

RED DE DISTRIBUCION ELECTRICA PARA LA  
CIUDAD DE IBARRA

"TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO  
EN LA ESPECIALIZACION DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA  
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL"

MIGUEL ANGEL ARAUZ NOBOA

QUITO , FEBRERO DE 1.967

Certifico que esta tesis  
ha sido realizada por el  
Sr. Miguel Cruz

Ing.  Mendizabal

Consultor de Tesis

## INDICE GENERAL DE MATERIAS

	Pags
Introducción .....	1
C A P I T U L O I	
Generalidades.	
Panorama Eléctrico Nacional .....	2
Panorama Eléctrico Local .....	5
Estimación de la Demanda por Habitante para la Ciudad .....	6
C A P I T U L O II	
Estudio del Sistema Actual de	
Distribución.- Generalidades .....	7
Límites de variación de voltaje .....	8
Estudio de la Red de Baja .....	9
Red de Alta Tensión .....	15
Alumbrado Público .....	16
Equipo de Servicio y Materiales .....	17
Conclusiones del Estudio .....	19
C A P I T U L O III	
Análisis Estadístico de Carga.- Generalidades .....	20
Producción y Demanda de Energía de la ciudad .....	21
Consumos de Energía .....	24
Conclusiones Generales .....	25
C A P I T U L O IV	
Proyección a 25 años.	
Cargas instaladas .....	25

	Page
Demandas Futuras .....	28
<b>C A P I T U L O V</b>	
<b>Sistema Futuro de Distribución.- Red Secundaria.</b>	
Estudio y Determinación del Sistema más conveniente .....	30
Construcciones Aéreas y Subterráneas .....	33
Tensión de Distribución Secundaria y su elección .....	35
Transformadores de Distribución .....	38
<b>Red Primaria de Distribución.- Determinación del</b>	
<b>Sistema más conveniente .....</b>	<b>40</b>
Elección del nivel de tensión Primaria .....	44
Selección del Tipo de Conductor .....	47
<b>Alumbrado Público.</b>	
Niveles de Iluminación .....	52
Sistemas de Alumbrado .....	53
<b>C A P I T U L O VI</b>	
<b>Diseño y Cálculo.- Generalidades .....</b>	
Red de Baja .....	55
Zona Comercial de Primera Categoría .....	56
Capacidad de Transformadores .....	60
Zona Comercial de Segunda Categoría .....	65
Zona Residencial De Primera Categoría .....	68
Zona Residencial de Segunda Categoría .....	72
Zona Residencial de Tercera Categoría .....	79
Zona Residencial de Cuarta Categoría o Vivienda Popular..	87

	Pags
Sector Industrial .....	93
Red de Alta Tensión.- Cálculo del Conductor .....	94
Pérdidas de Energía .....	98
Distancia entre conductores .....	103
Caidas de Tensión.- Cálculo .....	103
Alumbrado Público .....	106
Altura de Montaje .....	107
Tipo de lámparas a emplearse .....	107
Cálculo lumánotécnico .....	108
Diseño de circuitos y control de alumbrado .....	110
Detalle de control .....	110
 <b>C A P I T U L O VII</b>	
Estudio Mecánico .....	111
Flechas y esfuerzos de conductores .....	112
Aisladores .....	117
Diseño estructural .....	117
Tipos de Postes .....	118
<b>Postes de Alta Tensión.</b>	
Alineación .....	122
Crucetas para postes de alineación .....	125
Postes de Angulo .....	126
Crucetas para postes de ángulo .....	128
Postes de anclaje intermedio .....	129
Postes Terminales .....	130

Postes para Alta y Baja Tensión.

Tangente .....	133
Angulo .....	136
Terminales .....	139
Postes para Alimentadores .....	141
De Angulo .....	145
Anclaje intermedio .....	147
Terminales .....	148
Poste Terminal de Baja Tensión .....	151
Anclajes para Tensores .....	153
Comprobación de la carga unitaria de trabajo a la que está sometido el suelo .....	155
Corrientes de Corto-Circuito.-	
Método de Cálculo .....	156
Corto-Circuito trifásico .....	157
Falla de Fase a tierra .....	159
Lista de Materiales y Especificaciones .....	161
Presupuesto Aproximado .....	178

## INDICE DE PLANOS

P L A N O #

- 1 Sistema en servicio  
Red de Baja Tensión
- 2 Demanda diversificada sobre cada poste.- Sector Radial
- 3 Demandas diversificadas sobre cada poste.- Sector  
Mallado.
- 4 Cargas concentradas en las barras y caídas de tensión  
máximas.
- 5 Circuito Radial Primario.  
SISTEMA FUTURO DE DISTRIBUCION.- Red de Baja.
- 6 Zona Comercial de Primera Categoría.- Lotización y  
asignación de demandas diversificadas por lote.
- 7 Zona Comercial de Primera Categoría.- Localización  
de cargas en los nudos.
- 8 Zona Comercial de Primera Categoría.- Impedancias  
de los cables en PU.
- 9 Zona Comercial de Primera Categoría.- Diagrama De-  
finitivo.
- 10 Zona Comercial de Segunda Categoría.- Asignación de  
Carga por lote. Ubicación de postes y concentración  
de carga en los Nudos.
- 11 Zona Comercial de Segunda Categoría.- Disposición  
Final.

P L A N O #

- 12 Sector Residencial de Primera Categoría.- Asignación de KVA por lote. Ubicación de postes y concentración de carga en los nudos.
- 13 Sector Residencial de Primera Categoría.- Disposición Final.
- 14 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Oeste. Asignación de KVA por lote. Localización de posteria y concentración de carga en los nudos.
- 15 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Oeste Diagrama Final.
- 16 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Nor-Este.- Asignación de KVA por lote.- Localización de posteria y concentración de carga en los nudos.
- 17 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Nor-Este.- Diagrama Final.
- 18 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Sur-Este.- Asignación de KVA por lote. Localización de posteria y concentración de carga en los nudos.
- 19 Zona Residencial de Segunda Categoría.- Sector Sur-Este.- Diagrama Final.
- 20 Zona Residencial de Tercera Categoría.- Sector Norte Asignación de KVA por lote. Localización de posteria y concentración de carga en los nudos.
- 21 Zona Residencial de Tercera Categoría.- Sector Norte. Diagrama Final.



P L A N O #

- 22 Zona residencial de Tercera Categoría.- Sector Este.- Asignación de KVA por lote.- Localización de postiería y concentración de carga en los nudos.
- 23 Zona residencial de Tercera Categoría.- Sector Este.- Diagrama Final.
- 24 Zona residencial de Tercera Categoría.- Sector Este.- Asignación de KVA por lote.- Localización de postiería y concentración de carga en los nudos.
- 25 Zona residencial de Tercera Categoría.- Diagrama Final.
- 26 Zona residencial de Cuarta Categoría o Vivienda Popular.- Sector Sur-Este.- Asignación de KVA por lote.- Ubicación de postiería.
- 27 Vivienda Popular.- Sector Sur-Este.- Diagrama Final.
- 28 Vivienda Popular.- Sector Nor-Oeste.- Asignación de KVA por lote.- Localización de postiería.
- 29 Vivienda Popular.- Sector Nor-Oeste.- Diagrama Final.
- 30 Red de Alta Tensión.- Distribución de conductores y transformadores.

P L A N O #

- 31 Red de Alta Tensión.- Diagrama Final.
- 32 Alumbrado Público.- Distribución de Luminarias.
- 33 Alumbrado Público.- Diagrama Eléctrico Unifilar.  
Células fotoeléctricas # 1-2-3.
- 34 Alumbrado Público.- Diagrama unifilar.- Células  
fotoeléctricas # 4-5-6-7.
- 35 Unidad de Transformación.
- 36 Ciudad dividida en zonas de acuerdo a la clasifi-  
cación eléctrica.

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

El afán impostergable de obtener el Título de Ingeniero Electricista que acredite la culminación de mis estudios en la Escuela Politécnica Nacional, hace que presente al autorizado criterio de Uds. el adjunto Proyecto de Red de Distribución Eléctrica.

El tema escogido es de actualidad y para una ciudad que necesita resolver su problema eléctrico en el menor tiempo posible. Con la seguridad del beneficio particular que obtendrá si fuera aprobada, espero también pueda servir de guía para solución de problemas similares.

Un tema tan extenso y con múltiples alternativas de resolución, tendrá que basarse en principios fundamentales acordes con el tiempo, lugar, crecimiento de población y vivienda, aumentos de demanda de energía provenientes del mejor estándar de vida de los consumidores, tendencia de industrialización de los pueblos, darán diferentes caminos a seguirse, además las predicciones de carga necesarias para la elaboración de un proyecto muchas veces constituyen nada más que aciertos de quién lleve a cabo un trabajo de esta naturaleza y no pueden conducirnos a una determinada solución; por tanto, habrán tantas conclusiones como personas intervengan aunque tengan igual capacidad técnica.

Los principios básicos para el presente proyecto se han obtenido de un considerable número de textos referentes a la materia y los factores necesarios a emplearse se aplicarán con cierta relatividad ya

que son originarios de países más adelantados que el nuestro y por lo mismo de diferentes condiciones y características.

El presente Proyecto he dividido en siete capítulos con los que se cubrirá todo lo referente al tema.

## C A P I T U L O   I

### 1.1.- GENERALIDADES

La Ciudad de Ibarra, capital de la Provincia de Imbabura, situada al Norte de la República, a una altura de 2,205 metros sobre el nivel del mar, con una población de 25.835 habitantes (según el censo de población realizado en 1.962) está en el centro de las vías que conducen a Tulcán, ciudad fronteriza con Colombia; al Puerto de San Lorenzo y a la Ciudad de Quito, capital del País.

Su Topografía muy regular en la que predomina el terreno plano con el 93% y el gradiente con el 7%, posee un paisaje hermoso y cuenta con grandes perspectivas de desarrollo para el futuro.

### 1.2.- PANORAMA ELECTRICO NACIONAL.-

Visto en conjunto, la energía eléctrica es un problema que afecta al País en su totalidad, ya que casi todas nuestras ciudades, poseen servicios deficientes, que son el resultado de potencias instaladas que no cubren las necesidades mínimas de los habitantes; de organismos destinados al suministro de electricidad que no cuentan con los medios necesarios ni disponen del personal técnico capacitado que pueda abordar con nuevas instalaciones; líneas de trans

misión y redes de distribución que no cumplen los fines para los que se han construido, etc.

El problema ha sido afectado mayormente, por haber estado el suministro de energía en manos municipales, las que no han hecho sino mantener un precario servicio local sin previsión alguna para la electrificación Nacional que deberá llevarse a cabo en un futuro próximo; mantener voltajes insuficientes, que han afectado al buen funcionamiento de artefactos eléctricos domésticos y motores industriales; servicios con interrupciones continuas, con pérdidas de energía que han perjudicado económicamente a las empresas; falta de control de instalaciones; deficiencia de calibres de conductores; regalos, etc.

Si bien es cierto que estos perjuicios han mermado en buena escala todavía siguen siendo de valor muy elevado.

En los últimos años se ha logrado un aumento en la producción de energía eléctrica, pero esta ha quedado muy por debajo del crecimiento vegetativo, pues es manifiesto el déficit que sufren los pueblos de nuestro País.

Los déficits de energía se deducen de la población de las diversas ciudades del País y sus necesidades mínimas, las que son el resultado de estimaciones de cifras de demanda y consumo en los servicios residenciales.

Entre los años de 1.955 a 1962 la potencia instalada creció a un ritmo del 12,1% acumulativo anual; mientras que el consumo domiciliario y comercial a un 5% y el consumo industrial a un 8,7%. Los valores indicados nos muestran el esfuerzo por alcanzar mayor potencia instalada

por un lado y la restricción de su uso por otro.

Se ha deducido también las cifras de demanda por habitante y se establece que en el año de 1.958 fue de 30 watio; en 1,959 de 35 watio y el 1.962 de 40 watio; a estas cifras habría que añadir los requerimientos de la industria, agricultura y minería.

Un déficit de potencia instalada se traducen en los siguientes perjuicios:

- a) Insuficiencia de alumbrado público, residencial y comercial por bajos voltajes
- b) Racionamientos a determinadas zonas de la ciudad por interrupciones continuas.
- c) Imposibilidad de obtener autorización para la intalación de nuevos servicios.

### CONCLUSION

Como conclusión al problema eléctrico nacional anotaremos lo siguiente:

Existen circunstancias especiales que han hecho difícil la solución del abastecimiento de energía eléctrica en escala nacional y las principales son las que a continuación se detallan:

#### 1.- Económica.

Estriba en que las Empresas Eléctricas han estado en manos Municipales, las que, por sus fines políticos han torcido el sentido "social" que es el de la energía eléctrica, dándole carácter de "beneficencia" de manera que los gastos por operación y mantenimiento están sobre las recaudaciones de sus servicios; además, las tarifas incon

sultas han agravado el problema.

## 2.- Técnico.-

La falta de planeamiento en las obras a realizarse o para mantener y operar sistemas establecidos, han hecho que las instalaciones sean de capacidad insuficiente y no hayan podido atender al crecimiento natural de los pueblos o que los equipos y maquinaria existentes tengan una vida útil muy corta.

### 1.3.- PANORAMA ELECTRICO LOCAL .-

Visto ligeramente el problema nacional, tenemos que concretarnos al problema local y diremos que la ciudad de Ibarra se ha convertido en el puerto seco del Norte Ecuatoriano pues allí convergen como se indica, las rutas del Norte, Sur y Oeste de la región septentrional del país. Situación privilegiada que ha traído como consecuencia lógica un aumento de población mayor que el calculado estadísticamente.

Este crecimiento de población tiene como causas principales:

- a) Las nuevas perspectivas de trabajo que se originan de la instalación del Ingenio Azucarero y sus posibilidades comerciales.
- b) La declaración de puerto libre al de San Lorenzo.
- c) La pronta terminación de la Central Hidroeléctrica "El Ambi" que cubrirá las necesidades presentes y futuras de la Ciudad.

Simultáneamente al crecimiento de población, el de vivienda sigue al mismo ritmo por tanto necesitaránse nuevas viviendas que tienen que ser dotadas con los indispensables servicios de agua, y luz eléctrica.

1.-4.- ESTIMACION DE LA DEMANDA POR HABITANTE PARA LA CIUDAD

La Empresa Eléctrica "Ibarra" sirve con sus líneas de transmisión y sus redes de Distribución de a la Zona Urbana y a las parroquias de Caranquí y San Antonio.

Según el Censo de población del año 1.962, se tiene:

Zona Urbana de la Ciudad .....	25.835	habitantes
Alrededores de la Ciudad .....	9.352	"
Parroquias .....	<u>5.192</u>	"
Total	40.379	

(Datos tomados de la Dirección General de Censos Nacionales)

La potencia instalada hasta 1.962 es la siguiente:

a) Una Central Hidroeléctrica con:

Un generador de 365 KVA.- 0,8 factor de potencia

(Generador instalado en 1.939)

Un generador de 385 KVA y 0,8 de factor de potencia.

(Generador instalado en 1.950)

b) Una central de motores de combustión interna (diesel) con:

Un generador de 316 KVA.- 0,8 de factor de potencia (1.961)

Las centrales enunciadas dan una potencia total instalada de 868.8 KW

La potencia instalada por habitante será:

$$\frac{868.800 \text{ W}}{40.379 \text{ H}} = 21,5 \text{ W/h}$$

Cifra muy reducida si comparamos con la que tenían los habitantes de Quito, Latacunga y Guayaquil en 1.961 que fue de 60,140 y 70 respectivamente.



En 1.963 hubo la necesidad de instalar un nuevo grupo de 316 KVA accionado por motor de combustión interna para cubrir en parte las necesidades de la ciudad; a la fecha se cuenta con 1.121,6 KW. que darán 27,3 W/habitante.

(Tomando en cuenta un crecimiento de 2,6% acumulativo anual de población consumidora)

## C A P I T U L O    I I

### ESTUDIO DEL SISTEMA ACTUAL DE DISTRIBUCION

#### 2.1.- GENERALIDADES .-

Un sistema de distribución eléctrica debe estar constituido por un equipo y materiales unidos de tal manera que puedan cumplir eficientemente su cometido, llenando a la vez los siguientes requisitos indispensables:

- a) Elasticidad: es decir presentar las menores dificultades para expansiones, un mínimo de gastos y sin perjuicios del resto de abonados.
- b) Voltaje: - Las variaciones de voltaje y sus caídas, deben ser tales que no perjudiquen el buen funcionamiento de los artefactos domésticos.
- c) Continuidad de servicio. - No debe producirse interrupciones bajo condiciones normales de funcionamiento.
- d) Seguridad. - Presentará las respectivas normas para evitar accidentes de personas que trabajan en las líneas.
- e) Economía .- Deben demandar el mínimo gasto de operación y mantenimiento.

En resumen es indispensable que una red de distribución esté bien calculada de manera que no se produzcan caídas de tensión excesivas, que las alturas de montaje de la red sean las previstas por los reglamentos, que el calentamiento de los conductores no lleguen a poner en peligro sus cualidades mecánicas y eléctricas.

## 2.2.- LIMITES DE VARIACION DE VOLTAJE

Es sabido que, en la mayoría de los casos y por razones técnicas, el cálculo de conductores se funda en la caída de tensión o lo que es análogo en pérdida de potencia; los valores se deben tomar en % de la tensión o potencia a los bornes de receptor de corriente.

El valor de variación de voltaje normalmente aceptado en sistemas de distribución, se determina entonces, por la comparación del voltaje permisible en el switch de entrada del primer consumidor a partir de la fuente de alimentación y el recibido por el último usuario; o bien por la diferencia de tensiones entre el primer transformador alimentado por un feeder primario y el último; la práctica general acostumbra a expresar en términos de voltaje y una diferencia de 3% en baja asegura un buen diseño en distribución, pues este valor da un correcto funcionamiento de lámparas incandescentes, aplicaciones eléctricas y pequeños motores.

Es de notar que una disminución de voltaje a un 95% del valor nominal reduce al flujo luminoso de las lámparas incandescentes a un 85% y si se incrementa a un 105%, aumenta el flujo luminoso, pero la vida promedio de lámparas decrece a un 50%. Los efectos de variación

de voltaje a partir de valores nominales sobre lámparas fluorescentes y motores serán menos fuertes, pero se toman dentro de límites razonables; además hay que tener en cuenta que si la caída de voltaje es del 3% en transformadores, 3% en el circuito secundario y 4% en el circuito primario entre el primero y el último transformador, la caída total de voltaje en términos de tensión secundaria, será del 10%; de manera que no se podría sobrepasar los valores indicados si queremos una red de Distribución que dé un buen servicio.

## 2.2.- SISTEMA EN SERVICIO

El sistema de distribución eléctrica, que sirve a la Ciudad de Ibarra, sus alrededores y las parroquias de Caranqui y San Antonio, consta de: una sub-estación de llegada, situada al Nor-ocete de la ciudad, entre las carreras Chica Narváez y Borrero, de la que salen a través de interruptores automáticos, 4 alimentadores trifásicos de alta, del tipo radial simple a una tensión de 6,3 KV.

La red secundaria, tiene dos conformaciones: radial y mallada al rededor de cada transformador. Los circuitos radiales sirven a los sectores periféricos de la ciudad y los mallados a los céntricos comerciales.

## 2.3.- ESTUDIO DE LA RED DE BAJA

En el análisis de la red de baja nos limitaremos a hacer un breve estudio ~~de~~ lo concerniente a caídas de tensión, protecciones empleadas, calibres de conductores y más aspectos referentes. Al creer innecesario un estudio de toda la ciudad, he escogido sola-

mente un sector servido con distribución radial y otro con servicio mallado.

a) Sector con Distribución Radial.-

Sirve a la zona comprendida entre las carreras "Juan Montalvo, Esmeraldas y Alpargata Alto". Zona densamente habitada, de casas pequeñas, con carga eléctrica instalada relativamente pequeña; bien pudiéramos llamarla de vivienda popular.

Cálculo de Caídas de Tensión , -

El sector mencionado está servido desde un transformador trifásico de 36 KVA 6.300/220/127 Volt. Distribución a 4 conductores (tres fases y neutro) con calibres 3x#8 + 1 x # 10 AWG espaciados 8"-8"-16" en forma horizontal sobre crucetas de madera.

El cálculo de caídas de tensión se ha realizado de la siguiente manera:

- 1º Se ha realizado el censo de carga de la zona servida.
- 2º A la carga instalada se ha aplicado un factor de demanda de 80% por tratarse de un sector de viviendas de tres o cuatro habitaciones; factor recomendado por el "Manual Standar del Ingeniero Electricista" de A.E KNOWLTON.
- 3º A la carga instalada se ha aplicado un factor de diversidad de 2,2 recomendado por el Manual indicado.
- 4º Se ha calculado la demanda diversificada por casa, con la siguiente fórmula:

$$Dd = \left( \frac{cxa + AxL}{d} \right)$$

Siendo:

c = carga instalada en cada resistencia.

a = factor de demanda.

d = factor de diversidad.

A = Watos necesarios para alumbrado público por metro de frente.

L = Longitud en metros de frente de la casa.

El valor de A se ha tomado 1 watio por existir lámparas incandescentes de 50 watos que cubren una longitud de 50 metros.

5<sup>o</sup> Las demandas diversificadas de cada casa se ha concentrado en cada poste como se indica en el plano #2 al final de este capítulo.

6<sup>o</sup> Con las demandas diversificadas en cada poste se ha calculado las caídas de tensión que se producen a un lado y otro del transformador. Para lo que se ha utilizado la fórmula:

$$e = ( R \cos \rho + x \operatorname{sen} \rho ) \frac{1}{2} IL$$

Fórmula muy utilizada y práctica para cálculos de Ingeniería que puede dar un error en exceso del 0,1%.

En ésta fórmula:

e = Caída de Tensión

R = Resistencia del conductor.

X = Reactancia inductiva por conductor.

I = Corriente eléctrica en cada conductor.

L = Longitud a la carga, a partir del punto de alimentación.

Es necesario hacer las siguientes consideraciones:

a) Se supone que las cargas están repartidas igualmente en las fases de manera que no exista desequilibrio y por lo tanto no circulará corriente por el neutro.

b) Para el cálculo de la reactancia se toma una separación entre conductores igual a la raíz cúbica de las tres separaciones reales.

Distancia media entre conductores:

$$DMG = \sqrt[3]{8'' \times 8'' \times 16''} = 10''$$

Las constantes del circuito son:

$$R = 3,84/\text{Milla}$$

$$Xa = 0,665 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$Xd = -0,0221 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$X = Xa + Xd = 0,649 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$R = 2,36 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$$

$$X = 0,407 \text{ } \Omega/\text{Kmts}$$

$$\cos \rho = 0,85$$

$$\text{Sen } \rho = 0,524$$

Calculando la suma de momentos hacia el terminal A se tiene:

$$\sum IL = 7.281,1 \quad \text{Amperios-Metros}$$

Al terminal B:

$$\sum IL = 217,3 \quad \text{Amperio-Metro}$$

y al terminal C:

$$\sum IL = 9.096,5 \quad \text{Amperios-Metro.}$$

Multiplicando estos valores por las constantes del circuito (  $R \cos \rho + X \text{ sen } \rho$  ) se tiene las siguientes caídas de tensión:

$$\text{en el punto A ( Terminal A ) } 7,5 \%$$

$$\text{en el punto B ( Terminal B ) } 2,3 \%$$

$$\text{en el extremo C ( Terminal C ) } 9,15\%$$

Valores que nos indican existe una caída de tensión fuera de los límites permitidos por reglamento (ver Plano # 2)

b) Sector Mallado.-

El sector servido por red secundaria de configuración mallada, está comprendido entre las carreras Bolívar, Chica Narváez, Colón y Pedro Moncayo; se alimenta desde un transformador trifásico de 90 KVA.

Los conductores son # 2 AWG con disposición horizontal y espaciados 8"-8"-16" que dan una distancia media entre conductores de 10".

Para el cálculo se ha procedido de la siguiente manera:

- a) Se ha realizado el censo de carga de la zona que comprende esta malla.
- b) Se ha determinado la demanda diversificada por lote (KVA) aplicando factores de potencia que varían entre 0,8 y 0,85 de acuerdo a la clase de carga instalada; factor de demanda con valores de 75,80 y 85% de acuerdo a la clase de resistencia y al número de habitaciones, según indica "Bernhardt G.A. Skrotzki" en el texto "Electric Transmission" and Distribution"; factor de diversidad de 2,2 aconsejado por el Manual Standar de Ingeniería de A.E. Knowton.

Luego de determinado el valor de demanda diversificada por lote se le ha concentrado en los postes como se indica en el Plano #3 al final de este capítulo.

- c) Las cargas concentradas en los postes se les ha llevado a los nudos, teniendo en cuenta que se reparten en proporción inversa a las impedancias. Así se han formado las barras que en el Plano #4 están numeradas del 1 al 14, con los valores respectivos.

La demanda diversificada se ha calculado con la fórmula indicada an-

teriormente.

$$Dd = \left( \frac{c \times a}{d} + A \times L \right)$$

Las constantes del circuito para este caso son:

Distancia media = 10"

$$R = 0,964 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$Xa = 0,574 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$Xd = 0,0735 \text{ } \Omega/\text{Milla}$$

$$R = 0,599 \text{ } \Omega/\text{Kmt.}$$

$$X = Xa + Xd = 0,4025 \text{ } \Omega/\text{Kmt.}$$

d) Con las cargas en las barras se ha llevado el circuito al "Analizador de Redes" para lo que es necesario reducir la impedancia de los conductores dadas en ohmios al sistema "Por Unidad" (PU) para lo que se emplea la siguiente fórmula:

$$Z_{pu} = \frac{Z_{\Omega} \times KVA_b}{KV_b^2 \times 1.000}$$

En la que:

$Z_{pu}$  = Impedancia por unidad.

$KVA_b$  = KVA base que tomamos 10

$KV_b$  = Kilovolios base

$Z_{\Omega}$  = Impedancia efectiva del conductor en ohmios.

Luego  $Z_{pu} = 0,016 \text{ PU}/100 \text{ metros.}$

El analizarse el circuito se ha encontrado que en las barras 1-4 y 13 existen máximas caídas de tensión que alcanzan valores de 9-7,8



y 6,3% respectivamente. Los valores elevados de caída de tensión nos están indicando presencia de tensiones inadecuadas.

Una disposición mallada tal como la presente, tiene como ventaja el poder repartir la carga uniformemente sobre los conductores, pero en caso de falla y al no contar con protecciones adecuadas, producirá interrupciones de servicio en toda el área servida.

En el circuito mallado en estudio, solamente encontramos como protecciones, fusibles en el transformador, consecuentemente, una falla de cualquier sitio afectará a toda la zona servida. Las características de funcionamiento de los demás sectores servidos por circuitos radiales o mallados tienen parecidas condiciones de trabajo.

#### 2. 4.- RED DE ALTA TENSION.-

De acuerdo con lo que se indicó en el acápite 2.1.- la red de distribución primaria es radial simple, consta de 4 alimentadores, con los que se cubren la ciudad y sus alrededores.

Los conductores empleados son # 6 y 8 AWG de cobre semiduro del 97,3% de conductividad.

Con ésta forma de distribución, no se proporciona el mejor servicio en cuanto a continuidad se refiere, ya que una avería en un alimentador, produce la interrupción en todos los usuarios abastecidos por él

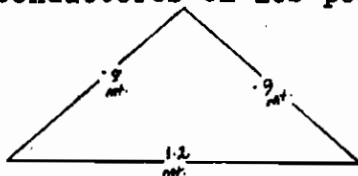
Los circuitos radiales de alta en estudio presentan como única protección contra fallas un interruptor automático a la salida, es decir en la subestación.

En lo referente a la caída de tensión puede decirse que guardan los

porcentajes admitidos para distribución primaria, pues no llegan a un valor del 4%. Para comprobar este acerto se ha calculado el alimentador indicado en el Plano # 5.

El cálculo se ha efectuado siguiendo el procedimiento anterior.

La disposición de los conductores en los postes es la siguiente:



Guardan las distancias reglamentarias para distribución a 6,3 KV

## 2.5.- ALUMBRADO PUBLICO

El objeto de una red de alumbrado público estriba en primera instancia en proporcionar la intensidad luminosa necesaria para la seguridad del tránsito, de habitantes e inmuebles contra la delincuencia y promover el progreso de los pueblos; tales objetivos se resumen en lo fundamental que es el de producir la cantidad y calidad de iluminación requerida para una visibilidad cómoda, segura y rápida durante la noche.

Las calles de una ciudad para propósitos de alumbrado tienen una clasificación determinada que se basa en la densidad de tráfico a la hora de máxima circulación, es decir entre las 19 y 20 horas del día. De acuerdo a esta clasificación, las calles de la ciudad del proyecto se clasifican dentro del tipo "Muy ligero" es decir, con menos de 150 vehículos por hora (tráfico en ambas direcciones) para las que deberíamos tener un nivel de iluminación de 4 lux como mínimo requeri-

do.

Las únicas que cumplirían con este requisito serían la Olmedo, Sucre y Bolívar que están en el sector comercial y tienen el valor indicado por los anuncios luminosos.

El sistema empleado en alumbrado público es el de derivación y el control se efectúa por medio de interruptores horarios o manuales.

En los circuitos de alumbrado público se emplea conductor # 10 AWG y las luminarias están montadas a 6 mts. de altura.

## 2. 6.- EQUIPO EN SERVICIO Y MATERIALES

La red de distribución en servicio cuenta con el siguiente equipo (exceptuando el que ha adquirido en los últimos meses)

### 1) C O N D U C T O R E S

4.050	Metros de cobre desnudo para intemperie	# 1/0 AWG
4.670	" " " " " "	# 2 AWG
9.870	" " " " " "	# 4 AWG
14.332	Metros	# 5 AWG
5.094	"	# 6 AWG
35.000	"	# 8 AWG
133.095	"	# 10 AWG

De cobre forrado tipo intemperie:

1.560	Metros	# 1/0 AWG
1.760	"	# 2 "
2.166	"	# 4 "
18.220	"	# 9 "
2.150	"	# 12 "

POSTES

- # 35 postes de chapa de hierro de 10 mts. de altura
- 62 postes de cemento contrifugado de 11 mts. de altura
- 892 postes de madera de 11 mts. de altura

TRANSFORMADORES

Características: 3 fases 6,000/ 220/ 127/ volts. autorefrigerados, aislados en aceite, con sus respectivas postafusibles para alta y baja tensión.

1	Transformador	de	125	KVA
1	"	"	90	"
4	"	"	75	"
3	"	"	60	"
2	"	"	45	"
1	"	"	36	"
3	"	"	24	"
3	"	"	22	"
5	"	"	12	"

TRANSFORMADORES MONOFASICOS

6.000/127 Voltios

2	Transformadores	de	12	KVA
2	"	"	6	"

ACCESORIOS

9 protectores de sobretensión 5/7,5 KV.

33 protectores de sobretensión (Baja tensión)

200 brazos de hierro con boquillas de porcelana y pantalla para in-  
temperie.

LAMPARAS

19 lámparas de mercurio con rectificador

4 " incandescentes de 500 W/120 Voltios

21 " " de 200 W/110 "

120 " " " 100 W/110 "

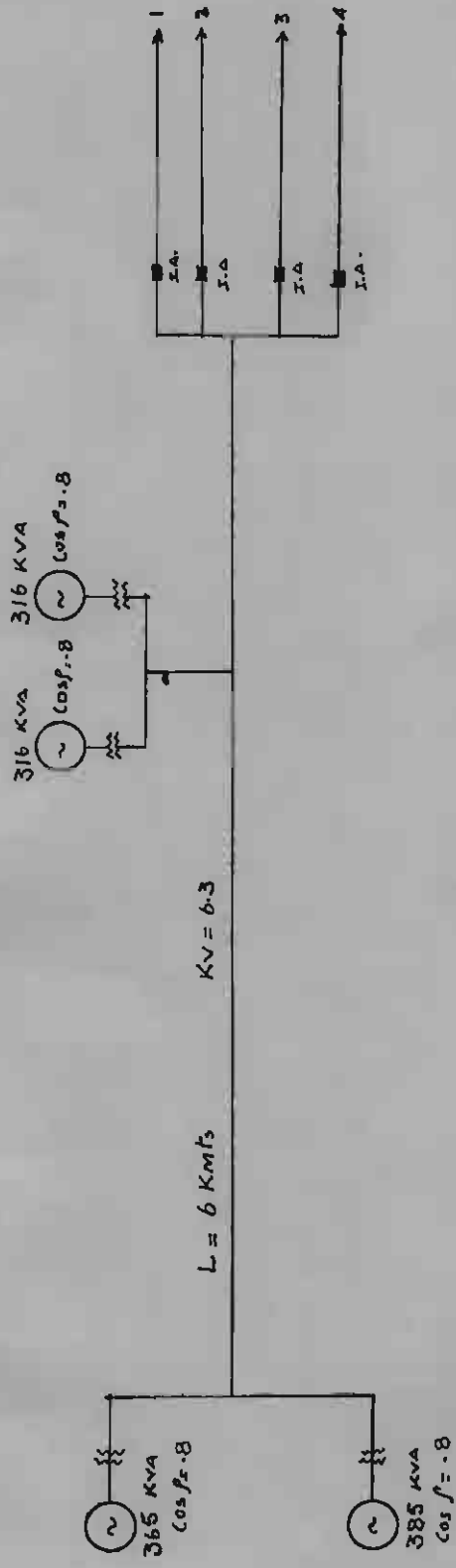
365 " " " 50 W/110 "

94 " " " 25 W/110 "

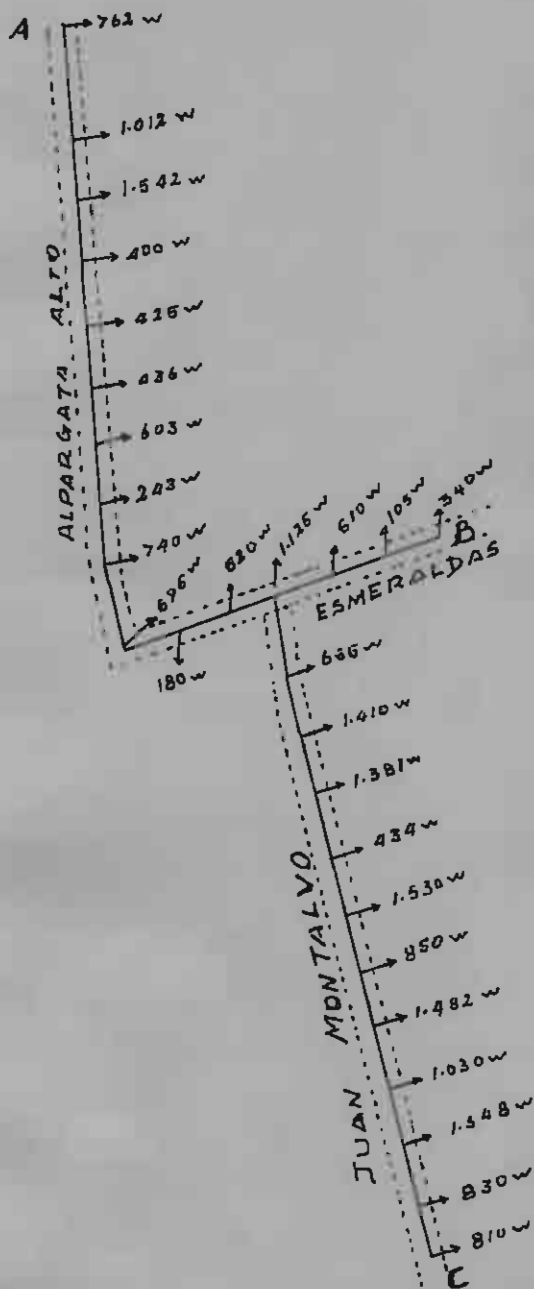
2.7.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Anotaremos que: la red de distribución adolese de:

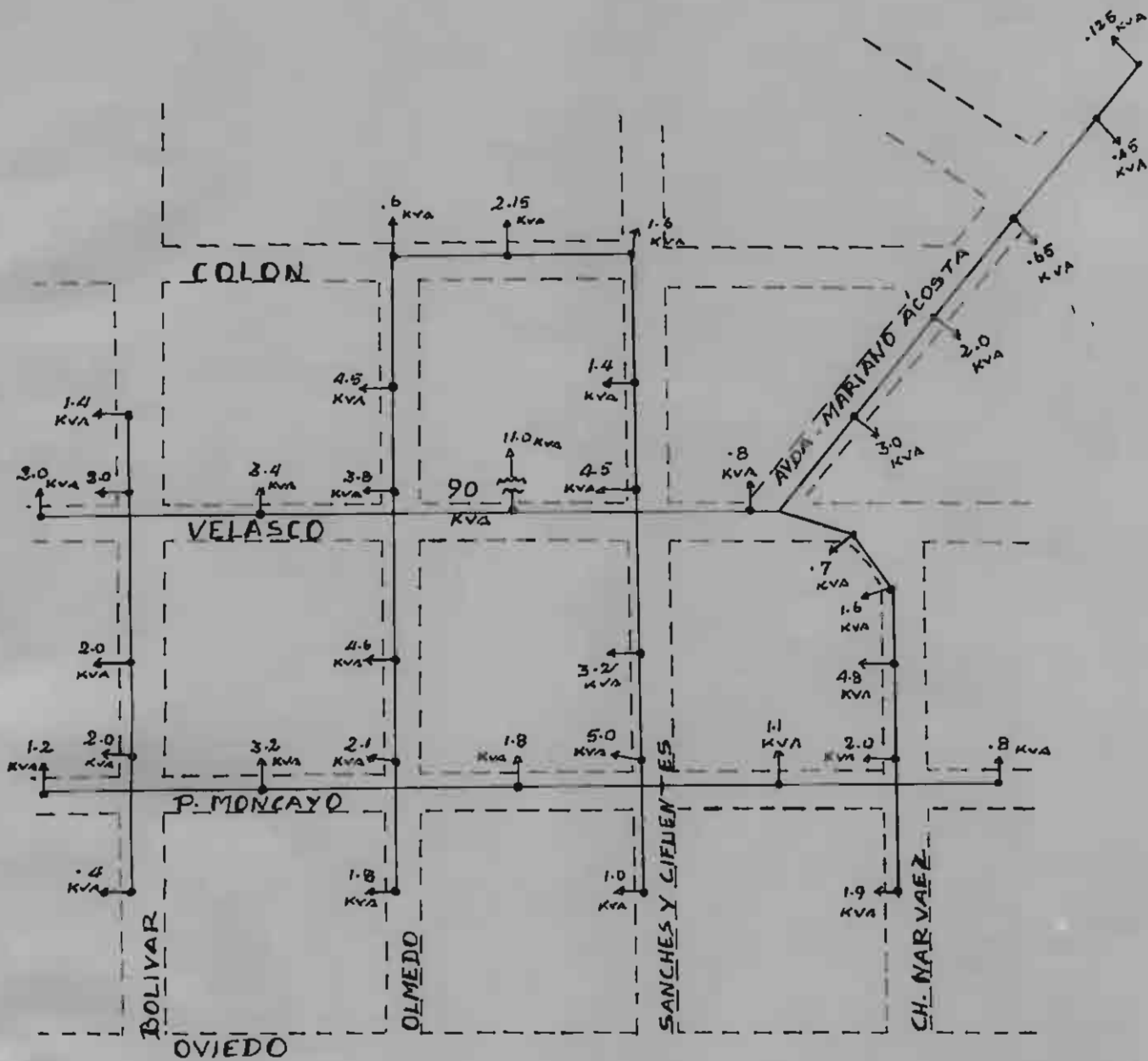
- a) Exceso de caídas de tensión y consecuentemente pérdidas de energía en la red secundaria.
- b) Centros de carga mal ubicados.
- c) Demaciada variedad de calibres de conductores.
- d) Falta de protecciones adecuadas para reducir a un mínimo las partes afectadas por una falla.
- e) Poca flexibilidad para atender la creciente demanda y expansión de los usuarios.
- f) Alumbrado público deficiente.
- g) Falta de continuidad de servicio. Todo lo que repercute en un elevado costo de entretenimiento de la red.



**PLANO 1**  
 - SISTEMA EN SERVICIO -  
 GENERACION - TRASMISION  
 Y DISTRIBUCION PRIMARIA

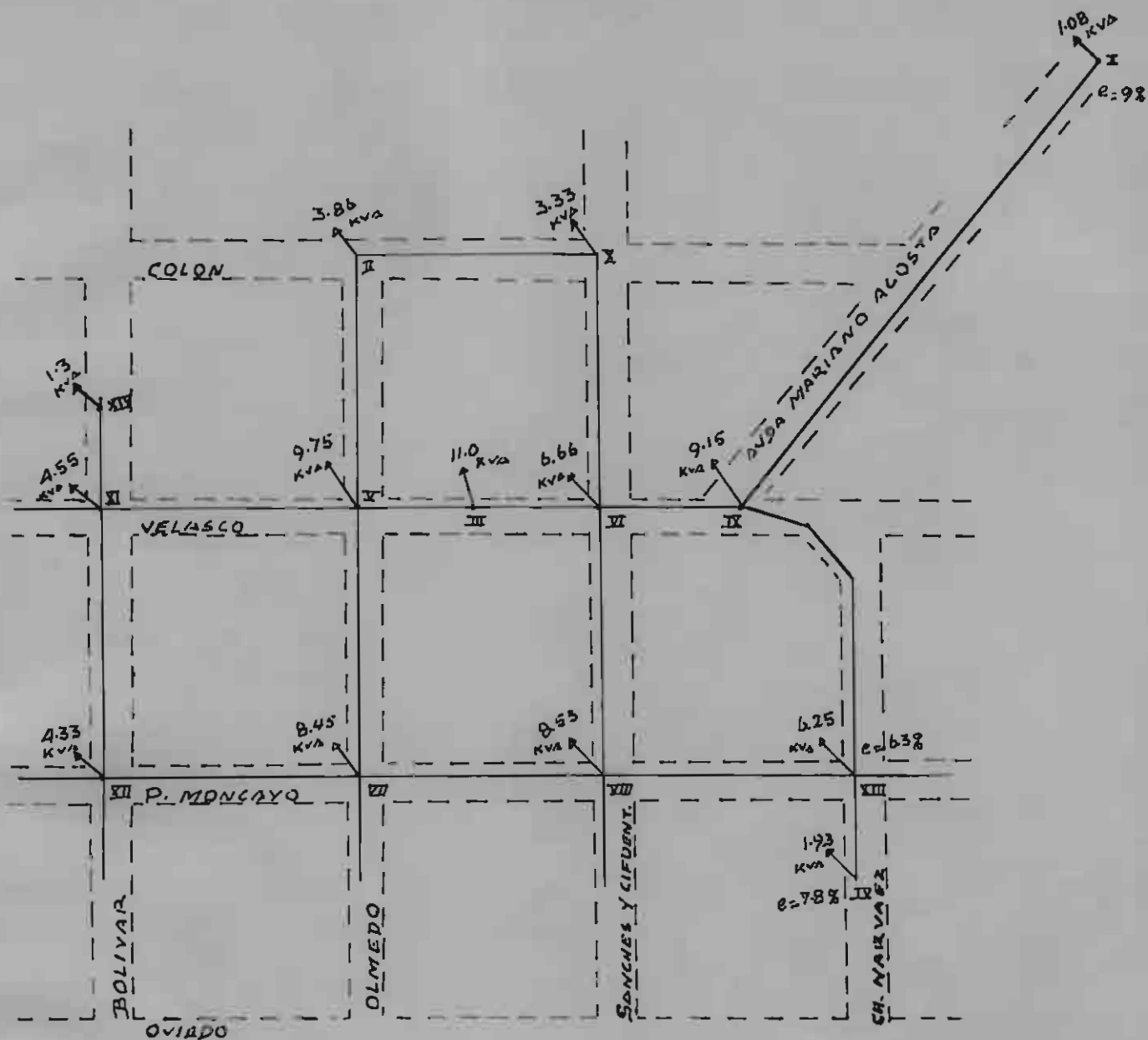


**PLANO 2**  
 DEMANDA DIVERSIFICADA  
 SOBRE CADA POSTE..  
 SECTOR RADIAL



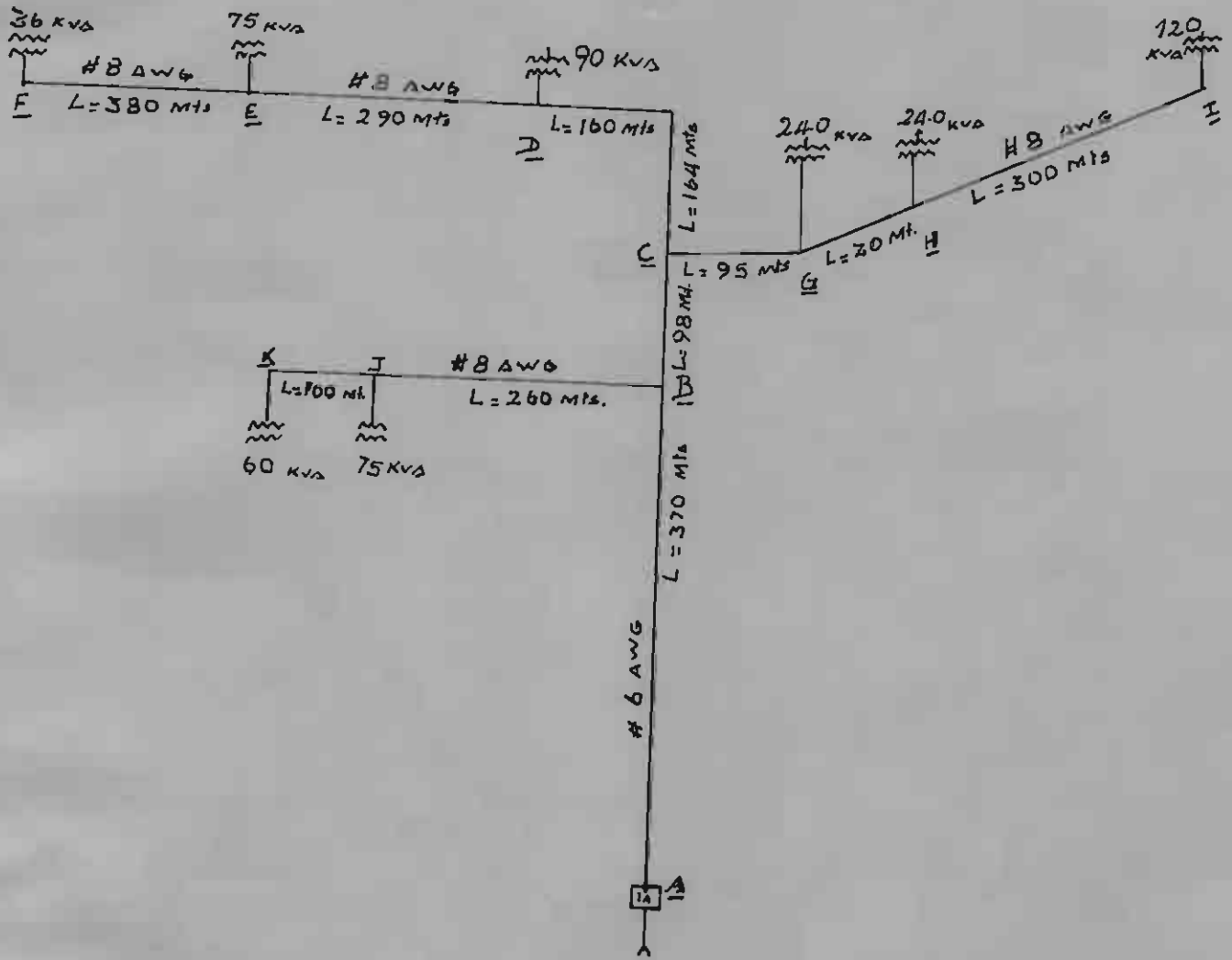
PLANO 3  
 DEMANDA DIVERSIFICADA  
 SOBRE POSTES -  
 SECTOR MALLADO





BARRA I =  $e=9\%$   
 BARRA IV =  $e=7.8\%$

PLANO 4  
 CARGAS CONCENTRADAS EN LAS  
 BARRAS Y CAIDAS DE TENSION  
 MAXIMAS



PLANO 5  
 CIRCUITO RADIAL PRIMARIO..  
 DIAGRAMA UNIFILAR

C A P I T U L O     I I I

ANALISIS ESTADISTICO DE CARGA

3.1. GENERALIDADES

La carga eléctrica de la ciudad es esencialmente doméstica, pues la industria no posee sino 145,6 KW que representan el 6,4% de la total instalada lo que se debe en gran parte a la falta de potencia instalada disponible.

La carga industrial está compuesta en su mayoría de pequeños motores de carpintería, mecánica, molinos y motores para la industria licorera.

La carga doméstica instalada se reparte de acuerdo al cuadro siguiente:

DISTRIBUCION DE LA CARGA DOMESTICA INSTALADA

(Por cientos en función de la carga instalada total)

Planchas	50,10%	Luz :	Focos de 25 W = 30,59%
Luz	30,31%	" "	40 W = 4,30%
Aparatos Especiales	10,83%	" "	50 W = 26,34%
		" "	60 W = 4,86%
Radios	5,66%	" "	100 W = 28,10%
Reverberos	1,70%	" "	150 W = 2,89%
Congeladoras	1,00%	" "	200 W = 2,22%
Refrigeradoras	<u>0,40%</u>	" "	<u>300 W = 0,44%</u>
Total	100,00%	Total	100,00%

La carga comercial no se reduce sino a iluminación de vitrinas, anun-

cios luminosos o aplicaciones eléctricas de poco consumo, cuentan con 293,014 KW (Datos tomados del censo de 1.963) representan el 13,2% de la total instalada.

La carga residencial que es la mayor representa el 80,4% tiene un valor de 1.823,2 KW.

### 3.2.- PRODUCCION Y DEMANDA DE ENERGIA PARA LA CIUDAD

La producción de energía para la ciudad está a cargo de dos centrales: una hidroeléctrica y otra térmica, las que producen el 54,3 y 47,7% respectivamente.

Las estadísticas llevadas por la Empresa Eléctrica "Ibarra" dan el adjunto resumen de energía generada y su crecimiento.

#### CUADRO DEMOSTRATIVO DE ENERGIA GENERADA Y SU CRECIMIENTO

Años	Energía Generada KWH	% de Aumentos de Generación
1.959	2'530.130	0,00%
1.957	2'676.070	5,80%
1.958	2'778.100	3,84%
1.959	2'742.220	- 1,33%
1.960	2'703.280	- 1,43%
1.961	2'916,000	7,90%
1.962	3'136.228	7,60%
1.963	3'880.000	23,20%

Del cuadro arriba indicado puede concluirse que la gama de producción es muy amplia, llegando aún a tenerse retroceso como el que se anota en los años 1.959 y 1.960.

Si relacionamos las cifras de potencia instalada, energía generada y población consumidora tomándose como tal 1/2 de la demográfica se puede colegir el siguiente resultado: para los años de 1.961 - 1.962 y 1.963.

<u>POTENCIA INSTALADA POBLACION Y ENERGIA</u>					
AÑOS	POTENCIA Instalada KW	ENERGIA Anual-pro- ducida KWH	POBLACION total	CONSUMIDORES	POTENCIA Instalada por habitante
1.961	852,8	2'916.000	40.379	20,189	21,1 W
1.962	1.105,6	3'136.228	41.428	20,714	26,7 W
1.963	1.105,6	3'880.000	42.502	21.253	26,0 W

AÑOS	POTENCIA INSTALADA POR CONSUMIDOR	ENERGIA ANUAL POR CAPITA KWH
1.961	42,2 W	70,4
1.962	53,4 W	78,1
1.963	52,0 W	91,2

La columna Energía Anual Por Cápite, nos está indicando que la electrificación está muy retrazada respecto al valor medio del País que es de 98 KWH/Hab, y peor aún si comparamos con el de otros países como Chile que cuenta con 219 y Bolivia 128 KWH/cápita.

Resumiendo puede apreciarse de lo que antecede que la generación eléctrica es empleada preponderadamente en el consumo residencial y comercial, es decir en consumos de alumbrado puesto que otros usos tales co-

no calefacción, aire acondicionado o coción de alimentos no son mayormente representativos.

Al emplearse la energía solamente en servicios residenciales, nos da un índice claro de un bajo nivel industrial que es una de las causas principales del costo excesivo de la producción de energía pues es conocido que los consumos domiciliarios coinciden con las horas de peak obligando a las empresas a incrementar su potencia instalada para atender demandas que no se presentan sino pocas horas al día.

DEMANDA

Las demandas máximas registradas por la Empresa Eléctrica "Ibarra" arrojan los siguientes resultados:

AÑOS	DEMANDA MAXIMA
1.960	900 KW
1.961	1.000 KW
1.962	1.000 KW
1.963	1.132 KW

Los valores mencionados no son los reales ya que hubo restricciones de servicio; en condiciones normales se tendría.

ZONA URBANA

Años	Demanda sin restricción
1.960	835,6 KW
1.961	985,0 "
1.962	1.100,0 "
1.963	1.390,0 "

Para la deducción de la demanda presuntiva sin restricciones, hemos tomado en cuenta la demanda mínima registrada en la Sierra Ecuatoriana que es de 40 W por habitante, a este valor habría que aumentar el 20% para cubrir la demanda de industria y el 10% para cubrir las pérdidas de transmisión y distribución de energía.

Las demandas para los años siguientes a 1.963 se deducirán en el siguiente capítulo.

3.3.-

CONSUMOS DE ENERGIA .-

Los consumos de energía pueden resumirse en el siguiente cuadro:

AÑOS	ENERGIA VENDIDA KWH
1.956	1'765.488
1.957	1'939.343
1.958	2'061.677
1.959	2'106.931
1.960	1'817.280
1.961	1'631.000

Si computamos los valores de energía generada y vendida podremos determinar la cuantía de pérdidas; que se detallan a continuación:

AÑOS	ENERGIA PERDIDA	% DE LA ENERGIA total generada:
1.956	764.642	30.2 %
1.957	736.727	27.5 %
1.958	716.423	25.7 %
1.959	635.289	23.3 %
1.960	786.000	30.1 %

AÑO	ENERGIA PERDIDA	% DE LA ENERGIA Total Generada
1.961	1'285.000	43.3 %

Del cuadro precedente se puede deducir que las pérdidas son tan grandes que solamente un 60% de energía generada produce ingresos a la Empresa.

#### CONCLUSIONES GENERALES

El breve estudio efectuado en capítulos anteriores nos conduce a los siguientes resultados:

- 1) La red de distribución en servicio presenta muchas deficiencias técnicas.
- 2) Económicamente no es posible la explotación de un sistema que tiene elevado porcentaje de pérdidas.
- 3) El sistema ya no se presta para seguir atendiendo el rápido crecimiento de la ciudad.
- 4) Se hace necesaria una nueva red de distribución por el aumento de áreas a servirse y del crecimiento de potencia a instalarse.

#### C A P I T U L O   I V

#### PROYECCION A 25 AÑOS

001543

#### 4.1.- CARGAS INSTALADAS

Para la realización del presente proyecto, nos limitaremos a la ciudad y sus alrededores, descontando el servicio que se presta actualmente a las parroquias de San Antonio y Caranqui.

Con el objeto de tener una base fija se hace necesario efectuar un censo



de carga instalada, el mismo que se lo a realizado en 1.963 y arroja las siguientes cifras:

Se cuenta con 2.514 abonados repartidos de la siguiente manera

Abonados residenciales .....	2.077
" comerciales.....	387
" industriales .....	33
" Asistenciales, municipales y de servicio público .....	<u>17</u>
Total Abonados	2.514

Los 2.514 abonados, tienen una carga instalada de 2'261.818 watio valor que se elevaria considerablemente si se dispusiera de potencia instalada capaz de cubrir las necesidades mediatas de los consumidores.

La carga doméstica instalada se reparte de la siguiente manera:

En 1.967 se pondrá en servicio la Central Hidroeléctrica "El Ambi" actualmente en construcción, con lo que se cree se subsanarán los problemas de abastecimiento eléctrico de la ciudad.

#### 4. 2.- DEMANDAS FUTURAS

Las demandas sin restricción que tendría la ciudad actualmente, se calcularán tomando 40 watio/habitante, cifra empleada para cálculos similares en las ciudades de Ambato y Riobamba; a ésta cifra aumentaremos el 20% por demanda de la industria (este valor es el usado corrientemente por la sección de Industrias de la Junta de Planificación y Coordinación Económica) y un 10% para cubrir pérdidas por transmisión y distribución.

Con estos antecedentes, en 1.966 se tendría una demanda de 2.331,6 KW

Para los años venideros, las demandas presuntivas sin restricción se calcularán teniendo en cuenta los siguientes factores de crecimiento:

En el primer año 10% para la demanda doméstica y 8% para la industrial

En el segundo año 8% para la doméstica y 6% para la industrial.

En el tercer año y siguientes 6% para la doméstica y 4% para la industrial.

Los valores encontrados son:

AÑOS	DEMANDA PRESUNTIVA (KW)	% CRECIMIENTO	
		DOMESTICO	INDUSTRIAL
1.965	1.976,0	0%	0%
1.966	2.331,6	10%	8%
1.967	2.658,0	8%	6%
1.968	2.923,0	6%	4%

AÑOS	DEMANDA PRESUNTIVA ( KW )	% CRECIMIENTO DOMESTICO	% CRECIMIENTO INDUSTRIAL
1.969	3.216,1	6%	4 %
1.970	3.537,7	6%	4%
1.971	3.891,4	6%	4%
1.972	4.280,5	6%	4%
1.973	4.708,5	6%	4%
1.974	5.179,3	6%	4%
1.975	5.697,2	6%	4%
1.976	6.266,9	6%	4%
1.977	6.893,5	6%	4%
1.978	7.582,8	6%	4%
1.979	8.341,0	6%	4%
1.980	9.175,1	6%	4%
1.985	14.776,5	6%	4%
1.990	23.797,5	6%	4%

Serían los valores aproximados de una demanda presuntiva sin restricciones ;pero las condiciones del país harán que las cifras sean menores.

C A P I T U L O    V

SISTEMA FUTURO DE DISTRIBUCION

a) RED SECUNDARIA

5.- 1<sup>a</sup> ESTUDIO Y DETERMINACION DEL SISTEMA MAS CONVENIENTE

La red secunda-

ria es la porción que comprende desde los secundarios de los transformadores de distribución hasta las acometidas a los clientes.- Consisten en transformadores de bajada, circuitos secundarios y acometidas a los usuarios.

Existen variedad de disposiciones entre las que podemos indicar la Radial, Banquetada y Mallada que son las comunmente usadas.

Describimos brevemente a cada una de éstas:

R A D I A L--

Es el sistema más fácil de construir y el que demanda menor costo de instalación, consta de circuitos radiales que saliendo de los secundarios de los transformadores sirven a todos los clientes que se encuentran en sus recorridos, poseen un solo camino, razón por la cual no presentan la mejor garantía en lo que a continuidad de servicio se refiere ya que una falla puede dejar sin abastecimiento a una gran cantidad de clientes; sin embargo es de anotar que las fallas secundarias son raras y si alguna vez se producen son autodespejadas.

En áreas donde se tiene servicio monofásico son de tres conductores y un servicio trifásico de cuatro, instalados muchas veces en racks abiertos con espaciamientos de 8" y 10" según sea el conductor cubierto o desnudo, el neutro se instala en cualquier sitio a excepción

de los sistemas que utilizan neutro común en los que este conductor (neutro) ésta en la parte superior del Rack, tanto en alta como en baja tensión. Como protección contra fallas de corto circuitos y sobre-cargas es muy común el uso de fusibles. Este sistema es muy empleado en zonas de muy baja densidad de carga y donde las exigencias de servicio no son de primer orden. Estarán en áreas rurales.

### SISTEMAS BANQUEADOS.-

El sistema secundario banqueado es aquel en el que los secundarios de los transformadores están unidos entre sí formando construcciones rectilíneas como lazo o grilla, similares a los que se forman en sistemas mallados; la alimentación se efectúa a través de un circuito primario radial.

Ofrece su mayor beneficio en áreas residenciales o comerciales, pueden usarse también en zonas rurales si son necesarios algunos transformadores y estén cercanos unos de otros.

La mayoría de sistemas banqueados son monofásicos encontrándose trifásicos en áreas comerciales o residenciales de mediana densidad de carga; el campo específico de aplicación es para densidades de 6,5 a 250 KVA/1.000 pies.

La carga total está limitada por la capacidad del alimentador primario pero es recomendable que sea de 300 KVA y menos, para poder transferir a otro primario en caso de emergencia. El mínimo de transformadores deben ser 3 pues mantienen buena regulación de voltaje y un mínimo de sobrecarga cuando uno queda fuera de servicio.

V E N T A J A S .-

- 1º Reducción de fluctuaciones de voltaje causadas por arranque de motores eléctricos.
- 2º Mejor regulación de voltajes.
- 3º Permiten reducciones de capacidad de transformadores y calibres de conductores ( comparando los con el sistema radial).
- 4º Pruducen rápida rehabilitación de servicio.
- 5º El autodespeje de fallas secundarias es casi inmediato.
- 6º Dan mayor flexibilidad para el manejo de nuevas áreas a servirse.

Probablemente la mejor ventaja es la reducción de fluctuaciones de voltaje causadas por la corriente de arranque de motores eléctricos.

En los sistemas en servicio con banqueamientos se reducen las fluctuaciones de voltaje del 70 al 40%, por la división de carga entre ellos. La disminución de capacidad de transformadores y calibre de conductores es el resultado de una mayor diversidad entre la carga de un mayor número de consumidores. Estimaciones extremas indican que, el ahorro en capacidad de transformadores y calibre de conductores es del 35% sobre la inversión que se hacen en sistemas radiales.

La rehabilitación de servicio se produce por el seccionamiento de una falla o una línea que ésta sobrecargada; dependiendo de los métodos de protección empleados.

Son flexibles ya que requiere un gasto mínimo para atender nuevas áreas ha servirse y esto se consigue aumentando transformadores entre los ya instalados, es innecesario entonces cambiar circuitos secundarios.

### SISTEMA MALLADO

El sistema secundario mallado es aquel en que se unen los secundarios de los transformadores de manera que forman grillas; se alimentan por dos o más circuitos primarios.

Las ventajas que presenta este sistema son:

- 1º Ahorro de capacidad de transformadores y calibres de conductores.
- 2º Aumento de seguridad de servicio.
- 3º Flexibilidad para atender nuevas expansiones de red.

### DESVENTAJAS

- a) Se usan solamente en áreas de gran densidad de carga.
- b) El costo inicial es muy alto comparado con otros sistemas, ya que necesitan protecciones adecuadas para el buen funcionamiento, lo que requiere una inversión elevada.

Se usan para densidades de carga de 300 y 1.200 KVA/1.000<sup>9</sup>

### CONSTRUCCIONES AREAS Y SUBTERRANEAS

Los sistemas vistos hasta aquí, pueden construirse sub-terráneos y aéreas.

### SUBTERRANEOS .-

Las redes de distribución subterránea tienen elevado costo de instalación y mantenimiento; por lo que se emplean únicamente en áreas residenciales y comerciales de alta densidad de carga.

En los últimos años por la construcción de grandes edificios que necesitan abastecimiento de energía segura y en gran cantidad, el sistema subterráneo a tomado un interés creciente.

Esta construcción tiene las siguientes ventajas:

- a) Las calles se encuentran libres de postes, conductores y equipos al aire libre que dañan la estética de las ciudades.
- b) Los sistemas están libres de interrupciones por descargas atmosféricas, vientos, etc.
- c) Los sistemas están libres de interrupciones producidas por choque de vehículos motorizados.
- d) Se instalan en lugares inaccesibles al público con lo que se tiene seguridad para los transeúntes.

#### DESVENTAJAS

- 1º Dificultad de reparaciones ya que toman gran tiempo la localización y arreglo de un daño.
- 2º Mayor costo de instalación y mantenimiento.

#### CONSTRUCCION AEREA

La construcción aérea, establecida desde los comienzos de la distribución de energía, tiene las siguientes ventajas:

- a) Costo de instalación y mantenimiento es relativamente bajo, pues se ha llegado a establecer que cuesta de 1,5 a 10 veces menos que una instalación subterránea.
- b) Las fallas de la red pueden ser localizadas y reparadas en el menor tiempo posible.
- c) Las expansiones pueden hacerse con mayor facilidad.

#### DESVENTAJAS

- 1º Estar expuestas a daños por descargas atmosféricas, choque de vehículos, daños del material, etc.



CONCLUSIONES.-

Analizando lo anotado y relacionándolo con las características de la ciudad, el sistema más conveniente a usarse es el banqueado aéreo en la ciudad, sistema a cuatro conductores y el radial a tres hilos en los alrededores.

5.- 2<sup>a</sup> TENSION DE DISTRIBUCION SECUNDARIA Y SU ELECCION

Las redes de distribución secundaria pueden servir a los clientes en derivación (o tensión constante) o en serie (a intensidad constante).

Actualmente se usan sistemas en derivación, empleando el serie para alumbrado público solamente.

En baja tensión no hay un valor estandarizado, pues existen 120/240; 120/208 y 600 voltios.

Para su elección es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- a) Facilidad de instalación.
- b) Standarización de voltajes nominales de artefactos eléctricos.
- c) Aspectos económicos.

Las facilidades de instalación se refieren a la mayor o menor simplicidad que presentan los diferentes sistemas para obtener un voltaje determinado; así para conseguir 115 o 127 voltios se puede partir de circuitos monofásicos de 2 o 3 conductores, de un sistema bifásico a 3 o 4 conductores y de un sistema trifásico a 4 o 6 conductores; la simple obtención será con un sistema monofásico de 2 o 3 conductores y de un trifásico a 4.

Es necesario tener en cuenta que en sistemas radiales, las líneas

de alumbrado y pequeños consumos van separadas de las de fuerza debido a las caídas instantáneas de tensión que se producen al arrancar los motores;son generalmente de 120 volt. entre conductor activo y neutro.

La distribución secundaria trifásica trabaja a 220 voltios entre fases.

Para grandes consumos industriales,el suministro se hace a 480 voltios a fin de obtener economía en conductores.

La práctica europea es alimentar a 220 alumbrado y aplicaciones domésticas, en cambio la tendencia americana es hacia el uso de 120/240 como tensiones normalizadas.

b) Los voltajes secundarios de distribución deben ser o estar muy cercanos a los nominales de aparatos, lámparas y motores, de manera que no afecten su rendimiento.

c) Económico.

El creciente aumento de demanda por casa y las necesidades futuras, plantea la interrogación ¿ qué voltaje será el más conveniente?.- Se han efectuado estudios entre sistemas monofásicos de 2 y 3 conductores y se han encontrado que: a igualdad de carga, de distancia y caídas de tensión, con el sistema de 3 conductores, 120/240 voltios se obtiene un ahorro de 35% comparándolo con el de 2 hilos a 120.

Por otro lado se han efectuado estudios, encontrándose que altos niveles secundarios en áreas comerciales de gran densidad dan resultados económicamente favorables, pues, tomando el sistema como una sola unidad y con construcción aérea, se obtiene un ahorro del 22% si se

distribuye a 265/460 voltios en vez de 120/240; si se tiene un sistema a 3 conductores (240/480 voltios) se ahorra el 15% comparándolo con el de 120/240.

El empleo de 240/480 en vez de 120/240, no significa que sea el recomendado, ya que usando este, el problema eléctrico se complica por los cambios que habrían que hacer en las aplicaciones domésticas en uso.

Subsecuentes estudios indican que, si se presentara la necesidad de cambiar por un voltaje más alto el secundario en uso, el que menos complicaciones traería será el de 240/416 voltios (4 conductores) o 240/480 V. (3 conductores) aunque en las residencias, solamente lavadoras, secadoras y otras aplicaciones podrán alimentarse directamente, necesitándose para alumbrado un transformador que proporcione 120 voltios.

La tendencia para una elevación de voltaje se basa en que: el alto voltaje y las consecuentes bajas corrientes permiten mayores posibilidades en las instalaciones, pues se pueden cubrir mayores distancias conservando igual caída de tensión. En América del Norte los niveles de voltaje son determinados por IEEE-NEMA la misma que aconseja para áreas residenciales 120/240 voltios sistema monofásico a 3 conductores; 208/120 volt. trifásico a 4 conductores o 460/265 trifásica a 4 conductores.

En otros países los consumidores muchas veces prefieren 265/460 volt. por ser más económico para la alimentación de motores de ascensores o motores de capacidad considerable.

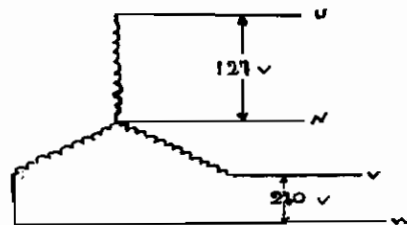
El servicio trifásico es más ventajoso ya que el precio de motores trifásicos es menor que el de los monofásicos de la misma potencia.

Los consumidores comerciales e industriales prefieren voltajes mayores ya que les permiten bajos costos de instalación así 265/460 volt. es un voltaje preferido ya que usan 460 para la alimentación de motores y 265 para lámparas fluorescentes.

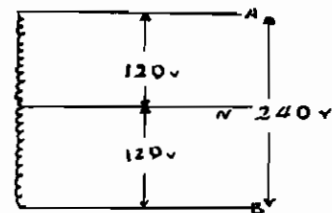
### C O N C L U S I O N

Analizando los niveles de voltaje junto con las ventajas e inconvenientes se adoptan para el proyecto:

- a) Para la sección banquetada las tensiones de 220/127 voltios sistema trifásico a 4 conductores.
- b) Para las derivaciones radiales sistema monofásico 3 conductores con tensiones de 240/120 voltios.



SISTEMA TRIFÁSICO



SISTEMA MONOFÁSICO

### 5.- 3<sup>a</sup>

### TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

Los transformadores de distribución convierten la energía de los circuitos primarios en tensiones secundarias que generalmente son de 120 o 240 voltios.

Sus capacidades tienen un campo muy amplio, pues es común encontrar

desde 3 a 500 KVA en transformadores monofásicos y desde 9 a 500 KVA en transformadores trifásicos.

El empleo se basa en las densidades de carga de las zonas a servirse y el espaciamiento entre ellos.

Existen con diferentes clases de aislamiento: con aceite, askarel u otros materiales para aplicaciones especiales. En construcciones aéreas pueden emplearse del tipo OA; autoprotegidos tipo CSP y en construcciones con posibilidades de incendio del tipo incombustible.

En la práctica el uso más generalizado es de transformadores monofásicos de 15 a 25 KVA y trifásicos de 50 a 150 KVA en áreas residenciales, dependiendo de la clase de instalación, del tipo de carga instalada y de las medidas de seguridad adoptadas.

Estos transformadores generalmente tienen 4 tomas de voltaje que están a 97; 95; 92,5 y 90% de la tensión nominal.

En su instalación se deben evitar las conexiones Y-Y por ser las que producen armónicas superiores, que son fuentes de interferencia para circuitos de comunicaciones y en caso de ser forzoso el empleo, deberán tener un devanado terciario de amortiguamiento. Se preferirá para la elevación de voltaje la conexión Y-Delta y para la reducción Delta-Y.

Los transformadores pueden ser instalados en postes, plataformas, casetas o pozos subterráneos y en sótanos de edificios.

Si deben ser instalados en postes y sus capacidades no exceden de 50 KVA se atornillan directamente al poste por medio de ganchos o abrazaderas.

Cuando estén en pozos y tengan probabilidades de inundación se instalarán con una protección de caja de hierro a prueba de agua. Los instalados en sótanos de edificios, tendrán que ser del tipo incombustible la elección de los tipos más convenientes los efectuaremos en los capítulos siguientes.

b) RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION

5.- 16.- DETERMINACION DEL SISTEMA MAS CONVENIENTE

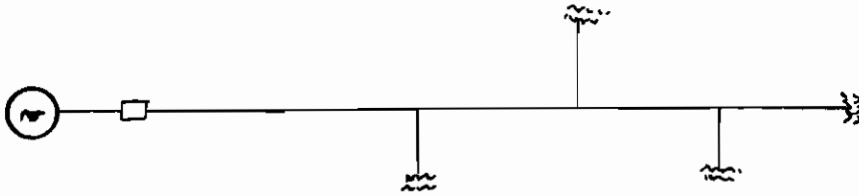
La red de distribución primaria es la encargada de conducir la energía desde la sub-estación o fuente principal de abastecimiento a las distintas zonas a servirse. Está constituida por alimentadores que tomando distintas disposiciones llegan a los diferentes transformadores de distribución localizados en sus recorridos.

El sistema puede ser radial, radial de lazo, con feeder expreso al centro de carga o malladas. Se analizarán ligeramente, observando las conveniencias e inconveniencias de cada uno.

R A D I A L v-

Sale de la sub-estación con un solo recorrido y conduce la energía total. La corriente al comienzo es fuerte y disminuye conforme va alimentando los diferentes transformadores.

Este sistema tiene el grave inconveniente de la continuidad de servicio ya que teniendo un solo camino, cualquier falla dejará sin servicio a todos los consumidores o a gran parte de ellos si se ha proveído una selección de fallas; de cualquier manera quedarán con servicio solamente los que se encuentren entre el comienzo del feeder y la parte afectada por la falla.



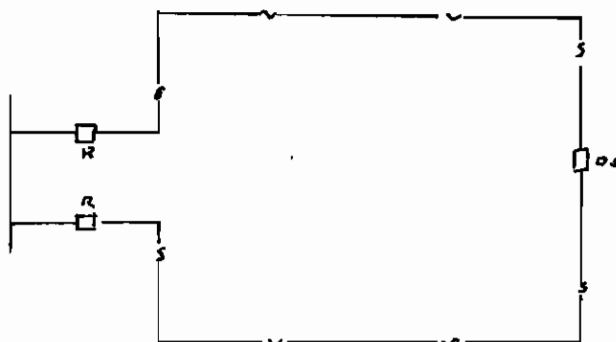
R A D I A L D E L A Z O.- Una solución al problema presentado por el sistema radial se obtiene por medio de dos alimentadores: el uno que saliendo de la sub-estación recorre el área a servirse y el segundo que regresa por el otro lado enlazando la zona. Se puede usar 1 o 2 interruptores automáticos, uno o varios switch desconectores y un interruptor de unión o lazo; que normalmente trabaja abierto. Cuando el interruptor de lazo está abierto, la falla en un alimentador dejará sin servicio a sus abonados, pero, aislando la falla y cerrando el interruptor de unión se conseguirá alimentar a los usuarios no afectados por la perturbación.

El caso para el trabajo del interruptor de unión en posición cerrada será: una falla en cualquier alimentador disparará los disyuntores que están a la salida de los circuitos, pero aislando la parte fallosa se volverán a conectar y solamente los usuarios afectados por la perturbación quedarán sin servicio.

Con esta disposición se obtiene una división de la corriente en dos caminos, alcanzándose mínima pérdida y mínima regulación de voltaje.

Generalmente se trabaja con los w swichs de unión en posición abierta.

Es necesario que los alimentadores tengan capacidad de reserva para en caso necesario cerrar el interruptor de unión y alimentar el otro sector. Es la disposición más empleada y que da muy buenos resultados.



### FEEDER EXPRESO AL CENTRO DE LA CARGA

Consiste en un alimentador que llega al centro de carga, de donde parten en las cuatro direcciones los sub-alimentadores y laterales.

En ésta disposición es necesario una línea para la compensación de la caída de tensión que va con el expreso y sirve para mantener un nivel adecuado de voltaje a la hora de máxima carga.

Con este arreglo existe la tendencia de el uso de calibres de conductores pequeños, por lo que presentan la ventaja de que para cargas medias (densidad media) sea el de menor inversión.

Presentan el grave inconveniente de necesitar cambios continuos de conductores en áreas donde haya crecimiento constante; además los centros de carga quedan muy pronto en situación poco conveniente.

En los sistemas instalados bajo ésta disposición las salidas de los sub-feeders y laterales son monofásicos, siendo necesario tener mucho cuidado en la repartición de la carga, ya que pueden producirse



desbalanceamientos perjudiciales en el alimentador troncal.

#### DISPOSICION MALLADA.-

Es un sistema de interconexión de alimentadores que salen de algunas sub-estaciones de distribución o unidades de malla. Las principales componentes son:

Un transformador de poder con su respectivo interruptor automático que contiene relés de malla y sobrecorriente.

Las ventajas del sistema primario mallado son: Proveer una mejor calidad de servicio y poder adaptarse a los cambios de carga que se producen en el sistema.

La regulación de voltaje es menor.

Los consumidores que se quedan sin servicio por falla son pocos ya que los transformadores pueden ser alimentados por el lado de baja.

El poder adaptarse al crecimiento de carga quiere decir que son necesarios un mínimo de cambios y perturbaciones de las redes para extenderse y alimentar nuevas acometidas. Esta es una gran ventaja en distribución a travez del tiempo, particularmente en zonas donde sean necesarios frecuentes cambios.

La desventaja es que el sistema es más costoso y el que mayores gastos demanda para su mantenimiento; en su instalación el costo es grande por la selectividad que es necesario darle, sin la que no podría asegurarse las bondades anotadas.

Se usa en áreas de elevada densidad de carga.

#### CONCLUSION .-

Partiendo del breve análisis efectuado y teniendo en cuenta

ta las disponibilidades económicas de nuestros pueblos, se diseñará y calculará la red primaria con disposición anular, contándose con dos alimentadores, con lo que tendremos las siguientes ventajas:

- a) Se cubrirá toda el área servida.
- b) Se tendrá suficiente flexibilidad para atender al crecimiento de nuevas áreas a servirse.
- c) En caso de falla se tendrá el mínimo de clientes sin servicio aislado la falla y cerrando el interruptor de unión.
- d) Se podrá sacar cuantos ramales laterales y sub-alimentadores como sean necesarios para atender las zonas circundantes.

#### 5.- 2b.- ELECCION DEL NIVEL DE TENSION PRIMARIA

Para la elección del voltaje primario es necesario tener en cuenta varios aspectos fundamentales ya que, las diferentes tensiones que pueden utilizarse pesan más o menos en: la carga y longitud del alimentador; costo de sub-estaciones de distribución; prácticas de mantenimiento, etc.

El sistema debe ser estudiado de manera que se pueda llegar a una conclusión económica satisfactoria. Es sabido que si se duplica la tensión en un circuito, se puede aumentar su longitud o su carga manteniendo una sola caída de tensión, por tanto el aumento de carga o longitud de un circuito son directamente proporcionales al cuadrado de la tensión; el principio enunciado es la "Ley del Cuadrado de la Tensión".

El principio "Ley del Cuadrado de la Tensión" en redes de distribución será limitado ya que la carga al estar repartida en forma

heterogénea, no presenta las condiciones ideales para su aplicación; será verdadera solamente cuando el producto de la relación de distancia (Longitud nueva/Longitud original por la relación de carga (Nueva carga/carga inicial) sea igual al factor de voltaje al cuadrado.

Por este mismo principio, se puede decir que: si se incrementa en 3 veces el valor de voltaje, la caída de tensión será 9 veces menor y se podrá aumentar 9 veces la longitud del circuito, manteniendo igual caída de tensión.

Lo enunciado puede graficarse de la siguiente manera:

Si tenemos el sistema de la fig. # 1; en el que  $E = 1$ ;  $Z = 1$ ;  $I = 1$  la caída de tensión será:

$$e = \frac{|x|}{1} = 1$$

Manteniendo la misma condición de carga y al duplicarle la tensión, se producirá una corriente que tendrá un valor de  $\frac{1}{2}$  de la original, se podrá entonces aumentar la distancia 4 veces manteniendo la misma caída de tensión como se indica en la figura # 2 en la que:  $E = 2$ ;  $Z = 4$ ;  $I = \frac{1}{2}$ ; la caída de tensión será:

$$e = \frac{4 \times \frac{1}{2}}{2} = 1$$

\_\_\_\_\_ ↓  
 $E = 1 \quad Z = 1 \quad I = 1$

Figura # 1

\_\_\_\_\_ ↓  
 $E = 2 \quad I = \frac{1}{2} \quad Z = 4$

Figura # 2

Por otro lado debe tenerse cuenta que si se fijan: la distancia, la potencia, el factor de potencia y las pérdidas; el peso total de conductores varía en proporción inversa al cuadrado de la tensión.

Con estos antecedentes y teniendo en cuenta que la solución definitiva debe basarse en el dictámen económico, que dice que el conductor más económico se determina por comparación de diversas secciones y es aquel que dé la mínima suma anual de intereses y amortizaciones del capital invertido; es por tanto factible con la ayuda de algunas fórmulas experimentales, encontrar la tensión que dé las condiciones económicas indicadas. Por otro lado deben tomar en cuenta las razones prácticas que nos limitan a escoger y analizar la tensión más conveniente, entre un limitado número de niveles, los que se tratan de estandarizar.

En nuestro país tenemos una gran variedad de tensiones primarias de distribución; existen : 2,4-4,2-4,8-6,0-6,3-6,6-10,0-11-13,8-22,0 y 23 KV.

La necesidad de estandarización que tiene como consecuencia lógica la facilidad de adquisición de materiales y equipos en forma rápida y a menor costo hacen que en nuestro medio se traten de establecer los voltajes de 6,3 y 13,8 KV para sistemas de distribución primarios.

Para el proyecto se hará un breve estudio de los sistemas a 6,3 y 13,8 KV tratando de establecer relaciones que conduzcan a la obtención de un equilibrio entre gastos de instalación y mantenimiento, junto con la pérdida de energía y amortización de capitales.

Se buscará la conveniencia haciendo una breve comparación económica en un sistema que tenga : 5.800 metros de ramal principal y 6.200 de

laterales; para el objeto se tomarán en cuenta solamente el equipo y materiales que tengan mayor importancia. La carga de este sistema será de 1.100 KVA.

CUADRO DEMOSTRATIVO

<u>SISTEMA A 13,8KV</u>			<u>SISTEMA A 6,3 KV</u>	
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO
		x 1.000,00		x 1.000,00
Conductores	1.498 Kg	22,21	6.684 Kg	101,77
Postes	323 P	387,60	323 P	394,00
Aisladores	969 A	17,80	969 A	12,56
Transformadores	1.100 KVA	275, 00	1.100 KVA	254,00
Corta circuitos	60 C	54,00	60 C	42,00
Pararrayos	33	<u>38,80</u>	33	<u>33,80</u>
	TOTAL	795,41		838,13

Se observa el ahorro que se obtiene con un voltaje de 13,8 KV alcanzando en este caso 42.720 sucres.

CONCLUSION .-

El sistema a instalarse debe contar con un voltaje estandarizado que nos de la menor imposición anual, por tanto se adoptará 13,8 KV para el presente proyecto.

5- 3.- SELECCION DEL TIPO DE CONDUCTOR .- La gran variedad de conductores que se encuentran en el mercado y los nuevos tipos que se van experimentando, obligan a estudiar detenidamente las cualidades mecánicas y eléctricas de algunos de ellos para decidir cual es el más conveniente. Los conductores son de cobre, aluminio y una gran variedad de combinaciones de acero. Se hará una breve descripción de los posibles a em-

plearse.

COBRE.- Se pueden encontrar conductores de cobre macisos para distribución del tipo duro, semiduro o estirado en frío desde el #10 al #4 AWG y para diámetros mayores del tipo cableado.

El conductor de cobre duro, posee una alta resistencia mecánica y un alargamiento reducido, pudiendo utilizarse en vanos largos. El de cobre semiduro, tiene características similares al anterior a excepción de la tracción mecánica que no es uniforme. Los conductores de cobre recocido son dúctiles hasta el punto de poder ser dañados con facilidad sino se manipula con cuidado durante el bobinado, por lo que se hace necesaria una inspección antes de salir de la fábrica y antes de su empleo; se usa como conductores aislados.

Existe otro tipo de conductor a base de cobre y es el denominado Cop perweld usado generalmente en circuitos de comunicación, teléfonos y señalación. Los conductores de cobre con refuerzo de acero (CCSR) se emplean satisfactoriamente en líneas de transmisión.

Los conductores de aleaciones de cobre se usan generalmente en zonas donde sea necesario alta resistencia mecánica y donde no sea permitido el uso de conductores más baratos.

ALUMINIO.- En aluminio como en cobre existen varios tipos. Se pueden encontrar de aluminio maciso que no se prestan para sistemas de distribución por las características mecánicas completamente desfavorables; tienen otros usos.

Actualmente se está tendiendo al uso de aluminio reforzado con ace-

re que se denominan (ACSR) en los que se combinan la conductividad del aluminio y la resistencia del acero; se construyen con capas de aluminio duro que están sobre un núcleo de uno o más alambres de acero galvanizado de alta resistencia mecánica. Puesto que el acero y el aluminio poseen diferentes coeficientes de dilatación y al estar unidos deben sufrir iguales modificaciones bajo los efectos de temperatura y esfuerzos mecánicos, el coeficiente de dilatación del conjunto debe tener un valor intermedio del de los componentes. Los fabricantes proveen desde los tipos más delgados usados en líneas rurales hasta los más gruesos empleados en zonas urbanas. La proporción entre el refuerzo de acero y las capas de aluminio pueden regularse para dar exactamente el tipo de conductor apropiado acorde a la longitud del tramo, la carga y la capacidad de conducción. El aluminio es un material que tiene su propia protección, pues se forma en cada conductor un óxido con propiedades aislantes, razón por la cual es necesario para conectarlos limpiar las superficies y aplicar compuestos de empalme que tiene abrasivos metálicos.

Para las conexiones se suministran empalmes a compresión de aplicación rápida. El inconveniente que presenta el aluminio y ésta la razón para que el uso sea bastante restringido en nuestro medio es el manejo y empalme que son bastante difíciles y requieren gran meticulosidad. En terminales se usan accesorios de tipo atornillado o a presión y las ataduras se las efectúa con alambre de aluminio redondo y recocido.

El conductor de aluminio estirado en frío, tiene una conductibilidad

del 61% a la temperatura normal y su resistencia 2,864 micro ohmios a 20° C.

Al calcular la resistencia del cable(ACSR) no se aplica la reducción por la conductibilidad del núcleo de acero.

Ante la gran variedad de conductores que pueden ser usados en sistemas de distribución eléctrica es necesario para la selección definitiva hacer un análisis comparativo de precios con los de cobre y aluminio.

Se hará un breve estudio tomando los materiales de 97% de conductividad para el cobre y 61% para el aluminio, usando conductores # 4 y #2 AWG para el cobre y aluminio equivalente; se usarán valores aproximados en lo referente a mano de obra y se hará una comparación en un sistema que tenga 2 kilómetros de longitud, circuito trifásico que servirá una carga concentrada al final de la línea.

Como resumen se establece un cuadro en el que constan materiales, costos y gastos que entran en el problema.

<u>LINEA DE ALUMINIO</u>			<u>LINEA DE COBRE</u>	
<u>Material</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>
Conductores	186 Kg	4.053,00	384 Kg	6.144,00
Cinta protectora	6,4 Kg	160,00	---	-----
Alambre de amarre	5,4 "	84,00	11,4 Kg	280,00
Empalmes	1 "	20,00	----	-----
Herram. e Ingredient.				
de unión	1 "	750	----	-----
Conectores	40 (cobre alum.)	1.00,0	---	-----



LINEA DE ALUMINIO

LINEA DE COBRE

<u>Material</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo</u>
Poelas	6	72,00	-----	---
Mano de obra	---	<u>1.000,00</u>		<u>600,00</u>
TOTAL	COSTO	7.139,00		7.024,00

Se puede colegir que: dado el costo de la mano de obra que para el aluminio es aproximadamente el 50% del precio del material y para el cobre es solamente el 25%, las líneas de corta longitud con aluminio son más caras que las de cobre, pero para mayores longitudes en las que el peso de conductores da las características económicas, las instaladas con aluminio resultan más baratas ya que: el precio del aluminio es un 25% más caro que el cobre, pero el peso se reduce a un 50%, el ahorro que se obtiene usando aluminio es entonces de un 37,5% valor que se reduce de las siguientes consideraciones:

Precio del Kg de aluminio incluyendo accesorios .....	1,25
Precio del Kg de cobre incluyendo accesorios .....	1,00
Peso del aluminio necesario .....	1,00
Peso del cobre necesario .....	2,00
Costo de la línea de aluminio .....	1 x 1,25 = 1,25
Costo de la línea de cobre .....	2 x 1 = 2,00
Ahorro obtenido con el uso de aluminio .....	= 0,75
% equivalente de ahorro .....	0,75 x 100/2 = 37,5%

PESO	PRECIO
$\frac{1 \text{ Cu}}{0,5 \text{ Al}}$	$\frac{1,25 \text{ Al}}{1,00 \text{ Cu}}$

relacionando estas razones:

$$\frac{\text{Precio x Peso Cu}}{\text{Precio x Peso Al}} = \frac{1 \times 1}{1,25 \times 0,5} = \frac{1}{0,625}$$

Ahorro con el uso de aluminio = 37,5%

Aunque las consideraciones expuestas indican la conveniencia de la utilización de aluminio; se usará cobre en el presente proyecto por las siguientes razones:

- 1<sup>o</sup>) No se cuenta en el país con mano de obra especializada en aluminio.
- 2<sup>o</sup>) Es difícil la adquisición de accesorios y materiales de aluminio.
- 3<sup>o</sup>) Se puede aprovechar una buena cantidad del cobre instalado en el sistema en servicio.

5.-4.-

ALUMBRADO PUBLICO

NIVELES DE ILUMINACION.-

Existe gran número de factores que deben tenerse en cuenta para la asignación de niveles convenientes de iluminación; su factor común y el más importante es de seguridad para el tráfico de vehículos y peatones.

Es lógico que si el volumen de tránsito crece, las interferencias en circulación y la exposición a accidentes también crece; con un buen nivel de iluminación se hará menos dificultoso lograr una compren-

ción de movimientos entre los vehiculos y peatones,disminuyendo los accidentes.

Para la asignación debe tomarse en cuenta la reflexión o reflectancia que depende de las superficies de las calles a iluminarse así como el brillo del pavimento que da visibilidad, con posibilidades de discernir siluetas.

Ya se mencionó en capítulos anteriores la clasificación de calles de acuerdo al volúmen de tráfico, y en el caso del presente proyecto se tomarán como niveles de iluminación los valores de 4 lux para las zonas principales de la ciudad y 2 lux para el resto.

En la intersección de calles,el nivel de iluminación recomendado por las normas americanas es de por lo menos la suma de los niveles asignados a las calles que la forman.

#### 5. 4b.- SISTEMAS DE ALUMBRADO

Existen dos disposiciones fundamentales con las cuales puede iluminarse una ciudad;el sistema serie y el sistema en derivación.

##### ALUMBRADO EN SERIE.-

Las lámparas se conectan en serie,con un solo valor de corriente proveída por un transformador de corriente constante;este sistema necesita dos circuitos;uno de alto voltaje para alimentación del transformador y otro de baja para control.

APLICACIONES.- La principal aplicación está en lugares donde el nivel requerido de iluminación es relativamente bajo y las luminarias están bastante separadas unas de otras,es decir,en parques,carreteras y áreas rurales;sin embargo,el factor económico es el que deci-

dirá en uso de este sistema, pues existe la posibilidad de ahorro al usar conductores pequeños para el alto voltaje.

La limitación para su empleo estriba en que no pueda usarse en áreas donde existen circuitos secundarios (o de baja) por el alto voltaje que se presenta en caso de circuito abierto y el peligro para el personal de mantenimiento.

### SISTEMA EN PARALELO

En este sistema, las lámparas se conectan en derivación y a un voltaje bajo, en oposición con el sistema serie que usa altos voltajes, los valores comunes son 120 en sistemas monofásicos y 121 voltios en sistemas trifásicos a 4 conductores.

La energía puede ser tomada directamente de los circuitos secundarios o pueden ser alimentados por circuitos separados que tengan este único fin. Actualmente con la introducción de unidades de control múltiple se ha eliminado la necesidad de instalar circuitos independientes.

El sistema en paralelo tiene la ventaja de emplear equipo que se usa normalmente en distribución de baja y de no necesitar personal especializado para su mantenimiento como el que se requiere en el sistema serie; usa lámparas más baratas por el trabajo con bajas tensiones y su reemplazo es seguro; además el potencial constante elimina la necesidad de equipo especial como transformadores de corriente constante, relés especiales y más aditamentos de cada unidad de iluminación para poder aislarla sin peligro cuando se haya quemado.

La desventaja del sistema paralelo está en que es necesario el em-

pleo de gran cantidad de conductores.

### DISCUSION GENERAL PARA LA SELECCION DEL SISTEMA

Los factores básicos que deben ser considerados para el planeamiento e instalación de un sistema de alumbrado son:

Nivel de alumbrado, el mismo que viene conpaginado con la posibilidad de instalación de diferentes clases de luminarias, espaciamiento entre ellas, disposición de sus brazos y arreglo de circuitos que darán diferentes costos.

La decisión final vendrá basada en el costo inicial y el de entretenimiento.

Dadas nuestras posibilidades económicas, al régimen de estandarización al que se ha llegado en las ciudades del país, se decide para el proyecto el sistema múltiple.

## C A P I T U L O VI

### DISEÑO Y CALCULO

#### Generalidades .-

La ciudad de Ibarra como se anotó en capítulos anteriores, posee una Topografía bastante regular con calles anchas y numerosas avenidas que se prestan para la instalación de una red aérea.

#### 6.1.- RED DE BAJA

El diseño de la red de distribución se realizará dividiendo la ciudad en zonas de acuerdo a sus características: así tendrá zona comercial de primera y segunda categoría; residen-

cial de primera, segunda y tercera, además un sector de vivienda popular. No se determina zona industrial por no existir industria pesada, sin embargo por las proyecciones futuras se tratará este aspecto al final del capítulo.

Con estos antecedentes se abordará el diseño y cálculo de cada una de las zonas indicadas.

#### 6.1<sup>a</sup> ZONA COMERCIAL DE PRIMERA CATEGORIA .-

Este sector está limitado por las carreras: Velasco y Borrero; Gómez de la Torre y Rocafuerte, es la parte de la ciudad en la que se han localizado la mayor parte de almacenes, abacerías, etc; aquí se encuentran los centros cívicos como Municipio y Gobernación Provincial.

Es el sector más transitado de la Urbe. Las cargas instaladas en las viviendas de ésta zona no son iguales y para su proyección a 25 años es necesario un estudio de las manzanas con carga máxima, media y mínima ya que al asignar un solo valor se podrá encontrar casas con deficiencia de energía o con exceso.

Se analizará una manzana con carga máxima, otra con media y una tercera con mínima; estas son:

- a) Con carga máxima: La circundada por las carreras Olmedo y Bolívar, Oviedo y Flores, tiene una carga instalada de 30,4 KVA. Al dividir ésta carga total para el número de lotes que, para efectos de cálculo tendrán un frente de 18 a 20 metros, resulta de 1.9 KVA/lote. Esta manzana como las similares no tendrá un crecimiento mayor del 5% acumulativo anual por ser asiento de casas de reciente construcción

ción o porque las construídas hace algún tiempo son de 3 o 4 pisos que no prestan para ampliaciones, por tanto el crecimiento de carga será efecto del incremento de artefactos eléctricos que se están introduciendo en nuestros mercados tales como: refrigeradoras, licuadoras, aspiradoras, enceradoras, etc.

Si se toman el 75% como factor de demanda; dos como el de diversidad y 5% para el crecimiento; las demandas diversificadas en esta manzana y similares serían.

DEMANDA DIVERSIFICADA FUTURA

<u>A 5 años</u>	<u>A 10 años</u>	<u>A 15 años</u>	<u>A 20 años</u>
1 KVA/Lote	1,28 KVA/Lote	1,64 KVA/lote	2,13 KVA/lote
<u>A 25 años</u>			
2,70 KVA/lote			

El valor de 2,7 KVA/lote encontrado, está dentro de los límites correctos de asignación de carga, pues es el que se aplica en ciudades como Riobamba, Ambato, etc. que tienen características similares a las del proyecto.

El valor anotado se obtiene con la fórmula:

$$D_{df} = \left[ \frac{(C \times a)}{d} + A \times L \right] B$$

B es un factor que depende del porcentaje de crecimiento y que para un 5% tiene los siguientes valores:

<u>En 5 años</u>	<u>En 10 años</u>	<u>En 15 años</u>	<u>En 20 años</u>
1,28	1,63	2,09	2,71

En 25 Años

3,45

b) CARGA MEDIA .-

Es la comprendida entre las carreras Bolívar y Sucre; Flores y Oviedo, arroja según el Censo realizado un valor de 26KVA dando 1,62 KVA/Lote (Lotes de 18 a 20 metros de frente)

En el cálculo se emplearán: como factor de diversidad 2 de crecimiento 5% y de demanda 80% por la participación de casas de departamentos.

Los valores de demanda diversificada futura para los lotes de ésta manzana y similares son:

DEMANDA DIVERSIFICADA FUTURA

<u>En 5 años</u>	<u>En 10 años</u>	<u>En 15 años</u>	<u>En 20 años</u>	<u>En 25 años</u>
0,95 KVA/l	1,19 KVA/L	1,52 KVA/L	1,97 KVA/L	2,51 KVA/L

c) Por último se ha estudiado la manzana comprendida por las carreras Chica Nerváez, Sánchez y Cifuentes; Borrero y Grijalva encontrando que es la de menor carga instalada pues arroja 19,2 KVA totales dando 1,2 KVA/lote.

Esta manzana y las similares tienen la posibilidad de nuevas construcciones por lo que, en el cálculo se tomará como factor de crecimiento el 6%, los demás serán : de diversidad 2 y de demanda 80% como en el caso anterior.

Las demandas diversificadas tendrán los siguientes valores:

A 5 años	A 10 años	A 15 años	A 20 años	A 25 años
0,79 KVA/L	1,01	1,29 KVA/L	1,80	2,41 KVA/lote

Luego de haberse encontrado las demandas diversificadas por lotes, que



se indican en el Plano # 6 se procede al estudio de la distribución de postes. Deberán tener como característica principal la uniformidad, pues además de soportar los conductores, servirán de sostén a lámparas para alumbrado público, por lo tanto las separaciones no deberán ser mayores de 35 a 40 metros; esto traerá como lógica consecuencia el obtener un alumbrado público correcto. En la ubicación de postes, es necesario evitar que queden instalados en las esquinas, pues constituyen obstáculos para peatones y dificultan la visibilidad a conductores de vehículos.

Localizada la postería y determinado el valor de carga diversificada por lote puede procederse al cálculo de la red.

Por la conveniencia de emplear distribución banquedada, establecida en capítulos anteriores, se calculará bajo las normas de este sistema.

El procedimiento ; a seguirse es:

- 1<sup>o</sup> .- Ubicar las cargas en cada lote de acuerdo al valor encontrado.
- 2<sup>o</sup> .- Ubicar los postes de acuerdo a las normas establecidas.
- 3<sup>o</sup> .- Concentrar en los postes las cargas por lote, tratando que en cada uno de ellos haya un número más o menos igual.
- 4<sup>o</sup> .- La carga total de cada poste concentrar en las barras, teniendo en cuenta que resultarán en proporción inversa a la impedancia de los conductores.
- 5<sup>o</sup> .- Calcular la impedancia en PU de los cables que pueden entrar en juego; aquí se harán comparaciones con el uso del # 2; # 4 y #1/0 AWG para encontrar la relación transformador-conductor más económica.

Las impedancias de estos conductores teniendo en cuenta un espaciamiento de 8" entre ellos serán:

	Conductor # 2 AWG .-	Cobre /-
Ra =	0,964 $\Omega$ / milla	= 0,5991 $\Omega$ /Kmt
Xa =	0,574 $\Omega$ / milla	= 0,3567 $\Omega$ /Kmt
Xd =	0,0492 $\Omega$ / milla	= 0,0305 $\Omega$ /Kmt

$$Z = 0,5991^2 + (0,3567 - 0,0305)^2$$

$$Z = 0,6821 \Omega/\text{Kmt}$$

Conductor # 4 .- Cobre

$$Z = 1,003 \Omega/\text{Kmt}$$

Conductor de Cobre # 1/0 AWG

$$Z = 0,487 \Omega/\text{Kmt}$$

Con estos tres conductores se ha efectuado tanteos para llegar a determinar cual combinación (transformador- conductor) es la más económica y se ha llegado a establecer la conveniencia del empleo del # 2 AWG. No se ha comprobado con más conductores por ser un problema bastante engorroso y porque se tiene la guía la experiencia obtenida por la empresa eléctrica "Quito" S/A. que llega a la conclusión de que se tiene buena economía en distribución banquerada con densidades de 21 KVA/ 1.000' usando conductor de cobre # 2 para las fases y # 3 para el neutro.

#### CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES .-

Existen algunos métodos analíticos para determinar la capacidad de transformadores

que se aplican en áreas donde las cargas son homogéneas y uniformemente distribuidas con mallas de igual configuración; pero cuando no hay estas características el cálculo y ubicación se realiza por métodos experimentales con el auxilio del "Analizador de Redes".

Las bases a seguirse con el método experimental son:

- a) Trazar el plano de la zona indicada, indicando la ubicación de postes, trazado de red, repartición y transferencia de carga a los nudos como se indica en los Planos # 6 y # 7.
- b) Calcular la demanda diversificada total de la zona para determinar el número y capacidad de los transformadores a emplearse,
- c) Calcular la impedancia de los conductores seleccionados. Se usará el sistema PU por necesitarse para el "Analizador de REdes".

Aquí se calcularán de los conductores # 1/0, # 2 y # 4 que sirvieron para encontrar la relación transformador- conductor más económica. Impedancias en PU .- Conductor de cobre del 97% de conductividad y separación de 8" entre ellos.

# 1/0 AWG  $\phi$  0,0110 PU/100 metros.

# 2 AWG = 0,0155 PU/100 "

# 4 AWG = 0,0155 " "

Los valores PU se encontraron con la fórmula:

$$Z_{PU} = \frac{Z_{\Omega} \times KVAb}{KV_b^2 \times 10^3}$$

$$KVA_b = 10 \text{ KVA}$$

$$KV_b = 0,21 \text{ KV}$$

de acuerdo a la conveniencia indicada se usará conductor # 2 AWG

Las impedancias en PU de la zona se indican en el Plano # 8.

D) Por tanteos se busca la mejor ubicación de transformadores y se

lleva al Analizador del Redes.

Los resultados del análisis de la "Zona Comercial de Primera" se indican en el Plano # 9 y que se resúmen en lo siguiente:

La zona tiene 5 mallas que tienen el detalle.

MALLA # 1

Carga total para cables = 384,1 KVA

Se instalarán: 2 transformadores de 75 KVA  
3 " de 45 KVA  
1 " de 330 KVA

Carga total en transformadores = 315 KVA que corresponden al 82% de la carga total instalada, es decir se aprovechará el 18% de sobrecarga admisible en transformadores.

Caídas máximas de tensión en los postes 25 y 26 con el 3%

El flujo máximo va desde el poste 17 al 24 y lleva 21,7 KVA

TRANSFORMADORES

TRANSFORMADOR	UBICADO EN	CAPACIDAD	LECTURA	EN ANALIZADOR
	Poste #			
	17	75 KVA	85	KVA
	39	45 "	54	"
	70	45 "	53	"
	56	45 "	54	"
	50	75 "	86	"

TRANSFORMADORES

CAPACIDAD

LECTURA EN ANALIZ.

(POSTE) #

11

30 KVA

35 KVA

La malla será trifásica a 4 conductores en la que se emplearán: 3 x # 2 AWG + 1 x # 3 AWG de cobre cableado de 97% de conductividad.

Malla # 2

Carga total para cables : 338,6 KVA

Se instalarán:           3 transformadores de 75 KVA  
                              1 Transformador de 45 KVA  
                              1 transformador de 30 KVA

Sumando sus capacidades dan el 91% de la carga para cables.-

Caídas máximas de tensión en los postes 104 y 161 con 2,8%

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
100	75 KVA	88 KVA
130	75 "	86 "
123	75 "	82 "
95	45 "	53 "
94	30 "	34 "

Flujo máximo del poste 100 al 99 con 44 KVA.

Malla # 3

Carga para cables : 365,7 KVA

Transformadores a instalarse : 3 de 75 KVA  
  2 de 45 "

que dan el 88% de la carga total para cables.

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
139	75 KVA	86 KVA
169	75 "	85 "
198	45 "	51 "
146	45 "	54 "
204	75 "	87 "

Nota: "Lectura en Analizador" indica como se cargarán los transformadores al final del período del proyecto.

Flujo máximo del poste # 204 al 206 con 52,7 KVA

Máxima caída de tensión en los postes # 209 con el 3,4% y en el # 108 con el 3,0%.

Malla # 4

Carga total para cables : 349,3 KVA

Transformadores a instalarse:

1 de 75 KVA

5 de 45 KVA

Carga en transformadores = 300 KVA que corresponden al 87 % de la total para cables.

TRANSFORMADORES

Ubicación en

POSTE #	Capacidad	Lectura en Analizador
252	45 KVA	52 KVA
293	45 KVA	45 KVA
258	45 KVA	51 KVA

Ubicación en:

Poste #	Capacidad	Lectura en Analizador
215	75 KVA	86 KVA
181	45 "	53 "
175	45 "	54 "

Caída máxima de tensión en el poste # 210 con 3,1%

Malla # 5

Carga total para cables = 320,8 KVA

Transformadores a instalarse : 2 de 75 KVA.- 2 de 45 KVA 1 de 30 KVA  
cuya suma dá 270 KVA correspondientes al 85% de la carga total para  
cables.

#### TRANSFORMADORES

Ubicación en :

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
243	75 KVA	84 KVA
284	45 KVA	51 KVA
248	75 KVA	88 KVA
279	45 KVA	53 KVA
290	30 KVA	34 KVA

Nota : La zona estudiada ha sido dividida en mallas que tiene cargas  
que varían entre 300 y 400 KVA como previsión a fallas que pueden  
ocurrirse y evitar que una gran extensión se quede sin servicio.

#### 6.- 1b ZONA COMERCIAL DE SEGUNDA CATEGORIA

Ubicada en el sector donde se acentarán futuros mercados, instala-  
ciones del Ferrocarril, bodegas, talleres, etc; construcciones nuevas que

necesitarán buen abastecimiento de energía eléctrica.

Está limitada por las carreras Bolívar y Velasco; la vía férrea que conduce a la ciudad de Quito y una carretera que aún no tiene nombre y que en los diagramas la asignaremos con las letras X-X.

Para el diseño y cálculo se ha procedido como anteriormente, es decir analizando manzanas de máxima, media y mínima carga. Hecho esto se ha encontrado que las demandas diversificadas oscilan entre 1,8 y 2,0 KVA/lote como se indica en el Plano # 10.

Como etapa final se llega a la elección de calibres de conductores y capacidad de transformadores. Con la ayuda del Analizador de Redes se obtienen los siguientes resultados:

SECTOR COMERCIAL DE SEGUNDA CATEGORIA

MALLA # 1

Conductores a emplearse: # 2; # 3 ; # 4 ; # 5 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores

Transformadores necesarios

1 de 75 KVA

4 de 45 KVA

1 de 30 KVA

Resultados obtenidos en el Analizador:

Caída máxima de tensión en los postes 60 y 49 con 3,2%



TRANSFORMADORES

LOCALIZADO EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P' -53	75 KVA	80 KVA
P' -20	45 KVA	49 KVA
P' -26	45 KVA	50 KVA
P' -31	45 KVA	50 KVA
P' -80	45 KVA	56 KVA
P' -1	30 KVA	34 KVA

Flujo máximo del poste P' -80, al P' -97 con 27 KVA

**MALLA # 2**

Conductor a emplearse : # 2 y # 3 AWG  
# 4 y # 5 AWG

Malla trifásica a cuatro conductores

Transformadores a usarse:

1 de 60 KVA

3 de 45 KVA

2 de 30 KVA

Resultados obtenidos en el Analizador:

Caídas máximas de tensión en los postes P' -67 y P' -39 con 3%

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P' -103	45 KVA	56 KVA
P' -73	30 KVA	33 "
P' -123	30 "	35 "

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P' -113	45 KVA	49 KVA
P' -119	60 "	65 "
P' -43	45 "	58 "

Flujo máximo entre los postes del P'-119 al P' -118 con 28 KVA  
Estos resultados se indican en el plano # 11.

6- 1c.- ZONA RESIDENCIAL DE PRIMERA.-

El sector tomado como residencial de Primera, es el ubicado al oeste de la ciudad; al momento no posee sino pocas edificaciones con frente a la "Avenida Mariano Acosta"; será el asiento de Urbanizaciones modernas, a las que habrá de dotarlas de todos los servicios indispensables y en las mejores condiciones se asignará 2,5 KVA/lote como demanda diversificada, valor empleado en las ciudades de Riobamba y Ambato para zonas similares.

El cálculo se realizará siguiendo el procedimiento conocido: la zona tendrá cinco mallas las que estudiadas en el "Analizador de Redes" dan los siguientes resultados:

ZONA RESIDENCIAL DE PRIMERA CATEGORIA

MALLA # 1

Carga total para cables 30<sup>+</sup>,9 KVA

Conductores a emplearse: # 2 y # 3 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores

Se emplearán:

6 transformadores de 30 KVA

2 transformadores de 45 KVA

Resultados obtenidos en el analizador:

Máxima caída de tensión en los postes P" 117 y P" 123 con 22 y 26%

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -150	30 KVA	35 KVA
P" -141	30 "	37 "
P" -126	45 "	53 "
P" -135	30 "	33 "
P" -119	30 "	37 "
P" -113	30 "	37 "
P" -105	45 "	56 "
P" -146	30 "	31 "

Flujos máximos:

Del poste P" -119 al P" -123 = 20.1 KVA

Del poste P" -113 al P" -117 = 20.2 KVA

MALLA # 2

Carga total para cables 303,0 KVA

Conductores a emplearse: #2 y # 3 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores se emplearán: 1 transformador de 60 KVA

4 transformadores de 30 KVA

2 transformadores de 45 KVA

Resultados que se obtienen en el analizador.

a) Máxima caída de tensión en el poste P" -42 con 3,0% = e

TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -95	30 KVA	31 KVA
P" -90	45 KVA	51 "
P" -79	30 "	36 "
P" -71	45 "	52 "
P" -66	30 "	37,5 "
P" -58	30 "	36 "

Flujo máximo del poste P" -49 al P" -48 = 29.2 KVA

MALLA # 3

Carga total: 224,3 KVA

Conductores a emplearse : # 2; # 3; # 4; y # 5 AWG.

Sistema trifásico a cuatro conductores:

Se emplearán:

1 transformadores de 60 KVA  
1 transformador de 45 KVA  
3 transformadores de 30 KVA

Resultados obtenidos en el Analizador:

a) Máxima caída de tensión en el poste P" -31 con 3,5 % = e

B) TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" - 33	60 KVA	66 KVA
P" - 22	45 "	55 "
P" - 15	30 "	36 "
P" - 9	30 "	32 "
P" - 5	30 "	32 "

Flujo máximo del poste P" -33 al P" -32 = 27 KVA

MALLA # 4

Carga total para conductores = 272,5 KVA

Conductores a emplearse : # 2 y # 3 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores:

Se emplearán:

1 transformador de 60 KVA  
3 transformadores de 45 KVA  
2 transformadores de 30 KVA

Resultados obtenidos en el Analizador:

A) Máxima caída de tensión en el poste P" -195 = 3,2%

b) TRANSFORMADORES

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -183	45 KVA	80 KVA
P" -170	45 "	52 "
P" -164	60 "	65 "
P" -190	45 "	52 "
P" -204	30 "	34 "
P" -156	30 "	33 "

Flujo máximo del poste P" -190 al P" -191 con 25,3 KVA

MALLA # 5

Carga total para cables: 263,9 KVA

Conductores a emplearse # 2 y # 3 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores.-

Se empleará:

- 1 transformador de 60 KVA
- 2 transformadores de 45 KVA
- 3 transformadores de 30 KVA

Resultados que se obtienen en el Analizador:

a) Caída máxima de tensión en el poste P" -240 con 3,0%

TRANSFORMADORES UBICADOS EN:

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -213	45 KVA	45 KVA
P" -222	60 "	65 "
P" -227	30 "	35 "
P" -243	30 "	33 "
P" -248	30 "	34 "
P" -233	45 "	46 "

Flujo máximo del poste P" -213 al P" -238 con 12,1 KVA

NOTA: Por la columna "Lectura del Analizador" se deduce que se apro-

vechará un 20% de la capacidad de sobrecarga de los transformadores  
Los resultados de la zona residencial de primera pueden verse en los  
planos 12 y 13.

6.- 1d.- ZONAS RESIDENCIALES DE SEGUNDA CATEGORIA

En la ciudad se determinan varias zonas residenciales de segunda cate-  
goría ubicadas tanto al Sur como al Norte y al Sur-oeste de la ciudad,  
tienen características similares razón por la cual las reunimos en un  
solo grupo.

Se estudiarán de acuerdo a la ubicación dentro de la ciudad y tendre-  
mos:

a) Residencial de segunda categoría localizada al occidente de la ciu-  
dad; circunda a la residencial de primera para su estudio se la divide  
en 3 mallas que tienen las siguientes características:

MALLA #1

Carga total para conductores 294,9 KVA  
Conductores a emplearse: # 2 y # 3 AWG  
Sistema trifásico a cuatro conductores:  
Se usará:

- 1 transformador de 60 KVA
- 2 transformadores de 45 KVA
- 4 transformadores de 30 KVA

a) Caída máxima de tensión en los postes P" -31 y P" -27 con el 3%

b) TRANSFORMADORES

LOCALIZADO EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -13	60 KVA	65 KVA
P" - 5	45 "	55 "
P" -59	30 "	40 "
P" -40	45 "	45 "
P" -46	30 "	33 "

LOCALIZADO EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -20	30 KVA	34 KVA
P" -56	30 KVA	32 KVA

Flujo Máximo del poste P" -56 al P" -23 con 28 KVA

MALLA # 2

Carga total para conductores = 303,9 KVA

Se emplearán conductores # 2 y # 3 AWG

El sistema será trifásico a cuatro conductores en el mismo que se usarán:

3 transformadores de 45 KVA

4 transformadores de 30 KVA

Resultados que se obtienen en el Analizador:

a) Máxima caída de tensión : en los postes P" -86 y P" -93 con 3%

b) TRANSFORMADORES

LOCALIZADO EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -96	45 KVA	53 KVA
P" -97	45 "	56 "
P" -117	45 "	52 "
P" -77	30 "	32 "
P" -73	30 "	35 "
P" -107	30 "	35 "
P" -100	30 "	34 "

Flujo máximo del poste # P" -117 al P" -82 con 15 KVA

MALLA # 3

Carga total = 343,9 KVA

Conductores que se emplearán : # 2 y # 3 AWG

Sistema a cuatro conductores.

Se emplearán:           1 transformador de 60 KVA  
                          2 transformadores de 45 KVA  
                          5 transformadores de 30 KVA

Se obtienen los siguientes resultados:

- a) Máxima caída de tensión en el poste P''' -143 con 3%
- b) Transformadores.

<u>Localizados en poste #</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Eectura en Analizador</u>
P''' -131	30 KVA	31 KVA
P''' -155	30 KVA	34 KVA
P''' -150	45 KVA	56 KVA
P''' -144	60 KVA	68 KVA
P''' +173	45 KVA	50 KVA
P''' -168	30 KVA	35 KVA
P''' -161	30 KVA	37 KVA
P''' -121	30 KVA	30 KVA

Flujo máximo del poste P''' -144 al P''' -145 con 20 KVA

La ubicación de posteria, asignación y concentración de carga en los nudos se indica en el plano # 14; la localización de transformadores conductores a emplearse y disposiciones eléctricas necesarias en el # 15

6.- 1d' ZONA RESIDENCIAL DE SEGUNDA CATEGORIA (Sección nor-oeste)

MALLA # 4

Carga total para conductores = 213 KVA

Se usarán conductores # 2, # 3, # 4, y # 5 AWG

En ésta malla se encontrarán : 2 transformadores de 45 KVA

3 transformadores de 30 KVA

La disposición será trifásica a cuatro conductores y los resultados obtenidos en el Analizador son los siguientes:



a) Caída máxima de tensión en el poste P'' -220 con e = 3,2%

b) TRANSFORMADORES

UBICACION

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P'' -241	30 KVA	37,5 KVA
P'' -231	45 KVA	55 KVA
P'' -190	45 KVA	51 KVA
P'' -227	30 KVA	31 KVA
P'' -188	30 KVA	37 KVA

Flujo máximo del poste P'' -231 al P'' -223 con 26 KVA

MALLA # 5

Carga total para cables = 289,9 KVA

Se podrán emplear conductores # 2, # 3, # 4, # y # 5 AWG cobre.

Sistema trifásico a cuatro conductores en el que se emplearán:

2 transformadores de 75 KVA

1 transformador de 45 KVA

2 transformadores de 30 KVA

O sea el 86% de la carga total para cables.

Resultados obtenidos en el Analizador

a) Caída máxima de tensión en el poste P'' -292 con un valor de 3%

b) TRANSFORMADORES

LOCALIZACION

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P'' -288	75 KVA	92 KVA

**LOCALIZACION**

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -299	75 KVA	74 KVA
P" -254	45 KVA	52 KVA
P" -246	30 KVA	35 KVA
P" -266	30 KVA	37 KVA

Flujo máximo del poste P" -288 al P" -289 con 26 KVA

La asignación y concentración de cargas se indican en el plano # 16; la localización y capacidad de transformadores, calibres de conductores, etc en el # 17.

6- 1d"

RESIDENCIAL DE SEGUNDA CATEGORIA

SECCION SUR → ESTE

MALLA # 6

Carga total para cables = 323,1 KVA

Se emplearán conductores de cobre # 2; # 3; # 4; # 5 AWG

El sistema es trifásico a cuatro conductores, se usarán:

4 transformadores de 45 KVA

3 transformadores de 30 KVA

Resultados obtenidos en el analizador:

a) Máxima caída de tensión en los postes P" -344 con 3,5% y en el P" -334 con 3%

b) TRANSFORMADORES

**LOCALIZACION**

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -340	45 KVA	56 KVA

LOCALIZACION

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -352	45 KVA	56 KVA
P" -339	45 KVA	55 KVA
P" -313	30 KVA	32 KVA
P" -330	45 KVA	50 KVA
P" -364	30 KVA	32 KVA
P" -380	30 KVA	32 KVA

Flujo máximo desde el poste P" -339 al P" -338 con 20 KVA

MALLA # 7

Carga total para cables : 234 KVA

Los conductores que pueden usarse son: # 2, # 3, # 4, y # 5 AWG de cobre.

Sistema trifásico con cuatro conductores se usarán:

1 transformador de 60 KVA

3 transformadores de 45 KVA

Los resultados obtenidos en el analizador son los siguientes:

1) Caída máxima de tensión en el poste P" -487 con 3,2 %

2) TRANSFORMADORES

LOCALIZACION

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P" -516	45 KVA	56 KVA
P" -439	45 KVA	49 KVA
P" -524	60 KVA	70 KVA
P" -492	45 KVA	56 KVA

El flujo máximo del poste P<sup>no</sup> -524 al P<sup>no</sup> -527 con 25 KVA

MALLA # 8

Carga total para cables = 279,9

Conductores que pueden emplearse # 2, # 3 AWG

El sistema trifásico a cuatro conductores, se usarán:

3 transformadores de 45 KVA

3 transformadores de 30 KVA

Resultados obtenidos:

- 1) Máxima caída de tensión en los postes P<sup>no</sup> -477 y P<sup>no</sup> -485 con 3,2 %

2) TRANSFORMADORES

UBICACION

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA	EN	ANALIZADOR
P <sup>no</sup> -474	45 KVA		55	KVA
P <sup>no</sup> -482	45 KVA		56	KVA
P <sup>no</sup> -457	45 KVA		56	KVA
P <sup>no</sup> -447	30 KVA		37	KVA
P <sup>no</sup> -451	30 KVA		36	KVA
P <sup>no</sup> -432	30 KVA		37	KVA

Flujos máximos:

Del poste P<sup>no</sup> -457 al P<sup>no</sup> -460 con 17,2 KVA

Del poste P<sup>no</sup> -474 al P<sup>no</sup> -477 con 17,2 KVA

Además de las mallas estudiadas en este sector (Sur-este) hubo necesidad de diseñar y calcular un circuito radial por la disposición de las calles.

El circuito en mención tiene una carga de 272,5 KVA (circuito # 9)  
Se emplearán conductores #2; # 3; # 4; y # 5 de cobre semiduro esti-  
rado en frío; circuito trifásico en el que se emplearán :

1 transformador de 60 KVA

4 transformadores de 45 KVA

A este circuito como a los mallados se les ha sometido al analizador  
de redes y además se le a comprobado ahaliticamente.

Los resultados que se obtienen en el analizador son los siguientes:

1) Caída máxima de tensión en el poste P'' -384 con el 3,5%

2) Transformadores:

UBICADOS EN

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
P'' -406	60 KVA	65 KVA
P'' -424	45 KVA	56 KVA
P'' -399	45 KVA	50 KVA
P'' -418	45 KVA	53 KVA
P'' -390	45 KVA	52 KVA

Flujo máximo del Poste P'' -418 al P'' -417 con 20 KVA

En esta zona la carga diversificada por lote varía de 1,8 a 2,1 KVA

La asignación y concentración de cargas se indican en el plano # 18  
y las disposiciones finales en el # 19.

#### 6.- 1e ZONA RESIDENCIAL DE TERCERA CATEGORIA

Los sectores que se les ha tomado como de tercera categoría, están  
en la periferia de la ciudad; son edificaciones de 3 o 4 viviendas en

las que no hay un aumento de carga por las costumbres de sus moradores.

Existen tres sectores bien determinados: el primero y segundo al Norte y Este de la ciudad es decir, en la parte antigua de Ibarra y el tercero al Sur colindando con la parroquia de Saranqui. Por estar bastante alejadas del centro no se prestan para la construcción de Urbanizaciones Modernas, razón por la que se les clasifica como de tercera categoría.

El cálculo arroja las siguientes conclusiones:

SECTOR SUR

MALLA #1

Carga total: 279,8 KVA

Conductores a emplearse : # 2; # 3; # 4 y # 5 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores.

Se usarán : 3 transformadores de 45 KVA

3 transformadores de 30 KVA

los que sumando sus capacidades dan 225 KVA o sea el 81% de la carga total para cables.

Los resultados que se obtienen en el analizador son:

a) Caída máxima de tensión en el poste Po-23 con 3,2%.

b) Transformadores

UBICADOS EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -105	30 KVA	35 KVA
Po - 4	30 KVA	37 KVA

UBICADOS EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -18	30 KVA	38 KVA
Po -12	45 KVA	56 KVA
Po -102	45 KVA	52 KVA
Po -85	45 KVA	56 KVA

Flujo máximo del poste Po -102 al Po -94 con 21 KVA

MAILLA # 2

Carga total para cables : 324,5 KVA.- Conductores # 2 y # 3 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores en el que se emplearán:

- 1 transformador de 75 KVA
- 1 transformador de 60 KVA
- 1 transformador de 45 KVA
- 4 transformadores de 30 KVA

Los resultados que se obtienen en el Analizador son los siguientes:

1 ) Caídas de tensión máximas en los postes Po -99 y Po -29 con el 3%

2) Transformadores:

Ubicación en:

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -1	75 KVA	76 KVA
Po -123	30 KVA	34 KVA
Po -69	45 KVA	53 KVA
Po -63	30 KVA	31 KVA
Po -53	30 KVA	32 KVA
Po -39	30 KVA	36 KVA
Po -31	60 KVA	70 KVA

Flujo máximo del poste Po -26 al Po -29 con 18 KVA

SECTOR NORTE

MALLA # 3

Carga total para cables: 335,9 KVA; se emplearán conductores # 2; # 3; # 4 y # 5.

Sistema trifásico a cuatro conductores se dispondrá; de:

2 transformadores de 75 KVA

3 transformadores de 45 KVA

Los resultados obtenidos en el Analizador de redes son los siguientes:

1) Máxima caída de tensión en los postes Po -194 y Po -146 con 3,5% de caída.

2) Transformadores:

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -181	75 KVA	90 KVA
Po -147	75 KVA	88 KVA
Po -158	45 KVA	50 KVA
Po -204	45 KVA	55 KVA
Po -175	45 KVA	48 KVA

Flujo máximo del poste Po -141 al Po -142 con 34,9 KVA (ver planos # 20 y # 21)

SECTOR ESTE

MALLA # 4

Carga total para cables 203,0 KVA

Conductores a emplearse : # 2; # 3; # 4; # 5 de cobre.

Sistema trifásico a cuatro conductores en el que se emplearán:



- 1 transformador de 75 KVA
- 3 transformadores de 45 KVA
- 2 transformadores de 30 KVA

Cuya suma es de 270 KVA que corresponden al 80% de la carga total para cables.

Los resultados que se obtienen en el analizador son :

- a) Caída máxima de tensión en los postes Po -374 y Po -386 con el 3%
- b) TRANSFORMADORES

UBICADOS EN POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -392	45 KVA	54 KVA
Po -379	45 KVA	50 KVA
Po -362	45 KVA	52 KVA
Po -415	30 KVA	35 KVA
Po -367	30 KVA	35 KVA
Po -403	75 KVA	79 KVA

Flujo máximo del poste Po -381 al Po -380 con 18 KVA

MALLA # 5

Carga total para cables: 330,2 KVA

Conductores a emplearse : # 2; # 3; # 4 y # 5 AWG cobre estirado en frío.

Sistema trifásico a cuatro conductores en el que se emplearán:

- 1 transformador de 75 KVA
- 2 transformadores de 45 KVA
- 4 transformadores de 30 KVA

Dando un total de 285 KVA que corresponden al 86 % de la carga total

para cables.

Resultados que se obtienen en el analizador:

1) Máxima caída de tensión en el poste Po -317

2) Transformadores

Ubicados en

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po - 303	30 KVA	37 KVA
Po -310	30 KVA	34 KVA
Po -332	30 KVA	35 KVA
Po -315	30 KVA	36 KVA
Po -325	45 KVA	56 KVA
Po -330	45 KVA	53 KVA
Po -339	75 KVA	79 KVA

Flujo máximo del poste Po -339 al Po -334 con 16 MVA

MALLA # 6

Carga total para cables: 295 KVA

Conductores a emplearse # 2; # 3; # 4; y # 5 AWG

Sistema trifásico a cuatro conductores en el que se usará:

4 transformadores de 45 KVA

2 transformadores de 30 KVA

Resultados obtenidos en el Analizador:

1) Poste Po -289 con 3% de máxima caída de tensión = e

2) Transformadores.

LOCALIZACION POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZAD/
Po -269	45 KVA	56 KVA
Po -283	45 KVA	53 KVA
Po -286	30 KVA	35 KVA
Po -250	45 KVA	55 KVA
Po -240	30 KVA	36 KVA
Po -291	45 KVA	51 KVA

Flujo máximo del poste Po -286 al Po -296 con 14,5 KVA

MALLA # 7

Carga total para cables: 242,5 KVA

Conductores a emplearse: Números: 2-3-4 y 5 AWG

Se emplearán:

4 transformadores de 45 KVA

1 transformador de 30 KVA

Resultados que se obtienen en el analizador:

a) Caída máxima de tensión en los postes Po -221 y Po -238 con el 3%

b) Transformadores

Ubicados en

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -211	30 KVA	36 KVA
Po -231	45 KVA	54 KVA
Po -234	45 KVA	51 KVA
Po -218	45 KVA	47 KVA
†Po -427	45 KVA	53 KVA

Flujo máximo del poste Po -218 al Po -215 con 21 KVA (Ver en planos 22 y 23)

Además de la mallas estudiadas, se calculan dos circuitos radiales que ha sido necesario emplearlos por la disposición de las calles a los que después de haberlos sometido al analizador de redes se les ha comprobado analíticamente.

Los circuitos en mención son:

CIRCUITO # 1

Carga total para cables: 249 KVA

Se emplearán conductores de cobre # 2 y # 3 AWG

El circuito será trifásico a cuatro conductores en el que se empleará

4 transformadores de 45 KVA

1 transformador de 30 KVA

Resultados que se obtienen en el analizador

1) Caída máxima de tensión en el poste Po -460 con 3%

2) Transformadores

Ubicados en:

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -433	45 KVA	57 KVA
Po -427	45 KVA	45 KVA
Po -450	45 KVA	57 KVA
Po -430	45 KVA	61 KVA
Po -453	30 KVA	37 KVA

Flujo máximo que recorre del poste Po -427 al Po -426 con 15,2 KVA

CIRCUITO # 2

Carga total para cables 218,7 KVA

Conductores a emplearse: # 2 y # 3 AWG.- Circuito trifásico a cuatro conductores.

Se emplearán:

- 1 transformador de 60 KVA
- 2 transformadores de 45 KVA
- 1 transformador de 30 KVA

Llevando al analizador de redes se obtienen los siguientes resultados:

- 1) Caída máxima de tensión en los postes Po -499 y Po -488 con el 3%
- 2) Transformadores

Localizados en :

POSTE #	CAPACIDAD	LECTURA EN ANALIZADOR
Po -476	30 KVA	37 KVA
Po -485	45 KVA	56 KVA
Po -468	60 KVA	74 KVA
Po -496	45 KVA	56 KVA

Los resultados del estudio de ésta malla se encuentran en los diagramas # 24 y # 25

ZONA RESIDENCIAL DE CUARTA CATEGORIA O

" VIVIENDA POPULAR "

6 - 1f

La zona de vivienda popular comprende los sectores periféricos de la ciudad que se encuentran localizados tanto al sur-este como al nor-este. Son asiento de viviendas de gente de escasos recursos económicos, la energía la convierten unicamente en servicios de alumbrado y por las condiciones peculiares de sus habitantes no tienen

un crecimiento de demanda acentuado, pues únicamente la demanda se encuentra en nuevas construcciones.

El servicio se efectuará por medio de circuitos monofásicos a tres conductores ya que no sería una buena inversión instalar servicio trifásico con cuatro. Para un servicio de esta naturaleza se hace necesario instalar transformadores cuyas capacidades varían entre 10 y 20 KVA.

La tensión de distribución secundaria será de 120/240 voltios, tratando de equilibrar la carga entre los dos conductores activos y el neutro.

#### CONDUCTORES

Por recomendaciones económicas de algunos autores deben emplearse en este tipo de distribución conductores de 20 a 35 ~~mm~~<sup>2</sup> de sección.

#### CALCULO

Se buscará en primer lugar los KVA-Metros que cada conductor ofrece para una determinada caída de tensión.

De acuerdo a lo indicado se buscará los KVA-Metros de los conductores # 2; # 3; y # 4 que están comprendidos entre los 20 a 35 ~~mm~~<sup>2</sup>.

Para ampliación se buscará también del # 6 AWG.

El espaciamiento será de 8" aunque es necesario indicar que esta separación corresponde a conductores aislados, pero por experiencias obtenidas en el país, especialmente en Quito y por el ambiente seco de la ciudad del proyecto, se podrá instalar sin recelo el conductor desnudo.

CONDUCTOR # 2 AWG DE COBRE DURO CABLEADO DE 97,3% DE CONDUCTIVIDAD

Resistencia :  $R_a = 0.5990 \text{ } \Omega/\text{Kmt.}$

Reactancia =  $X = x_a + x_d = 0.3567 - 0.0305 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$

$$X = 0.3262 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$$

En este sector la caída de tensión será de 4%. Se usará un factor de potencia del 0,9 ya que la energía solamente se convertirá en alumbrado. Por tanto:

$$e = \frac{240 \times 4}{100} = 9,6 \text{ Voltios} = \text{caída de tensión:}$$

$$\cos \rho : 0,90$$

$$\text{sen } \rho : 0,438$$

$$z = R \cos \rho + X \text{ sen } \rho$$

$$z = 0.5990 \times 0.9 + 0.3262 \approx 0.438$$

$$z = 0.6819 \text{ } \Omega/\text{Kmts.}$$

KVA-Metros

Para este cálculo se supone que en cada poste existen 4 acometidas o un número tal que a 120 voltios, equilibren la carga de los conductores activos y por tanto no haya corriente por el neutro.

La caída se calculará entonces tomando como voltaje 240 aunque las acometidas sean de 120.

La corriente que habría por cada KVA será:

$$I = \frac{\text{KVA}}{240} \times 10^3 = \frac{1.000}{240} = 4,16$$

4,16 amperios /KVA

La caída de tensión :

$$V = 2 \times I \times Z \times L$$

$$V = 2 \times 4.16 \times KVA \times Z \times L$$

$$= 2 \times 4.16 \times KVA \times 0.6819 \times 10^{-3}$$

$$= 5.67 \times 10^{-3}$$

Para el 4% de caída de tensión o sea 9,6 voltios

$$KVA \text{ -Metros} = \frac{9,6 \times 10^3}{5,67} = 1.693$$

Conductor # 2 AWG = 1.693 KVA)- METROS  
Conductor # 4

$$R_a = 0.9507 \text{ } \Omega/\text{Kmts}$$

$$X = x_a + x_d = 0.3741 - 0.0305 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$$

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi = 1,005 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$$

$$\cos \phi = 0.9 \quad \sin \phi = 0.436$$

Separación entre conductores = 8"

$$V = 2 \times I \times 2 \times KVA = 2 \times 4.16 \times 1.005 \times 10^{-3}$$
$$= 8.96 \times 10^{-3}$$

$$KVA \text{ - Metros} \frac{9,6 \times 10^3}{8,96} = 1.148$$

Conductor de cobre duro cableado de 97.3 % de conductibilidad = 1.148

KVA -Metros.

CONDUCTOR # 6

$$R_a = 1.5162 \text{ } \Omega/\text{Kmts.}$$

$$X = x_a + x_d = 0.3915 - 0.0305 \text{ } \Omega/\text{Kmts.}$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$\sin \phi = 0.436$$

'Separación entre conductores = 8"



$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi$$

$$Z = 1,3645 + 0,1573 = 1,5218 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$$

$$V = 2 \times L \times Z \times \text{KVA} \times L = 12,64 \times \text{KVA} \times 10^{-3}$$

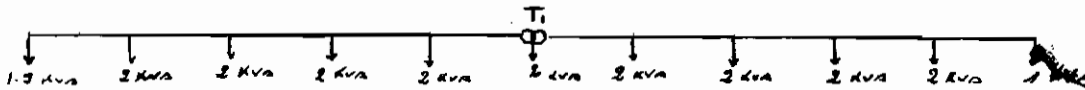
Para el 4% de caída de tensión :  $\text{KVA-Metros} = \frac{9,6 \times 10^3}{12,64} = 759 \text{ KVA-Mts}$

Una vez conocidos los KVA-Metros para los posibles conductores que pueden usarse, se procede al cálculo de los circuitos.

a) Sector de "Vivienda Popular" Situada al Nor-este de la ciudad

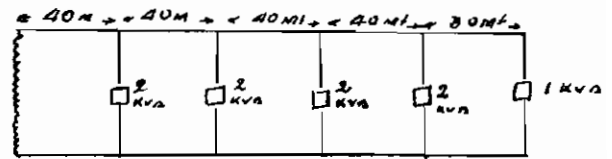
Será monofásico a 3 conductores: el sistema radial.- El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Para el transformador # 1 .- (lado derecho)



KVA -METROS

2 KVA x 40 metros	⊕	80 KVA-Metros
2 " x 80 "	"	= 160 KVA-Metros
2 " x 120 "	"	= 240 KVA-Metros
2 " x 160 "	"	= 320 KVA-Metros
1 " x 190 "	"	= <u>190 KVA-Metros</u>



Total = 990 KVA-Metros

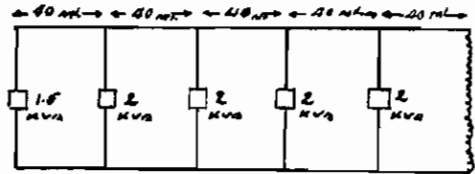
Conductor a usarse: # 4 MWG que para una caída de tensión del 4% tiene una capacidad de conducción de 1.148 KVA-Metros.

Izquierda del transformador:

2 KVA x 40 metros = 80 KVA-Metros

Izquierda del transformador:

2	KVA	x	80 metros	=	160 KVA-Metros
2	"	x	120 "	=	240 " "
2	"	x	160 "	=	320 " "
1,5	"	x	200 "	=	300 " "



Total = 1,100 KVA-Metros

Conductor a emplearse: # 4 AWG

Capacidad de conducción  $\pm$  1.148 metros

Los KVA-Metros necesarios para alimentar la carga de este transformador están por debajo de la capacidad de conducción del conductor empleado.

Capacidad del transformador:

Carga a la derecha: 9 KVA

Carga a la izquierda: 9,5 KVA

Acometida en el transformador: 2 KVA

Para aprovechar el 20% de sobrecarga admisible en los transformadores deberíamos emplear uno de 16,4 KVA; pero al no fabricarse de esta capacidad, se usará uno de 25 KVA que es el inmediato superior.

Los planos respectivos se encuentran numerados con # 28 y # 29.

El método de los KVA-Metros empleado ha servido para el cálculo de todos y cada uno de los transformadores de este sector lo mismo que para los del norte y sur-oeste de la ciudad dentro de ésta clasificación

Los planos para el sector sur-este se encuentran numerados con # 26 y # 27.

En el plano # 35 se encuentra la ciudad dividida en zonas de acuerdo

a las clasificaciones estudiadas. Es decir Zonas: Comercial, Residencial.

6-1g

### SECTOR INDUSTRIAL

Al iniciar el estudio de este capítulo se indicó que no se proyectaba zona industrial ya que al presente no existen sino pequeñas industrias diseminadas dentro del perímetro urbano; son industrias de madera, cuero y licores que dan un total de 33 abonados.

Si se considera la situación privilegiada que tiene la ciudad y sus perspectivas industriales se puede esperar un porvenir brillante ya que tiene a mano materia prima en abundancia. La zona de San Lorenzo será la proveedora de maderas de diferentes calidades para la industria maderera; los Ingenios instalados y que están en plena producción serían los proveedores de materia prima para industrias de confites, dulces; los valles del Chota serían los proveedores de frutas para industrias de fruta en conserva, etc.

La Empresa Eléctrica suministradora de energía debería promover una campaña para que en el menor tiempo se instalen estas industrias ya que con ello mejorarían el factor de carga y por ende tendrían un mejor rendimiento de sus instalaciones eléctricas.

De hacerse realidad estas perspectivas la Zona aconsejada sería la Sur, ya que estaría alejada relativamente del centro de la Urbe y tendría espacio suficiente para desalojar los productos de desecho.

Para el cálculo eléctrico se toman como base 100 KVA de carga industrial instalada y suponiendo un crecimiento de demanda del 6% (ma-

yor que el que se aplica en ciudades como Biobamba y Ambato), al final del período del proyecto se contaría con 430 KW de carga instalada y si se tiene un factor de demanda del 70%, 301 KW que pueden ser abastecidos por un ramal que se derivaría de la barra occidental.

6- 2.-

RED DE ALTA TENSION

6- 2a.- CALCULO DEL CONDUCTOR

Las líneas de baja tensión se dimensionan de acuerdo a la caída de tensión admisible ya que se exige que en el consumidor por consideraciones a lámparas o motores, exista una caída de tensión lo más constante posible independiente de la carga de la red.

Las de alta tensión en cambio, de acuerdo al calentamiento de conductores o a consideraciones económicas.

Si en un principio no se tiene en cuenta la caída de voltaje, las siguientes reflacciones servirán de base para determinar la sección.

- a) Si las líneas se construyen con conductores de pequeña sección, resultarán baratas y el costo anual de intereses y amortizaciones del capital de instalación será pequeño; en cambio las pérdidas de energía por resistencia de conductores serán elevadas, además la central generadora debe construirse de mayor capacidad en correspondencia de las pérdidas; lo que trae consigo mayores gastos.
- b) Si la línea se construye con gran sección los costos por renta del capital, amortizaciones y otras cargas financieras se hacen grandes, pero el costo de pérdidas así como el capital necesario para el aumento de capacidad en la central generadora, resultarán pequeños.

En las líneas de media y alta tensión, el cálculo de caídas de tensión no tiene sino carácter comprobatorio ya que se puede regular el voltaje a la salida de la subestación o fuente de energía y mejorar las condiciones de distribución. Por consiguiente la elección debe hacerse buscando la relación óptima entre las inversiones y pérdidas de energía y para determinar una relación óptima entre éstas y las inversiones necesarias, hay que determinarlas previamente.

Si  $\Delta p$  representan las pérdidas de potencia

$$\Delta p = P_s - P_r$$

$P_s$  = Potencia de salida

$P_r$  = Potencia de recepción

$$\text{El rendimiento será: } \eta = P_r / P_s = \frac{P_r}{P_r + \Delta p}$$

Las pérdidas de energía serán:

$$\Delta p h = (P_s - P_r) h = I^2 R H \quad (\text{KWH})$$

$I$  = Corriente efectiva máxima en cada conductor.

$R$  = Resistencia total de los conductores.

$H$  = Número de horas (Horas equivalentes)

Las horas equivalentes deben tomarse de acuerdo al factor de carga.

Se hace necesario aclarar que las pérdidas anuales son proporcionales a la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de la intensidad de corriente y no al promedio de la intensidad o de carga, de modo que depende de la forma de la curva de carga, la misma que no queda determina-

da con precisión por el factor de carga.

En el presente caso y por tratarse de una red para una ciudad donde no existe industria pesada, la curva de carga se asemejará a la de cualquier ciudad de mediana categoría, como la que se indica a continuación en la que, la demanda de potencia  $P$  en KW en el curso de las

24 horas es muy irregular; por ejemplo

en un día de invierno, desde las 6 a

las 18 la potencia es pequeña, mientras

que al anochecer se hace muy grande durante corto tiempo. Las centrales sin

embargo se han de proyectar para la po-

tencia de punta a pesar de que la can-

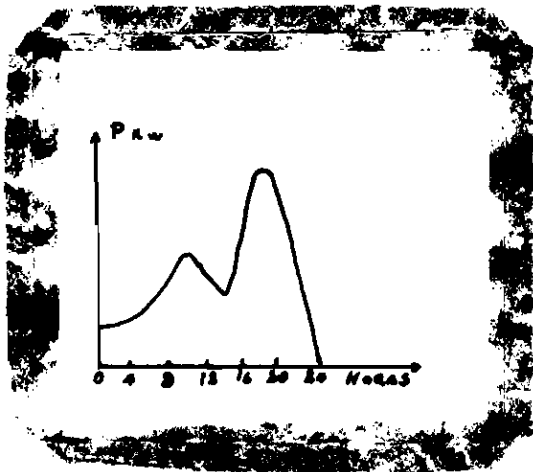
tidad de energía producida diariamente

en KWH es moderada.

Para el proyecto se tomará un factor de carga del 38% que tiene una curva de esta naturaleza.

Para la determinación de secciones y las pérdidas que pueden producirse en funcionamiento, existen fórmulas originarias de Europa y EE.UU. que se han deducido del estudio del costo y características de un gran número de líneas existentes en dichos países donde se cuenta con grandes potencias y elevados voltajes.

Si consideramos que la potencia, distancia e importancia de la línea de alta de nuestro proyecto son muy diferentes a las que tienen las empleadas para la derivación de las fórmulas, es lógico que al aplicarlas nos darán resultados alejados de la realidad.



Lo conveniente para este caso será buscar el conductor por métodos de tanteo, es decir elaborar presupuestos de instalación con diferentes calibres, compararlos y elegir el que menos cargas financieras demande. Este corresponderá al conductor más económico y consecuentemente el recomendado para el empleo.

En esta ocasión se estudiarán presupuestos con conductores # 2; # 1; # 1/0; # 2/0; # 3/0 6 # 4/0 AWG tomando en cuenta: Intereses de capitales a invertirse, porcentaje de depreciación de los equipos, y KWH perdidos anualmente por resistencia de las líneas. (Se supondrá que el costo de postera, accesorios y montaje no tienen mayor influencia económica y por tanto pueden pasarse por alto)

El cálculo de presupuestos en la forma indicada demanda el conocimiento de:

#### 1.- INTERESES

Siendo la red de distribución una obra que demanda fuerte inversión debe realizarse por medio de financiación. Las empresas nacionales en la mayoría no cuentan con suficientes capitales para la realización de obras de esta naturaleza y por tanto tienen que recurrir al préstamo externo el que tiene generalmente un interés del 8%.

#### 2.- DEPRECIACION

Por razones expuestas anteriormente referentes a la calidad de servicio y a las condiciones en las que trabajaría, el tiempo de vida útil la fijaremos en 40 años para lo que se tiene una depreciación anual del 2,9%.

### 3.- PERDIDAS DE ENERGIA

Se obtienen por la aplicación de la fórmula práctica.

$$P = I^2 RH$$

En la que:

I = Corriente por conductor.

R = Resistencia de los conductores.

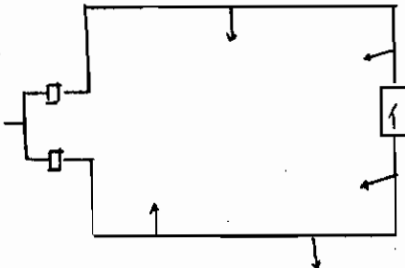
H = Horas de utilización.

El costo de pérdidas se obtienen multiplicando los KWH pérdidas en el año por el valor medio del KWH de instalación que suponemos es de 0,20

El costo de conductores depende del peso, se encontrará multiplicando el unitario (Kg/Kmt) por la longitud de la línea y esto por 22.000 que cuesta la tonelada de cobre puesta en el lugar de trabajo. (Dato tomado del " Anuario de Comercio Exterior" 1.965.- Ministerio de Finanzas)

### PRESUPUESTO

Se indicó que de red de alta tensión tendrá conformación anular con dos ramales que pueden interconectarse por medio de un interruptor en aceite.



De cada uno de estos, que, en adelante se denominan barras, saldrán alimentadores para los transformadores de distribución. Se estudiarán los presupuestos de cada barra a las que se ha tratado de darles carga igual.



Las características son:

Barra Sur:

Carga: 4.010 KVA

Longitud: 3.830 Mts.

Barra Norte:

Carga: 4.152

Longitud: 2.980 Mts.

En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos para los conductores analizados.

TABLA DE VALORES PARA LA SELECCION DEL CONDUCTOR

BARRA SUR

CONDUCTOR	SECCION	RESISTENCIA	CORRIENTE	PERDIDAS	PESO
<u>AWG</u>	<u>mm<sup>2</sup></u>	<u>/Kmt</u>	<u>Amperios</u>	<u>KWH</u>	<u>Kg/Kmt</u>
# 2	33,63	0,5990	169,8	341.953	299
# 1	42,48	0,4754	169,8	271.393	377
# 1/0	53,47	0,3772	169,8	215.333	476
# 2/0	67,43	0,2989	169,8	170.634	600
# 3/0	85,03	0,2374	169,8	135.525	756
# 4/0	107,22	0,1883	169,8	107.495	954

CONDUCTOR	PESO	COSTO	PERDIDAS	INTERESES	GASTO
	Total	Conduc.	Energía	Amortización	Totales
	Y			y Depreciac.	
# 2	3.480	76.560	63.390	13.398	81.788
# 1	4.388	96.536	54.278	16.893	71.171

CONDUCTOR	PESO	COSTO	PERDIDAS	INTERESES	GASTO
	Total	Conduc.	Energía	Amortización y Depreciac.	Totales
# 1/0	5.540	121.880	43.066	21.329	64.395
# 2/0	6.984	153.648	34.126	26.888	61.014
# 3/0	8.799	193.578	27.104	33.876	60.980
# 4/0	11.104	245.008	21.499	42.876	64.375

BARRA NORTE

CONDUCTOR	SECCION	RESISTENCIA	CORRIENTE	PERDIDAS	PESO	PESO	COSTO
	AWG	mm <sup>2</sup>	Kmt.	Amperios	KWH	Kg/Kmt	Total Cond.
# 2	33,63	0,5990	176	281.726	299	2.678	58.916
# 1	42,48	0,4754	176	223.801	377	3.370	74.140
# 1/0	53,47	0,3772	176	177.461	476	4.260	93.720
# 2/0	67,43	0,2989	176	140.600	600	5.360	117.920
# 3/0	85,03	0,2374	176	111.637	756	6.760	148.920
# 4/0	107,22	0,1883	176	88.467	954	8.510	187.220

G A S T O S

CONDUCTOR	PERDIDAS	INTERESES, DEPRECIACION	TOTAL
	ENERGIA	AMORTIZACION	GASTOS
# 2	56.345	10.310	66.655
# 1	44.760	12.974	57.734
# 1/0	35.492	16.401	51.893
# 2/0	28.120	20.636	48.756

CONDUCTOR	PERDIDAS	INTERESES, DEPRECIACION	TOTAL
AWG	ENERGIA	AMORTIZACION	GASTOS
# 3/0	22.326	26.026	48.352
# 4/0	17.693	32.763	50.726

El proceso de cálculo empleado se indica con un ejemplo:

Conductor # 2 AWG. Tensión 13,8 KV

BARRA SUR

$$I = \frac{3.208 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ KV} \times 0,8} = 169,8 \text{ Amperios}$$

$\cos \phi = 0,8$      $P = 4.010 \text{ KVA} = 3,208 \text{ KW}$

Pérdidas de Energía:

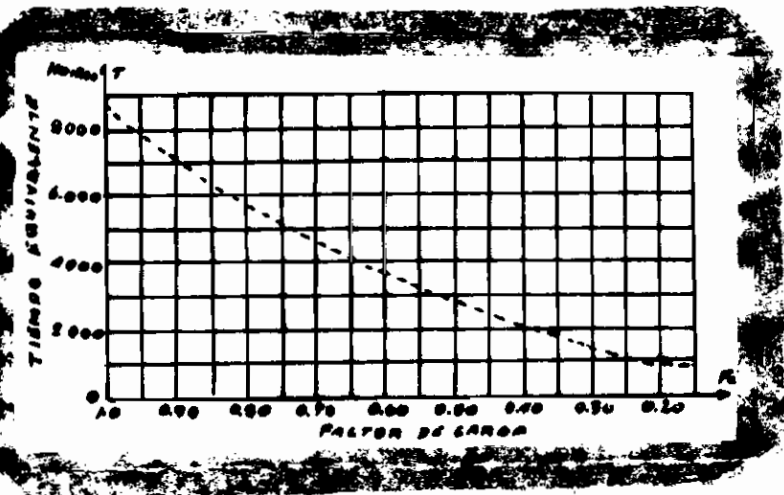
$$P = I^2 R h$$

I = Corriente máxima de cada conductor.

R = Resistencia total de los conductores.

h = Horas de utilización que para este caso corresponden a 1.700 según el ábaco que para el efecto trae "A Marcelic" y que se indica en la fig. adjunta; las horas corresponden a un factor de carga

de 0,38.- Con estos datos se tiene:  $P = 169,8^2 \times 0,5990 \times 3 \times 3,82 \times 1.700$  siendo: P = pérdidas de energía; R= 0,5990  $\Omega/\text{Kmt}$ ; 3 = tres conductores 3,82 = longitud en kilómetros de la línea.



1.700 = Horas de utilización.

Pérdidas = 341.953 KWH

Peso de conductores

$$Q = 299 \text{ Kg/Kmt} \times 3 \times 3,82 \text{ Kmts} = 3.480 \text{ Kg.}$$

Costo de conductor a razón de 22.000 la tonelada : 76.560

Gastos:

$$\text{Costo del KWh} = 0,20$$

$$\text{Pérdidas de Energía: } 341.953 \times 0,20 = 68.390$$

Las cargas financieras: Intereses, Amortizaciones, Depreciaciones, etc, suman 17,5% descompuestos así:

Intereses = 8%

Comisiones = 0,7%

Depreciación = 2,9%

Amortización = 5,9%

TOTAL = 17,5

Precio del conductor = 76.560.- Carga financiera del 17,5% =  
13.398.

GASTOS TOTALES = Carga Financiera + pérdidas de energía = 81.788

Analizando los valores de la tabla se observa que el conductor # 3/0 cumple con la condición de economía, razón por la cual se adopta para usarlo en las barras Norte y Sur, aunque por calentamiento bien podríamos usar el # 1/0 que tiene una capacidad de conducción de 310 Amperios

Una vez conocido el conductor a emplearse, se estudiarán los demás aspectos referentes al diseño eléctrico.

6.- 2b.- DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

La distancia entre conductores debe ser tal que no permita aproximaciones que den lugar a la formación de arcos; por tanto dependerá del voltaje y la flecha.

Con el voltaje la razón es directamente proporcional, es decir que a mayor tensión mayor distancia, aunque en ello se aumente el efecto inductivo de la línea, con la flecha la separación debe ser tal que no haya lugar a un acercamiento peligroso por balance producido por el viento que será mayor mientras más grande sea el vano.

En el proyecto, los postes para líneas de alta tensión son los mismos que soportarán las de baja, estarán a 40 metros de distancia por razones de acometida y alumbrado público. Por tanto en el cálculo de la separación entre conductores se tomará en cuenta solamente la tensión de servicio. Este se calculará con la fórmula:

$$d = 15,2 + 3,8 \text{ KV cmts.}$$

APLICANDO AL CASO:

$$d = 15,2 + 3,8 \times 13,8 = 68 \text{ cmts.}$$

6.- 2c.- CAIDA DE TENSION

Según formas aceptadas internacionalmente, la caída de tensión no debe sobrepasar del 5% de la nominal, es decir para este caso no deberíamos pasarnos de + 690 voltios.

C A L C U L O

La red de alta se compone practicamente de dos partes:

- a) Barras que circundan la ciudad y b) Alimentadores que parten de las barras.

Se empleará la fórmula :

$$e = ( R \cos \rho + x \operatorname{sen} \rho ) \pm i l$$

- a) BARRAS .- Se usa conductor # 3/0 AWG, cableado del 97% de conductividad.

#### CARACTERISTICAS

$R = 0.2374 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$        $Xa = 0,321 \text{ } \Omega/\text{Kmt}$        $Xd =$  para separación entre conductores de 2' 3" =  $0,0612 \text{ } \Omega/\text{kmt}$ .

$$e = (0.189 + 0.224) \pm i l = 0.431 \pm i l$$

#### CAIDAS DE TENSION

BARRA SUR:

$$e = (0,413) \times 307.099 \times 10^{-3} = 126.8 \text{ voltios más o menos}$$

el 1% de caída.

BARRA NORTE :

$$e = (0.413) \times 266.576 \times 10^{-3} = 110 \text{ voltios que es el}$$

0,8% de caída.

Los pequeños valores encontrados en las barras, dan un amplio margen para las caídas de los alimentadores en los que puede llegarse al 4%.

#### b) ALIMENTADORES

Se usarán conductores # 6 AWG cableados y del 97% de conductividad.

Con el procedimiento empleado en el cálculo anterior se concluye que el alimentador más cargado y largo hay solamente el 2,3% de caída de tensión.

Conductores a emplearse y su disposición se indican en los Planos # 30 y

# 31.

6.- 2a. A I S L A M I E N T O

El aislamiento de la línea depende en gran parte de su funcionamiento; en los aisladores, la tensión de contacto en seco debe ser de 3 a 5 veces la nominal, además deberán tener características mecánicas que permitan resistir condiciones muy adversas provocadas por descargas atmosféricas o roturas de conductores. Los aisladores se construyen de vidrio o porcelana de alta calidad con gran resistencia mecánica y buena aislación. Hay tipos para diferentes tensiones y condiciones de servicio, los que se escogen de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, sin embargo se puede indicar que para tensiones medias se usan preferentemente aisladores de soporte y retención en aquellos sitios en los que se requiere gran resistencia mecánica a la tracción.

Los tipos necesarios para el proyecto y sus características se indicarán en la lista de materiales y especificaciones.

6.- 2c.-

SISTEMAS DE PROTECCION

Por tratarse de una ciudad que necesitará de servicio continuo para la atención de hospitales y demás casas asistenciales, las protecciones que se emplearán estarán constituidas por: Seccionadores de Barra, Interruptores Reconectadores; en cada unidad de transformación, fusibles para alta y baja y Pararrayos tipo válvula.

La disposición de estos elementos se indican en el Plano # 31

6.- 3 ALUMBRADO PUBLICO

Las normas que deben cumplirse en todo sistema de alumbrado público son las siguientes:

- a) Iluminación uniforme.
- b) Buena difución para evitar sombras.
- c) Brillo reducido para evitar deslumbramientos.

Estos requisitos necesarios no se cumplen en la práctica, ya que, al ser parte de un sistema de explotación eléctrica, está sujeto a factores económicos.

Por otro lado al no ser alto el porcentaje de inversión que deba realizarse; las luces se elegirán, distribuirán y colocarán a tal altura y en tal forma que tanto las sombras como los reflejos y siluetas puedan ayudar a la visibilidad.

Los reflejos contribuyen a aumentar el brillo aparente de las calles que difunden espectacularmente la luz. Las sombras sirven para poder localizar pequeños obstáculos como piedras, hoyos, etc. La luz directa es necesario para reconocer las facciones de los transeúntes.

Es necesario por tanto evaluar convenientemente todos los aspectos mencionados para poder localizar las luminarias, dar valor adecuado al flujo luminoso y obtener una iluminación correcta.

Para la resolución de problemas de alumbrado es necesario recurrir a textos editados en países donde tienen gran experiencia en la materia.

Para el proyecto elegiremos las recomendaciones del Manual del Ing. Elec-



4.000 para las de descarga con vapor de mercurio

7.500 para las fluorescentes.

Se cataloga que las de descarga y las fluorescentes son las de mayor duración y su precio obliga su empleo.

Se emplearán las de mercurio de color corregido.

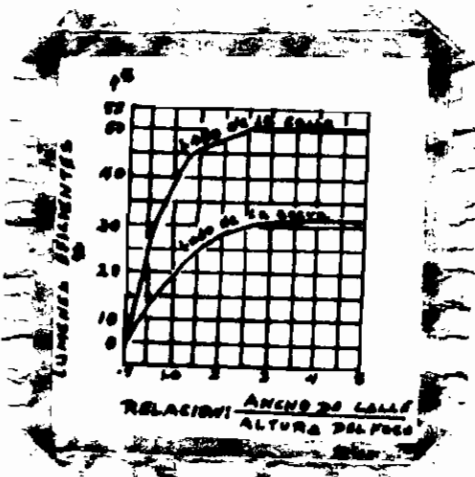
### 6- 3c.- C A L C U L O

El cálculo luminotécnico demanda el conocimiento del rendimiento de las fuentes de luz; el mismo que no es sino la relación entre los lúmenes eficientes y los lúmenes producidos.

$$\eta = \frac{\text{Lúmenes eficientes}}{\text{Lúmenes producidos}}$$

Para encontrar los lúmenes eficientes, es necesario relacionar el ancho de la calle con la altura de montaje.

Prácticamente esto se encuentra en curvas como la del Manual del Montador Electricista del Ingeniero Terrell Croft y que la reproducimos



a continuación. En esta, la relación del ancho de la calle a la altura de la luminaria está en el eje de las absisas y los lúmenes eficientes en el de las ordenadas.

La iluminación se encontrará con la siguiente fórmula.

$$\text{Lux} = \frac{\text{Lúmenes eficientes}}{\text{Espacio entre luminarias} \times \text{ancho de calle.}}$$

Para la calle más ancha que cuenta con 14 metros se tiene:

$$\text{Relación del ancho a la altura : } 12,5/7,5 = 1,66$$

El numerador de este quebrado (12,5) indica el ancho de la calle a partir de la fuente luminosa, la que está sobresalida de la acera 1,5 metros con un brazo que sostendrá la luminaria.

Para la relación 1,66 el porcentaje de lúmenes eficientes según el gráfico es de 46% para el lado de la calle.

En el lado de la acera:

$$\text{Relación ancho/altura} = 3,5/7,5 = 0,46$$

3,5 + 2 metros de la acera + 1,5 metros del brazo que soporta la luminaria.

Para 0,46 el porcentaje de lúmenes eficientes, según el gráfico es del 12%.

Conocidos los lúmenes eficientes se puede proceder al cálculo de la iluminación, para lo cual se elegirá entre los diferentes tipos de lámparas de vapor de mercurio la que pueda cumplir con la condición de dar una iluminación de 4 lux; con luminarias HPL y lámparas de 125 wátios que producen 5.000 lúmenes se tiene:

Espacio entre luminarias = 35 metros.- Ancho de la calle a partir del manantial de luz = 12,5 Mts. Altura de montaje = 7,5 Mts.

$$\text{Iluminación en el punto } \underline{A}. \text{ Lux} = \frac{5.000 \times 0,46}{35 \times 12,5} = 5,25$$

El valor resultante no es el real ya que se pierde un 20% en absorción de la luminaria; descenso del rendimiento luminoso durante la vida útil y deficiencias de conservación. Lo real será:  $5,25 \times 0,8 = 4,2 \text{ lux}$ .

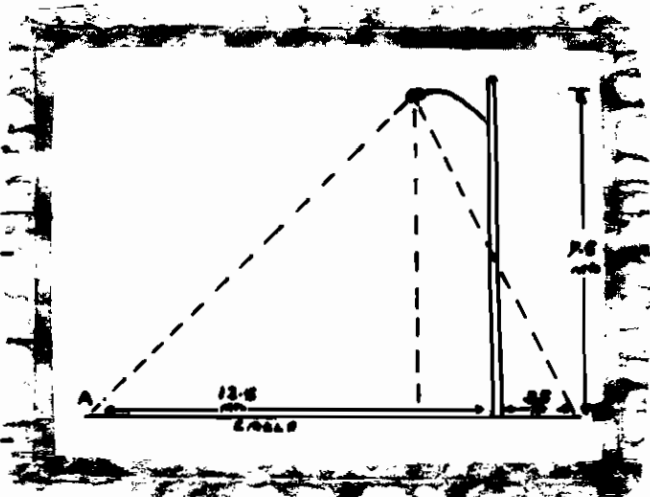
Iluminación en el Punto B.

Espacio entre luminarias = 35 Mts;

Ancho de acera = 3,5 Mts. Altura de montaje = 7,5 Mts.

$$\text{Lux} = \frac{5.000 \times 0,8 \times 0,12}{35 \times 3,5} = 3,91 \text{ Lux.}$$

Siendo: 5.000 el número de lúmenes emitidos por la luminaria. 0,8 el valor de lúmenes que se toman descontando el 20% de pérdidas por absorción, conservación, etc. 0,12 los lúmenes eficientes.



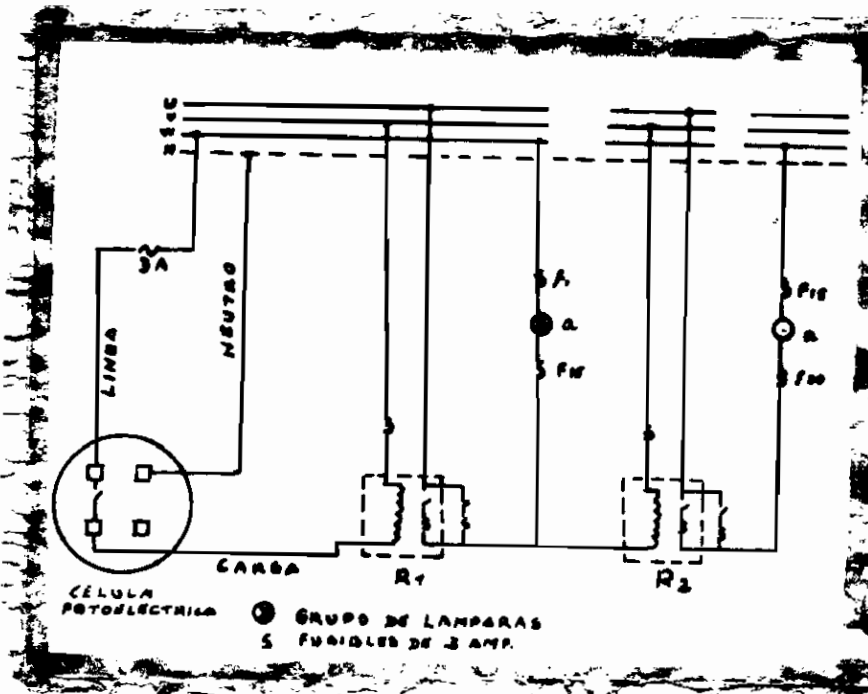
La lámpara que hemos escogido reúne las condiciones impuestas para el cálculo por lo que será necesario emplearlas.- (Luminarias HPL y lámparas de 125 watios Philips)

### DISEÑO DE CIRCUITOS Y CONTROL DE ALUMBRADO

Los circuitos para alumbrado serán de configuración radial y seguirán las rutas de cada alimentador primario. El control será mediante una célula fotoeléctrica que estará instalada en el comienzo de cada uno de ellos. Como razón para la adopción de esta disposición será la de tener en cuenta que en caso de falla en el sistema, no se debe afectar una zona extensa.

### DETALLE DEL CONTROL

El sistema más práctico y económico es el "Encendido en Cascada" cuyo diagrama eléctrico se indica a continuación.



El principio es el siguiente: El centro inicial de operación constituye la Célula Fotoeléctrica, la que cierra los contactos de alimentación y energiza la bobina del relé del primer grupo de lámparas, al energizarse dicho relé, cierra el switch del grupo

mencionado. Al cerrarse el Switch del primer grupo de lámparas, se energiza la bobina del relé que comanda el funcionamiento del segundo grupo, cerrando el switch correspondiente y el proceso sigue hasta que se hayan prendido todas las lámparas.

El diseño de alumbrado público se indica en el Plano # 32 y las disposiciones unifilares en los Planos # 33 y # 34.

## C A P I T U L O   V I I

### ESTUDIO   MECANICO

En este capítulo se estudiarán los esfuerzos que se producen en conductores y soportes por variaciones de temperatura, vientos y demás fenómenos atmosféricos.

7.- 1a.- FLECHAS Y ESFUERZOS DE CONDUCTORES

Las flechas que tendrán los conductores, dependen de la tensión de tendido, aunque sufren modificaciones por la acción de los vientos y temperaturas.

Se calcularán para los siguientes casos:

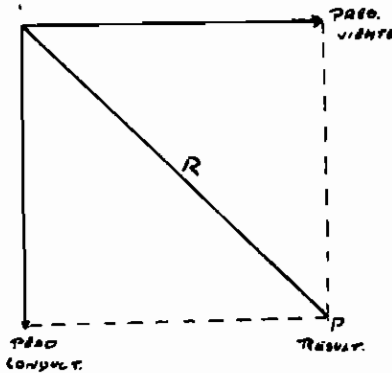
- 1.- Con temperatura normal y máxima presión del viento.
- 2.- Con máxima temperatura pero sin sobrecarga por presión del viento.

Si se considera que los conductores al tenderse adoptan la posición de una parábola, la flecha se puede calcular con:

$$f = \frac{Pr \times a^2}{8 \times Tm}$$

en la que:

Pr = Fuerza resultante de la acción combinada del peso de conductores que actúa en sentido vertical y la acción



del viento que incide en dirección horizontal al tendido de las líneas.

a = Longitud del vano en metros.

Tm = Tensión máxima de los conductores que, según normas que rigen en otros países es el 25% de la de rotura (este valor se tomará en cuenta para los cálculos)

La presión del viento, varía en proporción directa con el cuadrado de la velocidad y para cuerpos cilíndricos se la puede calcular con la fórmula (indicada en el Manual del Ing, Electricista de A.E Knowlton)

Presión del viento = Pv = 0,00471 x V<sup>2</sup> = Kg/mt<sup>2</sup>.

La máxima velocidad del viento registrada en la ciudad del proyecto es de 70/Km/hora (dato tomado del boletín del servicio metereológico 1.962)

Con ésta velocidad, la presión del viento será:

$$P_v = 0,00471 \times V^2 = 23,07 \text{ Kg/mt}^2.$$

FLECHA DEL CONDUCTOR # 3/0 QUE CIRCUNDA LA CIUDAD CONSTITUYENDO EL ANILLO DE ALTA TENSION.-

La mayor distancia entre postes es de 50 metros.

El conductor tiene como características:

Sección	Diámetro	Peso	Carga de rotura
85,03 mm <sup>2</sup>	10,4 mm	755,9 Kg/Kmt	3.341 Kg.

La resultante del peso del conductor y la acción del viento será:

$$P_r = \sqrt{P_c^2 + P_v^2}$$

$$P_v = 0,00471 \times V^2 \times D$$

$P_r$  = Presión resultante

$P_c$  = Carga por peso del conductor.

$P_v$  = Carga por presión del viento sobre conductores.

$D$  = Diámetro del conductor.

Con valores se tiene:

$$P_v = 0,00471 \times 70^2 \times 0,0104 = 0,24 \text{ Kg/Mt.}$$

$$P_r = \sqrt{0,775^2 \text{ Kg}^2/\text{mt}^2 + 0,24^2 \text{ Kg}^2/\text{mt}^2} = 0,792 \text{ Kg/mt.}$$

La máxima tracción que podemos darle al conductor, teniendo en cuenta solamente el 25% de la rotura es:

$$T_m = \frac{3.341 \times 25}{100} = 835 \text{ Kg.}$$

FLECHAS

1.- A máxima presión del viento:

No habrá sino que reemplazar en la fórmula los valores calculados:

$$f = \frac{0,792 \times 50^2}{8 \times 835} = 0,296 \text{ mts.}$$

2.- A temperatura máxima.

Se debe en primer lugar encontrar la tensión del conductor a estas circunstancias, para lo que se recurre a la "ecuación del cambio de condiciones" que es deducida de la variación de longitud que sufren las líneas por fluctuaciones de temperatura. La ecuación de cambio de condiciones da:

$$T^2 (T \rightarrow A) = B$$

$$A = \alpha(t - t_c) \frac{S}{\epsilon} + \frac{a^2 \times P r^2 \times S}{24 \times T_m^2 \times \epsilon} - T_m$$

$$B = \frac{a^2 \times P c^2}{24} \times \frac{S}{\epsilon}$$

Siendo:

T = Tensión del conductor a máxima temperatura (Kg)

Tm = Máxima tensión del conductor a temperatura normal (Kg)

α = Coeficiente de dilatación por cada grado centígrado mm/ c°

T = Temperatura máxima registrada (Co )

$t_c$  = Temperatura mínima registrada ( $C^\circ$ )

$P_c$  = Carga por peso propio (Kg)

$P_r$  = Carga resultante de la acción del peso de conductores y la presión del viento (Kg/mt)

$S$  = Sección del conductor ( $mm^2$ )

$\xi$  = Inverso de nódula de elasticidad  $mm^2/kg$

Las variaciones de temperatura registradas en la ciudad son:

$$\text{Max} = 40 C^\circ$$

$$\text{Min} = 5 C^\circ$$

Valores que se emplearán:

$$T_m = 835,2 \text{ Kg}$$

$$\alpha = 17 \times 10^{-6} \text{ Mts}/c^\circ$$

$$S = 85 \text{ mm}^2$$

$$\xi = \frac{1}{1,1 \times 10^4} \text{ mm}^2/\text{Kgr.}$$

$$P_c = 0,755 \text{ Kg/mt}$$

$$P_r = 0,792 \text{ Kg/mt}$$

Reemplazando en la fórmula:

$$A = 17 \times 10^{-6} \times (40 - 5) \times 85 \times 1,1 \times 10^4 + \frac{50^2 \times 0,792^2}{24 \times 835} \times 85 \times$$

$$1,1 \times 10^4 - 835.$$

$$A = - 191,7$$

$$B = \frac{50^2 \times 0,755^2}{24} \times 85 \times 1,1 \times 10^4$$

$$B = 55'429,231$$



La ecuación del cambio de condiciones quedaría:

$$T^2 ( T - 191,7 ) = 55'429.231$$

Resolviendo los tanteos:

$$T = 457 \text{ Kg.}$$

Valor que reemplazando en la fórmula de la flecha:

$$f = \frac{0,755 \times 50^2}{8 \times 457} = 0,516 \text{ mts. } \approx 0,52 \text{ mts.}$$

El valor de la flecha en las peores condiciones, es el más desfavorable y será tomado en cuenta para el dimensionamiento de la postera.

Con este procedimiento se calculan las flechas de todos los conductores que se emplearán en el proyecto.

1.- Para condición de máxima presión del viento:

Vanos de 50 metros:

Conductor # 2 AW <sup>G</sup> .....	f = 0,317	mts
Conductor # 3 AW <sup>G</sup> .....	f = 0,31	"
Conductor # 6 AW <sup>G</sup> .....	f = 0,347	"
Conductor # 8 AW <sup>G</sup> .....	f = 0,38	"

2.- Para máxima temperatura sin sobrecarga por acción del viento.

Vanos de 50 metros

Conductor # 2 AWG.....	f = 0,52	mts
Conductor # 3 AWG .....	f = 0,516	"
Conductor # 6 AWG .....	f = 0,514	"
Conductor # 8 AWG .....	f = 0,515	"

## A I S L A D O R E S

En la elección de un aislador se debe conocer la tensión de contorno. Las normas indican que para una tensión de servicio  $V$ , la mínima tensión de contorno del aislador con tiempo lluvioso debe ser:

$$V_p = 1,1 (2,2 \times KV + 20) \text{ Con } 13,8 \text{ KV como tensión de servicio: } V_p = 1,1 (2,2 \times 13,8 + 20) = 55,39 \text{ KV} = 55,4 \text{ KV}$$

Además se debe conocer las condiciones climatológicas y la altura a la que se va a montar.

### 7.- 2. DISEÑO ESTRUCTURAL

Se hará la elección del tipo de estructura más conveniente tomando en cuenta:

- a) Las líneas se cuelgan de postes y deben tenderse de tal manera que alcancen una flecha perfectamente definida. En el tendido se producen esfuerzos de tracción que no deben sobrepasar límites establecidos con el objeto de no llegar a la fatiga del material.
- b) Los conductores poco tensos necesitan soportes más elevados ya que entre el punto más bajo de la flecha máxima y tierra debe existir una distancia de seguridad que depende del tráfico de vehículos, tensión de servicio, etc. Por tanto se necesita un amplio dimensionamiento.
- c) Los conductores demasiado tensos en cambio, están expuestos al peligro de rotura, bien sea por esfuerzos de cambio de temperaturas o de vientos fuertes.

- d) Con las variaciones de temperatura los conductores sufren alargamientos o acortamientos de longitud y por tanto se producen esfuerzos de tracción que no deben llegar a los límites máximos permitidos.

### T I P O S D E P O S T E S

En el proyecto se encontrarán:

- 1.- DE TANGENTE O ALINEACION.- Soportarán esfuerzos producidos por el peso de conductores y crucetas, presión del viento en conductores, postes y aisladores.
- 2.- DE ANGULO.- Que se utilizarán en los vértices de las líneas y sobre los que actúan: a) Fuerza resultante de la tracción máxima de los conductores de los vanos contiguos; b) La presión del viento y peso de conductores, aisladores y cruceta.
- 3.- DE ANCLAJE INTERMEDIO.- Destinados a proporcionar puntos de amarre de las líneas; deben soportar: La presión del viento en el sentido normal, el peso de conductores y demás accesorios eléctricos y los  $\frac{2}{3}$  de la tracción unilateral de los conductores.
- 4.- TERMINALES.- Que se utilizarán en los extremos de las líneas y deben soportar tracción máxima de las líneas; presión del viento, peso de conductores, aisladores y crucetas.

7.- 3.

### CLASE DE POSTERIA

Los postes disponibles en el mercado son: de madera, hierro y hormigón. Para la elección debe hacerse un balance entre el tiempo de duración y el precio.

Los de madera tienen el inconveniente de la durabilidad, pues con pequeños grados de humedad no llegan a 5 años de vida; en el país se han venido usando de eucalipto a los que antes de su erección se los somete a un tratamiento exterior de alquitrán en la base es decir, en la parte que entrará en contacto con el suelo; se ha conseguido con este medio aumentar algo la vida del poste, llegando a 6 años. En redes de distribución que usan esta clase de posteria, el cambio debe ser periódico, necesitando producir interrupciones perjudiciales para los abonados. Se emplean en muchas ciudades por su precio bajo, pues los de mayor longitud no cuentan mas de \$400,00.

#### POSTES DE HIERRO

Su empleo ha sido bastante restringido por su alto costo, aunque las facilidades de transporte y erección son bastante ventajosas.

#### POSTES DE HORMIGON

Los hay de diferentes clases: Armado, pretensado y centrifugado.

Los de Hormigón Armado se los diseña y construye según las necesidades, deben hacerse en el sitio de trabajo, ya que su fragilidad no permite el transporte. El precio es en la mayoría de los casos inferior a los demás tipos a base de hormigón.

Los de Pretensado, se han empleado en muy reducida cantidades en nuestro medio por su alto precio.

Actualmente, se está incrementando cada vez más el uso de los de hormigón centrifugado, que son transportables en plataformas de ferrocarril.

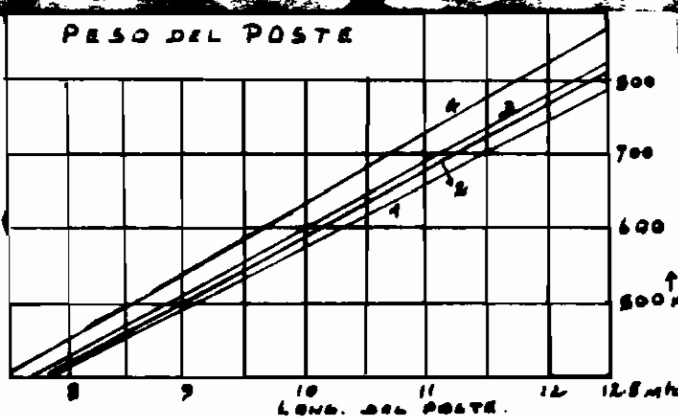
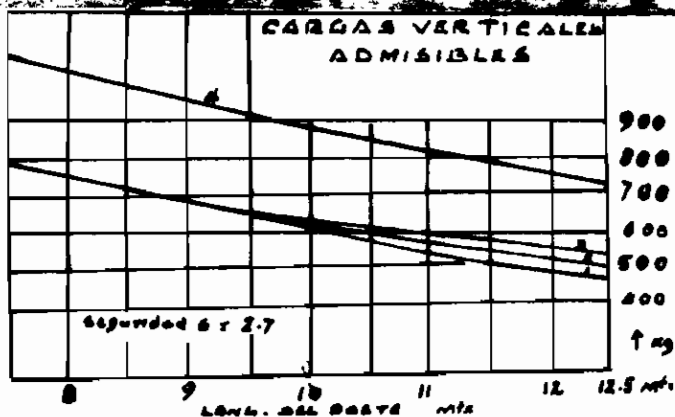
rriles, tienen resistencia suficiente para soportar esfuerzos de líneas de transmisión y distribución, su duración es ilimitada a excepción de los que están expuestos a choques de vehículos y su precio comparado con la duración es ventajoso, pues no llegan a \$1.300,00 los de mayor tamaño. Al tomar en cuenta estas ventajas se adoptará para este proyecto los de hormigón centrifugado.

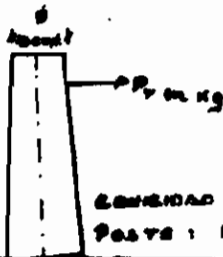
HORMIGÓN CENTRIFUGADO

Las casas fabricantes proporcionan datos técnicos para el empleo correcto de los diferentes tipos.

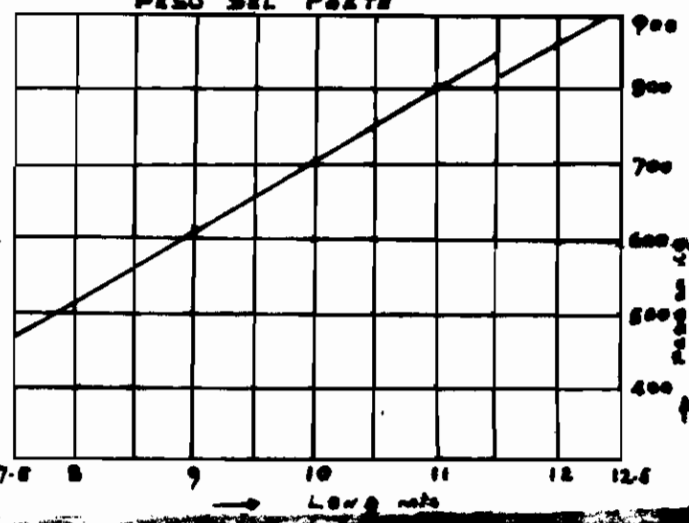
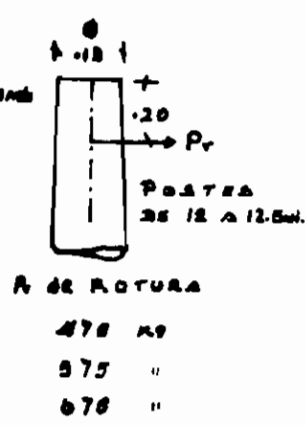
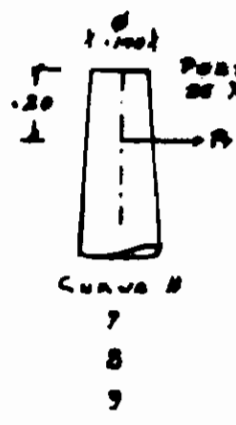
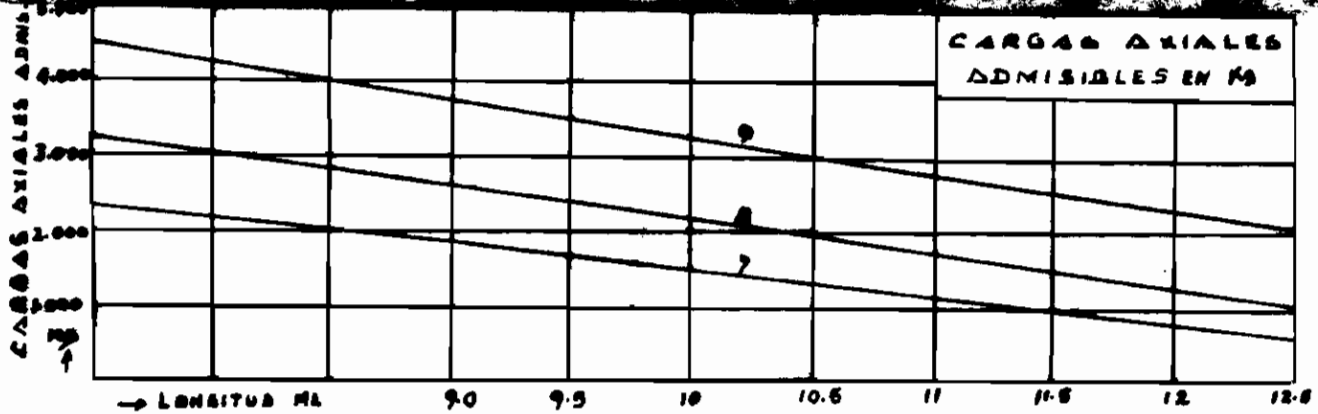
Los ábacos que a continuación se indican son de la fábrica ETECO.

PARA TANGENTE O ALINEACION





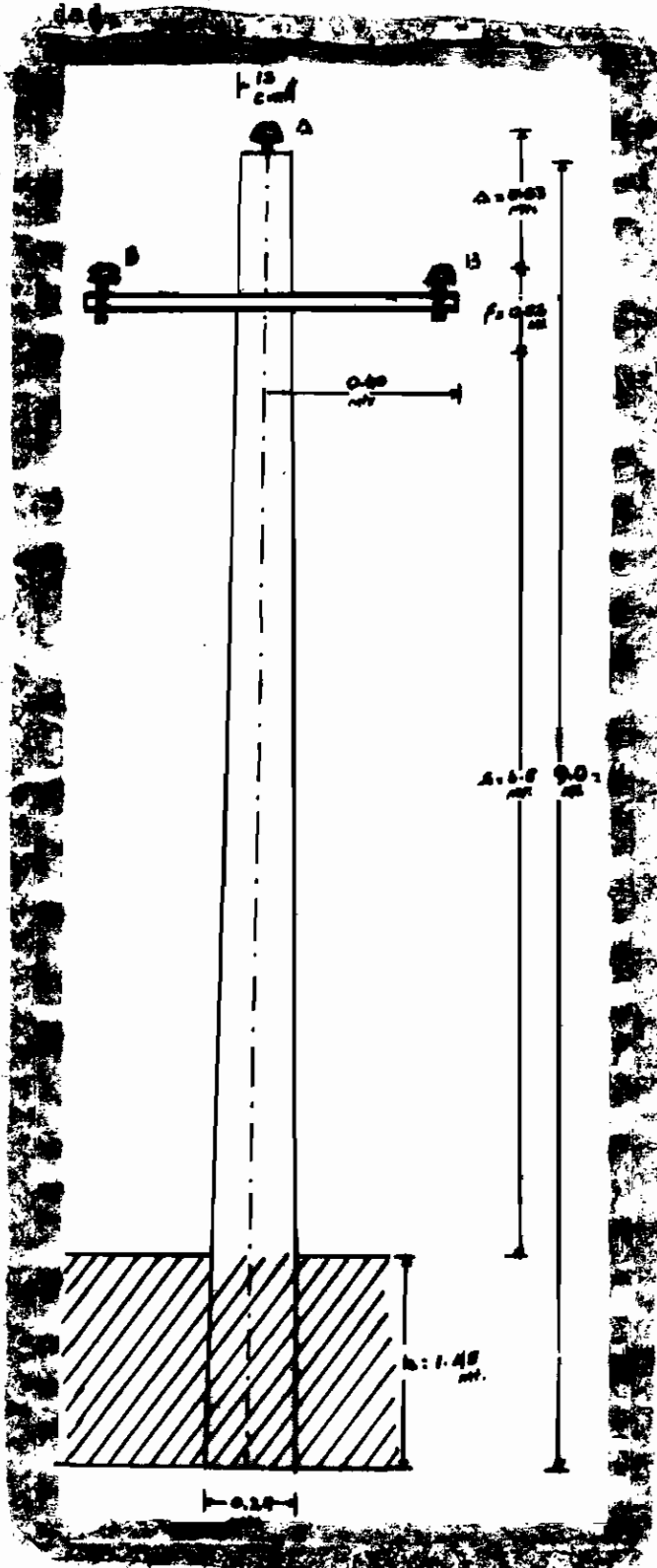
CARGAS DE ROTURA	
CURVA #	Pa en Kg
1	350
2	400
3	500
4	700



Seguidamente se calculan dimensiones y esfuerzos que tendrán los soportes en las peores condiciones, con el objeto de escoger el que con

venga.

POSTES DE ALTA TENSION. - Lazo que se forma alrededor de la ciu-



ALINEACION .-

Estos soportarán conductores # 3/0 AWG. La disposición es la indicada en la figura adjunta.

Altura del Poste .-

Si se toman en cuenta; la fecha del conductor en las peores condiciones y la altura de seguridad respecto al suelo; la longitud del poste puede calcularse con la fórmula experimental.

$H = A + f + s + h$  en la que:

H = longitud total del poste.

A = distancia del conductor superior a la cruceta.

f = flecha del conductor en las peores condiciones.

s = altura de seguridad res-

pecto a tierra.

$h$  = Profundidad de empotramiento.

La profundidad de empotramiento según normas que rigen en otros países es:

$$h = H/10 + 0,50 \text{ mts.}$$

Valores a emplearse:

$A = 0,53$  mts.- Por distancia entre conductores de acuerdo al voltaje.

$f = 0,52$  mts.- En las peores condiciones de temperatura.

$s = 6,50$  mts.- De acuerdo al tráfico de las calles

$h = 1,45$  mts.- Por cálculo.

$$H = 0,53 + 0,52 + 6,50 + 1,45 = 9,00 \text{ mts.}$$

Esfuerzos que actúan sobre el poste.-

a) CARGA POR PESO DE CONDUCTORES

Posición # conductores del conductor	Calibre	Sección	Peso Un.	Peso total	
a	1	3/0 AWG	85 mm <sup>2</sup>	0,755 Kg/mt	0,755Kg/mt
b	2	3/0 AWG	85 "	0,755 "	1,51Kg/mt

b) CARGA POR PRESION DEL VIENTO SOBRE CONDUCTORES

Posición	Carga
a	0,24 Kg/mt
b	0,48 Kg/mt

c) CARGA POR PRESION DE VIENTO SOBRE EL POSTE

Según los diseños de posteria para tangente, el diámetro en la punta es



de 0,13 mts. y la conicidad de 1,5 cts/mt.

La sección expuesta al viento será:

$$S = \frac{(0,13 + 0,243) 7,55}{2} = 1,41 \text{ mts}^2$$

Presión del viento sobre esta superficie:

$$P_{vp} = 0,00471 \times V^2 = 0,00471 \times 70^2 = 23,07 \text{ Kg/mt}$$

y la carga debida a esta presión:

$$P_{vp} \times S = 0,00471 \times 70^2 \times 1,41 = 32,6 \text{ Kg}$$

Se aumenta el 10% por presión sobre aisladores y cruceta. La carga total será:

$$32,6 \text{ Kg} + 3,26 \text{ Kg} = 35,8 \text{ Kg}$$

Estará aplicada en el centro de gravedad, el que es factible encontrarle con la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{H (D_e + 2 D_c)}{3 (D_e + D_c)}$$

donde: H = altura del Poste;

D<sub>c</sub> = Diámetro de la punta

D<sub>e</sub> = Diámetro en la sección

de empotramiento.

$$Z = \frac{7,55 (0,243 + 2 \times 0,13)}{3 (0,243 + 0,13)} = 3,39 \text{ Mts.}$$

El momento flector que va a tener el poste, respecto al punto de empotramiento será:

$$M_e = (P_{ax} 7,55 + P_{bx} 7,02) 50 + (C_{vax} 7,55 + C_{vbx} 7,02) 50 + 35,8 \times 3,39$$

$M_e$  = Momento con respecto al punto de empotramiento.

$P_a$  = Carga por peso del conductor de la posición A

$P_b$  = Carga por peso del conductor de la posición B

7,55  $\neq$  Altura desde el conductor de la posición a al punto de empotram.

7,02 = Altura desde el conductor de la posición b al empotramiento.

50 = Longitud del vano en metros.

$C_{va}$  = Carga por presión del viento del conductor de la posición a

$C_{vb}$  = Carga por presión del viento del conductor de la posición b

35,8 = Carga por presión del viento sobre el poste.

3,39 = Altura del centro de gravedad del poste.

Reemplazando valores en la fórmula se tiene:

$$M_e = (0,755 \times 7,55 + 1,51 \times 7,02) 50 + (0,24 \times 7,55 + 0,48 \times 7,02) 50 + 35,8 \times 3,39$$

$$M_e = 1.194,8 \text{ Kmts.}$$

W El poste que puede soportar este momento flector es el que tiene una carga de rotura de 500 Kg a 20 cms de la punta ya que: Momento del poste:  $500 \times 7,35 = 3.675 \text{ Kgmts.}$  Al tomar un factor de seguridad de 2,5 el momento flector que podrá resistir será de : 1.470 Kgmts mayor que el necesario.

### C R U C E T A S.-

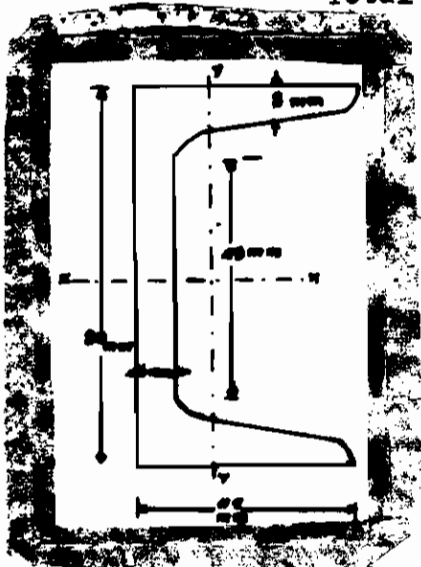
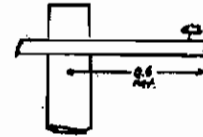
Para esta clase de postes se emplean perfiles de hierro U que deben resistir el peso de conductores y aisladores; aquí se calculará tomando en cuenta también el peso de un hombre que eventualmente puede apoyarse en ella.

$$\text{Peso del conductor} = P_c \neq 0,755 \times 50 \text{ mts} \times 37,75 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso de un hombre} = P_h = 80 \text{ Kg.}$$

Peso aislador = Pa = 4 Kg

Total = 121,75 Kg = 122 Kg



Momento flector producido por el peso = 122Kg  
x 0,60 mt.

Mf = 73,2 Kgmts = 7.320 Kgcmts

Para un momento flector de 7.320 Kgcmts se  
necesita un perfil de hierro I que tenga un  
momento resistente de:

$$Mr = \frac{7.320 \text{ Kgcmts}}{1.200 \text{ Kg/cm}^2} = 6,1 \text{ cmts}^3$$

Se toma una fatiga para el hierro de 1.200  
Kg/cm<sup>2</sup>. Al no construirse perfiles U de un momento resistente tan pe-  
queño y por necesitar espacio para el alojamiento cómodo del perno  
del aislador se escoge una de las siguientes características:

Momento resistente = Mr = 27 cm<sup>3</sup>

Momento de energía = L = 106 cmt<sup>4</sup> ( momento con respecto  
al eje x - x)

Sección = S = 11,00 cmt<sup>2</sup>

Peso por metro lineal = q = 8,6 Kg

Perfil como el que se indica en la figura adjunta.

#### Poste de Angulo.-

En este tipo de estructuras intervienen los siguien-  
tes esfuerzos.

- a) Resultante debida a la tracción de los conductores de los vanos  
contiguos.

b) Presión del viento sobre postes, conductores y demás accesorios eléctricos.

Si se considera que el poste solamente resistirá los esfuerzos del peso de conductores y la presión del viento; el producido por el cambio de dirección será absorbido por un tensor.

El tensor debe resistir una tracción:

$$T_t = 2 \times T_m \times \text{sen } \alpha / 2$$

Siendo  $T_t$  tensión del viento ( tensor )

$T_m$  = tensión máxima del conductor.

$\alpha$  = el ángulo que forman las 2 alineaciones

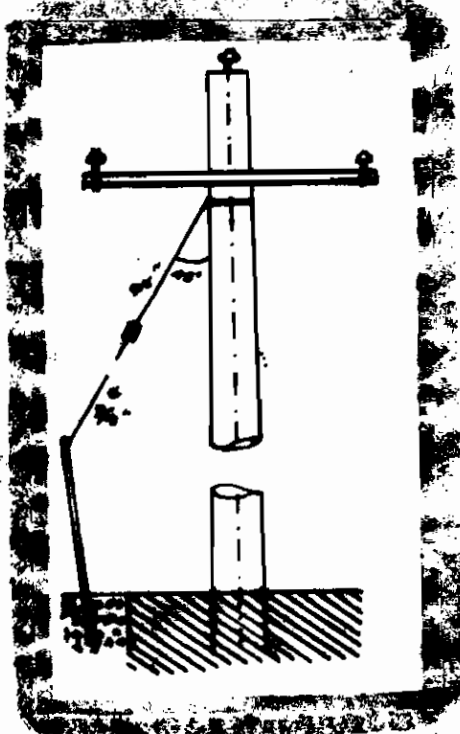
En el proyecto encontramos ángulos de 22 - 27 - 34 - 37 - 42°

El más desfavorable será el de 42° y con este se calculará.

$T_m$  = tensión del conductor (Ya conocida)

835 Kg.

Esfuerzo a contrarrestar =



$$T_t = 2 \times 835 \times \text{sen } \alpha / 2 = 571 \text{ Kg}$$

$$571 \times 3 \text{ conductores} = 1.713 \text{ Kg}$$

El tensor se instalará bajo un ángulo de 45° y consecuentemente debe absorber un esfuerzo de:

$$\frac{1.713}{\text{sen } 45^\circ} = 2.420 \text{ Kg}$$

Será necesario un cable de acero galvanizado de 9/16" similar al que provee Mc Master carr supply

60 de Chicago que puede soportar hasta 4.350 Kg. Normas vigentes en otros países indican que los tensores deben trabajar con el 50 o 60% de su carga de rotura.

Fuerzas que deben ser absorbidas por el poste.

Por presión del viento :

Sobre conductores = 36,4 Kg

sobre soportes y aisladores 3,56 Kg = 10% de la carga de conductores.

Sobre el poste:

Según cálculos realizados en pag. anteriores = 35,8Kg que se ejercen a los 3,39 mts del punto de empotramiento.

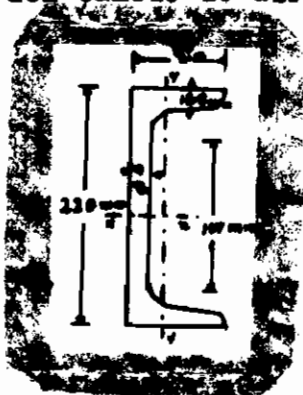
Peso de conductores = 113,2 Kg.

Momento flector total respecto al empotramiento = 1.194 Kg.

Se usará un poste de los especificados para ángulos que tenga a 20 cms de la punta una carga de rotura de 475 Kg. Este tendrá un momento flector de  $475 \times 7,35 = 3.491,2$  Kgmts y tomando en cuenta 2,5 de factor de seguridad 1.396 Kgmts.

CRUZETA.-

Deben resistir además del peso de conductores, el esfuerzo del cambio de dirección, se tiene:



Peso del conductor =  $0,755 \text{ Kg/mts} \times 50 \text{ mts} = 37,5 \text{ Kg.}$

Por cambio de dirección:

$2 \times T_m \times \text{sen } \alpha/2 = 2 \times 835 \times 0,342 = 571 \text{ Kg}$

Esfuerzo total = 608,6 Kg.

Momento flector = 608,6 Kg x 0,60 mts = 364,8 Kgmts = 36.480 Kgcmts

Si se admite una fatiga de 1.200 Kg/cm<sup>2</sup> para el hierro, el momento resistente que debe tener el perfil U será de:

$$M_r = \frac{36.480 \text{ Kgcmts}}{1.200 \text{ Kg/cm}^2} = 30,4 \text{ cmt}^3$$

Se usará perfil U de :

$M_r$  = Momento resistente = 34 cmt<sup>3</sup>

$I$  = Momento de inercia respecto al eje  $\bar{y} - Y$  = 197 cmt<sup>4</sup>

$S$  = Sección del perfil = 37,4 cmt<sup>2</sup>

$q$  = Peso = 29,4 Kg/mts.

Postes de anclaje intermedio.-

son destinados a proporcionar puntos de amarre de las líneas y como tales deben soportar:

- a) Los esfuerzos normales como presión del viento y peso de conductores, aisladores y demás accesorios eléctricos.
- b) Una tracción que según normas de algunos países debe ser los 2/3 de la máxima de los conductores.

El poste a instalarse será de los especificados para ángulos y terminales es decir, que tendrá 14,5 cmts de diámetro en la punta y conicidad de 1,5 cmts. por metro con una carga de rotura de 475 Kg a 20 cmts de la punta; deberá resistir solamente los esfuerzos normales que según cálculos anteriores tiene un momento flector de 1.194,2 Kgmts.

Los 2/3 de la tracción máxima de los conductores soportará el tensor

que debe resistir un esfuerzo de :

$T_t = 2/3 \times 835 \text{ Kg} \times 3 \text{ conductores} = 1,670 \text{ Kg}$  y si está montado a  $45^\circ$ ;

$$\frac{1.670}{\text{sen } 45^\circ} = 2.362 \text{ Kg}$$

Para lo que es necesario un cable de  $9/16''$ , trabajará con el 54% de su carga de rotura.

C R U C E T A S .-

Al igual que el poste deben resistir además del peso de conductores los  $2/3$  de la tracción máxima de los mismos.

$$\text{Tracción del conductor} = 2/3 \times 835 = 556,6 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso del conductor} = 0,755 \text{ Kg} \times 50 \text{ mts} = 37,75 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 594,35 \text{ Kg}$$

$$\text{Momento flector} = 594,35 \times 0,6 \text{ mts.} = 356,6 \text{ Kgmts}$$

Momento resistente del perfil W para una fatiga de  $1.200 \text{ Kg/cm}^2$

$$\frac{35.660 \text{ Kgmts}}{1.200 \text{ Kg/cm}^2} = 29,75 \text{ cm}^3$$

Se escogerá un perfil con las siguientes características:

$$M_r = - 34 \text{ cm}^3$$

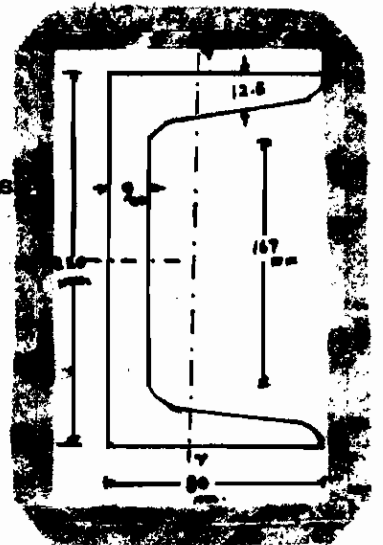
$$I = 197 \text{ cm}^4 \text{ ( respecto al eje Y-Y)}$$

$$S = 37,40 \text{ cm}^2$$

$$q = 29,4 \text{ Kg/mt}$$

TERMINALES.-

Se utilizan en los extremos de las líneas y deben sopor-



tar:

- a) Peso de conductores
- b) Esfuerzos por presión del viento.
- c) Esfuerzo por máxima tracción de los conductores.

Si los postes solo deben resistir los esfuerzos normales a la dirección de la línea, los tensores resistirán los provenientes de la tracción de los conductores, luego el tensor soporta:

$$T_t = 3 \times 385 \text{ Kg} = 2.050 \text{ Kg}$$

Bajo un ángulo de  $45^\circ$

$$T_t = 2.050 \text{ Kg} / \text{sen } 45^\circ = 3.543 \text{ Kg}$$

Se necesita un cable de  $3/4''$  que tiene una resistencia a la rotura de 7.550 Kg.

C R U C E T A.-

Se usan perfiles de U que al igual que la estructura deben soportar el peso de conductores y la del viento además de la máxima tracción de las líneas.

Esfuerzos por:

$$\text{Peso de conductor} = 0,755 \times 25 \text{ mts} = 18,87 \text{ Kg}$$

$$\text{Presión del viento} = 23,1 \times 0,0104 \times 25 = 6 \text{ Kg}$$

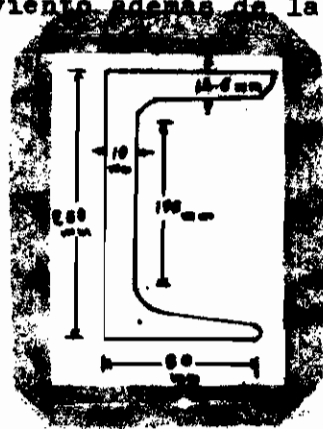
$$\text{Tracción del conductor} = 835 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 859,8 \text{ Kg}$$

$$\text{Momento flector} = 859,8 \text{ por } 0,66 \text{ metros} = 515,88 \text{ Kgmts} = 51588 \text{ Kg/6mts}^2$$

$$\text{Momento resistente necesario con una fatiga de } 1.200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_r = \frac{51.588}{1.200} = 42,98 \text{ cmt}^3$$





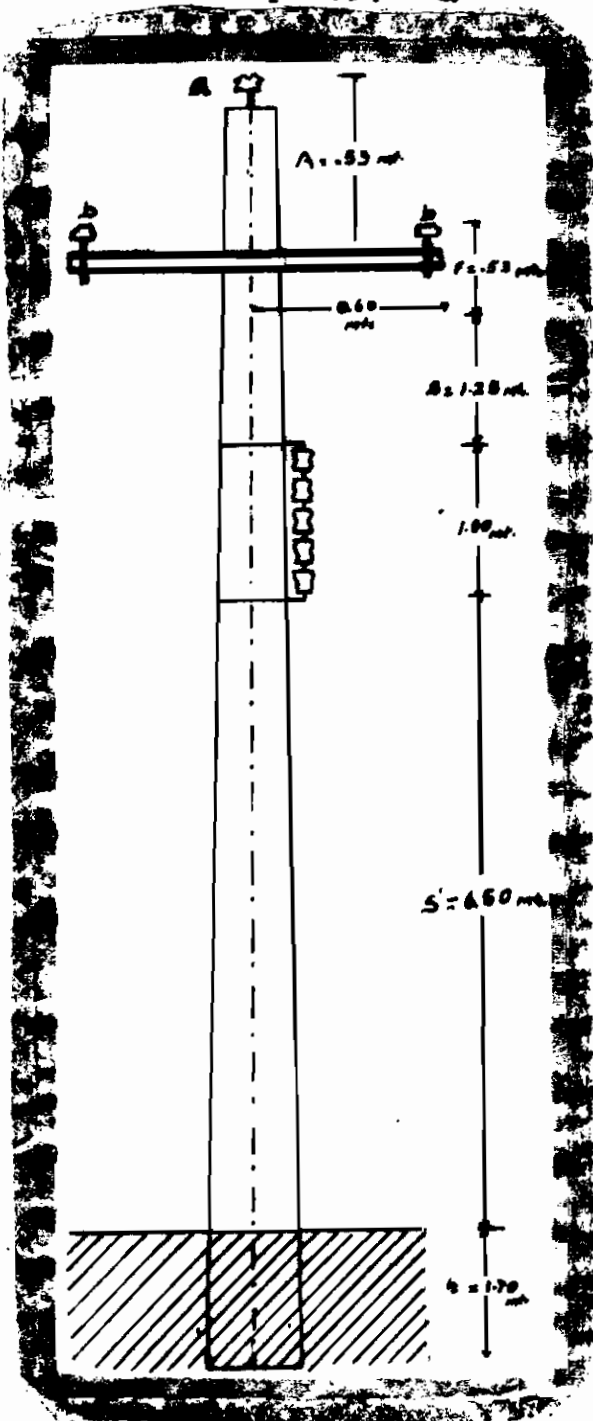
Se usa un perfil de las siguientes características;

$$M_r = 42 \text{ cmt}^3$$

$$I = 238 \text{ cmt}^4$$

$$S = 42,50 \text{ cmt}^2$$

$$q = 54,0 \text{ Kg/mts.}$$



### POSTES PARA ALTA Y BAJA

Conductores # 3/0; 2;3 y 8 AWG

Altura del Poste .-

$H = A + f + S + h = 12 \text{ metros descom}$   
puestos asi:

$A = 0,53 \text{ mts}$  por distancia del aislador superior a la cruceta.

$f = 0,53 \text{ mts}$  por flecha del conductor # 3/0 en las peores condiciones de temperatura.

$f' = 0,53 \text{ mts}$  por flecha del conductor # 8 en las peores condiciones de temperatura.

$1,00 \text{ metros}$  por longitud del rack de baja y portalámparas para alumbrado público.

$S = 1,25 \text{ mts}$  por altura de seguridad entre alta y baja ten-

sión.

$S' = 6,5$  mts por altura de seguridad respecto a tierra.

$h = 1,70$  mts por altura de empotramiento del poste.

POSTES DE TANGENTE .-

Se calculará siguiendo el procedimiento empleado en páginas anteriores.

Peso de Conductores.-

Conductor de la posición a calibre # 3/0

$0,755 \text{ Kg} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 37,8 \text{ Kg.}$

Conductores de la posición b calibre # 3/0  $0,755 \text{ Kg} \times 50 \text{ mts} \times 2 \text{ conductores} = 75,5 \text{ Kg}$

Conductores de la posición c calibres # 2 AWG :  $0,299 \text{ Kg} \times 50 \text{ mts} \times 3 \text{ conductores} = 44,85 \text{ Kg.}$

Conductores de la posición d calibre # 3 AWG:  $0,237 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 11,85 \text{ Kg.}$

Conductor de la posición e calibre # 8 AWG :  $0,0743 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 3,7 \text{ Kg.}$

Peso total = 173,7 Kg.

Presión del Viento sobre Conductores .-

Conductor de la posición a =  $P_a = 0,24 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 12 \text{ Kg.}$

Conductores de posición b =  $P_b = 0,24 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 2 \text{ conductores} = 24 \text{ Kg.}$

Conductor de posición c =  $P_c = 0,15 \text{ Kg/mts} \times 50 \text{ mts} \times 3 \text{ conductores} = 22,5 \text{ Kg.}$

Conductor de la posición d =  $P_d = 0,133 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 6,65 \text{ Kg.}$

Conductor de posición e =  $P_e = 0,074 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 3,7 \text{ Kg.}$

Total por presión del viento = 68,85 Kg.

Peso y presión que deben ser resistidos por el poste = 243 Kg.

MOMENTOS FLECTORES.-

Por peso de conductores.

Posición a :  $PA = 37,75 \text{ Kg} \times 10,3 \text{ mts} = 388,8 \text{ Kgmts}$

Posición b :  $PB = 75,50 \text{ Kg} \times 9,77 \text{ mts} = 737,6 \text{ Kgmts}$

Posición c :  $PC = 44,9 \text{ Kg} \times 8,14 \text{ mts} = 365,5 \text{ Kgmts}$

Posición d :  $PD = 11,9 \text{ Kg} \times 7,52 \text{ mts} = 98,5 \text{ Kgmts}$

Posición e :  $PE = 3,7 \text{ Kg} \times 7,32 \text{ mts} = 27,1 \text{ Kgmts}$

Total por peso de conductores = 1.608,5 Kgmts

Per Presión del viento sobre conductores

Por conductor de posición a:  $12 \text{ Kg} \times 10,3 \text{ mts} = 123,6 \text{ Kgmts}$

Por conductor de posición b:  $24 \text{ Kg} \times 9,77 \text{ mts} = 234,5 \text{ Kgmts}$

Por conductor de posición c:  $22,5 \text{ Kg} \times 8,14 \text{ mts} = 183,1 \text{ Kgmts}$

Por conductor de posición d:  $6,7 \text{ Kg} \times 7,52 \text{ mts} = 50,4 \text{ Kgmts}$

Por conductor de posición e:  $3,75 \text{ Kg} \times 7,32 \text{ mts} = 27,5 \text{ Kgmts}$

Total por presión del viento: 619,1 Kgmts.

Momento per presión del viento sobre postes y aisladores.;

Superficie expuesta al viento (poste) =  $2,14 \text{ mts}^2$

Presión del viento sobre el poste : 49,43 Kg

Suponemos un 10% de la presión que ejerce el viento sobre el poste para la cruceta y aisladores o sea: 4,94 Kg.

Presión total = 54,37 Kg

Esta presión se ejerce en el centro de gravedad que para este caso se encuentra a 4,52 Mts del punto de empotramiento del poste, luego:

Momento por presión del viento sobre el poste:

$$54,37 \text{ Kg} \times 4,52 \text{ mts} = 245,7 \text{ Kgmts} = 246 \text{ Kgmts}$$

Suma de momentos que deben ser soportados por el poste:

Momento flector por peso de conductores = 1.608,5 Kgmts

Momento flector por presión del viento

sobre conductores ..... = 619,1 Kgmts

Momento flector por presión del viento sobre poste

cruceta y aisladores ..... = 246 Kgmts

Momento flector total = 2.473,6 Kgmts

= 2.474 Kgmts

Poste a utilizarse : De 12 mts de longitud, 13 cms de diámetro en la punta, conicidad 1,5 cms/mts con una carga de rotura de 700 Kg a 20 cms de la punta; el poste se ha calculado teniendo en cuenta 2,5 de factor de seguridad. El máximo peso axial que puede soportar el poste es de 720 Kg es decir tres veces el que tendrá en condiciones reales.

#### CRUCETAS .-

Se usará perfil U; deberá soportar el peso de conductores y el de un hombre que eventualmente pueda apoyarse en ella;

Peso del conductor # 3/0 = 0,755 Kg/mt x 50 mts = 37,8 Kg

Peso de un hombre ..... = 80,0 Kg

Total = 117,8 Kg

Momento flector de la cruceta con un brazo de 0,60 mts = 117,8 Kg

x 0,60 mts = 70,68 Kgmts = 7.068 Kgcmts

Para una fatiga del hierro de 1.200 Kg/cm<sup>2</sup>

El momento resistente del hierro U debe ser:

$$\frac{7.068\text{-Kgcmts}}{1.200\text{ Kg/cm}^2} = 5,89\text{ cmts}^3$$

El perfil tendrá las siguientes características:

Mr = Momento resistente = 27 cmts<sup>3</sup>

L = Momento de Inercia respecto al eje x-x = 106 cmts<sup>4</sup>

S = Sección ..... = 11cmts<sup>2</sup>

q = Peso por metro lineal = 8,6 Kg

### POSTES DE ANGULO

Como se indicó en páginas anteriores deben absorber esfuerzos normales y esfuerzos por cambio de dirección de los conductores; los esfuerzos normales como peso de conductores y presión del viento serán soportados por el poste y el esfuerzo por cambio de dirección por un tensor de acero galvanizado.

Esfuerzo que debe resistir el tensor:

$$Pt = 2 \times \text{sen } \alpha/2 \times Tm$$

Fuerzas de tracción de los conductores:

Conductor # 3/0 de la posición a = 2 x sen  $\alpha/2$  x Tm

$$= 2 \times 0,342 \times 835 = 571\text{ Kg}$$

Conductores # 3/0 de la posición b =  $2 \times 0,342 \times 835 \times 2$  conductores  
= 1.142 Kg

Conductores # 2 de la posición c =  $2 \times 0,342 \times 331 \times 3$  conductores  
= 679 Kg

Conductor # 3 de la posición d =  $2 \times 0,342 \times 267 \times 1$  conductor  
= 182,6 Kg

Conductor # 8 de la posición e =  $2 \times 0,342 \times 93,5$  Kg = 63,9 Kg

Fuerza total de los conductores = 2.638 Kg

Si el tensor se coloca bajo un ángulo de 45 grados; el esfuerzo será de  
3.731 Kg

Se empleará cable de acero galvanizado de  $3/4$ " de diámetro que puede  
soportar 7.550 Kg

Esfuerzos que deben ser soportados por el poste:

- a) Peso de conductores = 173,7 Kg
- b) Presión del viento sobre conductores = 68,85 Kg
- c) Presión del viento sobre postes y aisladores = 54,37 Kg

Momentos flectores respecto a la sección de empotramiento:

- a) Por peso de conductores: 1.608,5 Kgms
- b) Por presión del viento sobre conductores: 507,7 Kgms
- c) Por presión del viento sobre postes y aisladores: 246Kgms

Momento flector total: 2.360,6 Kgms

Se debe emplear un poste de las siguientes características: 12 mts de  
longitud; 13 cms de diámetro en la punta y conicidad 1,5 cms/mt; de  
575 Kg de carga de rotura a 20 cms de la punta.

CRUCETAS .-

Como en los casos anteriores se empleará perfil U el que además de resistir el esfuerzo del peso de los conductores debe soportar el cambio de dirección.

Los esfuerzos son los siguientes:

Peso del conductor # 3/0 = 37,8 Kg

Cambio de dirección de conductores: 571 Kg

Total : 608,8 Kg

Momento flector de la cruceta: 608,8 Kg x 0,60 mts = 365,28 Kgmts  
= 36.528 Kgcmts

Para una fatiga de 1.200 Kg/cmt<sup>2</sup> del hierro :

Momento resistente :

$$\frac{36.528 \text{ Kgcmts}}{1.200 \text{ Kg/cmt}^2} = 30,44 \text{ cmts}^3$$

Perfil que se emplea de las siguientes características:

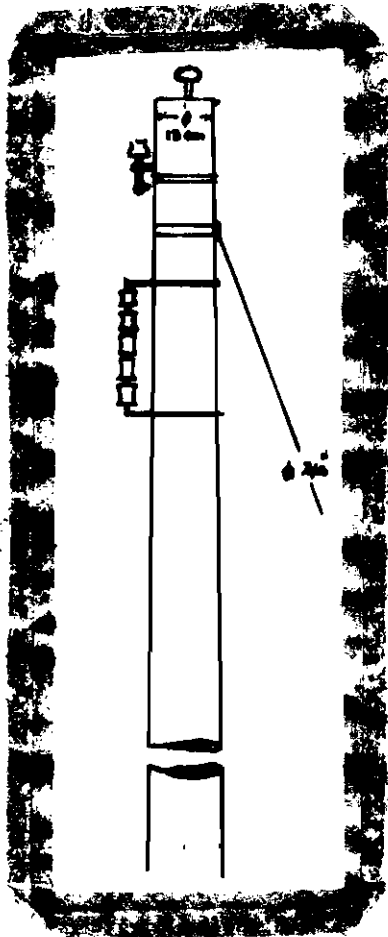
Mr = Momento resistente = 34 cmts<sup>3</sup>

I = Momento de inercia respecto al eje y-y = 197 cmt<sup>4</sup>

S = Sección ..... = 37 cmts<sup>2</sup>

q = Peso por metro lineal = 29,4 Kg

POSTES TERMINALES



Deben resistir máxima presión unilateral de conductores y esfuerzos normales como peso y presión del viento en conductores y soportes.

La tracción unilateral debe ser soportada por un tensor y el esfuerzo normal por el poste.

Fuerza del tensor:

$$\text{Por conductor \# 3/0} = 835 \times 3 = 2.505 \text{ Kg.}$$

$$\text{Por conductor \# 2} = 331 \times 3 = 993 \text{ Kg}$$

$$\text{Por conductor \# 3} = 267 \times 1 = 267 \text{ Kg.}$$

$$\text{Conductor \# 8} = 93,5 \times 1 = 93,5 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 3.858,5 \text{ Kg.}$$

Bajo un ángulo de  $45^\circ = 5.457 \text{ Kg}$ . Se empleará un cable de acero galvanizado de  $3/4''$  de diámetro que puede resistir  $7.550 \text{ Kg}$ .

Esfuerzos normales que deben ser soportados por el poste.

a) Peso de conductores =  $86,85 \text{ Kg}$

b) Presión del viento =  $34,43 \text{ Kg}$

c) Presión del viento sobre poste y aisladores =  $54,37 \text{ Kg}$



Momento flectores respecto a la sección de empotramiento:

- a) Por peso de conductores : 804,3 Kgmts
- b) Por presión del viento sobre conductores : 309,6 Kgmts
- c) Por presión del viento sobre poste y aisladores: 246, Kgmts

Momento flector total: 1.359,9 Kgmts = 1.360 Kgmts

Se empleará un poste de las siguientes características:

12 metros de longitud; 13 cms de diámetro en la punta y 1,5 cms de conicidad por metro y una carga de rotura de 475 Kg a 20 cms de la punta.

CRUCETA.9

De perfil de hierro U

Esfuerzo que debe soportar:

- a) Por peso de conductor = 18,9 Kg
- b) Por tracción unilateral de conductor = 835 Kg

Momento flector = 853,9 Kg x 0,60 mts = 512,34 Kgmts = 51.234 Kgcmts

Para una fatiga de 1,200 Kg/cmt<sup>2</sup> del hierro.

$$\text{Momento resistente} = \frac{51.234 \text{ Kgcmts}}{1.200 \text{ kg/cmt}^2} = 42,7 \text{ cmt}^3$$

Se empleará perfil U de las siguientes características:

$$M_r = \text{Momento resistente} = 42 \text{ cmts}^3$$

$$I = \text{Momento de inercia respecto al eje Y-Y} = 248 \text{ cmts}^4$$

$$S = \text{Sección} \dots\dots\dots = 42,50 \text{ cmts}^2$$

$$q = \text{Peso por metro lineal} = 340 \text{ Kg}$$

POSTES PARA ALIMENTADORES .-

Sostienen los diferentes conductores que alimentan los transformadores de distribución. Al estar dentro del perímetro urbano deben llevar también las líneas de baja-tensión.

Altura del Poste.-

Con el procedimiento conocido y teniendo en cuenta las flechas de todos los conductores en las peores condiciones se tiene:

$$H = A + f + s + h = 12 \text{ metros que se detallan de la siguiente manera:}$$

0,53 mts = distancia desde el aislador superior a la cruceta.

0,51 mts = máxima flecha del conductor # 6 AWG (alta tensión)

1,25 mts = altura de seguridad entre alta y baja tensión.

1,00 mts = longitud del rack de baja tensión.

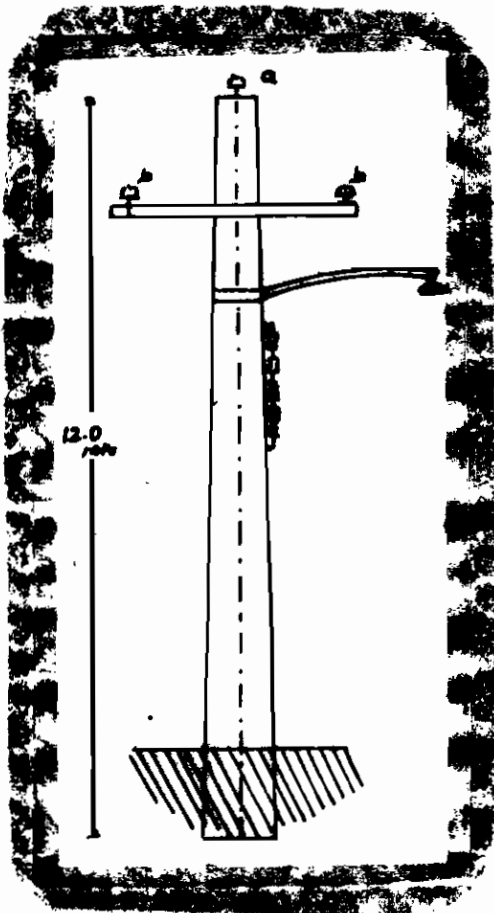
0,53 mts = Máxima flecha del conductor # 8 AWG.

6,50 mts = Altura de seguridad respecto al suelo.

1,70 mts = longitud de empotramiento.

Total = 12.000 mts.

La disposición se indica en la figura



adjunta.

Postes de Tangente .-

Se calculará siguiendo el procedimiento empleado en páginas anteriores.

Momentos flectores:

1.- Peso de Conductores:

$$Mpa = 0,118 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 10,3 \text{ mts} = 60,8 \text{ Kgmts}$$

$$Mpb = 0,118 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 9,77 \text{ mts} \times 2 = 115,5 \text{ Kgmts.}$$

$$Mpc = 0,299 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 8,14 \text{ mts} \times 3 = 365 \text{ Kgmts.}$$

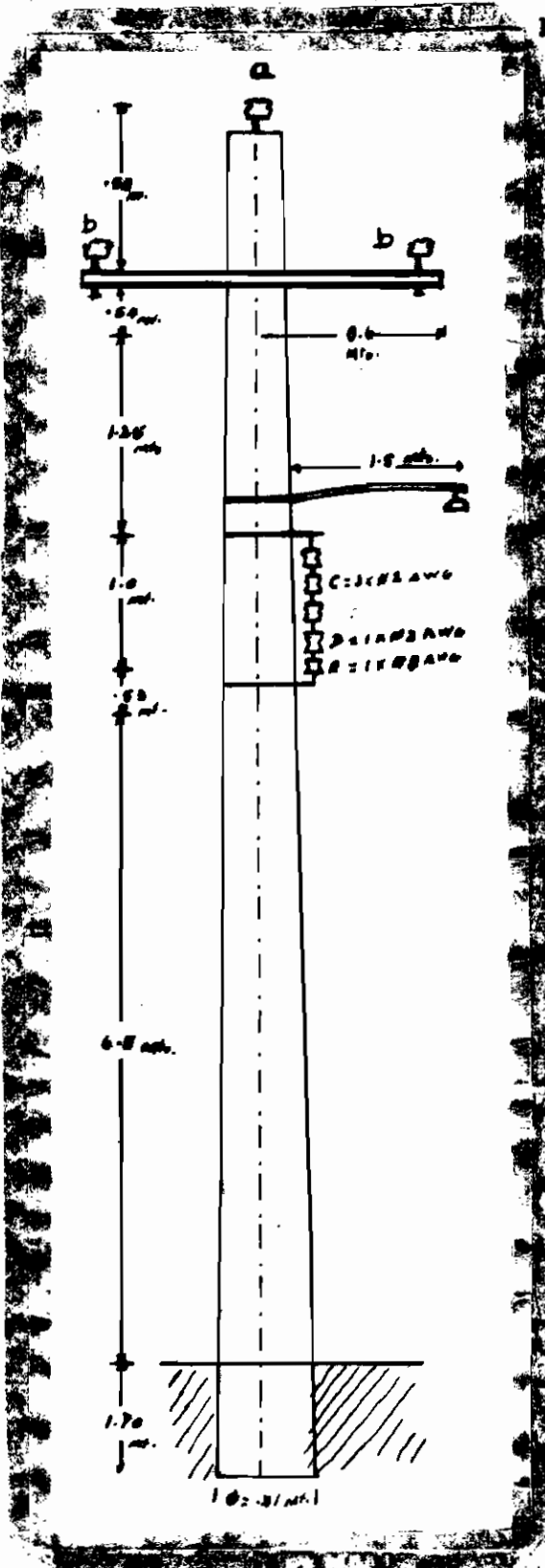
$$Mpd = 0,237 \text{ Kg/mts} \times 50 \text{ mts} \times 7,52 \text{ mts} \times 3 = 88,2 \text{ Kgmts.}$$

$$Mpe = 0,074 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 7,32 \text{ mts} \times 3 = 27,08 \text{ Kgmts.}$$

Total momento flector por peso de conductores respecta al empotramiento..... 656,08 Kgmts.

Momento por presión del viento sobre conductores :

$$Mpva = 0,94 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 10,3 \text{ mts} = 48,5 \text{ Kgmts.}$$



$M_{pvb} = 0,094 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 9,77 \text{ mts}$   
 $\times 2 = 91,7 \text{ Kgmts.}$

$M_{pvc} = 0,15 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 0,14 \text{ mts}$   
 $\times 3 = 183,0 \text{ Kgmts.}$

$M_{pvd} = 0,134 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 7,52 \text{ mts}$   
 $\times = 50,4 \text{ Kgmts.}$

$M_{pve} = 0,075 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} \times 7,32 \text{ mts}$   
 $\times = 27,45.$

Momento total por presión del viento,  
 respecto al empotramiento .....

$201,0 \text{ Kgmts.}$

5.- Momento por presión del viento so-  
 bre poste.

Sección expuesta al viento =  $2,14 \text{ mts}^2$

Presión del viento sobre poste a

$+9,43 \text{ Kg, más el 10\% por presión so-}$   
 $\text{bre aisladores} = 4,94 \text{ Kg.}$

Presión total .....  $54,37 \text{ Kg}$

Fuerza que se aplicará en el centro de  
 gravedad del poste que está a  $4,52 \text{ mts}$   
 del empotramiento.

Momento flector por presión del vien-  
 to sobre el poste =  $245,7 \text{ Kgmts} =$

$246 \text{ Kgmts.}$

Momento total =  $1,303,5 \text{ Kgmts.}$

Poste escogido para resistir este momento, el que tiene una carga de rotura de 400 Kg a 20 centímetros de la punta.

Momento máximo que puede resistir =  $400 \text{ Kg} \times 10,1 = 4.040 \text{ Kgmts}$  con un factor de seguridad de 2,5 = 1.616 Kgmts suficiente para el calculado de 1.303,5 Kgmts.

CRUCETA.-

Perfil de hierro U, debe resistir el peso de conductores y de un hombre que eventualmente pueda apoyarse en ella.

Peso del conductor =  $0,118 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} = 5,9 \text{ Kg}$

Peso de un hombre = 80 Kg

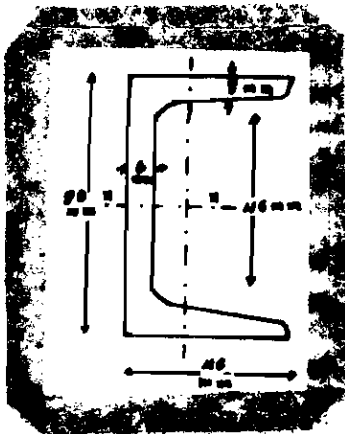
Total = 95,9 Kg

Momento flector =  $86 \text{ Kg} \times 0,6 \text{ mts} = 51,6 \text{ Kgmts}$ .

Para una fatiga de  $1.200 \text{ Kg/cmt}^2$  del hierro; momento resistente:

$$\frac{5.160 \text{ Kg/cmt}}{1.200 \text{ Kg/cmt}^2} = 4,3 \text{ cmt}^3$$

Perfil U escogido:



$M_r =$  momento resistente =  $27 \text{ cmt}^3$

$I =$  momento de energía respecto al eje x-x =  $106 \text{ cmt}^4$

$S =$  Sección .....  $11,0 \text{ cmt}^2$

$q =$  peso por metro lineal .....  $8,6 \text{ Kg}$

De ángulo.-

Absoñen los esfuerzos normales. El cambio de dirección se-  
ra soportado por un tensor.

Esfuerzo del tensor:

$$F_t = 2 \times T_m \times \text{sen } \alpha/2$$

$$T_m = 135,6 \text{ Kg para el número } 6 \text{ AWG}$$

$$T_m = 331 \text{ Kg para el número } 2 \text{ AWG}$$

$$T_m = 267 \text{ Kg para el número } 3 \text{ AWG}$$

$$T_m = 93,5 \text{ Kg para el número } 8 \text{ AWG}$$

Esfuerzo por el conductor # 6 AWG

$$F_t = 2 \times 135,6 \text{ Kg} \times 0,342 = 93,4 \text{ Kg} \times 3 \text{ conductores} = \\ 280,2 \text{ Kg.}$$

Por el conductor # 2 AWG

$$F_t = 2 \times 331 \text{ Kg} \times 0,342 = 226,33 \text{ Kg} \times 3 \text{ conductores} \\ = 679 \text{ Kg}$$

Por el conductor # 3 AWG

$$F_t = 2 \times 267 \text{ Kg} \times 0,342 = 182,6 \text{ Kg}$$

Por el conductor # 8 AWG

$$F_t = 2 \times 93,5 \text{ Kg} \times 0,342 = 63,9 \text{ Kg}$$

Esfuerzo total producido por los conductores y que debe ser resisti-  
do por el viento. (tensor)

$$280,2 + 679 + 182,6 + 63,9 \text{ Kg} = 1.205,7 \text{ Kg}$$

Si el tensor se monta bajo un ángulo de  $45^\circ$

$$F_t = 1.205,7 \text{ Kg} / 0,707 = 1.705,3 \text{ Kg}$$

Se empleará un cable de acero de  $\frac{1}{2}$ " que puede resistir 3.350 Kg.

Esfuerzos producidos por peso de conductores y presión del viento que debe ser absorbidos por el poste:

Peso de conductores  $\phi$  78,10 Kg

Presión del viento sobre conductores = 47,05 Kg

Presión del viento sobre el poste = 54,37 Kg  $\phi$  ya calculado)

Total = 179,52 Kg.

Momento flector con respecto al empotramiento = 1.303,5 Kgmts.

Poste escogido: el especificado en las curvas con una carga de rotura de 475 Kg a 20 cms de la punta, con el que se tendría un momento flector máximo de :

$475 \times 10,1 = 4.797,5$  Kgmts y con una factor de seguridad de 2,5 = 1.919 Kgmts. Suficientes para resistir el momento calculado de 1.303,5 Kgmts.

### CRUCETA

Se empleará perfil de hierro U, que debe resistir el peso de los conductores y el esfuerzo por cambio de dirección.

Momento flector por peso de conductores:

$$0,118 \times 50 \times 0,6 = 3,54 \text{ Kgmts.}$$

0,118 = peso por metro lineal del conductor # 6 AWG

50 = longitud del vano en metros

0,60 = longitud del brazo de la cruceta

Momento por cambio de dirección de los conductores:

$$M = 2 \times T_m \times \text{sen} \frac{\alpha}{2} \times 0,6 \text{ mts}$$

$$M = 2 \times 135,6 \text{ Kg} \times 0,352 \times 0,6 \text{ mts} = 55,6 \text{ Kgmts.}$$

Momento total 59,14 Kgcmts = 5.914 Kgcmts.

Para un fatiga de 1.200 Kg/cmt<sup>2</sup> del hierro, el momento resistente de la sección U debe ser:

$$\frac{5.914 \text{ Kgcmts}}{1.200 \text{ Kg/cmt}^2} = 4.92 \text{ cmt}^3$$

Se emplea perfil de:

$$M_r = \text{momento resistente} = 7 \text{ cmt}^3$$

$$I = \text{momento de inercia} = 20 \text{ cmt}^4 \text{ (respecto al eje } y-y)$$

$$S = \text{sección de perfil} = 11,0 \text{ cmt}^2$$

$$q = \text{peso por metro lineal} = 8,6 \text{ Kg}$$

#### POSTES DE ANCLAJE INTERMEDIO

Destinados a servir de puntos de apoyo de las líneas, son reforzados por un viento que debe soportar los 2/3 de la tracción de unilateral de conductores.

Esfuerzos que soporta el tensor:

$$\text{Por conductor \# 6 AWG} = 2/3 \times 135,6 \text{ Kg} \times 3 \text{ conductores} = 271,2 \text{ Kg}$$

$$\text{Por conductor \# 2 AWG} = 2/3 \times 331 \text{ Kg} \times 3 \text{ conductores} = 662 \text{ Kg}$$

$$\text{Por conductor \# 3 AWG} = 2/3 \times 367 \text{ Kg} \times 1 \text{ conductor} = 178 \text{ Kg}$$

$$\text{Por conductor \# 8 AWG} = 2/3 \times 93,5 \text{ Kg} \times 1 \text{ conductor} = 62,3 \text{ Kg}$$

$$\text{Total.....} = 1,173,5 \text{ Kg}$$

Si el tensor se monta bajo un ángulo de 45 grados, el esfuerzo a soportar será:

$$1,173,5 / 0,707 = 1.659,8 \text{ Kg}$$

Se necesita un cable de 1" de acero galvanizado de 3.350 Kg.



El momento producido por los esfuerzos normales y que deben ser soportados por el poste suman como se calculo anteriormente 1.303,5 Kgcmts.

Se usará un poste con carga de rotuba de 475 Kg a 20 cms de la punta.

### CRUCETA

De perfil de hierro U, debe resistir al igual que el poste los  $\frac{2}{3}$  de la tracción unilateral del conductor más el peso del mismo.

$$\text{Peso de conductor} = 0,118 \times 50 \text{ metros} = 5,90 \text{ Kg}$$

$$\text{Tracción } \frac{2}{3} \text{ de la máxima} = 135,6 \text{ Kg} \times \frac{2}{3} = 90,4 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 96,3 \text{ Kg.}$$

Momento flector respecta al eje Y-Y con un brazo de 0,6 mts.

$$M_f = 96,3 \text{ Kg} \times 0,6 \text{ mts} = 57,78 \text{ Kgcmts} = 5.778 \text{ Kgcmts.}$$

Para un fatiga de 1.200 Kg/cmt<sup>2</sup>.

$$\text{Momento resistente} = 5,778 \text{ Kgcmts} / 1.200 \text{ Kg/cmt}^2 = 4,81 \text{ cmt}^3$$

Perfil de hierro U de las siguientes características:

cas:

$$M_r = 7 \text{ cmt}^3$$

$$I = 20 \text{ cmt}^4$$

$$S = 11 \text{ cmt}^2$$

$$q = 8,6 \text{ Kg/mt}$$

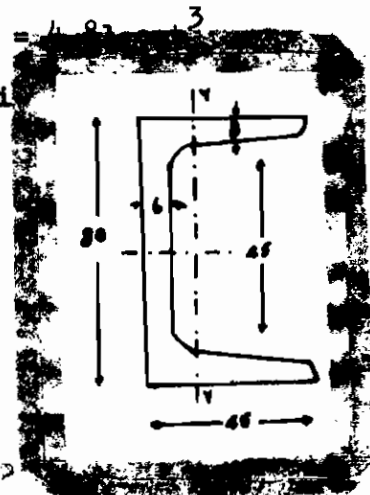
### POSTE TERMINAL

Soportará el esfuerzo máximo de tracción

de los conductores; el peso y presión del viento sobre líneas y poste.

La tracción máxima será soportada por el tensor; tendrá un valor de:

$$\text{Por conductor \# 6 AWG} = 409,5 \text{ Kg}$$



Por conductor # 2 AWG = 993 Kg

Por conductor # 3 AWG = 267 Kg

Por conductor # 8 AWG = 93,5 Kg

Total, =1.763 Kg

Si el tensor se monta bajo un ángulo de 45 grados el esfuerzo será de 2.493,6 Kg.

Se necesita un cable de acero de 5/8" cuya resistencia máxima es de 5.250 Kg.

Esfuerzos normales soportados por el poste:

Por peso de conductores:

$$Pa = 0,118 \times 25 = 2,95 \text{ Kg}$$

$$Pb = 0,118 \times 2 \times 25 = 5,90 \text{ Kg}$$

$$Pc = 0,299 \times 3 \times 25 = 22,4 \text{ Kg}$$

$$Pd = 0,237 \times 25 = 5,92 \text{ Kg}$$

$$Pe = 0,074 \times 25 = 1,85 \text{ Kg}$$

Momentos por peso de conductores:

$$Mpa = 2,95 \times 10,3 \text{ mts} = 30,38 \text{ Kgmts}$$

$$Mpb = 5,9 \times 9,77 \text{ " } = 57,64 \text{ "}$$

$$Mpc = 22,4 \times 8,14 \text{ " } = 182,33 \text{ "}$$

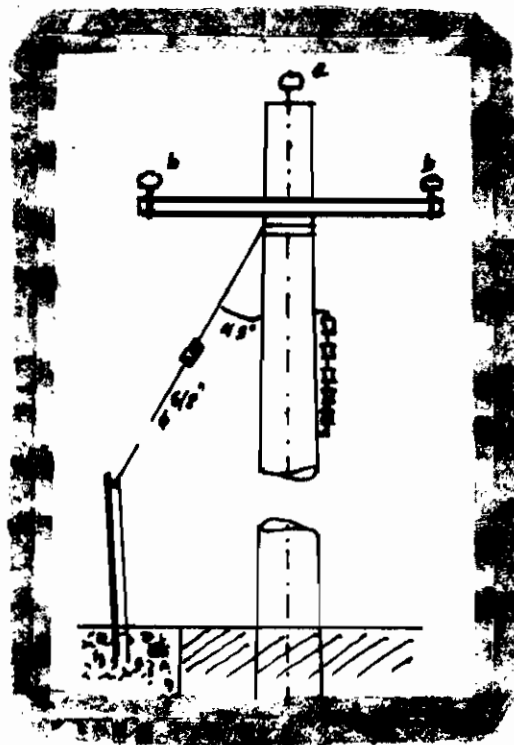
$$Mpd = 5,92 \times 7,52 \text{ " } = 44,51 \text{ "}$$

$$Mpe = 1,85 \times 7,32 \text{ " } = 13,54 \text{ "}$$

Total momento por peso de conductores = 328,4 Kgmts.

Por presión del viento sobre las líneas:

$$\text{Conductor \# 6 AWG} = 23,1 \text{ Kg/mt}^2 \times 0,0041 \times 25 = 2,36 \text{ Kg} \times 3 \text{ conducto-}$$



res = 7,08 Kg.

En el # 2 AWG = 3,75 Kg x 3 conductores = 11.25 Kg.

Conductor # 3 AWG = 3,34 Kg.

En conductor # 8 AWG = 1,84 Kg.

MOMENTOS POR PRESION DEL VIENTO SOBRE CONDUCTORES :

Mpva = 2,36 x 10,3 mts = 24,3 Kgmts .

Mpvb = 2,36 x 2 x 9,77 = 46,11 "

Mpvc = 11,25 x 8,14 = 91,67 "

Mpvd = 3,34 x 7,52 = 25,11 "

Mpve = 1,84 x 7,32 = 13,46 "

Momento total por presión del viento sobre conductores 200,55 Kgmts

Esfuerzo y momento por presión del viento sobre el poste:

Esfuerzo = 54,45 Kg ( calculado )

Momento respecto al empotramiento = 54,45 Kg x 4,52 mts = 246 Kgmts

Suma de momentos = 774,95 Kgmts.

Poste a utilizarse : con 475 Kg de carga de rotura a 20 cms de la punta.

CRUCETA

Debe soportar como el poste el esfuerzo máximo unilateral de conductor y peso del mismo:

Peso del conductor = 0,118 x 25 = 2,95 Kg

Tracción máxima = 135,6 Kg

Total = 138,55 Kg

Momento fléctor = 138,55 Kg x 0,60 mts = 83,13 Kgmts = 8.313 Kgcmts

para una fatiga de  $1.200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Momento resistente =  $8,313/1.200 = 6,92 \text{ cm}^3$

Perfil U de las siguientes características:

$$M_r = 7 \text{ cm}^3$$

$$I = 20 \text{ cm}^4$$

$$S = 11 \text{ cm}^2$$

$$q = 8,6 \text{ Kg/metro.}$$

### POSTE TERMINAL DE BAJA TENSION

Conductores que soporta:

Caso más desfavorable:  $3 \times \# 2 \text{ AWG} + 1 \times \# 3 \text{ AWG} + 1 \times \# 8 \text{ AWG}$

Longitud del poste: 10 metros.

Debe resistir el esfuerzo máximo unilateral de los conductores, del peso y presión del viento.

La máxima tracción deberá ser resistida por un tensor.

La fuerza del tensor será:  $F_t = 3 \times 331$

$993 \text{ Kg}$  por el conductor  $\# 2$ .

$1 \times 267 = 267 \text{ Kg}$  x el  $\# 3$ .

$1 \times 93,5 = 93,5 \text{ Kg}$  por el  $\# 8$ .

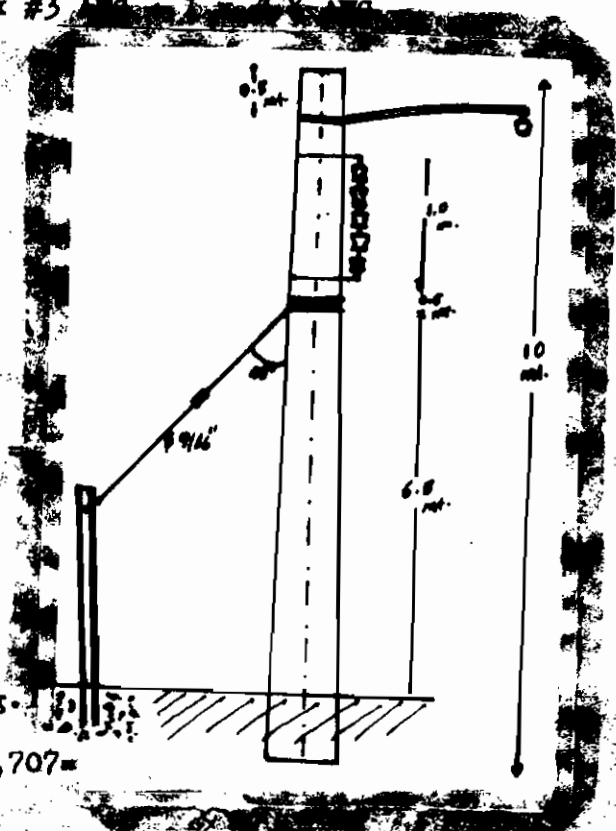
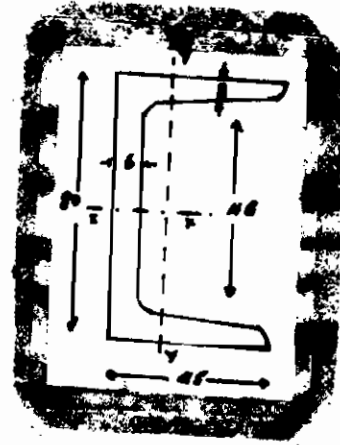
Esfuerzo total por resistir =  $1.353,5 \text{ Kg.}$

Para una inclinación de  $45^\circ = 1.353,5/0,707 =$

$1.914 \text{ Kg.}$

Se usará un cable de acero galvanizado de

$9/16"$ , que puede resistir  $4.350 \text{ Kg.}$



Esfuerzos soportados por el poste:

Por peso de conductores:

$$\# 2 \text{ AWG} = 0,299 \text{ Kg/mt} \times 25 \text{ mts} \times 3 \text{ conductores} = 22,4 \text{ Kg}$$

$$\# 3 \text{ AWG} = 0,237 \text{ " } \times 25 \text{ " } \times 1 \text{ conductor} = 5,92 \text{ Kg}$$

$$\# 8 \text{ AWG} = 0,074 \text{ " } \times 25 \text{ " } \times 1 \text{ conductor} = 1,85 \text{ Kg}$$

Por presión del viento sobre conductores:

$$\# 2 \text{ AWG} = 23,1 \text{ Kg/mt}^2 \times 0,0065 \text{ mts} \times 25 \text{ mts} = 3,75 \text{ Kg}$$

$$\# 3 \text{ AWG} = 23,1 \text{ " } \times 0,0058 \text{ " } \times 25 \text{ mts} = 3,35 \text{ Kg}$$

$$\# 8 \text{ AWG} = 23,1 \text{ " } \times 0,0032 \text{ " } \times 25 \text{ mts} = 1,84 \text{ Kg}$$

Por presión del viento sobre el poste:

$$\text{Sección expuesta al viento} \phi \frac{(0,13 + 0,257)}{2} \times 8,5 = 1,64 \text{ mts}^2$$

Carga por presión del viento  $\phi 23,1 \text{ Kg/mt}^2 \times 1,64 \text{ mts}^2 = 38 \text{ Kg}$ , que estará aplicada en el centro de gravedad.

$$z = \frac{8,5 (0,257 + 2 \times 0,13)}{3 (0,257 \phi 0,13)} = 3,79 \text{ metros.}$$

Momentos flectores: por peso de conductores:

$$\text{Por } \# 2 \text{ AWG} = 22,4 \text{ Kg} \times 7,5 \text{ mts} = 168 \text{ Kgmts. Por } \# 3 \text{ AWG} = 5,92 \text{ Kg}$$

$$\times 7,0 \text{ mts} = 41,4 \text{ Kgmts. - Por } \# 8 \text{ AWG} = 1,85 \text{ Kg} \times 6,5 \text{ mts} = 12,00 \text{ Kgmts.}$$

Por presión del viento sobre conductores :

$$\# 2 \text{ AWG} = 3,75 \text{ Kg} \times 7,5 \text{ mts} \times 3 \text{ conductores} = 84,3 \text{ Kgmts.}$$

$$\# 3 \text{ AWG} = 5,92 \text{ Kg} \times 7,0 \text{ mts} \times 1 \text{ conductor} = 23,4 \text{ "}$$

$$\# 8 \text{ AWG} = 1,84 \text{ Kg} \times 6,5 \text{ mta} \times 1 \text{ conductor} = 11,9 \text{ "}$$

Por presión del viento sobre el poste:

38 Kg x 3,79 mts = 144 Kgmts.

Total = 341 Kgmts.

Se usará un poste de los especificados para terminales con una carga de rotura de 475 Kg a 20 cms de la punta con lo que se tiene un momento flector de 3,467,5 Kgmts y con un factor de seguridad de 2,5 = 1.386 Kgmts suficientes para el momento calculado.

### ANCLAJES PARA TENSORES

Serán bloques de hormigón en masa; se calculará de la siguiente manera:

De postes terminales ( caso más desfavorable )

Esfuerzo a soportar = 3.543 Kg que es la resultante de : un esfuerzo horizontal de valor  $3.543 \times \cos 45^\circ = 2,498$  Kg que tiende a volcar el bloque y un vertical que tiene a levantarlo con una fuerza de  $3,543 \times \sin 45^\circ = 2,498$  Kg.

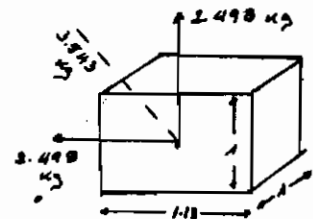
Se calcule para contrarrestar el esfuerzo que tiende a levantar el bloque.

Si se admite un peso de  $2.200 \text{ Kg/mt}^3$  para el hormigón, el volumen necesario será de:

$$2.498 \text{ Kg} / 2.200 \text{ Kg/mt}^3 = 1,13 \text{ mts}^3$$

las dimensiones del bloque pueden ser:

$$1 \times 1 \times 1,13 \text{ mts.}$$



De postes de ángulos .-

Fuerza que tiende a levantar el bloque =  $2.420 \times \sin 45^\circ = 1.710$

Volumen de hormigón ciclópeo:  $\frac{1.710 \text{ Kg}}{2.200 \text{ Kg/mt}^3} = 0,78 \text{ mts}^3$

DIMENSIONES FACTIBLES

0,9 mts x 0,9 mts x 0,96 mts.

Para tensores de anclaje intermedio :

Fuerza a contrarrestar =  $2.362 \times \text{sen } 45^\circ = 1.669 \text{ Kgr.}$

Volúmen del bloque =  $\frac{1.669 \text{ Kg}}{2.200 \text{ Kg/mt}^3} = 0,76 \text{ mts}^3$

DIMENSIONES FACTIBLES

0,9 mts x 0,9 mts x 0,94 mts.

PARA ALIMENTADORES

ANGULO

Fuerza a contrarrestar = 807 Kgr.

Volúmen a bloque =  $\frac{807 \text{ Kg}}{2.200 \text{ Kg/mt}^3} = 0,36 \text{ mts}^3$

Dimensiones: 0,7 mt x 0,7 mt x 0,73 mts.

ANCLAJE INTERMEDIO

Fuerza a contrarrestar = 1.109 Kg

Volúmen a bloque =  $\frac{1.109 \text{ Kg}}{1.109 \text{ Kg/mt}^3} = 0,54 \text{ mts}^3$

Dimensiones: 0,8 x 0,8 x 0,84 mts.

TERMINALES

Fuerza a contrarrestar = 1.667 Kg

Volúmen a bloque =  $1.667 \text{ Kg} / 2.200 \text{ Kg/mt}^3 = 0,76 \text{ mts}^3$

Dimensiones: 0,9 x 0,9 x 0,94 mts.

TERMINALES DE BAJA

Fuerza a contrarrestar =  $1.779 \times \text{sen } 45^\circ = 1.258 \text{ Kg.}$

$$\text{Volumen del bloque} = \frac{1.258 \text{ Kg}}{2.200 \text{ Kg/mt}^3} = 0,57 \text{ mts}^3$$

Dimensiones del bloque: 0,8 x 0,8 x 0,89 Mts.

COMPROBACION DE LA CARGA UNITARIA DE TRABAJO A LA QUE ESTA SOMETIDO EL

SUELO

Con el caso más desfavorable : poste con alta y baja que soporta:

3 conductores # 2 AWG; 1 # 3 AWG; 1 # 8 AWG y 3 #8 AWG.

Peso del poste = 780 Kg.

Peso de conductores ( vanos de 50 metros)

$$\# 6 \text{ AWG} = 3 \times 0,118 \text{ Kg/mt} \times 50 \text{ mts} = 17,7 \text{ Kg}$$

$$\# 2 \text{ AWG} = 3 \times 0,299 \text{ " } \times 50 \text{ " } = 45 \text{ Kg}$$

$$\# 3 \text{ AWG} = 1 \times 0,237 \text{ " } \times 50 \text{ " } = 11,8 \text{ Kg}$$

$$\# 8 \text{ AWG} = 1 \times 0,074 \text{ " } \times 50 \text{ # } = 3,7 \text{ Kg}$$

$$\text{Total conductores} = 78,2 \text{ Kg}$$

Peso total que soporta el suelo: 78,2 Kg + 780 Kg = 858,2 Kg

Sección de la base del poste que asienta el suelo:

$$\frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 31^2}{4} = 754 \text{ cmts}^2$$

Presión unitaria que soporta el suelo:

$$\frac{858,2 \text{ Kg}}{754 \text{ cmt}^2} = 1,13 \text{ Kg/cmt}^2$$

Valor que está dentro de los límites admisibles de trabajo del suelo.



7.- 4.

CORRIENTES DE CORTO-CIRCUITO

Las fallas que pueden presentarse en un sistema de fuerza son:

- a) CORTO-CIRCUITOS TRIFASICOS.
- b) CORTO-CIRCUITOS DE LINEA A LINEA.
- c) PUESTA A TIERRA DE LAS LINEAS.

Se estudiarán los Corto-circuitos trifásicos y las Puestas a tierra por ser las perturbaciones más frecuentes. Con lo que se determinarán: la máxima y mínima corriente anormal que puede presentarse; la capacidad de interrupción requerida por los aparatos de protección y podrá preverse la operación conveniente del equipo a emplearse.

M E T O D O   D E   C A L C U L O

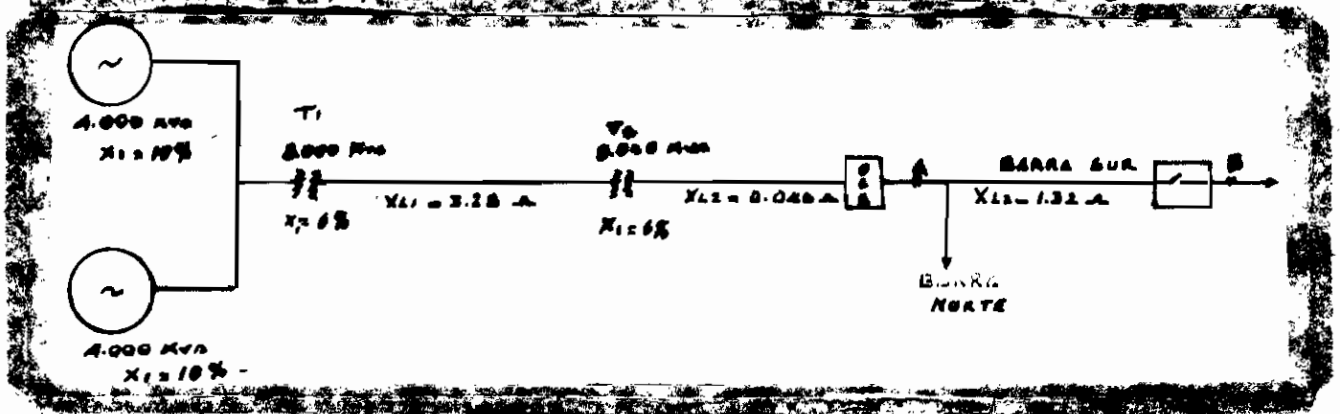
En sistemas de distribución se acoplan líneas que están a diferentes tensiones y para simplificar los cálculos se hace necesario la obtención de un diagrama simple en el que esten presentes todas las impedancias del sistema las que pueden estar referidas a una base ohmica, base en KVA o base en KV.

El diagrama así obtenido debe ser tal que reducidos todos los elementos resistivos e inductivos, den como resultado una sola impedancia entre la fuente de alimentación y la falla.

Aquí se empleará el método denominado "PORCENTUAL" que tiene como base un determinado valor de KVA.

C A L C U L O

El sistema en estudio presenta el siguiente diagrama:



a) ESTUDIO DEL CORTO-CIRCUITO TRIFASICO

Para esto se toman en cuenta solamente las reactancias de los elementos por ser las que más pesan en esta clase de perturbaciones. Al no tener en cuenta las resistencias, el equipo vendrá sobredimensionado.

Base del cálculo: 8.000 KVA

Reducción a %.-

$$X_{g1} = X_{g2} = \frac{X\% \times KVAb}{KVA} = \frac{10 \times 8.000}{4.000} = 20\%$$

$$X_{t1} = X_{t2} = \frac{X\% \times KVAb}{KVA} = \frac{6 \times 8.000}{8.000} = 6\%$$

$$X_{L1} = \frac{X \times 100 \times KVAb \times 1.000}{V^2} = \frac{3,28 \times 100 \times KVAb \times 1000}{13.800^2}$$

$$= \frac{3,28 \times 100 \times 8.000 \times 1.000}{13.800 \times 13.800} = 13,7\%$$

$$X_{L2} = \frac{X \times 100 \times 8.000 \times 10^3}{13.800^2} = \frac{0,046 \times 100 \times 8.000 \times 10^3}{13.800^2} = 0,193\%$$



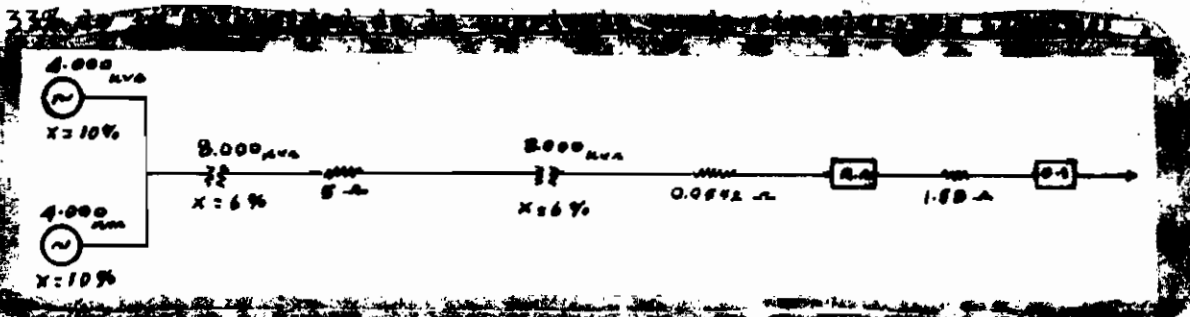
I Normal = 334 Amperios

$$I_{cc} = \frac{334}{0,413} = 813 \text{ Amperios}$$

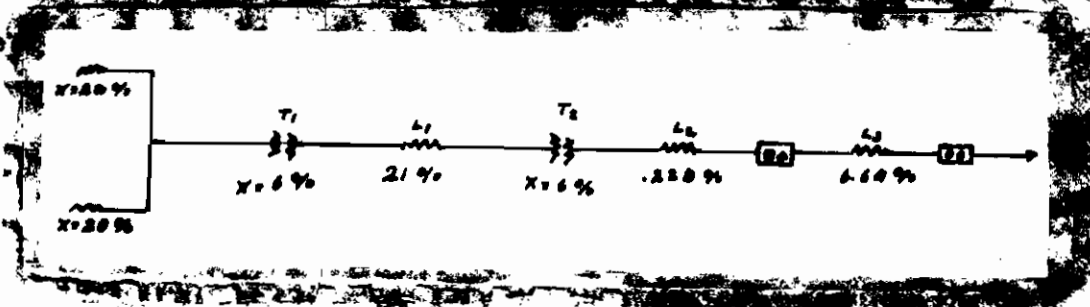
b) FASE A TIERRA

Para este estudio se toman las impedancias reales es decir compuestas de resistencia y reactancia.

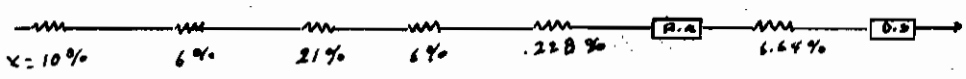
Para el cálculo se tendrá en cuenta las siguiente consideración: La impedancia del camino de retorno de la corriente por tierra será el 67% del valor del de la línea, esto por recomendación de algunos autores que dicen: En sistemas con varios puntos conectados a tierra, el



Transformando las impedancias a una base común de kVA (8,000) se tiene:



Reduciendo las impedancias paralelo a impedancias <sup>serie</sup> se tiene:





RED DE DISTRIBUCION PARA LA CIUDAD DE IBARRA

LISTA DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES

C A P I T U L O I. - CONDUCTORES DE COBRE Y ACCESORIOS

RENGLO#	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
1	21.000	Metros de conductor de cobre, desnudo, semiduro (Medium Hard Drawn) cableado, concéntrico, estirado en frío # 3/0 AWG. En cuando a sus características eléctricas y mecánicas se sujetará a las normas ASTM Clase B8-60.
2	180.820	Metros de conductor desnudo, semiduro, cableado, concéntrico, 7 hilos, estirado en frío # 2 AWG. En cuando a sus características eléctricas y mecánicas se sujetará a las normas ASTM Clase B8-60.
3	62.388	Metros de conductor de cobre similar al del renglón 1 pero # 3 AWG.
4	13.388	Metros de conductor de cobre similar al del renglón 1 pero # 4 AWG.
5	4.770	Metros de conductor de cobre similar al del renglón 1 pero # 5 AWG.
6	93.026	Metros de conductor de cobre similar al del renglón 1 pero # 6 AWG.

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
7	67.218	Metros de conductor de cobre # 8 desnudo, semiduro, en cuando a sus características eléctricas y mecánicas se sujetará a las especificaciones de las normas ASTM Clase B2-52.
8	4.419	Metros de conductor de cobre # 9 AWG, suave, recocado, sólido, desnudo, para ataduras, en cuando a sus características mecánicas se sujetará a las especificaciones de las normas ASTM Clase B3-56.
9	959	Metros de conductor de cobre suave # 1/0 AWG cableado, concéntrico, 7 hilos, con aislamiento de PVC para 600 voltios apropiado para montaje a la intemperie. El conductor se ajustará a las normas ASTM y el aislamiento a las normas para cables aislados S61-402 párrafo 3-7 de IPCEA similar a Reynolds Metals Company, tipo THW 75°C 600 voltios. Este cable se usará para la conexión de los transformadores a la red secundaria.
10	1.800	Metros de conductor desnudo, suave, cableado, concéntrico, calibre # 2 AWG. En cuando a sus características eléctricas y mecáni-

REGLON CANTIDAD

ESPECIFICACIONES

cas se sujetará a las normas B8-60 ASTM.

Este cable se usará para la conexión a tierra de los neutros y protectores de sobretensión.

11 852

Conectores de bronce 4 vías, para conductores 6 a 2 AWG similar a Anderson Electric Co catálogo XP - 018018.

12 203

Conectores de bronce perno endido, para conectar cables hasta # 5 AWG para conexión del hilo piloto similar a Joslyn Cat # J3604FG.

C A P I T U L O II .- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

13 19

Transformadores trifásicos de distribución de 75 KVA tipo convencional, sumergidos en aceite autorefrigerados, para montaje a la intemperie para trabajar a 2.205 metros sobre el nivel del mar; soportará un aumento de temperatura de 65°C sobre la temperatura media ambiente de 30°C; voltaje nominal primario 13,8 KV conexión delta con dos derivaciones de 2,5% sobre y bajo la tensión nominal. Nivel básico de aislamiento 95 KVA(BIL) Arrollamiento de baja en ee



REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
		coneccción estrella con neutro accesible 210/127 voltios. Equipado con indicador de nivel de aceite, llave de coneccción para prensa filtro Las características eléctricas estarán sujetas a las normas ASA 657-12. 1958. Similar a General Electric Cat # 760-40F9145.
14	12	Transformadores trifásicos de distribución similares a los del renglón anterior pero de 60 KVA. al no encontrarse se usará de 75
15	73	Transformadores de distribución similares a los del renglón 13 pero de 45 KVA similares a General Electric Cat # 760-4DF9145.
16	64	Transformadores de distribución similares a los del renglón 13 pero de 30 KVA similares a General Electric Cat # 760-4DF9130.
17	9	Transformadores monofásicos de distribución de 25 KVA tipo convencional, sumergidos en aceite y autorefrigerados. Diseñados para soportar un aumento de temperatura de 65°C sobre la temperatura media ambiente de 30°C con sus accesorios para montaje en poste. Tensión nominal primaria 13,8 KV 60 Ciclos. Nivel básico de aislamiento 90 KV (BIL). Con dos Bushings en alta.-

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
		Tensión nominal secundaria 240/120 voltios Diseñados según las normas EEI-NEMA similar a General Electric Cat # 28H570.
18	4	Transformadores monofásicos de distribu- ción similares a los del renglón 17 pero de 37,5 KVA similares a General Electric Cat # 28H571.
19	3	Transformadores monofásicos de distribución similares a los del renglón 17 pero de 15 KVA similares a General Electric Cat # 28H569.
20	2	Transformadores monofásicos similares a los del renglón 17 pero de 12 KVA similares a General Electric Cat # 28H568.
21	3	Transformadores monofásicos de distribu- ción de 10 KVA similares a General Electric Cat # 28H567.

C A P I T U L O III.-  AISLADORES DE PORCELANA

22	2.680	Aisladores de porcelana procesada en hú- medo tipo PIN, color café con agujero ros- cado de 1" de diámetro. En cuanto a sus características eléctricas y mecánicas se sujetarán a las normas EEI-NEMA. Clase 55-4 similar a A.B. Chance Cat # 6198.
----	-------	--

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
23	550	Aisladores de porcelana procesada en húme- do, tipo PIN, color café con agujero roscado de 13/8" de diámetro. En cuanto a sus ca- racterísticas eléctricas y mecánicas se sujetarán a las normas EEI-NEMA. Clase 55-5 similares a A.B. Chance Cat # 6199A.
24	150	Aisladores de porcelana procesada en húme- do y barnizada al fuego, color café tipo sus- pensión . En cuanto a sus características eléctricas y mecánicas se sujetará a las normas EEI-NEMA Clase 52-1 similar a A.B. Chance Cat # 6220.
25	5.400	Aisladores de porcelana procesada en húme- do tipo rollo color café de 3" de altura y 3 1/8" de diámetro con agujero de 11/16" de diámetro diseñada según las normas EEI- NEMA Clase 53-2 similar a Line Material Cat # WD684.
26	3.420	Aisladores de porcelana procesada en húme- do tipo rollo color café de 2 1/8" de altu- ra y 2 1/4" de diámetro con agujero de 11/16" de diámetro diseñado según las especifica- ciones de EEI-NEMA Clase 53-1 similar a Line Material Cat # WD671.

C A P I T U L O IV.- EQUIPO DE PROTECCION Y CONTROL

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
27	2	Reconectores automáticos tripolares para 13,8 KV. Nivel Básico de aislamiento 110 KV (BIL) Máxima capacidad de conducción en condiciones normales 280 Amperios. Similar a Westinghouse Cat # 400-PR-280.
28	24	Seccionadores sumergidos en aceite para operar a voltaje nominal de 14,4 KV y con una corriente nominal de 280 Amperios. Se instalarán en bancos trifásicos. Se proveera con todos los accesorios para montaje en postes de hormigón y para ser operados manualmente en grupo; diseñado de acuerdo a las normas ASA y NEMA para un nivel básico de aislamiento de 95 KV(BIL) similares a Line Material Cat # KWMC2 tipo NM Switch triólar para 15 KV y 400 Amperios nominales para usarse a la intemperie , con todos los accesorios para montarse en cruceta de hierro doble. Diseñado según las especificaciones de EEI - NEMA. Similares a A.B. Chance Cat # M2A Tipo M2A 1.954.
29	1	

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
30	555	Protectores de sobretensión (pararrayos) Tipo Válvula, modelo de distribución, diseñado para una tensión de trabajo de 15 KV; se suministrará con sus accesorios para montaje en cruceta de hierro y conexión de línea a tierra. En cuanto a sus características eléctricas se sujetará a las normas EEI-NEMA. C62-1 Similar a Westinghouse Cat # 367C300A15.
31	40	Relés unipolares con contacto de carga de 30 amperios y 240 voltios. Contactos normalmente abiertos con bobina de-energizada. Bobina de operación para 240 voltios y 60 ciclos.- Se suministrará completo con fusible sobre el circuito de carga, pararrayos y accesorios para montaje en poste de hormigón. Similar a Line Material Cat # WSB-MRXD.
32	8	Células fotoeléctricas para control, de alumbrado público para operación a la intemperie y un voltaje de 220 voltios similar a Line Material Cat # WTA-6501A.

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
33	40	Switch unipolares con contacto para 30 Amperios y 240 voltios, para usarse en operación manual del hilo piloto. Completo con portafusibles para el elemento fusible.
34	206	Fusibles de cinta tipo K para dos Amperios similares a A.B. Chance Cat # M2K26.
35	219	Fusibles de cinta tipo K para 3 Amperios similares a A.B. Chance Cat # M3K26.
36	30	Fusibles de cinta tipo H (Hight Surge) para 3 amperios similar a A.B. Chance Cat # M3H26.
37	107	Fusibles de cinta tipo H para 5 amperios similares a A.B. Chance Cat # M5H26.
38	12	Fusibles de cinta de elemento de estaño y botón de cabeza diseñado según las normas EEI-NEMA tipo K para 6 amperios similares a A.B. Chance Cat # M6K26.
39	12	Fusibles de cinta tipo H para 8 amperios similar a A.B. Chance Cat # M8H26.
40	20	Fusibles de cinta tipo H para 10 amperios similar a A.B. Chance Cat # M10H26.
41	18	Fusibles de cinta tipo H para 15 amperios similar a A. B. Chance Cat # M15H26.

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
42	30	Fusibles de cinta tipo H para 20 amperios similar a A.B. Chance Cat # M20H26.
43	30	Fusibles de cinta tipo H para 25 amperios similar a A. B. Ohance Cat # M25H26.
44	10	Fusibles de cinta tipo K para 50 amperios similar a A.B. Chance Cat # M50K26.
45	10	Fusibles de cinta tipo K para 65 amperios similar a A. B. Chance Cat # M65K26.
46	6	Fusibles de cinta tipo K para 80 amperios similar a A. B. Chance Cat # M80K26.
47	192	Fusibles de cinta tipo K para 100 amperios similar a A. B. Chance Cat # M100K26.
48	240	Fusibles de cinta tipo K para 140 amperios similar a A. B. Chance Cat # M140K26.
49	110	Fusibles de cinta tipo K para 200 amperios similar a A. B. Chance Cat # M200K26.

C A P I T U L O V2 CABLES DE ACERO, RACKS, PERNOS Y ACCESORIOS

METALICOS

50	879	Pernos Pin de acero galvanizado, para instalación en la punta del poste de hormigón, con rosca de plomo de 1" de diámetro, longitud del Pin sobre la punta del poste 5". Longitud del pasador 1 1/2 longitud de la rosca 1 1/4 Similar a Line Material Cat # DP2S37.
----	-----	--

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
51	197	Pernos Pin de acero galvanizado para insla- ción en la punta del poste con rosca de plo- mo de 1 3/8". Similar a A. B. Chance Cat # 2.195.
52	394	Pernos Pin de acero galvanizado en caliente de 1" de diámetro, 6" de longitud con rosca de 1 3/8" de diámetro con tuerca y arandela para sujeción en cruceta de hierro. Similar a A.B. Chance Cat # 4323.
53	1.800	Pernos Pin de acero galvanizado en caliente de 3/4" de diámetro con rosca de plomo de 1"; longitud 6" con tuerca y arandela para sujeción en cruceta de hierro similar a A. B. Chance Cat # 4711.
54	1.220	Metros de clave de acero galvanizado de 1/2" de diámetro. 7 hilos, en cuanto a sus carac- terísticas mecánicas deberá satisfacer las normas ASTM Clase A 122-54T de 3.350 Kg de resistencia a la rotura.
55	1.182	Metros de cable de acero galvanizado simi- lar al del renglón 54 pero de 5/8" de diá- metro y 4.250 Kg de resistencia a la rotu- ra.



RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
56	900	Metros de cable de acero galvanizado similar al del renglón 54 con 3/8" de diámetro y 2.980 Kg de resistencia a la rotura.
57	261	Metros de cable de acero galvanizado similar a los del renglón 54 pero de 9/16" de diámetro y 4.350 Kg de resistencia a la rotura.
58	1.642	Bastidores metálicos (Racks) de acero galvanizado en caliente, diseñado para soportar 5 aisladores con espaciamento de 8" entre centros. El soporte posterior será de pletina de 3/16" x 2 1/4" y de forma trapezoidal adecuada para montaje en poste. Los soportes de los aisladores de 3/16" x 1 1/2" en U de 3" de abertura con pasador de 5/8" de diámetro similar a Line Materials Cat # DR7R4.
59	398	Bastidores metálicos (Racks) de acero galvanizado similares a los del renglón anterior pero para soportar 4 aisladores similares al Line Material Cat # DR7R3.
60	1.642	Abrazaderas circulares de dos sectores para una sola sujeción, de acero galvanizado en caliente formada por pletina de 1/4" x 1 1/2" y pernos de 3 1/2" x 1/2" de diámetro para montarse en postes de 5 1/2" a 6" de diámetro

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
61	398	para sujeción de los bastidores metálicos similar a Line Material Cat # DG4B7.
62	165	Abrazaderas circulares de dos sectores para una sola sujeción, de acero galvanizado en caliente formada por platina de 1/4" x 1 1/2" y pernos de 3 1/2" x 1/2" de diámetro para montarse en postes de 6" a 6 3/4" de diámetro similar a Line Material Cat # DG4B8.
63	48	Varilla de anclaje de acero galvanizado de 3/4" de diámetro y 8' de longitud con ojo de sujeción para tensores similar a A.B. Chance Cat # 5328.
64	426	Varillas de anclaje similares a las del renglón anterior pero de 1/2" de diámetro y 7' de longitud similar a A.B. Chance Cat # 5307.
65	426	Grampas mordazas de retención para cable tensor de 3 tornillos de sujeción similares a Line Material Cat # DG3C1.
66	2.500	Mangito guadacabo de acero galvanizado en caliente para protección del cable tensor similar a A.B. Chance Cat # 6502.
66	2.500	Brazos tubulares para soporte de luminarias con sus accesorios. El tubo será de 1 1/4"

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
		de diámetro y 5' de longitud, pintada con una capa de pintura anticorrosiva t 2 capas de pintura de aluminio.
67	184	Porta Neutro de acero galvanizado en caliente similar a A.B. Chance Cat # 3470.
68	201	Abrazaderas para montaje de transformadores en poste de hormigón de hasta 100 KVA completo con su adaptador, pernos y tuercas manufacturados de acuerdo a las especificaciones de las normas Standar EEI-NEMA Similar a A.B. Chance Cat # C-150.
69	19	Abrazaderas para montaje de transformadores similares a las del renglón anterior pero hasta 25 KVA Similar a A.B. Chance Cat # C-115.
70	184	Varillas Cooperweld de 5/8" de diámetro y 8' de longitud para puestas a tierra con su respectivo conector similar a A.B.Chance Cat # 8438.

C A P I T U L O VI . EQUIPO DE ALUMBRADO PUBLICO

71	2.190	Luminarias tipo cubierto apropiado para lámparas de vapor de mercurio tipo HPL similar a Philips Cat # 68756-AB/100.
----	-------	--

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
72	2.205	Lámparas de vapor de mercurio de 125 Watios y 240 voltios con casquillo mediano y apropiadas para usarse con las luminarias del renglón anterior.
73	2.205	Balastos para 240 voltios, 60 ciclos para utilizarse con las lámparas del renglón anterior, equipadas con condensador para corrección del factor de potencia.
74	15	Luminarias tipo decorativo para lámparas de vapor de mercurio del renglón 72. Tipo HR6-10 Similar a Philips Cat # <del>65748</del> 0AE/100.
75	15	Soportes de hierro tubular de 5,5 Mts de longitud y 4" de diámetro para usarse con las luminarias decorativas.

**C A P I T U L O VII.- POSTES Y CERCETAS**

76	421	Postes de hormigón centrifugado de 12 Mts de longitud, 13 cms de diámetro en la punta, conicidad 1,5 cms/Mt y resistencia a la rotura de 400 Kg a 20 cms de la punta.
77	328	Postes de hormigón centrifugado de 12,5 Mts de longitud, 13 cms de diámetro en la punta, 1,5 cms/Mt de conicidad y 450 Kg de resistencia a la rotura a 20 cms de la punta.

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
78	372	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts de longitud y 14,5 cms de diámetro en la punta 1,5 cms/Mt de conicidad y 475 Kg de resistencia a la rotura a 20 cms de la punta.
79	6	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts de longitud, 13 cms de diámetro en la punta y 350 Kg de resistencia a la rotura.
80	142	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts. de longitud y 1 cm de diámetro y 700 Kg de resistencia a la rotura a 20 cms de la punta.
81	38	Postes similares a los del renglón anterior pero de 574 Kg de resistencia a la rotura.
82	610	Postes de hormigón centrifugado de 10 mts. de longitud, 13 cms de diámetro en la punta 1,5 cms/Mt de conicidad y 400 Kg de resistencia a la rotura a 2 cms de la punta.
83	97	Postes de hormigón centrifugado similares a los del renglón anterior pero de 350 Kg de resistencia a la rotura.

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
84	26	Postes de 10 mts de longitud, hormigón centrífugado, 14,5 cmts de diámetro en la punta 1,5 cmts/mt de conicidad y 475 Kg de resistencia a la rotura.
85	436	Crucetas de hierro de perfil U de 37,5 $\text{cm}^2$ de sección y 197 $\text{cm}^4$ de momento de Inercia
86	600	Crucetas de perfil de hierro U de 11 $\text{cm}^2$ de sección y 106 $\text{cm}^4$ de momento de Inercia.
87	40	Crucetas de hierro de perfil U de 42,5 $\text{cm}^2$ de sección y 248 $\text{cm}^4$ de momento de inercia.

-----

PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA RED DE DISTRIBUCION

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			\$	\$
CAPITULO	<u>I.- CONDUCTORES DE COBRE Y ACCESORIOS</u>			
1	21.000	Metros de conductor de cobre # 3/0 AWG (Medium Hard Drawn)	512/Kmt	10.752
2	<del>180</del> 1820	Metros de conductor de cobre # 2 AWG	300/Kmt	54.246
3	62.388	Metros de conductor de cobre # 3 AWG	254/Kmt	15.847
4	13.388	Metros de conductor de cobre # 4 AWG	192/Kmt	2.570
5	4.770	Metros de conductor de cobre # 5 AWG	154/Kmt	735
6	93.026	Metros de conductor de cobre # 6 AWG	126/Kmt	11.721
7	67.218	Metros de conductor de cobre # 8 AWG	81/Kmt	5.444
8	4.419	Metros de conductor de cobre # 9 AWG	65/Kmt	288
9	959	Metros de conductor de cobre suave # 1/0 AWG	<del>1.250</del> 1.250/Kmt	1.198
10	1.800	Metros de conductor de cobre suave # 2 AWG	300/Kmt	540

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
			\$	\$
11	852	Conectores de bronce (4 vías)	2,08	1.772
12	203	Conectores de bronce perno endido	0,244	50

**CAPITULO II.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION**

13	19	Transformadores trifásicos de 75 KVA	885	16.815
14	12	Transformadores trifásicos de 60 KVA	720	8.640
15	73	Transformadores trifásicos de 45 KVA	705	51.465
16	64	Transformadores trifásicos de 30 KVA	516	33.024
17	9	Transformadores monofásicos " 25 KVA	500	4.500
18	4	Transformadores monofásicos " 37,5 "	998	3.992
19	3	Transformadores monofásicos " 15 "	592	1.776
20	2	Transformadores monofásicos " 12 "	520	1.040
21	3	Transformadores monofásicos " 10 "	472	1.416

**CAPITULO III.- AISLADORES DE PORCELANA**

22	2.680	Aisladores tipo PIN con agujero de 1" de diámetro.	1,4	3.752
23	550	Aisladores tipo PIN con agujero de 1 3/8"	1,8	990
24	150	Aisladores tipo suspensión simila- res a A.B. Chance Cat # 6220	2,0	300
25	5.400	Aisladores tipo rollo de 3 1/8" de diámetro y 3" de longitud	0,20	1.080



REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
26	3.420	Aisladores tipo rollo de 2 1/8" de longitud y 2 1/4" de diámetro.	0,16	548
<b>CAPITULO IV.- EQUIPO DE PROTECCION Y CONTROL</b>				
27	2	Reconectadores tripolares para 13,8 KV.	1.690,0	3.380
28	24	Seccionadores sumergidos en aceite para 280 Amp. nominales	85	2.040
29	1	Switch tripolar para 400 Amp.	1.276	1.276
30	555	Protectores de sobrepensión tipo válvula.	22,0	12.210
31	40	Relés unipolares para 30 Amp y 240 voltios.	40,0	1.600
32	8	Células fotoeléctricas para con- trol de alumbrado.	36,1	289
33	40	Switch unipolares para 30 Amp.	1,5	60
34	206	Fusibles tipo K para 2 Amp.	0,6	124
35	219	Fusibles tipo K para 3 Amp.	0,6	132
36	30	Fusibles tipo H para 3 Amp.	0,6	18
37	107	Fusibles tipo H para 5 Amp.	0,6	64
38	12	Fusibles tipo K para 5 Amp.	0,6	8
39	12	Fusibles tipo H para 8 Amp.	0,6	8

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
40	20	Fusibles tipo H para 10 Amp.	0,7	14
41	18	Fusibles tipo H para 15 Amp.	0,8	15
42	30	Fusibles tipo H para 20 Amp.	0,8	24
43	30	Fusibles tipo H para 25 Amp.	0,9	27
44	10	Fusibles tipo K para 50 Amp.	1,3	13
45	10	Fusibles tipo K para 65 Amp.	1,5	15
46	6	Fusibles tipo K para 80 Amp.	1,7	11
47	192	Fusibles tipo K para 100 Amp.	1,9	365
48	240	Fusibles tipo K para 140 Amp.	1,92	461
49	110	Fusibles tipo K para 200 Amp.	1,95	215

**CAPITULO V.- CABLES DE ACERO, RACKS, PERNOS Y ACCESORIOS METALICOS**

50	879	Pernos PIN con rosca de plomo de 1" de diámetro similar a Line Material Cat # DP2S37	0,7	616
51	197	Pernos PIN con rosca de plomo de 1 3/8" de diámetro similar a A.B. Chance Cat # 2195	0,75	148
52	394	Pernos PIN de 1" de diámetro, 6" de longitud y rosca de 1 3/8"	0,72	284
53	1.800	Pernos PIN de 3/4" de diámetro, 6" de longitud con rosca de plomo de 1"	0,28	504

REGLION	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
54	1.220	Metros de cable de acero de 1/2" de diámetro	138/Kmt	169
55	1.182	Metros de cable de acero de 5/8" de diámetro	152/Kmt	180
56	900	Metros de cable de acero de 3/8" de diámetro	132/Kmt	119
57	261	Metros de cable de acero de 9/16" de diámetro	148/Kmt	40
58	1.642	Bastidores metálicos para 5 aisladores.	2,45	4.023
59	398	Bastidores metálicos para 4 aisladores.	2,1	836
60	1.642	Abrazaderas circulares de 2 sectores para montarse en postes de 5 1/2" a 6" de diámetro.	1,31	2.151
61	398	Abrazaderas circulares de 2 sectores para montarse en postes de 6" a 6 3/4" de diámetro.	1,62	645
62	165	Barillas de anclaje de 3/4" de diámetro y 8' de longitud.	2,1	347

RENGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO #	PRECIO TOTAL #
63	48	Varillas de anclaje de 1/2" de diámetro y 7' de longitud.	1,8	87
64	426	Grampas mordazas de retención .	1,95	830
65	426	Manguitos Guardacabos	0,1	42,6
66	2.500	Brazos tubulares para soporte de luminarias	2,0	5.000
67	184	Porta Neutro de acero galvanizado.	0,9	166
68	201	Abrazaderas para montaje de transformadores de hasta 100 KVA.	7,5	1.508
69	19	Abrazaderas para montaje de transformador de hasta 25 KVA	7,0	133
70	184	Varillas de Cooperweld de 5/8" y 8' de longitud.	3,35	617
<b>CAPITULO VI .- EQUIPO DE ALUMBRADO PUBLICO</b>				
71	2.190	Luminarias tipo HPL	20,0	43.800
72	2.205	Lámparas de vapor de mercurio 125 Watios.	2,4	5.292
73	2.205	Balastos para 240 voltios	5,4	11.907

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
			\$	\$
74	15	Luminarias tipo decorativo tipo HR6-10.	25,0	375
75	15	Soportes de hierro tubular de 4" de diámetro y 5,5 mts de longitud	28,0	420
<b>CAPTULO VII.- <u>POSTES Y CRUCETAS</u></b>				
76	421	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts.de longitud y 400 Kg de resistencia a la rotura.	40,0	16.840
77	328	Postes de hormigón centrifugado de 12,5 mts de longitud y 400 Kg de resistencia a la rotura.	45,0	14.760
78	372	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts. de longitud y 475 Kg de resistencia a la rotura.	42,0	15.624
79	6	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts, de longitud y 350 Kg de resistencia a la rotura.	38,0	228
80	142	Postes de hormigón centrifugado de 12 mts de longitud y 700 Kg de re- sistencia a la rotura.	43,0	6.106

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
			₺	₺
81	38	Postes similares a los del renglón anterior pero con 575 Kg de resistencia a la rotura.	41,0	1.558
82	610	Postes de hormigón centrifugado de 10 mts de longitud y 400 Kg de resistencia a la rotura.	30	18.300
83	97	Postes de hormigón centrifugado similares a los del renglón anterior pero de 350 Kg de resistencia a la rotura.	28	2.716
84	26	Postes de hormigón centrifugado similares a los del renglón 82 pero con una resistencia a la rotura de 475 Kg.	33	858
85	436	Crucetas de hierro perfil U de 37,5 cmt <sup>2</sup> de sección y 197 cmt <sup>4</sup> de momento de enercia.	8	3.488
86	600	Crucetas de hierro perfil U de 11 cmts <sup>2</sup> de sección y 106 cmt <sup>4</sup> de momento de inercia.	4	2.400

REGLON	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
87	40	Crucetas de hierro perfil U de 42,5 cmts <sup>2</sup> de sección y 248 cmts <sup>4</sup> de momento de inercia.	8,5	340

COSTO APROXIMADO DE EQUIPO Y MATERIALES.....\$420.327,6

Los precios estipulados son CIF Guayaquil.

El costo aproximado en sures sería de ..... \$ 8'406.552,00

-----

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

- 1.- "Manual Standard del Ing. Electricista" por ARLHER E KNOWLTON  
Segundo Tomo (1.962)
- 2.- "Trasmisión y Distribución Eléctrica" por Bernhardt G.A. Skrotzki  
Edición 1.962.
- 3.- "Manual de Montador Electricista" I yII tomo por Terrell Croft  
Ing. Consultor .- 1962.
- 4.- "Escuela del Técnico Electricista" por Paul Hering.- Edición 1.959.
- 5.- "Manual del Ing. Electricista" por Harold Pender P.H.D.- S.C.D.-y  
William A. del Mar A.C.G.I. II Tomo Edición del año 1.952.
- 6.- "Manual Whittaker de Ingeniería Eléctrica" por R.E. Nealc. Edición  
1.952.
- 7.- "Centrales y Redes Eléctricas" por Dr. TH Buchhold y Dr Ing H  
Happoldt.- Edición 1.959.
- 8.- "Teoría y Práctica de la Corriente Alterna" por A.T. Dover M.I.E.E.  
A.M.A.I.E.E. Edición 1.939.
- 9.- "Electrotecnia Fundamental" por A O'connor y de Latil.- Editado en  
Madrid 1.955.
- 10.- "Costos y Tarifas en el suministro de la Electricidad" por D.I. Bol-  
ton MSC. M.I.E.E. Edición 1944.
- 11.- "Circuitos de Corriente Alterna" por Russel M Kerchner y George F.  
Corcoran.- Edición 1.959.
- 12.- "Líneas y Redes Eléctricas" por P. Marcellic.- Edición 1.957.
- 13.- "Circuitos Eléctricos" por MIT Massachusetts Institute of Tecnology.  
Edición 1.961.



- 14.- "Redes Eléctricas de Distribución" por Gaudecio Zopetti Judes  
Ingeniero Industrial.- Edición 1.948.
- 15.- "Sistemas de Distribución" por Electric Utility Engineer of the  
Westinghouse Electric Corporation. U.S.A. 1.963.
- 16.- "Líneas de Trasmisión y Distribución" por Westinghouse Electric  
Corporation 1.958.
- 17.- "Manual de Alumbrado" por Westinghouse Electric Corporation.  
Edición 1.962.
- 18.- "Manual de Luminotecnia" por H Zill Edición 1.958.
- 19.- "Boletín de Censos Nacionales" (1.962)
- 20.- "Boletín de la Junta de Planificación y Coordinación Económica  
(1.964
- 21.- Boletín de Servicio Metereológico 1.962.
- 22.- Poligrafiados de Distribución y Trasmisión . Por Ings. Vicente  
Jácome y Honorato Placencia.
- 23.- Poligrafiados de Prácticas de Electrotecnia del Ing. Alfonso Men-  
dizabal.