

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. POT-035

Diseño de la Línea de Transmisión a 69 Kv. Machala - Naranjal

Tesis de Grado
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICO

Por: Marcos Antonio Jaramillo Rugel



GUAYAQUIL - ECUADOR

MARZO - 1.978

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. 207-035

DISEÑO DE LA LINEA DE TRANSMISION A 69 KV,
MACHALA - NARANJAL

DIRECTOR DE TESIS

A U T O R


ING. JUAN V. SAAVEDRA


MARCOS A. JARAMILLO

AGRADECIMIENTO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. POF-035

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL, que me brindó la
oportunidad de realizarme.

AL ING. JUAN V. SAAVEDRA, Director
de Tesis, que con su acertada
Dirección, se llegó a la
culminación del presente traba
bajo.

DEDICATORIA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. _____

A mis Padres:

MARCOS y MERCEDES

A mi esposa:

BLANCA

A mis Hijas:

BLANCA MERCEDES

MARIA MERCEDES

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. POT-035

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis son de mi exclusiva responsabilidad, y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

DISEÑO DE LA LINEA DE TRANSMISION A 69 KV. MACHALA - NARANJAL

CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO 1.	
INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
1.1. Ubicación de la Línea	1
1.2. Importancia de la zona actual y futura	3
1.3. Motivación del tema	4
1.4. Alcance del Trabajo	5
CAPITULO 2	
ESTUDIO DE LA DEMANDA	7
2.1. Zonificación en cuanto a posibles consumidores.	7
2.2. Proyección de la demanda a 15 años.	10
2.3. Determinación de la carga de diseño.	17
2.4. Política Gubernamental de la zona	30
CAPITULO 3	
ESTUDIO DE LA RUTA Y TIPO DE ESTRUCTURA	38
3.1. Selección de la Ruta	38
3.2. Selección de los tipos de Estructura	39
CAPITULO 4	
AISLAMIENTO Y PUESTA A TIERRA DE LA LINEA	42

	Pág.
4.1. Niveles de Aislamiento de la línea	42
4.2. Uso del cable de guarda	50
4.3. Puesta a tierra de la línea	56
4.4. Cálculo de Pérdidas	61
CAPITULO 5	
ANALISIS ECONOMICO PARA DETERMINAR VANO Y CONDUCTOR	81
5.1. Datos Técnicos de los conductores e Hilo de Guarda	82
5.2. Condiciones de Estado	84
5.3. Cálculo de flecha y Tensiones	91
5.4. Criterios para el dimensionamiento de las estructuras tipo Suspensión.	94
5.5. Esfuerzos sobre las estructuras Suspensión.	98
5.6. Criterios para el dimensionamiento de las estructuras tipo retenida.	101
5.7. Esfuerzos sobre las estructuras tipo Retenida.	107
5.8. Teneaje de Materiales	108
5.9. Costo de Materiales	109
5.10. Costo de Construcción	110

	Pág.
CAPITULO 6	135
CALCULO MECANICO	
6.1. Cálculo de los elementos principales: Pie de amigo, crucetas, postes.	135
6.2. Determinación de las estructuras tipo: tangente.	142
6.3. Determinación de las estructuras tipo: Retenida.	143
6.4. Diagrama de cargas en las estructuras.	146
6.5. Plano del Diseño.	
CAPITULO 7	
ESPECIFICACIONES TECNICAS Y LISTADO DE MATE RIALES	149
7.1. Especificaciones Técnicas de los Equipos	149
7.2. Planilla de Materiales por Estructura	160
CAPITULO 8	
8.1. Conclusiones y Recomendaciones	167
8.2. Bibliografía	170

CAPITULO 1

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. UBICACION DE LA LINEA

Entre los límites Sur y Norte de las provincias del Guayas, y el Oro respectivamente, existe una zona de grado de cultividad que se nos antoja considerar como el más fértil de la Costa Ecuatoriana; y, específicamente consideramos dos puntos límites: Naranjal y Machala.

Este importante hecho de por sí implica gran afluencia de industriales y poder gubernamental que miran esta zona como centro de productividad para beneficios recíprocos, y por eso la afluencia concentrada de elemento humano para cultivo de la tierra.

Unidos estos elementos básicos de desarrollo socio-económico implica la presencia incuestionada de la energía eléctrica, y si hechamos una mirada al panorama actual, nos fijamos que, el único centro de generación de energía en gran escala es la central Eléctrica de la Empresa Eléctrica de El Oro, en la ciudad de Machala, imponiéndose sin lugar a duda la llevada de una línea de transmisión de electricidad desde Machala hacia Naranjal.

Recorriendo la carretera entre estos dos puntos notamos la gran ventaja de ser zona casi ciento por ciento plana, y que la vía de unión es una carretera de 90 Kms. de longitud, plana, y de grandes extensiones a lo largo en línea recta.

Fijaremos esta línea paralela a esta carretera por ser de acceso fácil para su posible futuro mantenimiento, y el lugar de ésta será (derecha viniendo de Machala) que se indicará en capítulo siguiente. Esta futura línea de por sí incorporará a este gran conglomerado humano que labora en la parte de la zona rural, a nivel de vida en escala superior a la que tiene actualmente, y al sector industrial le dará mayor confianza en la perspectiva de sus acciones.

1.2. IMPORTANCIA DE LA ZONA ACTUAL Y FUTURA

La zona de Machala-Naranjal según estudios realizados por la Standard Fruit Co., presenta características óptimas para el cultivo agrícola, esencialmente el banano, siendo este el motivo de instalación de un complejo bananero en el sector que comprende la Parroquia Balao (Hda. María, etc.)

Está en etapa de estudio, la instalación de un Ingenio azucarero, de gran capacidad, en la zona de esta misma Parroquia, lo que indica de la tremenda capacidad de riqueza

para el cultivo que goza esta gran zona, todo esto como nuevo programa de instalación futura de industrias que demandarán gran capacidad de energía. Actualmente esta zona, tal como ya hemos dicho en la sección 1.1 al ser la de mayor índice de cultividad humana, esencialmente en Recintos, tal como se verá en mapa (IGM. 1).

El motivo esencial de llevar esta línea que interconecta estos dos puntos (Machala y Naranjal) es sin duda la demanda industrial.

Si echamos una mirada al mapa (IGM 1) vemos que partiendo la línea de punto: "La Y de Corralitos" hasta el cantón Naranjal, dejamos en primer lugar descongestionada la zona A. Esto lo manifestamos porque el motivo esencial que lleva a imponer la construcción de esta líneas es con mira a la llegada de energía desde el proyecto Cola de San Pablo, dejando la zona A (Plano B), o sea de Machala-Puerto Bolívar para servicio de la Empresa Eléctrica de El Oro, desde Machala hasta el Cantón Naranjal, tenemos como base que a 56 Kms. es decir en Balao se tendrá una carga concentrada de Standard Fruit (1.400 KV) y de un nuevo ingenio azucarero (2.700 KW) como elementos mayores de importancia que inciden en la ejecución de este estudio eléctrico.

Actualmente, toda esta zona está completamente cultivada, siendo su riego por aspersión accionada con bombas de motores a diesel, y por el lado humano, nos encontramos con centro de viviendas tales como: Naranjal, Tenguel, Balao, etc. La suma de estas cargas actuales, las cuales ya en el siguiente capítulo hablaremos específicamente de ellas, justifica de por sí, el servicio a 69 KV, no digamos cuando en el futuro entran los industriales mencionados.

1.3. MOTIVACION DEL TEMA

Las causas de que en la actualidad las poblaciones de Naranjal, Balao, Tenguel, etc. tengan servicio eléctrico deficientes, debido a que se auto abastecen con plantas de diesel propias y por no tener mantenimiento confiable, ha preocupado sobremanera al Instituto Ecuatoriano de Electrificación y a la Empresa Eléctrica "El Oro", en la ciudad de Machala, de servir eléctricamente a esta zona, para lo cual se creó la necesidad de planificar y construir sistemas que den solución al problema.

Con la carga existente en la zona de Balao y a una regulación óptima de voltaje, era imposible atender con voltaje de 13.800 V. y al standarizar INECEL dos voltajes de Subtransmisión, es decir 69 KV y 13.8 KV era imponente la construcción de una línea a 69 KV.

Con este sistema integramos toda esta zona inmensamente agrícola, al sistema Regional del Sur, a pesar del hecho que en la actualidad la Empresa Eléctrica Milagro, es tá por construir una línea de 13.8 KV desde Milagro a Naranjal, esto aún mas pesa en el hecho de llegar igualmente a Naranjal por el lado sur (Machala) para efectos de interconexión.

El factor de ayudar en algo al problema de sobrepoblación de los grandes centros de consumo, se impone el hecho de dar al ente de la zona rural, todas las comodidades que implica la presencia de la energía eléctrica, para de esta forma contener el éxodo del campesinado hacia los centros mas próximos de mejor nivel socio-económico.

1.4. ALCANCE DEL TRABAJO

El presente estudio, materia de Tesis de Grado, para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad, a más de ser de interés para la colectividad que será beneficiada con los efectos de la electricidad, es de interés para la Empresa Eléctrica de "El Oro", en la ciudad de Machala y para el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL).

Con estos antecedentes como primer paso, determinare-

mos la carga de diseño, posteriormente cálculo de conductor económico, estructura de postera y un listado general de materiales.

No se dispondrá del trabajo de Topografía, para el diseño definitivo, de esta línea por ser su costo de S/ 5.000/km. pero se considera la zona 100% plana y se determinará con bastante precisión el vano más económico, esto en base a la ruta que tenemos de la carretera que une Machala a Naranjal.

El listado de materiales será un 90% exacto a la realidad a necesitar, lo que indica que la cantidad de estructura tipo será bastante exacta.

Las especificaciones técnicas las realizaremos en base a las informaciones de catálogos que utilizaremos como bases para solicitud de materiales.

En base este trabajo será de guía para EMELORO quien ejecutará la Obra, juntamente con INECEL.

CAPITULO 2

ESTUDIO DE LA DEMANDA

2.1. ZONIFICACION EN CUANTO A POSIBLES CONSUMIDORES

Después de efectuar el recorrido de esta importante línea, que suponemos irá paralela al carretero, y en base al estudio de Mercado efectuado en la zona, estamos en condiciones de efectuar una zonificación de la Región materia de este estudio.

En el mapa (B-1), se ha zonificado en 4 área: el área 1 es el centro de carga más fuerte de toda esta región, abarca 9 zonas de las cuales la Compañía Standard Fruit fijó como las más fértiles para la siembra de banano.

2.1.1. Cargas de cada zona (en KW) capacidad encuestada.

Dichas zonas son:

ZONA: 1

<u>FINCA</u>	<u>CARGA</u>
La María	83 KW
Carolina	83 KW
San Vicente	83 KW
Pangola	83 KW
Texas	240 Kw

<u>FINCA</u>	<u>CARGA</u>
Luz Belén	90 KW
Italia	360 KW
Recta Vieja	83 KW
Santa Rita	240 KW
	<hr/>
	1.345 KW
 TOTAL: 9 Fincas	 1.345 KW

El área "URBANA" de esta zona la comprenden las parroquias de Balao, Tenguel, y Haciendas que las cooperativas las han formado pequeños centros de consumo, y según datos del Instituto Ecuatoriano en Guayaquil (INECEL-GUAYAS) tienen la siguiente demanda:

Zona Urbana

<u>PARROQUIA</u>	<u>CARGA</u>
Balao	200 KW
Tenguel	300 KW
	<hr/>
	500 KW
 <u>HACIENDAS</u>	 <u>CARGA</u>
San Francisco	75 KW
San Rafael	50 KW
La Esperanza	150 KW
	<hr/>
	275 KW

ZONA: 2

Que tiene un área de: 9.600 Ha. igualmente decimos que solo un 50% de su superficie será lograda, es decir 4.800 Ha. para posibles cultivos.

ZONA: 3

Esta zona es de mucho mayor humedad, refiriéndonos a la humedad, el hecho de estar esta área más influenciada por accidentes hidrográficos que orográficos. En esta zona se destacan 3 áreas principales.

Zona

Finca Santa Carla

Finca Esperanza

Finca El Carmen

Hda. Balao Chico

ZONA: 4

Esta zona, es ya mas "URBANA si cabe el término, y para esto utilizaremos, los datos del Instituto Ecuatoriano de Electrificación y sus boletines de electrificación.

En estos boletines tomamos las cargas siguientes:

1. Naranjal (Zona urbana) ; y
2. Flandes como límite de la zona rural, o área de influencia en el cantón Naranjal.

Para estas áreas el INECEL y de acuerdo al censo eléctrico para el año de 1.976 la carga de estas zonas es de:

Naranjal-Flandes	443.8	KW
J. María - San Carlos	474	KW
	877.8	KW

El estudio más exacto de esta zona 4, se vió dificultado por el hecho de ser esta área de densidad montañosa bastante fuerte lo que motivó la aceptación de los datos del INECEL para el presente estudio.

2.2. PROYECCION DE LA DEMANDA A 15 AÑOS.

De haber estado esta zona electrificada, a lo menos, entraríamos a efectuar un análisis de demanda, de acuerdo a los datos obtenidos, pero dada sus características, en las cuales:

a) Tenguel:

Sin electrificación 8 años. En la actualidad INECEL-Guayas (1976) ha instalado un grupo de 350 KW con 15.000 horas de operación. Red de distribución totalmente nueva para 1.000 abonados.

b) Balao:

Dos grupos de 75 KVA en regular estado de funcionamiento y otro fuera de servicio. Red de distribución en buen estado, 1.000 abonados. Existe posibilidad de

construir una línea 15 KV. desde Tenguel hasta Balao.

c) Naranjal:

1 Grupo de 375 KVA en buen estado instalado en 1.974
Red de Distribución en buen estado para 1.000 abonados.

Es decir, datos que el INECEL ha establecido para 1973 - 1976 en base a lecturas de libro de máquinas de operadores (Balao), Estadística de Municipio (Naranjal) y datos asumidos (Tenguel) que en el Boletín de estudio de mercado para estas zonas, estando bastante cerca de la realidad, los asumiremos como buenos para nuestro estudio de Proyección de Demanda.

Para la proyección de la demanda, nos valdremos como primer dato de los de POBLACION, datos suministrados por la Oficina de Información y Estadística, y la de Censos Nacionales en la ciudad de Guayaquil, y para efectos de tasas de crecimiento tomaremos los del Censo 1962 y 1974, ya que los del Censo 1950 son muy someros, es decir, efectuaremos en base a estas tasas de crecimiento a partir del año 1973 la proyección de la población, y esto según las oficinas de Censo e Información y Estadística.

Para la proyección de la población, la tasa media de crecimiento del país fue de 3.14% entre el período 1962-1974 de acuerdo al último Censo Nacional. Tasas superio-

res a esta media se explica en zonas donde existe imigración hacia los grandes centros industriales. Para nuestras zonas, tal como veremos estamos dentro de este rango.

Nuestra proyección la estableceremos hasta 1990, es decir, el período de 15 años que manifestamos al comienzo de este capítulo, por lo tanto, será una proyección a largo plazo, a pesar que para este tipo de proyecciones, las tasas de crecimiento pierden su validez por los siguientes motivos:

- Cambio de programas de desarrollo del Gobierno.
- De lo anterior, cambio en la Planificación Eléctrica.
- Instalaciones insospechadas o imprevistas de Industrias
- Datos de futuros censos que con seguridad no estarán sus tasas de crecimiento dentro de los rangos actuales.

Pero es necesario, aceptar los actuales datos ya que, como manifestáramos, para esa época, estarían ya definidos los programas del Plan Nacional.

Para una mejor aproximación en las tasas de crecimiento, aconseja el Boletín de "Metodología de Estudio de Energía Eléctrica" del Departamento de Planificación de INECEL, que para estos períodos (15 años) se tome la tasa entre el 6º y 10º año y, con esta tasa se proyecta de 10 a 20 años, que será la ley que seguiremos.

Para establecer los consumos, iniciaremos con el Residencial, que tiene relación directa con el número de habitantes, con el número de abonados residenciales y con sus consumos unitarios.

2.2.1. Proyección de la Demanda

Con los datos obtenidos de las encuestas Industriales, y de las poblaciones (dadas por el INECEL) entraremos directamente a la proyección de la demanda de esta zona.

Para el efecto lo dividiremos en dos grupos:

- 1º El de la Población Residencial, comercial, industrial, y alumbrado público actual (INECEL); y
- 2º El de la zona netamente rural (industrial) en base a los datos que hemos obtenido en ítem anterior.

2.2.1.1. Clasificación Consumidores

Antes de atacar directamente el asunto, será conveniente exponer conceptos en los que INECEL ha basado la obtención de los diferentes índices de crecimiento, y en especial el ordenamiento para la información de abonados residenciales, comerciales, y parte de los industriales.

a) Abonados

1. Población total

2. Porcentaje de la población con servicio eléctrico.

3. Población servida: Urbana

Rural total

4. Abonados Residenciales: Urbano:

Con medidor

Sin medidor

TOTAL

Rural:

Con medidor

Sin medidor

TOTAL

5. Abonados Comerciales: Urbano

Rural

TOTAL

6. Abonados Industriales

7. Total Abonados

8. Habitantes/Abonados residencial: Urbano

Rural

TOTAL

b) Consumos

1. Consumo Residencial: Urbano

Rural

TOTAL

2. Consumo Comercial: Urbano

Rural

TOTAL

3. Consumo Industrial

4. Alumbrado Público
5. Consumo por bombeo de agua
6. Consumo oficiales
7. Otros Consumos
8. Auto-Consumos
9. Consumo total
10. Consumo/Abonado Residencial: Urbano
Rural
TOTAL

2.2.2. Tasas de Crecimiento

Se ha determinado una fórmula para obtener la tasa de crecimiento.

$$P = P_0 (1 + r)^n$$

Refiriéndose a la población, la tasas de crecimiento funcionará con los siguientes términos:

P = Población en el año n .

P_0 = Población en el año inicial.

r = Tasa de crecimiento media acumulativa anual en los n años.

n = Número de años de períodos de análisis.

2.2.3. Análisis de la Demanda

2.2.3.1. Análisis del Consumo Residencial

Se considerarán los siguientes parámetros:

- Tasa de crecimiento de la población total.
- Tasa de crecimiento de la población servida
- Tasa de crecimiento del ingreso per cápita
- Relación del número de habitantes por consumidor.

Se ha determinado en el INECOL-ESPOL tasas de crecimiento en zonas rurales, y de acuerdo a los datos del Censo Nacional con los de INECOL, dos tipos de tasas de crecimiento:

- a) La de los centros poblados mayores de 500 Ha.
- b) La de los centros poblados menores de 500 Ha.

RESIDENCIAL	Mayores 500 Ha.		2 - 3%
<u>AÑO</u>	<u>Porcentaje población servida</u>		<u>Hb/Abon.</u>
1.980	30	40%	20 15
1.990	60	80%	10 8

RESIDENCIAL	Menores 500 Ha.		Hb/Abon.
<u>AÑO</u>	<u>Porcentaje de población servida</u>		
1.980	30%		20
1.990	40	60%	15 10

2.2.3.2. Análisis Consumo Comercial

COMERCIAL	Mayores de 500 Ha.		4 - 6%
1.990	15	20% = Hc/Hr.	
	<u>Menores de 500 Ha.</u>		
1.990	10	15% = Hc/Hr.	

Notamos que en el análisis comercial existe una misma variación con que varía el Residencial, pero naturalmente los consumidores promedios unitarios de los clientes comerciales son mayores que los Residenciales así como su tasa de crecimiento.

2.2.3.3. Análisis Alumbrado Público

Para el análisis del Alumbrado Público en zonas netamente Rurales, se ha tomado un índice de partida:

1 Kwh/Hab para 1976 ; y

12 - 15 Kwh/Hab para 1.990

y para las zonas urbanas un promedio entre 10 y 30 Kwh/Hb/año.

2.2.4. Pérdidas de Energía

Para las zonas con servicio se calcula con la fórmula:

$$\text{Pérdidas \%} = \frac{E_g - E_f}{E_g} \times 100$$

donde:

E_g : Energía generada

E_f : Energía facturada

pérdidas que se producen por pérdidas de Joule, producidas en las subestaciones de transformación, en la transmisión, Redes de Distribución, y por "Robos".

Pérdidas aceptables a nuestro medio son:

Transformación: 0.5 %

Transmisión : 5-7 %

Distribución : 5-7 %

Es decir, en nuestros sistemas las pérdidas no deben exceder el 15%.

Para las zonas rurales tendremos que considerar, según INECCEL-ESPOL las siguientes pérdidas:

<u>AÑO</u>	<u>TASA</u>
1.976	30 %
1.990	16 %

2.2.5. Factor de Carga

Para las zonas con servicio eléctrico, se determina con la relación:

$$F_c = \frac{\text{Demanda Media}}{\text{Demanda Máxima}}$$

Energía = Demanda media x tiempo

$$\therefore \text{factor de carga } F_c = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo x Demanda Máxima}}$$

Los factores de carga considerados para las zonas rurales serán:

	Año 1978	Año 1990
CABECERAS PARROQUIALES (alumbrado y comercial)	20%	25-30%

	Año 1978	Año 1990
CABECERAS PARROQUIALES		
(alumbrado comercial e industrial)	20%	30 - 35%
Netamente Rurales	20%	20 - 25%

Con todas estas tasas, realizaremos nuestra proyección, y dadas las características del medio estableceremos una proyección a largo plazo (más de 10 años) es decir, hasta 1.990 fecha en que estará netamente definida la estructura eléctrica del País.

2.2.5.1. Encuesta Agro-Industrial

La Encuesta Industrial se llevó a cabo de la siguiente manera, utilizando para ello el formato implantado en el texto: "Metodología de Estudio de Mercado de Energía Eléctrica".

ENCUESTA INDUSTRIAL:

1. Nombre de la Industria: Finca "La María"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicación: : Frente a parroquia Balao
- Propietario : Sr. Arturo Aguayo Pozo
- Valor de la Inversión : S/. 415.000,00
- Producción : Siembra de Banano en un área de 100 Ha.
- Horas de trabajo al año: 1.440

- Capacidad a instalar : 8 kilowatios para alumbrado de finca y Máquinas de Empacadoras mas 100 Hp. en motores de Bomba de agua.
- Tipo de Generación : Propia Térmica
- Ampliaciones Futuras : Solo la decidirá con el paso de la línea por los terrenos de la Finca.
- Observaciones : Datos como números de trabajadores, programas de expansión, etc. Todos los censados se abstuvieron de comentar al respecto. El valor de la inversión se refiere a los generadores y motores eléctricos.
2. Nombre de la Industria : Finca "Carolina"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicación : 2 Km. al sur de Balao
- Propietario : Sr. José Carrión
- Valor de la Inversión : S/. 415.000,00
- Producción : Siembra de Banao en un área de 200 Ha.
- Horas de trabajo al año : 1.440

- Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado de -
finca y Máquina de Empa-
cadora mas 100 HP en mo-
tores de agua.
- Tipo de generación : Propia - térmica
- Ampliaciones futuras : Decidirá con el paso de
la línea eléctrica cerca
de la finca.
3. Nombre de la Industria : Finca "San Vicente"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicación : 4 Km. al sur de Balao (Co-
lindante con finca Caroli-
na).
- Propietario : Sr. Amado Benites
- Valor de la Inversión : S/. 415.000,00
- Producción : Siembra de Banano en un á
rea de 50 Ha.
- Horas de trabajo al año : 1.440
- Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado de fin-
ca y máquinas empacadoras
más 100 HP en motores de
bomba de agua.
- Tipo de Generación : Propia - térmica
- Ampliaciones Futuras : No lo tiene proyectado

4. Nombre de la Industria : Finca "Pangola"
Tipo : Cultivo de banano
Ubicación : 2 Km. al Norte de la Parroquia Tenguel.
Propietario : Sr. Carlos Moscoso
Valor de la Inversión : S/. 415.000,00
Producción : Siembra de Banano en un área de 100 Ha.
Horas de trabajo al año : 1.440
Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado de finca mas 100 HP en motores para bombas de agua.
Tipo de generación : Propia-Térmica.
Ampliaciones futuras : Dependerá de zona de producción sean fértiles.
5. Nombre de la Industria : Finca "La Esperanza"
Tipo : Cultivo de Banano
Ubicación : 23 Km. al sur de Naranjal
Propietario : Sr. Víctor Ramón A.
Valor de la inversión : S/. 415.000,00
Producción : Siembra de banano en un área de 200 Ha.
Horas de trabajo al año : 1.440
Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado de finca y máquinas de empacado ra más 100 HP en motores

		de bomba de agua.
Tipo de Generación	:	Propia - Térmica
Ampliaciones Futuras	:	Sin proyección.
6. Nombre de la Industria	:	Finca "Texas"
Tipo	:	Cultivo de Banano
Ubicación	:	2 Km. a la entrada de carretera Machala-Naranjal a la población de Balao.
Propietario	:	Boanerges Percivas
Valor de la inversión	:	S/ 1'200.000,00
Producción	:	Siembra de bano en área de 495 Ha.
Horas de trabajo al año	:	1.440
Capacidad a instalar	:	30 KW (2 x 15) para dos centros de empaque y 280 (140 x 2) HP para motores de bombas de agua.
Tipo de generación	:	Propia-térmica
Ampliaciones futuras	:	Decidirá en 2 años
7. Nombre de la Industria	:	Finca "Luz Belén"
Tipo	:	Cultivo de Banano
Ubicación	:	Colindante con la parte sur de la Hda. Carolina
Propietario	:	Sr. Vittorio Rizzo P.

Valor de la Inversión	:	S/. 450.000,00
Capacidad a Instalar	:	15 KW para la finca y em pacadora, más 100 HP en motores para Bombas de <u>a</u> gua.
Típos de generación	:	Propia-Térmica
Horas de trabajo al año	:	1.440
Ampliaciones futuras	:	Para dentro de 4 años.
8. Nombre de la Industria	:	Finca "Italia".
Típo	:	Cultivo de Banano
Ubicación	:	2 Km. al sur del desvío para la entrada a la pa rroquia Balao.
Propietarios	:	Srs. Barriga-Muñoz-Bar- zallo.
Valor de la Inversión	:	S/. 1'800.000,00
Producción	:	Siembra de banano en un área de 500 Ha.
Horas de trabajo al año	:	1.440
Capacidad a instalar	:	45 (15 x 3) KW para 3 centros de carga, es <u>de</u> cir, carga de Haciendas y Empacadoras mas 420 (120 x 3) HP en motores para bombas de agua.

- Tipo de generación : Propia-Térmica
- Ampliaciones futuras : Dependerá del fruto de la inversión.
9. Nombre de la Industria : Finca "El Carmen"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicación : 13 Km. al sur de Naranjal
- Propietario : Sr. Pedro Zambrano J.
- Valor de la inversión : S/. 415.000,00
- Producción : Siembra de banano en un área de 150 Ha.
- Horas de trabajo al año : 1.440
- Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado en la finca y empacadora mas 100 HP en motores para bomba de agua.
- Tipo de Generación : Propia-Térmica
- Ampliaciones futuras : Sin proyecciones
10. Nombre de la Industria : Finca "Recta Vieja"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicación : 2 Km. al N.E. de la parroquia Balao.
- Propietario : Sr. N.N. (No se indagó)
- Valor de la inversión : S/. 415.000,00
- Producción : Siembra de banano en un área de 150 Ha.
- Horas de trabajo al año : 1.440

- Capacidad a instalar : 8 KW para alumbrado de la finca y empacadora, mas - 100 HP en motores para bomba de agua.
- Tipo de generaci3n : Propia-T3rmica.
- Ampliaciones futuras : Duplicar3 en 3 a3os si es que llega la l3nea el3ctrica.

- 11. Nombre de la Industria : Finca "Santa Rita"
- Tipo : Cultivo de Banano
- Ubicaci3n : Al sur (colindante) de la Finca Texas.
- Valor de la inversi3n : S/. 1'200.000,00
- Producci3n : Siembra de banano en un 3rea de 600 Ha.

- Propietario : No se indag3.
- Horas de trabajo al a3o : 1.440
- Capacidad a instalar : 30 (2 x 15) KW para 2 centros de carga y 280 (140 x 2) HP para 2 centros de irrigaci3n de las plantaciones.

- Tipo de generaci3n : Propia-T3rmica
- Ampliaciones futuras : Indecisi3n en futuras inversiones.

- 12. Nombre de la Industria : Finca "Santa Carla"

Tipo	:	Cultivo de banano
Ubicación	:	20 Kms. al sur de Naranjal
Propietario	:	Standard Fruit
Valor de la inversión	:	S/. 1'800.000,00
Producción	:	Siembra de Banano en un área de 1.200 Ha.
Horas de trabajo	:	1.440
Capacidad a instalar	:	45 KW en casa de Hacienda y 2 empacadoras más 420 HP en bombas de agua.
Tipo de Generación	:	Propia-Térmica

2.3. DETERMINACION DE LA CARGA DE DISEÑO

2.3.1. Zonificación

Tal como lo manifestáramos anteriormente, efectuaremos 2 proyecciones similares, la de las zonas "URBANAS" de nuestra ruta; y, la de la zona rural que se está industrializando.

La zona urbana estará dividida en 2 subzonas:

- Area Naranjal
- Area Balao-Tenguel

Para esta zona utilizaremos los datos por el INECEL y por la Oficina de Censos y Estadísticas.

Para la proyección final con las cargas obtenidas de nuestra encuesta (Haciendas, Fincas), la llamaremos Proyección Agro-Industrial de las mismas a partir del año 1.976 fecha del estudio realizado.

Con estos antecedentes, haremos 2 sectores de las 4 zonas anteriormente establecido: Sector 1º - que comprenderá las zonas 1 y 2, es decir, la de las áreas de Tenguel y Balao, y el sector N° 2, que comprenderá las zonas 3 y 4, es decir, el área de Naranjal.

A priori, aclararemos que según conversaciones con el Director Ejecutivo del Programa Nacional de la Caña de Azúcar, Ing. Edgar Marcos, está en estudio de factibilidad el Montaje (para el año de 1.980) de un Ingenio Azucarero en el sector de Tenguel con capacidad para 2.700 KW. Esta carga no definitiva pero que tendrá que considerar como posible segura.

Igualmente, en conversaciones con el Ing. Víctor Jácome del CENDES existen inquietudes de industriales en dicha zona para montaje de fábrica de elaboración de derivados del

cacao, esto como mas específico, pero que en todo caso no ha llegado mas que inquietud.

Dado lo anotado estableceremos una tasa de crecimiento similar a la de la población, aunque será menor dado que las características de las mismas, no acepta tales incrementos, pero dado el hecho de que al estar funcionando estos nuevos centros de carga acudirán a ellos elemento humano para mano de obra, que talvez obligue a un incremento de capacidad a los propietarios de las Fincas y Haciendas.

A partir de 1.986, las zonas actuales estarán saturadas y se efectuarán nuevas inversiones, que no se conoce a ciencia cierta ni será menor, igual o mayor a los recién montados.

Dadas las circunstancias que motivaron las actuales - inversiones (EMELORO solicitó S/. 10'000.000,00) para la construcción de la línea 69 KV Machala-Balao es probable según expresiones de los usuarios que parte del equipo instalado en la actualidad se utilice en las otras zonas a cultivar, y que estarán más lejos de los centros actuales, por lo que el rubro de inversión por construir las nuevas Líneas alimentadoras, ellos la eliminarían momentáneamente utilizando los grupos actuales de generación

y, de esa manera aprovechar ese dinero en abono y cultivo de tierra.

Con el panorama completamente expuesto, vamos a establecer la proyección actual y final de la zona, con datos ya descritos anteriormente.

2. 4. POLITICA GUBERNAMENTAL DE LA ZONA

El hecho que motivó fundamentalmente la elaboración del presente trabajo fue la solicitud, por parte de la Standard Fruit Company, a la Empresa Eléctrica de El Oro, en Machala (EMELORO) de la necesidad de alimentar 1.345 KW, para las cargas antes mencionadas en la zona de Balao.

A priori, y dado la standarización de los niveles de voltaje por parte de INECEL, se determinó la urgencia de un estudio de la zona, que justifique una línea de transmisión a 69 KV.

Llegado a este punto, con este voltaje, se hizo necesario, ampliar el estudio del mercado para abastecer a la zona de Naranjal, para poder alimentar los centros de carga que están ubicados entre Balao y Naranjal.

Dada la situación económica de EMELORO, ésta solicitó

financiación a la Standard, para dicha línea respondiendo ésta última su negativa a tal aportación, por lo que la empresa paralizó el asunto, aún más, dado que los sistemas de Balao y Tenguel, los sostiene INECEL-Guayas no estaba clarificado al panorama de mercado para EMELORO.

Es necesario que, INECEL mire esta línea como una arteria principal en los planes de electrificación para ésta zona, la cual ni INECEL ni las Empresas Eléctricas de la zona se han profundizado en sus necesidades para darse cuenta de lo grave de la situación eléctrica.

2.4.1. Proyección de la Demanda

Partiremos desde el año 1.976 hasta 1.990 es decir 15 años, por lo tanto:

1. Tenemos la proyección efectuada por INECEL de la zona URBANA y RURAL, donde obtenemos los datos de Energía consumida y potencia a requerir (p. 1).
2. Analizaremos zona por zona para establecer la energía que se consumirá en la cual estudiando las horas en que trabajarán las máquinas, obtendremos nuestro factor de carga, por el cual obtendremos nuestra potencia (p.2) de la zona Agro-Industrial.
3. Sumamos $P1 + P2$, obteniendo la potencia total a requerir.

ESTUDIO DE MERCADO
 PROYECCION DE LA DEMANDA DEL SISTEMA GUAYAS-LOS RIOS
 AREA NARANJAL

AÑOS	POBLAC. (miles)	POBLAC. Setv. (%)	HABIT. X Abon.	RESID.	ABONADOS (miles)	CONSUMO (g w h)	ALUMB.	TOTAL	PERD. (%)	ENERGIA (GWH)	F.C. (%)	POTENCIA (MW)		
			COMERC.	RES.	COMER.	INDT.								
1976	37.87	24.5	24.4	1.46	0.25	0.72	0.35	0.41	0.17	1.6	21.5	2.1	31.2	0.77
1977	36.80	26.2	22.8	1.61	0.26	0.82	0.39	0.43	0.18	1.8	20.5	2.3	31.3	0.84
1978	37.76	29.8	20.1	1.87	0.30	1.1	0.46	0.44	0.21	2.2	19.5	2.7	31.0	0.99
1979	38.74	33.2	18.0	2.14	0.34	1.3	0.53	0.69	0.24	2.7	18.8	3.4	31.2	1.2
1980	39.75	36.3	16.5	2.40	0.38	1.5	0.61	0.75	0.28	3.1	18.1	3.8	31.5	1.4
1981	40.81	39.4	15.2	2.68	0.41	1.7	0.68	0.77	0.35	3.5	17.8	4.2	31.6	1.5
1982	41.90	42.6	14.0	2.97	0.45	1.9	0.77	0.80	0.42	3.3	17.6	4.7	31.7	1.7
1983	43.03	46.4	12.9	3.32	0.51	2.1	0.88	0.85	0.47	4.3	17.4	5.2	32.0	1.9
1984	44.18	50.0	11.9	3.68	0.56	2.3	0.99	0.89	0.51	4.7	17.1	5.7	32.2	2.0
1985	45.37	53.9	11.1	4.08	0.62	2.6	1.1	0.92	0.54	5.2	16.9	6.3	32.6	2.0
1986	46.60	57.8	10.3	4.49	0.68	2.9	1.3	0.96	0.58	5.7	16.7	6.9	32.9	2.4
1987	47.89	61.4	9.7	4.90	0.74	3.2	1.4	1.00	0.62	6.27	16.4	7.5	33.1	2.6
1988	49.21	64.5	9.2	5.29	0.80	3.6	1.6	1.04	0.65	6.85	16.1	8.2	33.6	2.8
1989	50.54	67.5	8.8	5.68	0.86	3.9	1.7	1.08	0.68	7.45	15.9	8.9	34.0	3.0
1990	51.88	70.7	8.4	6.11	0.91	4.3	1.9	1.13	0.72	8.11	15.6	9.6	34.4	3.2
ASA %	2.63		10.76		9.29	14.70	16.59	13.76	10.25	14.38		13.32		12.39

PROYECCION SUMA BALAO - TENGUEL

AÑO	POBLAC. (miles)	POBLAC. Serv. (%)	HABIT. ABONADOS X (miles)		CONSUMOS (MWH)		ALUMBR. OTROS	TOTAL	PERD. %	DEMANDA ENERGIA	F.C. %	POTENC. (Kw)		
			ABON. RES.	COMERC.	RESID.	COMER.							INDS.	
1973	33.35	19.3	30.9	1.07	0.20	420.8	141.5	126.0	136.6	825.0	27.9	1145.5	29.9	436.9
1974	34.12	20.3	30.4	1.15	0.21	458.4	155.2	129.7	143.1	886.6	26.0	1199.0	30.1	453.2
1975	34.98	22.7	26.4	1.32	0.23	595.9	294.9	182.9	154.1	1227.9	22.7	1588.7	30.7	590.2
1976	35.87	24.5	24.4	1.46	0.25	719.6	345.2	409.6	169.6	1644.1	21.5	2296.1	31.2	766.4
1977	36.80	26.2	22.8	1.61	0.26	824.7	392.0	425.2	182.8	1824.9	20.5	2296.1	31.3	836.7
1978	37.76	29.8	20.1	1.87	0.30	1054.9	464.8	441.7	205.6	2167.1	19.5	2693.2	31.0	988.6
1979	38.74	33.2	18.0	2.14	0.34	1274.4	534.6	691.2	238.1	2738.5	18.8	3374.5	31.2	1232.6
1980	39.76	36.3	16.5	2.40	0.38	1469.3	605.7	745.9	279.8	3100.8	18.1	3788.3	31.5	1371.6
1981	40.81	39.4	15.2	2.68	0.41	1651.0	683.7	772.2	354.9	3461.9	17.8	4215.1	31.6	1521.9
1982	41.90	42.6	14.0	2.97	0.45	1851.2	768.5	800.0	420.9	3840.7	17.6	4665.0	31.7	1679.7
1983	43.03	46.4	12.9	3.32	0.51	2093.7	875.3	854.5	469.5	4293.1	17.4	5199.7	32.0	1853.5
1984	44.18	50.0	11.9	3.68	0.56	2343.3	988.6	886.9	507.1	4726.0	17.1	5707.0	32.2	1853.5
1985	45.37	53.9	11.1	4.08	0.62	2622.5	1155.4	921.2	544.3	5203.7	16.9	6265.5	32.6	2193.0
1986	46.60	57.8	10.3	4.49	0.68	2927.0	1257.7	957.7	579.6	5722.1	16.7	6869.3	32.9	2382.3
1987	47.89	61.4	9.7	4.90	0.74	3247.9	1414.2	996.5	615.2	6273.9	16.4	7508.3	33.1	2581.6
1988	49.21	64.5	9.2	5.29	0.80	3582.0	1577.8	1037.7	650.3	6848.0	16.1	8169.0	33.6	2774.6
1989	50.54	67.5	8.8	5.68	0.86	3936.8	1748.2	1081.7	684.8	7451.6	15.9	8860.4	33.6	2971.0
1990	51.88	70.7	8.4	6.11	0.91	4332.9	1926.7	1128.7	718.7	8107.7	15.6	9609.1	34.4	3183.6
ASAS	2,63		10,76	9,29	14,70	16,59	13,76	14,38		31,32		12,39		

PROYECCION DE DEMANDA PARA ZONA BALAO-TENGUEL

ANO	PROYEC. INECEL	PROYECCION AGRO-INDUSTRIAL	DEMANDA KW
1976	766.4 KW	747,2 KW	1.513,22
1977	836,7 "	754,6 "	1.591,37
1978	988,6 "	762,14 "	1.750,74
1979	1.232,6 "	769,76 "	2.002,36
1980	1.371,6 "	781,30 "	2.152,90
1981	1.521,9 "	793,01 "	2.314,91
1982	1.679,7 "	804,90 "	2.484,60
1983*	1.853,5 "	2.120,99 "	3.974,49
1984	2.021,6 "	2.837,40 "	4.859,00
1985	2.193,0 "	3.554,14 "	5.747,14
1986**	2.382,3 "	3.725,69 "	6.107,99
1987	2.581,6 "	3.859,69 "	6.441,29
1988	2.774,6 "	3.994,69 "	6.729,29
1989	2.971,0 "	4.955,62 "	7.926,62
1990	3.183,6 "	5.192,43 "	8.376,03

* Entra en funcionamiento 1^o Etapa de Ingenio Azucarero (Carga Especial): en los siguientes dos años que copa su demanda instalada.

** Se inician a las obras de cultivo en las zonas no cultivadas.

PROYECCION DE LA DEMANDA PARA LA ZONA NARANJAL

ANO	PROYEC. INECEL	PROYECCION AGRO-INDUSTRIAL	DEMANDA TOTAL
1976	770	328,33	1.098,33
1977	840	331,28	1.171,29
1978	990	336,24	1.326,24
1979	1.200	341,29	1.541,29
1980	1.400	346,41	1.746,41
1981	1.500	351,60	1.851,60
1982	1.700	358,64	2.058,64
1983	1.900	365,81	2.265,81
1984	2.000	373,12	2.373,12
1985	2.200	380,50	2.580,58
1986	2.400	390,10	2.790,10
1987	2.600	399,85	2.999,85
1988	2.800	409,85	3.209,85
1989	3.000	422,14	3.422,14
1990	3.200	434,81	3.634,48

Cabe indicar que esta proyección, no se ha considerado la explotación de las áreas que no están cultivadas, y es to lo hemos hecho, basados en las aseveraciones de los propietarios de: Sta. Carla Esperanza, Carmen y Balao Chico, en el sentido que dado lo inundable de la zona, no existe ninguna proyección cierta a ningún corto plazo.

Con esta línea cuya demanda real está demostrada, se so
luciona el problema de Electrificación Rural de:

<u>POBLACION</u>	<u>POBLACION</u>	
	<u>Hombres</u>	<u>Mujeres</u>
<u>BALAO</u>	2.326	2.400
Hda. Las Mercedes	224	220
Hda. Sta. Rita	371	360
Hda. La Libertad	237	240
<u>TENGUEL</u>	3.479	3.300
San Rafael	781	800
La Esperanza	295	300
San Francisco	319	300
Israel	215	220
<u>NARANJAL</u>	5.427	5.500
Hda. Matilde	207	200
Hda. Roma	195	200
Hda. Balao Chico	1.284	1.300
Puerto Santa Carla	450	430
Coo. Inagal	560	550
Bola de Oro	306	300
<u>JESUS MARIA</u>	329	330
Hda. San José	376	360
Puerto Inca	222	220
Las Mercedes	295	300
<u>SAN CARLOS</u>	242	240
Tres ranchos	199	200
Puerto Inca	450	430
La Marsella	305	300
Recinto Isla de las Mercedes	660	650
<u>SANTA ROSA DE FLANDES</u>	392	400
Nuevo Porvenir	311	300
Campamento	202	200
Recinto Villa Nueva	386	400
El Trapiche	252	260
	<u>21.228</u>	<u>21.210</u>
		<u>42.498</u>

Es decir, 7.000 abonados que se incorporan a este nuevo sistema.

Esto como primordial elemento, y, paralelo a esto, es la *Tecnificación de la Agro-Industria*.

EMELORO, con el presente estudio realizará inmediatamente ya los estudios definitivos de la línea, para dar inicio a la construcción de la misma.

Prov. Cant. Parroq.	VIVIENDAS				POBLACION		
	TOTAL	Ocup. Pers. Ptes.	Ocup. Pers. Austes.	Deso cupa das.	TOTAL	Hombres	Mujeres
Balao	1414	1266	49	99	7305	4333	2972
Tenguel	1147	1045	46	56	5861	3348	2513
Naranjal	6476	5549	260	667	32000	18901	13099
Area Urb.	1215	1048	64	103	5427	2922	2505
Periferia	1210	1034	63	113	5726	3414	2312
Jesus Ma.	577	535	8	34	2926	1744	1182
San Carlos	701	569	29	103	3209	1816	1393
Sta. Rosa de Flandes	622	515	26	81	3246	1791	1455
Taura	2151	1848	70	233	11466	7214	4252

CAPITULO 3

ESTUDIO DE LA RUTA Y TIPO DE ESTRUCTURA

3.1. SELECCION DE LA RUTA

En el estudio de la ruta que se efectuó en la zona, se lo realizó en común con los técnicos de la Empresa Eléctrica El Oro; se estudiaron posibilidades para ambos lados de la carrera; base para esto constituyeron las cartas geográficas del I.G.M. y planos de Standard Fruit Co.

La zona estudiada presenta una orografía 90% plana, a excepción de pocas elevaciones que en todo caso no afectarán en proporción el diseño de la línea.

La zona presenta caracteres de un 100% de tierra cultivada (banano en su mayoría) y zonas dedicadas al cultivo de hierba para ser utilizadas como potreros.

Los principales centros de carga están comunicados al carretero principal mediante vías o caminos vecinales de construcción permanente para su utilización de invierno esencialmente centros como: Balao, Tenguel. Igual sucede con los recintos y haciendas, pero estos tienen sólo caminos de verano.

Este y otros factores incidieron en que la ruta a seguir por la línea sea del lado izquierdo en la vía Naranjal-Machala, y a 100 mts. del borde del carretero. (Plano IGM-1)

La selección de la ruta se basó además en los siguientes hechos:

- Proximidad del carretero
- Proximidad a los centros de carga
- Criterio de acceso fácil para futuro mantenimiento
- Facilidad de construcción, lo que abarata su costo
- Economía en el trazado (Topografía) de la ruta.

Todos estos criterios incidieron en determinar el trazado tal cual se muestra en el mapa IGM-1.

3.2. SELECCION DEL TIPO DE ESTRUCTURA

Una vez determinada la ruta, se produjeron dos tipos de estructura, las mismas que según los diferentes vanos arrojaron determinadas cantidades de las mismas.

Las estructuras que se utilizarían serían las siguientes:

- Suspensión; y
- Retenida

3.2.1. Estructura de Suspensión

Este tipo de estructura será utilizada en el intermedio de los cortes. No existiendo angulos en el trayecto de los mismos.

El tipo de Suspensión será el de crucetas de hierro con

cadena de aisladores.

Se analizaron y compararon costos para el tipo de "aislador tipo poste" y sus costos eran inferiores, tal como se verá en los cuadros respectivos.

La decisión de adaptar cadena de aisladores se basó en el hecho que la cadena permite vanos mas largos y alivia el poste, lo que no sucede con el "aislador poste" dado que al ser fijo, en caso de rotura del conductor los daños son mayores que los producidos en las estructuras con cadena. Existe un tipo de cruceta giratoria, y, de suspensión giratoria mediante aisladores, pero son de costos muy elevados.

Apoyo aún más el hecho de que la Empresa Eléctrica "El Oro", construirá con cadena de aisladores.

3.2.2. Estructura Retenida

En el trazado de la ruta, se adoptó el criterio de efectuar corte cada 2.500 mts. y esto por las siguientes razones:

- Longitud del conductor empacado (9.670 pies)
- Menor cantidad de estructuras terminales

Al respecto obtuvimos 3 tipos de Retenidas

1. Retenida sencilla
2. Retenida doble
3. Retenida angular

1. Retenida sencilla:

Es la utilizada tanto en el arranque como en la inicial.

2. Retenida doble: (0-5°)

Es la utilizada en los cortes rectos, o sea cada 2.500 mts.

3. Retenida angular: (0 - 30°)

Es la utilizada en los cortes debido a cambio de ruta de ángulos fuertes.

Se adoptó el criterio de no ser más de 30° el máximo ángulo de giro de la línea. Este es un criterio basado en experiencia de campo.

El cuadro (III-1) siguiente nos muestra para cada vano el número de estructuras en sus diferentes tipos.

C U A D R O III-1

<u>VANO</u>	<u>ESTRUCTURA</u>	<u>CANTIDAD</u>
150	Suspensión	505
	Retenida doble	34
	Retenida angular	21
200	Suspensión	365
	Retenida doble	34
	Retenida angular	21
250	Suspensión	281
	Retenida doble	34
	Retenida angular	21
300	Suspensión	225
	Retenida doble	34
	Retenida angular	21
350	Suspensión	185
	Retenida doble	34
	Retenida angular	21

CAPITULO 4

AISLAMIENTO Y PUESTA A TIERRA DE LA LINEA

4.1. NIVELES DE AISLAMIENTO DE LA LINEA

La aislación de una línea de transmisión está determinada por las sollicitaciones eléctricas a que está sometida meteorológicas y ambientales de la zona por donde se cruza.

El criterio que se establece es que la aislación debe ser suficiente que permita una operación tal que signifique la menor cantidad de interrupciones del servicio.

Para el cálculo del aislamiento, lo efectuaremos mediante la obtención de los siguientes datos:

DATOS:

Longitud	84 Km.
Nº Estructura (Según Capac.)	336
Altura sobre nivel del mar hasta	1000 mt.
Humedad relativa promedio	80 %
Temperatura promedio	25°
Nivel isokeraunico máximo (mapa INECEL)	10

4.1.1. Aislamiento para sobre-tensiones a frecuencia Industrial

$$V_{mx} = K1 \times K2 \times \frac{V\ell}{\sqrt{3}} \quad (4-1)$$

Donde:

V_{mx} = Tensión máxima fase a tierra

$K1$ = Factor de sobre tensión que varía entre 1.4-2.

$K2$ = Factor por regulación de tensión y que varía máximo un 10%.

$K1 = 1.45$ (T y D)

Luego:

$$V_{mx} = 1.45 \times 1.1 \times \frac{69}{\sqrt{3}}$$

$$V_{mx} = 63.6 \text{ KV}$$

Son sobretensiones producidos por fallas en el sistema, desconexiones de carga y efecto FERRANTI. Depende de las características del sistema que la determinan constantes de sobre tensión y regulación de servicio, al valor de tensión de fase a tierra.

4.1.1.1. Influencia de las condiciones Metereológicas

El valor de la sobre tensión a frecuencia industrial deberá corregirse por los siguientes factores:

$$V = V_{mx} \frac{H}{d^n} \quad (4-2)$$

donde:

V = Tensión crítica de descarga bajo ciertas condiciones metereológicas.

V_{mx} = Tensión crítica de descarga bajo condiciones normales.

$n = 1$, para líneas de tensión igual o inferior a 220 KV.

$d =$ densidad relativa del aire.

$$d = \frac{3,92 \times b}{273 + t}$$

donde:

$b =$ presión atmosférica (cm Hg)

$t =$ Temperatura ambiente

$H =$ Factor de corrección por efecto de la humedad

De la tabla II

$$d = 0.886$$

Para buscar H :

Para 25° C y 80% de humedad relativa se tiene:

0,37 lbs/pulg² de presión de vapor de agua.

$$= 19,12 \text{ mm Hg}/25,4$$

$$= 0,753 \text{ presión de vapor pulg. de Hg.}$$

Del cuadro 4-1

$$H = 0,97$$

$$\text{Luego: } V = 63.6 \times \frac{0.97}{0.886}$$

$$V = 69.63 \text{ KV}$$

Se ha encontrado experimentalmente que para las sobretensiones a frecuencia industrial, el valor de la desviación

normal es el orden del 2% de la tensión crítica (o sea un 98% de seguridad como promedio) por lo que se tiene la siguiente relación.

$$V_c = \frac{V}{1 - n\sigma} \quad (4-3)$$

Donde:

V = Tensión crítica = 69,63

n = N° de elementos

V_c = Tensión resistividad

σ = Desviación normal para un elemento

Luego del cuadro 4-2 que para 98% de seguridad y 336 estructuras se tiene:

$$n = 3.7$$

Luego:

$$V_c = \frac{69,63}{1 - 3,7 \times 0,02}$$

$$V_c = 75,19 \text{ KV}$$

Con esta tensión vemos en la Tabla III que se necesitan 2 aisladores de 254 mm. de diámetro y 146 mm. de paso.

4.1.2. Aislamiento para sobre-tensiones transientes o de Maniobra

Estas sobretensiones se producen por operación de los interruptores generalmente al desconectar líneas en vacío.

Para el proyecto de la aislación basta considerar lo siguiente:

El valor máximo de la sobretensión transiente no será superior a 2.5. -3 veces el valor de cresta de la tensión máxima de servicio de fase a tierra.

Por lo tanto:

$$V_{st} = K3 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{V}{\sqrt{3}} \cdot K2 \quad (4-4)$$

Donde:

V_{st} = Valor de la sobretensión transiente

$K3$ = Valor máximo para la sobretensión

$K2$ = 2.5

V = Voltaje de línea

Luego:

$$\begin{aligned} V_{st} &= 2.5 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{69}{\sqrt{3}} \cdot 1.1 \\ &= 154.93 \text{ KV} \end{aligned}$$

4.1.1.1. Corrección por condiciones de la zona

Similarmente, el valor de la tensión tendrá que corregirse por:

$$V = V_{st} \cdot \frac{H}{d^m} \quad (4-5)$$

Donde:

V = Tensión crítica de descarga bajo ciertas condiciones meteorológicas.

V_{st} = Valor sobre-tensión transiente.

d = densidad relativa del aire.

m = 1, para cadenas cortas de aisladores

Luego:

$$V = 154.93 \times \frac{0.97}{0.88}$$

$$V = 170.77$$

Por igual desarrollo, y aplicando la (4-3), pero con el criterio, que para las sobre-tensiones transientes, el valor de la desviación normal es del orden del 5% de la tensión crítica.

Reemplazando:

$$V_c = \frac{170.77}{1 - 3.7 \times 0,05}$$

$$V_c = 209,53 \text{ KV}$$

Para las líneas cuya tensión es inferior a 220 KV, la tensión resistida se multiplica por un factor que varía entre 1,2 y 1,25 (es decir 20% y 25% mayor a la sobretensión transiente) para asimilar a los correspondientes de una tensión de impulso de 1,5 x 40 seg.

Luego:

$$V_{ci} = 209,53 \times 1,2 = 251,44$$

Dado que la lluvia reduce la V_{ci} en un máximo de 5% se tendrá:

$$V_{ci} = 251,44 \times 1.05 = 264,01$$

De la Tabla III se necesitarán 3 aisladores.

4.1.3. Aislación en la Estructura

La aislación en la estructura queda definida por el N° del aislador de un diseño dado, y por la distancia en el aire entre conductores y estructura.

Las solicitudes a que puede estar sometida la aislación se ha agrupado de la siguiente manera:

- Solicitaciones producidas en condiciones de servicio normal.
- Solicitaciones producidas por sobretensiones de origen interno.
- Solicitaciones producidas por sobretensiones de origen externo.

4.1.3.1. Solicitaciones producidas en condiciones de servicio normal.

Esencialmente se deben (í es la que determinan el N° de aisladores) a la contaminación atmosférica.

4.1.3.1.1. Contaminación atmosférica

Los aisladores en servicio a la intemperie acumulan sobre su superficie cierta cantidad de material depositados allí por agentes atmosféricos.

Cuando la cantidad depositada es tal que altera el funcionamiento normal de los aisladores se dice que es tos están contaminados.

Para el presente estudio, ubicamos nuestra línea en la zona , de contaminación de clase B, es decir de - clase 1,5 (TABLA 1).

Se ha determinado que para una cantidad constante de contaminación, la tensión máxima en condiciones de ser vicio normal que puede resistir 1 aislador es proporcio nal a su distancia de fuga.

Por lo tanto, de la tabla de los aisladores la distancia de fuga de 1 aislador ANSI 52-3 es = 11,5"

$$O \text{ sea } d_f = 29,2 \text{ cm.}$$

donde: d_f = distancia de fuga

Por lo tanto en N° de aisladores mínimos viene dado por:

$$N^{\circ} = \frac{Vl \times K2 \times K1}{\delta \times d_f} \quad (4-6)$$

Donde:

N° = N° de aisladores

Vl = Voltaje de línea

$K2$ = Factor de regulación de tensión

$K1$ = Factor de sobre-tensión

δ = Densidad relativa del aire

d_f = Distancia de fuga

Luego:

$$N^{\circ} = \frac{69 \times 1,1 \times 1,5}{0,88 \times 29,2}$$

$N^{\circ} \quad 4,43$

Por lo que se necesitan 5 aisladores como mínimos en la estructura a instalar en las cadenas de suspensión.

4.2. USO DEL CABLE DE GUARDA

De las zonas que cruza la línea, y según el mapa de I NECEL, el criterio nuestro es de usar cable de guarda. Al aplicar este hilo en la línea lo primero es analizar las sollicitaciones producidas por sobretensiones eléctricas de origen externo, y estas son debidas a la acción de las descargas atmosféricas.

El criterio básico que normalmente se sigue para proyectar la aislación referente a descargas atmosféricas - consiste en aceptar para la línea en cuestión la probabilidad de un determinado número de perturbaciones anuales ocasionadas por ellas, de acuerdo con la seguridad general del sistema.

4.2.1. Número de Descargas atmosféricas en la Línea

Se ha comprobado que el número de perturbaciones de u na línea es directamente proporcional al número de descargas atmosféricas que caen sobre la línea.

Osea

$$N = \frac{T^1}{10} \quad (4-7)$$

Donde:

N = número anual de descarga atmosféricas

T^1 = Nivel isokeraunico

Ahora, el número de descargas atmosféricas interceptadas por la línea se ha determinado basándose en el ancho del terreno en que se supone que las descargas que caen en esa zona son atraídas por la línea. Por lo tanto

$$N = \frac{T^1}{10} \text{ htr} \quad (4-8)$$

htr = ancho del terreno

$$= 4 h_e + b$$

donde:

$$h_e = h_t - \frac{2}{3} (h_t - h_{cg})$$

h_t = altura del poste

h_{cg} = altura en el medio de la luz del cable de tierra.

b = distancia horizontal entre los cables de tierra que estan a la altura h_{cg}

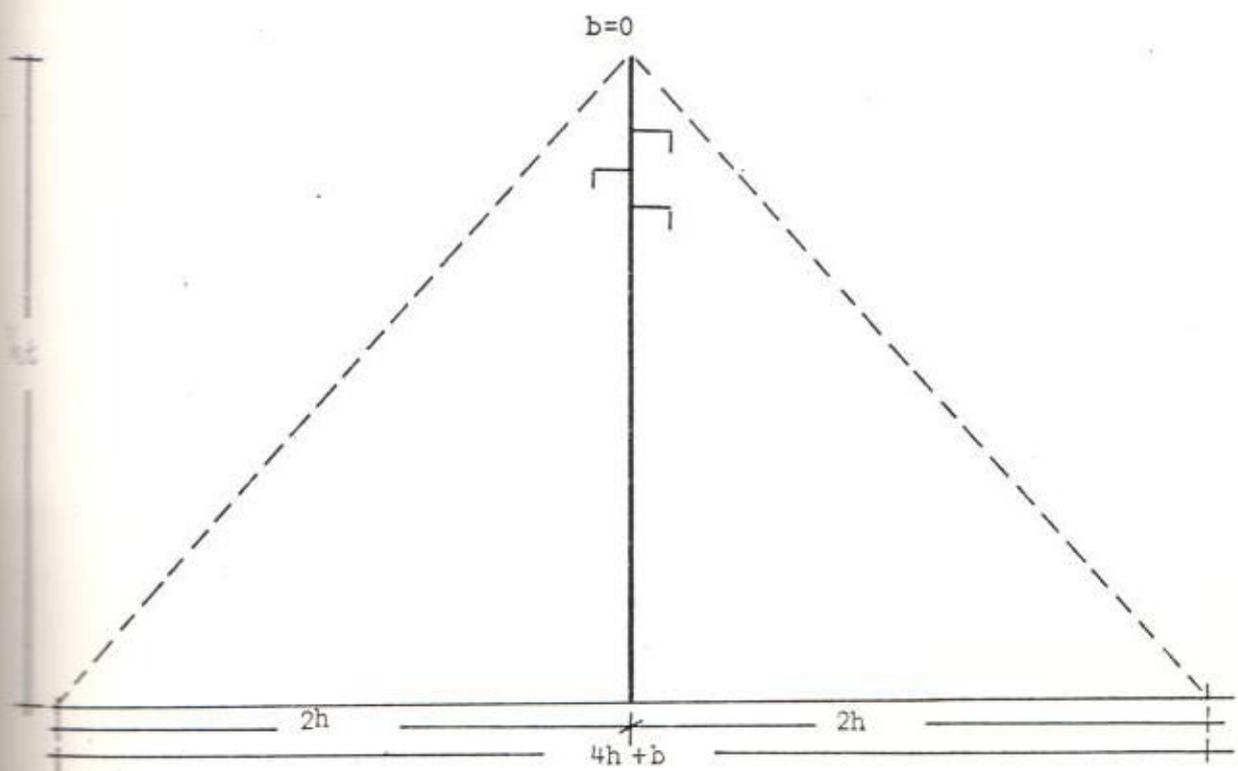


Figura 4-1.

Reemplazando:

$$\begin{aligned}
 h_{cg} &= h_t - f_{cg} \\
 &= 16.67 - 2.89 \\
 &= 13.77
 \end{aligned}$$

Luego:

$$\begin{aligned} h_e &= 16.67 - 0.666 (16.67 - 13.77) \\ &= 9,17 \end{aligned}$$

Luego:

$$N = \frac{10}{100} (4 \times 9,17 + 0)$$

$$N = 3,66 \text{ Descargas/100 Km/año}$$

El ángulo de apantallamiento del hilo de guarda con respecto a la primera fase es de 30° .

Para nuestro poste de 20 mts. la probabilidad de falla (cuadro 4-4) sobre los conductores será de $P_e = 0,035$ por lo tanto las descargas sobre la línea serán:

$$F_L = F_c + F_p \quad (4-9)$$

Donde:

F_L = N° de perturbaciones en la línea/100 Km.

F_c = N° de perturbaciones en el conductor/100 Km.

F_p = N° de perturbaciones en la estructura e hilo de guarda.

donde:

$$F_p = F_L - F_c$$

donde:

$$F_L = P_e \cdot N;$$

Luego:

$$\begin{aligned} FL &= 0.035 \times 3,66 \\ &= 0.1281 \text{ descarga/100 Km/año} \end{aligned}$$

Para una línea de esta magnitud, imponemos el criterio que la falla en la misma no podrá ser más de 3 salidas/100 millas/año salidas que se deberán a:

- Descargas sobre la estructura
- Descarga sobre el hilo de guarda
- Descarga sobre el conductor en el medio vano.

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} FL &= 3 \text{ salidas/100 millas/año} \\ FL &= 1.86 \text{ salidas/100 Km/año} \end{aligned}$$

De donde:

$$\begin{aligned} F_p &= 1.86 - 0.1281 \\ &= 1.73 \text{ salida/100 Km/año} \end{aligned}$$

Ahora, la posibilidad de descargas (P_d) que excedan el nivel de impulso de la aislación.

$$P_d = \frac{2.9 FL}{NL} \quad (4-10)$$

$$P_d = \frac{2.9 \times 1.73}{6.88}$$

$$P_d = 0.72$$

Conociendo P_d , se puede determinar el valor de la corriente mínima IDM de la descarga que provocará F_p , perturbaciones anuales en la aislación.

Para nuestro caso usaremos la curva del Cuadro 4-4.

Donde:

$$IDM = 32 \text{ KA.}$$

Para una probabilidad de 1.7 salidas/100 Km/año.

Por lo tanto, el valor de la tensión que debe ser resistida por el aislamiento para obtener un número F_p de perturbaciones, se expresará de la siguiente manera:

$$VR = K(1 - f_{ac}) R_{pt} \times IDM \quad (4-11)$$

VR = Tensión Resistida por la aislación (KV)

IDM = Corriente mínima de descarga (KA)

R_{pt} = Resistencia de puesta a tierra de la estructura.

La constante $K = 0.9$ considera la disminución del valor de la resistencia de puesta a tierra al ser sometida a 1 impulso de corriente y el efecto de acoplamiento entre conductores y cables de tierra.

$$F_{ac} = \frac{60}{Zn} \ln \frac{b}{a} \quad (4-12)$$

a = Distancia del conductor al cable de guarda

b = Distancia del conductor a la imagen del cable de guarda

Z = Impedancia característica del cable de guarda = 500 Ω

$$a = 2.80$$

$$b = 16.67 + (16.67 - 2.80)$$

$$b = 30.54$$

Luego:

$$f_{ac} = \frac{60}{500} \quad \ln \frac{30.54}{2.80}$$

$$f_{ac} = 0,28$$

Al tener 5 aisladores:

$$VI = 525 \text{ KV}$$

Sabemos que:

$$VR = \frac{VI}{T} \times \delta$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} VR &= 525 \times 0.886 \\ &= 465,15 \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$R_{pt} = \frac{465,15}{0.9(1-0,28) \times 32} = 22,43 \text{ ohmios}$$

Luego, la R máxima de las puestas a tierra no deberá exceder de 22.43 ohmios.

4.3. PUESTA A TIERRA DE LA LINEA

Con el valor obtenido de la Resistencia de cada puesta a tierra, podemos ya obtener el número de varillas de puesta a tierra por estructura.

Para esto sabemos que la resistencia de una forma de tierra viene determinada por la forma y dimensiones del electrodo y por la resistencia del suelo.

Para una varilla clavada verticalmente de longitud l y diámetro d el valor de la resistencia entre el conductor de acero y un poste lejano cualquier viene dado por:

$$R = \frac{2.3 \log l/d}{2 \pi l} \quad (4-13)$$

Del mapa de INECEL, de las medidas de Resistividad tomadas a lo largo de la ruta de la línea de transmisión, objeto de este estudio, tenemos como valor mínimo de 30 ohmio/metro.

A este valor lo multiplicamos por un factor de seguridad 2, tendremos que la resistividad será de 60 ohmios/metro, y que es el valor promedio de todas las lecturas tomadas a lo largo de esta ruta.

Con este valor y utilizando varillas de copper weld de 5/8" de diámetro por 8' de longitud, tendremos una resistencia:

$$R = \frac{60 \times 2.3 \times \log \times \frac{2.42}{0.015875}}{2 \pi 2.42}$$

$$R = 19.81 \text{ ohmios}$$

El valor máximo posible utilizando una varilla de puesta a tierra resulta ser 19,81 ohmios valor inferior a 22.43 ohmios, que dá como resultado máximo permitido, el cálculo realizado para las condiciones de aislamiento o descargas atmosféricas de las líneas de transmisión.

Por lo tanto bastará una toma de tierra por estructura.

TABLA I

GRADO DE CONTAMINACION		CLASE
- Atmósfera clara, sin contaminación	1,20	A
- Atmósfera con poca contaminación	1,50	B
- Atmósfera con contaminación intermedia Zonas con actividad agrícola e industrial	1,90	C
- Atmósfera con alta contaminación. Zonas con industrias químicas, de cemento, o en cercanías del océano	2,50	D

TABLA II

VALORES DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL
AIRE

Altitud (m)	Presión baro métrica, <i>b</i> (cm Hg)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)				
		10	15	20	25	30
0	76,0	1,052	1,034	1,018	1,000	0,985
150	74,7	1,035	1,017	1,000	0,982	0,968
300	74,4	1,016	0,998	0,982	0,965	0,950
600	70,7	0,980	0,964	0,946	0,930	0,915
1000	67,4	0,934	0,916	0,902	0,886	0,872
1500	63,5	0,880	0,865	0,850	0,835	0,822
2000	59,7	0,827	0,804	0,799	0,785	0,774
2500	56,1	0,777	0,764	0,751	0,738	0,726
3000	52,5	0,730	0,716	0,705	0,692	0,681
3500	49,2	0,681	0,670	0,658	0,646	0,636
4000	46,0	0,636	0,626	0,615	0,605	0,595

TABLA III
TENSIONES CRITICAS DE AISLADORES DE SUSPENSION DE 254 m. DE
DIAMETRO y 146 mm. DE PASO

Nº	AISLADORES NORMALES				AISLADORES TIPO NEBLINA			
	Frecuencia Industrial		Impulso		Frecuencia Industrial		Impulso	
	Seco	Húmedo	+	-	Seco	Húmedo	+	-
1	80	50	125	130	100	60	195	180
2	155	90	255	255	160	95	290	270
3	215	130	355	345	220	130	380	355
4	270	170	440	415	275	165	475	435
5	325	215	525	495	335	200	570	520
6	380	255	610	585	390	235	675	605
7	435	295	695	670	440	270	750	690
8	485	335	780	760	490	305	835	775
9	540	375	860	845	540	335	920	860
10	590	415	945	930	590	365	1005	950
11	640	455	1025	1015	635	395	1090	1040
12	690	490	1105	1105	680	425	1175	1130
13	735	525	1185	1190	730	455	1260	1220
14	785	565	1265	1275	775	480	1345	1310
15	830	600	1345	1360	820	505	1430	1400
16	875	635	1245	1440	865	530	1515	1490
17	920	670	1505	1530	910	555	1600	1585
18	965	705	1585	1615	955	580	1685	1670
19	1010	740	1665	1700	1000	605	1770	1755
20	1055	775	1745	1785	1040	625	1850	1840
21	1110	810	1825	1870	1080	645	1930	1925
22	1145	845	1905	1955	1115	665	2010	2010
23	1190	880	1985	2040	1150	685	2090	2095
24	1235	915	2065	2125	1185	705	2170	2180
25	1280	950	2145	2210	1220	720	2250	2265

4.4. CALCULO DE PERDIDAS

4.4.1. Pérdidas de Potencia

En una línea de transmisión considerando su circuito π equivalente, las pérdidas reales de efecto JOULE, por fase, de acuerdo a la figura son:

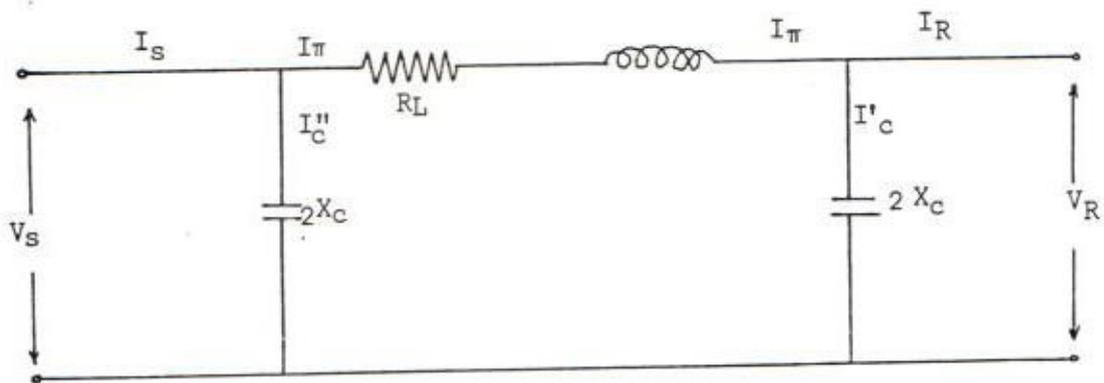


Figura 4-2

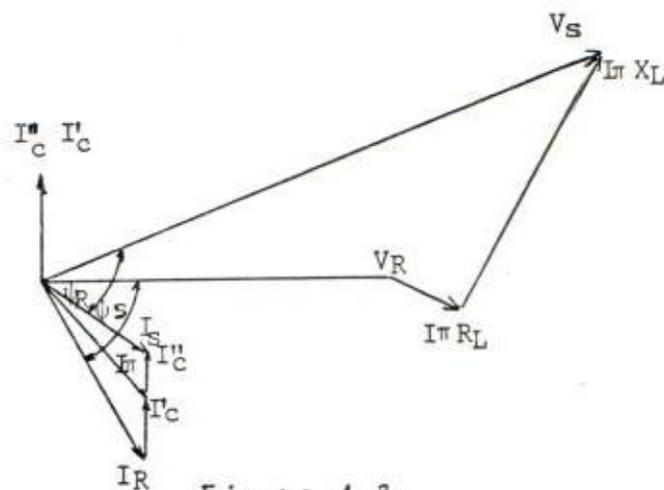


Figura 4-3.

$$P_{1\phi} = V_s I_s \cos \psi_s = V_R I_R \cos \psi_R$$

Asumiendo despreciable la capacitancia de la línea, las pérdidas reales por fase son:

$$P_{1\phi} = I_{mx}^2 \times R \quad (4-14)$$

Y las pérdidas totales

$$P_{3\phi} = 3 \times I_{mx}^2 \times R \times 10^{-3} \quad (4-15)$$

Donde:

$P_{3\phi}$ = Pérdidas de potencia 3 ϕ en Kw/milla

I_{mx} = Corriente debida a la potencia máxima a transmitirse en amp.

R = Resistencia efectiva de un conductor a la temperatura que se supone va a operar el conductor en Ω /milla.

La corriente máxima es igual a:

$$I_{mx} = \frac{P_{mx}}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot \cos \psi} \quad (4-16)$$

Donde:

P_{mx} = Potencia máxima a transmitirse en KW

KV = Voltaje de la línea en KV

$\cos \psi$ = Factor de potencia

4.4.2. Pérdidas de Energía

Es necesario evaluar las pérdidas anuales en la línea para lo cual, en vista de que generalmente se ven de la

energía en bloque se acude a un tipo de tarifa de demanda máxima.

Las pérdidas de energía anuales se pueden determinar exactamente solo a partir de la carga de días típicos, en el año en consideración. Para nuestro caso y asumiendo condiciones normales, un cálculo aproximado en base de factor de carga suele ser adecuado.

Utilizaremos el factor de carga de cada año, obteniendo en el capítulo 2º para la proyección de la demanda.

Por lo tanto, y en vista de que las pérdidas de energía trifásicas en KW H/milla/año de una línea son:

$$P_e = 3 I^2 m x. R. h_{eq} - 10^{-3} \quad (4-17)$$

En donde:

h_{eq} = horas equivalentes del año

$h_{eq} = \lambda \times 8760$ (horas)

En donde, λ es el llamado "factor de pérdidas" que es función del factor de carga, que según H. Waddicor en "The Principles of Electric Power Transmission" se lo puede tomar como:

$$\lambda = 0.7 f^2 c + 0.3 f c \quad (4-18)$$

Valor que también se lo requiere para cada uno de los

n años a que se va a considerar la línea de transmisión.

Expresando matemáticamente el precio efectivo de las pérdidas anuales por Kwh será:

$$\text{S/. KWH} = \frac{q}{8760 \times \lambda} + \frac{\kappa}{1000}$$

Donde:

q = S/. por KWH

λ = Factor de pérdidas

κ = S/. por MWH

Todo este valor, la Empresa Eléctrica El Oro, lo factura en S/. 0.70/KWH.

4.4.3. Pérdida por Efecto Corona

4.4.3.1. Formación de Corona

Cuando entre dos conductores existe un potencial diferente, se produce un campo eléctrico en el aire y alrededor de los conductores.

Si el gradiente de potencial de este campo excede la rigidez dieléctrica del aire, el mismo que a pesar de ser un buen aislante no es perfecto, debido principalmente a que en el aire, hay siempre presentes un pequeño número de iones y electrones (como resultado de efectos como: la Radiación ultravioleta del sol, rayos cósmicos, radioactividad del suelo, etc.) los cuales son repelidos y atraídos a gran

des velocidades por el conductor produciéndose así, nuevos iones por colisión.

Esto es lo que se conoce como una descarga de corona y este nombre es debido a que la ionización es acompañada de un fenómeno luminoso alrededor del conductor.

Además los iones producidos por corona dan lugar a cargas especiales que se mueven alrededor gracias al cambio de corriente alterna, pero la energía necesaria para este movimiento es tomada del conductor, consecuentemente esto constituye pérdidas para la línea de transmisión y son las llamadas "Pérdidas por efecto CORONA".

Este efecto corona, se origina además de en los conductores, en los aisladores y accesorios de las líneas y produce en el espacio ionizado cercano a dichos elementos, una serie de cargas parciales que se traducen en impulsos de corrientes sucesivos caracterizados por frente de ondas escarpados y a alta frecuencia.

Estos impulsos son a su vez causas de interferencias en frecuencias que van de unos 200 HHz a 10.000 KHz, o sea que afectarán la banda normal de transmisión de radiodifusión en amplitud modulada (550 a 1.700 KHz) y eventualmente las transmisiones por onda portadora (carrier).

Del estudio V. Dávila, las pérdidas por efecto corona

son nulas para la línea 138 KV.: Pucará - Quito, despreciado nosotros igualmente estas pérdidas.

4.4.4. Cálculo de Pérdidas

Las pérdidas las obtendremos de acuerdo a lo desarrollado anteriormente, es decir, obtener las pérdidas de potencia, para lograr las pérdidas de energía, y ese valor multiplicarlo por el costo del KWH que factura la Empresa.

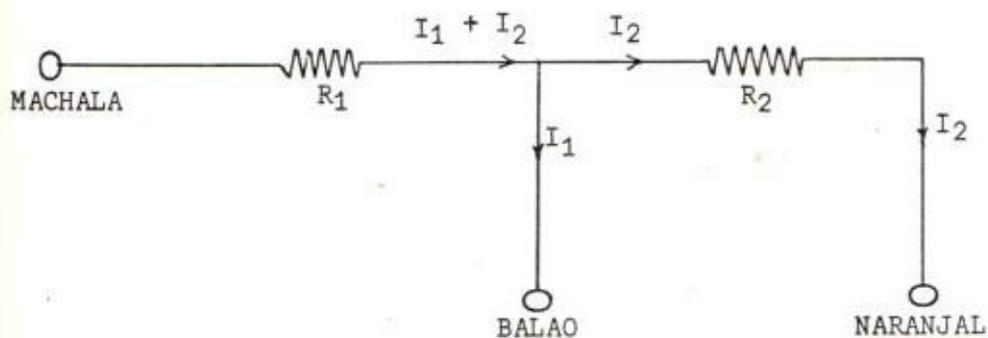
El valor en sucres obtenido en cada año, traerlo a valor presente.

Como la línea tiene dos tomas, y para la zona de Tenguel, y otra para la zona de Naranjal, para el cálculo de pérdidas vamos a suponer toda la carga concentrada en Balao, ya que por el 1º tramo de línea circulará una intensidad de corriente igual a $I_1 + I_2$, llamando a I_1 , a la corriente debida a la carga propia de Balao e I_2 a la intensidad de corriente debida a la carga en Naranjal.

A las pérdidas $(I_1 + I_2)^2 \times R_1$ le sumaremos las pérdidas debida a la corriente que alimenta la carga de Naranjal y que tiene como valor: $I_2^2 R_2$.

Ver Tablas 4-1 a 4-4

Figura 4-4



Donde:

Para el 477 MCM - MAWK

R conductor = 0.1922 / milla

= 0.1194 / Km

l1 = 53 Km.

l2 = 31 Km.

R1 = 6.3282

R2 = 3,70

La carga total debida a la toma: Balao - Naranjal será, para el 1º año:

$$1.513,22 + 1.098,33 = 2.611,55 \text{ KW}$$

Donde la pérdida de potencia será:

$$P1 = 3 I_{t1}^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \text{ KW}$$

Donde:

I_{t1} = Corriente total debida a la 2 carga en ese punto.

Luego:

$$I_{t1} = \frac{2.611,55}{\sqrt{3} \times 69 \times 0.85}$$

$$= 25,7 \text{ Amp.}$$

Luego:

$$P1 = 3 \times (25,7)^2 \times 6.3282$$

$$P1 = 12.547,02 \text{ Kw}$$

Las pérdidas de energía serán:

$$Pet = 3 \cdot I_{t1}^2 \cdot R \cdot h \cdot eq$$

Donde:

$$heq = \lambda \times 8.760$$

$$= |0.7 (0.25)^2 + 0.3(0.25)| \times 8.760$$

$$= 1.040,25$$

Luego:

$$Pet = 12.547,02 \times 1040,25$$

$$= 13.052 \text{ KWH}$$

A razón de S/. 0.7 C/KWH será:

Pérdidas en sucres: S/. 9.136,42

El valor obtenido de pérdidas en cada año deberá ser traído a valor presente, es decir lo que tendría que tener en la actualidad, para que a un determinado porcentaje (8%) me resulte el valor en n años.

Para esto aplicamos la fórmula del valor presente:

$$V_p = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde:

V_p = Valor presente

i = Interés a cargar al proyecto.

n = N° del año.

De las conversaciones con personeros de EMELORO el interés a cargar al proyecto, será del 8%, que es el resultante para ellos de los préstamos adquiridos.

CUADRO DE PERDIDAS DE POTENCIA Y ENERGIA PARA EL TRAMO: MACHALA BALAO CONDUCTOR
477 MCM HAOK.

<u>ANO</u>	<u>CARGA TOTAL</u>	<u>PERDIDAS POTENCIA</u>	<u>PERDIDA ENERGIA.</u>
1976	2611,55	12.547	13.052,64
1977	2762,66	14,041	14.606,18
1978	3076,98	17,417	18.118,87
1979	3543,65	23.101	24.030,81
1980	3899,31	27.971,	29.097,61
1981	4166,51	31,396	33.222,07
1982	4543,24	37,973	39.501,46
1983	6240,30	71,639	74.523,42
1984	7232,12	96,222	100.095,17
1985	8327,72	127,584	132.719,31
1986	8898,09	145,659	151.521,19
1987	9441,14	162,980	170.581,04
1988	9979,14	183,202	190.575,96
1989	11348,76	236,941	246.478,31
1990	12010,51	265,379	276.060,82

Tabla 4-1

CUADRO PERDIDAS POTENCIA Y ENERGIA TRAMO BALAO-NARANJAL CONDUCTOR 477 MCM HAWK

<u>ANO</u>	<u>CARGA</u>	<u>PERDIDA POTENCIA.</u>	<u>PERDIDA ENERGIA .</u>
1976	1.098,33	1,29	1.349,80
1977	1.171,29	1,47	1.535,08
1978	1.326,24	1,89	1.968,10
1979	1.541,29	2,55	2.658,10
1980	1.746,41	3,28	3.412,68
1981	1.851,60	3,68	3.836,16
1982	2.058,64	4,55	4.742,02
1983	2.265,81	5,52	5.744,47
1984	2.373,12	6,05	6.301,47
1985	2.580,58	7,16	7.451,40
1986	2.790,10	8,37	8.710,49
1987	2.999,85	9,67	10.069,37
1988	3.209,85	11,08	11.528,41
1989	3.422,14	12,59	13.103,85
1990	3.634,48	14,20	14.780,46

Tabla 4-2

CUADRO PERDIDAS SUCRES-PARCIALES Y TOTALES- VALOR PRESENTE MACHALA-NARANJAL

CONDUCTOR 477 MCM-HAWK.

ANO	MACHALA BALAO.	BALAO NARANJAL.	PERDIDAS TOTALES.	VALOR PRESENTE
1976	9.136,43	944,85	10.081,28	9.334,51
1977	10.224,32	1.074,55	11.298,87	9.686,95
1978	12.683,21	1.377,67	14.060,88	11.161,97
1979	16.821,57	1.860,67	18.682,24	13.732,00
1980	20.368,21	2.388,87	22.757,20	15.488,16
1981	23.255,45	2.685,31	25.940,76	16.347,07
1982	27.651,02	3.319,42	30.970,44	18.070,95
1983	52.166,62	4.021,12	56.187,50	30.356,36
1984	70.066,62	4.410,99	74.477,61	37.257,34
1985	92.903,34	5.215,98	98.119,49	45.448,30
1986	106.065,34	6.097,34	112.162,68	48.104,65
1987	119.406,72	7.048,56	126.455,28	50.217,13
1988	133.403,17	8.069,89	141.473,06	52.019,57
1989	172.534,81	9.172,69	181.707,50	61.864,32
1990	193.242,57	10.346,32	203.588,89	64.179,70
				<u>483.268.98</u>

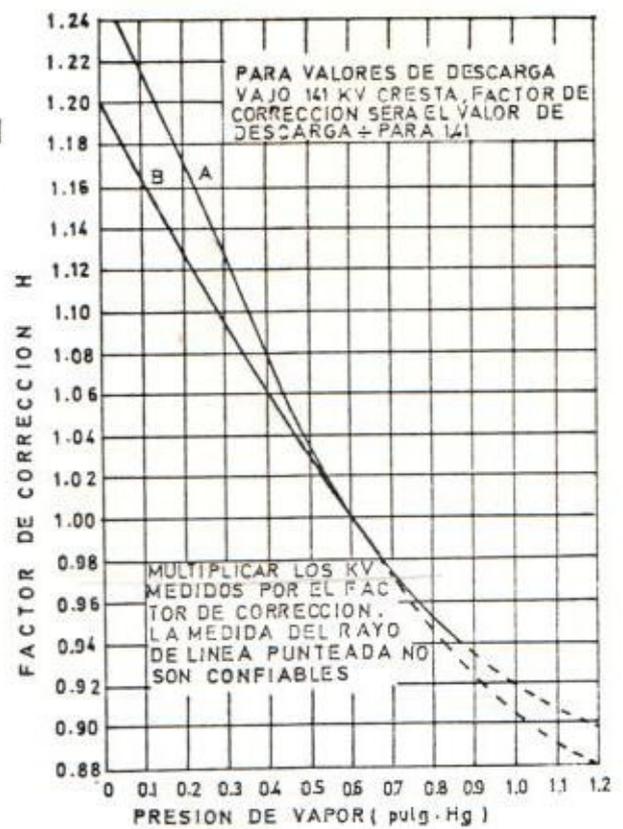
Tabla 4-3

ANO	VALOR PRESENTE 266.8MCM PARTRIDGE.	VALOR PRESENTE 2/0AWG.-QUAIL
1976	16.692,75	33.158,99
1977	17.323,02	34.410,96
1978	19.960,77	39.650,68
1979	24.556,72	48.780,20
1980	27.625,70	55.018,61
1981	29.233,21	58.069,71
1982	32.316,00	64.193,45
1983	54.285,80	107.834,93
1984	66.626,72	132.349,29
1985	81.274,49	161.446,05
1986	86.024,80	170.882,20
1987	89.802,51	178.386,37
1988	93.025,79	184.789,18
1989	110.631,00	219.760,70
1990	114.771,56	227.985,62
	<u>\$ 864.222,43</u>	<u>\$ 1'716.717,00</u>
	*****	*****

Tabla 4-4

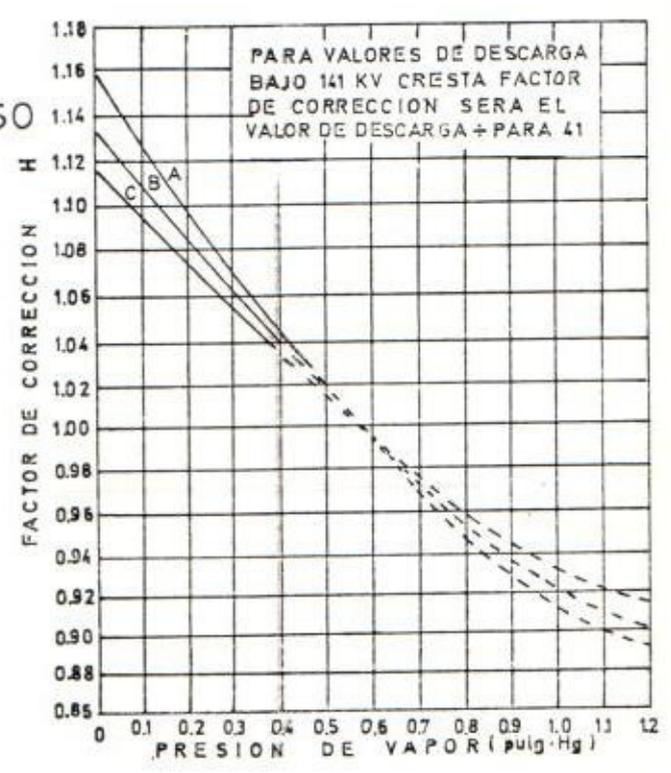
FACTORES DE CORRECCION POR HUMEDAD PARA BAJA FRECUENCIA (60 Hz)

- A. Aisladores de linea
- B. Aisladores de suspension tipo aparato

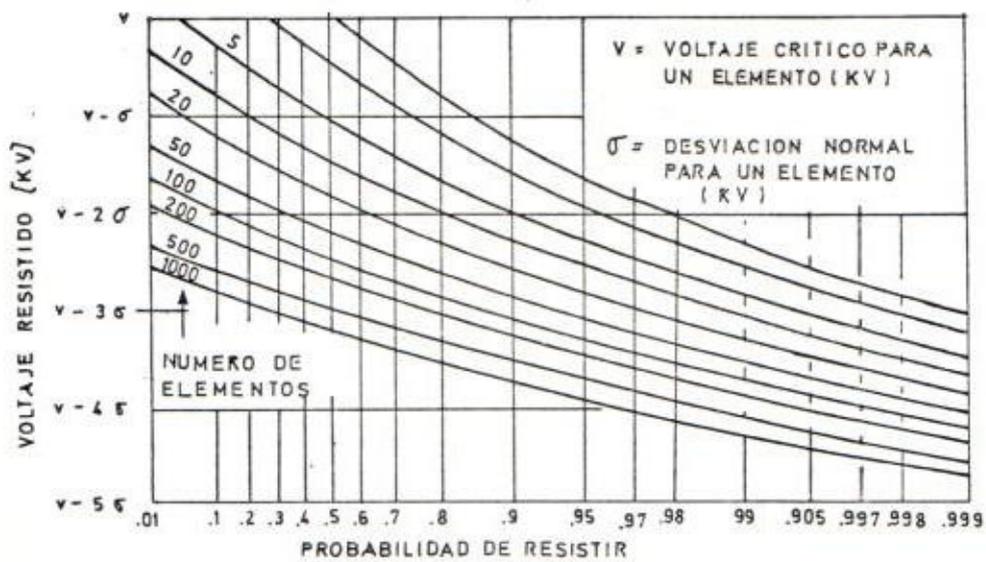


FACTORES DE CORRECCION POR HUMEDAD PARA IMPULSO

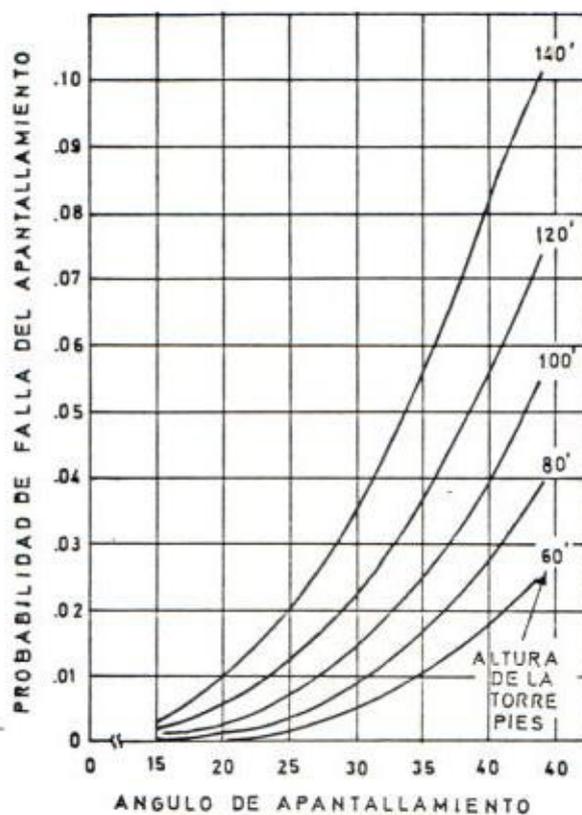
- A. Aisladores de suspension onda positiva
- B. Aisladores de linea aparato onda positiva
Aisladores de suspension onda negativa
- C. Aisladores de linea o aparato onda negativa



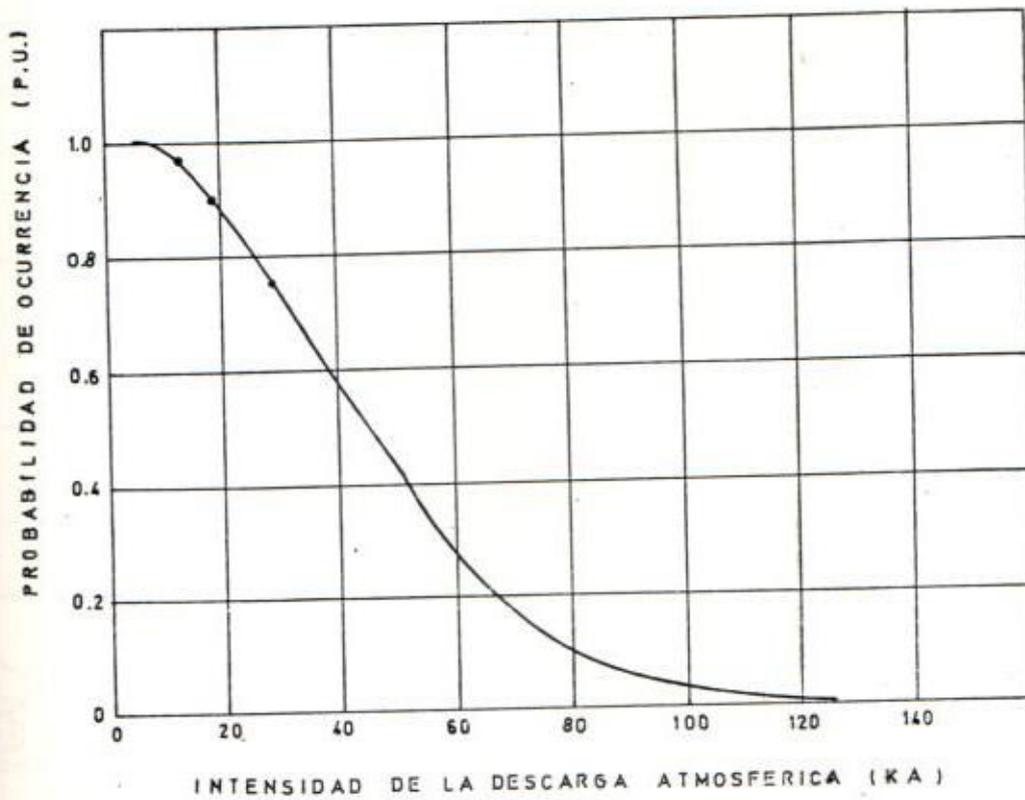
CUADRO 4-1



CURVAS DE RELACION ENTRE VOLTAJE RESISTIDO DE UNO Y VARIOS ELEMENTOS EN PARALELO



PROBABILIDAD DE FALLA DE APANTALLAMIENTO
EN FUNCION DEL ANGULO ENTRE EL HILO DE
GUARDIA Y EL CONDUCTOR DE FASE EXTERNO



PROBABILIDAD DE OCURRECIA DE DESCARGAS
ATMOSFERICAS DE DETERMINADA INTENSIDAD
DE CORRIENTE

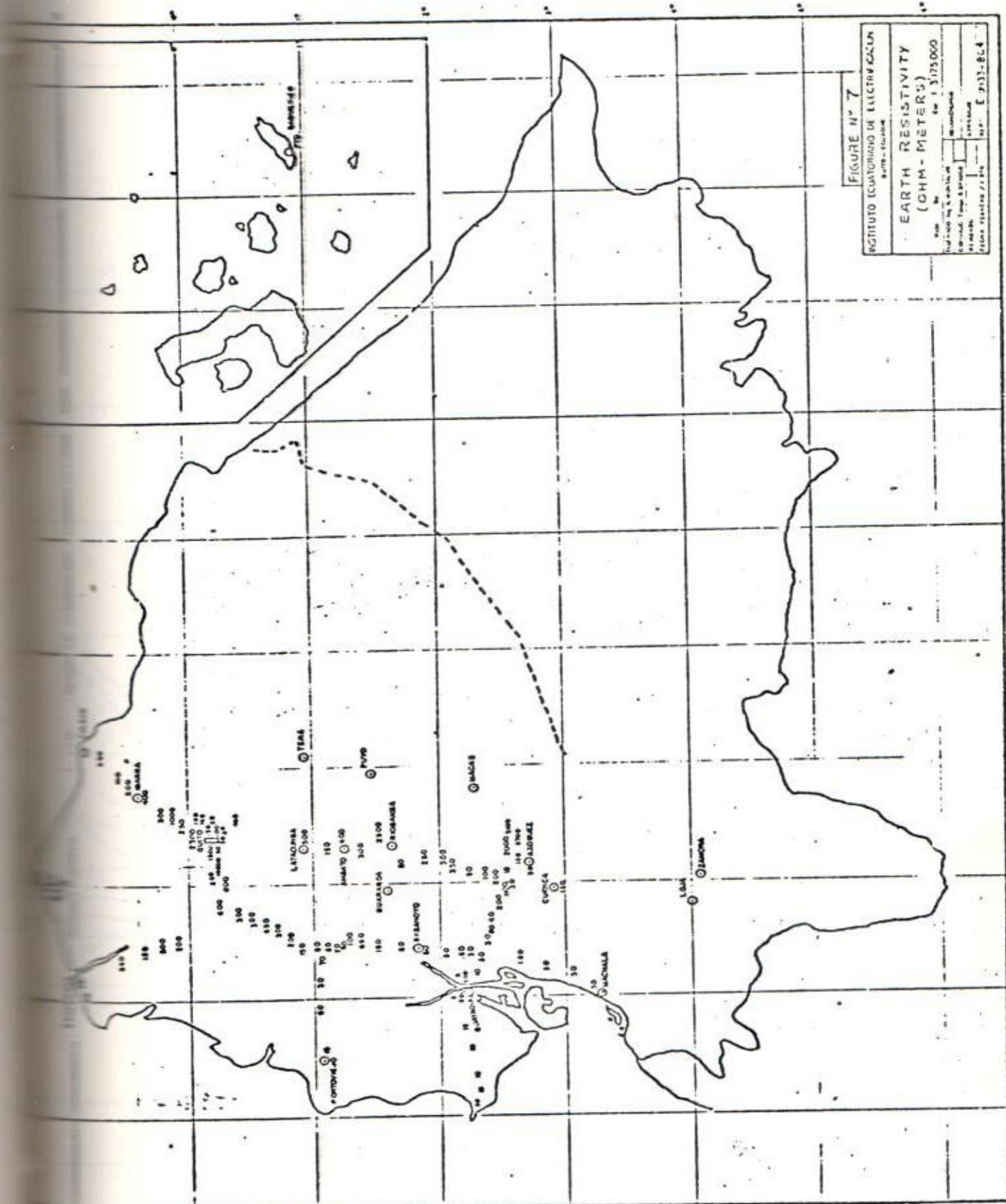
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRICIDAD
 QUITO - ECUADOR

FIGURE N° 7

**EARTH RESISTIVITY
 (OHM-METERS)**

Scale: 1:100,000
 Date: 1/15/50

Author: []
 Compiler: []
 Editor: []
 Plate Number: []



CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO PARA DETERMINAR VANO Y CONDUCTOR

Para la obtención de estos rubros, hicimos un análisis general de la línea, en base a los criterios mas usuales encontrados en los diseños y construcciones en el país.

De los borradores de INECEL para normalización de construcción de líneas de 69 KV y ante las cargas establecidas por proyección de demanda, efectuaremos el análisis técnico-económico con 3 tipos de conductor:

477 MCM	Clave	KAWK
266 MCM	Clave	PARTRIDGE
2/0 AWG	Clave	QUAIL

El cálculo mas económico se ha llamado considerando todos los PRINCIPALES elementos que inciden en su selección, a decir:

- CALIBRE
- COSTO
- PERDIDAS
- MANO DE OBRA

Al igual que las solicitudes económicas a que está sometido durante su servicio, así como también las condiciones de temperatura máxima y mínima, o sea el límite -

térmico a que trabajara en la zona.

En el límite de tensiones mecánicas se analizarán las condiciones de trabajo:

- Condición Inicial
- Condición final

Para el cálculo del vano mas económico, tomamos 5 vanos a estudiar:

- 150 Mts.
- 200 Mts.
- 250 Mts.
- 300 Mts.
- 350 Mts.

I de todos los elementos que inciden en cada vano, nos resultará el más económico.

Se tomaron para dicho estudio, los postes de la Cla. E LECDOR cuya información es la más completa en el medio, es decir nos dan las dimensiones de:

- Base y punta
- Distancia de huecos
- Peso para cada carga útil
- Costo para cada carga útil

5.1. DATOS TECNICOS DE LOS CONDUCTORES E HILO DE GUARDA

5.1.1. Conductores

- Tipo de conductor Aluminio - Acero

- Calibre	477 MCM
- Clave	HAWK
- N° de hilos de Aluminio	26
- N° de hilos de Acero	7
- Diámetros del conductor	21.8 mm.
- Sección del conductor	281.1 mm ²
- Resistencia de la Rotura	8.820 Kgs.
- Peso del conductor (W)	0.975 Kg/m
- Módulo de elasticidad final (E)	7.650 Kg/mm ²
- Coeficiente de Dilatación	18.9 x 10 ⁻⁶ por °C

DATOS TECNICOS

- Tipo de conductor	Aluminio - Acero
- Calibre	266,8
- Clave	PARTRIDGE
- N° de hilos de aluminio	26
- N° de hilos de acero	7
- Diámetro del conductor	16,28 mm.
- Sección total del conductor	157,2 mm. ²
- Resistencia a la Rotura	5.100 Kgs.
- Peso del conductor	0.5454 Kg/m.
- Módulo de elasticidad	7278 Kg/mm ²
- Coeficiente de dilatación	18,9 x 10 ⁻⁶ por °C

DATOS TECNICOS

- Tipo de conductor	Aluminio - Acero
---------------------	------------------

- Calibre	2/0 AWG
- Clave	QUAIL
- N° de Hilos de Aluminio	6
- N° de Hilos de Acero	1
- Diámetro del conductor	11.34 mm.
- Sección del Conductor	78.64 mm ²
- Resistencia a la rotura	2.425 Kg
- Módulo de elasticidad	7.910 Kg/mm ²
- Coeficiente de Dilatación lineal	19.1 x 10 ⁶ ° C
- Peso del conductor	0.2721 Kg/m.

5.1.2. Datos técnicos del cable de Guarda de acero de 50 mm².

- Tipo de Conductor	Acero
- Protección a la oxidación mediante	Galvanizado
- N° de hilos	7
- Diámetro del cable	9 mm.
- Sección del cable	48.27 mm ²
- Resistencia a la Rotura	6.200 Kg.
- Peso del Cable	0.398 Kg.
- Módulo de Elasticidad	19.000 Kg/mm ²
- Coeficiente de dilatación lineal	11.5 x 10 ⁻⁶ por °C

5.2. CONDICIONES DE ESTADO

Se establecen 2 tipos de zona en nuestro país

ZONA 1 - Costa

ZONA 2 - Sierra

Para la zona 1, lugar de ésta línea, el vano estará de terminado esencialmente por las condiciones de estado a que la línea estará sujeta. A cada estado corresponderá una temperatura.

El análisis se lo hará en las condiciones más severas.

ESTADOS	TEMPERATURA	VIENTO Km/h	% Máximo Rotura	Máxima Fatiga adm.
1º	5 º	--	33.3	10.45
2º	18 º	90	33.3	10.45
3º	25 º	--	--	---
4º	60 º	--	20	6.27

5.2.1. Fórmulas utilizadas y ejemplos de aplicación

5.2.1.1. Fórmula para el cálculo del vano crítico.

$$V.C. = \sqrt{\frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2}{\frac{E}{24} \times \left(\frac{g_1^2}{\sigma_1} - \frac{g_2^2}{\sigma_2} \right)}} \quad (5-1)$$

V.C. = Vano crítico en m.

α = Coeficiente de dilatación lineal en $^{\circ}\text{C}^{-1}$

E = Módulo de Elasticidad en Kg/mm^2

t_1 = Temperatura en grados para el estado N^º 1

t_2 = Temperatura en grados para el estado N^º 2

σ_1 = Fatiga máxima admisible para el conductor en el estado 1.

σ_2 = Fatiga máxima admisible para el conductor en el estado 2.

g_1 = Gravedad específica para el conductor en el estado 1: en Kg/m mm²

g_2 = Gravedad específica para el conductor en el estado 2: en Kg/m mm²

5.1.1. Ecuación para Cambios de Estado

$$\sigma_f^2 \times |\sigma_f - (K - \alpha t E)| = \frac{l^2 \times \delta^2 \times q_f^2 \times E}{24} \quad (5-2)$$

donde:

$$K = \sigma_i - \frac{l^2 \times \delta^2 \times q_i^2 \times E}{24 \sigma_i^2} \quad (5-3)$$

$$B = \frac{l^2 \times \delta^2 \times q_f^2 \times E}{24} \quad (5-4)$$

$$t = t_f - t_i \quad (5-5)$$

$$q = \frac{\sqrt{P^2 + w^2}}{w} \quad (5-6)$$

donde:

σ_f = Fatiga del conductor en estado final Kg/mm².

σ_i = Fatiga del conductor en estado inicial Kg/mm²

t_f = Temperatura en el estado final en °C

t_i = Temperatura en el estado inicial en °C.

l = Longitud del vano en m.

- δ = Densidad específica del conductor en Kg/m mm²
 w = Peso de 1 metro de conductor en Kg.
 p = Presión del viento sobre 1 metro de conductor
 α = Coeficiente de dilatación lineal en °C.
 E = Módulo de Elasticidad en Kg/mm²

5.2.1.2. Fórmulas para el Cálculo de la presión del viento sobre los conductores e hilo de guarda.

$$P_v = c \cdot q \cdot a \cdot \frac{V^2}{16} \quad (5-7)$$

- P_v = presión del viento en Kg/m²
 c = Coeficiente de presión dinámica
 q = Coeficiente de formas
 a = Area expuesta al viento en m²
 V = Velocidad del viento en m/seg.

El viento de 90 Km/h, se asumirá produce una presión efectiva sobre la superficie diametral de los conductores y cables de guarda de 39 Kg/m²

Ejemplos de aplicación para el cálculo de Vano Crítico del Conductor 477 MCM en los Estados 1° y 2°.

Aplicando la (5-1)

$$\alpha = 18,9 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$$

$$E = 7.650 \text{ Kg/mm}^2$$

$$t_1 = 5^\circ$$

$$t_2 = 18^\circ$$

$$\sigma_1 = 8.820 \times 0,33/281,1 = 10,45$$

$$\sigma_2 = 10.45$$

$$g_1 = \text{Peso conductor/Sección conductor} = 0,975/281,1$$

$$g_1 = 3.454 \times 10^{-3} \text{ Kg/m mm}^2$$

$$g_2 = \frac{\sqrt{\text{Peso conductor}^2 + \text{presión viento}^2}}{\text{sección conductor}}$$

$$\frac{\sqrt{(0.0975)^2 + (39 \times 0.02180)^2}}{281.1}$$

$$g_2 = 4,60 \times 10^{-3} \text{ Kg/m mm}^2$$

$$\sigma_1 = 8.820 \times 0.333/281.1 = 10.45 \sigma_2$$

$$\therefore V.C. = \sqrt{\frac{18.9 \times 10^6 \cdot 7650 \times (5-18) + 10.45 - 10.45}{\frac{7650}{24} \times \left(\frac{3.454 \times 10^{-3}}{10.45} \right)^2 - \left(\frac{4.60 \times 10^{-3}}{10.45} \right)^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.87}{26.94 \times 10^{-6}}} = 263.46 \text{ mts.}$$

El V.C. para este conductor será de 263,46 mts.

5.2.3. Cálculo de Fatigas, mediante la Ecuación de cambio de Estado.

Para determinar las fatigas máximas admisibles, tomamos diferentes vanos, y la condición de estado dependerá del valor obtenido para el vano crítico.

Tomaremos los cinco (5) vanos para cada caso, es de-

cir, para los 3 conductores, luego para el vano de 150 mts, y 2º Estado de la ecuación: (4-2)

$$t_i = 5^\circ$$

$$t_b = 18^\circ$$

$$t = 13^\circ$$

$$q = \frac{\sqrt{Pv^2 + w^2}}{w}$$

$$q_i = Pv = 0 \quad \therefore \quad q_i = 1$$

$$q_b = Pv = 39 \times 21.8 \times 10^{-3} = 0.85$$

$$q_b = \frac{\sqrt{(0.85)^2 + (0.975)^2}}{0.975}$$

$$q_b = 1.32$$

Para K, aplico la ecuación (5-3)

donde:

$$l = 150$$

$$\delta = w/\text{Sección} = 0.975/281.1$$

$$\delta = 0.00346$$

$$\sigma_i = 10.45$$

Luego:

$$K = 10.45 - (150)^2 \cdot (0.00346)^2 \times 1 \times 7650/24 \times (10.45)^2$$

$$K = 9.66$$

$$\alpha t E = 18.9 \times 10^{-6} \times 13^\circ \times 7.650$$

$$\alpha t E = 1.87$$

$$B = (150)^2 \times (0.00346)^2 \times (1.32)^2 \times 7.650/24$$

$$B = 149,60$$

Reemplazando:

$$\sigma_F^2 | \sigma_F - (9.66 - 1.87) | = 149.60$$

$$\sigma_F^2 (\sigma_F - 7.79) = 149.60$$

$$\sigma_F = 9.46$$

Para el cuarto estado

$$t_i = 5^\circ$$

$$t_f = 60^\circ$$

$$t = 55^\circ$$

$$q_i = 1$$

$$q_f = 1$$

$$\alpha_{TE} = 18.9 \times 10^{-6} \times 55 \times 7.650$$

$$\alpha_{TE} = 7.95$$

$$K = 9.66$$

$$B = (150)^2 \times (0.00346)^2 \times 1 \times 7.650/24$$

$$B = 85.85$$

Luego:

$$\sigma_F^2 | \sigma_F - (9.66 - 7.95) | = 85.85$$

$$\sigma_F^2 | \sigma_F - 1.71 | = 85.85$$

$$\sigma_F = 5.1$$

Es decir, las fatigas para el 2º Estado y 4º estado, es decir con máximo viento y viento nulo a la máxima temperatura, están dentro de los límites establecidos en el cuadro de la condición de estado.

5.3. CALCULO DE FLECHA Y TENSIONES

5.3.1. Cálculo de flecha

$$f = \frac{l^2 \times \delta \times q}{8 \times \sigma_F} \quad (5-8)$$

f = flecha en m

l = longitud del vano en m.

δ = densidad específica en Kg/m mm²

σ_F = Fatiga del conductor en Kg/mm²

$$q = \frac{\sqrt{Pv^2 + w^2}}{w}$$

Pv = Presión del viento sobre un metro de conductor

w = Peso de 1 metro de conductor

$q = 1$, ya que viento es nulo

$$f = \frac{(1750)^2 \times 0.00346 \times 1}{8 \times 5.1}$$

$$f = 1.90 \text{ m.}$$

Hemos tomado $\sigma_F = 5,1$ ya que el estado de máxima temperatura el que nos dará la máxima flecha.

5.3.2. Fuerza del Viento sobre el conductor

$$F = Pv \times \text{diámetro} \times l \quad (5-9)$$

$$= 39 \times 21.8 \times 150 \times 10^{-3}$$

$$F = 127,53 \text{ Kg.}$$

5.3.3. Cálculo de flecha para el hilo de Guarda

La flecha normal final de los cables de guardas se calculará para la siguiente conducción:

<u>ESTADO</u>	<u>Temperatura</u>	<u>Viento</u>
3°	25°	nulo

En estas condiciones, el valor de la flecha de los cables de guardas deberá ser inferior al 90% de la flecha de los conductores en su condición inicial, es decir a la de 25°C.

Luego: para el vano de 150 mts.

$$t_i = 5^\circ$$

$$t_f = 25^\circ$$

$$t = 20^\circ$$

$$q_i = 1$$

$$q_f = 1 \text{ ya que en estas condiciones no hay viento}$$

$$= 0.00346$$

$$= 18.9 \times 10^{-6} \times 20 \times 7.650$$

$$= 2.89$$

$$K = 10.45 - \frac{150^2 \times (0.003246)^2 \times 1 \times 7.650}{24 \times (10.45)^2}$$

$$= 10.45 - 78$$

$$= 9.66$$

$$B = (150)^2 \times \frac{(0.00346)^2 \times 1 \times 7.650}{24}$$

$$B = (150)^2 \times 0.0038$$

$$B = 85.85$$

Luego:

$$\sigma_F^2 |\sigma_F - (9.66 - 2.89)| = 85.85$$

$$\sigma_F^2 (\sigma_F - 6.77) = 85.85$$

$$\sigma_F = 8.08$$

Luego la flecha para este estado:

$$f = \frac{(150)^2 \times 0.00346 \times 1}{8 \times 8.08}$$

$$F = 1.20$$

Por lo expuesto anteriormente:

Flecha hilo de guarda = 0.9 flecha conductor

$$f_{hg} = 1.08$$

Fuerza del viento sobre el hilo de guarda

Aplicando la (5-9)

$$F = 39 \times 9 \times 10^{-3} \times 150$$

$$F = 52.65 \text{ Kg.}$$

5.4. CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS TIPO SUSPENSION

5.4.1. Distancia mínima a masa, longitud mínima de la cruceta

El conductor en el punto de fijación está solicitado por 2 fuerzas:

La de su propio peso = 0.976 ; y,

la de la presión del viento = 0,849

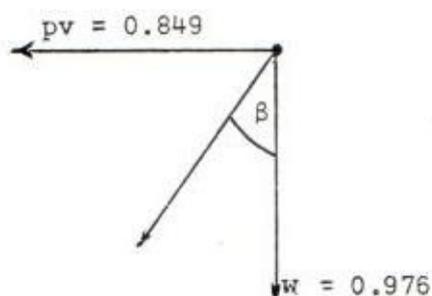


Figura 5-1

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0.849}{0.976} = 0.869$$

$$\beta = 40.9^\circ$$

Siendo el ángulo máximo en que oscilará la cadena por acción del viento.

En la cadena de aisladores, la longitud de esta es de 1 metro.

Según las normas VDE los conductores de estas líneas aéreas con neutro sólidamente aterrado, deben tener la

siguiente distancia mínima de seguridad a la masa.

$$0.1 + \frac{V_n}{150 \text{ KV}} \quad (5-10)$$

De donde para obtener la longitud mínima de la cruceta es tará dada por:

$$l_{ct} = l_{cd} \times \text{sen } \beta + 0.1 + \frac{V}{150 \text{ KV}} \quad (5-11)$$

Donde:

V_n = Voltaje nominal de la línea

l_{ct} = Longitud de cruceta

l_{cd} = Longitud de cadena de aisladores

Luego:

$$l_{cd} = 1 \text{ sen } 40.90^\circ + 0.1 + \frac{69}{150}$$

$$= 0.65 + 0.1 + 0.46$$

$$= 1.21$$

Por utilizar postes rectangulares, se sumarán 20 cms. que viene a ser la distancia del filo del poste al centro del mismo, luego:

$$l_{ct} = 1.40$$

3.4.2. Distancia entre Conductores

Para conductores de una misma sección, material y fle-

cha, en regiones de condiciones atmosféricas normales, debe ser la distancia entre ellos de por lo menos, según (VDE)

$$D = K \times \sqrt{f + lcd} + \frac{Vn}{150} \quad (5-12)$$

Donde:

D = Distancia entre conductores

K = Coeficiente de corrección por alturas y que depende del ángulo de inclinación del conductor debido al viento.

f = flecha del conductor

lcd = longitud de cadena de aisladores

Ahora:

$$K = 0.65$$

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{1.9 + 1} + \frac{69}{150}$$

$$= 0.65 \sqrt{2.9} + 0.46$$

$$D = 1.56$$

Distancia para el vano de 150 mts.

3.4.3. Cálculo de la Altura del Hilo de Guarda a la primera fase

El ángulo máximo de protección se elegirá de modo que limite a un valor aceptable el número de perturbaciones debidas a fallas de protección de los cables de guarda en el caso de las descargas atmosféricas. Este ángulo no podrá ser mayor de 30° .

Luego:

$$\text{Tang } 30^\circ = \frac{lct}{x} \quad (5-13)$$

Donde:

lct = longitud de la cruceta

x = distancia entre hilo de guarda y primera fase.

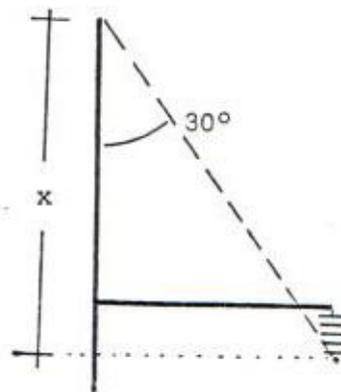


Figura 5-2

$$x = \frac{lct}{\text{tang } 30^\circ}$$

$$x = \frac{1.41}{0.57}$$

$$x = 2.47$$

5.4.4. Determinación altura del poste, para el vano de 150 mts.
(conductor 477 MCM)

Se hallará por suma de todas las distancias obtenidas.

$$\frac{5H}{6} = dsg + f + D + x \quad (5-14)$$

Donde:

dsg = distancia de seguridad de la tierra a la altura del conductor en su máxima flecha = 6 mts. (VDE)

f = Flecha

D = Distancia entre conductores

H = altura total del poste

x = distancia de la primera fase al hilo de guarda.

$$\therefore H = \frac{6}{5} (6 + 1.9 + 1.56 + 2.47)$$

$$H = \frac{6}{5} \times 11.93$$

$$H = 14.31 \text{ mts.}$$

Se requerirá postes de 15 mts. de altura.

5.5. ESFUERZOS SOBRE LAS ESTRUCTURAS SUSPENSION

La determinación de la carga útil a soportar el poste en cada vano, estará determinada por la suma de sus momentos, es decir, las fuerzas del viento que actúan en el conductor, de su propio peso multiplicadas por las distancias a alturas a tierra. Con fines de comparación para determinar el conductor y vano económico, no se ha tomado en cuenta la presión del viento sobre el poste.

Para el conductor y vano económico resultante se diseñarán las estructuras en forma más rigurosa.

5.5.1. Ejemplo para poste en Vano de 150 mts. y Conductor 477 MCM

$$\Sigma M = Fv_{hg} \times d1 + Fv1 \times d2 + Fv2 \times d3 + Fv3 \times d4 \quad (5-15)$$

Donde:

F_{vhg} = Fuerza del viento sobre el hilo de guarda

d_1 = Altura del hilo de guarda a tierra.

F_{v1} = Fuerza del viento sobre la 1^o fase

F_{v2} = Fuerza del viento sobre la 2^o fase

F_{v3} = Fuerza del viento sobre la 3^o fase

d_2 = Altura de cruceta de 1^o fase a tierra

d_3 = Altura de cruceta de 2^o fase a tierra

d_4 = Altura de cruceta de 3^o fase a tierra

Luego:

$$= (52,65 \times 11,93) + (127,52 \times 10,46) + (127,52 \times 9,68) + (127,52 \times 8,9)$$

$$= 628,1145 + 1333,8592 + 1234,3936 + 1134,928$$

$$= 4.331,30$$

La carga útil estará dada por:

$$\Sigma M = Q_u \times h$$

(5-16)

Donde:

ΣM = Suma de momentos

Q_u = Carga útil

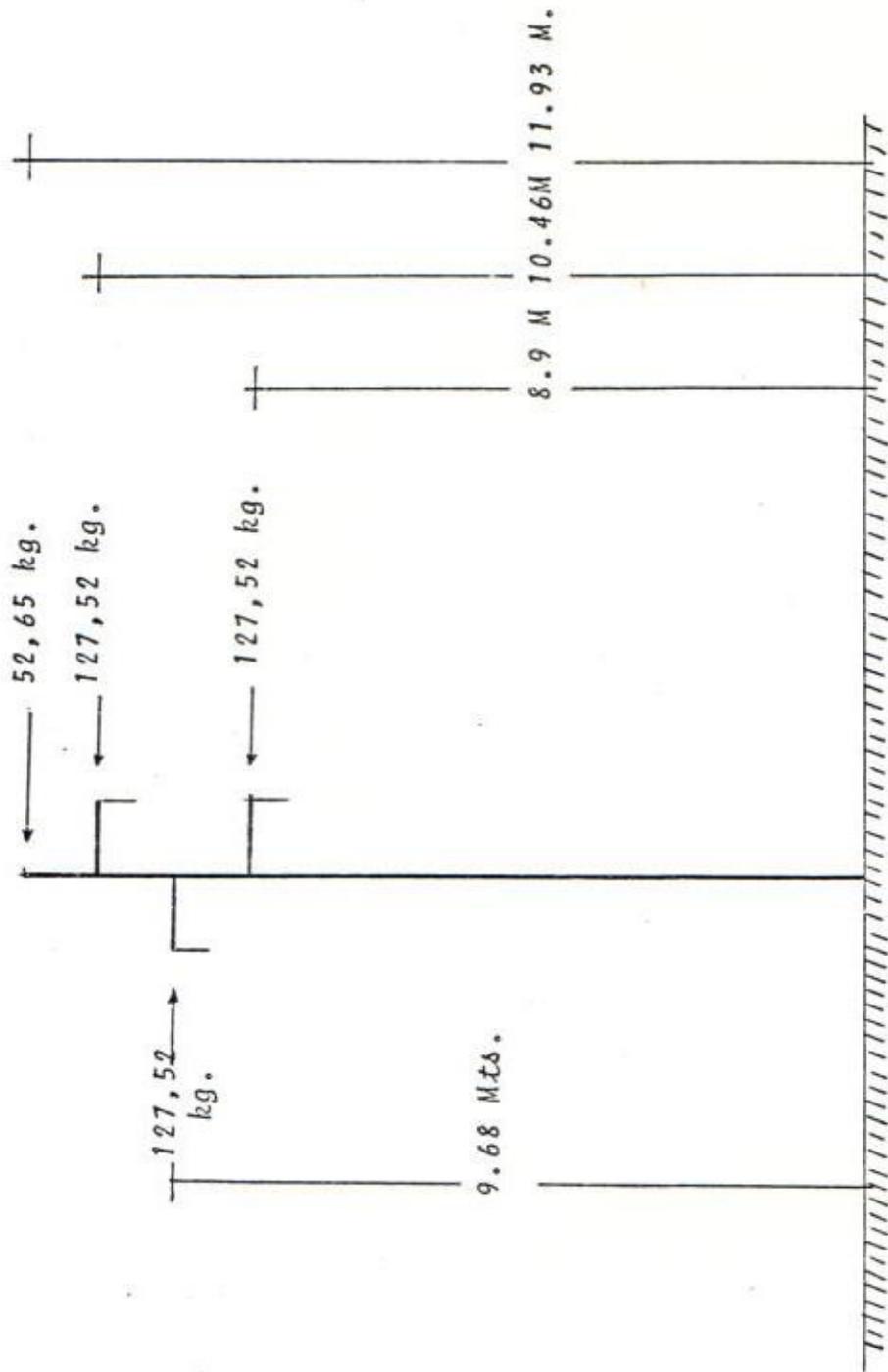
h = Altura de punta poste a tierra

$$\therefore 4,331,3 = Q_v \times 11,93$$

$$Q_v = 4.331,3 / 11,93$$

$$Q_v = 363,05 \text{ Kg.}$$

Figura 5-5



Determinación carga util estructura Suspensión para
Conductor 477. MCM - HAWK.

Se requerirá luego un poste de 15 mts. de 400 Kg. de carga útil y 800 Kg. de carga a la rotura, para estructura tipo suspensión. Figura 5-3

5.6. CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO EN LAS ESTRUCTURAS TIPO RETENIDA

Para la determinación de las cargas para las estructuras de Retenida, se han tomado 2 criterios en base a las experiencias obtenidas en la construcción de estas líneas a este voltaje.

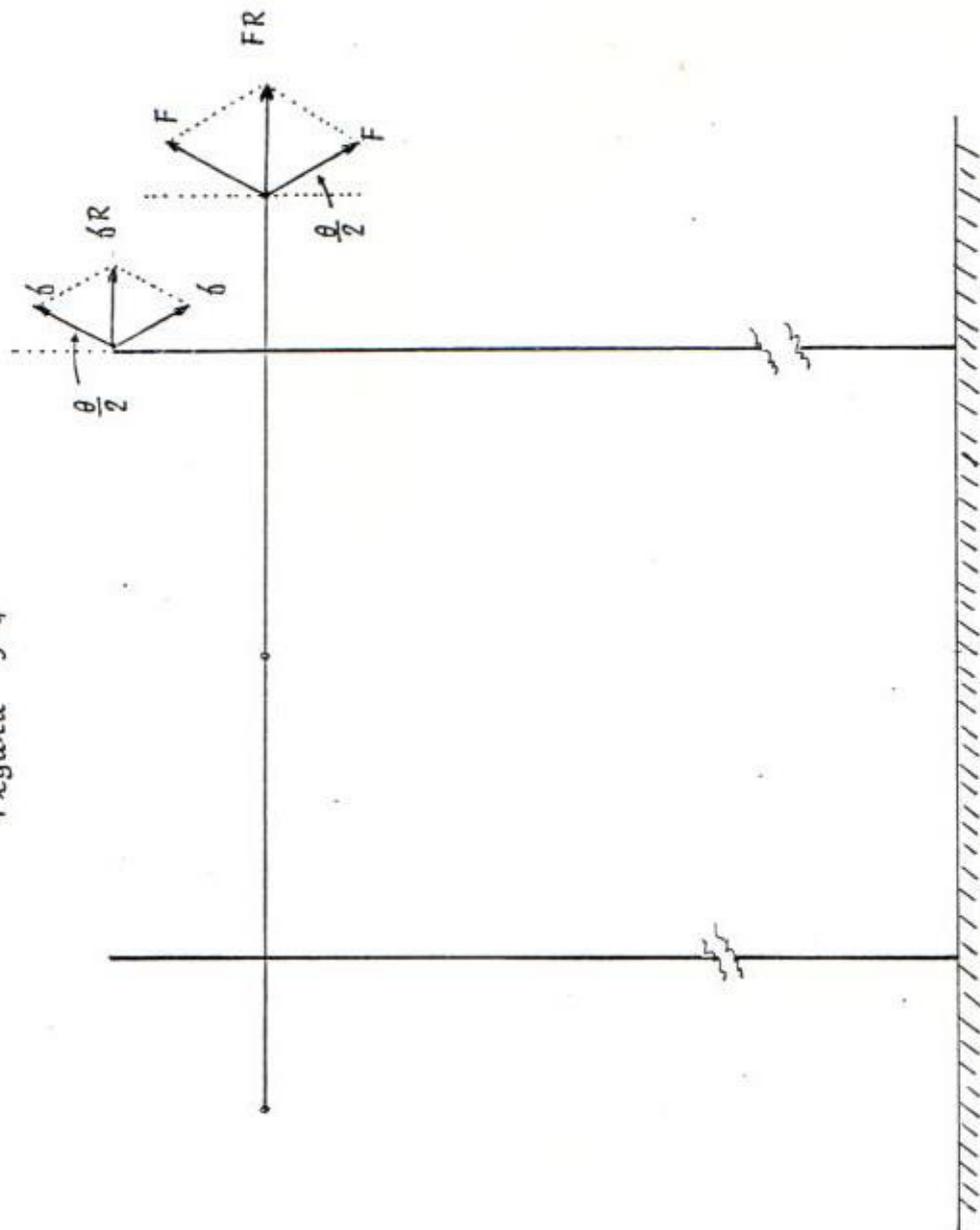
- a) Criterio para Retenida de ángulo $0^{\circ} 5^{\circ}$
- b) Criterio para la Retenida de ángulo hasta 30°

5.6.1. Criterio para Retenida de Angulo $0^{\circ} 5^{\circ}$

Determinaremos que tipo de poste se ha de utilizar para este tipo de estructura, o sea para cortes de vano, que sean rectos, pero dando un factor de seguridad que por algún cambio en el terreno (del diseño de la línea) en la construcción la retenida tenga que subir un ángulo de hasta 5° . Figura 5-4

5.6.1.1. Ejemplo de cálculo para retenida en H de vano de 150 mts. con conductor 477 MCM.

Figura 5-4



Determinación carga útil estructura Retenida 0-5°
 Conductor 477. MCM- HAWK.

Sea que la estructura soporte un ángulo de desviación de hasta 5° , luego, la estructura en H, será perpendicular a la bisectriz del ángulo, luego el ángulo a incidir entre la estructura y la línea será: $\theta/2 = 5^\circ/2$.

Luego:

$$\text{Sen } \frac{\theta}{2} = \frac{FR/2}{F}$$

Donde:

F = Fuerza debida al conductor

FR = Fuerza resultante sobre la estructura

$$\therefore FR = 2 F \text{ sen } \theta/2 \quad (5-17)$$

Es decir, que la fuerza total debida al conductor será:

$$F_c = F_{pv} \times d_c \times l + FR \quad (5-18)$$

Donde:

F_c = Fuerza debida al conductor

F_{pv} = Presión del viento sobre el conductor

d_c = diámetro del conductor

FR = fuerza resultante de (5-17)

l = vano actuante

Resolviendo la (5-17)

$$F = \frac{(8820 \times 0.33)}{281.1} \times 281.1 = 2.937,06$$

$$FR = 2 \times 2937,06 \times 0,0436$$

$$FR = 256,22$$

Donde, la (5-17) será:

$$\begin{aligned} F_{pv} &= 39 \times 21.8 \times 10^{-3} \times 150 \text{ (se aplicó la 5-9)} \\ &= 127,52 \end{aligned}$$

Luego:

$$F_c = 127,52 + 256,22$$

$$F_c = 383,75$$

5.1.2. Fuerza debida al hilo de Guarda

Igual razonamiento utilizado para el conductor

$$F_r = 2 \times 2064,6 \times 0.0436$$

$$F_r = 180,03$$

Luego, la Fuerza total sobre el hilo de guarda (Fhg):

$$\begin{aligned} F_{hg} &= 39 \times 9 \times 10^{-3} \times 150 \times 180.03 \\ &= 52,65 + 180,03 \end{aligned}$$

$$F_{hg} = 232,68$$

5.1.3. Altura del Hilo de guarda a la cruceta de estructura H.

El ángulo de protección del hilo de guarda a la de los conductores, se explicó anteriormente.

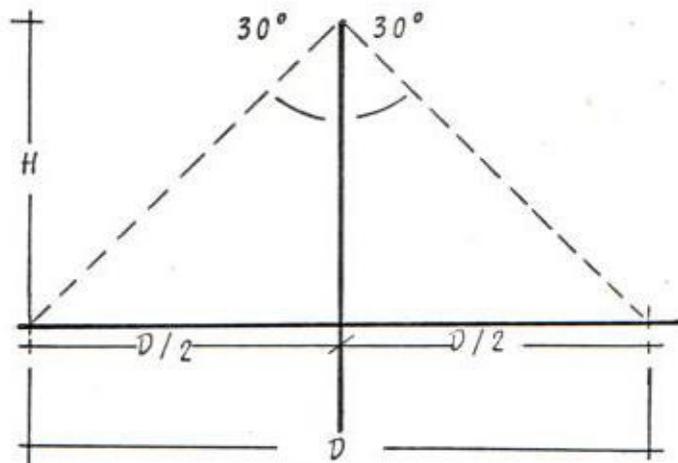


Figura 5-5

La distancia (D) entre conductores será:

$$D = K \sqrt{6 + lcd} + \frac{Vn}{150} \quad (5-19)$$

Donde:

$$K = 0,62 \quad (\text{según DVE})$$

Luego:

$$D = 0.62 \sqrt{1.9 + \frac{69}{150}}$$

$$D = 0.85 + 0.46$$

$$D = 1.31$$

Luego:

$$\text{tang } 30^\circ = \frac{D/2}{H}$$

$$\begin{aligned} \therefore H &= \frac{D}{2} \times \frac{1}{\text{tang } 30} \\ &= \frac{1.31}{2} \times \frac{1}{0.57} \\ &= 1.15 \end{aligned}$$

La altura total del poste será:

$$HP = 6 + 19 + 1.15$$

$$HP = 9.05$$

Que es la altura de la punta (hilo de guarda) a tierra.
Por lo tanto, el poste a solicitar será de: 11 mts.

Carga Util Total:

$$Qu = \frac{(232.68 \times 9.05) + (3 \times 383,75 \times 7.9)}{9.05}$$

$$= \frac{2.105,75 + 9.094,87}{9.05} = \frac{11.200,62}{9.05}$$

$$Qu = 1.237,6$$

Luego, cada poste será de 618,8 Kg. Se solicitará poste de 11 mts. de 700 Kg. de carga útil (o de trabajo) y de 1.400 Kg. a la Rotura.

3.6.2. Criterio para Retenida de Angulo hasta 30°

Del trazado de la ruta establecida en el mapa (IGM-1) de terminamos que para desviaciones hasta 30° efectuaremos corte. Este es un criterio personal, adoptado al diseño de la ruta trazada, existiendo en total 21 estructuras H de hasta un ángulo de 30°.

El razonamiento de desarrollo es idéntico al establecido

en el de estructuras de hasta $0^{\circ}5^{\circ}$.

Desarrollando y reemplazando valores nuevos:

$$\theta = 30^{\circ}$$

$$FR = 2.F. \text{ sen } \theta/2$$

$$FR = 2 \times 2937,06 \times 0,25$$

$$FR = 1.468,35$$

$$Fpv = 127,52$$

$$Fc = 1.596,05$$

5.6.2.1. Fuerza del Hilo de Guarda

Igual desarrollo del ítem 5.6.2.1.

Luego:

$$FR = 2 \times 2064.6 \times 0.25$$

$$FR = 1.068,71$$

$$Fpv = 52,65$$

$$Fhg = 1.121,36$$

5.6.2.2. Altura del Hilo de Guarda

Igual desarrollo del ítem 5.6.1.3.

$$D = 1.31$$

$$H = 1.15$$

5.7. ESFUERZOS SOBRE LAS ESTRUCTURAS TIPO RETENIDA

Carga Util Total

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{(1.121,36 \times 9.05) + (3 \times 1.596,05 \times 7.9)}{9.05} \\
 &= \frac{10.148 + 37.826}{9.05}
 \end{aligned}$$

$$Q_u = 5.300$$

Luego, serán 2 postes de 2.650 Kg. de carga útil.

Al no tener el mercado este tipo de poste, deberán ser estructuras H de 4 postes de tipo R, de 1.400 Kg cada uno.

5.8. TONELAJE DE MATERIALES

Para nuestro cuadro final, necesitaremos conocer el tonelaje total de materiales, para cada alternativa y los de terminaremos en base a experiencia de trabajos similares.

Lo que incidirá en una ú otra alternativa será el peso del conductor, ya que aisladores, herrajes, accesorios, etc. será en similar en cualquiera de los 3 casos.

Ejemplo: Para 10 Km. de línea 69 Kv. Penitenciaría - La To ma, se transportaron 75 toneladas de material, in cluído el conductor 336.4 MCM-26/7 LINNET.

De los cuales 25 Ton. correspondían al conductor.

De las tablas de conductores obtenemos para sus pe sos que para una línea de 10 Km. se tendrá:

35 ton. por conductor para 477 MCM

21 ton. por conductor para 266.8 MCM

17 ton. por conductor para 2/0 AWG

5.9. COSTOS DE MATERIALES

5.9.1. Costo de Conductor

El costo del conductor se ha determinado mediante un costo base (2/0 CABLEC) y para los número de calibre superior, se lo ha calculado mediante la comparación de peso de los conductores superiores (266.8-477).

5.9.2. Costo de Cadenas Aisladores

Precio solicitado a INECEL, determinaron el precio de la cadena de estructura terminal.

Para la estructura suspensión se obtuvo el precio de la cadena y a sus accesorios respectivos del catálogo.

Es el tipo de cadena para la estructura suspensión más barata que existe en el mercado, similar a Línea Pisayambo-Quito.

5.9.3. Costo de Postes

Precios obtenidos a la firma ELECDOR, se han adjuntado al presente estudio.

5.9.4. Costo de Crucetas

Precios solicitados a INECEL - Guayaquil, se incluyeron para este rubro.

5.9.5. Costo de Anclas y Tensores

Del mercado local, se obtuvieron los precios referenciales.

5.9.6. Costo Hilo de Guarda

INATRA, presentó una oferta solicitada para este cable de acero.

5.10. COSTO DE CONSTRUCCION

5.10.1. Costo por Transporte de Poste

Por experiencia, lo normal es conseguir en nuestro medio, TRAYLERS de 30 Ton. de capacidad, por lo tanto se obtuvo un cuadro de costo de transporte, en el cual está incluido el valor de la grúa que tiene que bajar el poste del trayler.

5.10.2. Costo por Parada de poste

Se obtuvo el costo por dos medios:

- Parada a mano
- Parada con Grúa y Retroexcavadora

En el primer caso, el valor obtenido era: por hilo de peso, ya que es el que nos da mejor el índice de costo.

En el segundo caso, nos indica lo más económico a utilizar, pero su costo está cerca del valor a mano.

Se obtuvo para el primer caso S/. 2,23 por kilo de peso del poste, o sea parando 3 postes diarios y, tomando como promedio el poste de 18 mts. de largo, de 700 Kg. de carga y 3.500 Kg. de peso.

Para el segundo, se obtuvo por el costo de alquiler de los siguientes elementos, para el mismo tipo de poste.

- Grúa
- Retroexcavadora
- Camión; y
- Personal

5.10.3. Costo por Mano de Obra

Precios cobrados a INECEL y Empresa Eléctrica Milagro, por mano de obra para este tipo de línea se utilizaron en este estudio.

C U A D R O 5-1

VANOS Y FLECHAS PARA EL CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

VANO	ESTADO CRITICO DESIGNACION	FATIGA Kg/mm ²	FLECHA MAXIMA CONDUCTOR mt.	FLECHA HILO DE GUARDA mt.	ESFUERZO VIENTO SOBRE CONDUCTOR Kg.	ESFUERZO VIENTO SOBRE HILO GUARDA Kg.
150	I	5,1	1,90	1,08	127,52	52,65
200	I	5,7	3,03	1,86	170,04	70,2
250	IV	6,4	4,22	2,85	212,55	87,75
300	IV	6,65	5,85	4,37	245,7	105,3
350	IV	6,90	7,67	6,29	297,57	122,85

C U A D R O

5-2

VANO	ESTADO CRITICO DESIGNACION	FATIGA	FLECHA MAXIMA CONDUCTOR	FLECHA HILO DE GUARDA	ESFUERZO VIENTO CONDUCTOR	ESFUERZO VIENTO HILO DE GUARDA
150	I	5,35	1,81	1,04	95,23	52,65
200	I	5,96	2,90	1,9	126,98	70,2
250	IV	6,2	4,35	2,76	158,77	87,75
300	IV	6,35	6,12	4,24	190,47	105,30
350	IV	6,47	8,18	6,07	222,22	122,85

C U A D R O 5-3

VANOS Y FLECHAS PARA EL CONDUCTOR 2/0 AWG. QUAIL

VANO	ESTADO CRITICO DESIGNACION	FATIGA	FLECHA MAXIMA CONDUCTOR	FLECHA HILO DE GUARDA	ESFUERZO VIENTO SOBRE CONDUCTOR	ESFUERZO VIENTO SOBRE HILO GUARDA
150	IV	4.71	2.06	0.87	66.33	52.65
200	IV	4.9	3.53	1.69	88.45	70.2
250	IV	5.0	5.40	2.89	110.56	87.75
300	IV	5.20	7.48	4.46	132.67	185.30
350	IV	5.25	10.09	6.35	154.79	122.85

C U A D R O 5-4

ESTRUCTURAS SUSPENSION DE CONDUCTOR 477 MCM-HAWK

VANO	ALTURA POSTE mt.	CARGA UTIL Kg.	PESO Kg.	VALOR S/.	TIPO DE POSTE	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	15	400	1.715	6.600,00	J	882,00	3.824,00
200	16	500	2.000	7.645,00	J	1.000,00	4.460,00
250	18	700	3.316	10.780,00	R	1.666,00	7.394,00
300	20	800	4.012	13.530,00	R	2.142,00	8.946,00
350	23	1.000	4.700	19.305,00	R	2.500,00	10.481,00

C U A D R O 5-5

ESTRUCTURAS RETENIDAS 0°5° CONDUCTOR 477 MCM HAWK

VANO	ALTURA POSTE mt.	TIPO POSTE	CARGA UTIL	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	11	R	700	1.518	5.621,00	789,00	3.385,00
200	13	R	700	1.950	6.908,00	1.000,00	4.348,00
250	14	R	800	2.208	8.085,00	1.153,00	4.923,00
300	17	R	1000	3.148	11.638,00	1.666,00	7.020,00
350	19	R	1000	3.785	14.867,00	1.875,00	8.440,00

ESTRUCTURAS RETENIDAS HASTA 30° EN CONDUCTOR 477 MCM HAWK

VANO	ALTURA POSTE m.c.	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	11(4)	R	1.400	1.639	8.272,00	833,00	3.655,00
200	13(4)	R	1.400	2.102	10.197,00	1.071,00	4.687,00
250	14(4)	R	1.400	2.353	11.182,00	1.250,00	5.247,00
300	17(4)	H	1.600	3.637	15.587,00	1.875,00	8.110,00
350	19(4)	H	1.600	4.361	18.458,00	2.500,00	9.725,00

ESTRUCTURAS SUSPENSION DEL CONDUCTOR 266.8 MCM PARTRIDGE

VANO	ALTURA POSTE m ^t .	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg.	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	15	J	300	1.650	6.160,00	833,00	3.697,00
200	16	J	400	1.900	6.600,00	1.000,00	4.237,00
250	18	R	500	3.230	9.570,00	1.666,00	7.202,00
300	21	R	600	4.190	12.540,00	2.142,00	9.343,00
350	23	R	700	5.050	14.245,00	2.500,00	11.261,00

ESTRUCTURAS RETENIDAS 0°5° CONDUCTOR 266.8 MCM PARTRIDGE

VANO	ALTURA POSTE m ^{t.}	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	11	J	500	1.111	4.840,00	555,00	2.477,00
200	13	J	500	1.435	5.995,00	714,00	3.200,00
250	15	R	600	2.423	7.997,00	1.250,00	5.403,00
300	17	R	600	3.000	9.537,00	1.500,00	6.690,00
350	20	R	700	4.000	12.100,00	2.142,00	8.920,00

ESTRUCTURAS RETENIDAS HASTA 30° CONDUCTOR 266.8 PATRIDGE

VANO	ALTURA POSTE mt.	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg.	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	11	R	1.800	1.894	9.048,00	1.000,00	4.223,00
200	13	R	2.000	2.473	12.172,00	1.250,00	5.514,00
250	15	R	2.000	3.030	14.762,00	1.500,00	6.757,00
300	17	R	2.000	3.737	17.749,00	1.875,00	8.333,00
350	20	R	2.200	4.920	23.650,00	2.500,00	10.971,00

C U A D R O 5- 10

ESTRUCTURAS SUSPENSION DEL CONDUCTOR 2/0 AWG. QUAIL

VANO	ALTURA POSTE mt.	TIPO POSTE	CARGA UTIL	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	15	J	300	1.625	5.590,00	833,00	3.623,00
200	18	J	300	2.150	7.050,00	1.000,00	4.795,00
250	20	J	400	2.450	8.500,00	1.250,00	5.464,00
300	23	J	500	4.500	11.800,00	2.500,00	10.035,00
350	26	J	600	5.600	14.800,00	3.000,00	12.488,00

C U A D R O 5-11

ESTRUCTURAS RETENIDAS HASTA 0° 5° DEL CONDUCTOR 2/0 AWG. QUAIL

VANO	ALTURA POSTE m.	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg.	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	12	J	300	1.233	4.510,00	625,00	2.749,00
200	14	J	400	1.590	6.050,00	833,00	3.545,00
250	16	J	400	1.900	6.600,00	1.000,00	4.237,00
300	19	J	500	2.550	9.240,00	1.363,00	5.686,00
350	22	J	500	3.100	10.945,00	1.666,00	6.913,00

ESTRUCTURAS RETENIDAS HASTA 30° DEL CONDUCTOR 2/0 AWG. QUAIL

VANO	ALTURA POSTE mt.	TIPO POSTE	CARGA UTIL Kg.	PESO Kg.	VALOR S/.	VALOR TRANSPORTE S/. c/u	VALOR PARADA S/. c/u
150	12	R	800	1.746	6.650,00	882,00	3.893,00
200	14	R	800	2.208	8.085,00	1.153,00	4.923,00
250	16	R	1.000	2.839	11.512,00	1.500,00	6.330,00
300	19	R	1.000	3.785	14.867,00	1.875,00	8.440,00
350	22	R	1.000	4.850	18.260,00	2.500,00	10.815,00

HOJA N° 1

CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

VANO mts.	N° ESTR. SUSP.	N° ESTR. RET.	N° ESTR. RET.ANG.	S/. POSTE S	S/. POSTE R	S/. POSTE R.A.	TOTAL POSTES
150	505	34	21	6.600	5.621	8.272 (4)	4'218.962
				3'333.000	191.114	694.848	
200	365	34	21	7.645	6.908	10.197 (4)	
				2'790.425	234.872	856.548	3'881.845
250	281	34	21	10.780	8.085	11.182 (4)	
				3'029.180	274.890	939.288	4'243.358
300	225	34	21	13.530	11.638	15.587 (4)	
				3'044.250	395.692	1'309.308	4'749.250
350	185	34	21	19.305	14.687	18.458 (4)	
				3'571.425	499.358	1'550.472	5'621.255

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

150	505	34	21	6.160	4.840	9.048	
				3'110.800	164.560	190.008	3'465.368
200	365	34	21	6,600	5.995	12.172	
				2'409.000	203.830	255.612	2'868.442
250	281	34	21	9.570	7.997	14.762	
				2'689.170	271.898	310.002	3'271.070
300	225	34	21	12.540	9.537	17.749	
				2'821.500	324.258	372.729	3'518.487
350	185	34	21	14.245	12.100	23.650	
				2'635.325	411.400	496.650	3'543.375

CONDUCTOR 2/0 AWG - QUAIL

VANO mts.	Nº ESTR. SUSP.	Nº ESTR. RET.	Nº ESTR. PET.ANG.	S/. POSTE S	S/. POSTE R	S/. POSTE R.A.	TOTAL POSTES
150	505	34	21	6.160	4.510	6.650	
				3'110.800	153.340	139.650	3'403.790
200	365	34	21	7.050	6.050	8.085	
				2'573.250	205.700	169.785	2'948.735
250	281	34	21	8.500	6.600	11.512	
				2'388.500	224.400	241.752	2'854.652
300	225	34	21	11.800	9.240	14.867	
				2'655.000	314.160	312.207	3'281.367
350	185	34	21	14.800	10.945	18.260	
				2'738.00	372.130	383.460	3'493.590

CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

VANO	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES S	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES R	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES R.A.	TOTAL M. de OBRA PARADA DE POSTES
150	1'931.120	115.090	307.020	2'353.230
200	1'627.900	147.832	393.708	2'169.440
250	2'077.714	167.382	440.748	2'685.844
300	2'012.850	238.680	681.240	2'932.770
350	1'938.985	286.960	816.900	3'042.845

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

VANO	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES S	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES R	M. de OBRA S/. PARADA DE POSTES R.A.	TOTAL M. de OBRA PARADA POSTES
150	1'931.120	115.090	307.020	2'353.230
200	1'627.900	147.832	393.708	2'169.440
250	2'077.714	167.382	440.748	2'685.844
300	2'012.850	238.680	681.240	2'932.770
350	1'938.985	286.960	816.900	3'042.845

CONDUCTOR 2/0 QUAIL

150	1'931.120	115.090	307.020	3'353.230
200	1'627.900	147.832	393.708	2'169.440
250	2'077.714	167.382	440.748	2'685.844
300	2'012.850	238.680	681.240	2'932.770
350	1'938.985	286.960	816.900	3'042.845

Cuadro 5-15

CONDUCTOR 477 MCM HAWK

S/ CADENA S	S/ CADENA R	S/ CRUCETAS S	S/ CRUCETAS R	TOTAL CRUCETAS Y CADENAS
5.796	14.084	2.800	4.740	5'376.300
2'926.980	774.620	1'414.000	260.700	
2'115.540	774.620	1'022.000	260.700	4'172.860
1'628.676	774.620	786.800	260.700	3'450.796
1'304.100	774.620	630.000	260.700	2'969.420
1'072.260	774.620	518.000	260.700	2'625.580

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

2'926.980	774.620	1'414'000	260.700	5'376.300
2'115.540	774.620	1'022.000	260.700	4'172.860
1'628.676	774.620	786.800	260.700	3'450.796
1'304.100	774.620	630.000	260.700	2'969.420
1'072.260	774.620	518.000	260.700	2'625'580

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

2'926.980	774.620	1'414.000	260.700	5'376.300
2'115'540	774.620	1'022.000	260.700	4'172.860
1'628.676	774.620	786.800	260.700	3'450.796
1'304.100	774.620	630.000	260.700	2'969.420
1'072.260	774.620	518.000	260.700	2'625'580

CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

S/.	S/.
MANO DE OBRA ARMADA ESTRUCTURA S	MANO DE OBRA ARMADA ESTRUCTURA R x 55
1.400	2.800
707.000	154.000
511.000	154.000
393.400	154.000
315.000	154.000
259.000	154.000

CONDUCTOR 266.8 MCM PARTRIDGE

707.000	154.000
511.000	154.000
393.400	154.000
315.000	154.000
259.000	154.000

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

707.000	154.000
511.000	154.000
393.400	154.000
315.000	154.000
259.000	154.000

CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

S/. CONDUCTOR	S/. HILO DE GUARDA	MANO DE OBRA TENDIDO CONDUCTOR	MANO DE OBRA HILO DE GUARDA
277,2 x 80.783	94.4 x 18.000	17.268 x 84 x 3	4.800 x 84
22' 393.047	1' 663.200	4' 351.536	403.200
22' 393' 047	1' 663.200	4' 351.536	403.200
22' 393' 047	1' 663.200	4' 351.536	403.200
22' 393' 047	1' 663.200	4' 351.536	403.200
22' 393' 047	1' 663.200	4' 351.536	403.200

CONDUCTOR 266.8 MCM PARTRIDGE

277,2 x 45.192	92.4 x 18.000		
12' 527.222	1' 663.200	2' 438.214	403.200
12' 527.222	1' 663.200	2' 438.214	403.200
12' 527.222	1' 663.200	2' 438.214	403.200
12' 527.222	1' 663.200	2' 438.214	403.200
12' 527.222	1' 663.200	2' 438.214	403.200

CONDUCTOR 2/0 AWG - QUAIL

277,2 x 22.600			
6' 264.720	1' 663.200	1' 266.900	403.200
6' 264.720	1' 663.200	1' 266.900	403.200
6' 264.720	1' 663.200	1' 266.900	403.200
6' 264.720	1' 663.200	1' 266.900	403.200
6' 264.720	1' 663.200	1' 266.900	403.200

CONDUCTOR 477 MCM - HAWK

VANO	S/. TENSOR Y ANCLA	S/. PUESTA A TIERRA	S/. TOTAL TENSORES Y TIERRA
150	4.888(4 x55)	224.000	1'299.360
	1'075.360		
200	1'075.360	168.000	1'243.360
250	1'075.360	134.400	1'209.760
300	1'075.360	112.000	1'187.360
350	1'075.360	96.000	1'171.360

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

150	4.888 (4 x55)	224.000	1'299.360
200	1'075.360	168.000	1'243.360
250	1'075.360	134.400	1'209.760
300	1'075.360	112.000	1'187.360
350	1'075.360	96.000	1'171.360

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

150	1'075.360	224.000	1'299.360
200	1'075.360	168.000	1'243'360
250	1'075.360	134.400	1'209.760
300	1'075.360	112.000	1'187.360
350	1'075.360	96.000	1'171.360

CONDUCTOR 477 MCM HAWK

VANO	S/. MANO DE OBRA TENSOR ANCLA 1.400 x 55	S/. MANO DE OBRA PUESTA A TIERRA 250 x 560
150	308.000	145.600,00 250 x 420
200	308.000	105.000,00 250 x 335
250	308.000	83.750,00 250 x 380
300	308.000	70.000,00 250 x 240
350	308.000	60.000,00

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

150	308.000	145.600,00
200	308.000	105.000,00
250	308.000	83.750,00
300	308.000	70.000,00
350	308.000	60.000,00

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

150	308.000	145.600,00
200	308.000	105.000,00
250	308.000	83.750,00
300	308.000	70.000,00
350	308.000	60.000,00

CONDUCTOR 477 MCM HAWK

S/. TRANSPORTE POSTE "S"	S/. TRANSPORTE POSTE "R"	S/. TRANSPORTE POSTE "R.A"	S/. TOTAL TRANS/POSTES	S/. TOTAL TRANS.MAT.
882 445.410	789x2 53.652	833x4 69.972	569.034	499.800
1.000 365.000	1000x2 68.000	1.071x4 89.964	522.964	499.800
1.666 468.146	1.153x2 78.404	1.250x4 105.000	651.530	499.800
2.142 481.950	1.666x2 113.288	1.857x4 157.500	752.738	499.800
2.500 462.500	1.875x4 127.500	2.500x4 210.000	800.000	499.800

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

833 420.665	555x2 37.740	1.000x2 42.000	500.405	700x7.1x84 417.480
1.000 365.000	714x2 48.552	1.250x2 52.500	466.052	417.480
1.666 468.146	1.250x2 85.000	1.500x2 63.000	616.146	417.480
2.142 481.950	1.500x2 102.000	1.875x2 78.750	662.700	417.480
2.500 462.500	2.142x2 166.056	2.500x2 105.000	733.556	417.480

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

833 420.665	625x2 42.500	882x2 37.044	500.209	700x6,7x84 393.960
1.000 365.000	933x2 56.644	1.153x2 48.426	470.070	393.960
1.250 351.250	1.000x2 68.000	1.500x2 63.000	482.250	393.960
2.500 562.500	1.362x2 92.684	1.875x2 78.750	733.934	393.960
3.000	1.666x2	2.500x2		

CONDUCTOR 477 MCM HAWK

VANO	S/. TOTAL MATERIALES	S/. TOTAL MANO DE OBRA	TOTAL PERDIDAS EN CONDUCTOR	S/. GRAN TOTAL
150	34'950.869	9'491.400	483.268	44'925.537
200	33'354.312	9'024.940	483.268	42'862.520
250	33'466'053	9'025.188	483.268	42'974.509
300	32'962.277	9'787.044	483.268	43'232.589
350	33'474.442	9'878.381	483.268	43'836.091

CONDUCTOR 266.8 PARTRIDGE

150	24'331.450	7'427.129	864.222	32'622.801
200	22'475.084	6'972.386	864.222	30'311.692
250	22'122.048	7'500.034	864.222	30'486.304
300	21'865.689	7'701.364	864.222	30'431.275
350	21'530.737	7'816.295	864.222	30'211.254

CONDUCTOR 2/0 AWG QUAIL

150	18'007.370	6'182.099	1'716.717	25'906.186
200	16'292.875	5'731.570	1'716.717	23'741.162
250	15'443.128	6'121'304	1'716.717	23'281.147
300	15'366.067	6'527.764	1'716.717	23'610.548
350	15'218.450	6'611.193	1'716.717	23'546.360

COSTO POR MONTAJE EN AISLADOR TIPO POSTE CONDUCTOR 2/0 QUAIL

VANO	COSTO AISLADOR S/. 8.751,00	MANO DE OBRA S/. 1.750,00	TOTAL
150	4'419.255,00	883.750,00	5'303.005,00
200	3'194.115,00	638.750,00	4'057.865,00
250	2'459.031,00	491.750,00	2'950.781,00
300	1'968.975,00	393.750,00	2'362.725,00
350	1'618.935,00	323.750,00	1'942.685,00

Costo por cada estructura S/. 10.501,00 Aislador poste

Costo por cada estructura S/. 7.196,00 Aislador Suspensión.

Cuadro 5-23

CAPITULO 6

CALCULO MECANICO

6.1. CALCULO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES: PIE DE AMIGO, CRUCETAS, POSTES

De lo obtenido en el Capítulo 5 se ha determinado el poste requerido para el vano ideal; y por lo que podemos determinar las características de las estructuras a utilizar.

Con lo expuesto se efectuará el cálculo de los elementos principales. Como el pie de amigo, y la cruceta para la estructura suspensión del conductor 2/0 AWG, vano de 250 mts. y poste de 20 mts. de largo.

6.1.1. Crucetas y Pie de Amigo

INECEL tiene diseñado tres tipos de cruceta:

- Tipo Boveda
- Tipo Canadiense
- Tipo triangular

Por las características de los perfiles a utilizar escogemos el de tipo triangular, ya que según la tabla de dimensiones para cada tipo de cruceta existe un tipo de diferentes medidas para cada calibre de conductor, lo que no sucede con la cruceta tipo triangular que es igual para

los calibres que hemos hecho estudio.

En este tipo de cruceta la disposición de los conductores es en triángulo.

En el presente estudio se debería haber efectuado el cálculo mecánico para los diferentes tipos de cruceta, pero dada la elección del INECEL a tres tipos, recalcamos - que escogemos la de tipo triangular, que por experiencia es más práctica en su construcción (es clásica), su hechura y sus accesorios (pernos, etc.) son standarizados.

Determinaremos la disposición eléctrica-mecánica de las mismas.

Para el efecto presentaremos el trabajo presentado en el cuadro general.

σ_F	5	
Flecha	5,40	
Esfuerzo viento sobre conductor	110,56	
Flecha hilo de guarda	2,89	
Esfuerzo viento sobre hilo de guarda	85,75	
Altura Poste	20	
Carga util	400	
Peso poste	2.450	1623
Distancia entre conductores	2,23 m.	1625

Altura del hilo de guarda a la 1ª Fase $2,80$ m.

Dimensiones del Poste: Base

$\frac{b}{501}$ $\frac{a}{396}$ 297

Punta

$\frac{160}{x}$ $\frac{155}{16,74}$

6.1.3. Cargas de trabajo en el Poste-Coeficientes de Seguridad.

Las cargas de trabajo que soportará el poste en la línea de transmisión, deberán multiplicarse por los siguientes factores de seguridad.

<u>Solicitud</u>	<u>Factor de Sobrecarga</u>
Cargas verticales	1,4
Sobrecarga vertical	1,2
Viento	2,25
Efecto del ángulo	1,4
Sobrecarga longitudinal	1,2
Desequilibrio longitudinal	1,4
Remate	1,4
Tendido	1,2
Montaje	1,2

6.1.3.1. Carga Vertical y Sobrecarga Vertical

Peso conductor = $0,2721$ Kg/m.

= $68,025$ Kg.

$0,185$ Kg/m

$32,55$ Kg

Para cadena aisladores = 65 lbs.
 = 29,545 Kg.
 Peso cruceta = 18,84 Kg.
 Peso total = 116,45 Kg.

Luego:

Carga vertical = 116,45 x 1.4
 = 163,03 Kg.

6.1.3.2. Sobrecarga Vertical

Peso 2 linieros equipados = 150 Kg. ✓

Luego:

Sobrecarga vertical = 180 Kg. ✓

6.1.3.3. Viento (carga H Horizontal)

Presión del viento por diámetro del conductor por vano:

$$39 \times 0,01134 \times 250$$

$$110,58$$

Luego:

$$\begin{aligned}
 Pv \times 2.25 &= 110,58 \times 2.25 \\
 &= 249,77 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

6.1.3.4. Efecto del Angulo

Fuerza debida al ángulo

$$\begin{aligned}
 & 7,62 \times 58,48 \\
 F &= 10.17 \times 78.64 \\
 &= 799.76 \quad 2149,4 \\
 F &= 2F \text{ Sen } \theta / 2 \\
 &= 2 \times 799,76 \times 0.008 \\
 F &= 12.9 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

Donde:

$$12.8 \times 1.4 = 17,92 \text{ Kg.}$$

6.1.3.5. Carga Longitudinal

Se calcula en base a la presión máxima del viento sobre la estructura y la cadena de aisladores mas una carga equivalente a la cuarta parte de la carga transversal de viento sobre los conductores y cables de tierra.

6.1.3.6. Presión Máxima del viento sobre la estructura

Obtenemos la superficie del poste expuesta al viento.

Según los datos de conicidad de la cara angosta sobre la que acciona el viento obtenemos la altura del centro de gravedad del trapecio en mención.

$$h = \frac{(2a + b)}{3(a + b)} H$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 a &= 0,155 \quad 0,116 \\
 b &= 0,396 \quad 0,297 \\
 H &= 16,67 \quad 2,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{(2 \times 0.155 + 0.356)}{3(0.155 + 0.356)} \times 16.67 \\
 &= \frac{11.76}{1.65} \\
 h &= 7.24 \text{ mt.}
 \end{aligned}$$

La presión del viento sobre el poste será Area Trapecio $\times 39 = 166.1 \text{ Kg.}$

La presión del viento sobre la cara ancha (paralela al conductor) del poste será (carga longitudinal).

Area por presión del viento

$$5 \times 39 = 195 \text{ Kg.}$$

Sacamos el centro de gravedad de la cara ancha

$$h = \frac{(2 \times 0.160 + 0.444)}{3(0.160 + 0.444)} \times 16.67$$

$$h = 7.02 \text{ mt.}$$

La presión del viento sobre la cadena

$$39 \times 1.04 \times 0.254$$

$$10,3 \text{ Kg.}$$

Esfuerzo del viento sobre el hilo de guarda, debido al ángulo.

$$2 \times 3100 \times \text{Sen } 0.57 = 54$$

Por lo tanto:

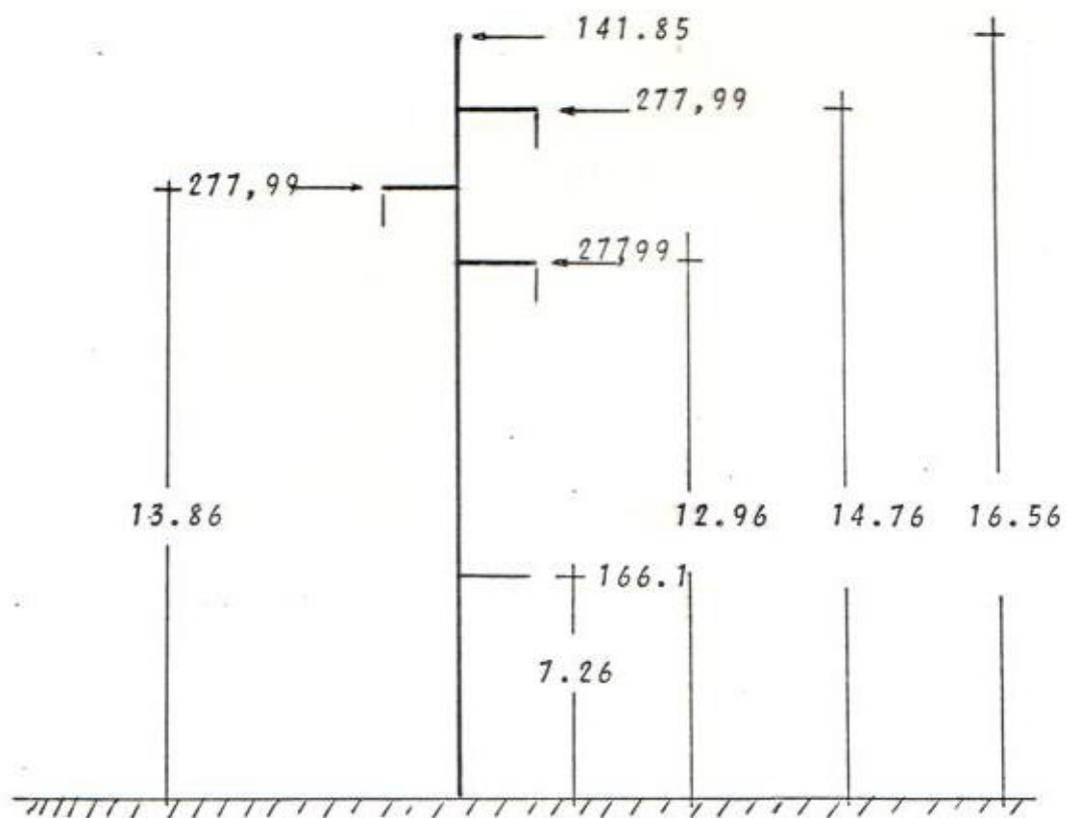


Figura 6-1

Para obtener la carga útil del poste, tomamos momentos respecto al empotramiento:

$$141.85 \times 16.56 + 277.99 \times 14.76 + 277.99 \times 13.86 + 277.99 \times 12.96 + 166.1 \times 7.24/16.56$$

1.054,31 Kg. de carga transversal del trabajo a la Rotura.

Para la carga longitudinal

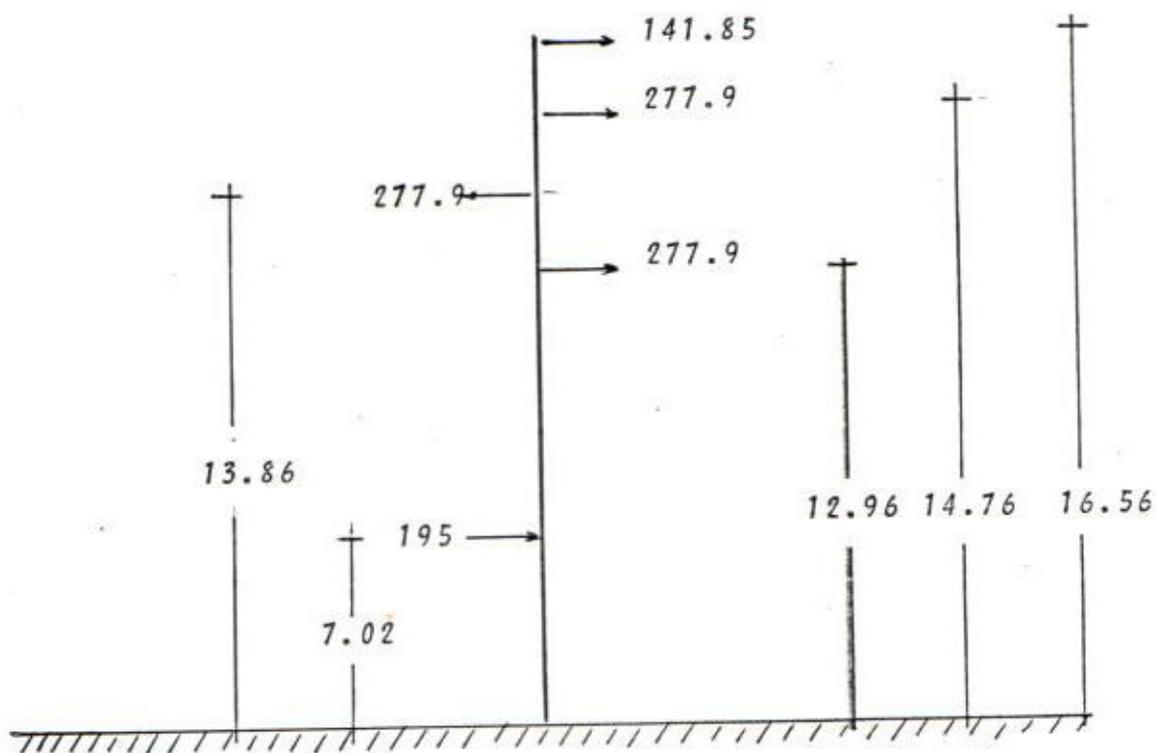


Figura 6-2

$$\begin{aligned}
 & 195 \times 7.02 + \frac{277.9}{4} \times 4.76 + \frac{277.9}{4} \times 13.81 + \frac{277.9}{4} \\
 & \times 12.96 + \frac{141.85}{4} \times 16.56/16.56 \\
 & = 293 \text{ Kg. de carga longitudinal.}
 \end{aligned}$$

6.2. DETERMINACION DE LAS ESTRUCTURAS TIPO SUSPENSION

Con los valores determinados en el 6.1 establecemos ya

en definitiva características de la estructura suspensión, que serán de las siguientes especificaciones:

Poste: de 20 mts. de largo, 600 Kg. de carga útil, tipo R (ELECTOR).

Cruceta: Metálica de 1.60 mt. de largo de hierro galvanizado L de 3" x 3" x 3/8".

Pie de amigo: Metálico de 1.10 mt. de largo de hierro galvanizado L: de 2" x 1/4".

Aislador: Tipo suspensión clase 52-3 de 10"

Accesorio: Preformado.

La experiencia aconseja pedir al fabricante que la carga longitudinal sea el 50% de la transversal.

6.3. DETERMINACION DE RETENIDAS

6.3.1. Determinación de cargas transversales y longitudinales para estructuras retenidas hasta 5°.

Del desarrollo del cuadro general: se obtuvieron los siguientes datos:

Fuerza debida al conductor:	180,27
Fuerza debida al hilo de guarda:	286,16
Altura del poste	: 16 mts.

Esfuerzo del viento sobre el poste :

Base del poste : 433 x 324 mm.

Punta del poste : 160 x 155 mm.

Sección a la altura de empotramiento 387 x 291 mm. centro de gravedad de la cara ancha:

$$h = \frac{2 \times 0.160 + 0,387}{3(0,160 + 0,387)} = 13,3$$

$$h = 5,73 \text{ mts.}$$

El centro de gravedad de la cara angosta.

$$h = 7,32$$

Presión del viento sobre la cara ancha = 141.8 Kg.

Presión del viento sobre la cara angosta = 115,67 Kg.

Peso conductor = 68,025 Kg.

Peso cadena aisladores 29.545 x 2 = 59,09

Peso cruceta = 74,7 Kg x 2 = 149,4 Kg

Peso linieros = 150 Kg.

Luego por momentos:

$$\frac{2 \times 356 \times 13,20 + 3 \times 450 \times 11,04 + 2 \times 141.8 \times 5,73}{13,20} = 1.964 \text{ Kg.}$$

Luego cada poste será 1.000 Kg a la Rotura

Para la carga longitudinal

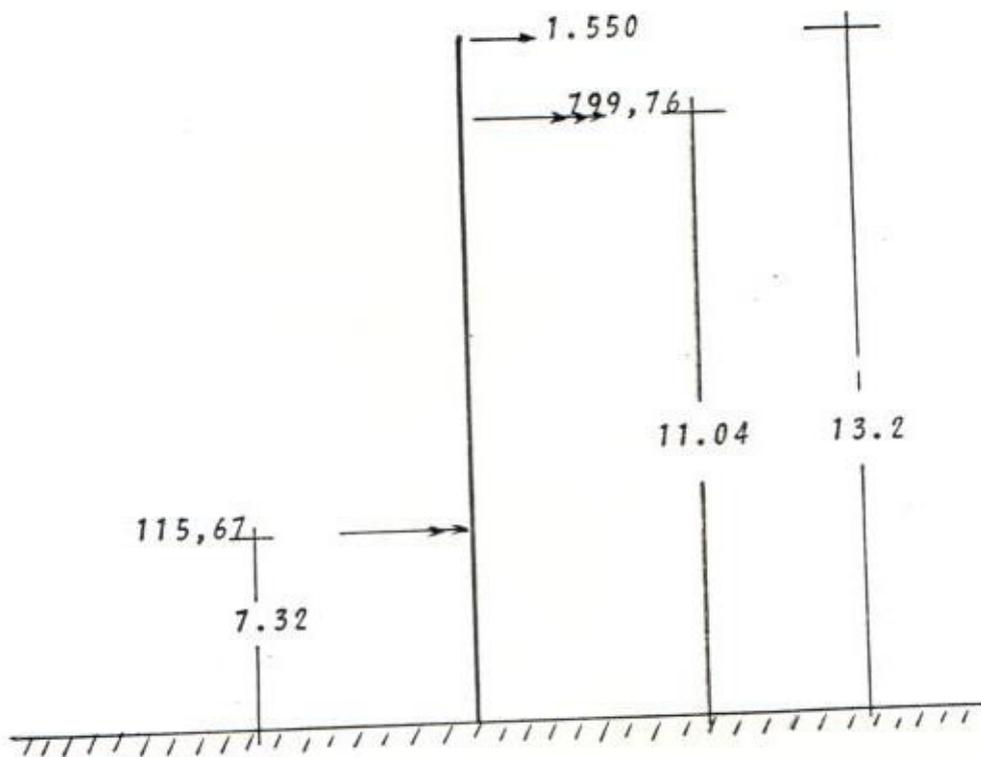


Figura 6-3

$$\frac{2 \times 115,67 \times 7,72 + 3 \times 10,17 \times 78,64 \times 11,04 + 2 \times 6.300 \times 0,25 \times 13,2}{13,2} = 5.200$$

Luego cada poste será 2.600 Kg. de carga longitudinal a la Rotura.

6.3.2. Determinación de cargas transversales y longitudinales para las retenidas hasta 30°.

Por igual desarrollo que en el 4.3.1. con el solo cambio del efecto producido por el ángulo de hasta 30° se obtuvo el siguiente resultado:

$$\frac{2 \times 455 \times 13,2 + 3 \times 850 \times 11,04 + 2 \times 141,8 \times 5,73}{13,2}$$

Resulta para cada poste 1.600 Kg. de carga transversal a la Rotura.

I para la carga longitudinal será 2.600 Kg. de carga longitudinal a la rotura.

6.4. DIAGRAMA DE CARGA EN LAS ESTRUCTURAS

6.4.1. Diagrama de cargas en la estructura Suspensión

De los datos obtenidos resumiremos en los siguientes gráficos:

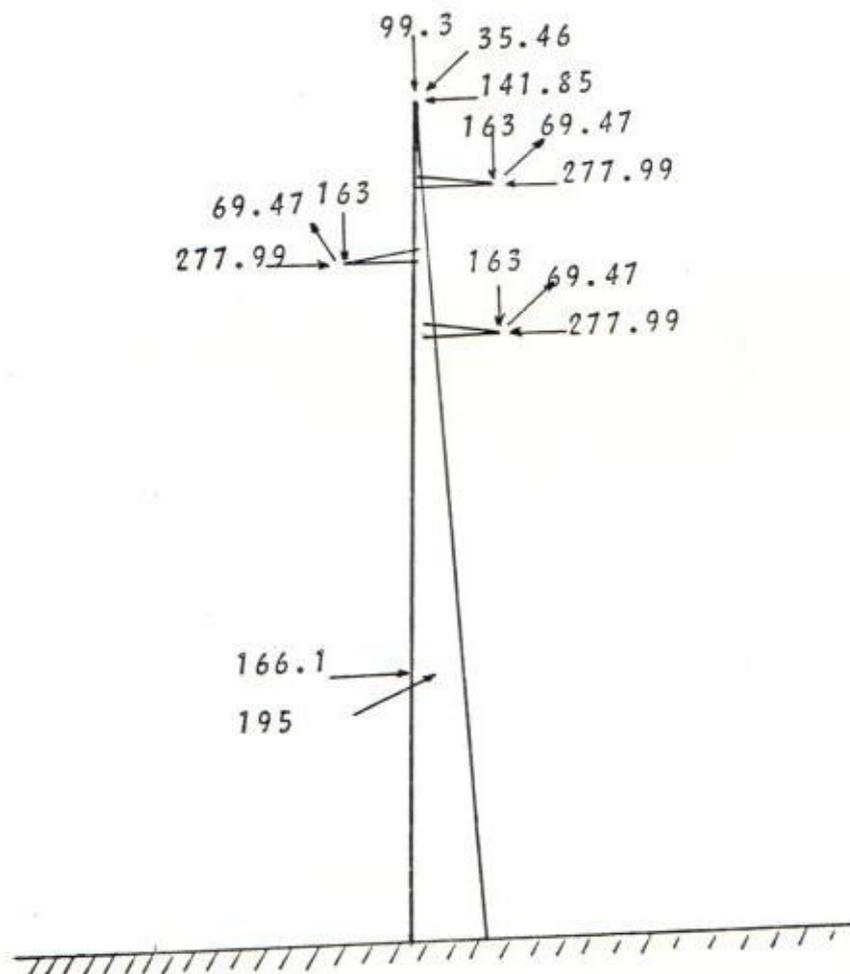


Figura 6-4

6.4.2. Diagrama de carga en la estructura Retenida $0^\circ - 5^\circ$

Diagrama de cargas en estructuras tipo Retenida en ángulo:
 $0^\circ - 5^\circ$

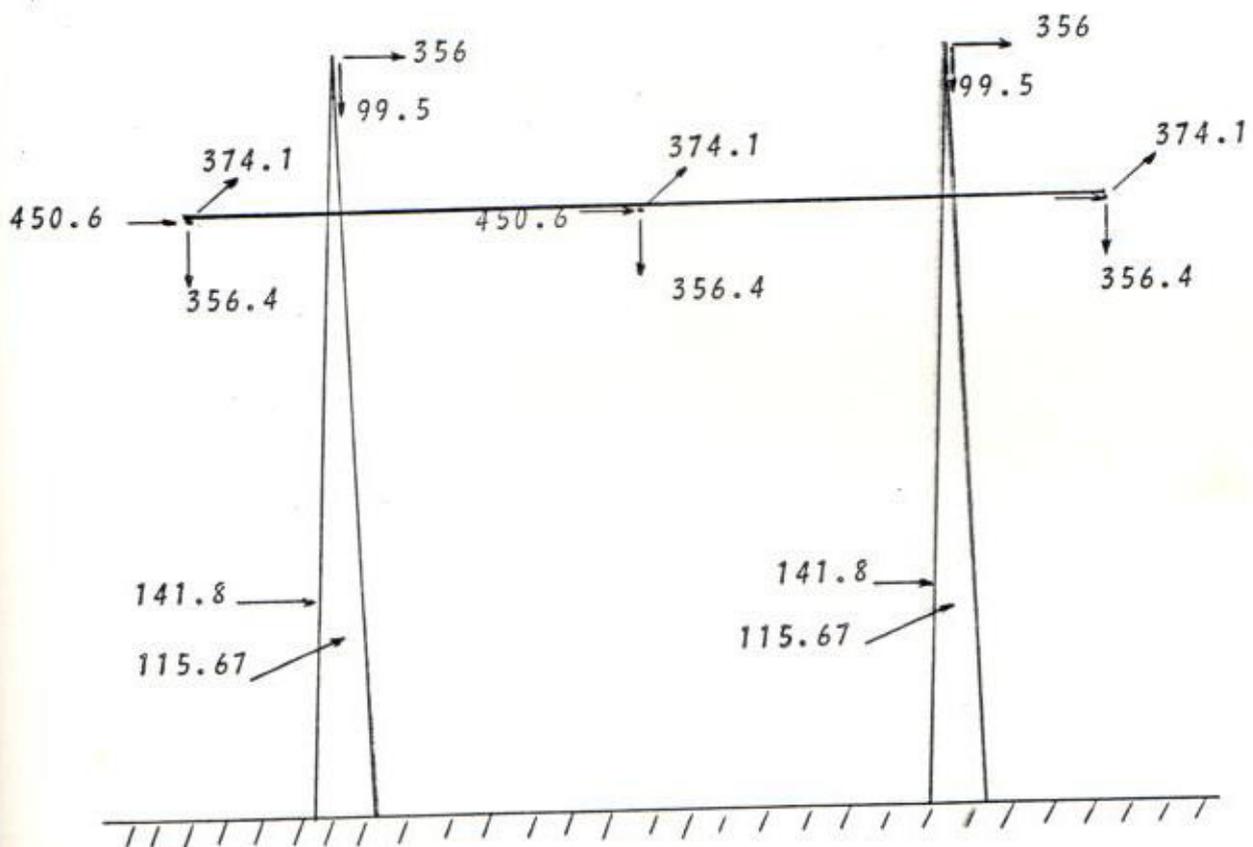


Figura 6-5

6.4.3. Diagrama de carga en la estructura Retenida $0^\circ - 30^\circ$

Diagrama de cargas en estructuras tipo Retenidas en ángulo: $0^\circ - 30^\circ$

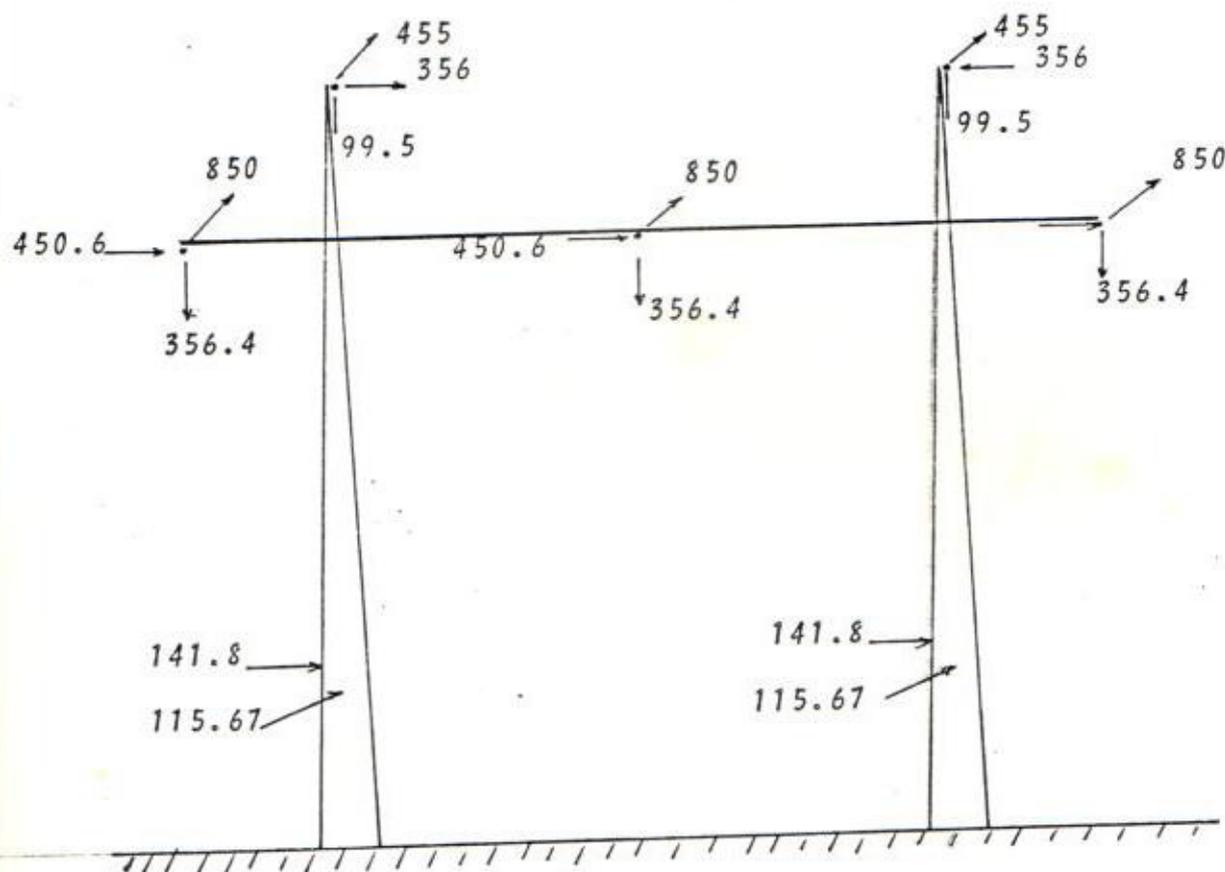


Figura 6-6

CAPITULO 7

ESPECIFICACIONES TECNICAS Y LISTADO DE MATERIALES

7.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS

1. GENERAL

1.1. Estas "especificaciones técnicas" tienen como objeto establecer las características generales y particulares que deben satisfacer los equipos y materiales indicados.

2. EQUIPOS Y MATERIALES, MANO DE OBRA Y DISEÑO

2.1. Todos los materiales serán nuevos, libres de defectos y los mejores que se encuentren disponibles para el objeto, considerando su resistencia, durabilidad y adaptabilidad. La mano de obra empleada será de la más alta calidad y de acuerdo a las mejores prácticas actuales.

2.2. Todos los equipos y materiales, y su fabricación y pruebas deberán satisfacer los requerimientos de las normas más recientes, en lo que sean aplicables, que se indican a continuación o de los equivalentes en vigencia en el país de fabricación del equipo o material.

ASTM : American Society for Testing and Materials.

IPCEA: Insulated Power Cable Engineers Association.

ANSI : American National Standard Institute.
NEMA : National Electrical Manufacturers Association.
EEI : Edison Electric Institute

3. ESPECIFICACIONES

3.1. Sección A; Conductores y Cables de Acero

3.1.1. Conductor desnudo de aleación de aluminio A.A. SC.
6.201.

RENGLÓN A-1

GENERAL

- El conductor deberá ser desnudo, de aluminio-acero 2/0 AWG, de 6/7 hilos y de 78.64 mm^2 de sección.
- El conductor deberá suministrarse en carretes de madera.
- La longitud del conductor en cada carrete deberá ser de aproximadamente 3.000 metros.
- En cada carrete deberán ser marcados la longitud, la sección del conductor, y los pesos neto y bruto.

NORMAS:

El conductor deberá ser manufacturado de acuerdo a los requerimientos de la última edición de la norma A.S.T.M. B397-69.

3.1.2. Cable de acero galvanizado de alta resistencia.

REGLON A-2

GENERAL

- El cable será de acero galvanizado de alta resistencia mecánica, 7 hilos, diámetro exterior del cable 3/8 de pulgada.
- Los pesos de las capas de zinc sobre los hilos componentes, serán según los requerimientos del recubrimiento clase "A".
- El cable será suministrado en carretes de madera.
- La longitud del cable en cada carrete será, no menor de 2.500 metros.
- En cada carrete deberán ser marcados la longitud, el diámetro nominal del cable y los pesos neto y bruto.

NORMAS:

El cable deberá ser manufacturado de acuerdo con la última edición de la Norma A.S.T.M. A-363 "Cable de Alambre de Acero Galvanizado".

3.2. Sección B. Aisladores

3.2.1. Aisladores tipo suspensión

REGLON B-1GENERAL

- Los aisladores serán de porcelana de alta densidad, procesada en húmedo color café y deberán tener sus partes metálicas de material ferroso.
- Los aisladores de suspensión serán del tipo bola-rótula de 10" de diámetro por 5 3/4" de altura.

NORMAS:

Las dimensiones de los aisladores y sus características eléctricas y mecánicas deberán satisfacer las Normas ANSI para aisladores de porcelana.

3.3. Sección C. Grapas, Conectores y Accesorios

- 3.3.1. Grapa de retención para conductor de aleación de aluminio.

REGLON C-1

La grapa de retención será de aleación de aluminio, hierro fundido galvanizado o hierro forjado galvanizado, adecuada para usarse con el conductor ACSR. Calibre 2/0 AWG, especificado en el renglón A-1. La grapa deberá tener cuatro pernos "U" y conector tipo rótula para sujeción a los aisladores clase ANSI 52-3.

Los accesorios de hierro serán galvanizados todas sus partes serán de forma tal, que eviten la formación de corona. Resistencia mínima a la rotura 12.000 Kg.

3.3.2. Grapa de retención para cable de guardia

REGLON C-2

La grapa de retención y sus accesorios, serán de acero galvanizado para usarse con el cable de acero especificado en el renglón A-3. La grapa deberá suministrarse completa con todos los accesorios para sujeción del cable de acero, incluyendo el accesorio "Y" para conexión de la grapa al perno "U" de la estructura de soporte. Resistencia mínima a la rotura 6.820 Kg.

3.3.3. Grapa oscilante para cable de guardia

REGLON C-3

La grapa oscilante y sus accesorios deberán ser de acero galvanizado para usarse con el cable de acero especificado en el renglón A-3.

La grapa oscilante será del tipo de dos pernos "U" y se suministrará con todos sus accesorios incluyendo el pedestal, que será de base plana con cuatro perforaciones de

9/16" de diámetro, para su montaje a la estructura de soporte.

3.3.4. Conector de aluminio ranuras paralelas

RENGLON C-4

El conector de ranuras paralelas, será de aleación de aluminio, adecuado para utilizarse con el conductor de aleación de aluminio 2/0 AWG. ACSR especificado en el renglón A-1.

El conector será del tipo de unión de hierro galvanizado y deberá garantizar una conexión de una conductividad no menor a la del conductor.

3.3.5. Conector de acero galvanizado de ranuras paralelas

RENGLON C-5

El conector de ranuras paralelas será de hierro galvanizado adecuado para utilizarse con el cable de acero de alta resistencia mecánica especificado en el renglón A-3.

El conector será del tipo apernado y deberá garantizar una conexión de una conductividad no menor a la del cable.

3.3.6. Perno tipo "U"

RENGLON C-6

El perno tipo "U" será de acero galvanizado adecuado -

para usarse como elemento de unión entre el accesorio tipo "Y" de las cadenas de suspensión y las ménsulas de las estructuras de soporte, las mismas que se encuentran en los dibujos que se anexan a estas especificaciones.

Los pernos "U" deberán tener una resistencia mínima a la rotura de 12.000 Kg.

3.3.8. Accesorio rótula-ranura

REGLON C-9

El accesorio rótula-ranura será de acero galvanizado para usarse en el caso de cadenas de retención invertidas y deberá tener una resistencia mínima a la rotura de 12.000 Kg.

El accesorio rótula-ranura deberá ser adecuado para conectarse a la bola del aislador ANSI-52-3 por un extremo y al eslabón "Y" del renglón C-8.

3.4. Sección D. Accesorios Preformados

3.4.1. Juego de sujeción tipo suspensión

REGLON D-1

El juego de sujeción preformado simple soporte de la suspensión, será adecuado para usarse con el conductor de aleación de aluminio 2/0 AWG (19) especificada en el ren-

glón A-1, sin que se requiera para su instalación el uso de herramientas especiales y deberá suministrarse con el accesorio tipo rótula, necesario para la conexión a los aisladores clase ANSI 52-3.

El juego deberá estar compuesto de los siguientes elementos:

- Perno, arandela de presión y contratuerca de acero galvanizado.
- Tablilla de aleación de aluminio de alta resistencia.
- Ajuste de neopreno moldeado con refuerzos de aleación de aluminio. Resistente al ataque del ozono, a la intemperie y a variaciones extremadas de temperatura.
- Cubierta de aleación de aluminio de alta resistencia.
- Doce varillas de aluminio por juego, y
- Accesorio tipo rótula de aleación de aluminio de alta resistencia.

3.4.2. Juego de varillas de armar preformadas para conductor de aleación de aluminio 2/0 AWG.

REGLÓN D-2

El juego de varillas de armar preformadas, será de aleación de aluminio, para simple soporte, adecuada para usarse con el conductor A.A.S.C. especificado en el ren-

glón A-1 y para instalación sin uso de herramientas especiales.

Cada varilla deberá tener una marca en la parte central para facilitar su instalación y cada juego deberá llevar una cinta en la que conste el número de varillas por juego, su diámetro nominal y el calibre del conductor.

3.4.3. Juego preformado para empalme de conductor de aleación de aluminio 6.201.

RENGLON D-3

El juego preformado para empalme, será de aleación de aluminio 2/0 AWG, especificada en el renglón A-1 y para instalación sin uso de herramientas especiales.

El empalme deberá asegurar por lo menos el 90% de la tensión de rotura del conductor.

Cada varilla deberá tener una marca en la parte central para facilitar su instalación y cada juego deberá llevar una cinta en la que conste el número de varillas por juego, su diámetro nominal y el calibre del conductor.

- 3.4.4. Juego preformado para empalme de cable de acero de alta resistencia mecánica.

REGLON D-4

El juego preformado para empalme, será adecuado para usarse con el cable de acero especificado en el renglón A-3, sin que se requiera para su instalación el uso de herramientas especiales.

El empalme deberá asegurar como mínimo, la resistencia a la rotura del cable de acero de 3/8" de diámetro 4.900 Kg.

Cada varilla deberá tener una marca en la parte central para facilitar su instalación y cada juego deberá llevar una cinta en la que conste el número de varillas por juego su diámetro nominal y el diámetro del cable.

- 3.5. Sección E. Accesorios para puesta a tierra

- 3.5.1. Varillas de copperweld

REGLON E-1

La varilla para puesta a tierra, deberá ser de núcleo de acero recubierto de cobre, copperweld, uno de los extremos deberá ser aguzado y el otro tener forma troncocónica con la base mayor al extremo.

La varilla deberá ser de 5/8" de diámetro y 8 pies de longitud.

3.5.2. Conectores para varillas de copperweld a Conductor de cobre.

REGLON E-2

El conector deberá ser apropiado para conectar conductos de cobre cableado calibre 2 AWG especificado en el renglón A-2 a la varilla de copperweld especificada en el renglón E-1.

El conector será de aleación de cobre, con dos pernos "U", tuercas y contratuerkas de bronce silicoso.

La conexión del cable de puesta a tierra no deberá ser a través de un contacto directo entre el cable y la varilla de copperweld.

El conector deberá asegurar una conexión rígida entre el conductor de cobre y la varilla de copperweld y una conductividad no inferior a la del conductor.

3.5.3. Conector Conductor de Cu. a perfil de acero

REGLON E-3

El conector deberá ser apropiado para conectar el con-

ductor de cobre cableado calibre 2 AWG especificado en el renglón A-2 a perfil de hierro plano.

Los pernos del conector deberán ser de longitud suficiente para unir el conector a un perfil plano de $3/8''$ de espesor y a una arandela.

La conexión del cable de puesta a tierra no deberá ser a través de un contacto directo entre el conductor y el perfil de hierro plano.

El conector deberá asegurar una conexión rígida entre el conductor de cobre y el perfil de hierro plano y una conductividad no inferior a la del conductor.

7.2. PLANILLA DE MATERIALES POR ESTRUCTURA

7.2.1. Estructura Suspensión

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	Perno de Ojo $5/8''$ x $17''$ con 2 arandelas tuerca y anillo de presión.
2	1	Grillete U $1/2''$ x $4''$ 12.000 libras.
3	1	Grapa de Suspensión para sujeción de hilo de guarda de 9 mm.
4	3	Cruceta metálica de ángulo L 1.60 mt x $3''$ x $3''$ de hierro galvanizado en caliente.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
5	3	Pie de amigo metálico de angulo L de 1.10 mt. x 2" x 2" x 1/4".
6	3	Perno máquina 3/4" x 2" con 2 arandelas, 1 tuerca y 1 anillo de presión.
7	6	Perno máquina de 5/8" x 24" con una tuerca, 1 anillo de presión y dos arandelas.
8	3	Perno U de 5/8" x 5", 60 cm. de ancho de pierna, con 4 tuercas 2 arandelas y 2 contratuerca.
9	3	Adaptador y Ball-Clevis A.B. Chanche C501-0066.
10	15	Aislador tipo suspensión. Clave ANSI - 52-3, 10" x 5 3/4" - 15.000 libras.
11	1	Poste de hormigón vibrado de 600 Kg. 20 mt. de largo, tipo R. (Ref. Elecdor).
12	3	Adaptador "AGS Socket eye" para accesorio preformado.
13	3	Accesorio preformado "ARM OR GRIP SUSPENSION" Catálogo AGS - 5165. Color azul.
14	1	Conector de Cu-Al de ranura paralela para conexión de hilo de guarda y alambre de cobre a mesa de poste.
15	15 mts.	Alambre acerado de cobre.

7.2.2. Estructura Retenida

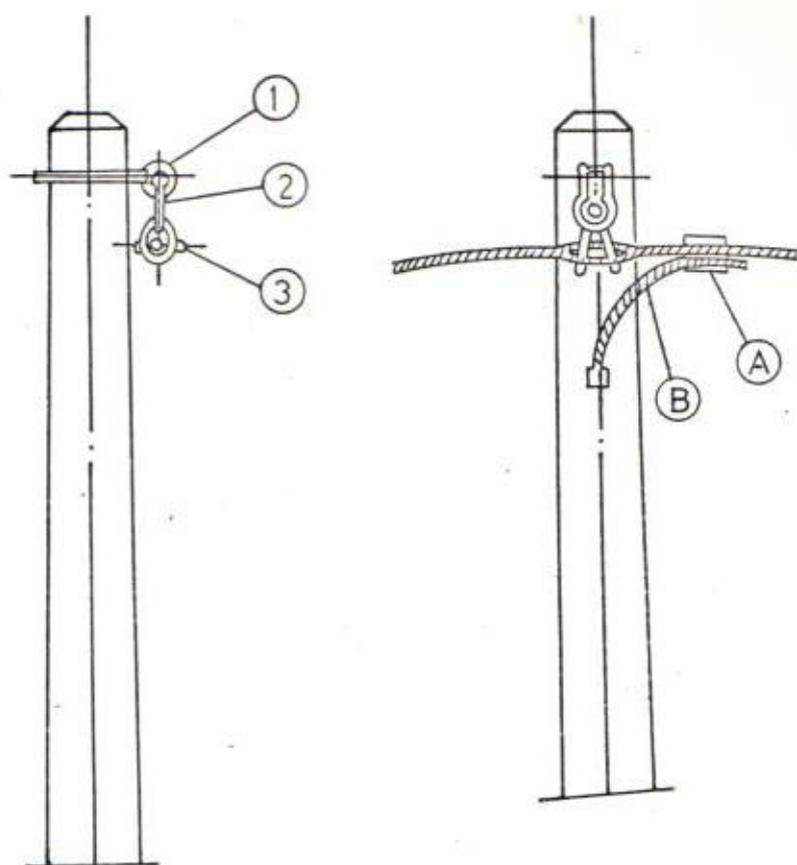
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	96	Perno de rosca corrida 5/8 x 24 con 4 tuercas, 4 arandelas planas. Galvanizado.
2	2	Cruceta metálica de hierro galvanizado en L de 4" x 4" x 4.20 mts.
3	1	Perno de Ojo de 5/8" x 22" con 2 arandelas y 1 tuerca.
4	2	Grapa terminal para hilo de 9 mm. A.B. Chance Catalogo C501-0682.
5	1	Grapa de Cu-Al de ranura paralela.
6	1	Tuerca de Ojo. Tipo Standard 5/9"
7	1	Perno U de 5/8" x 5", 60 cm. de ancho de pierna con 4 tuercas, 2 arandelas y dos contratuerca.
8	6	Perno máquina de 3/4" x 4" con 2 arandelas 1 tuerca y 1 contratuerca.
9	6	Grillete U de 5/8" x 3" 15.000 libras.
10	6	Adaptador y Ball-Clevis A B Chance. C-501-0066 18.000 libras.
11	36	Aislador Tipo Suspensión, ANSI 52-3.10" x 5 3/4".
12	6	Grapa Terminal para cable 2/0.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
13	3	Perno máquina 5/8" x 24" con 2 arandelas y dos tuercas.
14	4	Guarda cabo para cable de acero para tensor.
15	16	Grapa Mordaza Tipo pernos con ranura paralela para cable de acero de 1/2".
16	3	Grapa de Suspensión para Conductor 2/0 A.B. Chance C501-0736.
17	100 mts.	Cable de acero galvanizado de 1/2"- 7 hilos 8.000 lbs.
18	2	Poste de hormigón vibrado de 16 mts. 1.300 Kg. de carga útil.
19	1	Varilla de anclaje 3/4" x 8" con arandela 4" x 4" x 1/8".
20	1	Bloque de hormigón de 50 x 50 x 50 cm.

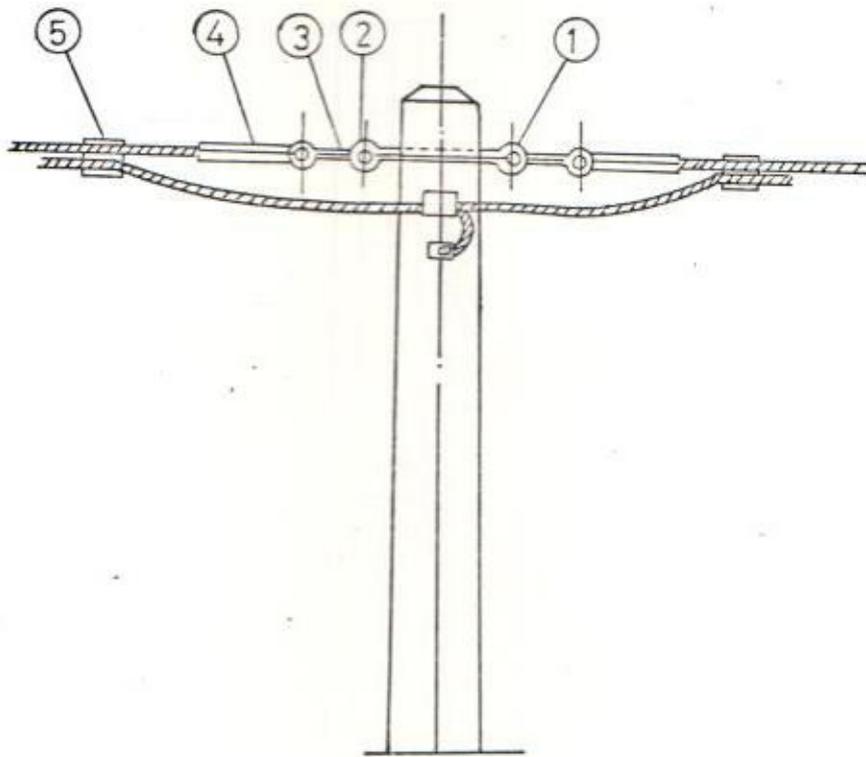
7.2.3. Estructura: Toma de Tierra

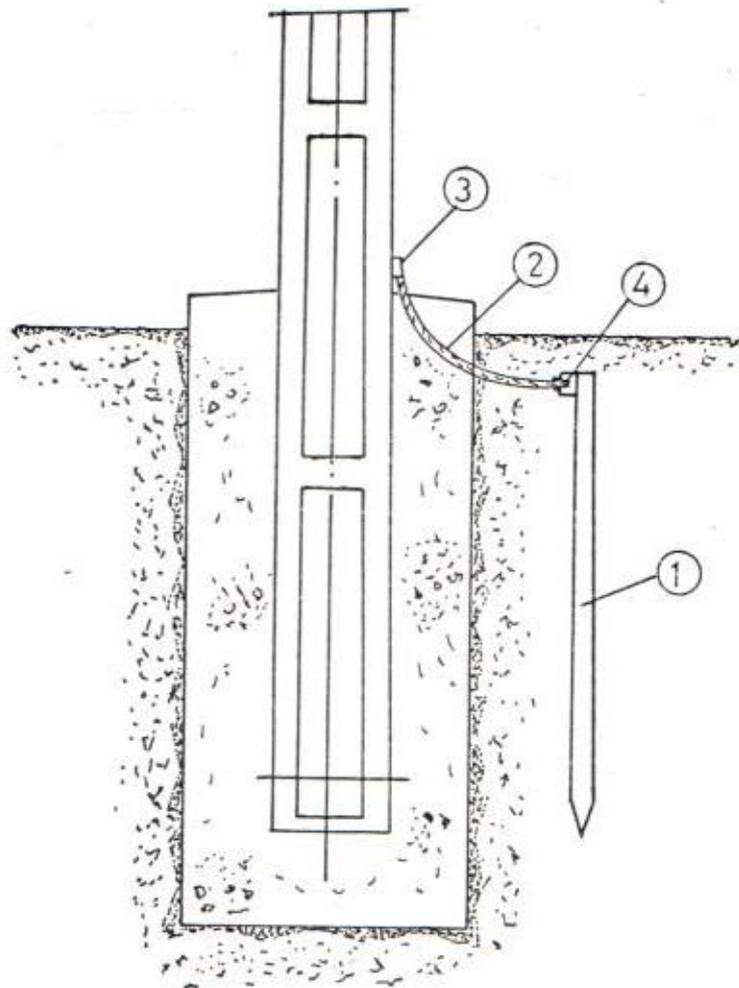
Planilla de Materiales:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	Varilla Copperweld 5/8" x 8'
2	2 mts.	Cable de acero de 9 mm ϕ
3	1	Terminal de Presión
4	1	Conector bifilar



- A Grapa de ranuras paralelas
B Alambre acerado





CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Del estudio realizado para la futura construcción de la línea 69 KV. Machala-Naranjal se obtiene las siguientes conclusiones:

- a) La ruta de la línea será por el lado izquierdo en la vía Naranjal-Machala.
- b) Las estructuras tipo suspensión serán de postes de hormigón de 20 mts. que soportarán cadenas de (5) aisladores. Sus herrajes y crucetas serán de hierro galvanizado.
- c) Las estructuras tipo (h) retenida serán de postes (2) de hormigón de 16 mts. que retendrán cadenas de (6) aisladores. Sus herrajes y crucetas (2) serán de hierro galvanizado.
- d) El aislamiento nos dió por la contaminación del ambiente, que serán de 5 aisladores como mínimo.
- e) La línea deberá llevar hilo de guarda de las características indicadas.
- f) El conductor será del calibre 2/0 AWG. QUAIL.
- g) Se deberá iniciar la construcción en el menor tiempo

posible; las necesidades a más de cumplirse la proyección establecida son insospechadas toda vez que exista la energía eléctrica.

8.2. RECOMENDACIONES

- A) La construcción de línea se recomienda por el lado indicado ya que es el que presenta, menos accidentes geográficos, e inclusive existe mayores accesos al eje de la ruta y por ende resulta el más económico.
- B) Por la altura (20 mts) y dado que nuestras fábricas (MAPRESA, Sangolquí, etc.) no producen postes tratados de madera de esa longitud y por la dificultad en la importación (prohibición) recomendamos el trabajo con postes de hormigón producidos en el medio.
- C) Se recomienda el uso de la cadena por los siguientes motivos:
- Mejores condiciones mecánicas
 - Menor riesgo por rotura de conductor
 - Su utilización para vanos largos
- D) Al recomendar las crucetas metálicas lo hacemos por los siguientes motivos:
- Uniformidad de construcción de las mismas; y

- Poca seguridad, de conseguir la cruceta de madera de la calidad y uniformidad que la línea requiere.

E) Recomendamos la utilización del hilo de guarda, por la seguridad de protección eléctrica, mecánica y por su nivel isokerámico.

F) Para la construcción de la línea recomendamos las siguientes observaciones:

1. Vigilar que en el transporte, la erección de los postes, éstos no se sometan a esfuerzos que dañen los mismos.
2. Se vigilarán primordialmente la compactación para que la línea mantenga la verticalidad de las estructuras para toda su vida.
3. En caso de que por trazado definitivo de la ruta de la línea, ésta tenga que desviarse y cruzar la carretera Panamericana, se pondrán estructuras retenidas en ambos lados como norma de seguridad.
4. Los materiales deberán sujetarse a los datos técnicos especificados en el capítulo respectivo.
5. Las normas de construcción deberán estar basadas en las Recomendaciones del Código Eléctrico de

Seguridad de los EE.UU. específicamente: *Occupational Safety and Health Act of 1.970 Subpart V. Power Transmission and Distribution* desde el N^o 1926.950 al - 1926.959 y 026.556 y 1926.551.

8.3. BIBLIOGRAFIA

1. C.G. GRACEY. *Overhead Electric Power Line.*
2. PAUL DE GARMO. *Engineering Economy.*
3. KURTS AND SHOEMAKER. *The Lineman's and Cableman's Handbook.*
4. NATIONAL ELECTRIC LIGHT ASSOCIATION. *Overhead Systems Reference Book.*
5. ALEAN, WIRE & CABLE. *Catálogo Dic/72.*
6. SADE. *Normas VDE para construção de Linhas de Alta Tensão.*
7. WESTINGHOUSE. *Transmission and Distribution Reference Book.*
8. PENDER - DEL MAR. *Electrical Engineer's Handbook.*
9. ZOPPETTI. *Redes Eléctricas.*
10. NGK. *Line Insulators and Hardware.*
11. ROBERT EATON. *Sistemas de Transmision de Energía Eléctrica.*
12. ALLAN SWANTON. *Reglamento para el Diseño Mecánico de Línea Aérea de Alta Tensión.*

13. VINICIO DAVILA. Optimización de los parámetros de una línea de Transmisión mediante métodos numéricos y programación digital.
14. ESPOL. Líneas de Transmisión.
15. C.I.E.E.P.I. Normas de proyecto para las Líneas de - 13.8 KV.
16. JULIO JURADO. Líneas de Subtransmisión a 46 KV. Estudio de Alternativas para estructura de Soporte.
17. JULIO JURADO. "Línea 69 KV.: La Peaña - Portovelo.
18. INECEL. Metodología del Estudio de Mercado de Energía Eléctrica.
19. COYNE. Electricidad Práctica Aplicada. 3º Tomo.
20. Standard Math Table.