza postes.

- Costos que se realizan sólo cuando se utilizan es-

estructuras.

Los datos que se dará a continuación, son los más recientes y se los obtuvo, de varios promedios, tanto para electrificación rural, como para líneas de distribución y subtransmisión de Inecel.

6.6.1- Costos de construcción generales

Son costos que se deben realizar independientemente del tipo de estructuras que se utilicen en la línea o sea, son costos válidos para postes y para torres.

a) Reconocimiento de la ruta:

El contratista realiza un reconocimiento de la ruta, donde se realizará la construcción de la línea, con:

| CANTIDAD | PERSONAL                       | CANTIDAD | EQUIPOS                |
|----------|--------------------------------|----------|------------------------|
| 1        | Topógrafo                      | 1        | Camioneta, 4 toneladas |
| 1        | Ayudante de liniero (cadenero) | 1        | Teodolito              |
| 1        | Chofer                         |          |                        |

Rendimiento: 25 kilómetros/día.

Este costo se calcula:

$$CRR = 1.1 \times \frac{Sdr_{top} + Sdr_{cad} + Sdr_{chof}}{R} \quad [ \$ / Km ] \quad (6.17)$$

CRR = Costo de reconocimiento de la ruta (\$/km).

Sdr = Sueldo diario total (\$/día).

top = Topógrafo.

cad = Ayudante de liniero (cadenero).

chof = Chofer.

R = Rendimiento

b) Replanteo:

Consiste en la localización de mojones o estacas señaladoras de la ruta de la línea, y la localización de estructuras tangentes. El replanteo se realiza con:

| <u>CANTIDAD</u> | <u>PERSONAL</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>EQUIPOS</u>      |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 1               | Topógrafo       | 1               | camioneta, 4 tonel. |
| 1               | Liniero         | 1               | distanciómetro.     |
| 1               | Cadenero        | 1               | teodolito.          |
| 4               | Jornaleros      | 1               | herramienta.        |
| 1               | Chofer          | 1               | wackie talkies      |

Rendimiento: 4 km/día.

Se calcula:

$$CRe = 1.2 \times \frac{Sdr_{top} + Sdr_{lin} + Sdr_{cad} + 4Sdr_{jor} + Sdr_{chof}}{R} \quad [ \$/Km ] \quad (6.18)$$

CRe = Costo del replanteo (\$/Km).

lin = Liniero.

jor = Jornalero.

c) Desbroce:

Consiste en el abierto de la brecha por donde pasará la línea; es necesario clasificar en cuatro zonas, de acuerdo a la espesura de la maleza, así:

- 1- Zona mala: Bosques espesos, con árboles situados a 2 metros uno del otro.
- 2- Zona media: Bosque ralo, con árboles situados a 6 m. uno del otro.
- 3- Zona buena: Chaparro y arbustos, con árboles dispersos.
- 4- Zona excelente: Sólo chaparro y arbustos; facilidad para desbroce con machete.

El desbroce se realiza con:

| <u>CANTIDAD</u> | <u>PERSONAL</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>EQUIPO</u> |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 1               | Capataz         | 1               | camioneta.    |
| 2               | Cadeneros       | 2               | motosierras.  |
| 8               | Jornaleros      | 1               | Herramientas. |
| 1               | Chofer.         |                 |               |

Rendimiento:

- Zona mala : 0.8 km/día.
- Zona media : 2 km/día.
- Zona buena : 6 km/día.
- Zona excelente: 10 km/día.

Se calcula este costo:

$$CD = 1.1 \times \frac{Sdr_{cap} + 2Sdr_{cad} + 8Sdr_{rjor} + Sdr_{chof}}{R} \quad [\$ / Km] \quad (6.19)$$

CD = Costo del desbroce (\$/km).

Cap = Capataz.

d) Transporte de materiales:

Su costo depende también del peso del material y del estado de la carretera por donde se transporte. Así:

- Para carretera pavimentada, el costo es de:  $\$2. \times 10^{-3} / kg / Km.$
- Para carretera lastrada, el costo es de:  $\$2.5 \times 10^{-3} / kg / Km.$

Se utiliza el siguiente personal y equipo para:

- 1.) Clasificación del material en el patio de entrega:

| <u>CANTIDAD</u> | <u>PERSONAL</u> |
|-----------------|-----------------|
| 2               | Capataces       |
| 4               | Jornaleros      |

Rendimiento: 15.000 kg/día  
(R<sub>1</sub>)

- 2) Transporte al sitio de implantación:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO            |
|----------|------------|----------|-------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Camión plataforma |
| 6        | Jornaleros |          |                   |
| 1        | Chofer     |          |                   |

Rendimiento: 8.000 kg/día.

(R<sub>2</sub>)

Y el costo del transporte se calcula:

$$CT = \left[ \left( \frac{2 Sdrcap + 4 Sdrjor}{R_1} \right) + \left( \frac{Sdrcap + 6 Sdrjor + Sdrchof}{R_2} \right) \times 1.2 \right] \times$$

$$\times \frac{\text{Peso total del material}}{\text{Distancia total}} \quad [ \$ / Km ] \quad (6.20)$$

CT = Costo del transporte de materiales (\$/Km).

R<sub>1</sub> = Rendimiento en la clasificación del material en el patio de entrega (kg/día).

R<sub>2</sub> = Rendimiento en el transporte de los materiales al sitio de implantación (kg/día).

c) Caminos de acceso:

Necesarios para poder transportar los materiales desde una carretera principal, hasta el sitio de implantación de la obra.

Se utiliza el siguiente personal y equipo para:

1) Estudio de la ruta:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO           |
|----------|------------|----------|------------------|
| 1        | Topógrafo  | 1        | camioneta 4 ton. |
| 2        | Cadeneros  | 1        | teodolito.       |
| 2        | Jornaleros | 1        | herramientas.    |
| 1        | Chofer     |          |                  |

Rendimiento: 2 km/día.  
(R<sub>ER</sub>)

2) Desbroce y apertura:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO               |
|----------|------------|----------|----------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Camioneta 4 tonelad. |
| 2        | Choferes   | 1        | Tractor D6           |
| 11       | Jornaleros | 1        | Herramientas.        |

Rendimiento: 2 km/día.  
(R<sub>DA</sub>)

Y su costo será:

$$CCA = 1.1 \frac{Sdr_{top} + 2Sdr_{cad} + 2Sdr_{jor} + Sdr_{chof}}{R_{ER}} + 1.2x \frac{Sdr_{cap} + 11Sdr_{jor} + 2Sdr_{chof}}{R_{DA}} \quad [ \$ / Km ] \quad (6.21)$$

CCA = Costo de caminos de acceso (\$/km.)

R<sub>ER</sub> = Rendimiento debido al estudio de ruta para la construcción de caminos de acceso (km/día).

R<sub>DA</sub> = Rendimiento debido al desbroce y apertura de los caminos de acceso (km/día).

f) Pruebas:

Se debe realizar un recorrido por la línea luego de que se termina su construcción, verificando que luego de entrar en funcionamiento, no exista anomalías a lo largo de ésta. Se utiliza:

| CANTIDAD | PERSONAL  | CANTIDAD | EQUIPO               |
|----------|-----------|----------|----------------------|
| 1        | Capataz   | 1        | Camioneta 4 tonelad. |
| 2        | Linieros  | 1        | Herramientas.        |
| 2        | Cadeneros |          |                      |
| 2        | Peones    |          |                      |
| 1        | Chofer    |          |                      |

Rendimiento: 5 km/día.

Su costo será de:

$$CP = l.l \times \frac{Sdrcap + 2Sdrlin. + 2Sdrcad + 2Sdrjor + Sdrchof}{R} \quad [$/Km] \quad (6.22)$$

CP = Costo de pruebas (\$/km).

6.6.2- Costos que se realizan sólo cuando se utilizan postes:

a) Excavación de huecos para postes y anclas:

Se debe clasificar a los suelos en tres tipos:

- 1. Suelo normal: Tierra con pocas piedras.
- 2. Suelo semiduro: Cangagua, roca suelta.
- 3. Suelo duro: Roca.

Personal y equipo que se utiliza:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO        |
|----------|------------|----------|---------------|
| 1        | Capataz    | 1        | herramientas. |
| 1        | Liniero    |          |               |
| 10       | Jornaleros |          |               |
| 1        | Chofer     |          |               |

Rendimiento:

1. Suelo normal: 25 huecos/día.
2. Suelo semiduro: 15 huecos/día.
3. Suelo duro: 5 huecos/día.

Se calcula:

$$CEH_n = l.l \times \frac{Sdrcap + Sdrlin + 10Sdrjor + Sdrchof}{R} \times \left( \frac{1000}{Vano} + NHA \right) \left[ \$/Km \right] \quad (6.23)$$

$$CEH_{sd,d} = l.l \times \frac{Sdrcap + Sdrlin + 10Sdrjor + Sdrchof}{R} \times f \text{ DIN} \times$$

$$\times \text{costo de dinamita por hueco} \times \left( \frac{1000}{Vano} + NHA \right) \left[ \$/Km \right]$$

CEH<sub>n</sub> = Costo de excavación de huecos en suelo normal (\$/km).

NHA = Número de huecos para anclaje, en 1 km. de línea.

CEH<sub>sd,d</sub> = Costo de excavación de huecos en suelos semiduro o duro (\$/km.).

fDIN = Factor que vale: 0.5 para suelo semiduro.  
1.0 para suelo duro.

Actualmente, se paga \$1.015,00/hueco de costo de dinamita; aquí está incluido el precio del trabajador que realiza la colocación y detonación del explosivo.

b) Distribución y clavado de postería:

De acuerdo al criterio de los supervisores y de los contratistas de la construcción de la línea, se clasifica en uno de los cuatro tipos a continuación enunciados, los accesos de la distribución de postería, tomando como base que un acceso corto es de 25 metros de la carretera principal.

Existen, entonces, accesos:

1. Distante y difícil.
2. Distante y fácil.
3. Corto y difícil.
4. Corto y fácil.

El personal y el equipo utilizados, son:

| <u>CANTIDAD</u> | <u>PERSONAL</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>EQUIPO</u>      |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 1               | Capataz         | 1               | Camión plataforma. |
| 2               | Cadeneros       | 1               | Herramientas.      |
| 6               | Jornaleros      |                 |                    |
| 1               | Chofer          |                 |                    |

Rendimiento:

1. Distante y difícil: 10 postes/día.
2. Distante y fácil: 15 postes/día.

- 3. Corto y difícil: 20 postes/día.
- 4. Corto y fácil: 30 postes/día.

Se calcula:

$$CDC = 1.2 \times \frac{Sdr_{cap} + 2Sdr_{cad} + 6Sdr_{jor} + Sdr_{chof}}{R} \times \left( \frac{1000}{Vano} \right) \quad [ \$ / Km ] \quad (6.25)$$

CDC = Costo de distribución y clavado de postería (\$/km).

c) Colocación de anclas:

Igual que para la distribución y clavado de postería, se clasifica a los accesos y se utiliza:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO            |
|----------|------------|----------|-------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | camión 8 tonelad. |
| 2        | Cadeneros  | 1        | herramientas.     |
| 6        | Jornaleros |          |                   |
| 1        | Chofer     |          |                   |

Rendimiento:

- 1. Distante y difícil: 7 anclas/día.
- 2. Distante y fácil: 10 anclas/día.
- 3. Corto y difícil: 15 anclas/día.
- 4. Corto y fácil: 20 anclas/día.

$$CCA = 1.2 \times \frac{Sdr_{cap} + 2Sdr_{cad} + 6Sdr_{jor} + Sdr_{chof}}{R} \times Nta \quad [ \$ / Km ] \quad (6.26)$$

CCA = Costo de colocación de anclas (\$/km).

Nta = Número total de anclas; en un kilómetro de línea.

d) Armado de la estructura:

Cada estructura tiene su precio definido; se sacó un precio promedio base, para el armado de una estructura de las más comunes, y el costo por armado de estructura se obtiene:

$$CAE = \text{Costo unitario base de armado de estructura} \times \left( \frac{1000}{V_{\text{vano}}} \right) \quad [ \$ / \text{Km} ] \quad (6.27)$$

CAE = Costo de armado de la estructura (\$/km).

e) Armado y colocación de vientos:

Como se sabe, existen tres clases de tensores:

1. Tensor a tierra.
2. Tensor poste-poste.
3. Tensor farol.

Para el armado y colocación de vientos se utiliza:

| CANTIDAD | PERSONAL  | CANTIDAD | EQUIPO               |
|----------|-----------|----------|----------------------|
| 1        | Liniero   | 1        | Camioneta 4 tonelad. |
| 2        | Cadeneros | 1        | Herramientas.        |
|          |           | 1        | Tirfor 3 toneladas.  |

Rendimiento:

1. Tensor a tierra: 10 tensores/día.

2. Tensor poste a poste: 8 tensores/día.
3. Tensor farol: 8 tensores/día.

$$CACV = 1.2 \times \frac{Sdrlin + 2Sdrcad}{R} \times NtT \quad \left[ \frac{\$}{Km} \right] \quad (6.28)$$

CACV = Costo de armado y colocación de vientos (\$/km).

NtT = Número total de tensores en un km. de línea.

f) Tendido y templado del conductor en postes:

El rendimiento depende del calibre del conductor de fase y se utiliza:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO                       |
|----------|------------|----------|------------------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Equipo principal de tendido. |
| 3        | Linieros   | 4        | Poleas.                      |
| 3        | Cadeneros  | 1        | Camión grúa.                 |
| 2        | Jornaleros | 1        | Camión plataforma.           |
| 3        | Choferes   | 1        | Camioneta.                   |
|          |            | 2        | Tirfor de 3 toneladas.       |
|          |            | 10       | Walkie talkie.               |
|          |            | 1        | Herramientas.                |

Rendimiento:

Conductor ACSR número:

- 4 = 2.9 km/día.
- 2 = 2.6 km/día.
- 1/0 = 2.0 km/día.
- 2/0 = 1.7 km/día.

$$4/0 = 1.5 \text{ km/día.}$$

Mayor a  $4/0 = 1 \text{ km/día.}$

Y el costo por tendido y templado del conductor, en postes, se calcula:

$$CTT = \frac{1.7 \times 3 \times \text{Sdr cap} + 3 \text{Sdr lin} + 3 \text{Sdr cad} + 2 \text{Sdr jor} + 3 \text{Sdr chof}}{R} \quad [$/Km] \quad (6.29)$$

CTT = Costo del tendido y templado de los conductores de fase (\$/km).

g) Instalación de puesta a tierra en postes:

Incluye la medición de la resistividad del terreno. Se requiere del siguiente personal y equipo:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO                   |
|----------|------------|----------|--------------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Medidor de resistividad. |
| 4        | Linieros   | 1        | Herramientas.            |
| 4        | Cadeneros  |          |                          |
| 2        | Jornáleros |          |                          |

Rendimiento: 40 puestas a tierra/día.

Se calcula:

$$CIPT = 1.1 \times \frac{\text{Sdr cap} + 4 \text{Sdr lin} + 4 \text{Sdr cad} + 2 \text{Sdr jor}}{R} \times \text{NEPT} \quad [$/Km] \quad (6.30)$$

CIPT = Costo de las instalaciones de puesta a tierra (\$/km).

NEPT = Número de estructuras con puesta a tierra, en un km. de la línea.

6.6.3- COSTOS QUE SE REALIZAN SOLO CUANDO SE UTILIZAN ESTRUCTURAS

a) Excavación y entibamiento de bases:

Igual que para los postes, se clasifica a los suelos en tres tipos: normal, semiduro y duro. Depende del tipo de estructura a colocarse el volumen de excavación de las bases; generalmente, se utiliza para la excavación de bases para estructuras metálicas, el siguiente personal y equipo:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO                         |
|----------|------------|----------|--------------------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Retroexcavadora.               |
| 2        | Linieros   | 1        | Bomba de agua.                 |
| 2        | Cadeneros  | 1        | Camioneta.                     |
| 8        | Jornaleros | 1        | Herramientas.                  |
| 2        | Choferes   | 30       | Puntales de 2.5 m.             |
|          |            | 150      | metros <sup>2</sup> de madera. |

Rendimiento:

1. Suelo normal: 40 m<sup>3</sup>/día.
2. Suelo semiduro: 30 m<sup>3</sup>/día.
3. Suelo duro: 15 m<sup>3</sup>/día.

Este costo se calcula:

$$\begin{aligned}
 \text{CEEB} &= \frac{1.9 \times \text{Sdr}^{\text{cap}} + 2\text{Sdr}^{\text{lin}} + 2\text{Sdr}^{\text{cad}} + 8\text{Sdr}^{\text{rjor}} + 2\text{Sdr}^{\text{chof}}}{R} \times 4 \left( \frac{1000}{\text{Vano}} \right) \times \\
 &\quad \times \text{Volumen de excavación por hueco} \quad [ \$ / \text{Km} ] \quad (6.31) \\
 \text{CEEB} &= \text{Costo de excavación y entibamiento de bases} \quad ( \$ / \text{km} ).
 \end{aligned}$$

b) Corte y doblado del hierro de refuerzo:

Es necesario cubrir los plintos de las bases, con una parrilla de hierro y, en algunos casos, las paredes de las bases; el corte y doblado de hierro, que por lo general se usa de 16, 15 y 88 mm. de diámetro, se lo realiza en el campamento y el personal y equipo que se utilizan es:

| CANTIDAD | PERSONAL              | CANTIDAD | EQUIPO               |
|----------|-----------------------|----------|----------------------|
| 1        | Capataz               | 1        | Cortadora de hierro. |
| 4        | Fierreros (cadeneros) | 1        | Herramientas.        |
| 6        | Jornaleros            |          |                      |

Rendimiento: 800 Kg/día.

Y su costo:

$$CDHR = \frac{1.05 \times S_{drcap} + 4S_{drcad} + 6S_{drjor}}{R} \times \text{Peso hierro de refuerzo por estruc} \times \left( \frac{1000}{\text{Vano}} \right) \quad [$/Km] \quad (6.32)$$

CDHR = Costo de doblado de hierro de refuerzo (\$/km).

c) Armado de torres metálicas:

c1- Nivelación de bases.

Ocupa el siguiente personal y equipo:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO           |
|----------|------------|----------|------------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Camioneta 4 ton. |
| 1        | Topógrafo  | 1        | Teodolito.       |
| 2        | Linieros   | 1        | Nivel.           |
| 2        | Cadeneros  | 1        | Herramientas.    |
| 2        | Jornaleros |          |                  |
| 1        | Chofer     |          |                  |

Rendimiento: 4 bases/día.

Su costo:

$$CNB = 1.2 \times \frac{Sdrcap + Sdrtop + 2Sdrlin + 2Sdrcad + 2Sdrjor + Sdrchof}{R} \times$$

$$\times 4 \left( \frac{1000}{Vano} \right) \left[ \$/Km \right] \quad (6.33)$$

$$CNB = \text{Costo por nivelación de bases } (\$/km).$$

C<sub>2</sub>- Armado de estructuras, reducido el peso de las bases:

Se ocupa:

| CANTIDAD | PERSONAL   | CANTIDAD | EQUIPO        |
|----------|------------|----------|---------------|
| 1        | Capataz    | 1        | Camión.       |
| 1        | Liniero    | 1        | Molocote.     |
| 4        | Cadeneros  | 1        | Pluma.        |
| 4        | Jornaleros | 1        | Herramientas. |
| 1        | Chofer.    |          |               |

Rendimiento: 2.100 kg/día.

$$CAE = 1.3 \times \frac{Sdrcap + 2Sdrlin + 4Sdrcad + 4Sdrjor + Sdrchof}{R} \times$$

$$\times \text{Peso de cada estruct} \times \frac{1000}{Vano} \left[ \$/Km \right] \quad (6.34)$$

CAE = Costo de armado de estructuras (\$/km).

C3- Reajuste y revisión:

Se ocupa el siguiente personal y equipo:

| CANTIDAD | PERSONAL  | CANTIDAD | EQUIPO           |
|----------|-----------|----------|------------------|
| 1        | Capataz   | 1        | Camioneta 4 ton. |
| 4        | Linieros  | 1        | Herramientas.    |
| 4        | Cadeneros |          |                  |
| 1        | Chofer    |          |                  |

Rendimiento: 4.500 kg/día.

Y su costo:

$$CRR = 1.2 \times \frac{Sdr_{cap} + 4 Solr_{lin} + 4Sdr_{cad} + 1 Sdr_{chof}}{R} \times \text{Peso cada estructura} \times \frac{(1000)}{\text{vano}} \text{ (\$/km)} \quad (6.35)$$

con CRR = costo por reajuste y revisión de estructuras (\$/km.)

CRR = Costo por reajustes y revisión de estructuras (\$/km).

C4- Colocación de aisladores y herrajes:

Se ocupa el siguiente personal y equipo:

| CANTIDAD | PERSONAL  | CANTIDAD | EQUIPO           |
|----------|-----------|----------|------------------|
| 1        | Capataz   | 1        | Camioneta 4 ton. |
| 2        | Linieros  | 1        | Herramientas.    |
| 1        | Cadenero  |          |                  |
| 1        | Jornalero |          |                  |
| 1        | Chofer    |          |                  |

Rendimiento: 5 estructuras/día.

$$CCAH = 1.2 \times \frac{Sdr_{cap} + 2 Sdr_{lin} + Sdr_{cad} + Sdr_{rjor} + Sdr_{chof}}{R} \times \frac{1000}{\text{vano}} \quad (\$/\text{km.}) \quad (6.35)$$

Con:

CCAH = Costo por colocación de aisladores y herrajes  
 (\$/km).

Y el costo total por armado de torres metálicas será:

$$CATM = CNB + CAE + CRR + CCAH \quad (\$/\text{km.}) \quad (6.36)$$

CATM = Costo por armado de torres metálicas (\$/km).

d) Colocación de hormigón:

Se ocupa:

| CANTIDAD | PERSONAL              | CANTIDAD | EQUIPO           |
|----------|-----------------------|----------|------------------|
| 1        | Capataz               | 1        | Concretetera.    |
| 2        | Albañiles (cadeneros) | 2        | Vibradores.      |
| 10       | Jornaleros            | 1        | Bomba de agua.   |
| 2        | Choferes              | 1        | Camión.          |
|          |                       | 1        | Camión tanquero. |

Rendimiento:  $7 \text{ m}^3/\text{día.}$

Y su costo:

$$CCH = 1.5 \times \frac{Sdr_{cap} + 2 Sdr_{cad} + 10 Sdr_{rjor} + 2 Sdr_{chof}}{R} \times \text{Volumen de relleno de cada base} \times 4 \left(\frac{1000}{\text{vano}}\right) \quad (\$/\text{km.}) \quad (6.37)$$

Con:

CCH = Costo por colocación de hormigón (\$/km).

e) Tendido del conductor en torres metálicas:

Con el siguiente personal y equipo

| <u>CANTIDAD</u> | <u>PERSONAL</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>EQUIPO</u>                |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| 2               | Capataces       | 1               | Equipo principal de tendido. |
| 6               | Linieros        |                 |                              |
| 5               | Cadeneros       | 4               | Poleas.                      |
| 12              | Jornaleros      | 1               | Camión grúa.                 |
| 4               | Choferes        | 1               | Camión plataforma.           |
|                 |                 | 2               | Camionetas 4 toneladas.      |
|                 |                 | 2               | Tirfor 3 toneladas.          |
|                 |                 | 10              | Walkie talkie.               |
|                 |                 | 1               | Herramientas.                |

Rendimiento: 3.5 km/día-

Su costo:

$$CTC = 1.7 \times 3 \frac{2 \text{ Sdr}cap + 6 \text{ Sdr}lin + 8 \text{ Sdr}cad + 12 \text{ Sdr}rjor + 4 \text{ Sdr}chof}{R}$$

(\$/km.) (6.38)

Con:

CTC = Costo por tendido del conductor en torres metálicas (\$/km).

f) Instalación de puesta a tierra:

Cada estructura tiene dos puestas a tierra; es necesario medir la resistividad del suelo. Se necesita:

| CANTIDAD | PERSONAL  | CANTIDAD | EQUIPO            |
|----------|-----------|----------|-------------------|
| 1        | Liniero   | 1        | Medidor de resis- |
| 2        | Cadeneros |          | tividad.          |
|          |           | 1        | Herramientas.     |

Rendimiento: 16 puestas a tierra/día.

Su costo:

$$CIPTT = 1.3 \times \frac{Sdrlin + 2 Sdrcad}{R} \times 2 \left( \frac{1000}{vano} \right) (\$/km.) \quad (6.39)$$

Con:

CIPTT = Costo por las instalaciones de las puestas a tierra (\$/km).

#### 6.7- COSTOS DIRECTOS

Se consideran tres grandes grupos, que constituyen los costos directos en el diseño y construcción de una línea de transmisión. Estos son:

a- Costo del diseño:

Que constituye un 10% a 15% del total de la obra.

b- Costo de materiales:

Especificado en los numerales: 6.2; 6.3; 6.4; 6.5 de este capítulo.

c- Costo de construcción:

Especificado en el numeral: 6.6; 6.6.1; 6.6.2 y 6.6.3 de este capítulo.

La suma de estos tres costos, da como resultado el COSTO TOTAL DIRECTO DE LA LINEA.

6.8- COSTOS INDIRECTOS

Se clasifican en dos grupos:

- Costos indirectos de construcción.
- Gastos variables de producción.

La suma de estos dos costos, da como resultado el COSTO TOTAL INDIRECTO DE LA LINEA.

6.8.1- Costos indirectos de construcción:

Los costos indirectos de construcción deben ser iguales al 40% de los costos de construcción (6.7.c-) (Costos directos); de los cuales, el 25% corresponden a gastos de administración y dirección técnica, de la siguiente forma:

- Personal técnico, 10%.
- Personal administrativo, 5%.
- Rentas, vivienda y bodegas, 1%.
- Papelería de oficina y planos, 1%.
- Vehículos, 1%.
- Gastos varios de oficina, 1%.
- Gastos financieros, garantías, 5%.
- Seguros y teléfonos, 1%.

-El resto, el 15%, corresponde a:

- Utilidades, 12%.
- Imprevistos, 3%.

### 6.8.2- Gastos variables de producción

Corresponden a las pérdidas de potencia y de energía, existentes en una línea de transmisión.

a) Costo de pérdidas de potencia:

El costo de pérdidas de potencia se calcula así:

$$CPPet = 3 \times \frac{\rho \times I^2_{\text{máx}}}{CM \times 1000} \times A \quad [ \$ / Km ] \quad (6.40)$$

$$\text{con: } I_{\text{máx}} = \frac{KW (\text{pico})}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \emptyset} \quad [ A ]$$

CPPet = Costo de pérdidas de potencia (\$/km).

$\rho$  = Resistividad del conductor a usarse

I máx = Corriente máxima que circula por la línea (A).

CM = Sección del conductor a usarse (por lo general, en circular mil (CM)).

KWpico = Potencia pico que se transmite por la línea (kw).

V = Voltaje nominal de la línea (kv).

Cos = Factor de potencia de la línea.

A = \$/kw. de demanda; valor (tarifa) que cubre los car-

gos fijos de inversión en 1 kw. de potencia, al comienzo de la línea (\$/kw).

b) Costo de pérdidas de energía:

El costo de pérdidas de energía en la línea se calcula:

$$CPE_n = 3 \times \frac{I_p^2 \times \rho \times 8.760}{CM} \times B \quad [$/Km] \quad (6.41)$$

con:  $I_p = I_{máx} \times F_c \quad [A]$

$CPE_n$  = Costo de pérdidas de energía (\$/km)..

$I_p$  = Corriente promedio que circula por la línea (A).

$F_c$  = Factor de carga de la línea.

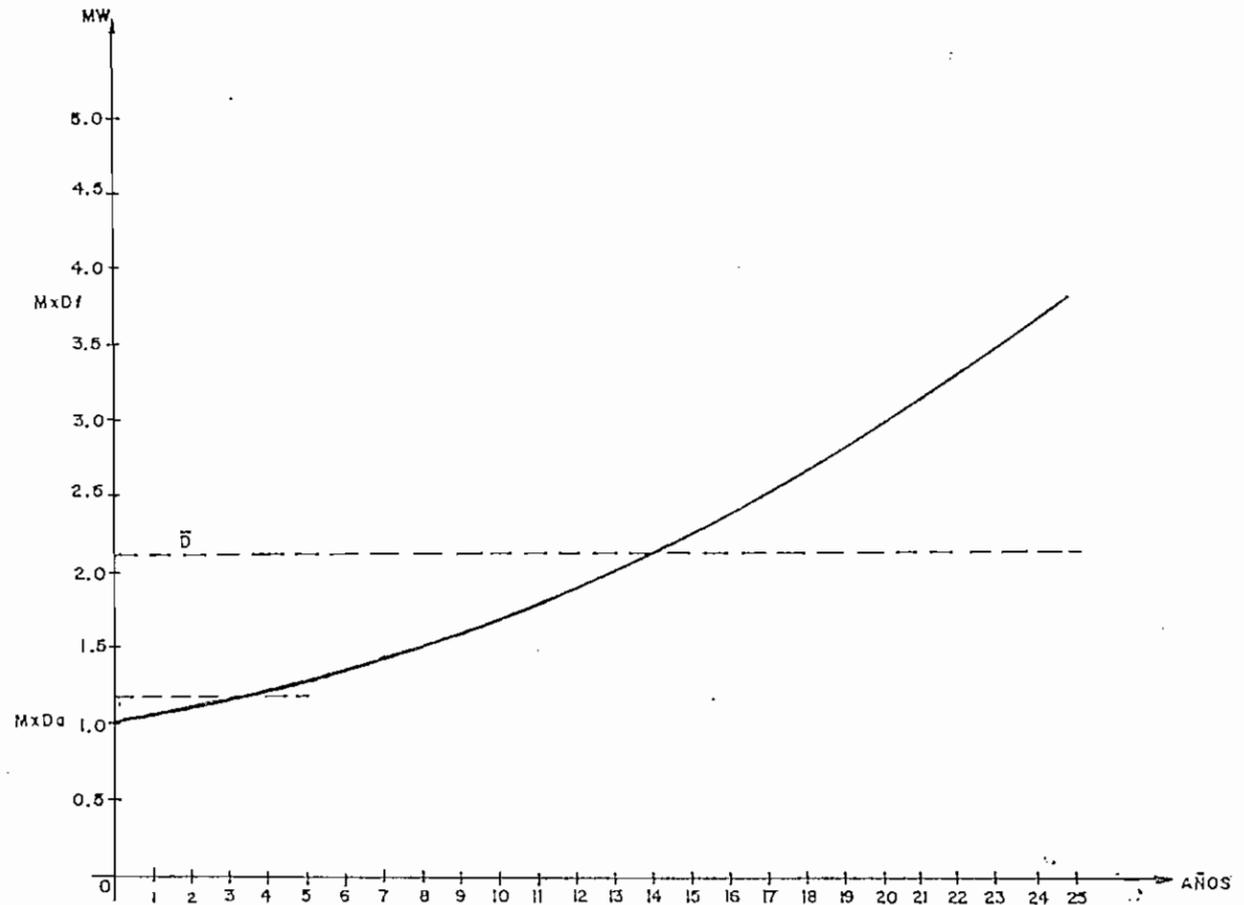
$B$  = \$/kWh. Cubre los gastos variables de producción de la línea (tarifa). (\$/kWh).

#### 6.9- COSTO TOTAL POR KILOMETRO DE LINEA

El costo total por kilómetro de línea se obtiene sumando:

$$\begin{aligned} \text{COSTO TOTAL POR KM. DE LINEA} &= \text{COSTO TOTAL DIRECTO DE LA LINEA} + \\ &+ \text{COSTO TOTAL INDIRECTO DE LA LINEA} \\ & \quad \quad \quad (\$/km) \quad \quad \quad (6.42) \end{aligned}$$

A P E N D I C E S



$$MxDf = MxDa (1 + Ti)^n$$

[MW]

con:

Ej:

MxDa = 1.0 MW para el año cero

n = 25 años

Ti = 5.5 %

por lo tanto: MxDf = 3.813 MW

MxDf: Máxima demanda futura [MW]

MxDa: Máxima demanda actual [MW]

Ti : Tanto por ciento anual de crecimiento  
de la carga

n : # años [años]

Fc: Factor de carga

y la demanda media futura;  $\bar{D}f$ :

$$5 \text{ años} \times 1.15 \text{ MW} = 5.75 \text{ MW años}$$

$$5 \text{ años} \times 1.51 \text{ MW} = 7.55 \text{ MW años}$$

$$5 \text{ años} \times 1.97 \text{ MW} = 9.85 \text{ MW años}$$

$$5 \text{ años} \times 2.57 \text{ MW} = 12.85 \text{ MW años}$$

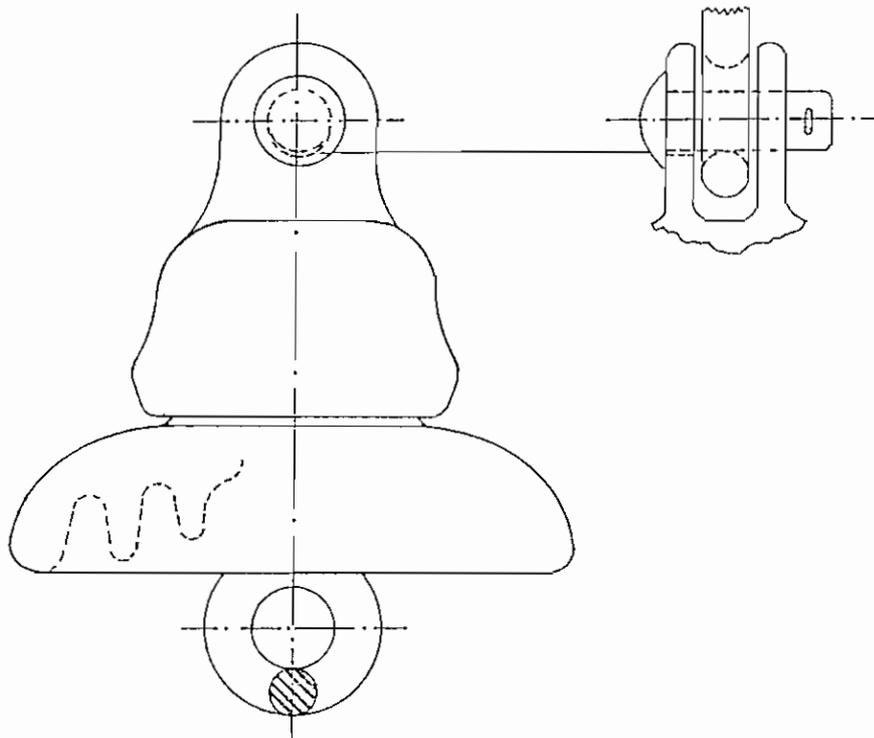
$$5 \text{ años} \times 3.37 \text{ MW} = 16.85 \text{ MW años}$$

$$\frac{52.85 \text{ MW años} \times 1}{25 \text{ años}} = 2.12 \text{ MW}$$

entonces:  $\bar{D}f \approx 2.12 \text{ MW}$ 

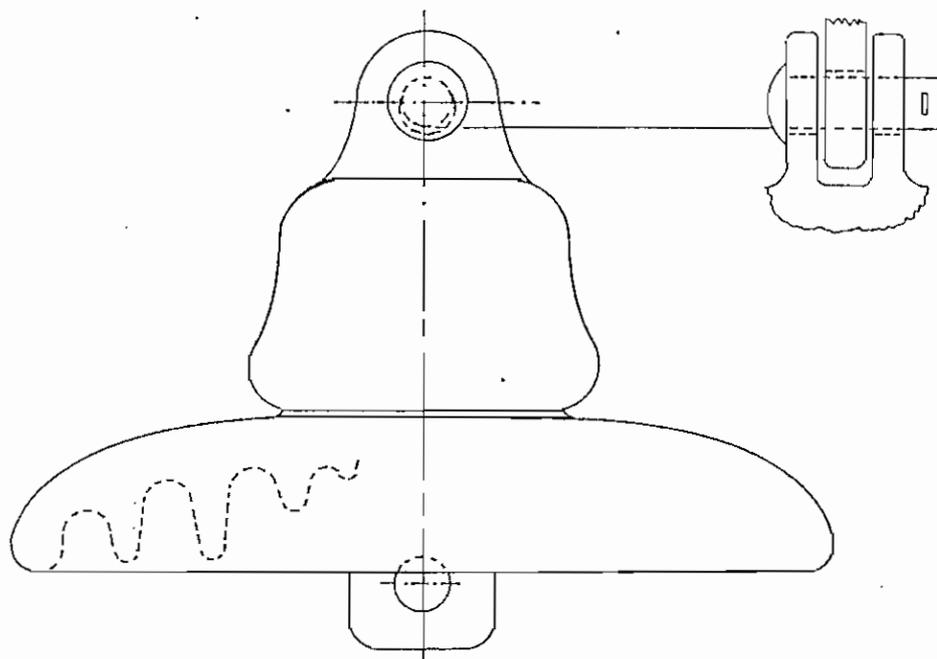
$$Fc = \frac{\bar{D}f}{MxDf} = 0.56$$

AMERICAN NATIONAL STANDARD C29.2-1977



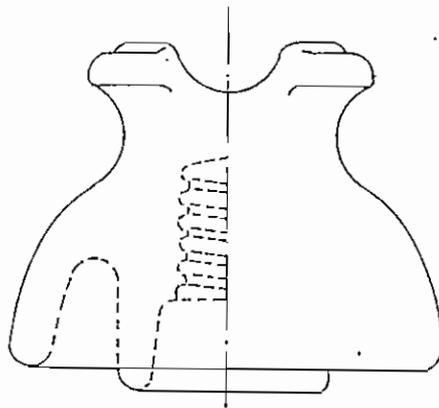
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C.29.2 DE LA ANSI

AMERICAN NATIONAL STANDARD C 29.2 - 1977



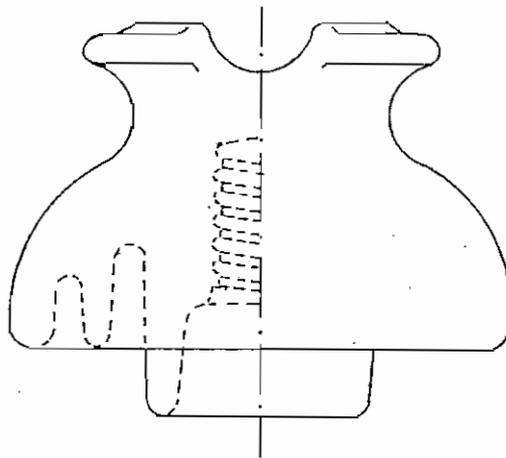
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C 29.2 DE LA ANSI

AMERICAN NATIONAL STANDARD C 29.5-1977



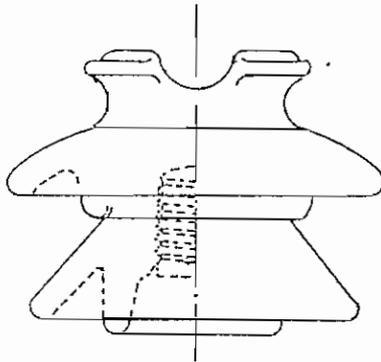
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C 29.5 DE LA ANSI

AMERICAN NATIONAL STANDARD C 29.5-1977



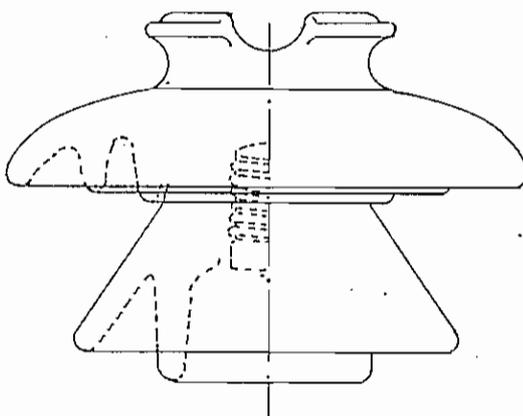
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C 29.5 DE LA ANSI

AMERICAN NATIONAL STANDARD C 29.6-1977



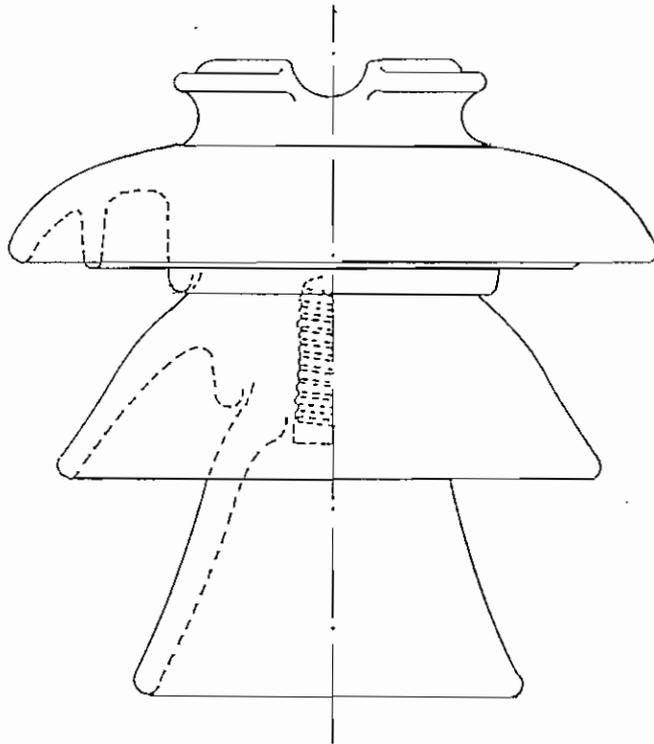
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C 29.6 DE LA ANSI

## AMERICAN NATIONAL STANDARD C29.6-1977



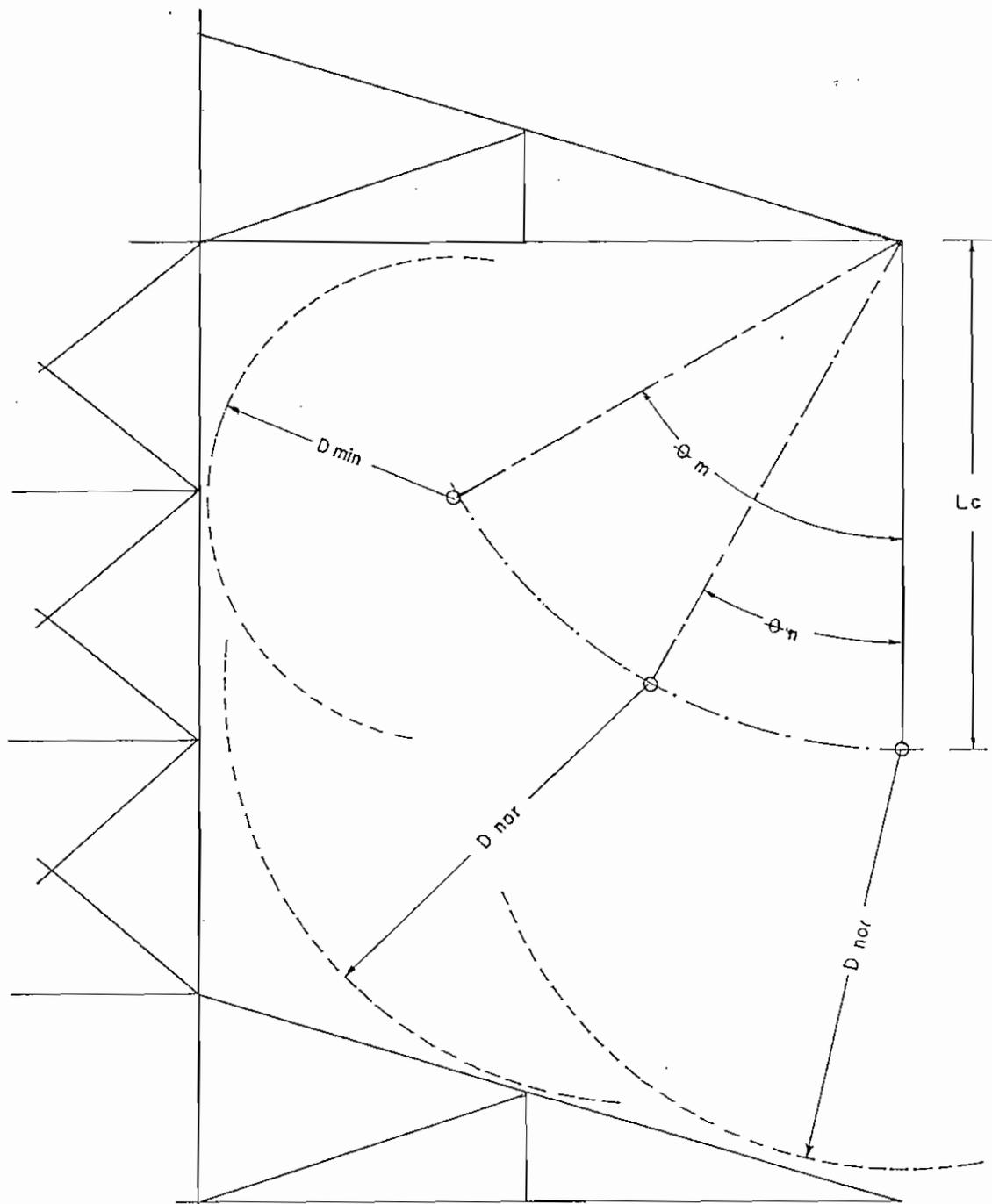
NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C29-6 DE LA ANSI

AMERICAN NATIONAL STANDARD C 29.6 - 1977



NOTA: DIMENSIONES Y TOLERANCIA SEGUN NORMA  
C 29-6 DE LA ANSI

| NIVEL VOLTAJE<br>(kV) | CLASE AISLADOR<br>(ANSI) | Nº Aisladores | Longitud total<br>de la cadena<br>(m) |
|-----------------------|--------------------------|---------------|---------------------------------------|
| 6.3                   | 52.1                     | 1             | 0.30                                  |
| 13.2                  | 52.1                     | 2             | 0.46                                  |
| 22.                   | 52.1                     | 3             | 0.61                                  |
| 34.5                  | 52.1                     | 4             | 0.76                                  |
| 46                    | 52.1                     | 5             | 0.91                                  |



$L_c$ : LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES

$\theta_n$ : ANGULO DE INCLINACION NORMAL DE LA CADENA

$\theta_m$ : ANGULO DE INCLINACION MAXIMO DE LA CADENA

$D_{nor}$ : DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA A LA ESTRUCTURA

$D_{min}$ : DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA A LA ESTRUCTURA

DIMENSIONES DE CURVATURAS Y COMBAS  
EN POSTES DE MADERA

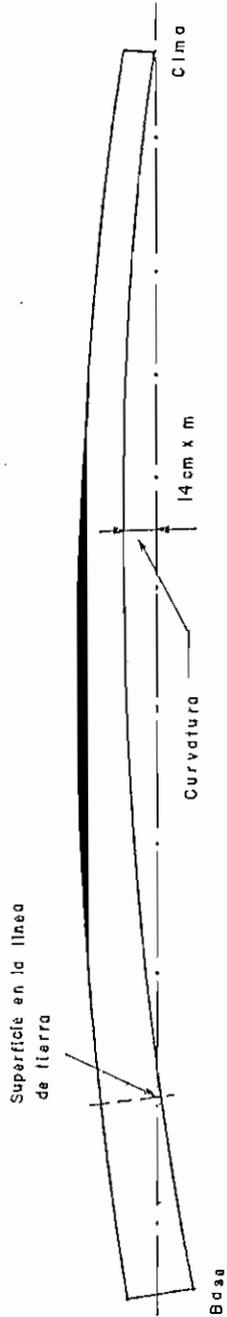


DIAGRAMA 1 DIMENSIONES DE LA CURVATURA EN UNA DIRECCION

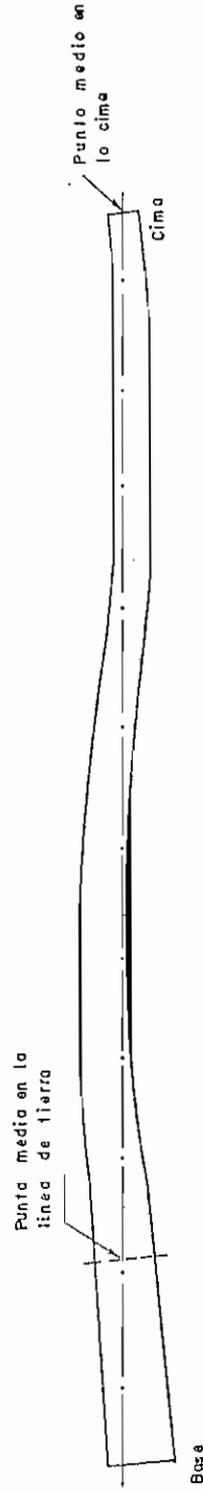
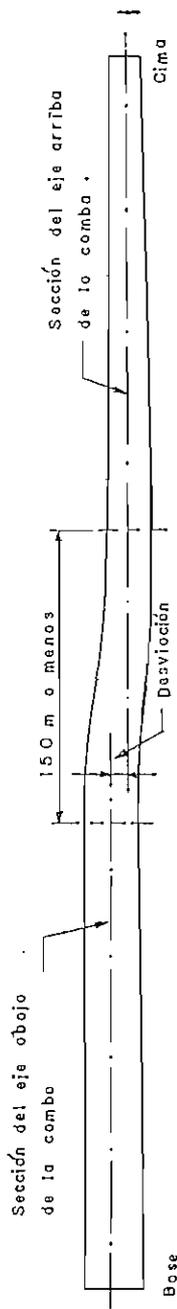


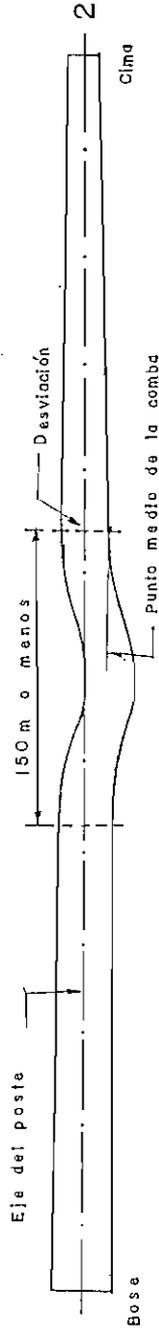
DIAGRAMA 2 DIMENSION DE LA CURVATURA EN DOS PLANOS (DOBLE CURVATURA) O  
EN DOS DIRECCIONES EN UN PLANO

## DIMENSIONES DE CURVATURAS Y COMBAS EN POSTES DE MADERA

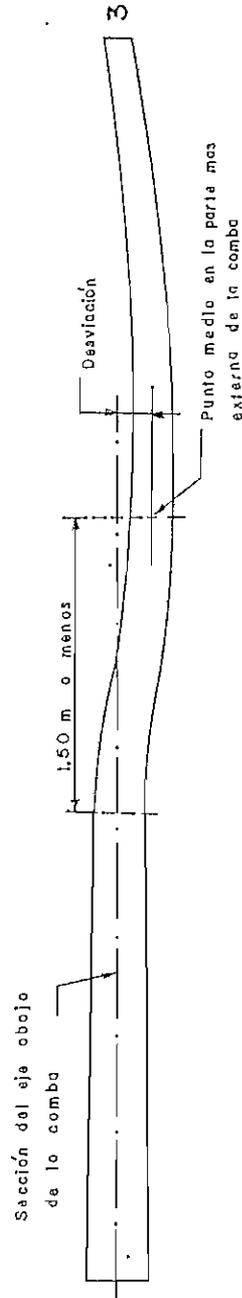


DIMENSIONES DE LAS COMBAS (CAMBIO DE EJE)

DIAGRAMA 3  
SE PRESENTAN 3 CASOS



CASO 1 : CUANDO LOS EJES DE REFERENCIA SON APROXIMADAMENTE PARALELOS

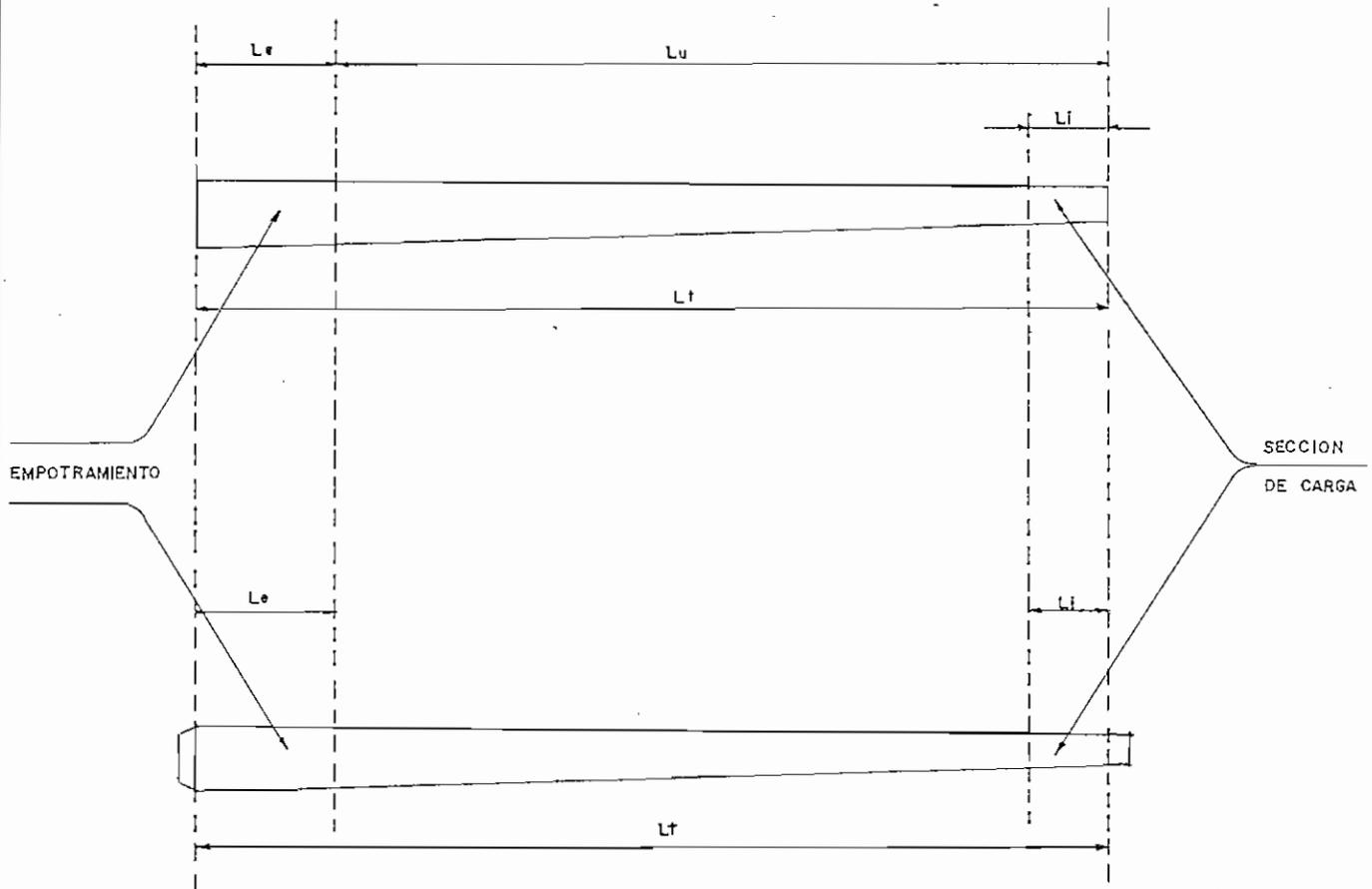


CASO 2 : CUANDO LAS SECCIONES DE EJE ARRIBA Y ABAJO DE LA COMBA  
PRACTICAMENTE COINCIDEN

CASO 3 : CUANDO LA SECCION DEL EJE ARRIBA DE LA COMBA NO COINCIDE, O NO ES PARALELA CON  
LA SECCION DEL EJE ABAJO DE LA COMBA

NOTA : LOS 3 CASOS PLANTEADOS EN EL DIAGRAMA 3 SON LOS MAS TIPICOS Y DEBIDO A ELLO SE ESTABLECEN  
SUS PRINCIPIOS DE MEDICION ADEMAS SE PRESENTAN OTROS CASOS DIFERENTES A LOS ILUSTRADOS



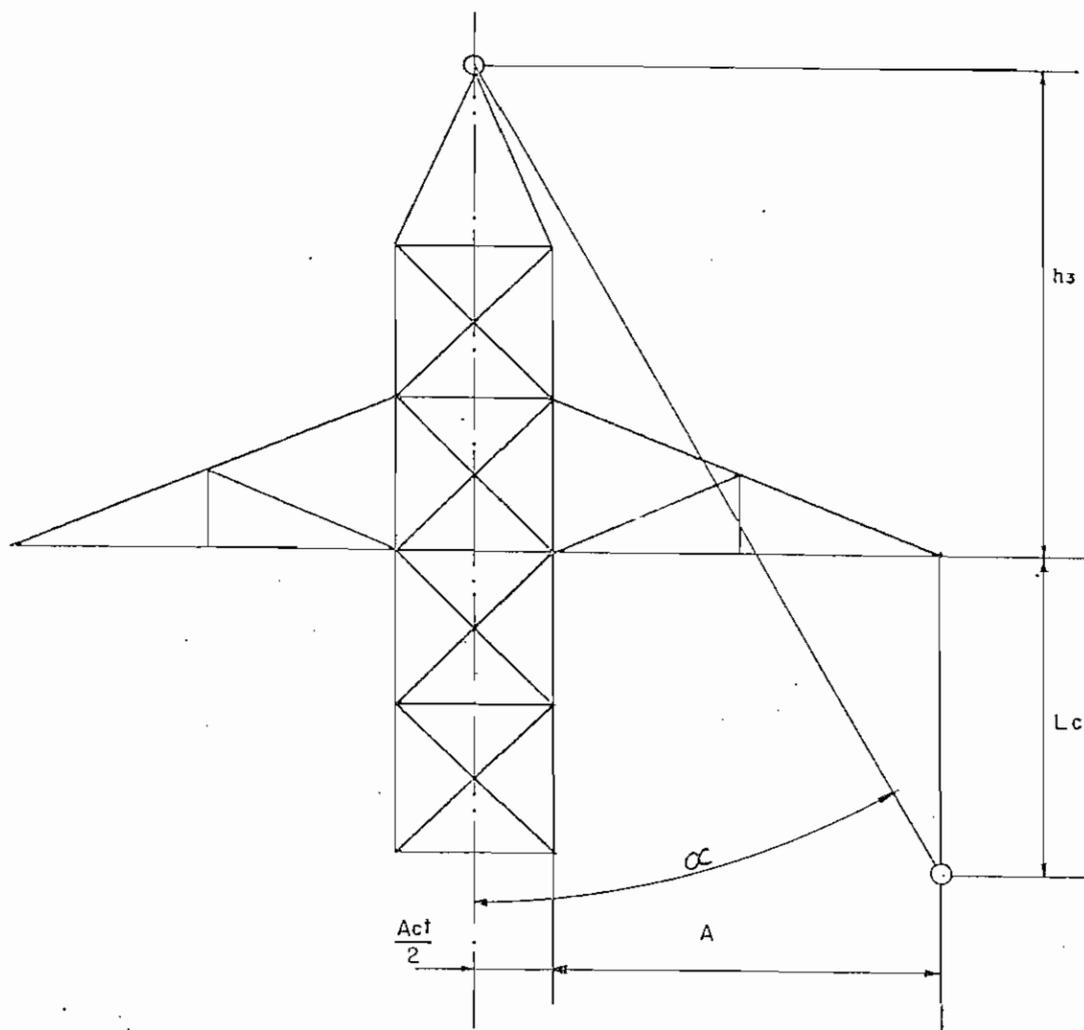


$L_e$ : LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO

$L_u$ : LONGITUD UTIL

$L_i$ : LONGITUD INACTIVA

$L_t$ : LONGITUD TOTAL



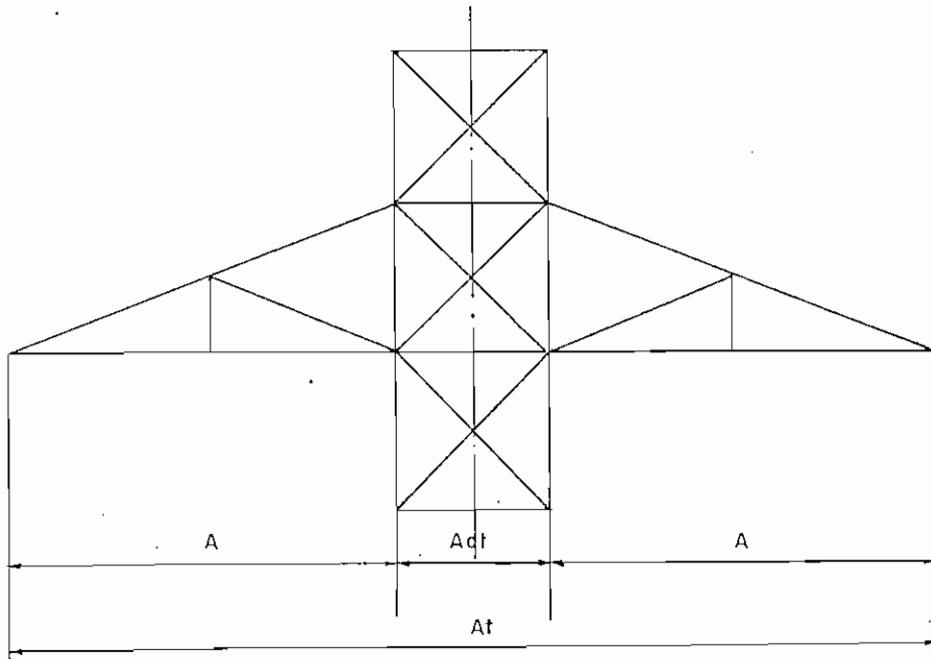
$\alpha$  : ANGULO DE APANTALLAMIENTO

$h_3$  : ALTURA DE UNA FASE AL CABLE DE GUARDIA

$L_c$  : LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES

$Act$  : ANCHO DE LA TORRE EN EL PUNTO DE LAS CRUCETAS

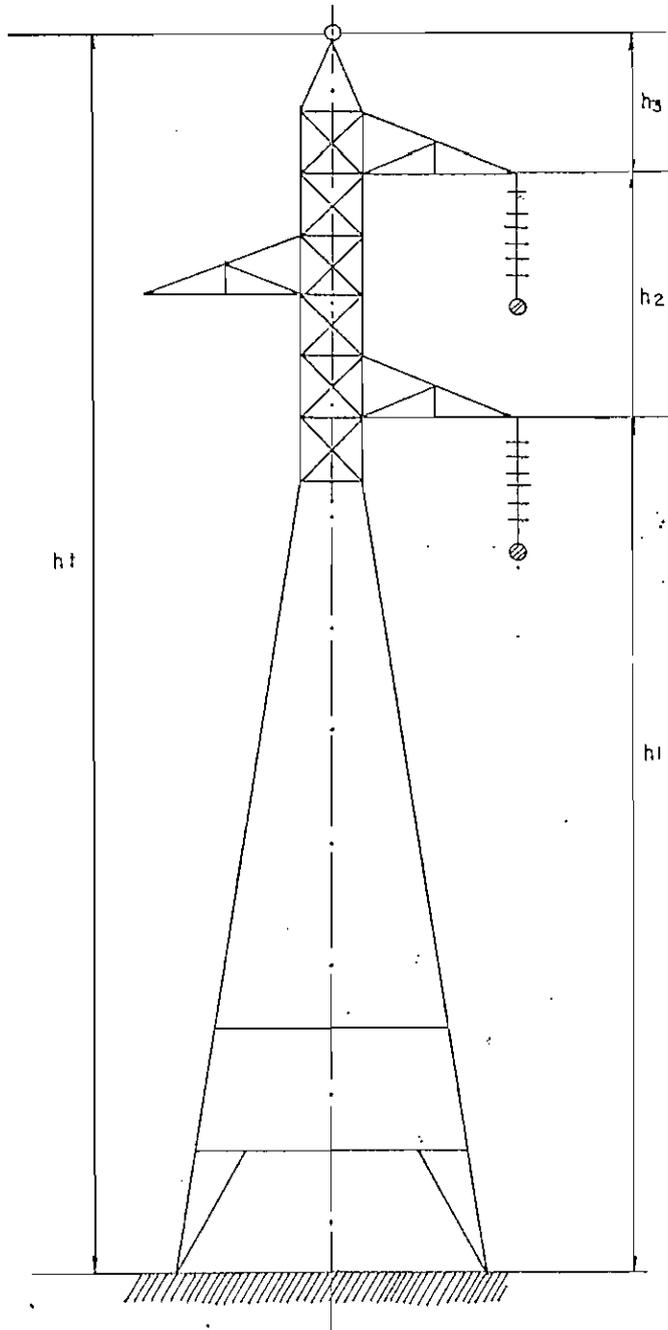
$A$  : VOLADIZO DE LA CRUCETA



A : VOLADIZO DE LA CRUCETA

Act : ANCHO DE LA TORRE EN EL PUNTO DE LAS CRUCETAS

At : ANCHO TOTAL DE LA TORRE

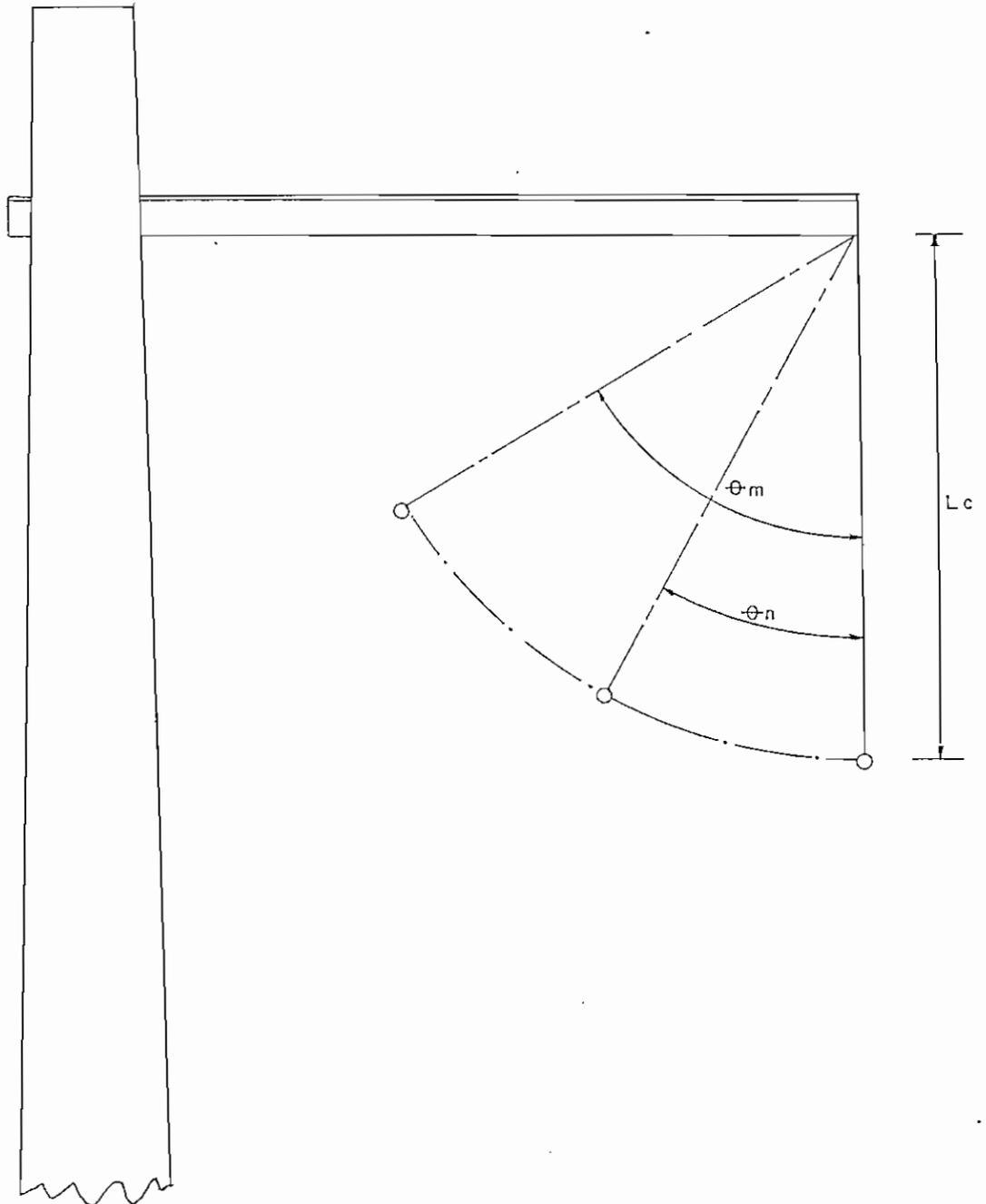


$h_1$  : ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA

$h_2$  : DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES

$h_3$  : ALTURA DEL CABLE DE GUARDIA

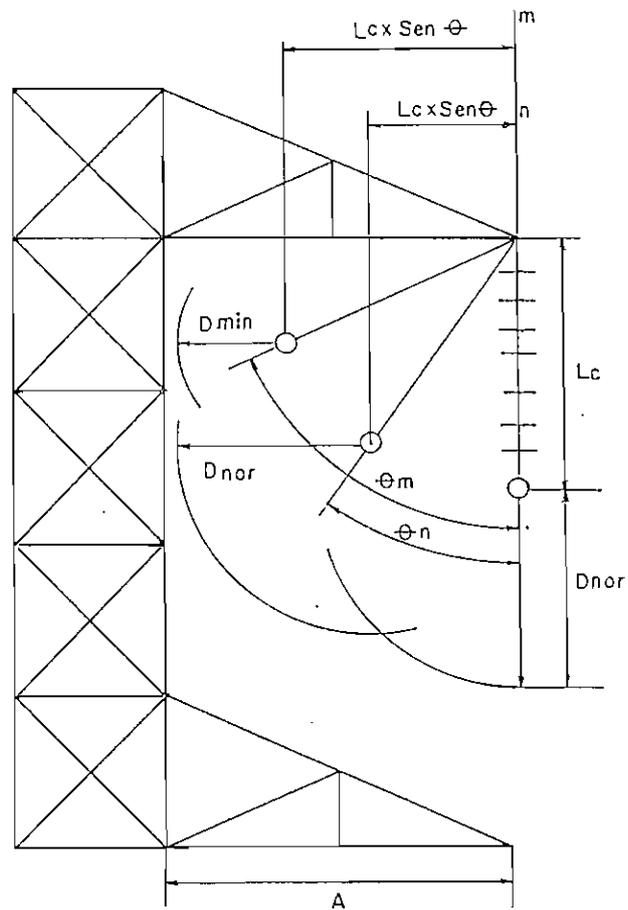
$h_t$  : ALTURA TOTAL DE LA ESTRUCTURA



$L_c$  : LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES

$\theta_n$  : ANGULO DE INCLINACION NORMAL DE LA CADENA

$\theta_m$  : ANGULO DE INCLINACION MAXIMO DE LA CADENA



$L_c$ : LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES

$\theta_n$ : ANGULO DE INCLINACION NORMAL DE LA CADENA

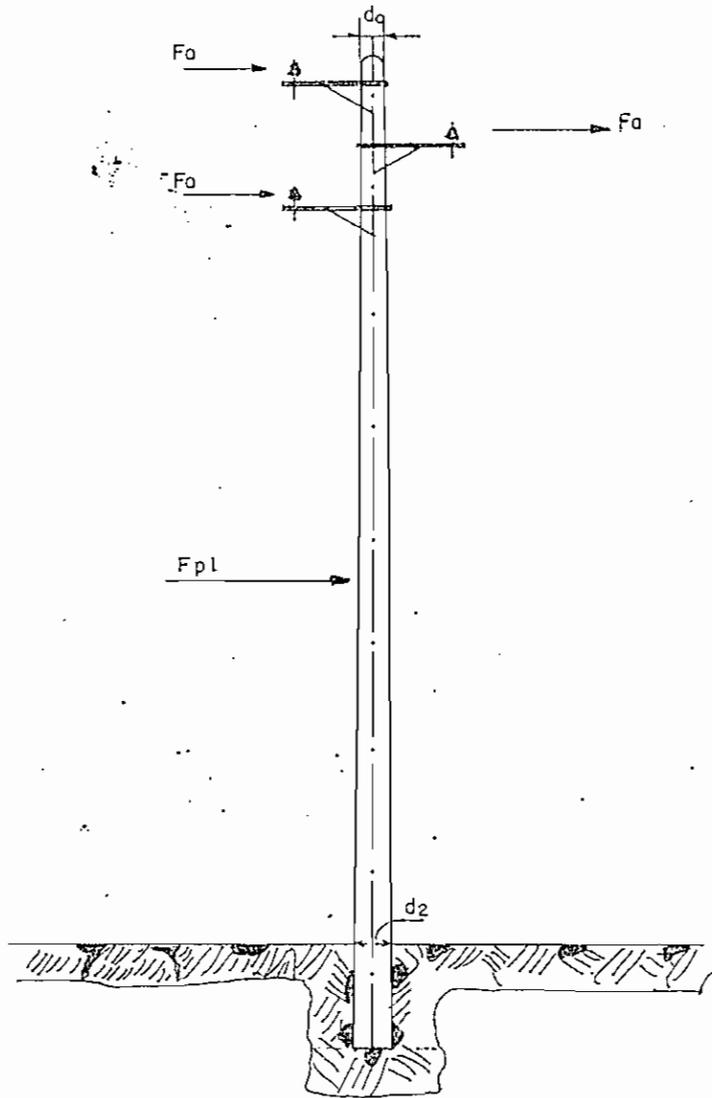
$\theta_m$ : ANGULO DE INCLINACION MAXIMO DE LA CADENA

$D_{nor}$ : DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA A LA ESTRUCTURA

$D_{min}$ : DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA A LA ESTRUCTURA

$A$ : VOLADIZO DE LA CRUCETA

| LONGITUD<br>(m.) | ESFUERZO DE ROTURA                           |  | DIAMETRO<br>DE PUNTA<br>(cm.) | PESO<br>(kg.) |
|------------------|--|--|-------------------------------|---------------|
|                  | HORIZONTAL<br>(Carga Ver-<br>tical)<br>(kg.) | VERTICAL<br>(Carga transver-<br>sal o Longitudin)<br>(kg.) |                               |               |
| 10.00            | 360  | 3815   | 14.5                          | 750           |
| 10.00            | 400  | 4450   | 14.5                          | 764           |
| 10.00            | 500  | 5575   | 14.5                          | 773           |
| 10.00            | 700  | 8350   | 14.5                          | 777           |
| 10.00            | 475  | 7200   | 14.5                          | 755           |
| 10.00            | 575  | 10100  | 14.5                          | 786           |
| 10.00            | 675  | 12190  | 14.5                          | 800           |
| 11.00            | 350  | 3320   | 14.5                          | 859           |
| 11.00            | 400  | 4050   | 14.5                          | 882           |
| 11.00            | 500  | 5050   | 14.5                          | 900           |
| 11.00            | 700  | 7600   | 14.5                          | 904           |
| 11.00            | 475  | 6475   | 14.5                          | 886           |
| 11.00            | 575  | 8725   | 14.5                          | 909           |
| 11.00            | 675  | 10190  | 14.5                          | 932           |
| 12.00            | 350  | 2815   | 13.0                          | 882           |
| 12.00            | 400  | 3610   | 13.0                          | 886           |
| 12.00            | 500  | 4325   | 13.0                          | 945           |
| 12.00            | 700  | 7030   | 13.0                          | 1000          |
| 12.00            | 475  | 6495   | 13.0                          | 914           |
| 12.00            | 575  | 7055   | 13.0                          | 918           |
| 12.00            | 675  | 8065   | 13.0                          | 1018          |
| 13.00            | 350  | 2695   | 13.0                          | 955           |
| 13.00            | 400  | 3500   | 13.0                          | 977           |
| 13.00            | 500  | 4200   | 13.0                          | 1000          |
| 13.00            | 700  | 6720   | 13.0                          | 1027          |

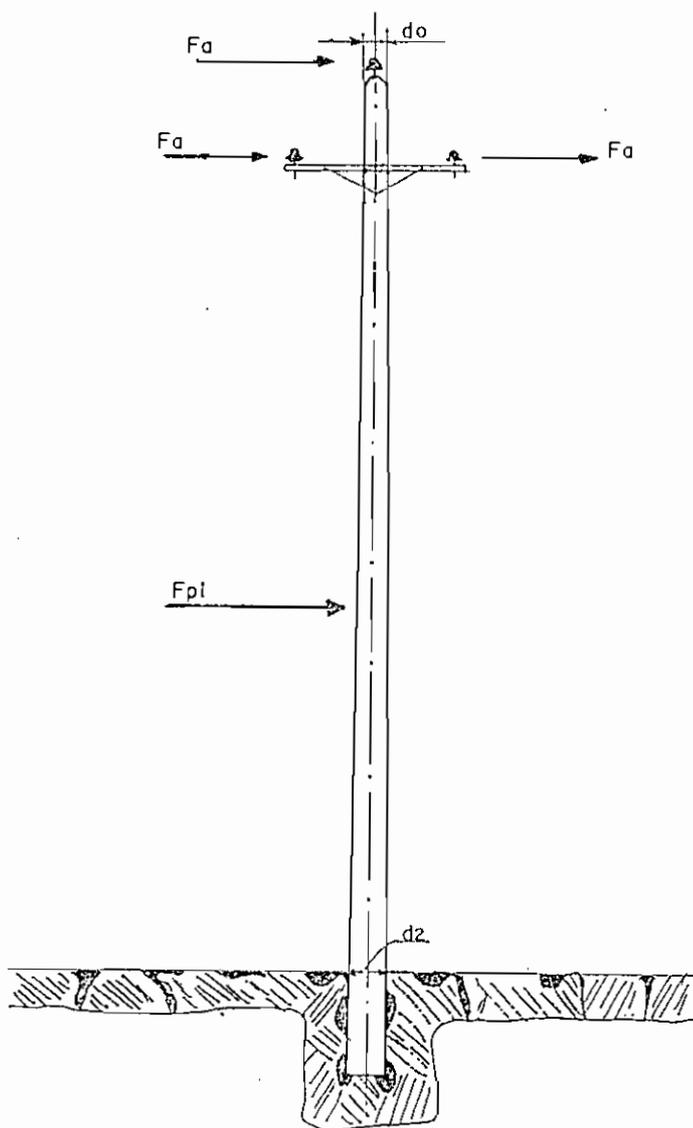


$F_a$ : ESFUERZO DEL VIENTO CONCENTRADO EN LA CABEZA DE UN AISLADOR

$F_{pl}$ : ESFUERZO DEL VIENTO SOBRE LA PARTE LIBRE DEL POSTE

$d_o$ : DIAMETRO DE LA PUNTA DEL POSTE

$d_2$ : DIAMETRO DE LA PARTE EMPOTRADA



$F_a$ : ESFUERZO DEL VIENTO CONCENTRADO EN LA CABEZA DE UN AISLADOR

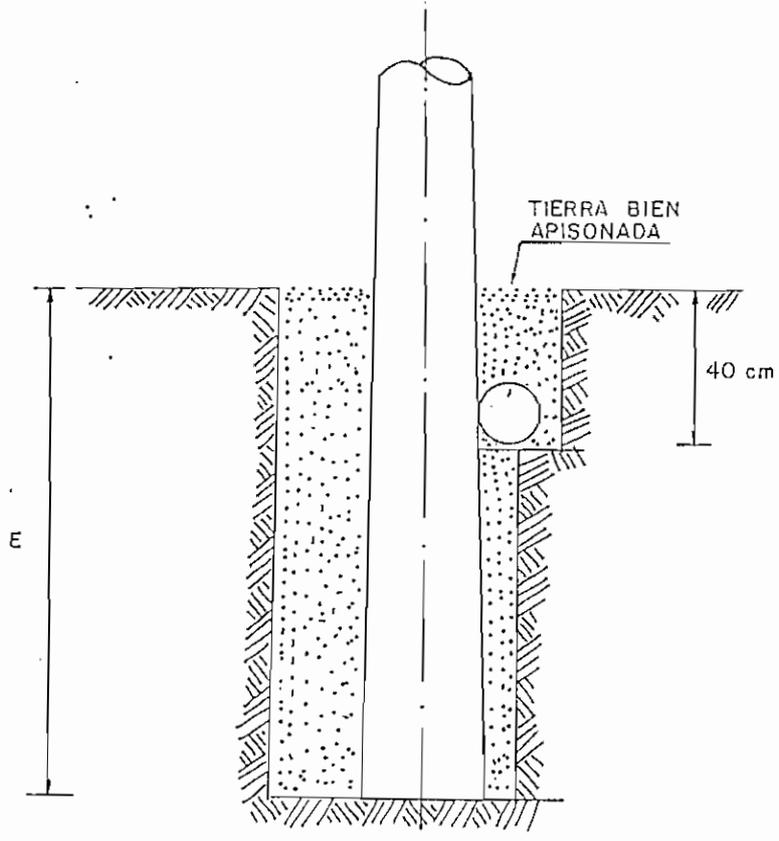
$F_{pl}$ : ESFUERZO DEL VIENTO SOBRE LA PARTE LIBRE DEL POSTE

$d_0$ : DIAMETRO DE LA PUNTA DEL POSTE

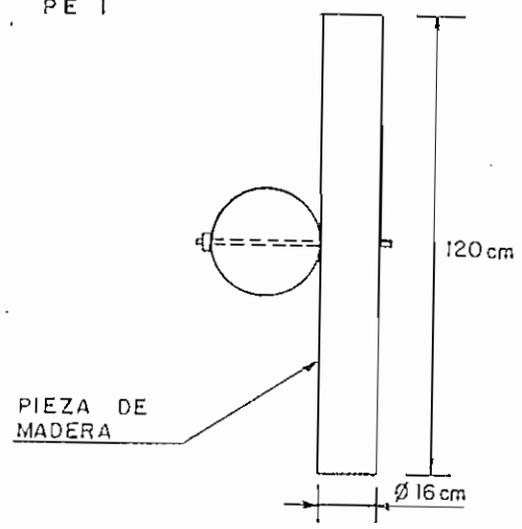
$d_2$ : DIAMETRO DE LA PARTE EMPOTRADA

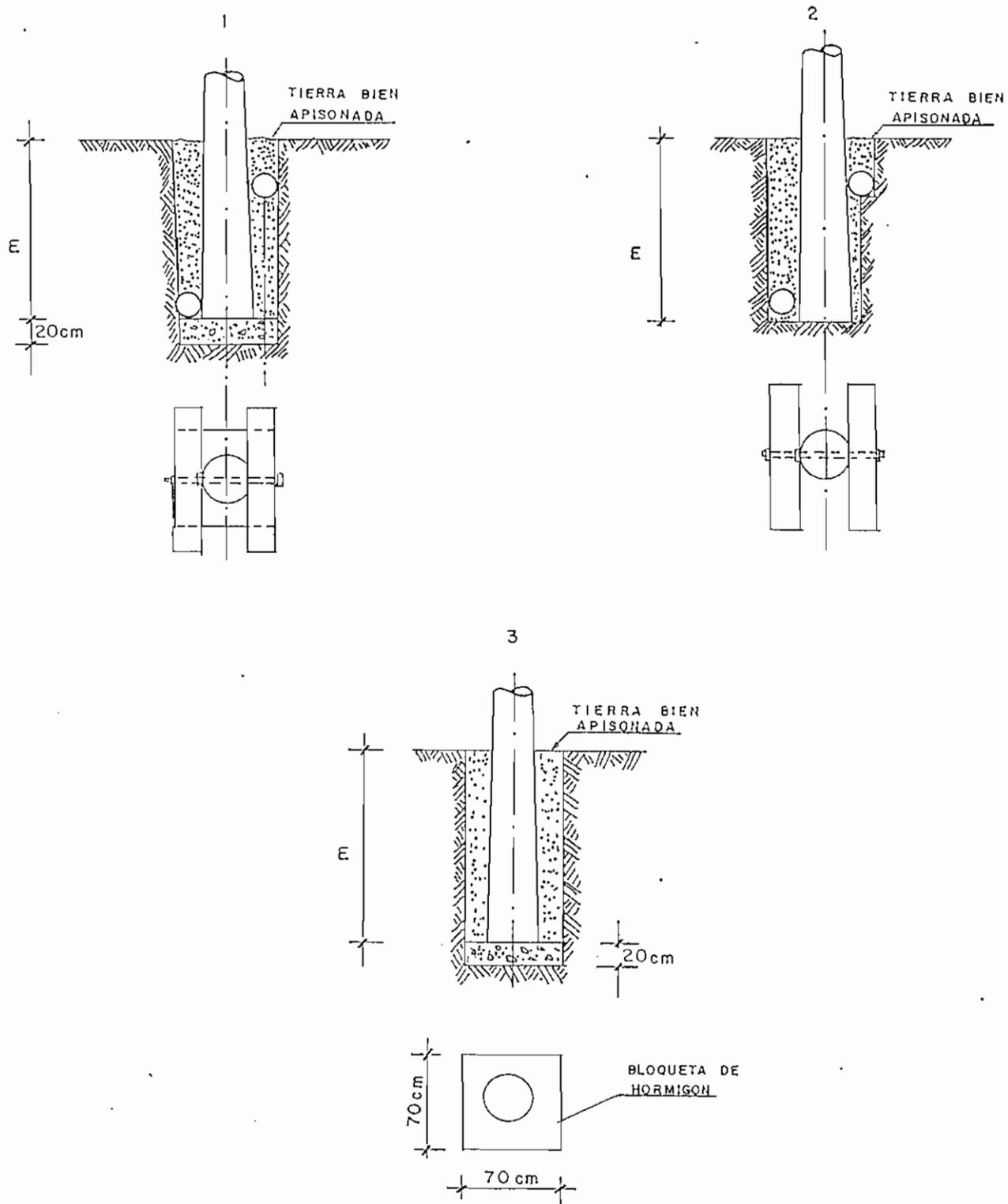
| DIAMETRO DE<br>LOS HILOS | NUMERO DE CONDUCTORES DE<br>LA LINEA |      |
|--------------------------|--------------------------------------|------|
|                          | 3                                    | 4    |
| 8.25                     | 14.4                                 | 16.0 |
| 9.00                     | 16.5                                 | 17.4 |
| 11.35                    | 21.3                                 | 26.1 |
| 12.74                    | 28.0                                 | 32.0 |
| 14.31                    | 30.5                                 | 36.5 |
| 14.31                    | 35.0                                 | 40.0 |

| LONGITUD<br>(m.) | CLASE   | CARGA DE<br>TRABAJO<br>(kg.) | EMPOTRA-<br>MIENTO<br>(m.) | CIRCUNFCIA.<br>EMPOTRAMTO.<br>(cm.) | CIRCFCIA. A<br>30cm. PUNIA | PESO<br>MEDIO<br>(kg.) |
|------------------|---------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 8.5              | Liviano | 250                          | 1.45                       | 57                                  | 41                         | 200                    |
| 8.5              | Mediano | 400                          | 1.45                       | 76                                  | 45                         | 250                    |
| 8.5              | Pesado  | 700                          | 1.45                       | 92                                  | 46                         | 280                    |
| 10.0             | L       | 250                          | 1.60                       | 60                                  | 48                         | 300                    |
| 10.0             | M       | 400                          | 1.60                       | 81                                  | 49                         | 350                    |
| 10.0             | P       | 700                          | 1.60                       | 98                                  | 50                         | 400                    |
| 12               | L       | 250                          | 1.80                       | 65                                  | 50                         | 500                    |
| 12               | M       | 400                          | 1.80                       | 87                                  | 53                         | 550                    |
| 12               | P       | 700                          | 1.80                       | 105                                 | 54                         | 600                    |



PE I

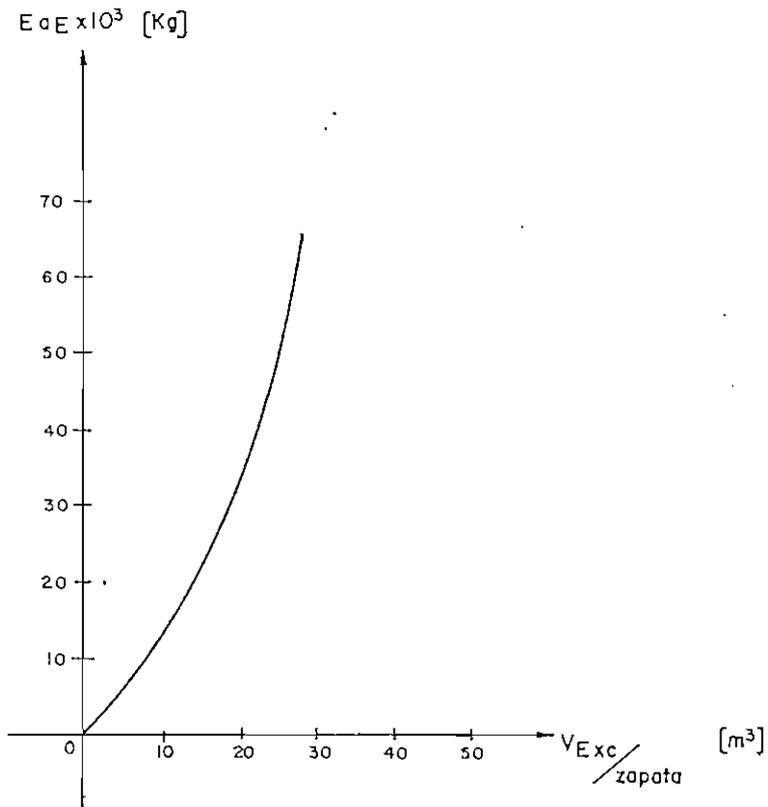




1.- SUELO FLOJO

2.- SUELO FLOJO

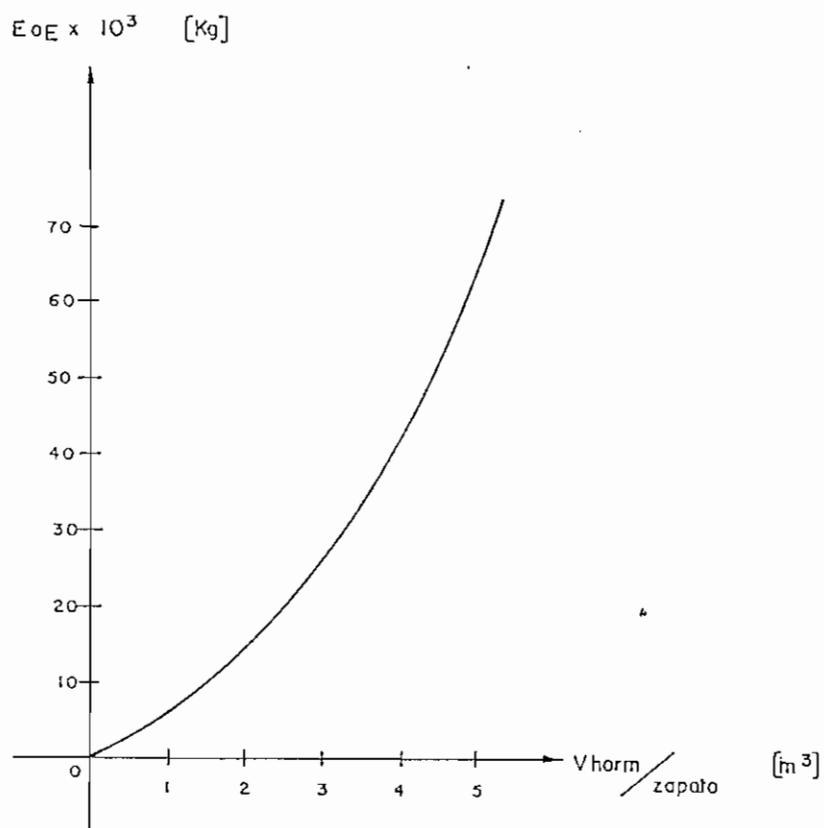
3.- SUELO MUY FLOJO



$$CURVA: V_{Exc} = -85.1 + 10.1 \ln(E_{oE})$$

$V_{Exc}$  = Volúmen de excavación [ $m^3$ ]

$E_{oE}$  = Esfuerzo de arrancomiento en cada zapata [Kg]



CURVA:  $V_{\text{horm}} = 0.00614 (E_0E)^{0.60074}$

$V_{\text{horm}}$  = Volúmen de hormigón  $[m^3]$

$E_0E$  = Esfuerzo de arrancamiento en cada zopala  $[Kg]$

P R O G R A M A

MANUAL DE USO

MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA EL "ESTUDIO  
TÉCNICO ECONÓMICO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
DE 6.3 KV. A 46. KV."

Manual #

Cinta:

Disco:

Fecha: Marzo, 1983

I - OBJETIVO.- Con el uso de tres tipos de estructuras: torres metálicas, postes de hormigón y postes de madera, para voltajes de 6.3; 13.2; 22.; 34.5 y 46. kv, calcular el conductor económico, número y clase de aisladores, vano económico, dimensionamiento, peso y esfuerzos, fijación y volúmenes de fundaciones y costos por kilómetro de línea, de las estructuras utilizadas.

II - METODO EMPLEADO.- Para cada una de las subrutinas de que consta el programa, se ha empleado métodos de solución, normalizados por las diferentes asociaciones internacionales eléctricas, y se ha seguido normas empleadas por el Inecel o la Empresa Eléctrica Quito S. A.

El programa en sí, consta de un programa principal y de seis subrutinas.

- PROGRAMA PRINCIPAL: Básicamente, lee los datos e imprime los resultados. Tiene un

banco propio de datos, donde se encuentran características propias de los conductores utilizados para estos niveles de voltaje; características de los aisladores es-piga o la cadena de aisladores de suspensión o retención a ser utilizados.

- SUBROUTINA CONVAN: Utilizando la Ley de Kelvin, encuentra el conductor económico para un nivel de voltaje dado (6.3, 13.2, 22., 34.5 y 46. kv), y para una potencia máxima proyectada a lo largo de la vida útil de la línea, por medio de la ecuación de cambio de estado, obtiene un vano normal para el conductor escogido, que viene a ser en primera aproximación el vano económico.
- SUBROUTINA DIMEN: Para cada tipo de estructuras, dimensiona a éstas; se obtiene: altura, distancia entre fases, ángulos y distancias, de los aisladores a la estructura, flecha final del conductor, longitud de las crucetas y, con el vano obtenido para el conductor, se relaciona con la longitud de las estructuras para obtener un vano promedio económico; además, se obtiene el número de estructuras por kilómetro de línea.

Es necesario, para realizar este dimensionamiento, que de la Subrutina Convan y del programa principal, pasen a esta Subrutina datos propios del conductor escogido como económico, y datos sobre los aisladores para el nivel del voltaje escogido.

- SUBROUTINA EFPES: Con las dimensiones anteriormente ob-

tenidas y con datos propios del conductor económico y los aisladores, realiza el cálculo de todos los esfuerzos que deben soportar las estructuras. Además, calcula en forma aproximada el peso total de cada tipo de estructuras y para los postes de madera y de hormigón, calcula la altura de empotramiento de éstos.

- SUBROUTINA VOLUM: Para estructuras metálicas; calcula los esfuerzos de arrancamiento para cada zapata, valiéndose del cálculo de momentos de la Subrutina ESFPES y, con estos esfuerzos, calcula el volumen de excavación y de hormigón para cada zapata.

Para postes de madera y de hormigón, calcula el esfuerzo de arrancamiento; con éste, realiza una comprobación de la altura de empotramiento y, por medio de esta altura de empotramiento, y con datos de diámetros, en esta parte, de los postes, obtenidos de la Subrutina DIMEN, calcula el volumen de excavación, volumen de la parte empotrada del poste, y el volumen de relleno aproximado para cada estructura.

- SUBROUTINA SUELDO: Tomando como dato el sueldo básico nominal mensual vigente, calcula el sueldo diario total, tomando en cuenta todos los factores de mayoración impuestos por la ley; además, calcula el sueldo diario total si se paga viáticos a los trabajadores, tomando estos viáticos en el 100% dado por la ley, cuando el lugar de trabajo no es donde reside el trabajador. Se ha calculado los sueldos para: Ingeniero, capataz, liniero, topógrafo, cadenero, jornalero y chofer, que son el personal que labora pa-

ra la construcción de una línea.

- SUBROUTINA COSTOS: Se obtiene un costo total por kilómetro de línea; por tanto, calcula:
  - Costo de materiales: todos los materiales usados en cada tipo de estructuras, por kilómetro de línea.
  - Costo de construcción: con los datos obtenidos de la Subrutina Sueldo, calcula, tomando en cuenta los rendimientos de los hombres y de las máquinas, además factores dependientes del uso de éstas, el costo por kilómetro, de cada actividad para la construcción de la línea.
  - Costos directos totales: sumando los dos costos anteriores.
  - Costos indirectos de construcción.
  - Gastos variables de producción: pérdidas de potencia y de energía en la línea.
  - Costos indirectos totales.

### III - NOMENCLATURA.

Se utiliza la siguiente notación.

#### 1.- VARIABLES DE ENTRADA:

| <u>Símbolo</u> | <u>Descripción</u>  |
|----------------|---|
| RO             | Resistividad promedio de los conductores que pueden ser usados, para el nivel de voltaje a imponerse. |
| VU             | Vida útil considerada para la línea.  |
| VR             | Valor residual estimado.  |

| <u>Símbolo</u> | <u>Descripción</u>  |
|----------------|---|
| RE             | Rentabilidad esperada en la vida útil de la línea.  |
| B              | Precio promedio de los conductores usados para ese nivel de voltaje.                              |
| POT            | Potencia de transmisión de la línea, proyectada en la vida útil.                                  |
| V              | Voltaje de la línea.  |
| COS            | Factor de potencia de la línea.   |
| SEN            | Seno del ángulo correspondiente al factor de potencia.  |
| PDH            | Precio por kw de demanda pico.  |
| PCK            | Precio por cada uno de los primeros 100 Kwh de consumo.   |
| PEK            | Precio por cada kwh de exceso.  |
| FC             | Factor de carga obtenido de la curva de carga proyectada.   |
| T2             | Temperatura máxima a la que puede estar el conductor.   |
| T1             | Temperatura mínima a la que puede estar el conductor.   |
| EPS1           | Valor que permite normalizar el conductor económico escogido.                                     |
| EPS2           | Valor que da un pequeño margen de error, para el cumplimiento de la ecuación de cambio de estado. |
| PNV            | Presión normal del viento sobre la estructura.  |
| PMV            | Presión máxima del viento sobre la estructura.  |
| CDA            | Constante que considera la altitud sobre el nivel del mar, a la que se construirá la línea.       |
| PAT            | Presión atmosférica del sitio de construcción.  |
| DELT           | Densidad relativa del aire, en el sitio de construcción de la línea.                              |

| <u>Símbolo</u> | <u>Descripción</u>  |
|----------------|---|
| BIE            | Constante dependiente de la rugocidad de las estructuras.                             |
| ACT            | Ancho de la estructura, o diámetro de ésta en el sitio de colocación de las crucetas. |
| APAN           | Angulo de apantallamiento considerado.  |
| NZ             | Indicador para escoger el tipo de estructura.   |
| SBNM           | Sueldo básico nominal mensual vigente.  |
| IVIA           | Indica si se pagará viáticos o no, a los trabajadores de la línea.                    |
| PUCF           | Precio unitario promedio del conductor de fase.                                       |
| PUCN           | Precio unitario promedio del conductor neutro.  |
| PUA            | Precio unitario de aisladores de suspensión.  |
| PKH            | Precio por kilogramo de hierro trabajado para herrajes.                               |
| DIT            | Distancia de transporte de materialés, de la bodega a la obra.                        |
| IZN            | Indicador de la clase de zona que se desmontará para el paso de la línea.             |
| ISU            | Indicador de la clase de suelo a excavar para colocar las estructuras.                |
| QCA            | Presión del viento sobre la cadena de aisladores.                                     |
| Z1             | Longitud aproximada del suelo al centro de gravedad de la torre metálica.             |
| RR             | Longitud aproximada del centro de la estructura, a la punta de la cruceta más alta.   |
| PUCG           | Precio unitario del cable de guardia.   |
| FA             | Tanto por uno de estructuras de anclaje en el kilómetro de línea.                     |

| <u>Símbolo</u> | <u>Descripción</u>   |
|----------------|--|
| FS             | Tanto por uno de estructuras de suspensión en el kilómetro de línea.                                     |
| PMCH           | Precio del metro cúbico de hormigón armado, excluyendo la mano de obra.                                  |
| PKHT           | Precio del kg. de hierro de las torres metálicas.  |
| DO             | Diámetro de la punta del poste.  |
| CON            | Conicidad del poste (en un 80% del dato obtenido).   |
| PM             | Peso aproximado del poste de madera.   |
| W1             | Diámetro de la base del poste.   |
| PUAP           | Precio unitario del aislador espiga.   |
| XT             | Tanto por uno de estructuras trängentes, en el kilómetro de línea.                                       |
| PUPM           | Precio unitario del poste de madera tratada.   |
| PUDH           | Precio unitario de dinamita por hueco.   |
| PUBAE          | Precio unitario base de armado de estructuras, con postes de madera u hormigón.                          |
| IAC            | Indicador del tipo de acceso a la obra.  |
| PH             | Peso aproximado del poste de hormigón.   |
| PUPHT          | Precio unitario de los postes de hormigón tangentes.   |
| PUPHA          | Precio unitario de los postes de hormigón de anclaje.  |
| PMCHS          | Precio del metro cúbico de hormigón simple, excluyendo la mano de obra.                                  |
| FSF            | Tanto por uno de postes de hormigón, que necesitan relleno de hormigón simple, en el kilómetro de línea. |

## 2.- VARIABLES DE SALIDA

Cada Subrutina proporciona a la salida, los principales cálculos en ella realizados, así:

- a) De la Subrutina CONVAN, se obtiene el conductor económico.
- b) De la Subrutina DIMEN, se obtiene ángulos máximos y normales; distancias normales y mínimas de los aisladores a la estructura; vano promedio económico; flecha final en el centro del vano; dimensiones de las crucetas; distancias entre fases; altura de la estructura y número de estructuras por kilómetro de línea.
- c) De la Subrutina ESFPES se obtiene esfuerzos y momentos que actúan sobre las estructuras y el peso aproximado total de la estructura.
- d) De la Subrutina VOLUM, se obtiene esfuerzo de arranque, volúmenes de excavación, de la parte emportada de la estructura, de hormigón y de relleno.
- e) De la Subrutina COSTOS, se obtiene diferentes costos, por kilómetro de línea así: costo de materiales; costo de construcción; costos directos; costos indirectos; de construcción; gastos variables de producción; costos indirectos y el costo total por kilómetro de línea.
- f) Del Programa Principal, se imprime los principales datos de la línea y las características principales de los conductores usados.

- g) Al final se presenta un cuadro comparativo de los tres tipos de estructuras, con los principales elementos de comparación.

#### IV - FORMA DE PROPORCIONAR LOS DATOS AL PROGRAMA

Los datos que requiere el programa deben ser dados como se indica:

- 1 - RO : Resistividad en (ohmios por circular mil) sobre kilómetro.
- 2 - VU : Vida útil, en años.
- 3 - VR : Valor residual, en tanto por uno.
- 4 - RE : Rentabilidad, en tanto por uno.
- 5 - B : Precio promedio de conductores, en sucres sobre (kilómetro por circular mil).
- 6 - POT : Potencia, en watios.
- 7 - V : Voltaje, en voltios.
- 8 - COS : Factor de potencia.
- 9 - SEN : Seno del ángulo correspondiente al factor de potencia.
- 10 - PDM : Precio por kw de demanda, en sucres sobre kw.
- 11 - PCK : Precio de los primeros 100 kWh, en sucres, sobre kWh.
- 12 - PEK : Precio de exceso por kWh, en sucres, sobre kWh.
- 13 - FC : Factor de carga.
- 14 - T2 : Temperatura máxima del conductor, en grados celcius.
- 15 - T1 : Temperatura mínima del conductor, en grados celcius.

- 16 - EPSI : Valor de normalización del conductor, en mil circular mil.
- 17 - EPS2 : Valor de margen de error del cumplimiento de la ecuación de cambio de estado.
- 18 - PNV : Presión normal del viento, en kilogramos sobre metro cuadrado.
- 19 - PMV : Presión máxima del viento, en kilogramos sobre metro cuadrado.
- 20 - CDA : Constante que considera la altitud sobre el nivel del mar, a la que se construirá la línea.
- 21 - PAT : Presión atmosférica, en mmHg.
- 22 - DELT : Densidad relativa del aire.
- 23 - BIE : Constante por la rugocidad de las estructuras.
- 24 - ACT : Ancho o diámetro de la estructura, en metros.
- 25 - APAN : Angulo de apantallamiento, en radianes.
- 26 - NZ : Indicador.
- 27 - SBNM : Sueldo básico nominal mensual, en sucres.
- 28 - IVIA : Indicador.
- 29 - PUCF : Precio unitario conductor de fase, en sucres, sobre kilómetro.
- 30 - PUCN : Precio unitario del conductor neutro, en sucres, sobre kilómetro.
- 31 - PUA : Precio unitario de aisladores de suspensión, en sucres.
- 32 - PKH : Precio por kg. de hierro, para herrajes, en sucres, sobre kg.

- 33 - DIT : Distancia de transporte de materiales, en kilómetros.
- 34 - IZN : Indicador.
- 35 - ISU : Indicador.
- 36 - QE : Presión máxima del viento sobre la parte libre de la estructura, en kilogramos sobre metro cuadrado.
- 37 - QLA : Presión del viento sobre la cadena de aisladores, en kg. sobre metro cuadrado.
- 38 - Z1 : Longitud del suelo al centro de gravedad de la torre, en metros.
- 39 - RR : Longitud del centro de la estructura a la cruceta más alta, en metros.
- 40 - PUCG : Precio unitario del cable de guardia, en sucres, sobre kilómetro.
- 41 - FA : Tanto por uno de estructuras de anclaje.
- 42 - FS : Tanto por uno de estructuras de suspensión.
- 43 - PMCH : Precio del metro cúbico de hormigón armado, en sucres, sobre metro cúbico.
- 44 - PKHT : Precio del kg. de hierro de las torres metálicas, en sucres, sobre kg.
- 45 - DO : Diámetro de la punta del poste, en centímetros.
- 46 - CON : Conicidad del poste, en centímetros, sobre metro.
- 47 - PM : Peso del poste de madera, en kg.
- 48 - W1 : Diámetro de la base del poste, en metros.
- 49 - PUAP : Precio unitario del aislador espiga, en sucres.

- 50 - XT : Tanto por uno de estructuras tangentes.
- 51 - PUPM : Precio unitario del poste de madera, en sucres.
- 52 - PUDH : Precio unitario de dinamita por hueco, en sucres.
- 53 - PUBAE: Precio unitario de armado de estructuras con postes, en sucres.
- 54 - IAC : Indicador.
- 55 - PH : Precio del poste de hormigón, en sucres.
- 56 - PUPHT: Precio unitario de los postes de hormigón, tangentes, en sucres.
- 57 - PUPHA: Precio unitario de los postes de hormigón de anclaje, en sucres.
- 58 - PMCHS: Precio del metro cúbico de hormigón simple, en sucres.
- 59 - FSF : Tanto por uno de postes de hormigón, que necesitan relleno de hormigón simple.

#### V - FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO EN DISCO

La secuencia de tarjetas de control, que se requiere, están indicadas en la hoja #Manual 16

#### VI - RESTRICCIONES

El programa tiene las siguientes restricciones:

- 1.- Se puede utilizar para voltajes de 6.3; 13.2; 22.; 34.5 y 46. kv.

- 2.- Los tipos de estructuras pueden ser: postes de madera, postes de hormigón y torres metálicas.
- 3.- El valor de NZ, puede ser 1, 2, 3 y/o 0 (cero):
- 1, para realizar el cálculo de estructuras en postes de madera.
  - 2, para realizar el cálculo de estructuras en postes de hormigón.
  - 3, para realizar el cálculo de estructuras en torres metálicas.
  - 0, cuando luego de realizar los cálculos en los tipos de estructuras deseados, ya que en una sola corrida se puede calcular para los tres tipos de estructuras, o sólo para uno o dos tipos, se desea que finalice el cálculo. Por lo tanto, NZ = 0, irá al final de los datos, como se indica en las hojas de codificación.
- 4.- El valor de IVIA, puede ser 0 o 1.
- 0, cuando no se pagará viáticos a los trabajadores de la línea.
  - 1, cuando se pagará viáticos.
- 5.- El valor de IZN, puede ser 1, 2, 3 o 4:
- 1, cuando el desbroce se realiza en una zona mala.
  - 2, cuando el desbroce se realiza en una zona media.
  - 3, cuando el desbroce se realiza en una zona buena.
  - 4, cuando el desbroce se realiza en una zona excelente.

6.- El valor de ISU, puede ser 1, 2 o 3:

- 1, cuando la excavación es en suelo normal.
- 2, cuando la excavación es en suelo semiduro.
- 3, cuando la excavación es en suelo duro.

7.- El valor de IAC, puede ser 1, 2, 3 o 4:

- 1, cuando el acceso a la obra es distante y difícil.
- 2, cuando el acceso a la obra es distante y fácil.
- 3, cuando el acceso a la obra es corto y difícil.
- 4, cuando el acceso a la obra es corto y fácil.

NOTA: Es necesario anotar que el estudio de la presente Tesis, fue realizado para:

- Postes de madera y de hormigón: 1 solo circuito trifásico, con un conductor por fase y un hilo neutro.
- Torres metálicas: 1 solo circuito trifásico, con un conductor por fase y un cable de guardia.

## VII - EJEMPLOS.

Se presentan dos ejemplos:

- Para líneas de 13.2 kv., en postes de madera y en postes de hormigón.

- Para líneas de 34.5 kv., en postes de madera, de hormigón y en torres metálicas.

La forma de codificar los datos está en las hojas # Manual 17 - 20

## VIII - LISTADO

El listado del programa se presenta a continuación.

NOTA IMPORTANTE: Este programa fue elaborado en el Centro de Cómputo de Inecel y se probó nuevamente su funcionamiento, en el Centro de Cómputo de la Escuela Politécnica Nacional.



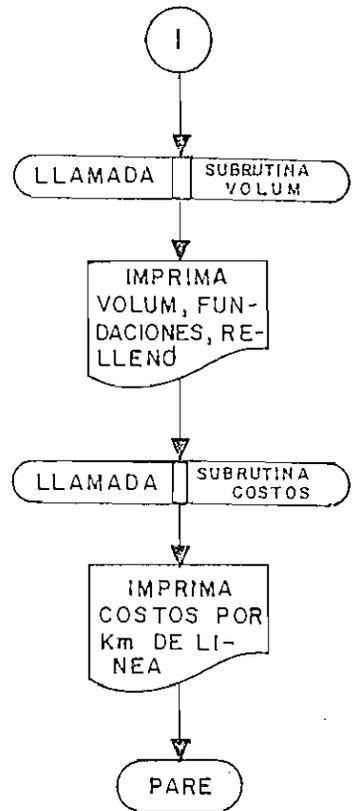
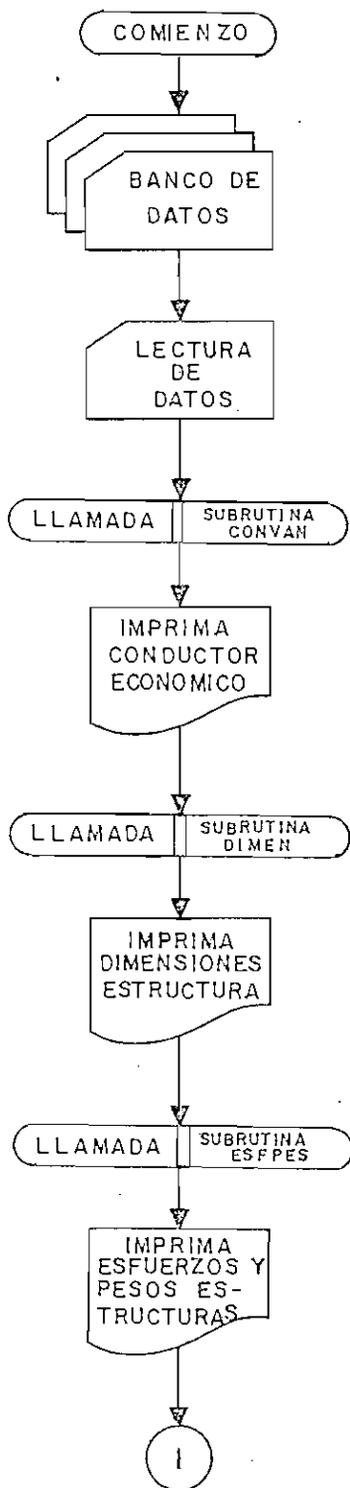


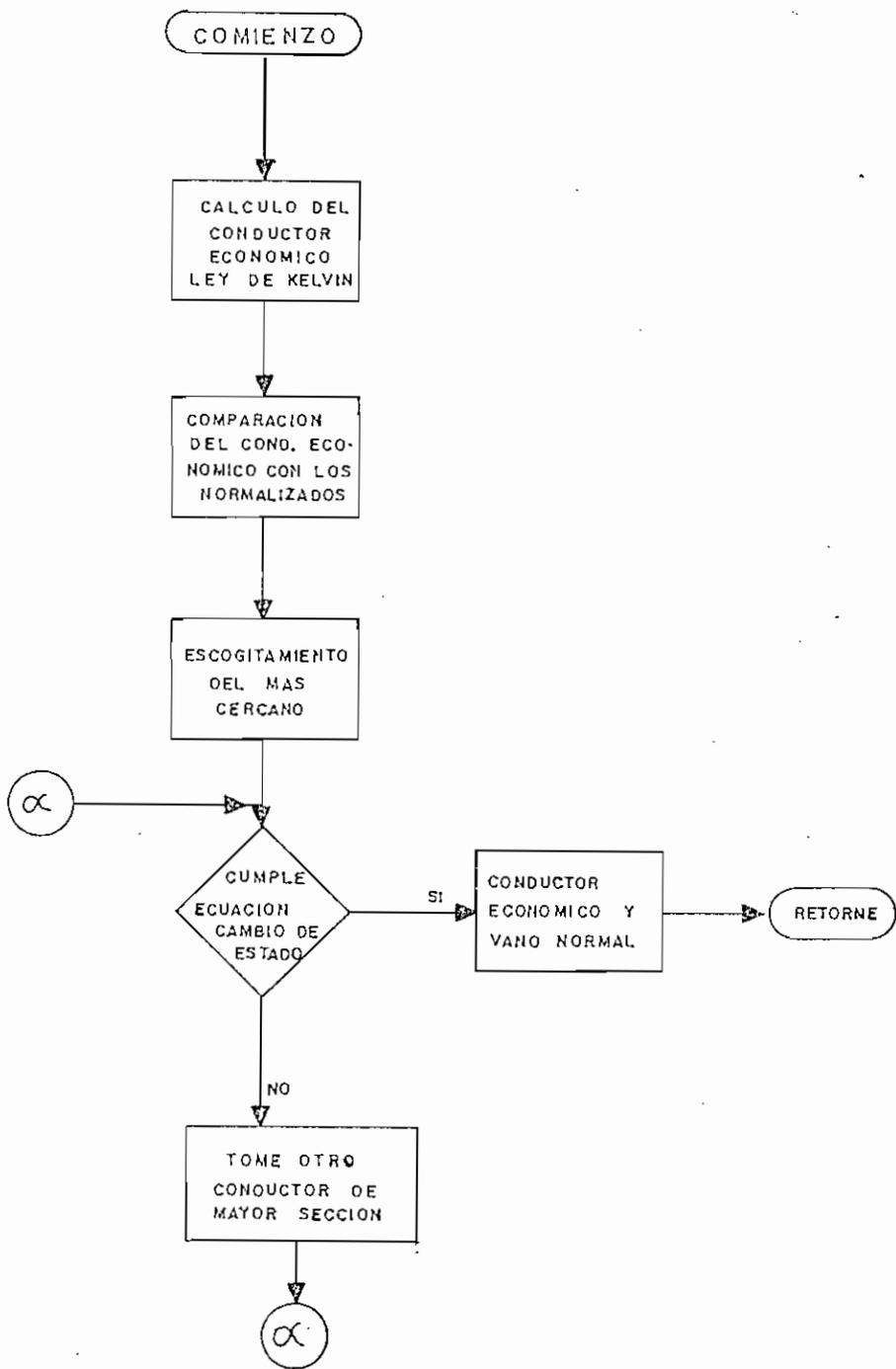


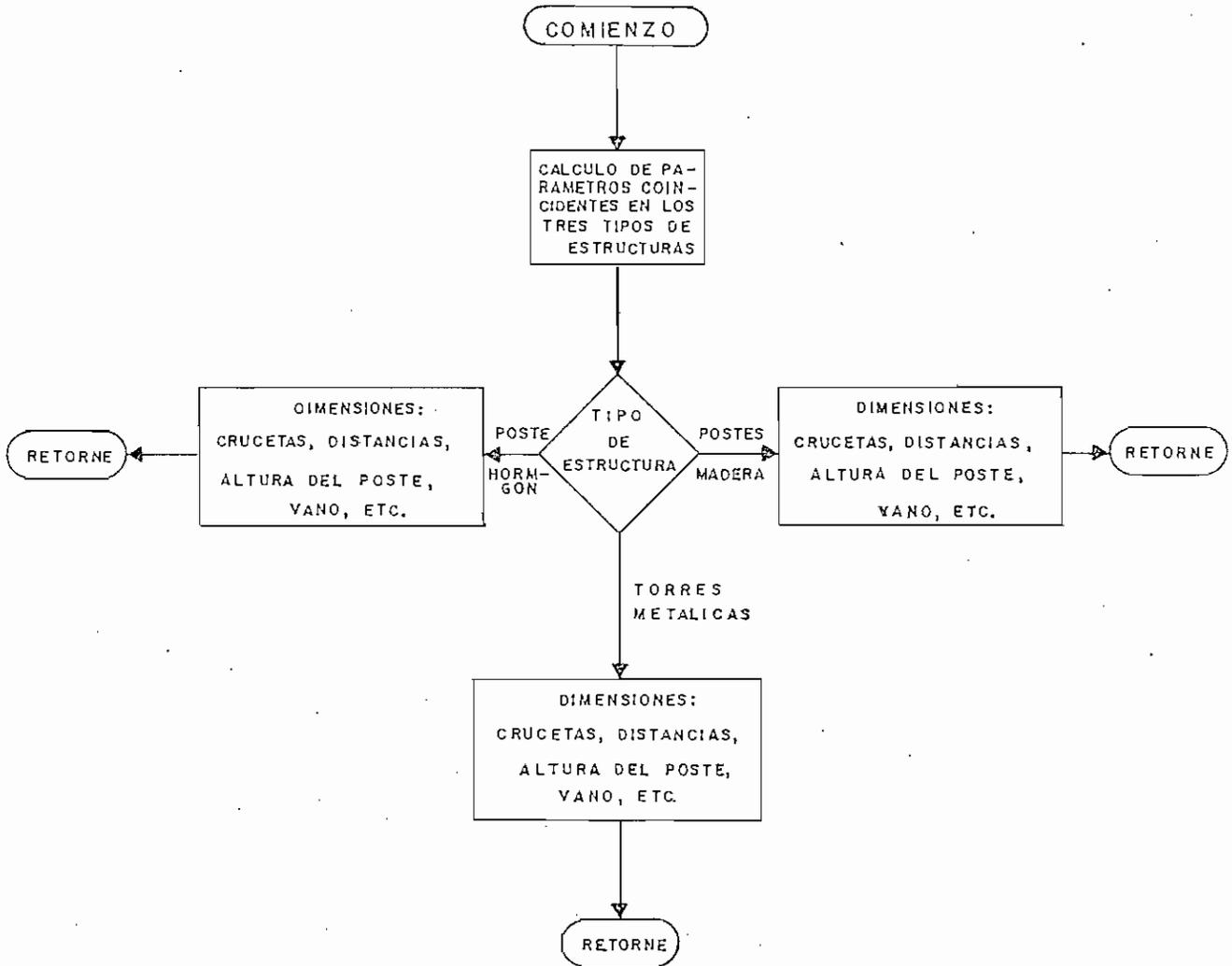


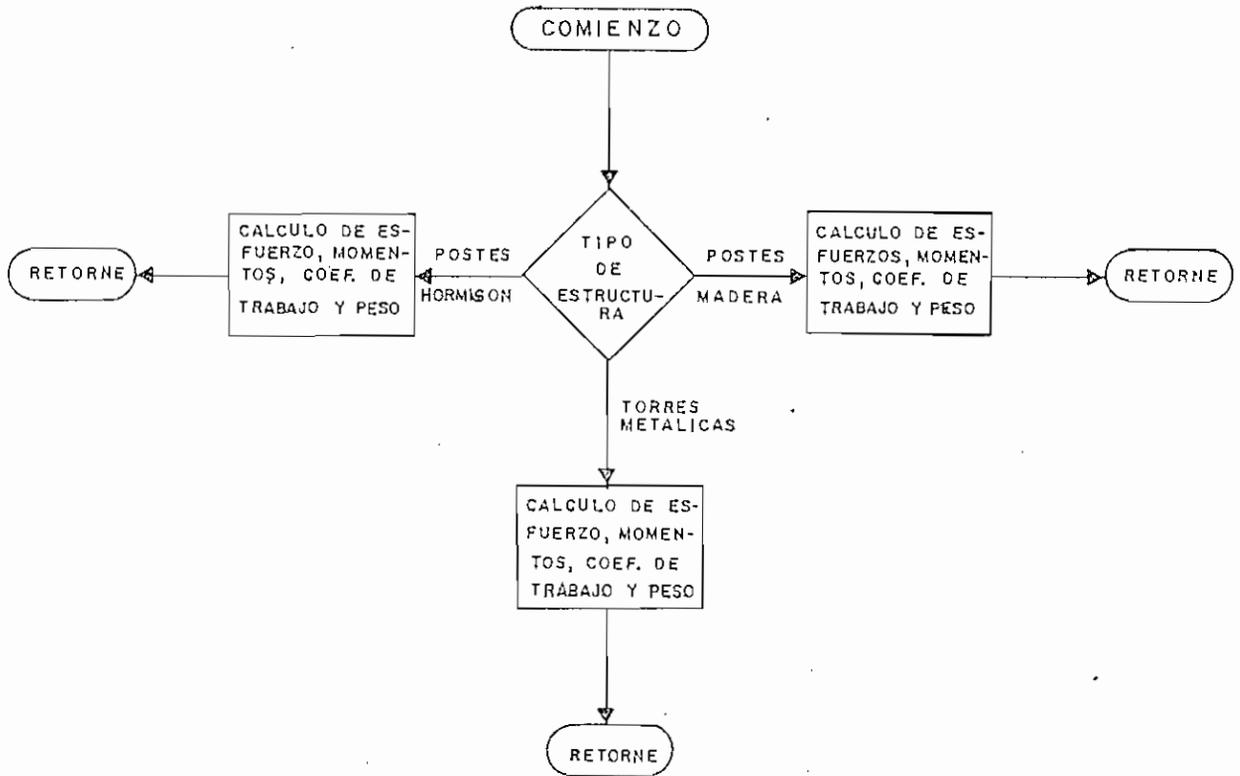


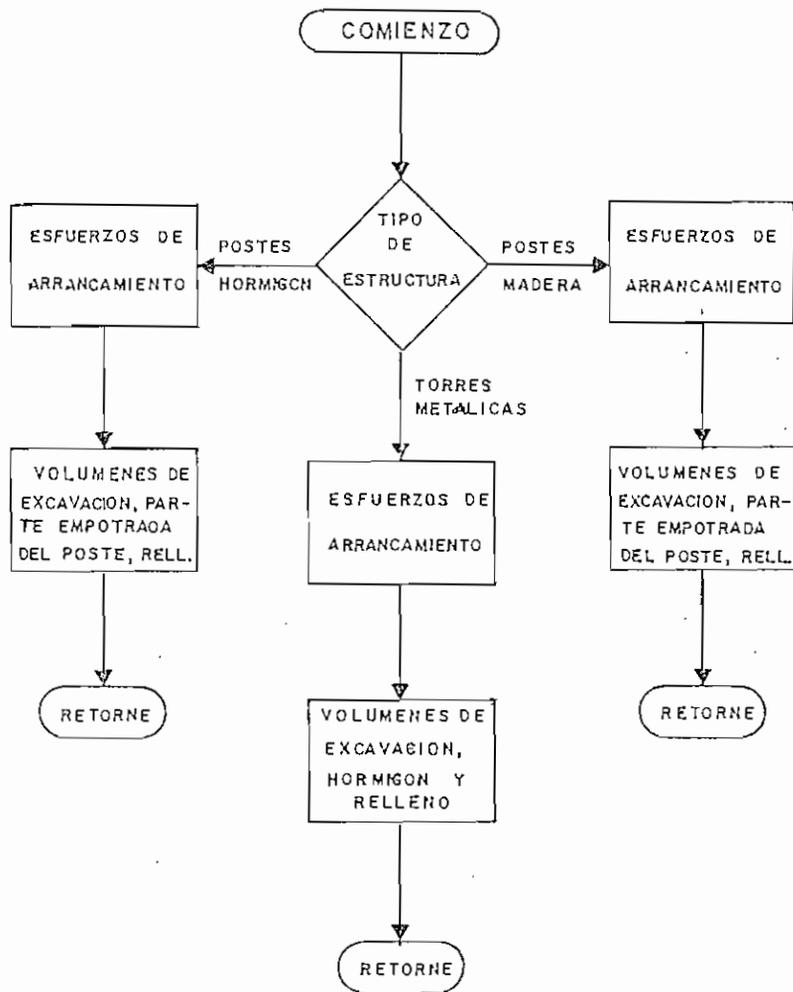
# DIAGRAMAS DE BLOQUE

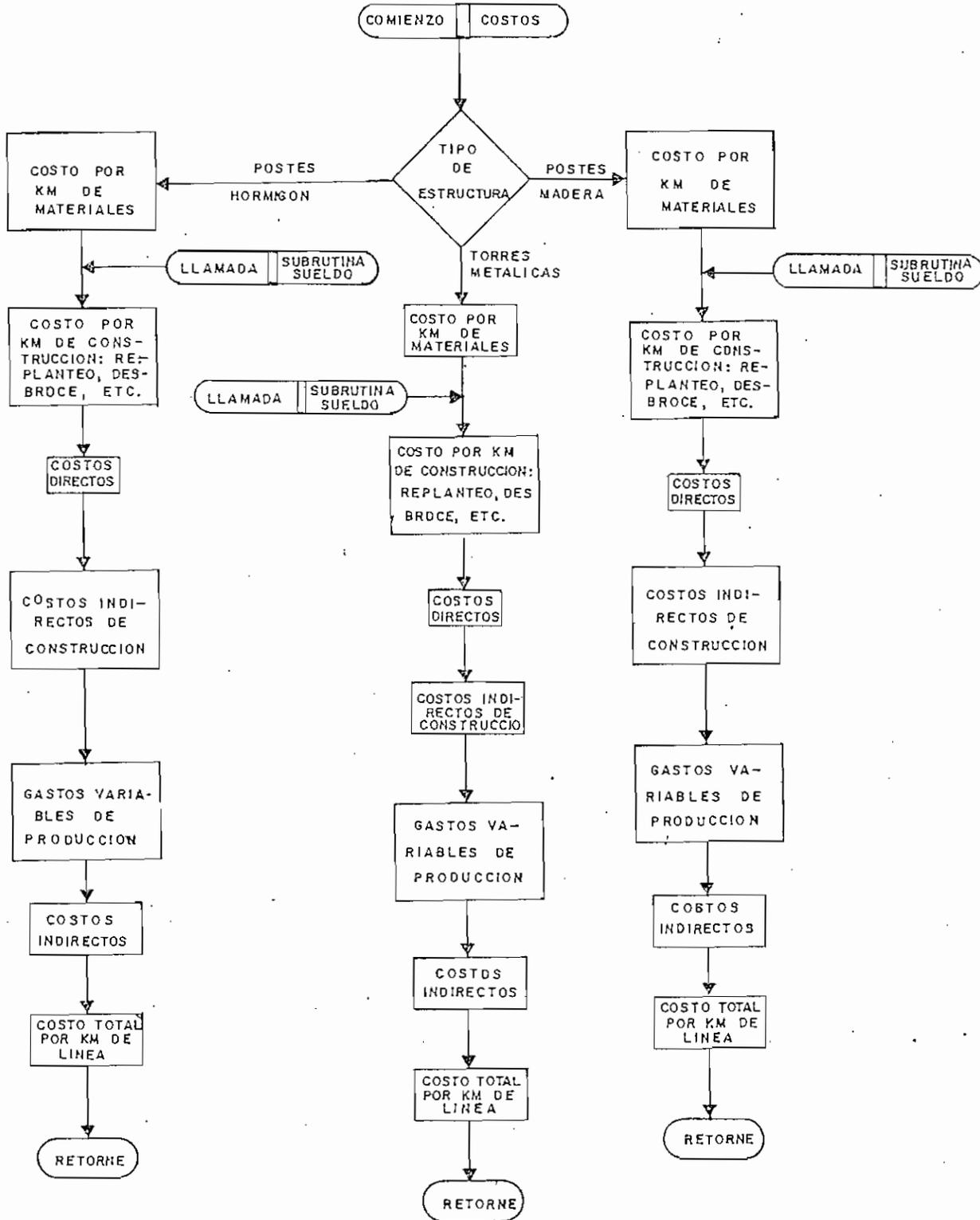




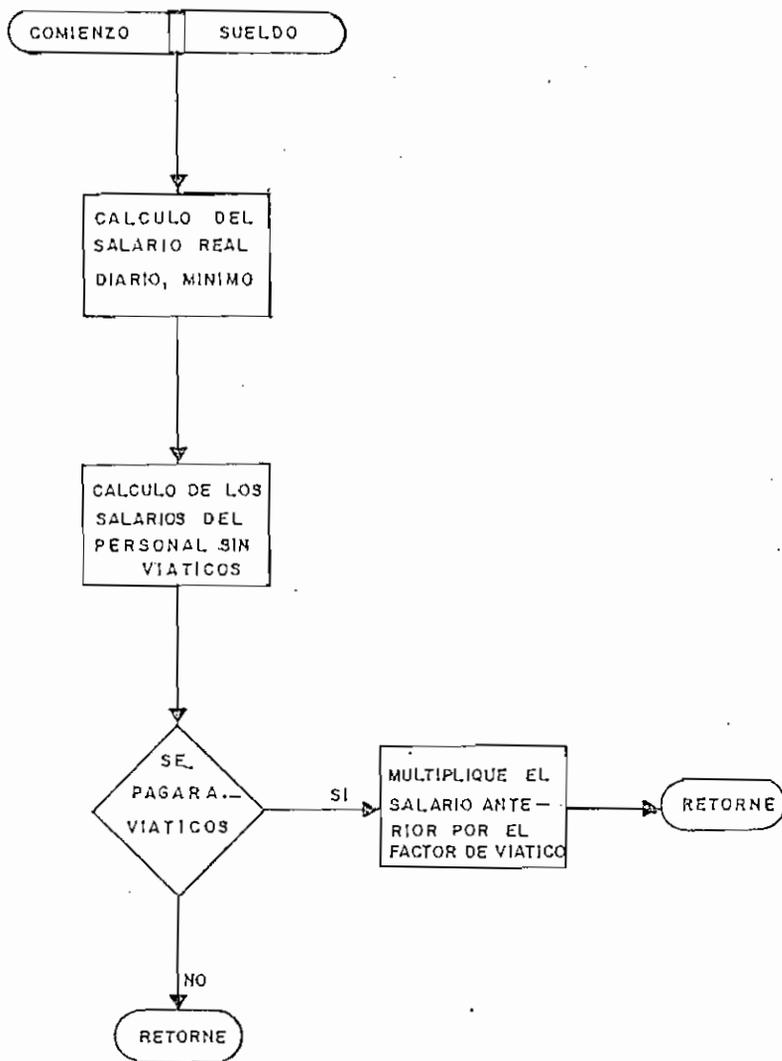








SUBRUTINA: SUELDO.



## EJEMPLOS





## RESULTADOS

\*\*\*\*\*

MMMM MMMM MMM MMMM  
M M M M M M M M  
M M M M M M M M  
MMMM MMMM M  
M M M M M M M M  
M M M M M M M M  
MMMM MMMM M M M M M M

MMMM MMMM MMM MMM  
M M M M M M M M  
M M M M M M M M  
MMMM MMMM M M  
M M M M M M M M  
M M M M M M M M  
M M MMMM MMM MMMM

\*\*\*\*\*

LABEL: PRT015 -FORM XXXXXX -COPIES 1  
SPOOLED: 03/21/85 15:37  
STARTED: 03/21/85 14:39, ON: PRO BY: PRO  
PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACION DEL ECUADOR

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS DE GRADO

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DE LINEAS DE TRANSMISION DE 6.3 KV A 46. KV CON PROGRAMA DIGITAL

JORGE EDUARDO BRITO CASTILLO

MARZO DE 1983

ESPECIFICACIONES DE LA LINEA  
\*\*\*\*\*

POTENCIA DE LA LINEA= 2000000.00 WATIOS

VOLTAJE DE LA LINEA=13200.00 VOLTIOS

FACTOR DE POTENCIA DE LA LINEA= 0.85

FACTOR DE CARGA CONSIDERADO= 0.52

VIDA UTIL CONSIDERADA=25 ANIOS

RENTABILIDAD ESPERADA DE LA LINEA= 0.09 P.U.

PRESION ATMOSFERICA DEL LUGAR DE CONSTRUCCION DE LA LINEA= 540.0 "M DE MERCURIO

R E S U L T A D O S

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES  
QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 13.2 KV

NOMBRE CALIBRO(CM) COEF.DILAT(GC) TEM.IVIC(KG/MM2) TEM.MAX(KG/MM2) PESO(KG/M/MM2) SEC.COND(MM2)

|       |        |           |       |       |        |       |
|-------|--------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| RAVEN | 105.54 | 0.189E-04 | 11.74 | 31.32 | 0.0105 | 53.54 |
| QUAIL | 133.10 | 0.189E-04 | 11.60 | 30.86 | 0.0105 | 67.48 |

CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=211.600MCM

2. AISLADORES NORMALIZADOS PARA 13.2 KV:

AISLADOR TIPO ESPIGA:  
CLASE ANSI 55-4

0 AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION (DOS POR FASE):  
CLASE ANSI 52-1 (6 PULG)

3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS

ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADOR= 52.89368 GRADOS

ANGULO DE DESVIACION MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADOR= 70.16974 GRADOS

DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.28183M

DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.05543M

DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.46000M

DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 9.00390M

3.1. DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA

VANO PROMEDIO ECONOMICO=124M

FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO= 1.07306M

LONGITUD DE LAS CRUCETAS= 1.00012M

ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA= 8.61505M

DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES, EN LA ESTRUCTURA = 1.19326M

ALTURA TOTAL DEL POSTE DE MADERA= 11.00000M

NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KY DE LINEA= 9

4.- CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS

4.1.- ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA

ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE= 1.50000M

ESFUERZOS TRANSVERSALES EN LA SUPERFICIE LIBRE= 43.07070KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES, EN LA SUPERF. LIBRE= 191.24017KG-M

ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORIOS= 229.48495KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORIOS= 6254.93750KG-M

MOMENTO TOTAL RESULTANTE DEBIDO A LDS ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 6455.17773KG-M

ESFUERZOS TOTALES DE COMPRESION (SOBRECARGAS VERTICALES)= 293.38397KG

ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES= 3273.88721KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES = 29792.36719KG-M

COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL= 49.65386KG/CM2

COEFICIENTE DE TRABAJO TOTAL DEL POSTE= 269.06104KG/CM2

PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA= 843.38391KG

5.- VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDACION DE LAS ESTRUCTURAS

5.1.- EJECUCION DE POSTES DE MADERA

VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.61564M3

VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE= 0.13999M3

VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.47505M3

6. COSTO POR KILOMETRO DE LINEA

6.1. USANDO POSTES DE MADERA

COSTO DE MATERIALES= 151975.91(\$/KM)

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION= 25938.42 (\$/KM)

COSTOS DIRECTOS TOTALES= 204601.44(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION= 81840.58(\$/KM)

COSTO DE GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION= 23659.46(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS TOTALES= 105500.03(\$/KM)

COSTO TOTAL POR KM DE LINEA= 310101.44(\$/KM)

3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS

ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADOR= 52.89368 GRADOS

ANGULO DE DESVIACION MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADOR= 70.18974 GRADOS

DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.28183H

DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.05543M

DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.46000M

DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA = 0.00390M

3.2.- DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES DE HORMIGON

VANO PROHEDID ECOMD.MJCO=151M

FLECHA.FINAL EN EL CENTRO DEL VANO= 1.81347M

LONGITUD DE LAS CRUCETAS= 1.00012M

ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA= 8.61505M

DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES EN LA ESTRUCTURA = 1.19326M

ALTURA TOTAL DEL POSTE= 11.00000M

NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA= 7

4.- CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPDS DE ESTRUCTURAS

4.2.- ESTRUCTURAS CON POSTES DE HORMIGON

ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE= 1.60000M

ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 1405.38770KG

MOMENTO RESULTANTE DENIDO A LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 5863.90820KG-M

SOBRECARGA VERTICAL TOTAL= 325.42596KG

ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES= 3273.88721KG

MOMENTO LONGITUDINAL TOTAL= 29792.36719KG-M

COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL= 16.56538KG/CM<sup>2</sup>

COEFICIENTE TOTAL DE TRABAJO DEL POSTE= 116.77238KG/CM<sup>2</sup>

MOMENTO TOTAL EN LA SUPERF. DE EMPOTRAMIENTO DEBIDO A LAS CARGAS TRANSVERSALES= 35382.42969KG-M

ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS= 8.39209M  
PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA= 1125.42578KG

VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDACION DE LAS ESTRUCTURAS.

FIJACION DE POSTES DE HORMIGON

ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO EN LA SUPERF. DE EMPOTRAMIENTO DE CADA ESTRUCTURA= 1243.79395KG

VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.78400M3

VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE= 0.29087M3

VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.49313M3

COSTO POR KILOMETRO DE LINEA

USANDO POSTES DE HORMIGON

COSTO DE MATERIALES= 137688.19(\$/KM)

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION= 24018.24(\$/KM)

COSTOS DIRECTOS TOTALES= 185962.34(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION= 74384.94(\$/KM)

COSTO DE GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION= 23659.46(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS TOTALES= 98044.39(\$/KM)

COSTO TOTAL POR KM DE LINEA= 284006.69(\$/KM)

CUADRO COMPARATIVO  
\*\*\*\*\*

ESTRUCTURAS  
\*\*\*\*\*

POSTES MADERA      POSTES HORMIGON      TORRES METALICAS

CONDUCTOR (MCM)..... 211.600..... 211.600..... 211.600

VANO PROM. (M).....124.....161..... 0

ALTURA TOTAL (M).....11.....11..... 0

ESTRUCTURAS POR KM..... 9.....7..... 0

PESO POR ESTRUCT. (KG)..... 043.384..... 1125.426..... 0.000

COSTO MATERIALES (\$/KM)..... 151975.91..... 137688.19..... 0.00

COSTO CONSTRUC. (\$/KM)..... 25938.42..... 24018.24..... 0.00

COSTOS DIRECTOS (\$/KM)..... 204601.44..... 185962.34..... 0.00

COSTOS INDIRECTOS (\$/KM)..... 105500.03..... 98044.39..... 0.00

COSTO TOTAL (\$/KM)..... 310101.44..... 284006.69..... 0.00

NOTA: LOS VALORES DE CERO, SIGNIFICA QUE NO SE HA CALCULADO PARA ESE TIPO DE ESTRUCTURA



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS DE GRADO

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DE LINEAS DE TRANSMISION DE 6.3 KV A 46. KV CON PROGRAMA DIGITAL

JORGE EDUARDO BRITO CASTILLO

MARZO DE 1983

ESPECIFICACIONES DE LA LINEA

\*\*\*\*\*

POTENCIA DE LA LINEA= 7000000.00 WATIOS

VOLTAJE DE LA LINEA=34500.00 VOLTIOS

FACTOR DE POTENCIA DE LA LINEA= 0.85

FACTOR DE CARGA CONSIDERADO= 0.52

VIDA UTIL CONSIDERADA=25 ANIOS

RENTABILIDAD ESPERADA DE LA LINEA= 0.08 P.U.

PRESION ATMOSFERICA DEL LUGAR DE CONSTRUCCION DE LA LINEA= 540.0 MM DE MERCURIO

R E S U M E N

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES  
QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 39.5 KV

| NOMBRE | CALIB(MCH) | COEF.DILAT(GC) | TEN.INIC(KG/MM2) | TEN.MAX(KG/MM2) | PESO(KG/M/MM2) | SEC.COND(MM2) |
|--------|------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|---------------|
|--------|------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|---------------|

|          |        |           |       |       |        |        |
|----------|--------|-----------|-------|-------|--------|--------|
| PENGUIN  | 211.60 | 0.189E-04 | 11.46 | 30.54 | 0.0105 | 107.20 |
| WAXVING  | 266.80 | 0.212E-04 | 12.18 | 21.75 | 0.0105 | 135.00 |
| PARTRING | 266.80 | 0.198E-04 | 12.20 | 19.44 | 0.0105 | 135.00 |

OSTRICH 300.00 0.190E-04 12.20 32.44 0.0106 151.90  
CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=300.000MCH  
2. AISLADORES NORMALIZADOS PARA 34.5 KV:  
AISLADOR TIPO ESPIGA:  
CLASE ANSI 56-3  
0 AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION:  
CLASE ANSI 52-1(6 PULG) (CUATRO POR FASE)  
0 CLASE ANSI 52-4(10 PULG) (TRES POR FASE)  
DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS  
PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS  
ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORE= 48.36840 GRADOS  
ANGULO DE DESVIACION MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADORE= 67.05933 GRADOS  
DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.56540M  
DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.30685M  
DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.76000M  
DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.04049M  
DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS DE TORRES METALICAS  
VANO PROMEDIO ECONOMICO=243M  
FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO= 3.90427M  
LONGITUD DE LOS VOLADIZOS DE LAS CRUCETAS= 2.25216M  
ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA= 9.41058M

DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES, EN LA ESTRUCTURA = 1.64411M

ALTURA DEL CABLE DE GUARDIA A LA CRUCETA MAS PROXIMA = 3.57386M

ALTURA TOTAL DE LA ESTRUCTURA = 15.00000M

ANCHO DE LA TORRE, DISTANCIA ENTRE CRUCETAS = 5.00432M

NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA = 5

4.- CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS  
4.3.- ESTRUCTURAS DE TORRES METALICAS

ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES (EFECTO DEL VIENTO) = 5720.50391KG

SORRECARGAS VERTICALES TOTALES (PESO DE ACCESORIOS) = 501.37988KG

ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES (CDRTE DE UN CONDUCTOR O CABLE DE GUARDIA) = 4327.63477KG

MOMENTO TOTAL EN LA BASE POR ACCION DE LAS CARGAS TRANSVERSALES = 85792.65625KS-M

ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS = 14.99739M

PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION = 1213.31519KG

PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE ANCLAJE = 2970.77295KG

5.- VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDACION DE LAS ESTRUCTURAS

5.3.- FIJACION DE TORRES METALICAS

ESFUERZO DE ARRANCAJIENTO EN UNA ZAPATA = 13640.32422KG

VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO PARA CADA ZAPATA = 9.53539M<sup>3</sup>

VOLUMEN DE HORMIGON APROXIMADO PARA CADA ZAPATA = 1.87121M<sup>3</sup>

6. COSTO POR KILOMETRO DE LINEA

6.3. USANDO ESTRUCTURAS METALICAS

COSTO DE MATERIALES= 568578.75(\$/KM)

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION= 231961.94(\$/KM)

COSTOS DIRECTOS TOTALES= 920521.63(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION= 368248.63(\$/KM)

COSTO DE GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION= 29738.73(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS TOTALES= 397987.31(\$/KM)

COSTO TOTAL POR KM DE LINEA= 1318608.75(\$/KM)

3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS

ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORE= 48.36840 GRADOS

ANGULO DE DESVIACION MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADORE= 67.05933 GRADOS

DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.56540M

DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.30685M

DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.76000M

DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.04049M

4. DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA

VANO PROMEDIO ECONOMICO=149M

FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO= 1.45421M

LONGITUD DE LAS CRUCETAS= 1.35216M

ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA= 9.41058M

DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES, EN LA ESTRUCTURA = 1.64411M

ALTURA TOTAL DEL POSTE DE MADERA= 13.00000M

NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA= 7

4. CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS

4.1. ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA

ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE= 1.80000M

ESFUERZOS TRANSVERSALES EN LA SUPERFICIE LIBRE= 52.86589KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES, EN LA SUPERF. LIBRE= 277.27124KG-M

ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORIOS= 332.68042KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORIOS= 10878.64844KG-M

MOMENTO TOTAL RESULTANTE DEBIDO A LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 11155.91992KG-M

ESFUERZOS TOTALES DE COMPRESION (SOBRECARGAS VERTICALES)= 380.97198KG

ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES= 4927.53477KG

MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES = 53711.21094KG-M

COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL= 76.96320KG/CM<sup>2</sup>

COEFICIENTE DE TRABAJO TOTAL DEL POSTE= 399.63501KG/CM<sup>2</sup>

PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA= 930.97192KG

5. VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDACION DE LAS ESTRUCTURAS

5.1. FIJACION DE POSTES DE MADERA

VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.69192M3

VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE= 0.17410M3

VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.51782M3

6. COSTO POR KILOMETRO DE LINEA

6.1. USANDO POSTES DE MADERA

COSTO DE MATERIALES= 186471.75(\$/KM)

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION= 24149.55(\$/KH)

COSTOS DIRECTOS TOTALES= 24221.47(\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION= 96885.78(\$/KH)

COSTO DE GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION= 29738.73(\$/KH)

COSTOS INDIRECTOS TOTALES= 126624.50(\$/KH)

COSTO TOTAL POR KH DE LINEA= 368838.94(\$/KH)

DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS

ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADOR= 48.36840 GRADOS

ANGULO DE DESVIACION: MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADOR= 67.05933 GRADOS

DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.56540M

DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO DEL VANO= 1.30685M

DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.76000M

DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA= 0.04049M

3.2. DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES DE HORMIGON

VANO PROMEDIO ECONOMICO=193M

FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO= 2.45761M

LONGITUD DE LAS CRUCETAS= 1.35216M

ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA= 9.41058M

DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES EN LA ESTRUCTURA = 1.64411M

ALTURA TOTAL DEL POSTE= 13.00000M

NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KH DE LINEA= 6

4. CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS

4.2. ESTRUCTURAS CON POSTES DE HORMIGON

ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE= 1.80000M

ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 2064.12500KG

MOMENTO RESULTANTE DEBIDO A LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES= 10114.21094KG-M

SOBRECARGA VERTICAL TOTAL= 435.00397KG

ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES= 4927.53477KG

MOMENTO LONGITUDINAL TOTAL= 53711.20313KG-M

COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL= 22.95974KG/CM2

COEFICIENTE TOTAL DE TRABAJO DEL POSTE= 153.65988KG/CM2

MOMENTO TOTAL EN LA SUPERF. DE EMPOTRAMIENTO DEBIDO A LAS CARGAS TRANSVERSALES= 58563.75781KG-M

ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS= 9.45740M  
PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA= 1375.00391KG

5. VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDACION DE LAS ESTRUCTURAS

5.2. FIJACION DE POSTES DE HORMIGON

ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO EN LA SUPERF. DE EMPOTRAMIENTO DE CADA ESTRUCTURA= 1962.84912KG

VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.88200M3

VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE= 0.38954M3

VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA= 0.49246M3

6. COSTO POR KILOMETRO DE LINEA

6.2. USANDO POSTES DE HORMIGON

COSTO DE MATERIALES= 166479.28 (\$/KM)

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION= 22567.84 (\$/KM)

COSTOS DIRECTOS TOTALES= 217398.91 (\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION= 85959.34 (\$/KM)

COSTO DE GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION= 29738.73 (\$/KM)

COSTOS INDIRECTOS TOTALES= 116698.05 (\$/KM)

COSTO TOTAL POR KM DE LINEA= 334096.44 (\$/KM)

CUADRO COMPARATIVO  
\*\*\*\*\*

ESTRUCTURAS  
\*\*\*\*\*

TORRES METALICAS

POSTES HORMIGON

POSTES MADERA

CONDUCTOR (MCM)..... 300.000..... 300.000..... 300.000

VANO PROM. (H)..... 149..... 193..... 243

ALTURA TOTAL (H)..... 13..... 13..... 15

ESTRUCTURAS POR KM..... 7..... 6..... 5

PESO POR ESTRUCT. (KG)..... 930.972..... 1375.004..... 2970.773

COSTO MATERIALES (\$/KM)..... 186471.75..... 166474.28..... 568578.75

COSTO CONSTRUC. (\$/KM)..... 24149.55..... 22567.84..... 231961.94

COSTOS DIRECTOS (\$/KM)..... 242214.47..... 217398.41..... 920621.63

COSTOS INDIRECTOS (\$/KM)..... 126624.50..... 116698.06..... 397987.31

COSTO TOTAL (\$/KM)..... 368838.94..... 334096.44..... 1318608.75

NOTA: LOS VALORES DE CERO, SIGNIFICA QUE NO SE HA CALCULADO PARA ESE TIPO DE ESTRUCTURA

## LISTADO DEL PROGRAMA

ER: BECARI

SIS

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

| MM | MMMM | MM | MM   | MM   | MM | MM | MM |
|----|------|----|------|------|----|----|----|
| M  | M    | M  | M    | M    | M  | M  | M  |
| M  | M    | M  | M    | M    | M  | M  | M  |
| MM | MMMM | M  | MMMM | MMMM |    |    |    |
| M  | M    | M  | M    | M    | M  | M  | M  |
| M  | M    | M  | M    | M    | M  | M  | M  |
| MM | MMMM | MM | M    | M    | M  | M  | MM |

| MM | MM | MM | MM | MM |
|----|----|----|----|----|
| M  | M  | M  | M  | M  |
| M  | M  | M  | M  | M  |
| M  | MM | MM | M  | MM |
| M  | M  | M  | M  | M  |
| M  | M  | M  | M  | M  |
| M  | MM | MM | MM | MM |

BEL: PRT001 -FORM XXXXXX -COPIES 1

COOLED: 03/16/83 17:52

ARTED: 03/16/83 17:52, -ON: PRO BY: PRO

AN MAESTRO DE ELECTRIFICACION DEL ECUADOR.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
TESIS DE GRADO

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 6.3 KV A 46. KV  
CON PROGRAMA DIGITAL

JORGE EDUARDO BRITO CASTILLO  
MARZO DE 1983

## DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DE ENTRADA

RO: RESISTIVIDAD PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES QUE PUEDEN SER USADOS PARA  
EL NIVEL DE VOLTAJE A IMPONERSE

VU: VIDA ÚTIL CONSIDERADA PARA LA LÍNEA

VR: VALOR RESIDUAL ESTIMADO

RE: RENTABILIDAD ESPERADA EN LA VIDA ÚTIL DE LA LÍNEA

VB: PRECIO PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES USADOS PARA ESE NIVEL DE VOLTAJE

POT: POTENCIA DE TRANSMISIÓN DE LA LÍNEA

V: VOLTAJE DE LA LÍNEA

PCOS: FACTOR DE POTENCIA DE LA LÍNEA

SEN: SEÑO CORRESPONDIENTE AL ÁNGULO DEL FACTOR DE POTENCIA

POM: PRECIO POR KW DE DEMANDA PICO

PCK: PRECIO POR CADA UNO DE LOS PRIMEROS 100 KWH DE CONSUMO

PEK: PRECIO POR CADA KWH DE EXCESO

FC: FACTOR DE CARGA CONSIDERADO

T2: TEMPERATURA MÁXIMA A LA QUE PUEDE ESTAR EL CONDUCTOR

T1: TEMPERATURA MÍNIMA A LA QUE PUEDE ESTAR EL CONDUCTOR

EPS1: VALOR QUE PERMITE NORMALIZAR EL CONDUCTOR ECONÓMICO ESCOGIDO

EPS2: VALOR QUE DA UN PEQUEÑO MARGEN DE ERROR PARA EL CUMPLIMIENTO DE  
LA ECUACIÓN DE CAMBIO DE ESTADO

PNV: PRESIÓN NORMAL DEL VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA

PMV: PRESIÓN MÁXIMA DEL VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA

DA: CONSTANTE QUE CONSIDERA LA ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR A LA  
QUE SE CONSTRUIRÁ LA LÍNEA

PAT: PRESIÓN ATMOSFÉRICA DEL SITIO DE CONSTRUCCIÓN

DEL: DENSIDAD RELATIVA DEL AIRE EN EL SITIO DE CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA

IE: CONSTANTE DEPENDIENTE DE LA RUGOSIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

CT: ANCHO DE LA ESTRUCTURA, O DIAMETRO DE ESTA EN EL SITIO DE COLOCACION DE LAS CRUCETAS

APAN: ANGULO DE APANTALLAMIENTO CONSIDERADO

AJZ: INDICADOR PARA ESCOGER EL TIPO DE ESTRUCTURA

SBNM: SUELDO BASICO NOMINAL VIGENTE

AVIA: INDICA SI SE PAGARA VIATICOS O NO A LOS TRABAJADORES DE LA LINEA

PUCF: PRECIO UNITARIO PROMEDIO DEL CONDUCTOR DE FASE

PUCN: PRECIO UNITARIO PROMEDIO DEL CONDUCTOR NEUTRO

PUA: PRECIO UNITARIO DE AISLADORES DE SUSPENSION

PKH: PRECIO POR KG DE HIERRO TRABAJADO PARA HERRAJES

DIT: DISTANCIA DE TRANSPORTES DE MATERIALES DE LA BODEGA A LA OBRA

AJZN: INDICADOR DE LA CLASE DE ZONA QUE SE DESMONTARA PARA EL PASO DE LA LINEA

ASU: INDICADOR DE LA CLASE DE SUELO A EXCAVAR PARA COLOCAR LAS ESTRUCTURAS

DE: PRESION MAXIMA DEL VIENTO SOBRE LA PARTE LIBRE DE LA ESTRUCTURA

ACA: PRESION DEL VIENTO SOBRE LA CADENA DE AISLADORES

AJZ1: LONGITUD APROXIMADA DEL SUELO AL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA TORRE METALICA

AJZ2: LONGITUD APROXIMADA DEL CENTRO DE LA ESTRUCTURA A LA PUNTA DE LA CRUCE TA MAS ALTA

PUCG: PRECIO UNITARIO DEL CABLE DE GUARDIA

AJZ3: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE ANCLAJE EN EL KM DE LINEA

AJZ4: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE SUSPENSION EN EL KM DE LINEA

PMCH: PRECIO DEL METRO CUBICO DE HORMIGON ARMADO EXCLUYENDO LA MANO DE OBRA

KHT: PRECIO DEL KG DE HIERRO DE LAS TORRES METALICAS

OD: DIAMETRO DE LA PUNTA DEL POSTE

ON: CONICIDAD DEL POSTE

OM: PESO APROXIMADO DEL POSTE DE MADERA

OD1: DIAMETRO DE LA BASE DEL POSTE

UAP: PRECIO UNITARIO DEL AISLADOR FIN

AJZ5: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS TANGENTES EN EL KM DE LINEA

UPM: PRECIO UNITARIO DEL POSTE DE MADERA TRATADA

UOH: PRECIO UNITARIO DE DINAMITA POR HUECO

UBAE: PRECIO UNITARIO BASE DE ARMADO DE ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA U HORMIGON

UAC: INDICADOR DEL TIPO DE ACCESO A LA OBRA

UPH: PESO APROXIMADO DEL POSTE DE HORMIGON

UPHT: PRECIO UNITARIO DE LOS POSTES DE HORMIGON TANGENTES

UPHA: PRECIO UNITARIO DE LOS POSTES DE HORMIGON DE ANCLAJE

UPMCHS: PRECIO DEL METRO CUBICO DE HORMIGON SIMPLE, EXCLUYENDO LA MANO DE OBRA.

UPSF: TANTO POR UNO DE POSTES DE HORMIGON QUE NECESITAN RELLENO DE HORMIGON SIMPLE EN EL KM DE LINEA

PROGRAMA PRINCIPAL

LECTURA DE DATOS E IMPRESION DE RESULTADOS

```

DIMENSION A1(4),A2(4),A3(4),A4(4),A5(4),A12(4),A8(4),A11(4)
DIMENSION B1(4),B2(4),B3(4),B4(4),B5(4),B12(4),B8(4),B11(4)
DIMENSION C1(4),C2(4),C3(4),C4(4),C5(4),C12(4),C8(4),C11(4)
DIMENSION D1(4),D2(4),D3(4),D4(4),D5(4),D12(4),D8(4),D11(4)
DIMENSION E1(4),E2(4),E3(4),E4(4),E5(4),E12(4),E8(4),E11(4)
DIMENSION A15(4),B15(4),C15(4),D15(4),E15(4)
DIMENSION A16(4),B16(4),C16(4),D16(4),E16(4)
DIMENSION AA(5),AV(5)
DIMENSION AA1(5),AA2(5)
DIMENSION COND(3),JANO(3),JALTO(3),JESK(3),PESO(3),COSMA(3),COSCO
*(3),COSDI(3),COSIN(3),COSTO(3)
DIMENSION A20(4),B20(4),C20(4),D20(4),E20(4)
DIMENSION A21(4),B21(4),C21(4),D21(4),E21(4)
DIMENSION I LONG(60)
INTEGER A6(4),A7(8),B6(4),B7(8),C6(4),C7(8),D6(4),D7(8),E6(4),
*E7(8)
INTEGER*4 R0
INTEGER VU,T2,T1
INTEGER AA3(5)
REAL*4 L1,L2,L,MV,NA,M,ML,MT
COMMON/AREA1/VU,VR,RE,B,POT,CCS,PDY,PCK,FC,T2,T1,SEN
COMMON/AREA2/V
COMMON/AREA3/A2,A5
COMMON/AREA4/B2,B5
COMMON/AREA5/C2,C5
COMMON/AREA6/D2,D5
COMMON/AREA7/E2,E5
COMMON/AREA8/A6,B6,C6,D6,E6
COMMON/AREA9/EPS1,EPS2
COMMON/AREA10/JR,JVR
COMMON/AREA11/A15,B15,C15,D15,E15
COMMON/AREA12/A16,B16,C16,D16,E16
COMMON/AREA13/A4,B4,C4,D4,E4,A12,B12,C12,D12,E12

```

COMMON/AREA13/AV  
 COMMON/AREA14/FHV,COA,PAT,DILT,BIE,APAN  
 COMMON/AREA15/ALFN,ALFN,FF,OMV,DIR,DNAE,DNAE,DCR  
 COMMON/AREA17/A3,B3,C3,D3,E3  
 COMMON/AREA20/AA  
 COMMON/AREA21/AA1,AA2  
 COMMON/AREA18/PMV,ACT  
 COMMON/AREA25/NZ  
 COMMON/AREA27/W1  
 COMMON/AREA19/I,ANT,H1,H2,H3,LT  
 COMMON/AREA22/DG,CON,GE,QCA,Z1,PR,PM,PH  
 COMMON/AREA23/T,VV,L,H,FM,MV,FT,MA,N,R,L1,RL  
 COMMON/AREA24/PTH,HT,RT,PTH  
 COMMON/AREA26/ML,E,W2,TTM  
 COMMON/AREA28/EAE,VEXC,VHOR,VREL,VPPE,EA  
 COMMON/AREA29/SBMM,IVIA  
 COMMON/AREA30/A1,B1,C1,D1,E1  
 COMMON/AREA31/RO,PEK  
 COMMON/AREA32/CD,COMAX,COP  
 COMMON/AREA33/PETS,PETA  
 COMMON/AREA34/AA3  
 COMMON/AREA35/PUCF,PUCN,PUA,PKH,DIT,IZN,ISU  
 COMMON/AREA36/PUCG,FA,FS,PMCH,PKHT  
 COMMON/AREA37/PUAP,XT,PUPM,PUDH,IAC,PUBAE  
 COMMON/AREA38/PUPHT,PUPHA,PMCHS,FSF  
 COMMON/AREA39/CMTH,CCITE,CCTMH,CTOCO,CODIT,COINC,CCPOT,CPENG  
 \*,CGVP,COINT,CTKML  
 COMMON/AREA40/LVAN,AF,NEST  
 COMMON/AREA41/A20,B20,C20,D20,E20,A21,B21,C21,D21,E21  
 COMMON/AREA42/ILONG

BANCO PROPIO DE DATOS DEL PROGRAMA

ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA 6.3 KV

DATA A1/66.37,66.26,83.69,105.54/  
 DATA A2/1.89E-5,1.77E-5,1.89E-5,1.89E-5/  
 DATA A3/12.16,14.26,11.84,11.74/  
 DATA A4/32.35,37.92,31.50,31.22/  
 DATA A5/0.0105,0.0105,0.0105,0.0105/  
 DATA A6/8400,9260,8400,8400/  
 DATA A12/33.65,34.20,42.46,53.54/  
 DATA A7/25,50,75,100,125,150,175,200/

ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA 13.2 KV

DATA B1/105.54,133.10,167.80,211.60/  
 DATA B2/1.89E-5,1.89E-5,1.89E-5,1.89E-5/  
 DATA B3/11.74,11.60,11.48,11.48/  
 DATA B4/31.32,30.86,30.54,30.54/  
 DATA B5/0.0105,0.0105,0.0105,0.0105/  
 DATA B6/8400,8400,8400,8400/  
 DATA B12/53.54,67.48,85.03,107.20/  
 DATA B7/25,50,75,100,125,150,175,200/

ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA 22 KV

DATA C1/133.10,167.80,211.60,266.80/  
 DATA C2/1.89E-5,1.89E-5,1.89E-5,2.12E-5/  
 DATA C3/11.60,11.48,11.48,8.18/  
 DATA C4/30.86,30.54,30.54,21.75/  
 DATA C5/0.0105,0.0105,0.0105,0.0105/  
 DATA C6/8400,8400,8400,7070/  
 DATA C12/67.48,85.03,107.20,135.00/  
 DATA C7/25,50,75,100,125,150,175,200/

ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA 34.5 KV

DATA D1/211.60,266.80,266.80,300.00/

DATA D2/1.89E-5,2.12E-5,1.50E-5,1.90E-5/  
 DATA D3/11.48,8.18,12.20,12.20/  
 DATA D4/30.54,21.75,32.44,32.44/  
 DATA D5/0.0105,0.0105,0.0106,0.0106/  
 DATA D6/8400,7070,8360,8360/  
 DATA D12/107.20,135.00,135.20,151.90/  
 DATA D7/25,50,75,100,125,150,175,200/

ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA 46. KV

DATA E1/266.80,300.00,336.40,397.50/  
 DATA E2/1.90E-5,1.90E-5,1.80E-5,1.95E-5/  
 DATA E3/12.20,12.20,13.82,11.01/  
 DATA E4/32.34,32.44,36.76,29.27/  
 DATA E5/0.0106,0.0106,0.0106,0.0106/  
 DATA E6/8360,8360,9080,7990/  
 DATA E12/135.20,151.90,170.50,201.40/  
 DATA E7/25,50,75,100,125,150,175,200/

DATOS PARA LA SUBROUTINA DOS

DATA A15/8.02,8.25,9.00,10.11/  
 DATA B15/10.11,11.35,12.74,14.31/  
 DATA C15/11.35,12.74,14.31,15.46/  
 DATA D15/14.31,15.46,16.30,17.27/  
 DATA E15/16.30,17.27,18.83,19.61/  
 DATA A16/0.136,0.159,0.171,0.216/  
 DATA B16/0.216,0.273,0.343,0.433/  
 DATA C16/0.273,0.343,0.433,0.432/  
 DATA D16/0.433,0.432,0.547,0.614/  
 DATA E16/0.547,0.614,0.784,0.762/  
 DATA AA/0.30,0.46,0.61,0.76,0.91/  
 DATA AV/7.6,15.8,26.4,41.4,53.2/

DATOS PARA LA SUBROUTINA TRES

DATA AA1/170.,170.,170.,170.,170./  
 DATA AA2/30.,36.,42.,46.,54./  
 DATA AA3/1,2,3,4,5/  
 DATA COND/3\*0./  
 DATA JANO/3\*0/  
 DATA JALTO/3\*0/  
 DATA JESK/3\*0/  
 DATA PESO/3\*0./  
 DATA COSMA/3\*0./  
 DATA COSCO/3\*0./  
 DATA COSDI/3\*0./  
 DATA COSIN/3\*0./  
 DATA COSTO/3\*0./

DATA A20/0.96,0.96,0.78,0.63/  
 DATA B20/0.63,0.50,0.40,0.33/  
 DATA C20/0.50,0.40,0.33,0.23/  
 DATA D20/0.33,0.23,0.23,0.21/  
 DATA E20/0.23,0.21,0.18,0.15/  
 DATA A21/0.50,0.51,0.51,0.50/  
 DATA B21/0.50,0.49,0.48,0.46/  
 DATA C21/0.49,0.48,0.46,0.38/  
 DATA D21/0.46,0.38,0.38,0.37/  
 DATA E21/0.38,0.37,0.37,0.36/

DATA ILONG/5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,90,  
 \*95,100,105,110,115,120,125,130,135,140,145,150,155,160,165,170,  
 \*175,180,185,190,195,200,205,210,215,220,225,230,235,240,245,250  
 \*,255,260,265,270,275,280,285,290,295,300/

CALL SRCH\$1(:1,'DAT3',4,1,TIP,COD)

CALL SRCH\$1(:2,'RES1',4,2,TIP,COD)

IR=6

IW=5

LECTURA DE DATOS

VERIFICACION DE VALIDEZ DE DATOS

IERR=0

READ(IW,1) RO,VU,VR,RE,B,POT,V,COS,SEN  
 FORMAT(I6,I2,F4.2,F4.2,F6.4,E8.1,E8.1,F4.2,F4.2)

READ(IW,2) PDM,PCK,PEK,FC,T2,T1,EPS1,EPS2  
 FORMAT(F4.1,3F4.2,2I2,F5.1,E7.1)

IF(FC.LT.0..OR.FC.GT.1.) GO TO 2200

02 READ(IW,30) PMV,PMV,CDA,PAT,DELT,BIE,ACT,APAN  
 FORMAT(F4.1,F4.1,F5.3,F5.1,F6.4,F4.2,F4.2,F6.4)

IF(CDA.LT.0..OR.CDA.GT.1.) GO TO 2203

06 IF(BIE.LT.0..OR.BIE.GT.1.) GO TO 2204

08 READ(IW,31) NZ

FORMAT(I1)

NZZ=1

READ(IW,135) SBNM,IVIA

FORMAT(F7.2,I1)

IF(IVIA.LT.0..OR.IVIA.GT.1) GO TO 2209

1 READ(IW,136) PUCF,PUCN,PUA,PKH,DIT

FORMAT(F8.1,F8.1,F6.1,F6.1,F6.1)

READ(IW,137) IZN,ISU

FORMAT(I1,I1)

IF(IZN.LT.1..OR.IZN.GT.4) GO TO 1509

2 IF(ISU.LT.1..OR.ISU.GT.3) GO TO 1510

LECTURA DE DATOS PARA LA SUBROUTINA TRES

10 IF(NZ.LT.1..OR.NZ.GT.3) GO TO 1508

3 IF(IERR.GT.0) GO TO 113

IF(NZ.EQ.1) GO TO 60

IF(NZ.EQ.2) GO TO 61

READ(IW,62) GE,QCA,Z1,RR

FORMAT(F4.1,F4.1,F4.2,F4.2)

READ(IW,160) PUCG,FA,FS,PMCH,PKHT

FORMAT(F8.1,F4.2,F4.2,F7.1,F6.2)

IF(FA.LT.0..OR.FA.GT.1.) GO TO 2214

6 IF(FS.LT.0..OR.FS.GT.1.) GO TO 2217

9 IF(IERR.GT.0) GO TO 113

IF(NZZ.GT.1) GO TO 131

GO TO 63

READ(IW,64) DO,CON,QCA,RR,PM

FORMAT(F4.1,F4.2,F4.1,F4.2,F5.1)

IF(CON.LT.0..OR.CON.GT.1.) GO TO 2220

2 READ(IW,103) W1

FORMAT(F4.2)

READ(IW,138) PUAP,XT,FA,FS,PUPM,PUDH,PUBAE

FORMAT(F6.1,F4.2,F4.2,F4.2,F6.1,F6.1,F6.1)

IF(XT.LT.0..OR.XT.GT.1.) GO TO 2223

7 IF(FA.LT.0..OR.FA.GT.1.) GO TO 2224

9 IF(FS.LT.0..OR.FS.GT.1.) GO TO 2225

1 READ(IW,139) IAC

FORMAT(I1)

IF(IAC.LT.1..OR.IAC.GT.4) GO TO 1511

2 IF(IERR.GT.0) GO TO 113

IF(NZZ.GT.1) GO TO 131

GO TO 63

READ(IW,65) DO,CON,GE,QCA,RR,PH

FORMAT(F4.1,F4.2,F4.1,F4.1,F4.2,F6.1)

IF(CON.LT.0..OR.CON.GT.2.) GO TO 2233

5 READ(IW,104) W1

FORMAT(F4.2)

```

140 READ(IW,140) PUAP,XT,FA,FS,PUPHT,PUPHA,PMCHS,FSF,PUDH,PUBAE
    FORMAT(F6.1,F4.2,F4.2,F4.2,F6.1,F6.1,F6.1,F4.2,F6.1,F6.1)
    IF(XT.LT.0..OR.XT.GT.1.) GO TO 2236
2240 IF(FA.LT.0..OR.FA.GT.1.) GO TO 2237
2242 IF(FS.LT.0..OR.FS.GT.1.) GO TO 2238
2244 READ(IW,141) IAC
141  FORMAT(I1)
    IF(IAC.LT.1..OR.IAC.GT.4) GO TO 2245
2247 IF(IERR.GT.0) GO TO 113
    IF(NZZ.GT.1) GO TO 131
    GO TO 63
2200 WRITE(IR,2201)
2201 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FC: FACTOR DE CARGA, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2202
2203 WRITE(IR,2205)
2205 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE CDA: CONST. POR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL
*DEL MAR DE LA LINEA, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2206
2204 WRITE(IR,2207)
2207 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE BIE: CONST. DEBIDO A LA RUGOSIDAD DE LAS
*ESTRUCTURAS ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2208
2209 WRITE(IR,2210)
2210 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE IVIA: QUE INDICA SI SE PAGA VIATICOS O
*NO, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2211
2214 WRITE(IR,2215)
2215 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FA: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE AN
*CLAJE, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2216
2217 WRITE(IR,2218)
2218 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FS: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE SUSP
*ENSION, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2219
2220 WRITE(IR,2221)
2221 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE CON: QUE INDICA LA CONICIDAD DEL POSTE,
*ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2222
2223 WRITE(IR,2226)
2226 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE XT: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS TANGE
*NTES, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2227
2224 WRITE(IR,2228)
2228 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FA: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE ANCL
*AJE, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2229
2225 WRITE(IR,2230)
2230 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FS: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS FIN DE L
*INEA, ESTA MAL DADO')
    IERR=IERR+1
    GO TO 2231

```

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

2233 WRITE(IR,2234)
2234 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE CON: QUE INDICA LA CONICIDAD DEL POSTE ES
*TA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2235
2236 WRITE(IR,2239)
2239 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE XT: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS TANGENTES
*S, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2240
2237 WRITE(IR,2241)
2241 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FA: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS DE ANCLA
*JE, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2242
2238 WRITE(IR,2243)
2243 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE FS: TANTO POR UNO DE ESTRUCTURAS FIN DE
*LINEA, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2244
2245 WRITE(IR,2246)
2246 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE IAC: QUE INDICA EL TIPO DE ACCESO A LA O.
*BRA, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2247
1508 WRITE(IR,1520)
1520 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE NZ QUE INDICA EL TIPO DE ESTRUCTURA ESTA
*MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2213
1509 WRITE(IR,1521)
1521 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE IZN: QUE INDICA POR QUE TIPO DE ZONA PAS
*ARA LA LINEA, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2212
1510 WRITE(IR,1522)
1522 FORMAT(//20X,'EL VALOR QUE INDICA EL TIPO DE SUELO A SER EXCAVADO,
* PARA COLOCAR LAS ESTRUCTURAS, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 1000
1511 WRITE(IR,1523)
1523 FORMAT(//20X,'EL VALOR DE IAC: QUE INDICA EL TIPO DE ACCESO A LA O
*BRA, ESTA MAL DADO')
IERR=IERR+1
GO TO 2232

```

C IMPRESION DE RESULTADOS

```

63- WRITE(IR,1500)
1500 FORMAT(///16X,'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL',//16X,'FACULTAD DE I
*NGENIERIA ELECTRICA',//16X,'TESIS DE GRADO',//16X,'ESTUDIO TECNICO
* ECONOMICO DE LINEAS DE TRANSMISION DE 6.3 KV A 46. KV CON PROGRAM
*A DIGITAL',//16X,'JORGE EDUARDO BRITO CASTILLO',//16X,'MARZO DE 19
*83')
WRITE(IR,1501)
1501 FORMAT(///46X,'ESPECIFICACIONES DE LA LINEA',/46X,28('**'))
WRITE(IR,1020) POT
1020 FORMAT(//40X,'POTENCIA DE LA LINEA=',F12.2,1X,'WATIOS')
WRITE(IR,1502) V
1502 FORMAT(//40X,'VOLTAJE DE LA LINEA=',F8.2,1X,'VOLTIOS')
WRITE(IR,1503) COS
1503 FORMAT(//40X,'FACTOR DE POTENCIA DE LA LINEA=',F8.2,1X,'COS')

```

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

WRITE(IR,2300) FC
300 FORMAT(//40X,'FACTOR DE CARGA CONSIDERADO=',F5.2)
WRITE(IR,1504) VU
504 FORMAT(//40X,'VIDA UTIL CONSIDERADA=',I2,1X,'ANIOS')
WRITE(IR,1505) RE
505 FORMAT(//40X,'RENTABILIDAD ESPERADA DE LA LINEA=',F5.2,1X,'P.U.')
WRITE(IR,1506) PAT
506 FORMAT(//40X,'PRESION ATMOSFERICA DEL LUGAR DE CONSTRUCCION DE LA
*LINEA=',F6.1,1X,'MM DE MERCURIO')
CALL COMVAN(A7,B7,C7,D7,E7,ICL,JP)
WRITE(IR,102)
02 FORMAT(///33X,'R',5X,'E',5X,'S',5X,'U',5X,'L',5X,'T',5X,'A',
*5X,'D',5X,'O',5X,'S')
IF(ICL.EQ.2) GO TO 114
IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 3
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 4
IF(V.EQ.22.E3) GO TO 5
IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 6
IF(V.EQ.46.E3) GO TO 7
GO TO 114
WRITE(IR,8)
FORMAT(///5X,'1.-',36X,'CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES',/44X,'
*QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 6.3 KV',//4X,'NOMBRE',4X,'CALIB(MCM)',4
*X,'COEF.DILAT(GC)',4X,'TEN.INIC(KG/MM2)',4X,'TEN.MAX(KG/MM2)',4X,
*'PESO(KG/M/MM2)',4X,'SEC.COND(MM2)')
WRITE(IR,9) A1(1),A2(1),A3(1),A4(1),A5(1),A12(1),A1(2),A2(2),A3
*(2),A4(2),A5(2),A12(2),A1(3),A2(3),A3(3),A4(3),A5(3),A12(3),A1
*(4),A2(4),A3(4),A4(4),A5(4),A12(4)
FORMAT(//4X,'SPARROW',3X,F5.2,9X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,
*12X,F5.2,/4X,'SPARATE',3X,F5.2,9X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,
*12X,F5.2,/4X,'ROBIN',5X,F5.2,9X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12
*X,F5.2,/4X,'RAVEN',5X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12X,
*F5.2)
WRITE(IR,11)A1(JR)
11 -FORMAT(///35X,'CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=',F7.
*3,'MCM')
DO 1003 I=1,3
COND(I)=A1(JR)
1003 CONTINUE
IF(JP.EQ.0) GO TO 5000
WRITE(IR,5001) ILONG(JP)
5001 FORMAT(//35X,'LONGITUD DE LA LINEA HASTA DONDE SE CUMPLE LA REGULA
*CION DE VOLTAJE RECOMENDADA=',I3,1X,'KM')
5000 WRITE(IR,216)
216 FORMAT(///5X,'2.-',35X,'AISLADORES NORMALIZADOS PARA 6.3 KV:')
WRITE(IR,218)
218 FORMAT(///20X,'AISLADOR TIPO ESPIGA:',/20X,'CLASE ANSI 55-3',/
*18X,'0',1X,'CLASE ANSI 55-4',//18X,'0',1X,'AISLADOR DE SUSPENSION
*0 RETENCION (UNO POR FASE):',/20X,'CLASE ANSI 52-1(6 PULG)')
GO TO 131
WRITE(IR,12)
12 FORMAT(///5X,'1.-',36X,'CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES',/44X,'
*QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 13.2 KV',//4X,'NOMBRE',4X,'CALIB(MCM)',
*4X,'COEF.DILAT(GC)',4X,'TEN.INIC(KG/MM2)',4X,'TEN.MAX(KG/MM2)',4X,
*'PESO(KG/M/MM2)',4X,'SEC.COND(MM2)')
WRITE(IR,14) B1(1),B2(1),B3(1),B4(1),B5(1),B12(1),B1(2),B2(2),B3
*(2),B4(2),B5(2),B12(2),B1(3),B2(3),B3(3),B4(3),B5(3),B12(3),B1(4)
*,B2(4),B3(4),B4(4),B5(4),B12(4)
14 FORMAT(//4X,'RAVEN',5X,F6.2,9X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12X
*,F5.2,/4X,'QUAIL',5X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12X,

```

```

*F5.2,/4X,'PIGEON',4X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12X,
*F5.2,/4X,'PENGUIN',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12X,
*,F6.2)
WRITE(IR,15) B1(JR)
15 FORMAT(///35X,'CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=',
*F7.3,'MCM')
DO 1004 I=1,3
COND(I)=B1(JR)
1004 CONTINUE
IF(JP.EQ.0) GO TO 5002
WRITE(IR,5003) ILONG(JP)
5003 FORMAT(///35X,'LONGITUD DE LA LINEA HASTA DONDE SE CUMPLE LA REGULA
*CION DE VOLTAJE RECOMENDADA=',I3,1X,'KM')
5002 WRITE(IR,217)
217 FORMAT(///5X,'2.-',34X,'AISLADORES NORMALIZADOS PARA 13.2 KV:')
WRITE(IR,219)
219 FORMAT(///20X,'AISLADOR TIPO ESPIGA:',/20X,'CLASE ANSI 55-4',//
*18X,'0',1X,'AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION (DOS POR FASE):',
*/20X,'CLASE ANSI 52-1(6 PULG)')
GO TO 131
WRITE(IR,16)
16 FORMAT(///5X,'1.-',36X,'CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES',/44X,'
*QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 22. KV',/4X,'NOMBRE',4X,'CALIB(MCM)',
*4X,'COEF.DILAT(GC)',4X,'TEN.INIC(KG/MM2)',4X,'TEN.MAX(KG/MM2)',
**PESO(KG/M/MM2)',4X,'SEC.COMD(MM2)')
WRITE(IR,17) C1(1),C2(1),C3(1),C4(1),C5(1),C12(1),C1(2),C2(2),C3
*(2),C4(2),C5(2),C12(2),C1(3),C2(3),C3(3),C4(3),C5(3),C12(3),C1(4)
*,C2(4),C3(4),C4(4),C5(4),C12(4)
17 FORMAT(///4X,'QUAIL',5X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12
*X,F5.2,/4X,'PIGEON',4X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,12
*X,F5.2,/4X,'PENGUIN',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.4,
*12X,F5.2,/4X,'WAXWING',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F4.2,16X,F5.2,14X,F6.4
*,12X,F6.2)
WRITE(IR,18) C1(JR)
18 FORMAT(///35X,'CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=',
*F7.3,'MCM')
DO 1005 I=1,3
COND(I)=C1(JR)
1005 CONTINUE
IF(JP.EQ.0) GO TO 5004
WRITE(IR,5005) ILONG(JP)
5005 FORMAT(///35X,'LONGITUD DE LA LINEA HASTA DONDE SE CUMPLE LA REGULA
*CION DE VOLTAJE RECOMENDADA=',I3,1X,'KM')
5004 WRITE(IR,220)
220 FORMAT(///5X,'2.-',34X,'AISLADORES NORMALIZADOS PARA 22. KV:')
WRITE(IR,221)
221 FORMAT(///20X,'AISLADOR TIPO ESPIGA:',/20X,'CLASE ANSI 56-1',
*/18X,'0',1X,'AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION:',/20X,
**CLASE ANSI 52-1(5 PULG) (TRES POR FASE)',,/18X,'0',1X,'CLASE
*ANSI 52-4(10 PULG) (DOS POR FASE)')
GO TO 131
WRITE(IR,19)
19 FORMAT(///5X,'1.-',36X,'CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES',/44X,'
*QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 34.5 KV',/4X,'NOMBRE',4X,'CALIB(MCM)',
*4X,'COEF.DILAT(GC)',4X,'TEN.INIC(KG/MM2)',4X,'TEN.MAX(KG/MM2)',4X,
**PESO(KG/M/MM2)',4X,'SEC.COMD(MM2)')
WRITE(IR,20) D1(1),D2(1),D3(1),D4(1),D5(1),D12(1),D1(2),D2(2),
*D3(2),D4(2),D5(2),D12(2),D1(3),D2(3),D3(3),D4(3),D5(3),D12(3),
*D1(4),D2(4),D3(4),D4(4),D5(4),D12(4)
20 FORMAT(///4X,'PENGUIN',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6.

```

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

*4,12X,F6.2,/4X,'WAXWING',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F4.2,16X,F5.2,14X,F
*6.4,12X,F6.2,/4X,'PARTRIDGE',1X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,
*14X,F6.4,12X,F6.2,/4X,'OSTRICH',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5
*.2,14X,F6.4,12X,F6.2)
WRITE(IR,21) D1(JR)
1006 FORMAT(///35X,'CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=',
*F7.3,'MCM')
DO 1006 I=1,3
COND(I)=D1(JR)
CONTINUE
IF(JP.EQ.0) GO TO 5006
WRITE(IR,5007) ILONG(JP)
5007 FORMAT(//35X,'LONGITUD DE LA LINEA HASTA DONDE SE CUMPLE LA REGULA
*CION DE VOLTAJE RECOMENDADA=',I3,1X,'KM')
5006 WRITE(IR,222)
222 FORMAT(///5X,'2.-',34X,'AISLADORES NORMALIZADOS PARA 34.5 KV:')
WRITE(IR,223)
223 FORMAT(///20X,'AISLADOR TIPO ESPIGA:',/20X,'CLASE ANSI 56-3',
*//18X,'0',1X,'AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION:',/20X,
*CLASE ANSI 52-1(6 PULG) (CUATRO POR FASE)',/18X,'0',1X,'CLASE
*ANSI 52-4(10 PULG) (TRES POR FASE)')
GO TO 131
7 WRITE(IR,22)
22 FORMAT(//5X,'1.-',36X,'CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES',/44X,'
*QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA 46. KV',/4X,'NOMBRE',4X,'CALIB(MCM)',
*4X,'COEF. DILAT(GC)',4X,'TEN. INIC(KG/MM2)',4X,'TEN. MAX(KG/MM2)',4X,
*PESO(KG/M/MM2)',4X,'SEC. COND(MM2)')
WRITE(IR,23) E1(1),E2(1),E3(1),E4(1),E5(1),E12(1),E1(2),E2(2),E3
*(2),E4(2),E5(2),E12(2),E1(3),E2(3),E3(3),E4(3),E5(3),E12(3),
*E1(4),E2(4),E3(4),E4(4),E5(4),E12(4)
23 FORMAT(//4X,'PARTRIDGE',1X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6
*.4,12X,F6.2,/4X,'OSTRICH',3X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X,F6
*.4,12X,F6.2,/4X,'ORIOLE',4X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X
*,F6.4,12X,F6.2,/4X,'BRANT',5X,F6.2,8X,E10.3,8X,F5.2,15X,F5.2,14X
*,F6.4,12X,F6.2)
WRITE(IR,24) E1(JR)
24 FORMAT(///35X,'CALIBRE DEL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO ECONOMICO=',
*F7.3,'MCM')
DO 1007 I=1,3
COND(I)=E1(JR)
1007 CONTINUE
IF(JP.EQ.0) GO TO 5008
WRITE(IR,5009) ILONG(JP)
5009 FORMAT(//35X,'LONGITUD DE LA LINEA HASTA DONDE SE CUMPLE LA REGULA
*CION DE VOLTAJE RECOMENDADA=',I3,1X,'KM')
5008 WRITE(IR,224)
224 FORMAT(///5X,'2.-',34X,'AISLADORES NORMALIZADOS PARA 46. KV:')
WRITE(IR,225)
225 FORMAT(///20X,'AISLADOR TIPO ESPIGA:',/20X,'CLASE ANSI 56-5',
*//18X,'0',1X,'AISLADOR DE SUSPENSION O RETENCION:',/20X,
*CLASE ANSI 52-1(6 PULG) (CINCO POR FASE)',/18X,'0',1X,'CLASE
*ANSI 52-4(10 PULG) (CUATRO POR FASE)')
131 WRITE(IR,32)
32 FORMAT(//5X,'3.-',34X,'DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS',/32X
*,PARAMETROS COINCIDENTES PARA LOS TRES TIPOS DE ESTRUCTURAS')
CALL DIMEN(A7,B7,C7,D7,E7,ICL)
IF(ICL.EQ.2) GO TO 114
WRITE(IR,33) ALFN
33 FORMAT(//16X,'ANGULO DE DESVIACION NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES
*=',F12.5,1X,'GRADOS')

```

```

WRITE(IR,34) ALFM
34 FORMAT(//16X,'ANGULO DE DESVIACION MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADORES
*=' ,F12.5,1X,'GRADOS')
WRITE(IR,36) DMV
36 FORMAT(//16X,'DISTANCIA MINIMA VERTICAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO
*DEL VANO=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,37) DMH
37 FORMAT(//16X,'DISTANCIA MINIMA HORIZONTAL ENTRE FASES, EN EL CENTRO
*O DEL VANO=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,38) DMAE
38 FORMAT(//16X,'DISTANCIA NORMAL DE LA CADENA DE AISLADORES A LA
*ESTRUCTURA=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,39) DMAE
39 FORMAT(//16X,'DISTANCIA MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA
*ESTRUCTURA=' ,F12.5,'M')
IF(NZ.EQ.1) GO TO 40
IF(NZ.EQ.2) GO TO 41
WRITE(IR,42)
42 FORMAT(//5X,'3.3.-',25X,'DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS DE TORRES M
*ETALICAS')
WRITE(IR,1008) LVAN
1008 FORMAT(//16X,'VANO PROMEDIO ECONOMICO=' ,I3,'M')
JANO(NZ)=LVAN
WRITE(IR,1009) AF
1009 FORMAT(//16X,'FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,43) DCR
43 FORMAT(//16X,'LONGITUD DE LOS VOLADIZOS DE LAS CRUCETAS=' ,F12.5
*, 'M')
WRITE(IR,44) H1
44 FORMAT(//16X,'ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA=' ,F12.5,
*'M')
WRITE(IR,45) H2
45 FORMAT(//16X,'DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES, EN LA ESTRUCTURA
*=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,101) H3
101 FORMAT(//16X,'ALTURA DEL CABLE DE GUARDIA A LA CRUCETA MAS PROXIMA
*=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,46) LT
46 FORMAT(//16X,'ALTURA TOTAL DE LA ESTRUCTURA=' ,F12.5,'M')
JALTO(NZ)=LT
WRITE(IR,47) ANT
47 FORMAT(//16X,'ANCHO DE LA TORRE EN LA BASE=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,1010) NEST
1010 FORMAT(//16X,'NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA=' ,I2)
JESK(NZ)=NEST
GO TO 132
WRITE(IR,48)
48 FORMAT(//5X,'3.1.-',26X,'DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES
*DE MADERA')
WRITE(IR,1011) LVAN
1011 FORMAT(//16X,'VANO PROMEDIO ECONOMICO=' ,I3,'M')
JANO(NZ)=LVAN
WRITE(IR,1012) AF
1012 FORMAT(//16X,'FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,49) DCR
9 FORMAT(//16X,'LONGITUD DE LAS CRUCETAS=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,50) H1
0 FORMAT(//16X,'ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA=' ,F12.5
*, 'M')
WRITE(IR,51) H2

```

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

1  FORMAT(//16X,'DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES, EN LA ESTRUCTURA
*=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,52) LT
2  FORMAT(//16X,'ALTURA TOTAL DEL POSTE DE MADERA=' ,F12.5,'M')
JALTO(NZ)=LT
WRITE(IR,1013) NEST
013  FORMAT(//16X,'NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA=' ,I2)
JESK(NZ)=NEST
GO TO 132
41  WRITE(IR,53)
53  FORMAT(//15X,'3.2.-',25X,'DIMENSIONES PARA ESTRUCTURAS CON POSTES
*DE HORMIGON')
WRITE(IR,1014) LVAN
014  FORMAT(//16X,'VANO PROMEDIO ECONOMICO=' ,I3,'M')
JANO(NZ)=LVAN
WRITE(IR,1015) AF
015  FORMAT(//16X,'FLECHA FINAL EN EL CENTRO DEL VANO=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,54) DCR
54  FORMAT(//16X,'LONGITUD DE LAS CRUCETAS=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,55) H1
55  FORMAT(//16X,'ALTURA DEL SUELO A LA CRUCETA MAS BAJA=' ,F12.5
*,'M')
WRITE(IR,56) H2
56  FORMAT(//16X,'DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES EN LA ESTRUCTURA
*=' ,F12.5,'M')
WRITE(IR,57) LT
57  FORMAT(//16X,'ALTURA TOTAL DEL POSTE=' ,F12.5,'M')
JALTO(NZ)=LT
WRITE(IR,1016) NEST
016  FORMAT(//16X,'NUMERO DE ESTRUCTURAS POR KM DE LINEA=' ,I2)
JESK(NZ)=NEST
132  WRITE(IR,66)
56  FORMAT(///5X,'4.-',1X,'CALCULO APROXIMADO, DE LOS ESFUERZOS Y DEL
* PESO QUE DEBEN SOPORTAR LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS')
CALL ESPES(ICL)
IF(ICL.EQ.2) GO TO 114
IF(NZ.EQ.1) GO TO 67
IF(NZ.EQ.2) GO TO 68
WRITE(IR,69)
59  FORMAT(5X,'4.3.-',35X,'ESTRUCTURAS DE TORRES METALICAS')
WRITE(IR,70) T
70  FORMAT(//16X,'ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES (EFECTO DEL VIENTO)
*=' ,F12.5,'KG')
WRITE(IR,71) VV
1  FORMAT(//16X,'SOBRECARGAS VERTICALES TOTALES (PESO DE ACCESORIOS)=
*=' ,F12.5,'KG')
WRITE(IR,72) L
2  FORMAT(//16X,'ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES (CORTE DE UN CONDOC
*TOR O CABLE DE GUARDIA)=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,73) TTM
3  FORMAT(//16X,'MOMENTO TOTAL EN LA BASE POR ACCION DE LAS CARGAS
*TRANSVERSALES=' ,F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,74) H
4  FORMAT(//16X,'ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS=' ,F12.5,
*,'M')
WRITE(IR,75) PETS.
5  FORMAT(//16X,'PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION
*=' ,F12.5,'KG')
WRITE(IR,936) PETA
16  FORMAT(//16X,'PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION
*=' ,F12.5,'KG')

```

```

*F12.5,'KG')
PESO(NZ)=PETA
GO TO 133
67 WRITE(IR,76)
76 FORMAT(//5X,'4.1.-',34X,'ESTRUCTURAS CON POSTES DE MADERA')
WRITE(IR,77) E
77 FORMAT(//16X,'ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE=',F12.5,'M')
WRITE(IR,78) FM
78 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS TRANSVERSALES EN LA SUPERFICIE LIBRE=',
*F12.5,'KG')
WRITE(IR,79) MV
79 FORMAT(//16X,'MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES,
*EN LA SUPERF. LIBRE=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,80) FT
80 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORI
*OS=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,81) MA
81 FORMAT(//16X,'MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES
*SOBRE CONDUCTORES Y ACCESORIOS=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,82) M
82 FORMAT(//16X,'MOMENTO TOTAL RESULTANTE DEBIDO A LOS ESFUERZOS
*TRANSVERSALES TOTALES=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,83) VV
83 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS TOTALES DE COMPRESION (SOBRECARGAS VERTICA
*LES)=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,84) L1
84 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,85) ML
85 FORMAT(//16X,'MOMENTO PRODUCIDO POR LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES
*=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,86) RL
86 FORMAT(//16X,'COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL=',F12.5,'KG/MM2
*)
WRITE(IR,87) R
87 FORMAT(//16X,'COEFICIENTE DE TRABAJO TOTAL DEL POSTE=',F12.5,'KG/M
*M2')
WRITE(IR,88) PTM
88 FORMAT(//16X,'PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA=',F12.5,'KG
*')
PESO(NZ)=PTM
GO TO 133
68 WRITE(IR,89)
89 FORMAT(//5X,'4.2.-',33X,'ESTRUCTURAS CON POSTES DE HORMIGON')
WRITE(IR,90) E
90 FORMAT(//16X,'ALTURA DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE=',F12.5,'M')
WRITE(IR,91) T
91 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,92) MT
92 FORMAT(//16X,'MOMENTO RESULTANTE DERIDO A LOS ESFUERZOS TRANSVERSA
*LES TOTALES=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,93) VV
93 FORMAT(//16X,'SOBRECARGA VERTICAL TOTAL=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,94) L1
94 FORMAT(//16X,'ESFUERZOS LONGITUDINALES TOTALES=',F12.5,'KG')
WRITE(IR,95) ML
95 FORMAT(//16X,'MOMENTO LONGITUDINAL TOTAL=',F12.5,'KG-M')
WRITE(IR,96) RL
96 FORMAT(//16X,'COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL=',F12.5,'KG/MM2
*)
WRITE(IR,97) RT

```

```

97  FORMAT(//16X,'COEFICIENTE TOTAL DE TRAJAJ DEL POSTE=',F12.5,'KG/M
    *M2')
    WRITE(IR,98) TTM
98  FORMAT(//16X,'MOMENTO TOTAL EN LA SUPEPF. DE EMPOTRAMIENTO DEBIDO
    *A LAS CARGAS TRANSVERSALES=',F12.5,'KG-M')
    WRITE(IR,99) H
99  FORMAT(//16X,'ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS=',F12.5
    *,'M')
    WRITE(IR,100) PTH
100  FORMAT(16X,'PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA=',F12.5,'KG')
    PESO(NZ)=PTH
133  WRITE(IR,105)
105  FORMAT(///5X,'5.-',21X,'VOLUMENES DE EXCAVACION, RELLENO O FUNDAC
    *ION DE LAS ESTRUCTURAS')
    CALL VOLUM(ICL)
    IF(ICL.EQ.2) GO TO 114
    IF(NZ.EQ.1) GO TO 106
    IF(NZ.EQ.2) GO TO 107
    WRITE(IR,108)
108  FORMAT(//5X,'5.3.-',36X,'FIJACION DE TORRES METALICAS')
    WRITE(IR,109) EAE
109  FORMAT(//16X,'ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO EN UNA ZAPATA=',F12.5,
    *'KG')
    WRITE(IR,110) VEXC
110  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO PARA CADA ZAPATA=',
    *F12.5,'M3')
    WRITE(IR,111) VHOR
111  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE HORMIGON APROXIMADO PARA CADA ZAPATA=',
    *F12.5,'M3')
    WRITE(IR,112) VREL
112  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO PARA CADA ZAPATA=',
    *F12.5,'M3')
    GO TO 134
106  WRITE(IR,116)
116  FORMAT(//5X,'5.1.-',36X,'FIJACION DE POSTES DE MADERA')
    WRITE(IR,117) VEXC
117  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA=',
    *F12.5,'M3')
    WRITE(IR,118) VPPE
118  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE=',F12.5,
    *'M3')
    WRITE(IR,119) VREL
119  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA=',F12.5
    *,'M3')
    GO TO 134
120  WRITE(IR,120)
120  FORMAT(//5X,'5.2.-',35X,'FIJACION DE POSTES DE HORMIGON')
    WRITE(IR,121) FA
21  FORMAT(//16X,'ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO EN LA SUPERF. DE EMPOTRAMI
    *ENTO DE CADA ESTRUCTURA=',F12.5,'KG')
    WRITE(IR,122) VEXC
22  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO POR ESTRUCTURA=',
    *F12.5,'M3')
    WRITE(IR,123) VPPE
23  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL POSTE=',F12.5,
    *'M3')
    WRITE(IR,124) VREL
24  FORMAT(//16X,'VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO POR ESTRUCTURA=',F12.5
    *,'M3')
34  WRITE(IR,140)

```

```

42  FORMAT(///5X,'6.-',37X,'COSTO POR KILOMETRO DE LINEA')
    CALL COSTOS(ICL)
    IF(ICL.EQ.2) GO TO 114
    IF(NZ.EQ.1) GO TO 143
    IF(NZ.EQ.2) GO TO 144
    WRITE(IR,145)
45  FORMAT(//5X,'6.3.-',36X,'USANDO ESTRUCTURAS METALICAS')
    GO TO 146
43  WRITE(IR,147)
47  FORMAT(//5X,'6.1.-';32X,'USANDO POSTES DE MADERA')
    GO TO 146
44  WRITE(IR,148)
48  FORMAT(//5X,'6.2.-',38X,'USANDO POSTES DE HORMIGON')
46  WRITE(IR,149) CMTH
49  FORMAT(//16X,'COSTO DE MATERIALES=',F15.2,'($/KM)')
    COSMA(NZ)=CMTH
    WRITE(IR,152) CTOCO
52  FORMAT(//16X,'COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION=',F15.2,'($/KM)')
    COSCO(NZ)=CTOCO
    WRITE(IR,153) CODIT
53  FORMAT(//16X,'COSTOS DIRECTOS TOTALES=',F15.2,'($/KM)')
    COSDI(NZ)=CODIT
    WRITE(IR,154) COINC
54  FORMAT(//16X,'COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION=',F15.2,'($/KM)')
    WRITE(IR,157) CGVP
57  FORMAT(//16X,'COSTO DE GASTOS-VARIABLES DE PRODUCCION=',F15.2,
    *('$/KM)')
    WRITE(IR,158) COINT
58  FORMAT(//16X,'COSTOS INDIRECTOS-TOTALES=',F15.2,'($/KM)')
    COSIN(NZ)=COINT
    WRITE(IR,159) CTKML
59  FORMAT(//16X,'COSTO TOTAL POR-KM DE LINEA=',F15.2,'($/KM)')
    COSTO(NZ)=CTKML
    READ(IW,1001) NZ
001  FORMAT(I1)
    NZZ=NZZ+1
    IF(NZ.GT.0) GO TO 1000
    WRITE(IR,1021)
1021  FORMAT(////////50X,'CUADRO',5X,'COMPARATIVO',/50X,6('*'),5X,11('*')
    *),///55X,'ESTRUCTURAS',/55X,11('*'),//20X,'POSTES MADERA',10X,'POS
    *TES HORMIGON',10X,'TORRES METALICAS',/20X,13('-'),10X,15('-'),10X,
    *16('-')
    WRITE(IR,1022)(COND(I),I=1,3),(JANO(I),I=1,3),(JALTO(I),I=1,3),
    *(JESK(I),I=1,3),(PESO(I),I=1,3),(COSMA(I),I=1,3),(COSCO(I),I=1,3),
    *(COSDI(I),I=1,3),(COSIN(I),I=1,3),(COSTO(I),I=1,3)
022  FORMAT(//2X,'CONDUCTOR (MCM)',13('.'),F9.3,15('.'),F9.3,16('.'),F9
    *.3,/2X,15('-'),//2X,'VANO PROM. (M)',18('.'),I3,21('.'),I3,22('.')
    *,I3,/2X,13('-'),//2X,'ALTURA TOTAL (M)',15('.'),I2,22('.'),I2,24('
    *.'),I2,/2X,16('-'),//2X,'ESTRUCTURAS POR KM',13('.'),I2,22('.'),I2
    *,24('.'),I2,/2X,18('-'),//2X,'PESO POR ESTRUCT. (KG)',5('.'),F9.3,
    *15('.'),F9.3,16('.'),F9.3,/2X,22('-'),//2X,'COSTO MATERIALES (1/KM
    *)',3('.'),F12.2,12('.'),F12.2,14('.'),F12.2,/2X,23('-'),//2X,'COST
    *O CONSTRUC. ($/KM)',4('.'),F12.2,12('.'),F12.2,14('.'),F12.2,/2X,2
    *2('-'),//2X,'COSTOS DIRECTOS ($/KM)',4('.'),F12.2,12('.'),F12.2,14
    *('.'),F12.2,/2X,23('-'),//2X,'COSTOS INDIRECTOS ($/KM)',2('.'),F12
    *.2,12('.'),F12.2,14('.'),F12.2,/2X,24('-'),//2X,'COSTO TOTAL (1/KM
    *)',8('.'),F12.2,12('.'),F12.2,14('.'),F12.2,/2X,18('*')
    WRITE(IR,1023)
023  FORMAT(//16X,'NOTA: LOS VALORES DE CERO, SIGNIFICA QUE NO SE HA CA
    *LCULADO PARA FSC TIPO DE ESTRUCTURA')

```

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

GO TO 113
114 WRITE(IR,115)
115 FORMAT(///5X,'ERROR MAL DADO EL DATO DE VOLTAJE',/5X,'ERROR POTENC
*IA MUY ALTA PARA TRANSMISION CON EL VOLTAJE ESCOGIDO',/5X,'ERROR V
*ALOR MUY BAJO DE EPS1')
113 CALL SRCH$(4,'DAT3',4,1,TIP,COD)
CALL SRCH$(4,'RES1',4,2,TIP,COD)
CALL EXIT
END

```

C SUBROUTINA UNO

C CALCULO DEL CONDUCTOR Y DEL VANO ECONOMICOS

```

SUBROUTINE CONVAN(A7,B7,C7,D7,E7,ICL)
DIMENSION A1(4),A2(4),A3(4),A4(4),A5(4),A12(4),A8(4),A11(4)
DIMENSION B1(4),B2(4),B3(4),B4(4),B5(4),B12(4),B8(4),B11(4)
DIMENSION C1(4),C2(4),C3(4),C4(4),C5(4),C12(4),C8(4),C11(4)
DIMENSION D1(4),D2(4),D3(4),D4(4),D5(4),D12(4),D8(4),D11(4)
DIMENSION E1(4),E2(4),E3(4),E4(4),E5(4),E12(4),E8(4),E11(4)
DIMENSION A20(4),B20(4),C20(4),D20(4),E20(4)
DIMENSION A21(4),B21(4),C21(4),D21(4),E21(4)
DIMENSION ILONG(60)
INTEGER A6(4),A7(8),B6(4),B7(8),C6(4),C7(8),D6(4),D7(8),E6(4),
*E7(8)
INTEGER*4 RO
INTEGER VU,T2,T1
COMMON/AREA1/VU,VR,RE,B,POT,COS,PDM,PCK,FC,T2,T1,SEN
COMMON/AREA31/RO,PEK
COMMON/AREA9/V
COMMON/AREA30/A1,B1,C1,D1,E1
COMMON/AREA2/A2,A5
COMMON/AREA3/B2,B5
COMMON/AREA4/C2,C5
COMMON/AREA5/D2,D5
COMMON/AREA6/E2,E5
COMMON/AREA7/A6,B6,C6,D6,E6
COMMON/AREA8/EPS1,EPS2
COMMON/AREA12/A4,B4,C4,D4,E4,A12,B12,C12,D12,E12
COMMON/AREA16/JR,JVR
COMMON/AREA17/A3,B3,C3,D3,E3
COMMON/AREA32/CD,COMAX,COP
COMMON/AREA41/A20,B20,C20,D20,E20,A21,B21,C21,D21,E21
COMMON/AREA42/ILONG

```

C CALCULO DEL CONDUCTOR ECONOMICO

```

C CARGOS FIJOS DE INVERSION EN FUNCION DE LA UNIDAD DE VALOR
F3=((1.-VR)/VU)+RE

```

```

C INTENSIDAD MAXIMA DE CARGA
COMAX=POT/(SQRT(3.)*V+COS)

```

```

C CARGOS POR DEMANDA
CD=(PDM+((PCK-PEK)*100.))*12.

```

```

C INTENSIDAD PROMEDIO DE CARGA
COP=COMAX+FC

```

C CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR ECONOMICO

```

CM=((RO/(F3*B))*(((CD*COMAX**2)/1000.)+(8.76*PEK*COP**2.))**0.5
LA UNIDAD DEL CALIBRE ES EN MCM
CALIB=CM/1000.

```

OBTENSION DEL CALIBRE-NORMALIZADO PARA 6.3 KV

OBTENSION DEL VANO ECONOMICO

```

IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 8

```

```

IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 9

```

```

IF(V.EQ.22.E3) GO TO 10

```

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 11
IF(V.EQ.46.E3) GO TO 12
GO TO 13
L=0
DO 14 I=1,4
IF(ABS(A1(I)-CALIB).LE.EPS1) GO TO 15
GO TO 14

```

```

5 L=L+1
A8(L)=A1(I)
J=I
4 CONTINUE
IF(L.EQ.0) GO TO 15
IF(L.EQ.1) GO TO 16

```

```

N=2
M=0
DO 17 K=1,L
A9=A8(K)
DO 18 KL=N,L
IF(A9.LT.A8(KL)) GO TO 18
A10=A9
A9=A8(KL)
A8(KL)=A10

```

```

8 CONTINUE
M=M+1
A11(M)=A9
N=N+1
IF(N.GT.L) GO TO 533

```

```

7 CONTINUE
533 DO 19 M=1,L
DO 20 I=1,4
IF(A11(M).EQ.A1(I)) GO TO 21

```

```

0 CONTINUE
GO TO 13
1 DO 22 IV=1,8

```

APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO, AL CONDUCTOR ESCOGIDO COMO MAS ECONOMICO

```

AG1=(A2(I)+(T2-T1))+((A4(I)-A3(I))/A6(I))
AG2=((((A7(IV)*A5(I))**2)/(24.*(A4(I)*A3(I))**2))*
*((A4(I)*A4(I)-(A3(I)*A3(I))))
IF(ABS(AG1-AG2).LE.EPS2) GO TO 200

```

```

2 CONTINUE
9 CONTINUE
GO TO 13

```

```

00 DO 263 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP*A20(I)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ*SEN)+(COP*A21(I)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 264

```

```

53 CONTINUE
JP=0
14 JP=LX
15 JR=I
JVR=IV
GO TO 99
DO 25 IV=1,8

```

APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO

```

AG1=(A2(J)+(T2-T1))+((A4(J)-A3(J))/A6(J))
AG2=((A7(IV)*A5(J)**2)/(24.*(A4(J)*A3(J))**2))*

```

```

*((A4(J)*A4(J))-(A3(J)*A3(J)))
IF(ABS(AG1-AG2).LE.EPS2) GO TO 23
25 CONTINUE
GO TO 13
23 DO 261 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP*A20(J)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ*SEN)+(COP*A21(J)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 260
261 CONTINUE
JP=0
GO TO 262
260 JP=LX
262 JR=J
JVR=IV
GO TO 99
C OBTENCION DEL CONDUCTOR Y DEL VANO ECONOMICO PARA 13.2 KV
9 L1=0
DO 26 I=1,4
IF(ABS(B1(I)-CALIB).LE.EPS1) GO TO 27
GO TO 26
27 L1=L1+1
B8(L1)=B1(I)
J=I
26 CONTINUE
IF(L1.EQ.0) GO TO 13
IF(L1.EQ.1) GO TO 28
N1=2
M1=0
DO 29 K1=1,L1
B9=B8(K1)
DO 30 KL1=N1,L1
IF(B9.LT.B8(KL1))- GO TO 30
B10=B9
B9=B8(KL1)
B8(KL1)=B10
30 CONTINUE
M1=M1+1
B11(M1)=B9
N1=N1+1
IF(N1.GT.L1) GO TO 433
9 CONTINUE
33 DO 31 M1=1,L1
DO 32 I=1,4
IF(B11(M1).EQ.B1(I)) GO TO 33
2 CONTINUE
GO TO 13
3 DO 34 IV=1,8
APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
BG1=(P2(I)*(T2-T1))+((B4(I)-B3(I))/B6(I))
BG2=((B7(I)+B5(I))**2)/(24.*(B4(I)+B3(I))**2)**
*((B4(I)+B4(I))-(B3(I)+B3(I)))
IF(ABS(BG1-BG2).LE.EPS2) GO TO 300
4 CONTINUE
1 CONTINUE
GO TO 13
30 DO 266 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)

```

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```
VF1=((VQ* $\cos$ )+(COP*B20(I)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ* $\sen$ )+(COP*B21(I)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-V0)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 267
```

```
266 CONTINUE
    JP=0
    GO TO 268
267 JP=LX
268 JR=I
    JVR=IV
    GO TO 99
```

C. APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO

```
28 DO 37 IV=1,8
    BG1=(B2(J)*(T2-T1))+((B4(J)-B3(J))/B6(J))
    BG2=((((B7(IV)+B5(J))**2)/(24.*(B4(J)+B3(J))**2))*
    *(B4(J)+B4(J)-(B3(J)+B3(J)))
    IF(ABS(BG1-BG2).LE.EPS2) GO TO 35
```

```
37 CONTINUE
    GO TO 13
```

```
35 DO 269 LX=1,60
    V0=V/SQRT(3.)
    VF1=((V0* $\cos$ )+(COP*B20(J)*ILONG(LX)))**2
    VF2=((V0* $\sen$ )+(COP*B21(J)*ILONG(LX)))**2
    VF=(VF1+VF2)**0.5
    REG=(VF-V0)/VF
    IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 270
```

```
269 CONTINUE
    JP=0
    GO TO 271
270 JP=LX
271 JR=J
    JVR=IV
    GO TO 99
```

C. OBTENCION DEL CONDUCTOR Y VANO ECONOMICOS PARA 22. KV

```
10 L2=0
    DO 38 I=1,4
    IF(ABS(C1(I)-CALIB).LE.EPS1) GO TO 39
    GO TO 38
```

```
39 L2=L2+1
    C8(L2)=C1(I)
    J=I
38 CONTINUE
    IF(L2.EQ.0) GO TO 13
    IF(L2.EQ.1) GO TO 40
    N2=2
    M2=0
    DO 41 K2=1,L2
    C9=C8(K2)
    DO 42 KL2=N2,L2
    IF(C9.LT.C8(KL2)) GO TO 42
    C10=C9
    C9=C8(KL2)
    C8(KL2)=C10
```

```
42 CONTINUE
    M2=M2+1
    C11(M2)=C9
    N2=N2+1
    IF(N2.GT.L2) GO TO 133
11 CONTINUE
```

```

33 DO 43 M2=1,L2
DO 44 I=1,4
IF(C11(M2).EQ.C1(I)) GO TO 45
4 CONTINUE
GO TO 13
5 DO 46 IV=1,8
APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
CG1=(C2(I)*(T2-T1))+((C4(I)-C3(I))/C6(I))
CG2=((((C7(IV)*C5(I))**2)/(24.*(C4(I)*C3(I))**2))*
*((C4(I)*C4(I))-(C3(I)*C3(I)))
IF(ABS(CG1-CG2).LE.EPS2) GO TO 400
6 CONTINUE
3 CONTINUE
GO TO 13
400 DO 272 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ+COS)+(COP+C20(I)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ*SEN)+(COP+C21(I)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 273
272 CONTINUE
JP=0
GO TO 274
273 JP=LX
274 JR=I
JVR=IV
GO TO 99
40 DO 49 IV=1,8
C APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
CG1=(C2(J)*(T2-T1))+((C4(J)-C3(J))/C6(J))
CG2=((((C7(IV)*C5(J))**2)/(24.*(C4(J)*C3(J))**2))*
*((C4(J)*C4(J))-(C3(J)*C3(J)))
IF(ABS(CG1-CG2).LE.EPS2) GO TO 47
49 CONTINUE
GO TO 13
47 DO 275 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP*C20(J)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ*SEN)+(COP*C21(J)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 276
275 CONTINUE
JP=0
GO TO 277
276 JP=LX
277 JR=J
JVR=IV
GO TO 99
C OBTENCION DEL CONDUCTOR Y VANO ECONOMICOS PARA 34.5 KV
11 L3=0
DO 50 I=1,4
IF(ABS(D1(I)-CALIB).LE.EPS1) GO TO 51
GO TO 50
51 L3=L3+1
D8(L3)=D1(I)
J=I
50 CONTINUE
IF(L3.EQ.0) GO TO 13

```

```

IF(L3.EQ.1) GO TO 52
N3=2
M3=0
DO 53 K3=1,L3
D9=D8(K3)
DO 54 KL3=N3,L3
IF(D9.LT.D8(KL3)) GO TO 54
D10=D9
D9=D8(KL3)
D8(KL3)=D10
54 CONTINUE
M3=M3+1
D11(M3)=D9
N3=N3+1
IF(N3.GT.L3) GO TO 233
53 CONTINUE
233 DO 55 M3=1,L3
DO 56 I=1,4
IF(D11(M3).EQ.D1(I)) GO TO 57
56 CONTINUE
GO TO 13
57 DO 58 IV=1,8
C. APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
DG1=(D2(I)*(T2-T1))+((D4(I)-D3(I))/D6(I))
DG2=((D7(IV)*D5(I)**2)/(24.*(D4(I)*D3(I)**2))*
*((D4(I)*D4(I)-(D3(I)*D3(I))))
IF(ABS(DG1-DG2).LE.EPS2) GO TO 500
58 CONTINUE
55 CONTINUE
GO TO 13
500 DO 278 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((V*COS)+(COP*D20(I)*ILONG(LX)))*2
VF2=((V*SEM)+(COP*D21(I)*ILONG(LX)))*2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 279
278 CONTINUE
JP=0
GO TO 280
279 JP=LX
280 JR=I
JVR=IV
GO TO 99
12 DO 62 IV=1,8
APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
DG1=(D2(J)*(T2-T1))+((D4(J)-D3(J))/D6(J))
DG2=((D7(IV)*D5(J)**2)/(24.*(D4(J)*D3(J)**2))*
*((D4(J)*D4(J)-(D3(J)*D3(J))))
IF(ABS(DG1-DG2).LE.EPS2) GO TO 59
2 CONTINUE
GO TO 13
9 DO 281 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP*D20(J)*ILONG(LX)))*2
VF2=((VQ*SEM)+(COP*D21(J)*ILONG(LX)))*2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 282
31 CONTINUE

```

```

JP=0
GO TO 283
282 JP=LX
283 JR=J
JVR=IV
GO TO 99
C OBTENCION DEL CONDUCTOR Y VANO ECONOMICOS PARA 46. KV
12 L4=0
DO 63 I=1,4
IF (ABS(E1(I)-CALIB).LE.EPS1) GO TO 64
GO TO 63
64 L4=L4+1
E8(L4)=E1(I)
J=I
63 CONTINUE
IF (L4.EQ.0) GO TO 13
IF (L4.EQ.1) GO TO 55
N4=2
M4=0
DO 66 K4=1,L4
E9=E8(K4)
DO 67 KL4=N4,L4
IF (E9.LT.E8(KL4)) GO TO 67
E10=E9
E9=E8(KL4)
E8(KL4)=E10
67 CONTINUE
M4=M4+1
E11(M4)=E9
N4=N4+1
IF (N4.GT.L4) GO TO 333
56 CONTINUE
333 DO 68 M4=1,L4
DO 69 I=1,4
IF (E11(M4).EQ.E1(I)) GO TO 70
59 CONTINUE
GO TO 13
70 DO 71 IV=1,8
C APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
EG1=(E2(I)*(T2-T1))+((E4(I)-E3(I))/E6(I))
EG2=((E7(IV)*E5(I))**2)/(24.*(E4(I)+E3(I))**2))*
*((E4(I)*E4(I))-(E3(I)*E3(I)))
IF (ABS(EG1-EG2).LE.EPS2) GO TO 600
71 CONTINUE
58 CONTINUE
GO TO 13
500 DO 284 LX=1,60
VQ=V/SQRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP+E20(I)*ILONG(LX)))*2
VF2=((VQ*SEN)+(COP+E21(I)*ILONG(LX)))*2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-V0)/VF
IF (PEG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 285
84 CONTINUE
JP=0
GO TO 286
85 JP=LX
86 JR=I
JVR=IV
GO TO 99

```

```

55 DO 74 IV=1,2
C APLICACION DE LA ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO
EG1=(E2(J)*(T2-T1))+((E4(J)-E3(J))/E6(J))
EG2=((((E7(IV)*E5(J))**2)/(24.*(E4(J)*E3(J))**2))*
*((E4(J)*E4(J))-(E3(J)*E3(J)))
IF(ABS(EG1-EG2).LE.EPS2) GO TO 72
74 CONTINUE
GO TO 13
72 DO 287 LX=1,60
VQ=V/SGRT(3.)
VF1=((VQ*COS)+(COP+E20(J)*ILONG(LX)))**2
VF2=((VQ*COS)+(COP+E21(J)*ILONG(LX)))**2
VF=(VF1+VF2)**0.5
REG=(VF-VQ)/VF
IF(REG.GE.0.075.AND.REG.LE.0.085) GO TO 288
287 CONTINUE
JP=0
GO TO 289
288 JP=LX
289 JR=J
JVR=IV
99 ICL=1
GO TO -111
13 ICL=2
111 RETURN
END

```

C SUBROUTINA DOS  
C DIMENSIONES PARA LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS  
C ESTRUCTURAS: POSTES DE MADERA, POSTES DE HORMIGON Y TORRES METALICAS

```

SUBROUTINE DIMEN(A7,B7,C7,D7,E7,ICL)
DIMENSION A15(4),B15(4),C15(4),D15(4),E15(4)
DIMENSION A16(4),B16(4),C16(4),D16(4),E16(4)
DIMENSION A4(4),B4(4),C4(4),D4(4),E4(4)
DIMENSION A12(4),B12(4),C12(4),D12(4),E12(4)
DIMENSION AA(5),AV(5)
DIMENSION A3(4),B3(4),C3(4),D3(4),E3(4)
INTEGER A7(8),B7(8),C7(8),D7(8),E7(8)
COMMON/AREA9/V
COMMON/AREA16/JR,JVR
COMMON/AREA17/A3,B3,C3,D3,E3
COMMON/AREA10/A15,B15,C15,D15,E15
COMMON/AREA11/A16,B16,C16,D16,E16
COMMON/AREA12/A4,B4,C4,D4,E4,A12,B12,C12,D12,E12
COMMON/AREA13/AV
COMMON/AREA20/AA
COMMON/AREA14/PNV,CDA,PAT,DELT,BIE,APAN
COMMON/AREA15/ALFN,ALFM,FF,DMV,DMH,DNAE,DMAE,DCR
COMMON/AREA18/PMV,ACT
COMMON/AREA25/NZ
COMMON/AREA19/I,ANT,H1,H2,H3,LT
COMMON/AREA40/LVAN,AF,NEST

```

C CALCULOS DE PARTES DE LAS ESTRUCTURAS SIMILARES PARA LOS TRES TIPOS  
C ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE AISLADORES  
C DISTANCIA ENTRE FASES  
C DISTANCIAS NORMAL Y MAXIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA  
I=1  
IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 3  
I=2  
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 5  
I=3

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

IF(V.EQ.22.E3) GO TO 9
I=4
IF(V.EG.34.5E3) GO TO 12
I=5
IF(V.EQ.46.E3) GO TO 15
GO TO 18
ALN=ATAN((A15(JR)*2*PNV)/(1000.*A16(JR)))
ALFN=ALN*180./3.1416
ALM=ATAN((A15(JR)*2*PMV)/(1000.*A16(JR)))
ALFM=ALM*180./3.1416
C FLECHA DEL CONDUCTOR EN EL CENTRO DEL VANO
YX1=A7(JVR)
FF=(A16(JR)*YX1**2)/(5.00*A3(JR)*A12(JR))
GO TO 21
ALN=ATAN((B15(JR)*2*PNV)/(1000.*B16(JR)))
ALFN=ALN*180./3.1416
ALM=ATAN((B15(JR)*2*PMV)/(1000.*B16(JR)))
ALFM=ALM*180./3.1416
C FLECHA DEL CONDUCTOR EN EL CENTRO DEL VANO
YX2=B7(JVR)
FF=(B16(JR)*YX2**2)/(5.00*B3(JR)*B12(JR))
GO TO 21
ALN=ATAN((C15(JR)*2*PNV)/(1000.*C16(JR)))
ALFN=ALN*180./3.1416
ALM=ATAN((C15(JR)*2*PMV)/(1000.*C16(JR)))
ALFM=ALM*180./3.1416
C FLECHA DEL CONDUCTOR EN EL CENTRO DEL VANO
YX3=C7(JVR)
FF=(C16(JR)*YX3**2)/(5.00*C3(JR)*C12(JR))
GO TO 21
ALN=ATAN((D15(JR)*2.*PNV)/(1000.*D16(JR)))
ALFN=ALN*180./3.1416
ALM=ATAN((D15(JR)*2.*PMV)/(1000.*D16(JR)))
ALFM=ALM*180./3.1416
C FLECHA DEL CONDUCTOR EN EL CENTRO DEL VANO
YX4=D7(JVR)
FF=(D16(JR)*YX4**2)/(5.00*D3(JR)*D12(JR))
GO TO 21
ALN=ATAN((E15(JR)*2.*PNV)/(1000.*E16(JR)))
ALFN=ALN*180./3.1416
ALM=ATAN((E15(JR)*2.*PMV)/(1000.*E16(JR)))
ALFM=ALM*180./3.1416
C FLECHA DEL CONDUCTOR EN EL CENTRO DEL VANO
YX5=E7(JVR)
FF=(E16(JR)*YX5**2)/(5.00*E3(JR)*E12(JR))
C DISTANCIA MINIMA VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL CENTRO DEL VANO
DMV=(0.75*(FF+AA(I))**0.5)+(V*CDA/150.E3)
DMH=(0.61*(FF+AA(I))**0.5)+(V*CDA/150.E3)
C DISTANCIA NORMAL Y MINIMA DE LA CADENA DE AISLADORES A LA ESTRUCTURA
DNAE=AA(I)
SVIN=(1.347E-3*V)*((1.2-(0.0131*PAT))/(DELT*(1.-(0.02*AV(I))))
SV=ABS(SVIN)
DMAE=(0.002*SV)/100.
C ESCOGITAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS
DIMENSIONAMIENTO DE ESTAS
IF(NZ.EQ.1) GO TO 24
IF(NZ.EQ.2) GO TO 27
DIMENSIONAMIENTO DE TORRES METALICAS
DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS

```

C. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

C. DISTANCIA MINIMA DE UN CONDUCTOR A LA ESTRUCTURA

$$DMCE=1.2*(0.1+(V/150.E3))$$

C. DISTANCIA NORMAL DE UN CONDUCTOR A LA ESTRUCTURA

$$DNCE=0.6*DMH$$

$$DCR1=(AA(I)*SIN(ALN))+DNCE+BIE$$

$$DCR2=(AA(I)*SIN(ALM))+DMCE+BIE$$

IF(DCR1.GT.DCR2) GO TO 30

$$DCR=DCR2$$

GO TO 33

$$DCR=DCR1$$

C. CALCULO DE LA CRUCETA HAS BAJA AL SUELO

$$H1=AA(I)+FF+6.0$$

C. CALCULO DE LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES

$$H2=AA(I)+DNCE+0.1$$

C. CALCULO DE LA ALTURA DEL CABLE DE GUARDIA

$$H3=((DCR+(ACT/2.))/(SIN(APAN)/COS(APAN)))-AA(I)$$

C. CALCULO DEL ANCHO DE LA TORRE

$$ANT=(2.*DCR)+ACT$$

C. ALTURA TOTAL DE LA ESTRUCTURA

$$HT=H1+H2+H3$$

$$LT=HT+1$$

$$VAN=15.*(8.*FF*(LT-FF))**0.5$$

$$LVAN=VAN+1$$

$$NEST=(1000./LVAN)+1$$

IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 52

IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 53

IF(V.EQ.22.E3) GO TO 54

IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 55

IF(V.EQ.46.E3) GO TO 56

GO TO 18

52 AF=(A16(JR)\*VAN\*\*2)/(5.00\*A3(JR)\*A12(JR))

GO TO 36

53 AF=(B16(JR)\*VAN\*\*2)/(5.00\*B3(JR)\*B12(JR))

GO TO 36

54 AF=(C16(JR)\*VAN\*\*2)/(5.00\*C3(JR)\*C12(JR))

GO TO 36

55 AF=(D16(JR)\*VAN\*\*2)/(5.00\*D3(JR)\*D12(JR))

GO TO 36

56 AF=(E16(JR)\*VAN\*\*2)/(5.00\*E3(JR)\*E12(JR))

GO TO 36

C. DIMENSIONAMIENTO DE POSTES DE MADERA

C. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS

24 DMCE=(0.1+(V/150.E3))

$$DNCE=0.6*DMH$$

$$DCR1=(AA(I)*SIN(ALN))+DNCE$$

$$DCR2=(AA(I)*SIN(ALM))+DMCE$$

IF(DCR1.GT.DCR2) GO TO 39

$$DCR=DCR2$$

GO TO 42

$$DCR=DCR1$$

C. DIMENSIONAMIENTO DEL POSTE

C. CALCULO DE LA ALTURA LIBRE DEL POSTE

$$H1=AA(I)+FF+6.0$$

C. CALCULO DE LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES

$$H2=AA(I)+DNCE+0.1$$

C. ALTURA TOTAL DEL POSTE

$$HT=H1+H2$$

$$LT=HT+2$$

$$VAN=10.*(8.*FF*(LT-FF))**0.5$$

$$LVAN=VAN+1$$

```

NEST=(1000./LVAN)+1
IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 57
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 58
IF(V.EQ.22.2E3) GO TO 59
IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 60
IF(V.EQ.46.2E3) GO TO 61
GO TO 18
57 AF=(A16(JR)*VAN**2)/(5.00*A3(JR)*A12(JR))
GO TO 36
58 AF=(B16(JR)*VAN**2)/(5.00*B3(JR)*B12(JR))
GO TO 36
59 AF=(C16(JR)*VAN**2)/(5.00*C3(JR)*C12(JR))
GO TO 36
60 AF=(D16(JR)*VAN**2)/(5.00*D3(JR)*D12(JR))
GO TO 36
61 AF=(E16(JR)*VAN**2)/(5.00*E3(JR)*E12(JR))
GO TO 36
C DIMENSIONAMIENTO DE LOS POSTES DE HORMIGON
C DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS
27 DMCE=(0.1+(V/150.F3))
DNCE=0.6*DMH
DCR1=(AA(I)*SIN(ALN))+DMCE
DCR2=(AA(I)*SIN(ALM))+DMCE
IF(DCR1.GT.DCR2) GO TO 45
DCR=DCR2
GO TO 48
45 DCR=DCR1
C DIMENSIONAMIENTO DEL POSTE
C CALCULO DE LA ALTURA LIBRE DEL POSTE
48 H1=AA(I)+FF+6.0
C CALCULO DE LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES
H2=AA(I)+DNCE+0.1
C ALTURA TOTAL DEL POSTE
HT=H1+H2
LT=HT+2
VAN=13.*(8.*FF*(LT-FF))**0.5
LVAN=VAN+1
NEST=(1000./LVAN)+1
IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 62
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 63
IF(V.EQ.22.2E3) GO TO 64
IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 65
IF(V.EQ.46.2E3) GO TO 66
GO TO 18
62 AF=(A16(JR)*VAN**2)/(5.00*A3(JR)*A12(JR))
GO TO 36
63 AF=(B16(JR)*VAN**2)/(5.00*B3(JR)*B12(JR))
GO TO 36
64 AF=(C16(JR)*VAN**2)/(5.00*C3(JR)*C12(JR))
GO TO 36
65 AF=(D16(JR)*VAN**2)/(5.00*D3(JR)*D12(JR))
GO TO 36
66 AF=(E16(JR)*VAN**2)/(5.00*E3(JR)*E12(JR))
6 ICL=1
GO TO 50
8 ICL=2
0 RETURN
END

```

SUBROUTINA TRES

CALCULO APROXIMADO DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO

QUE DEBEN SOPORTAR LAS ESTRUCTURAS

```

SUBROUTINE ESFPES(ICL)
DIMENSION A15(4),B15(4),C15(4),D15(4),E15(4)
DIMENSION A16(4),B16(4),C16(4),D16(4),E16(4)
DIMENSION A4(4),B4(4),C4(4),D4(4),E4(4)
DIMENSION A12(4),B12(4),C12(4),D12(4),E12(4)
DIMENSION A3(4),B3(4),C3(4),D3(4),E3(4)
DIMENSION AA(5),AA1(5),AA2(5)
REAL*4 L1,L2,L,MV,MA,M,ML,MT
COMMON/AREA9/V
COMMON/AREA16/JP,JVR
COMMON/AREA10/A15,B15,C15,D15,E15
COMMON/AREA11/A16,B16,C16,D16,E16
COMMON/AREA12/A4,B4,C4,D4,E4,A12,B12,C12,D12,E12
COMMON/AREA17/A3,B3,C3,D3,E3
COMMON/AREA20/AA
COMMON/AREA21/AA1,AA2
COMMON/AREA18/PMV,ACT
COMMON/AREA25/NZ
COMMON/AREA19/I,ANT,H1,H2,H3,LT
COMMON/AREA22/D0,CON,QE,QCA,Z1,RR,PM,PH
COMMON/AREA23/T,VV,L,H,FM,MV,FT,MA,M,R,L1,RL
COMMON/AREA24/PTM,MT,RT,PTH
COMMON/AREA33/PETS,PETA
COMMON/AREA26/ML,E,W2,TTM
COMMON/AREA40/LVAN,AF,NEST

```

C IDENTIFICACION DEL TIPO DE ESTRUCTURAS

```

IF(NZ.EQ.1) GO TO 1
IF(NZ.EQ.2) GO TO 2

```

C CALCULO DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBE SOPORTAR UNA TORRE METALICA  
C ESFUERZOS INDEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE, CABLE DE GUARDIA O  
C DEL VANO

C VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA AISLADORES Y OTROS ELEMENTOS

```

SE=(ACT+ANT)*(LT/2.)
FTT=(QE*SE)+((QCA*AA1(I)*AA(I))/1000.)

```

C PESO DE ACCESORIOS

```

VIAC=150.+AA2(I)

```

C TENSION TRANSVERSAL DEBIDO A LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA

```

TES=QE*SE

```

C TENSION TRANSVERSAL DEBIDO A LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LA CADENA DE AISLA

```

TAIS=(QCA*AA1(I)*AA(I))/1000.

```

C ESFUERZOS DEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE, DEL CABLE DE GUARDIA  
C O DEL VANO

```

IF(V.EQ.6.3E3)GO TO 3
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 4
IF(V.EQ.22.E3) GO TO 5
IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 6
IF(V.EQ.46.E3) GO TO 7
GO TO 8

```

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

```

F1C=(PMV*LVAN*A15(JR))/333.34
F1G=(PMV*LVAN*A15(4))/1000.

```

C EFECTO DE ANGULO

```

RAC=6.*A3(JR)*A12(JR)*SIN(0.1309)
RAG=4.*A3(4)*A12(4)*SIN(0.1309)

```

C SOBRECARGAS VERTICALES

```

V1C=2.*LVAN*A16(JR)
V1G=2.*LVAN*A16(4)

```

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

```

L1=A4(JR)*A12(JR)

```

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

$$L2=A4(4)*A12(4)$$

GO TO 9

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

$$F1C=(PMV*LVAN*B15(JR))/333.34$$

$$F1G=(PMV*LVAN*A15(4))/1000.$$

C EFECTO DE ANGULO

$$RAC=6.*B3(JR)*B12(JR)*SIN(0.1309)$$

$$RAG=4.*A3(4)*A12(4)*SIN(0.1309)$$

C SOBRECARGAS VERTICALES

$$V1C=2.*LVAN*B16(JR)$$

$$V1G=2.*LVAN*A16(4)$$

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

$$L1=B4(JR)*B12(JR)$$

$$L2=A4(4)*A12(4)$$

GO TO 9

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

$$F1C=(PMV*LVAN*C15(JR))/333.34$$

$$F1G=(PMV*LVAN*A15(4))/1000.$$

C EFECTO DE ANGULO

$$RAC=6.*C3(JR)*C12(JR)*SIN(0.1309)$$

$$RAG=4.*A3(4)*A12(4)*SIN(0.1309)$$

C SOBRECARGAS VERTICALES

$$V1C=2.*LVAN*C16(JR)$$

$$V1G=2.*LVAN*A16(4)$$

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

$$L1=C4(JR)*C12(JR)$$

$$L2=A4(4)*A12(4)$$

GO TO 9

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

$$F1C=(PMV*LVAN*D15(JR))/333.34$$

$$F1G=(PMV*LVAN*A15(4))/1000.$$

C EFECTO DE ANGULO

$$RAC=6.*D3(JR)*D12(JR)*SIN(0.1309)$$

$$RAG=4.*A3(4)*A12(4)*SIN(0.1309)$$

C SOBRECARGAS VERTICALES

$$V1C=2.*LVAN*D16(JR)$$

$$V1G=2.*LVAN*A16(4)$$

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

$$L1=D4(JR)*D12(JR)$$

$$L2=A4(4)*A12(4)$$

GO TO 9

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

$$F1C=(PMV*LVAN*E15(JR))/333.34$$

$$F1G=(PMV*LVAN*A15(4))/1000.$$

C EFECTO DE ANGULO

$$RAC=6.*E3(JR)*E12(JR)*SIN(0.1309)$$

$$RAG=2.*A3(4)*A12(4)*SIN(0.1309)$$

C SOBRECARGAS VERTICALES

$$V1C=2.*LVAN*E16(JR)$$

$$V1G=2.*LVAN*A16(4)$$

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

$$L1=E4(JR)*E12(JR)$$

$$L2=A4(4)*A12(4)$$

C ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES SOBRE LA ESTRUCTURA

$$T=FTT+F1C+F1G+RAC+RAG$$

C SOBRECARGA VERTICAL TOTAL SOBRE LA ESTRUCTURA

$$VV=V1AC+V1C+V1G$$

C ESFUERZO LONGITUDINAL TOTAL SOBRE LA ESTRUCTURA

$$IF(L1.GT.L2) GO TO 10$$

$$L=L2$$

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

GO TO 11

L=L1

C MOMENTO TOTAL EN LA BASE DEBIDO A LAS CARGAS TRANSVERSALES

TF=F1C+RAC

TG=F1G+RAG

TTM=((3.\*TF)\*(H1+(H2/2.)))+(TG\*(H1+H2+H3+AA(I)))+((3.\*TAIS)\*  
\*(H1+(AA(I)/2.)+(H2/2.)))+(TES\*Z1)

C ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS

H=TTM/T

C PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA

SFKS=(1.44+((RR\*\*2)/37.175))\*\*0.5

SFKA=(2.89+((PR\*\*2)/117.10))\*\*0.5

PETS=(0.08\*SFKS\*H)\*((T\*\*0.67)+(VV\*\*0.5)+(L\*\*0.57))

PETA=(0.17\*SFKA\*H)\*((T\*\*0.67)+(VV\*\*0.5)+(L\*\*0.57))

GO TO 12

C CALCULO DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBE SOPORTAR UN POSTE DE MADERA

C ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL VIENTO SOBRE EL POSTE

W2=D0+(CON\*LT)

E=(0.1\*LT)+0.5

SPV=((D0+W2)/200.)\*(LT-E)

FN=0.7\*SPV\*PMV

Z=((LT-E)/3.)\*((W2+(2.\*D0))/(W2+D0))

C MOMENTO FLECTOR EN LA PARTE LIBRE DEL POSTE POR ACCION DEL VIENTO

MV=FN\*Z

C ESFUERZOS INDEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE, O DEL VANO

TAIS=(QCA\*AA1(I)\*AA(I))/1000.

V1AC=150.+AA2(I)

C ESFUERZOS DEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE O DEL VANO

IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 13

IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 14

IF(V.EQ.22.E3) GO TO 15

IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 16

IF(V.EQ.46.E3) GO TO 17

GO TO 8

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

13 F1C=(PMV\*LVAN\*A15(JR))/333.34

C COMPRESION DEL POSTE

V1C=2.\*LVAN\*A16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=A4(JR)\*A12(JR)

GO TO 18

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

14 F1C=(PMV\*LVAN\*B15(JR))/333.34

C COMPRESION DEL POSTE

V1C=2.\*LVAN\*B16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=B4(JR)\*B12(JR)

GO TO 18

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

15 F1C=(PMV\*LVAN\*C15(JR))/333.34

C COMPRESION DEL POSTE

V1C=2.\*LVAN\*C16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=C4(JR)\*C12(JR)

GO TO 18

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

6 F1C=(PMV\*LVAN\*D15(JR))/333.34

C COMPRESION DEL POSTE

V1C=2.\*LVAN\*D16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

L1=D4(JR)+D12(JR)
GO TO 18
C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES
17 F1C=(PMV*LVAN+E15(JR))/333.34
C COMPRESION DEL POSTE
V1C=2.*LVAN+E16(JR)
C ESFUERZOS LONGITUDINALES
L1=E4(JR)+E12(JR)
C FUERZA TOTAL PRODUCIDA SOBRE AISLADORES, CONDUCTORES, CRUCETAS
18 FT=2.*TAIS+F1C
C MOMENTO FLECTOR PRODUCIDO POR LA FUERZA TOTAL FT
MA=(3.*FT)*(LT-E-0.3)
C MOMENTO TOTAL RESULTANTE
H=MV+MA
C ESFUERZO DE TRABAJO PARA LA SECCION CONSIDERADA
R=((10.*M)/(W2**3))*100./4.
C ESFUERZOS DE COMPRESION
VV=V1AC+V1C
VS=0.785*(W2**2)
VI=0.0491*(W2**4)
VL=LT-E-0.3
RC=((3.*VV)/VS)*(1.+((0.02*VS*(VL**2))/(0.0525*VI)))*10000.
C ESFUERZO TOTAL DE TRABAJO
RT=R+RC
C ESFUERZOS LONGITUDINALES
ML=L1*VL
C COEFICIENTE DE TRABAJO LONGITUDINAL
RL=(10.*ML)/(W2**3)
C PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA
PTM=PM+VV
GO TO 12
C CALCULO DE LOS ESFUERZOS Y DEL PESO QUE DEBE SOPORTAR UN POSTE DE HORMIGON
C ESFUERZOS INDEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE, O DEL VANO
C VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA AISLADORES Y OTROS ELEMENTOS
2 W2=D0+(CON*LT)
E=(0.1*LT)+0.5
SE=((D0+W2)/200.)*(LT-E)
FTT=(QE*SE)+((QCA*AA1(I)*AA(I))/1000.)
C PESO DE ACCESORIOS
V1AC=150.*AA2(I)
C TENSION TRANSVERSAL DERIDO A LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA
TES=QE*SE
C TENSION TRANSVERSAL DERIDO A LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LA CADENA DE AISLA
TAIS=(QCA*AA1(I)*AA(I))/1000.
C ESFUERZOS DEPENDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE O DEL VANO
IF(V.EQ.6.3E3)GO TO 19
IF(V.EQ.13.2E3)GO TO 20
IF(V.EQ.22.E3)GO TO 21
IF(V.EQ.34.5E3)GO TO 22
IF(V.EQ.46.E3)GO TO 23
GO TO 8
C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES
9 F1C=(PMV*LVAN+A15(JR))/333.34
EFFECTO DE ANGULO
RAC=6.*A3(JR)+A12(JR)*SIN(0.1309)
C SOBRECARGAS VERTICALES
V1C=2.*LVAN+A16(JR)
C ESFUERZOS LONGITUDINALES
L1=A4(JR)*A12(JR)
GO TO 24

```

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

20 F1C=(PMV+LVAN+B15(JR))/353.34

C EFECTO DE ANGULO

RAC=6.\*B3(JR)+B12(JR)\*SIN(0.1309)

C SOBRECARGAS VERTICALES

V1C=2.\*LVAN\*B16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=B4(JR)+B12(JR)

GO TO 24

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

21 F1C=(PMV+LVAN+C15(JR))/333.34

C EFECTO DE ANGULO

RAC=6.\*C3(JR)+C12(JR)\*SIN(0.1309)

C SOBRECARGAS VERTICALES

V1C=2.\*LVAN\*C16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=C4(JR)+C12(JR)

GO TO 24

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

22 F1C=(PMV+LVAN+D15(JR))/333.34

C EFECTO DE ANGULO

RAC=6.\*D3(JR)+D12(JR)\*SIN(0.1309)

C SOBRECARGAS VERTICALES

V1C=2.\*LVAN+D16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=D4(JR)+D12(JR)

GO TO 24

C VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

23 F1C=(PMV+LVAN+E15(JR))/333.34

C EFECTO DE ANGULO

RAC=6.\*E3(JR)+E12(JR)\*SIN(0.1309)

C SOBRECARGAS VERTICALES

V1C=2.\*LVAN+E16(JR)

C ESFUERZOS LONGITUDINALES

L1=E4(JR)+E12(JR)

C ESFUERZOS TRANSVERSALES TOTALES SOBRE LA ESTRUCTURA

4 T=FTT+F1C+RAC

Z1=((LT-E)/3.)\*((W2+(2.\*D0))/(W2+D0))

MOMENTO FLECTOR TRANSVERSAL TOTAL

MT=T\*Z1

ESFUERZO DE TRABAJO PARA LA SECCION CONSIDERADA

R=((10.\*MT)/(W2\*\*3))\*100.

SOBRECARGA VERTICAL TOTAL SOBRE LA ESTRUCTURA

VV=V1AC+V1C

ESFUERZO VERTICAL DE TRABAJO

VS=0.785\*(W2\*\*2)

VI=0.0491\*(W2\*\*4)

VL=LT-E-0.3

RC=((3.\*VV)/VS)\*(1.+((0.011+VS\*(VL\*\*2))/(0.0625\*VI)))+10.

ESFUERZO TOTAL DE TRABAJO

RT=(R+RC)/3.

ESFUERZO LONGITUDINAL TOTAL SOBRE LA ESTRUCTURA

ML=L1\*VL

COEFICIENTE LONGITUDINAL DE TRABAJO

RL=(10.\*ML)/(W2\*\*3)

MOMENTO TOTAL EN LA SUPERFICIE DE EMPOTRAMIENTO DEBIDO A LAS CARGAS TRANSV

TF=F1C+RAC

TTM=((3.\*TF)\*(H1+(H2/2.)))+(3.\*TAIS)\*(H1+(AA(I)/2.))

+(H2/2.))+(JES\*Z1)

ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CARGAS

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

H=TTM/(3.\*T)

C PESO APROXIMADO TOTAL DE LA ESTRUCTURA

PTH=PH+VV

12 ICL=1

GO TO 25

8 ICL=2

25 RETURN

END

C SUBROUTINA CUATRO

C VOLUMEN DE EXCAVACION Y FUNDACIONES

SUBROUTINE VOLUM(ICL)

DIMENSION A4(4),B4(4),C4(4),D4(4),E4(4)

DIMENSION A12(4),B12(4),C12(4),D12(4),E12(4)

DIMENSION AA(5)

REAL\*4 ML

COMMON/AREA9/V

COMMON/AREA25/NZ

COMMON/AREA27/W1

COMMON/AREA12/A4,B4,C4,D4,E4,A12,B12,C12,D12,E12

COMMON/AREA20/AA

COMMON/AREA16/JR,JVR

COMMON/AREA19/I,ANT,H1,H2,H3,LT

COMMON/AREA26/ML,E,W2,TTM

COMMON/AREA28/EAE,VEXC,VHOR,VREL,VPPE,EA

C IDENTIFICACION DEL TIPO DE ESTRUCTURA

IF(NZ.EQ.1) GO TO 2

IF(NZ.EQ.2) GO TO 4

C FIJACION DE TORRES METALICAS

C DETERMINACION DEL ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO

IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 6

IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 8

IF(V.EQ.22.E3) GO TO 10

IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 12

IF(V.EQ.46.E3) GO TO 14

GO TO 18

6 CML=(H1+H2-AA(I))\*(A4(JR)\*A12(JR))

GO TO 16

8 CML=(H1+H2-AA(I))\*(B4(JR)\*B12(JR))

GO TO 16

10 CML=(H1+H2-AA(I))\*(C4(JR)\*C12(JR))

GO TO 16

12 CML=(H1+H2-AA(I))\*(D4(JR)\*D12(JR))

GO TO 16

14 CML=(H1+H2-AA(I))\*(E4(JR)\*E12(JR))

16 GML=2\*LT\*(A4(4)+A12(4))

IF(CML.GT.GML) GO TO 20

CL=GML

GO TO 22

20 CL=CML

22 TBMM=TTM+CL

EAE=0.5\*(TBMM/ANT)

C CALCULO DEL VOLUMEN DE EXCAVACION APROXIMADO PARA CADA ZAPATA

VEXC=0.0077\*(EAE\*\*0.748)

C CALCULO DEL VOLUMEN DE HORMIGON APROXIMADO PARA CADA ZAPATA

VHOR=0.00514\*(EAE\*\*0.60074)

C CALCULO DEL VOLUMEN DE RELLENO APROXIMADO PARA CADA ZAPATA

VREL=VEXC-VHOR

GO TO 24

C FIJACION DE POSTES DE MADERA

2 VEXC=((0.40+W1)\*\*2)\*E

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

VPPE=((0.2618\*E)\*((W1\*\*2)+(W2\*\*2)+(W1\*W2)))/1000.

VREL=VEXC-VPPE

GO TO 24

C FIJACION DE POSTES DE HORMIGON

C DETERMINACION DEL ESFUERZO DE ARRANCAMIENTO

SEMM=TTM+ML

EA=0.5\*(SEMM/W2)

C VOLUMENES DE EXCAVACION, PARTE EMPOTRADA DEL POSTE Y DE RELLENO

VEXC=((0.40+W1)\*\*2)\*E

VPPE=((0.2618\*E)\*((W1\*\*2)+(W2\*\*2)+(W1\*W2)))/1000.

VREL=VEXC-VPPE

24 ICL=1

GO TO 26

18 ICL=2

26 RETURN

END

C SUBROUTINA CINCO

C CALCULO DE LOS SALARIOS DEL PERSONAL QUE SE NECESITA EN LA CONSTRUCCION  
C DE UNA LINEA DE TRANSMISION

SUBROUTINE SUELDO(SDP,SDC,SDCH,SDLI,SDCA,SDTO,SDIN)

COMMON/AREA29/SBNM,IVIA

C CALCULO DEL SALARIO REAL DIARIO MINIMO

SBND=SBNM/30.417

FMS=4.07/(SBNM\*\*0.056704)

SRD=SBND\*FMS

C CALCULO DE LOS SALARIOS DEL PERSONAL SIN VIATICOS

SDP=SRD\*1.1

SDC=SRD\*1.5

SDCH=SRD\*1.7

SDLI=SRD\*2.0

SDCA=SRD\*3.9

SDTO=SRD\*3.9

SDIN=SRD\*4.5

IF(IVIA.EQ.0) GO TO 3

C CALCULO DE LOS SALARIOS DEL PERSONAL CON VIATICOS

SDP=SDP\*2.782

SDC=SDC\*2.685

SDCH=SDCH\*2.676

SDLI=SDLI\*2.667

SDCA=SDCA\*2.493

SDTO=SDTO\*2.493

SDIN=SDIN\*2.375

3 RETURN

END

C SUBROUTINA SEIS

C CALCULO DE COSTOS POR KILOMETRO DE LINEA

SUBROUTINE COSTOS(ICL)

DIMENSION A1(4),B1(4),C1(4),D1(4),E1(4)

DIMENSION AA1(5),AA2(5)

INTEGER AA3(5)

INTEGER\*4 RO

COMMON/AREA9/V

COMMON/AREA16/JR,JVR

COMMON/AREA25/N2

COMMON/AREA21/AA1,AA2

COMMON/AREA19/I,ANT,H1,H2,H3,LT

COMMON/AREA30/A1,B1,C1,D1,E1

COMMON/AREA31/RO,PEK

COMMON/AREA32/CD,COMAX,COP

COMMON/AREA33/PETS,PETA

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

COMMON/AREA28/EAE,VEXC,VHOR,VREL,VPPE,EA

COMMON/AREA34/AA3

COMMON/AREA35/PUUCF,PUCN,PUA,PKH,DIT,IZN,ISU

COMMON/AREA36/PUCG,FA,FS,PMCH,PKHT

COMMON/AREA37/PUAP,XT,PUPM,PUDH,IAC,PUBAE

COMMON/AREA38/PUPHT,PUPHA,PMCHS,FSF

COMMON/AREA39/CMTH,CCITE,CCTMH,CTOCO,CODIT,COINC,CCPOT,CPENG,  
\*CGVP,COINT,CTKHL

COMMON/AREA40/LVAN,AF,NEST

C DETERMINACION DEL TIPO DE ESTRUCTURA

IF(NZ.EQ.1.OR.NZ.EQ.2) GO TO 1

C COSTO DE MATERIALES USADOS EN LINEAS CON TORRES METALICAS

C COSTO DE CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDIA

CCON=1.03\*((3\*PUCF)+(1.01\*PUCN))

CCGU=1.03\*PUCG

C COSTO DE AISLADORES

CAIR=(3.09\*(2.\*AA3(I)\*PUA))+((1000./LVAN)\*FA)

CAIS=(3.09\*(AA3(I)\*PUA))\*((1000./LVAN)\*FS)

C COSTO DE ACCESORIOS

CACS=(AA2(I)\*PKH)\*((1000./LVAN)\*FS)

CACR=(1.2\*AA2(I)\*PKH)\*((1000./LVAN)\*FA)

C COSTO DE ESTRUCTURAS

CESS=(PETS\*PKHT)\*((1000./LVAN)\*FS)

CESA=(PETA\*PKHT)\*((1000./LVAN)\*FA)

C COSTO DE HORMIGONADA

CHOT=(4.6\*VHOR\*PMCH)\*(1000./LVAN)

CMTH=CCON+CCGU+CAIR+CAIS+CACS+CACR+CESS+CESA+CHOT

GO TO 2

C COSTO DE MATERIALES USADOS EN LINEAS CON POSTES DE MADERA U HORMIGON

C COSTO DE CONDUCTORES

CCON=1.03\*((3.\*PUCF)+(1.01\*PUCN))

C COSTO DE AISLADORES

CAPIN=(3.09\*PUAP)\*((1000./LVAN)\*XT)

CAIR=(3.09\*(2.\*AA3(I)\*PUA))\*((1000./LVAN)\*FA)

CAIS=(3.09\*(AA3(I)\*PUA))\*((1000./LVAN)\*FS)

C COSTO DE ACCESORIOS

CACT=(0.8\*AA2(I)\*PKH)\*((1000./LVAN)\*XT)

CACS=(AA2(I)\*PKH)\*((1000./LVAN)\*FS)

CACR=(1.2\*AA2(I)\*PKH)\*((1000./LVAN)\*FA)

IF(NZ.EQ.1) GO TO 3

IF(NZ.EQ.2) GO TO 4

GO TO 2

C COSTO DE POSTES DE MADERA

CPMA=PUPM\*(1000./LVAN)

CMTH=CCON+CAPIN+CAIR+CAIS+(1.2\*(CACT+CACS+CACR))+CPMA

GO TO 2

C COSTO DE POSTES DE HORMIGON

CPHT=PUPHT\*((1000./LVAN)\*(XT+FA))

CPHA=PUPHA\*((1000./LVAN)\*FS)

C COSTO DE HORMIGONADA

CHOPH=(1.2\*VREL\*PMCHS)\*((1000./LVAN)\*FSF)

CMTH=CCON+CAPIN+CAIR+CAIS+(1.2\*(CACT+CACS+CACR))+CPHT+CPHA+

\*CHOPH

C COSTO DE CONSTRUCCION POR KM DE LINEA

C COSTOS DE CONSTRUCCION INDEPENDIENTES DEL TIPO DE ESTRUCTURA

CALL SUELDO(SDP,SDC,SDCH,SDLI,SDCA,SDTO,SDIN)

C RECONOCIMIENTO DE LA RUTA

CRRU=0.044\*(SDTO+SDC+SDCH)

C REPLANTEO

CREP=0.3\*(SDTO+SDLI+SDC+(4\*SDP)+SDCH)

C ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

C DESBROCE

IF (IZN.EQ.1) GO TO 5

IF (IZN.EQ.2) GO TO 6

IF (IZN.EQ.3) GO TO 7

CDES=0.11\*(SDCA+(2\*SDC)+(8\*SDP)+SDCH)

GO TO 8

5 CDES=1.375\*(SDCA+(2\*SDC)+(8\*SDP)+SDCH)

GO TO 8

6 CDES=0.55\*(SDCA+(2\*SDC)+(8\*SDP)+SDCH)

GO TO 8

7 CDES=0.183\*(SDCA+(2\*SDC)+(8\*SDP)+SDCH)

C TRANSPORTE DE MATERIALES

PETOM=(1.2\*AA2(I))\*(1000./LVAN)

CTRAN=((((2\*SDCA)+(4\*SDP))/15.E3)+(1.2\*(SDCA+(6\*SDP)+SDCH)/8.E3)

)\*(PETOM/DIT)

C CAMINOS DE ACCESO

CCAC=(0.55\*(SDTO+(2\*SDC)+(2\*SDP)+SDCH))+(0.6\*(SDCA+(11\*SDP)

)\*(2\*SDCH))

C PRUEBAS

CPRU=0.22\*(SDCA+(2\*SDLI)+(2\*SDC)+(2\*SDP)+SDCH)

C COSTO DE CONSTRUCCION DEPENDIENDO DEL TIPO DE ESTRUCTURAS.

IF (WZ.EQ.1 OR WZ.EQ.2) GO TO 9

C COSTOS DE CONSTRUCCION SOLO CUANDO SE UTILIZAN TORRES METALICAS

C EXCAVACION Y ENTIBAMIENTO DE BASES

SDEEB=SDCA+(2\*SDC)+(8\*SDP)+(2\*SDCH)

IF (ISU.EQ.1) GO TO 11

IF (ISU.EQ.2) GO TO 12

CEEB=(0.507\*SDEEB)\*(1000./LVAN)\*VEXC

GO TO 13

11 CEEB=(0.19\*SDEEB)\*(1000./LVAN)\*VEXC

GO TO 13

12 CEEB=(0.253\*SDEEB)\*(1000./LVAN)\*VEXC

C COSTO DE ARMADO DE TORRES METALICAS

13 CNBA=(1.2\*(SDCA+SDTO+(2\*SDLI)+(2\*SDC)+(2\*SDP)+SDCH))\*(1000./

LVAN)

SAES=SDCA+(2\*SDLI)+(4\*SDC)+(4\*SDP)+SDCH

CAES=(1.3/2100)\*(SAES\*PETS)\*((1000./LVAN)\*FS)

CAEA=(1.3/2100)\*(SAES\*PETA)\*((1000./LVAN)\*FA)

SRRE=SDCA+(4\*SDLI)+(4\*SDC)+SDCH

CRRS=(1.2/4500)\*(SRRE\*PETS)\*((1000./LVAN)\*FS)

CRRA=(1.2/4500)\*(SRRE\*PETA)\*((1000./LVAN)\*FA)

CCAH=(0.24\*(SDGA+(2\*SDLI)+SDC+SDP+SDCH))\*(1000./LVAN)

CATM=CNBA+CAES+CAEA+CRRS+CRRA+CCAH

C COSTO DE COLOCACION DE HORMIGON

CCOH=(0.857\*(SDCA+(2\*SDC)+(10\*SDP)+(2\*SDCH)))\*(1000./LVAN

)\*VHOR

C COSTO DE TENDIDO DEL CONDUCTOR

CTCO=1.457\*((2\*SDCA)+(6\*SDLI)+(9\*SDC)+(12\*SDP)+(4\*SDCH))

C COSTO DE INSTALACION DE LA PUESTA A TIERRA

CIPTT=(0.1625\*(SDLI+(2\*SDC)))\*(1000./LVAN)

CCTMH=CEEB+CATM+CCOH+CTCO+CIPTT

GO TO 14

C COSTOS QUE SE REALIZAN SOLO CUANDO SE UTILIZAN POSTES

C EXCAVACION DE HUECOS PARA POSTES Y ANCLAS

9 SEHU=SDCA+SDLI+(10\*SDP)+SDCH

IF (ISU.EQ.1) GO TO 15

IF (ISU.EQ.2) GO TO 16

CEHSD=(0.242\*SEHU)\*(1000./LVAN)\*PUDH

GO TO 17

15 CEHSD=(0.048\*SEHU)\*(1000./LVAN)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```

GO TO 17
6 CEHSD=(0.121*SEHU)*(1000./LVAN)*PUDH
DISTRIBUCION Y CLAVADO DE POSTERIA
7 SDCP=SDCA+(2*SDC)+(6*SDP)+SDCH
IF(IAC.EQ.1) GO TO 18
IF(IAC.EQ.2) GO TO 19
IF(IAC.EQ.3) GO TO 20
CDCP=(0.04*SDCP)*(1000./LVAN)
GO TO 21
18 CDCP=(0.12+SDCP)*(1000./LVAN)
GO TO 21
19 CDCP=(0.08+SDCP)*(1000./LVAN)
GO TO 21
20 CDCP=(0.06+SDCP)*(1000./LVAN)
COLOCACION DE ANCLAS
1 CCAN=0.5*(SDCA+(2*SDC)+(6*SDP)+SDCH)
COSTO DE ARMADO DE ESTRUCTURAS
CAES=PUBAE*(1000./LVAN)
ARMADO Y COLOCACION DE VIENTOS
CACV=0.75*(SDLI+(2*SDC))
INSTALACION DE LA PUESTA A TIERRA
CIPT=0.01375*(SDCA+(4*SDLI)+(4*SDC)+(2*SDP))
IF(NZ.EQ.1) GO TO 22
IF(NZ.EQ.2) GO TO 23
GO TO 14
2 CCTMH=CEHSD+CDCP+CCAN+CAES+CACV+CTTC+CIPT
GO TO 14
COLOCACION DE HORMIGON SIMPLE
3 CCHS=(0.0214*(SDCA+(2*SDC)+(10*SDP)+(2*SDCH)))*(1000./LVAN)
**VREL
CCTMH=CEHSD+CDCP+CCAN+CAES+CACV+CTTC+CIPT+CCHS
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION
4 CCITE=CRRU+CREP+CDER+CTRAM+CCAC+CPRU
CTOCO=CCTMH+CCITE
CODI1=CMTM+CTOCO
CODI2=0.15*CODI1
COSTOS DIRECTOS TOTALES
CODIT=CODI1+CODI2
COSTOS INDIRECTOS
COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION
COINC=0.4*CODIT
GASTOS VARIABLES DE PRODUCCION
COSTO DE PERDIDAS DE POTENCIA
COSTO DE PERDIDAS DE ENERGIA
IF(V.EQ.6.3E3) GO TO 24
IF(V.EQ.13.2E3) GO TO 25
IF(V.EQ.22.E3) GO TO 26
IF(V.EQ.34.5E3) GO TO 27
IF(V.EQ.46.E3) GO TO 28
GO TO 29
4 CCPOT=(3*CD*RO*(COMAX**2))/(A1(JR)*1.E6)
CPENG=(26.28*PEK*RO*(COP**2))/(A1(JR)*1.E3)
GO TO 30
5 CCPOT=(3*CD*RO*(COMAX**2))/(B1(JR)*1.E6)
CPENG=(26.28*PEK*RO*(COP**2))/(B1(JR)*1.E3)
GO TO 30
6 CCPOT=(3*CD*RO*(COMAX**2))/(C1(JR)*1.E6)
CPENG=(26.28*PEK*RO*(COP**2))/(C1(JR)*1.E3)
GO TO 30
7 CCPOT=(3*CD*RO*(COMAX**2))/(D1(JR)*1.E6)

```

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

```
CPENG=(26.28*PEK*RO*(COP**2))/(D1(JR)*1.E3)
GO TO 30
28  CCPOT=(3*CD*RO*(COMAX**2))/(E1(JR)*1.E6)
    CPENG=(26.28*PEK*RO*(COP**2))/(E1(JR)*1.E3)
30  CGVP=CCPOT+CPENG
    COSTOS INDIRECTOS TOTALES
    COINT=COINC+CGVP
    COSTOS TOTALES POR KM DE LINEA
    CTKHL=CODIT+COINT
    ICL=1
    GO TO 31
29  ICL=2
31  RETURN
END
```



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El banco propio de datos del programa, contiene características de conductores utilizados para los voltajes estudiados y potencias de transmisión comúnmente usadas con estos voltajes. Para poder utilizar en forma apropiada el programa, se recomienda que el dato de potencia sea compatible con el de voltaje.
- 2.- En los resultados obtenidos, se aprecia que, para voltajes de 6.3 KV y 13.2 KV, al usar estructuras de suspensión, los valores de los ángulos de desviación normal y máxima de la cadena de aisladores, son más altos que los límites recomendados. Esto es lógico, por el poco peso de la cadena que permite que, al actuar el viento sobre la estructura, se aproxime peligrosamente a ésta; por lo que es recomendable, además, por el costo, para estos niveles de voltaje utilizar aisladores espiga o cadena de retención.
- 3.- Los vanos medios económicos obtenidos dependen principalmente de tres factores: elasticidad del conductor; altura de la estructura y esfuerzo medio de ruptura de las estructuras; este último, dado por factores empíricos, producto de la experiencia en la utilización de cada tipo de estructura.

Es así como para postes de madera y de hormigón, para una misma longitud, el vano es mayor en estos últimos;

pero siempre se respeta la altura mínima de una fase al suelo.

- 4.- Los coeficientes de trabajo obtenidos para postes de madera son, en la mayoría de los casos, mayores que  $100 \text{ kg/cm}^2$ . y siempre menores a  $400 \text{ kg/cm}^2$ .; esto indica claramente que, aunque no se está cumpliendo con lo recomendado de tener un factor de seguridad igual a cuatro, tampoco se está llegando a límites peligrosos de deformación permanente o a ruptura.
- 5.- El coeficiente de trabajo de los postes de madera, es mayor que el de los postes de hormigón, para un mismo nivel de voltaje; esto es debido a las características propias de los postes de madera, que tienen condiciones bajas, por lo tanto, diámetros de base y empotramiento bajos.
- 6.- Los volúmenes de excavación y relleno de postes, son tomados de mediciones realizadas en el sitio mismo de trabajo; por lo que son fórmulas empíricas, desarrolladas para el presente trabajo.
- 7.- Los volúmenes de excavación, de hormigón y de relleno para cada zapata de torres metálicas, se obtuvo de graficar estos volúmenes en función del esfuerzo de arrancamiento, de datos obtenidos de un programa digital de propiedad de Inecel, para una presión unitaria promedio de suelo existentes en el país.
- 8.- A pesar de ser el cálculo de volúmenes de fundaciones,

en torres metálicas, un cálculo aproximado, se puede decir que los resultados son muy cercanos a los verdaderos que se obtienen para torres de dimensiones similares a las aquí proyectadas.

- 9.- En costos, al hacer una comparación guardando las proporciones para su uso, de los tres tipos de estructuras, sin lugar a dudas, el uso de postes de hormigón es el más recomendado técnica y económicamente por:
  - Costo total por kilómetro de línea, menor.
  - Mayor vida útil.
  - Vano mayor que en postes de madera.
  - Menor esfuerzo de trabajo (por su forma y dimensiones).
- 10.- Comparando estructuras con postes de madera y de hormigón, actualmente, por las normas vigentes en el país, en el sentido de que la "vestimenta" para un tipo de estructura en cualquiera de los dos tipos de poste, debe ser exactamente igual para un mismo nivel de voltaje, se puede decir que sólo incide en los costos a favor de los postes de madera, el precio por poste, que no es, en todo caso, un factor de peso en el costo total.
- 11.- Sería ventajoso el uso de postes de madera en zonas donde se puede extraer fácilmente la madera y realizar allí mismo el tratamiento, para evitarse los costos por compra y transporte de los postes.
- 12.- Para estos niveles de voltaje, el uso de estructuras metálicas se restringe, entonces, tanto por la longitud de

los vanos, como por el costo mismo que es, aproximadamente, tres veces mayor que para las otras dos estructuras; su uso sólo para terrenos muy irregulares, para paso por ríos, pantanos, quebradas, etc., en donde se necesita fundaciones para contrarrestar el esfuerzo de arrancamiento y estructuras reforzadas por el vano.

- 13.- Además, se debe anotar que los pesos de las estructuras son aproximados, por la dificultad de precisar con exactitud cuales cargas verticales debe soportar; es por esto que se ha dado un pequeño margen de sobredimensionamiento.
- 14.- Los resultados del programa no se puede tomar exactamente como valores fijos, por existir en cada zona valores cambiantes, imposibles de ser cuantificados exactamente. Se debe tomar estos resultados como una base de cálculo, para poder partir de aquí a realizar cálculos exactos para una línea específica.
- 15.- Finalmente, se sugiere la continuación del trabajo, tomándolo como base, se podría hacer pruebas:
  - Cálculos de esfuerzos para dos o más conductores por fase, en los tres tipos de estructuras.
  - Delimitar la longitud total de la línea y obtener regulación, costos totales de la línea, etc.
  - Aumentar de las tres estructuras aquí tomadas como base, alguna otra como postes tubulares.

- Aumentar el cálculo para otros voltajes de distribución y subtransmisión existentes, entre otras cosas.



## BIBLIOGRAFIA

- 1- ZOPPTTI, Gaudencio. Redes Eléctricas de Distribución.  
Barcelona, España, 1948.
- 2- CHECA, Luis María. Líneas de Transporte de Energía.  
Barcelona, España, 1948.
- 3- BARRIGA O., Julio C.; MELO G., Marco V. Programa de Computadora para la estimación de costos y de parámetros eléctricos y mecánicos de líneas de transmisión de 69 kv. a 230 kv.  
Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional.  
Quito, 1976.
- 4- CACERES, L. R. Economic conductor size under load growth conditions. Uta, U.S.A., 1976.
- 5- INECEL-CEI-TECNO. Informe: Características de líneas de subtransmisión. Guayaquil, 1976.
- 6- INECEL (UNEPER). Guía de diseño para electrificación rural. Quito, 1980.
- 7- INECEL. Líneas y redes de distribución. Estructuras tipo. Quito, 1976.
- 8- Postes Nervión S. A. Compendio de cálculo de postes de hormigón. España, 1980.
- 9- VELASTEGUI M., Fernando. Recomendaciones para la selección y utilización de postes de madera en líneas de subtransmisión y redes de distribución.

Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1976.

- 10- Diseño de Estructuras para líneas de 138 kv. y 230 kv. del sistema nacional interconectado.  
Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1976.
- 11- Central Station Engineers of the Westinghouse Electric Corporation. Electrical transmission and distribution. Reference Book. Pennsylvania, U.S.A., 1964.
- 12- Electric Utility Engineering Reference Book of the Westinghouse Electric Corporation. Distribution Systems. Pennsylvania, U.S.A., 1965.
- 13- Conductor sag and tension calculations, and accesories for transmission line conductors. REA, U.S.A, 1964.
- 14- Folleto Sumitomo Electric - ACSR, según Normas Standard B 232-64 T.
- 15- EMPRESA ELECTRICA QUITO, S. A. Lista de precios unitarios para líneas de subtransmisión y distribución. Quito, 1980.
- 16- INECEL. Conductores y vanos económicos para líneas de subtransmisión. Quito, 1978.
- 17- INECEL. Normas de proyectos para líneas de 138 kv. Quito, 1976,

- 18- VARIOS AUTORES. Colecao de trabalhos sobre dimensionamento de postes e aplicao de tensao reduzida. Sao Paulo, Brasil, 1978.
- 19- Catálogo de aisladores de electroporcelana Gamma S.A. Medellín, Colombia, 1980.
- 20- SORIA, Guido, Ing. Apuntes de Ingeniería Económica. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1981.
- 21- BARRAGAN, José, Ing. Apuntes de líneas de transmisión. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1980.
- 22- Fortran IV con Watfor y Watfiv. Cress, Dirksen, Graham, México, 1975.
- 23- Entrevistas con Ingenieros de UNEPER.
- 24- Entrevistas con Ingenieros del Departamento de Construcción de INECEL, Secciones Ingeniería Civil, e Ingeniería Eléctrica.
- 25- Entrevistas con Ingenieros del Departamento de Subtransmisión de INECEL.
- 26- Entrevistas con Ingenieros de construcciones de la Empresa Eléctrica Quito, S. A.
- 27- A.B. CHANCE Co., International Division. Products for electric transmission and distribution. U. S. A., 1973.