

0568

DESCARTE

FACULTAD DE INGENIERIA U. N. A. M.

**SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA Y
ALUMBRADO PUBLICO PARA UNA ZONA RESIDENCIAL
DEL PUERTO DE ACAPULCO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

FERNANDO EIMBCKE IRIARTE

MEXICO, D. F.

1963





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Con gratitud a mis padres

A sylvia



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
México

Al Pasante señor Fernando SIMBECKE IRIARTE
P r e s e n t e .

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Miguel Reyes A., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero MECANICO ELECTRICISTA.

SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA Y
ALUMBRADO PUBLICO PARA UNA ZONA RESIDENCIAL DEL
PUERTO DE ACAFULCO

conceptos: "Deberán desarrollarse los siguientes

1. Diferentes sistemas de distribución urbana. Circuitos primero y secundario.
2. Determinación y cálculo de cargas, centros de cargas. Selección del Sistema a adoptar.
3. Cálculo eléctrico del sistema. Circuitos primarios y secundarios.
4. Cálculo mecánico.
5. Sistema de Alumbrado Público
6. Presupuesto del Sistema completo."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 24 de Junio de 1963.
EL DIRECTOR


Ing. Antonio Dovalí Jaime

ADJ'NMO'cag.

P R O L O G O

Acapulco es, sin lugar a dudas, un puerto eminentemente turístico. Año con año, miles de vacacionistas nacionales y extranjeros acuden a deleitarse dentro del maravilloso paisaje con que la naturaleza generosa prodigó a este bello puerto: playas de singular belleza en donde se siente el verdadero contacto con la naturaleza; - varias pequeñas bahías que por la mansedumbre de sus aguas, más se asemejan a lagos apacibles en donde reina la calma que tranquiliza el espíritu y nos llena de sano impulso.

Huelga decir, por tanto, cuales son las razones de la afluencia turística que viene con el deseo de solazarse y descansar en tan sugestivo ambiente, transformándolo en el centro de turismo -- más importante con que cuenta México, lo cual trae aparejado el -- problema intrínseco de la versatilidad de sus viviendas.

Grandes y lujosos hoteles y moteles, etc., han sido creados para solucionar éste problema, con todas las comodidades que puedan ofrecer en cualquier otra parte del mundo, pero también, junto a la construcción de hoteles, se han ido fraccionando grandes extensiones de terreno, de los cuales, por supuesto, se eligieron aquellos que se hallasen cercanos al mar, especialmente los que tuvieran playas colindantes, en donde se construyen todos aquellos servicios que le son indispensables al hombre, tales como iglesias, - supermercados, escuelas, correos, telégrafos, casetas de vigilancia, etc., todo lo que permite al ser humano vivir con la comodidad a que lo tiene acostumbrado la civilización y a su vez, disfrutar de tranquilidad y de las bellezas de la naturaleza.

Ahora bien, el objeto de éste trabajo es el de proyectar el -- sistema de distribución que abastecerá de energía eléctrica a una zona residencial.

Este fraccionamiento está situado en la parte Sur y Este del - Puerto de Acapulco, a unos 20 kilometros aproximadamente sobre la-

carretera que va de Acapulco al Puerto Aéreo y Plan de los Amates.

Cubre una superficie de 900,000 M², colindando con el Océano Pacífico y rodeado de campos de cultivo.

A pesar de que se encuentra alejado un poco del Puerto de Acapulco, propiamente dicho, no por eso deja de tener su importancia, puesto que no carece de las bellezas naturales que caracterizan a toda esa parte del litoral del Océano Pacífico, contando, para tal efecto, con los servicios públicos necesarios, además de las comodidades de cualquier ciudad bien planeada.

Por lo que respecta a nuestro caso particular, la alimentación de energía eléctrica es proporcionada por la Cía. de Luz y Fuerza Motriz de Guerrero, S. A., la cual a su vez, forma parte integrante de la Comisión Federal de Electricidad. La energía proviene de la Planta Termoeléctrica "Las Cruces", a través de la Subestación reductora de Puerto Marqués, de tal suerte que el voltaje que tenemos en los transformadores de distribución es de 6,600 Volts.

CAPITULO I

DIFERENTES SISTEMAS DE DISTRIBUCION URBANA.

CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNDARIO.

DIFERENTES SISTEMAS DE DISTRIBUCION URBANA.

Para el proyecto de un sistema de distribución en una zona residencial, se consideran primeramente las cargas eléctricas que tienen que soportar tanto las líneas como los transformadores. Para hacer éste cálculo y poder efectuar dicho proyecto, se hace un estudio previo del tipo de residencia y las necesidades que deben satisfacer cada una de ellas, o sea la construcción y las posibilidades económicas de las personas que las habitarán, para sacar de esto -- las cargas que puedan tenerse en un número promedio de lotes y utilizando los factores de demanda y coincidencia, que se darán más adelante; se calculan las cargas que actúan, en cada toma de energía, líneas de distribución y transformadores.

Una vez obtenidas las cargas del fraccionamiento, se procede a fijar el tipo de distribución de energía. Entre los más utilizados hay principalmente dos sistemas generales que son: En derivación o tensión constante y en serie o intensidad constante. El primer sistema (tensión constante), es el más empleado en la distribución eléctrica, la tensión entre conductores se mantiene prácticamente -- constante, variando la intensidad de corriente con la carga.

La alimentación de energía a los sistemas, se efectúa siempre a un voltaje mayor que el utilizado en los puntos de consumo, es por esto que son necesarios dos sistemas de distribución: primario o alta tensión y secundario o baja tensión. La toma de energía para el sistema de alta tensión, en los casos de los fraccionamientos o sistemas pequeños, se hace generalmente de una red ya existente de la que parten las líneas primarias con un voltaje de distribución ---- igual al de la fuente. En los lugares de consumo, o residencias, como ya se dijo, el voltaje siempre es menor, teniéndose generalmente 220-127 Volts; para lograr este voltaje se enlazan las líneas primarias con las secundarias a través de transformadores que tienen en su primario el voltaje de las líneas de alta y en el secundario el de utilización.

Los tipos de distribución, tanto primario como secundario, se describen a continuación, con el objeto de conocer sus ventajas, -- desventajas y la adaptabilidad al sistema en proyecto, tomando en -

cuenta sus características especiales.

CIRCUITOS PRIMARIOS.

Existen varios tipos de distribución de energía en las redes -- primarias, siendo los más usuales los siguientes;

- a) Tipo Radial
- b) Tipo Anillo
- c) Tipo Malla

a) Tipo Radial.- El sistema de distribución radial se subdivide en dos principales tipos que son: Tipo Troncal y Ramales, y Radial-con Centro de Cargas.

El primer tipo o sea el Troncal y Ramales, es el más simple y -- probablemente el más frecuentemente usado para circuito primario; -- éste es así nombrado porque consiste de un troncal alimentador que atraviesa el area que va a ser alimentada, con transformadores que son instalados a lo largo de la ruta; cuenta además con ramales o -- líneas que parten del alimentador principal, hacia cargas más dis-- tantes sobre las calles adyacentes al troncal, Estas líneas pueden ser monofasicas o polifasicas; en caso de ser monofasicas deberán -- estar tomadas alternadamente de cada una de las fases para tener -- las cargas del alimentador principal equilibradas. Si el area que -- abarcan las ramificaciones contiene cargas polifasicas, o el número de los transformadores monofasicos conectados afectan el equilibrio y caída de potencial del alimentador, entonces estas líneas comple-- mentarias deberán ser polifasicas unicamente.

A veces es más ventajoso dividir el area que va a ser distribui da por el circuito primario, en varias secciones, alimentados todos los transformadores de una misma sección por una sola fase. En es-- tos casos las secciones son elegidas de tal manera que la carga de cada una de las areas y en consecuencia, de cada una de las fases, -- sea la misma, dando esto una carga equilibrada en el circuito prin-- cipal.

La mayor densidad de corriente en el circuito, será la que so-- portará el alimentador principal antes del primer transformador o -- ramal, a partir de éste, la corriente de la línea decrecerá progre-- sivamente hasta el final del alimentador, Teóricamente, deberían -- usarse calibres menores de conductores a medida que la corriente se

va haciendo menor, pero en la práctica esto raras veces es posible de ser realizado debido a que no unicamente influye la corriente en un circuito, sino que hay que tomar en cuenta otras características como son: la regulación o pérdida de potencial, de energía, condiciones mecánicas y económicas, factores que a menudo controlan la sección del conductor. Los circuitos usualmente consisten de un conductor de mayor calibre en el punto donde se toma la alimentación. con una disminución de sección para los ramales y hacia el final del troncal.

La máxima carga que puede ser distribuida por un circuito primario de éste tipo, no está limitada por la máxima corriente en los conductores y equipos, sino que está determinada por el máximo voltaje permitido en los puntos de utilización al principio del circuito y el mínimo voltaje permitido en el último lugar de utilización, al tiempo de tener la máxima demanda de carga en todo el circuito.

En la figura siguiente se ilustra la forma de distribución troncal y ramales:

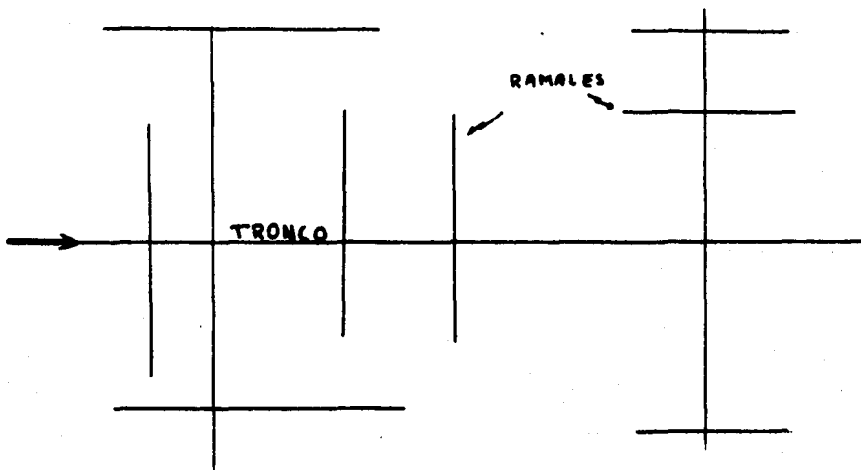


FIG. 1.- ALIMENTACION RADIAL CON TRONCAL Y RAMALES.

Tipo radial con centro de carga.- Con este tipo de distribución primaria, el area que va a ser alimentada es elegida con límites --

bien definidos. Un alimentador principal recorre desde la toma de energía hasta el centro de las cargas del area por la ruta más directa, sin tener conectados transformadores en su recorrido. De este centro de cargas parten brazos radiales similares en todas las direcciones necesarias, para alimentar las cargas a lo largo de las calles laterales. Este sistema es una variante más desarrollada del sistema radial; el diagrama unifilar de este se muestra en la Fig.- 2.

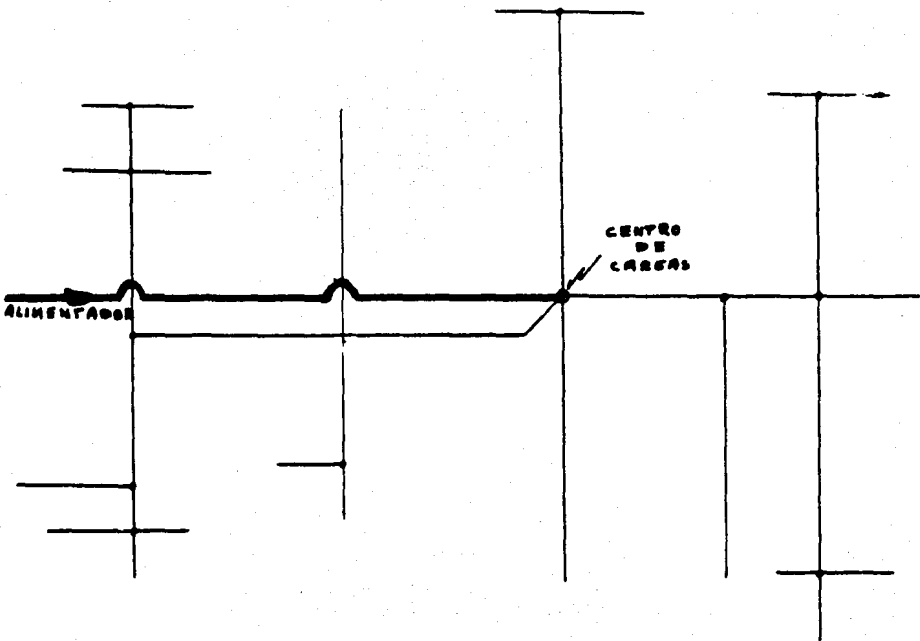


FIG. 2.- ALIMENTADOR RADIAL CON CENTRO DE CARGAS.

La máxima capacidad, como en el troncal y ramales radial, es de terminada por el voltaje más alto permisible en el primer consumidor desde el centro de cargas y el mínimo voltaje a la distancia -- más alejada del centro de cargas.

Los brazos radiales que parten del centro de carga son trifasi-

cos y generalmente de menor calibre de conductor que el alimentador principal, debido a su menor corriente.

b) Distribución de Anillo.- Este circuito parte del punto de alimentación y describe un anillo alrededor del area que va a ser servida y vuelve al mismo punto, tal como se ilustra en la Fig. 3.

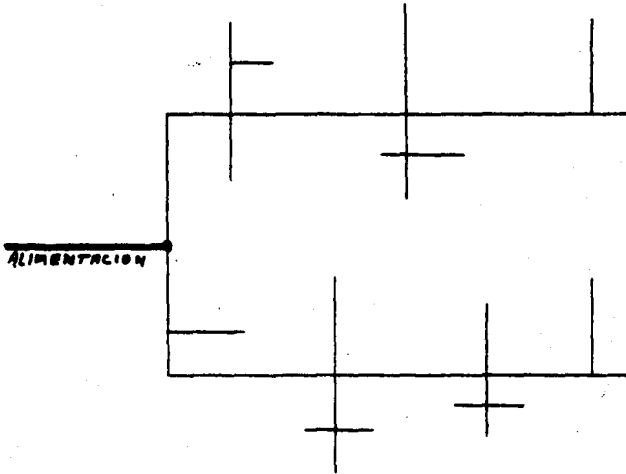


FIG. 3.- DISTRIBUCION DE ANILLO.

Esto es equivalente a tener dos circuitos radiales con sus finas unidades. Este tipo de distribución no es comunmente usado debido a su alto costo, principalmente se utiliza en casos especiales, --- cuando la densidad de carga es alta y cuando hay altas cargas del tipo industrial y comercial y que la demanda para servicio ininterrumpido garantice la inversión.

Las derivaciones laterales pueden alimentar bancos de transformadores para suplir cargas residenciales. La ventaja de este circuito es la de prestarse para que en caso de falla en las líneas, sea posible dividir en secciones cortas, obteniendose con esto una mayor continuidad de servicio.

c) Distribución de Malla.- Este sistema es utilizado para grandes densidades de carga. Algunas veces, representa gran economía su utilización en areas urbanas y suburbanas de grandes ciudades, para rangos de carga desde las altas densidades de areas comerciales e -

industriales, hasta las medias o bajas densidades de areas residenciales. Un esquema simplificado de este tipo de distribución está -- indicado en la Fig. 4; cada alimentador va a un centro de cargas -- elegido, igualmente que en el tipo radial con centro de cargas, pero en este caso los centros de cargas se interconectan para formar una malla. La malla es alimentada generalmente por 2 o más puntos.

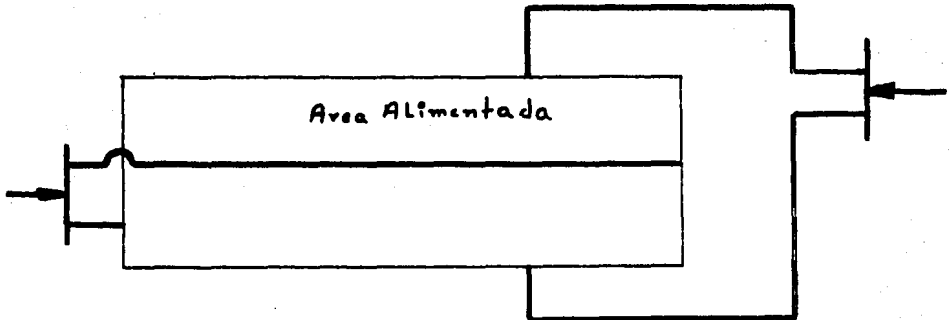


FIG. 4.- DISTRIBUCION DE MALLA.

El sistema de malla tiene, al igual que el de anillo, la ventaja de poder seccionar en caso de falla de alguna línea, obteniéndose -- así una máxima continuidad de servicio. Si alguno de los puntos de -- alimentación tiene que salir de servicio, el otro o los otros puntos -- restantes pueden continuar alimentando las cargas sin interrumpir el servicio.

La malla principal puede tener ramales monofasicos o trifasicos, igual que el tipo radial, sin embargo, en caso de ser monofasicos, -- deberán ser equilibradas las fases.

El sistema primario de malla tiene una regulación muy buena y la ventaja de la continuidad de servicio.

CIRCUITOS SECUNDARIOS.

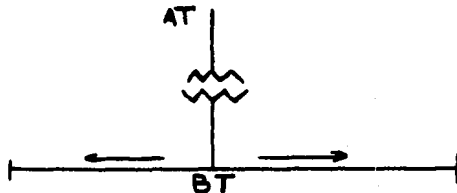
Este es el último enlace entre la estación generadora y los consumidores individuales. El transformador de distribución enlaza el sistema primario con el secundario.

El circuito secundario opera con el voltaje al cual es utilizada la energía eléctrica por el consumidor. Los voltajes más utilizados son 127 o 220 Volts, para zonas residenciales y comerciales. En las grandes industrias y fábricas se puede tener mayor economía utilizando un potencial de 440 o 600 Volts., en cada uno de los casos la energía deberá ser distribuida por medio de sistemas secundarios y el problema será el mismo para estos voltajes.

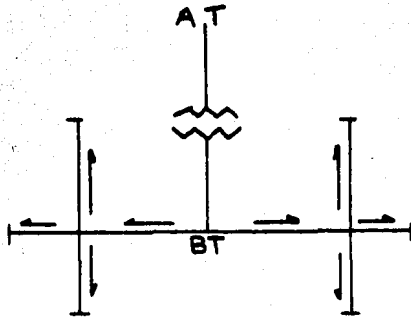
Esencialmente, los circuitos para distribución secundaria son los mismos que para distribución primaria, excepto que los secundarios son en una escala menor. Esto puede sugerir que teniendo el transformador de distribución entre el voltaje primario y el secundario, el sistema secundario no es esencial; es verdad que cada consumidor podrá ser alimentado sin el bajo voltaje secundario y con una gran reducción en la cantidad de conductor requerido. Sin embargo, en lugares donde la densidad de carga sea alta, esto requeriría que prácticamente en cada registro fuera instalado un transforma---

dor. En la situación ideal, los transformadores están localizados de tal manera alimentando el sistema secundario, que el costo total -- anual debido a pérdidas y mantenimiento de la línea, es el más bajo posible. Esto depende de la densidad de carga y la densidad de consumidores de área que va a ser alimentada.

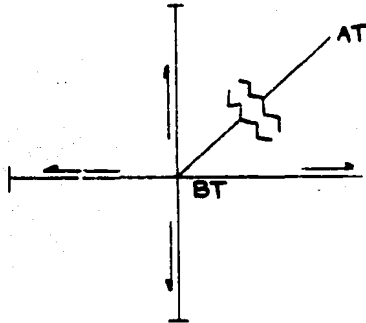
Cuando los circuitos secundarios alimentan un grupo de consumidores del mismo transformador, puede utilizarse el tipo radial o el de malla, tal como en los primarios. Los más comúnmente usados son los siguientes:



a) SISTEMA DE DOBLE ALIMENTADOR



b) DOBLE ALIMENTACION CON RAMIFICACIONES



c) SISTEMA DE CUATRO ALIMENTADORES

FIG. 5

La figura (5-a), indica un sistema con dos alimentadores que -- parten de un punto comun próximo al transformador. Este es usado -- cuando la densidad de carga y la densidad de consumidores no es muy grande.

En la figura (5-b), se indica el mismo tipo de alimentación que el anterior, diferenciándose en que éste consta de ramificaciones - laterales.

La figura (5-c), es un sistema de cuatro alimentadores que parten de un punto común situado próximo al transformador.

Con el circuito representado en la Fig. (5-b), es posible alimentar una longitud mayor de secundario que con el representado en la Fig. (5-a), teniendo la misma densidad de carga, densidad de consumidores, calibre de conductor y pérdida de potencial. Similarmen-

te se alimenta una longitud mayor de secundario con un solo transformador, con el circuito de la Fig. (5-c), que con los (5-a) y (5-b).-- Para condiciones iguales, carga igualmente distribuida y alimentadores simétricos a cada lado del transformador, la longitud total de secundario con el circuito de la Fig. (5-b), será $\sqrt{2}$ veces mayor -- que con el de la Fig. (5-a), y con el de la fig. (5-c), se obtendrá una longitud doble que la obtenida con (5-a).

La inversión y el costo anual para la misma densidad de carga y calibre de conductor, será menor para el tipo de cuatro alimentadores. Sin embargo, cualquiera de los tres circuitos tienen un costo inicial y anual menor que el de utilizar un transformador separado para cada consumidor o pequeño grupo de consumidores. La ventaja -- del tipo de cuatro alimentadores es difícil lograr con los sistemas aéreos mas no en los subterráneos; esto es debido a que no es fácil la instalación de transformadores de distribución en las esquinas o intersecciones de calles; cuando el sistema es aéreo; siendo todo -- lo contrario cuando el sistema es subterráneo, pues precisamente sobre las esquinas van los transformadores casi siempre.

Una vez que se escogen los sistemas de distribución primario y secundario, se hace la localización de cada circuito sobre los planos, definiéndolos perfectamente para poder efectuar los cálculos eléctricos y posteriormente los mecánicos.

El cálculo eléctrico de los sistemas de distribución, es una de las partes más importantes de un proyecto, debido a que de ello depende el obtener una buena regulación de las líneas y reducir a un mínimo las pérdidas de energía, obteniéndose con ésto un buen servicio para el consumidor y un bajo costo de operación.

No está establecido un límite inflexible al cual el voltaje secundario sea alimentado a las lámparas y pequeños aparatos eléctricos. Para alumbrado residencial y comercial, el voltaje nominal es usualmente de 115 o 127 Volts, pudiendo considerarse como voltaje -- correcto un valor intermedio o sea 120 Volts. al neutro; es por lo tanto necesario que al efectuar el cálculo eléctrico de las líneas, no se tenga una diferencia mayor de voltaje entre el primer consumidor alimentado por un circuito y el último consumidor que recibe --

servicio de una línea.

Una variación excesiva de voltaje influye en forma apreciable en el rendimiento luminoso y vida de las lámparas, y en la eficiencia de los motores y otros aparatos eléctricos. Por ejemplo: una reducción en voltaje al 95 % del nominal de una lámpara incandescente, reduce a más o menos el 85 % la salida luminosa de dicha lámpara; si en cambio el voltaje aumenta al 105 % del nominal, hay un incremento en el flujo luminoso, pero a su vez hay también una disminución en la vida media de la lámpara a aproximadamente el 50 %.

Por las causas enumeradas, es necesario mantenerse dentro de los límites fijados de voltaje, admitiendo como máximo una variación de $3\frac{1}{2}$ %, con lo que se obtiene en el primer consumidor el máximo de 127 Volts, y en el último un mínimo de 123 Volts, que no afecta en forma apreciable a las lámparas y demás aparatos domesticos.

Cuando se tienen los calibres de conductores, que dan una buena regulación de las líneas, se determinan las tensiones mecánicas para su tendido, de tal manera que para las condiciones más desfavorables de temperatura y presión de viento, los esfuerzos ocasionales en dichos conductores se encuentren dentro de límites seguros y evitar así su rotura.

En los postes y demás equipo, se toman los esfuerzos ocasionados por la presión del viento sobre el propio poste y los conductores -- que soporta, así como las tensiones desequilibradas ocasionadas por cambios de dirección de las líneas y los remates de las mismas.

CAPITULO II

DETERMINACION Y CALCULO DE CARGAS, CENTROS
DE CARGAS. SELECCION DEL SISTEMA A ADOPTAR.

DETERMINACION Y CALCULO DE CARGAS, CENTROS DE CARGAS.

Demanda máxima de una residencia.- La capacidad instalada en una residencia es la suma de los máximos valores de todas las cargas incluyendo en esto, cada uno de los aparatos eléctricos trabajando a su máxima capacidad. La carga conectada puede ser expresada en Watts Kilo-Watts, Amperes, Caballos, KVA, etc., y representa entonces la más grande demanda posible de la residencia.

Hoy en día la carga conectada en las residencias va en gran aumento, debido a la enorme aplicación doméstica de la electricidad. - En una zona residencial para construcciones de tipo medio, la capacidad eléctrica instalada para las necesidades actuales y para el promedio de población, consta de las siguientes cargas conectadas:

1 contacto para licuadora.....	230 Watts
1 contacto para refrigerador.....	93 Watts
1 contacto para plancha o lavadora.....	1,000 Watts
2 contactos para rasuradora.....	30 Watts
1 contacto para radio.....	80 Watts
3 contactos para lámparas de buró.....	120 Watts
10 lámparas de 60 Watts cada una.....	600 Watts
3 lámparas de 40 Watts cada una.....	120 Watts
1 switch para bomba de agua.....	186 Watts
Carga conectada total:	2,459 Watts

La relación entre la demanda máxima y el total de la carga instalada se conoce con el nombre de factor de demanda.

Si todos los aparatos eléctricos de una residencia están conectados al mismo tiempo y trabajan a plena carga, el factor de demanda será 100 %. Sin embargo, en la mayoría de los casos esto no se presenta debido a dos causas.

a) Los aparatos eléctricos generalmente están diseñados para una potencia mayor que la normalmente necesitada, por lo que hay un sobrante de potencia al ser menor la carga que soportan con respecto al dato de placa del aparato.

b) En una residencia es muy remoto que todas las cargas sean conectadas al mismo tiempo, dando como consecuencia que la demanda máxima sea menor en todo momento que la carga instalada total.

Para el cálculo de demanda máxima es necesario considerar el factor de demanda tomado dentro de los valores siguientes:

Pequeñas residencias..... 50-75 %

Grandes residencias..... 40-65 %

En este caso, como se trata de un fraccionamiento en el que las residencias son de un tamaño medio, se considerará un factor de demanda de 60 %.

La demanda máxima por lote tomando como carga conectada - - - - 2500 Watts, y como factor de demanda 60 % tenemos:

Carga instalada total= 2500 Watts

Demanda máxima por lote= Carga instalada total x factor de demanda.

Demanda máxima= 2500 x 0.6 = 1500 Watts.

Tomando un factor de potencia de 90 % tenemos:

Demanda máxima= $\frac{1500}{0.9}$ = 1666 VA

Las cargas eléctricas de un mismo tipo tienen la curva diaria de carga con una forma similar. Es decir: la carga tendrá un ascenso máximo al anoecer, después la curva de carga bajará a un mínimo valor alrededor de las 3 o 4 A.M., subiendo después pero en menor grado alrededor de las 8 o 9 A.M.; después la curva bajará también en menor grado hasta las 4 o 5 P.M., en que sufrirá un incremento gradual, alcanzando su máximo como ya dijimos a las primeras horas de -

la noche. La Fig. 6 ilustra la variación de carga de una residencia individual, indicando las abscisas el tiempo durante un día y las ordenadas la carga de la residencia durante el mismo día, sin especificar su valor por ser este muy variable, pudiendo inclusive llegar en algún momento a un valor cero.

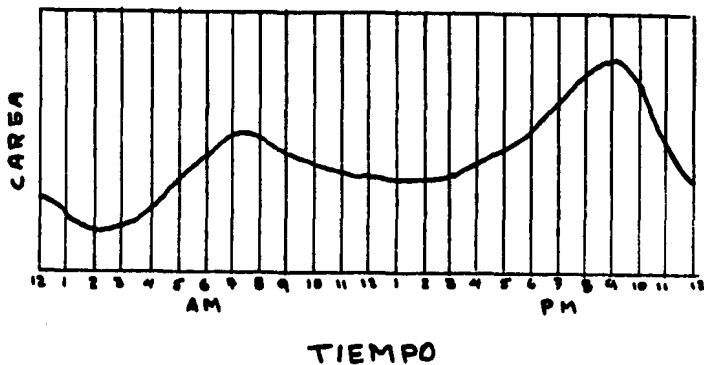


FIG. 6.- CURVA DE VARIACION DE CARGA DIARIA.

Esta misma curva de variación de carga ocurre cada día y es similar para todas las residencias, teniendo que los valores de carga y tiempo pueden diferir algo. Esta característica se ve para residencias individuales, así como para cargas combinadas de un grupo, aun cuando puede haber intervalos durante cada día en que el alumbrado y aparatos en alguna residencia estén desconectados.

Combinando las demandas de un grupo de residencias, obtendremos una demanda máxima combinada, menor que la suma de las demandas máximas individuales, porque no ocurre que coincidan estas a la misma hora; esta coincidencia entre las cargas de consumidores individuales, así como entre grupos separados de consumidores, tiene un lugar importante en la economía de los sistemas eléctricos. En la Fig. 7 se representa una combinación de cargas individuales (a y b), obteniendo la curva de demanda máxima del conjunto (curva c).

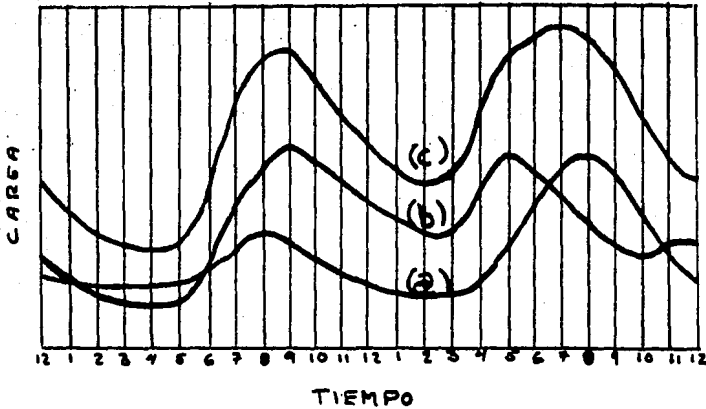


FIG. 7.- CARGAS COMBINADAS.

En la Fig. 7, en cualquier instante la curva total (c), es igual a la suma de las cargas componentes (a) y (b). Debido a la diversidad, la carga máxima de (c), es menor que la suma de las cargas máximas de (a) y (b). En consecuencia, la demanda máxima obtenida por consumidor individual o por lote del fraccionamiento al tomar en cuenta un grupo de lotes, se encontrará afectada por la diversidad o factor de diversidad entre consumidores. Este factor o su inversa, el factor de coincidencia, variará según el número de lotes que sean alimentados por cada toma de energía, la variación es según la curva de la Fig. 8.

Estas curvas limitan el factor de coincidencia para grupos promedios de consumidores, teniendo en las abscisas el número de consumidores y en las ordenadas los factores de coincidencia correspondientes.

Las tomas de energía para los lotes se hacen en las líneas secundarias de distribución (220/127 volts) y precisamente en cada poste, por lo que se toma cada uno de estos como centro de alimentación de los lotes.

De cada uno de los postes pueden ser alimentados uno, dos, tres o más consumidores, teniendo por ésto que el factor de coincidencia-

en cada uno de ellos variará según el número de lotes que alimente.

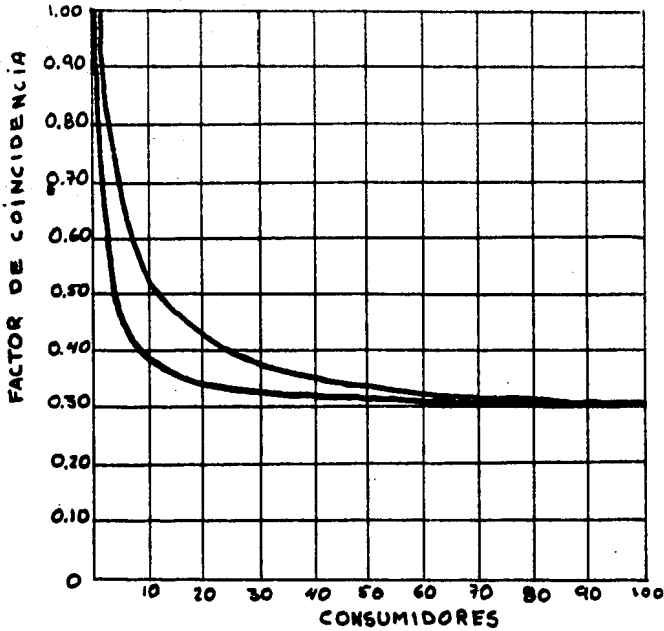


FIG. 8.- FACTOR DE COINCIDENCIA.

Los factores de coincidencia que se toman para diferente número de consumidores, son los siguientes:

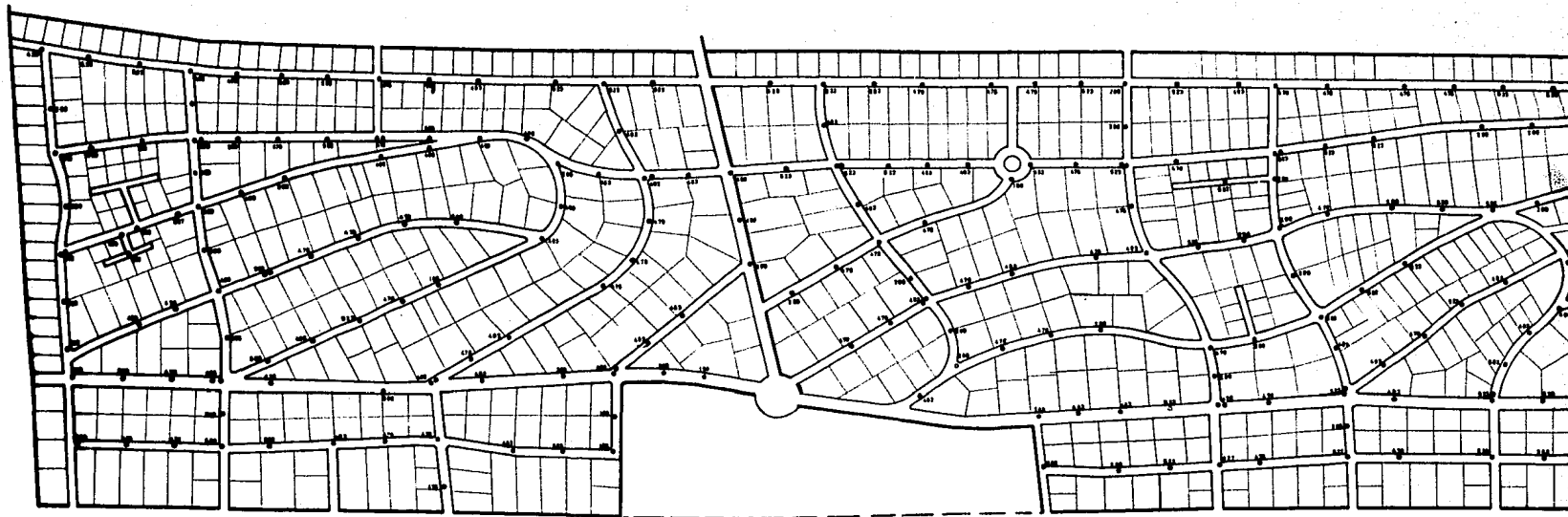
1 lote	1.00
2 lotes.....	0.90
3 Lotes.....	0.90
4 lotes.....	0.80
5 lotes.....	0.70
6 lotes.....	0.65
7 lotes.....	0.60
8 lotes.....	0.50

Tomando los factores anteriores, la carga de diferente número de consumidores resulta:

$$1 \text{ lote } 1.66 \times 1.00 = 1.66 \text{ KVA} = 1.50 \text{ KW}$$
$$2 \text{ lotes } 3.32 \times 0.90 = 2.98 \text{ KVA} = 2.69 \text{ KW}$$

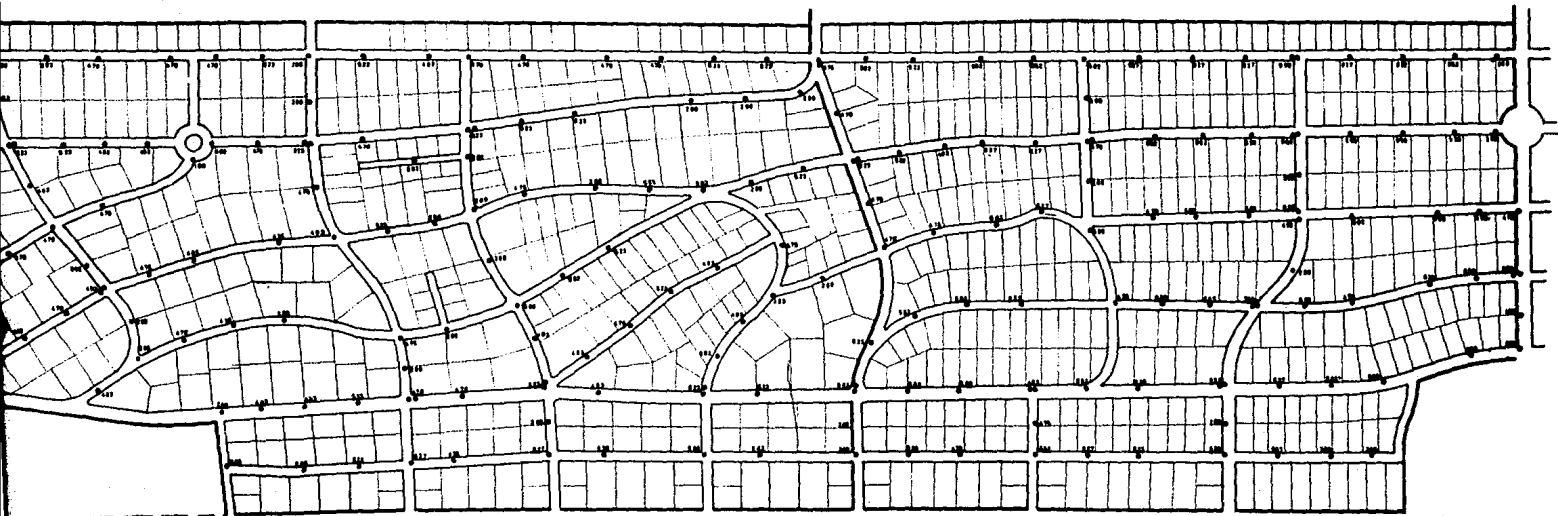
3 lotes $4.98 \times 0.90 = 4.48$ KVA = 4.03 KW
4 lotes $6.64 \times 0.80 = 5.31$ KVA = 4.78 KW
5 lotes $8.30 \times 0.70 = 5.81$ KVA = 5.23 KW
6 lotes $9.96 \times 0.65 = 6.47$ KVA = 5.82 KW
7 lotes $11.62 \times 0.60 = 6.97$ KVA = 6.27 KW
8 lotes $13.28 \times 0.50 = 7.30$ KVA = 6.57 KW

Con estas cargas calculadas y tomando los lotes alimentados por cada poste, se marcan en el plano No. 1 las cargas individuales para cada punto de alimentación y posteriormente se encuentra la carga total del fraccionamiento, que asciende a un valor de 1181.79 KW.



O C E A N O P A C I F I C





P A C I F I C O



TESIS PROFESIONAL	
CENTROS DE CARGAS	
FERNANDO	ROBERTO EIMCKE IRIARTE
1983	PLANO Nº 1

SELECCION DEL SISTEMA A ADOPTAR

Distribución Primaria.- Por la forma especial del fraccionamiento y la disposición de los transformadores, es posible sin afectar grandemente la economía del proyecto, utilizar para la distribución primaria, una combinación de los sistemas de anillo y radial. El anillo se forma en el area de mayor densidad de carga, teniendo a su vez ramificaciones que alimentan los transformadores más alejados, obteniendo con éste tipo las ventajas descritas anteriormente, como son la de una mejor regulación y la continuidad del servicio.

En la otra sección se utiliza un alimentador radial que atraviesa el area de menor densidad de carga, con transformadores instalados a lo largo de la ruta.

Tanto los alimentadores principales como las ramificaciones, son líneas trifasicas aereas de tres hilos y la energía es tomada, como generalmente se hace en los sistemas pequeños, de una ya existente, que fija para su operación una tensión de 6600 Volts y una frecuencia de 60 c.p.s.

El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, exige para un voltaje comprendido entre 750 y 15,000 Volts, una altura de conductores sobre el piso no menor de 6 metros, tanto a lo largo como en cruzamiento de calles en distritos urbanos; a partir de esta distancia mínima al suelo se toma la altura que deben tener los postes, que en éste caso es de 10.67 metros (35 pies).

Distribución Secundaria.- Para la distribución secundaria, se utiliza el tipo radial de dos, tres o cuatro alimentadores trifasicos de cuatro hilos, que parten del transformador hasta los puntos en que es tomada la energía por el consumidor. Para evitar que las acometidas sean de una longitud mayor que la permitida por el reglamento, la distancia interpostal se toma de tal manera que los lotes que den lo más próximo al punto de su alimentación.

Para soportar las líneas se utilizan bastidores de fierro galvanizado con cuatro aisladores de porcelana tipo carrete, montados sobre postes de concreto de 9.14 metros (30 pies) de altura; y cuando se tienden en la misma calle líneas de alta y baja tensión, los postes que soportan la primaria se emplean también para la secundaria,-

colocando éstos en la parte inferior, cumpliendo siempre el requisito de tener una distancia al suelo en la parte más baja de los conductores no menor de 5.50 metros.

CAPITULO III
CALCULO ELECTRICO DEL SISTEMA. CIRCUITOS
PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.

CALCULO ELECTRICO DEL SISTEMA.

Las redes de baja tensión radiales o cerradas están siempre formadas por distribuidores; el cálculo de éstos se efectúa generalmente mediante fórmulas mucho más sencillas que las utilizadas para líneas de alta tensión, ya que el objeto del cálculo en este caso es el de elegir conductores que, bajo las cargas que se pueden prever, pero que no están exactamente definidas, no produzcan caídas de tensión mayores que las previstas por las normas (3 % a $3\frac{1}{2}$ % como máximo en este caso). Para estos fines satisfacen también aproximaciones que no se pueden admitir en líneas de alta tensión, donde las condiciones de funcionamiento están más exactamente definidas y las caídas de tensión pueden calcularse con mayor precisión.

Si se fija la diferencia de tensiones de una línea y se quiere determinar la sección, no es posible emplear una sola fórmula.

En este caso se estima primero la sección y después se calcula la diferencia de tensiones, para ver que la línea cumpla con la condición requerida.

En el caso de este fraccionamiento, se trata de distribuidores trifasicos considerandolos como sistemas equilibrados para su resolución.

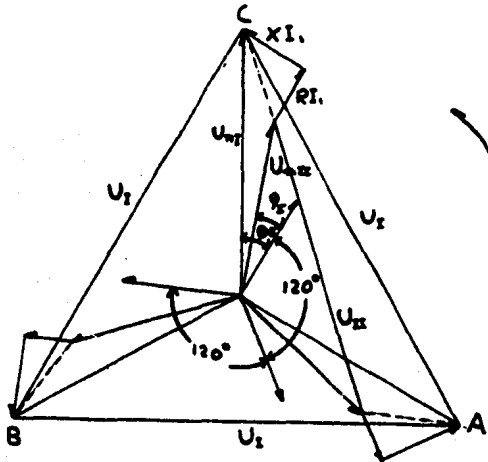


FIG. 9

Así las fórmulas empleadas para el cálculo de los distribuidores son, haciendo referencia a las Figs. 9 y 10 las siguientes:

U_{nI} = voltaje al neutro al principio de la línea.

U_{nII} = voltaje al neutro al final de la línea.

U_I = voltaje entre fases al principio de la línea.

U_{II} = voltaje entre fases al final de la línea.

U_R = caída de voltaje obmica.

U_L = caída de voltaje inductiva.

I_I = corriente atrasada.

Δ_n = caída de voltaje total al neutro.

Δ = caída de voltaje total entre fases.

θ_I = ángulo de defasamiento al principio de la línea.

θ_{II} = ángulo de defasamiento al final de la línea.

P = potencia activa en KW

P_r = potencia reactiva en KVAR

$$U_{nI} = \sqrt{(U_{nII} \cos \theta_{II} + RI_{II})^2 + (U_{nII} \sen \theta_{II} + XI_{II})^2}$$

$$U_R = RI_{II}$$

$$U_L = XI_{II}$$

La diferencia de tensiones al neutro es:

$$\Delta_n = U_{nI} - U_{nII}$$

$$\Delta_n = \sqrt{(U_{nII} \cos \theta_{II} + U_R)^2 + (U_{nII} \sen \theta_{II} + U_L)^2} - U_{nII}$$

Teniendo en cuenta que $U_I = \sqrt{3} U_{nI}$ y $U_{II} = \sqrt{3} U_{nII}$

La diferencia de tensiones entre fases será:

$$\Delta = \sqrt{(U_{II} \cos \theta_{II} + \sqrt{3} U_R)^2 + (U_{II} \sen \theta_{II} + \sqrt{3} U_L)^2} - U_{II}$$

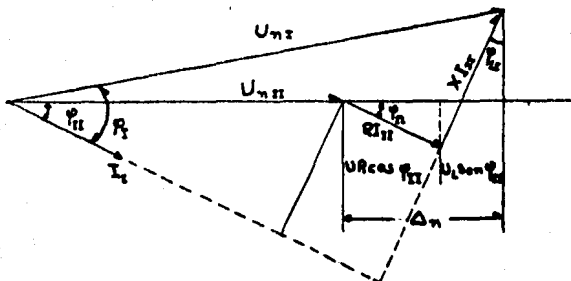


FIG. 10

Tratándose de líneas en que se desprecia el efecto de la capacidad, ésta fórmula es exacta, pero resulta demasiado complicada para muchos usos en la práctica y además, como se calcula Δ_n como diferencia entre dos valores mucho mayores que ella, al emplear la regla de cálculo para hallar el valor radical, se comete un error absoluto -- que sobre el valor de Δ_n representa un error relativo algo elevado.

Una fórmula aproximada que se presta más para uso práctico, se obtiene de proyectar U_{nI} sobre U_{nII} en la Fig. 10 dando el siguiente valor de Δ_n :

$$\Delta_n = U_R \cos \theta_{II} + U_L \operatorname{sen} \theta_{II}$$

y teniendo en cuenta que $\Delta = \sqrt{3} \Delta_n$ se puede escribir:

$$\Delta = \sqrt{3} RI \cos \theta_{II} + \sqrt{3} XI \operatorname{sen} \theta_{II}$$

Esta fórmula utilizando potencias se transforma en:

$$\Delta = R \frac{P_{rII}}{U_{II}} + X \frac{P_{rII}}{U_{II}}$$

Estas fórmulas son lo suficiente exactas para los casos prácticos, cuando se tiene que el factor de potencia no es muy bajo o las líneas no son muy inductivas.

Como se dijo anteriormente, para calcular la sección del conductor fijando la diferencia de tensiones, es necesario estimar primero la sección, para lo cual se procederá de la siguiente manera:

La diferencia de tensiones puede escribirse:

$$\Delta = \delta + \delta_L$$

Siendo δ , la diferencia de tensiones si la línea no fuese inductiva y δ_L , un suplemento que vale:

$$\delta_L = \sqrt{3} XI \operatorname{sen} \theta_{II} = X \frac{P_{rII}}{U_{II}}$$

El valor δ_L varía poco con la sección de la línea y, fijando una sección, puede estimarse sin que el error sea considerable un valor X' de reactancia de servicio por kilómetro de conductor calculando:

$$\delta_L = \sqrt{3} X' l \operatorname{sen} \theta_{II} = X' l \frac{P_{rII}}{U_{II}}$$

$$\delta = \sqrt{3} RI \cos \theta_{II} = R \frac{P_{rII}}{U_{II}}$$

Una vez obtenidos los valores de Δ y δ_L , la sección de conductor en primera aproximación se obtiene por la fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \rho}{\Delta - \delta_L} l I \cos \theta_{II} = \frac{\rho}{\Delta - \delta_L} \frac{l P_{II}}{U_{II}}$$

Siendo ρ la resistividad específica a 20°C = 1/56 ($\Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$).

En éste caso, como se trata de distribuidores que alimentan varias cargas, las fórmulas anteriores se transforman en:

$$\Delta = \delta + \delta_L$$

$$\delta = \frac{\sqrt{3} l}{S} \Sigma l i \cos \theta = \frac{\rho}{S} \frac{\Sigma l P}{U}$$

$$\delta_L = \sqrt{3} x' \Sigma l i \sin \theta = x' \frac{\Sigma l P}{U}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \rho}{\Delta - \delta_L} \Sigma l i \cos \theta = \frac{\rho}{\Delta - \delta_L} \frac{\Sigma l P}{U}$$

Partiendo de éstas fórmulas, se efectúa el cálculo eléctrico de las líneas, tomando como base la pérdida de potencial, debiendo además de ésto, cumplir las condiciones de capacidad de corriente o térmicas.

Para comprobar si las secciones calculadas están dentro de los rangos permisibles de calentamiento, se tomará la tabla siguiente, en la que se indican los calibres de conductor y la capacidad en amperes.

TABLA NO. 1

CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES DE COBRE SEMIDURO

93.7 % DE CONDUCTIVIDAD.

Basada en una Temperatura de conductividad de 75°C y ambiente de 25°C.

Calibre Número AWG	Diámetro en mm	Area en mm ²	Carga admisible en -- Amperes.	Resistencia a 20°C Ω /Km.
0	8.254	53.477	309	0.3224
1	7.348	42.406	266	0.4064
2	6.543	33.632	230	0.5128
3	5.827	26.670	198	0.6463
4	5.189	21.148	171	0.8152
6	4.115	13.303	127	1.2960

TABLA NO. 2

REACTANCIAS EN OHMS KM. DE CONDUCTOR
 LINEA MONOPASICA O TRIFASICA SIMETRICA
 FRECUENCIA 60 C.P.S.

Calibre AWG	Sección mm ²	Diámetro en mm	Dist. en Cm. de Centro a Centro de Conductor					
			7.62	15.24	20.00	30.48	45.72	60.96
0000	107.2	11.64	0.2120	0.2646		0.3168	0.3473	0.3691
000	85.0	10.40	0.2211	0.2733		0.3256	0.3561	0.3779
00	67.4	9.27	0.2299	0.2821	0.3195	0.3343	0.3649	0.3865
0	53.5	8.25	0.2385	0.2988	0.3284	0.3430	0.3735	0.3953
1	42.4	7.35	0.2473	0.2995	0.3370	0.3518	0.3823	0.4041
2	33.6	6.54	0.2561	0.3082	0.3460	0.3606	0.3911	0.4127
4	21.1	5.19	0.2735	0.3257	0.3632	0.3780	0.4085	0.4303
6	13.3	4.11	0.2910	0.3433	0.3808	0.3954	0.4261	0.4477

Para una mejor explicación del procedimiento empleado para el cálculo eléctrico de la red secundaria, se tomará como tipo la alimentada por el transformador No. 1; para éstos cálculos se hará referencia a la lámina No. 1, en la que se representa el transformador como T_1 , partiendo de éste cuatro distribuidores que se designan con las letras mayúsculas A, B, C y D. Las letras minúsculas a, b, c y d, se utilizan para señalar los puntos o postes en los cuales hay una ramificación; los números romanos señalan los postes en los que se hace un cambio de sección de conductor o un remate de línea.

Estas mismas designaciones son empleadas en el plano general de cálculo eléctrico, siendo semejantes para todos los transformadores.

Transformador No. 1

Este transformador alimenta cuatro distribuidores (A, B, C, D) que parten radialmente, considerándose por tanto independientemente al hacer los cálculos.

Distribuidor A

Tramo T_{1-a}

El total de la caída de potencial permitida es el 3 % desde el transformador T_1 hasta los últimos consumidores en los remates I y II.

$$\Delta_T = \frac{220 \times 3}{100} = 6.6 \text{ volts entre fases.}$$

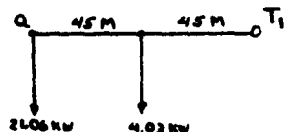
Ahora para el tramo T_{1-a} , se fija una caída de potencial de 5 volts.

Las cargas de las ramificaciones se suponen concentradas en el poste "a", quedando carga en KW, actuando en "a" = $5.23 + 5.23 + 5.82 + 4.78 = 21.06 \text{ KW}$.

En estas condiciones, el distribuidor "A", se reduce al siguiente:

Los momentos eléctricos de las potencias activas y reactivas resultan siendo:

$$P_r = P_{tg} \theta$$



$$\text{si } \cos \theta = 0.9$$

$$\theta = \text{ang } \cos 0.9 = 26^\circ$$

$$\text{tg } \theta = \text{tg } 26^\circ = 0.4877$$

$$\Sigma P_L = 21.06 \times 90 = 1895.40$$

$$4.03 \times 45 = 181.35$$

$$\Sigma P_L = 2076.75 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_R L = 21.06 \times 0.4877 \times 90 = 924.38$$

$$4.03 \times 0.4877 \times 45 = 88.44$$

$$\Sigma P_R L = 1012.82 \text{ KVAR} - \text{M}$$

Se fija un valor aproximado de reactancia quedando:

$$X' = 0.3284 \Omega/\text{Km} \quad (\text{Tabla No. 2})$$

Este valor permite calcular δ_L con la fórmula:

$$\delta_L = \sqrt{3} X' \Sigma I \text{ i } \text{sen } \theta = X' \frac{\Sigma I P_R}{U}$$

$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{1012.82}{0.22} = 1.51 \text{ volts.}$$

Aplicando la fórmula para el cálculo de la sección tenemos:

$$S = \frac{P}{\Delta - \delta_L} \frac{\Sigma I P}{U} = \frac{1}{56} \times \frac{1}{5 - 1.51} \times \frac{2076.75}{0.22} = 48.29 \text{ mm}^2$$

Se escoge la sección inmediata superior.

$$S_{T1-a} = 53.47 \text{ mm}^2 \quad \text{calibre } 1/0$$

$$I = \frac{25.09}{0.22 \times 1.73 \times 0.9} = 73.25 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Como se ve, la reactancia escogida fué correcta, pues precisamente es la reactancia para este calibre de conductor.

La caída de tensión resulta:

$$\delta = \frac{2076.75}{56 \times 0.22 \times 53.47} = 3.15 \text{ volts.}$$

$$\Delta = \delta + \delta_L = 3.15 + 1.51 = 4.66 \text{ volts.}$$

Para calcular la regulación tenemos que:

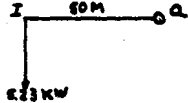
$$\% \text{ Regulación} = \frac{\Delta \times 100}{U_{II}}$$

$$\% \text{ Regulación para } T_{1-a} = \frac{4.66 \times 100}{215.34} = 2.16 \%$$

Tramo "a" - I

Como anteriormente se dijo desde el transformador "T₁" hasta el remate de la línea "I", la caída de voltaje entre fases máxima sería de 6.6 volts, por lo que desde el punto "a" al tema "I", la caída máxima será:

$$\Delta_{\max} - \Delta_{T1-a} = 6.6 - 4.66 = 1.94 \text{ volts.}$$



$$\Sigma P L = 5.23 \times 50 = 261.50 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_r L = 261.50 \times 0.4877 = 127.53 \text{ KVAR - M}$$

Reactancia elegida:

$$X' = 0.3808 \Omega / \text{Km}$$

$$\delta_L = 0.3808 \times 10^{-3} \frac{127.53}{0.22} = 0.22 \text{ volts.}$$

Aplicando la fórmula obtenemos la sección.

$$S = \frac{\rho}{\Delta - \delta_L} \frac{\Sigma L P}{U} = \frac{261.50}{56 (1.94 - 0.22) 0.22} = 12.34 \text{ mm}^2$$

$$S = 13.30 \text{ mm}^2 \text{ Calibre \# 6}$$

$$I = \frac{5.23}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 15.27 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

La caída de tensión para este calibre es:

$$\delta = \frac{261.50}{56 \times 0.22 \times 13.30} = 1.59 \text{ volts.}$$

La reactancia es la misma que se eligió por lo que:

$$\delta_L = 0.22 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{a-I} = 1.59 + 0.22 = 1.81 \text{ volts.}$$

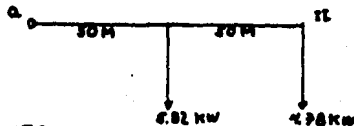
$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{T1-a} + \Delta_{a-I} = 4.66 + 1.81 = 6.47 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{6.47 \times 100}{213.53} = 3.03 \%$$

Tramo a-II'

Igualmente que para el tramo anterior.

$$\Delta_{a-II\text{max}} = 6.6 - 4.66 = 1.94 \text{ volts.}$$



$$\Sigma P L = 4.78 \times 100 = 478.00$$

$$5.82 \times 50 = 291.00$$

$$\Sigma P L = 769.00 \text{ KW - M}$$

Se elige la reactancia:

$$X' = 0.3632 \Omega/\text{Km.}$$

$$\delta_L = 0.3632 \times 10^{-3} \frac{375.04}{0.22} = 0.62 \text{ volts.}$$

La sección S del conductor resulta:

$$S = \frac{769.00}{56 \times 0.22 (1.94 - 0.62)} = 47.26 \text{ mm}^2$$

$$S = 53.47 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 1/0} \quad X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$$

$$I = \frac{10,60}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 30.94 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre son:

$$\delta = \frac{769.00}{56 \times 0.22 \times 53.47} = 1.16 \text{ volts.}$$

y para la reactancia $X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$ tenemos que:

$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{375.04}{0.22} = 0.56 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{a-II} = 1.16 + 0.56 = 1.72 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = 4.66 + 1.72 = 6.38 \text{ volts.}$$

La regulación será:

$$\% \text{ reg} = \frac{6.38 \times 100}{213.62} = 2.98 \%$$

DISTRIBUIDOR B

Tramo T₁-I



Para este tramo podríamos suponer una caída de 6.6 volts, sin embargo, vamos a suponerla de 5 volts para mejorar la regulación.

$$\Sigma P L = 4.03 \times 130 = 523.90$$

$$4.03 \times 90 = 362.70$$

$$5.23 \times 50 = 261.50$$

$$\Sigma P L = 1148.10 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_{r,L} = 1148.10 \times 0.4877 = 559.93 \text{ KVAR - M}$$

La reactancia elegida será:

$$X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$$

$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{559.93}{0.22} = 0.83 \text{ volts.}$$

La sección del conductor,

$$S = \frac{\rho}{\Delta - \delta_L} \frac{\Sigma L P}{U} = \frac{1148.10}{56 \times 0.22 (5 - 0.83)} = 22.34 \text{ mm}^2$$

$$X' = 0.3632 \Omega/\text{Km.}$$

$$\delta_L = 0.3632 \times 10^{-3} \frac{375.04}{0.22} = 0.62 \text{ volts.}$$

La sección S del conductor resulta:

$$S = \frac{769.00}{56 \times 0.22 (1.94 - 0.62)} = 47.26 \text{ mm}^2$$

$$S = 53.47 \text{ mm}^2 \quad \text{calibre 1/0} \quad X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$$

$$I = \frac{10.60}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 30.94 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre son:

$$\delta = \frac{769.00}{56 \times 0.22 \times 53.47} = 1.16 \text{ volts.}$$

y para la reactancia $X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$ tenemos que:

$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{375.04}{0.22} = 0.56 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{a-II} = 1.16 + 0.56 = 1.72 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = 4.66 + 1.72 = 6.38 \text{ volts.}$$

La regulación será:

$$\% \text{ reg} = \frac{6.38 \times 100}{213.62} = 2.98 \%$$

DISTRIBUIDOR B

Tramo T_{1-I}



Para este tramo podríamos suponer una caída de 6.6 volts, sin embargo, vamos a suponerla de 5 volts para mejorar la regulación.

$$\Sigma P_L = 4.03 \times 130 = 523.90$$

$$4.03 \times 90 = 362.70$$

$$5.23 \times 50 = 261.50$$

$$\Sigma P_L = 1148.10 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_{rL} = 1148.10 \times 0.4877 = 559.93 \text{ KVAR} - \text{M}$$

La reactancia elegida será:

$$X' = 0.3284 \Omega/\text{Km.}$$

$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{559.93}{0.22} = 0.83 \text{ volts.}$$

La sección del conductor,

$$S = \frac{\rho}{\Delta - \delta_L} \frac{\Sigma P_L}{U} = \frac{1148.10}{56 \times 0.22 (5 - 0.83)} = 22.34 \text{ mm}^2$$

$$S = 21.14 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre \# 4} \quad X' = 0.3632 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$I = \frac{13.29}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 38.80 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre de conductor serán:

$$\delta = \frac{1148.10}{56 \times 0.22 \times 21.14} = 4.40 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.3632 \times 10^{-3} \frac{559.93}{0.22} = 0.92 \text{ volts.}$$

$$\Delta T_{1-I} = 4.40 + 0.92 = 5.32 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{5.32 \times 100}{214.68} = 2.47 \%$$

DISTRIBUIDOR C

Tramo T_{1-c}

En el punto "c" se divide el distribuidor en tres ramificaciones, c-I, c-II y c-III, para el cálculo de éste tramo T_{1-c} , se suponen concentradas en el poste "c" las cargas de las tres ramificaciones en la siguiente forma:

Carga en KW actuando en el poste "c" =

$$4.78 + 4.78 + 2.69 + 4.78 + 2.69 = 19.72 \text{ KW}$$

$$\Sigma P L = 19.72 \times 90 = 1774.80$$

$$4.03 \times 45 = 181.35$$

$$\Sigma P L = 1956.15 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_x L = 1956.15 \times 0.4877 = 954.01 \text{ KVAR} - \text{M}$$

Fijamos una caída de potencial de 5 volts para este tramo.

$$\Delta T_{1-c} = 5.0 \text{ volts.}$$

Reactancia elegida:

$$X' = 0.3284 \text{ } \Omega/\text{Km.}$$

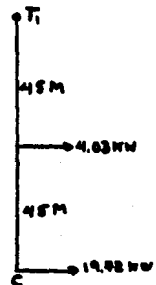
$$\delta_L = 0.3284 \times 10^{-3} \frac{954.01}{0.22} = 1.42 \text{ volts.}$$

$$S = \frac{1956.15}{56 \times 0.22 (5 - 1.42)} = 44.34 \text{ mm}^2$$

$$S = 53.47 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 1/0} \quad X' = 0.3284 \text{ } \Omega/\text{Km.}$$

$$I = \frac{23.75}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 69.34 \text{ Amp.}$$

La caída de tensión será:



$$\delta = \frac{1956.15}{56 \times 0.22 \times 53.47} = 2.97 \text{ volts.}$$

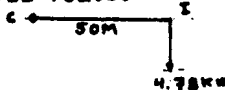
y como la reactancia elegida fué la correcta, tenemos:

$$\delta_L = 1.42 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{T1-c} = 1.42 + 2.97 = 4.39 \text{ volts.}$$

Tramo C-I

$$\Delta_{c-I \text{ max}} = 6.60 - 4.39 = 2.21 \text{ volts.}$$



$$\Sigma P_L = 4.78 \times 50 = 239.00 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_{xL} = 239.00 \times 0.4877 = 116.56 \text{ KVAR - M}$$

$$X' = 0.3808 \Omega/\text{Km.}$$

$$\delta_L = 0.3808 \times 10^{-3} \frac{116.56}{0.22} = 0.20 \text{ volts.}$$

$$S = \frac{239.00}{56 \times 0.22 \times (2.21 - 0.20)} = 9.65 \text{ mm}^2$$

$$S = 13.30 \text{ mm}^2 \text{ Calibre \# 6 } X' = 0.3808 \Omega/\text{Km.}$$

$$I = \frac{4.78}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 13.95 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

La caída de tensión será:

$$\delta = \frac{239.00}{56 \times 0.22 \times 13.30} = 1.46 \text{ volts.}$$

y como la reactancia elegida fué la correcta, tenemos:

$$\delta_L = 0.20$$

$$\Delta_{c-I} = 1.46 + 0.20 = 1.66 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{T1-c} + \Delta_{c-I} = 4.39 + 1.66 = 6.05 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{6.05 \times 100}{213.95} = 2.82 \%$$

Tramo c-II'

Igualmente que para el tramo anterior, la caída máxima para es te tramo será:

$$\Delta_{\text{max } c-II} = 6.60 - 4.39 = 2.21 \text{ volts.}$$

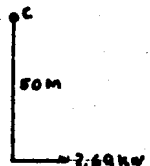
$$\Sigma P_L = 2.69 \times 50 = 134.50 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_{xL} = 134.50 \times 0.4877 = 65.60 \text{ KVAR - M}$$

La reactancia elegida será:

$$X' = 0.3808 \Omega/\text{Km}$$

$$\delta_L = 0.3808 \times 10^{-3} \frac{65.60}{0.22} = 0.11 \text{ volts.}$$



$$S = \frac{134.50}{56 \times 0.22 (2.21 - 0.11)} = 5.19 \text{ mm}^2$$

$$S = 13.30 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre \# 6} \quad X' = 0.3808 \Omega/\text{Km}$$

$$I = \frac{2.69}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 7.85 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre de conductor serán:

$$\delta = \frac{134.50}{56 \times 0.22 \times 13.30} = 0.82 \text{ volts.}$$

y como la reactancia elegida fué la correcta, tenemos:

$$\delta_L = 0.11 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{c-II} = 0.82 + 0.11 = 0.93 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{T_{1-c}} + \Delta_{c-II} = 4.39 + 0.93 = 5.32 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{5.32 \times 100}{214.68} = 2.48 \%$$

Tramo c-III'

$$\Delta_{\text{max } c-III} = 6.60 - 4.39 = 2.21 \text{ volts.}$$

$$\Sigma P L = 4.78 \times 50 = 239.00$$

$$2.69 \times 100 = 269.00$$

$$\Sigma P L = 508.00 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_L = 508.00 \times 0.4877 = 247.75 \text{ KVAR - M}$$

La reactancia elegida será:

$$X' = 0.3632 \Omega/\text{Km}$$

$$\delta_L = 0.3632 \times 10^{-3} \frac{247.75}{0.22} = 0.41 \text{ volts.}$$

$$S = \frac{508.00}{56 \times 0.22 (2.21 - 0.41)} = 22.91 \text{ mm}^2$$

$$S = 33.63 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre \# 2} \quad X' = 0.346 \Omega/\text{Km}$$

$$I = \frac{7.47}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 21.81 \text{ Amp.}$$

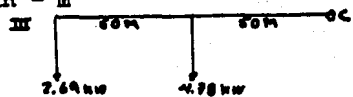
Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre de conductor serán:

$$\delta = \frac{508.00}{56 \times 0.22 \times 33.63} = 1.22 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.346 \times 10^{-3} \frac{247.75}{0.22} = 0.39 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{c-III} = 1.22 + 0.39 = 1.61 \text{ volts.}$$



$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{T_{1-c}} + \Delta_{c-III} = 4.39 + 1.61 = 6.00 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{6.00 \times 100}{214.00} = 2.80 \%$$

DISTRIBUIDOR D

Tramo T_{1-I}

Fijaremos para éste tramo una caída de 2 volts.

$$\Sigma P_L = 5.23 \times 50 = 261.50 \text{ KW} - M$$

$$\Sigma P_{rL} = 261.50 \times 0.4877 = 127.53 \text{ KVAR} - M$$

La reactancia elegida será:

$$X' = 0.3808 \Omega / \text{Km}$$

$$\delta_L = 0.3808 \times 10^{-3} \frac{127.53}{0.22} = 0.22 \text{ volts.}$$

$$S = \frac{261.50}{56 \times 0.22 (2 - 0.22)} = 11.92 \text{ mm}^2$$

$$S = 13.30 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre \# 6} \quad X' = 0.3808 \Omega / \text{Km}$$

$$I = \frac{5.23}{1.73 \times 0.22 \times 0.9} = 15.27 \text{ Amp.}$$

Sección termicamente aceptable.

Las caídas de tensión para este calibre de conductor serán:

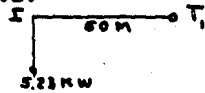
$$\delta = \frac{261.50}{56 \times 0.22 \times 13.30} = 1.59 \text{ volts.}$$

y como la reactancia elegida fué la correcta, tenemos:

$$\delta_L = 0.22 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{T_{1-I}} = 1.59 + 0.22 = 1.81 \text{ volts.}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{1.81 \times 100}{218.19} = 0.82 \%$$



CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 1 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\Sigma P L$ KW - M	$\Sigma P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa Σ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁ -a	90	73.25	2076.75	1012.83	53.47	1/0	1.51	3.15	4.66		
	a-I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	6.47	3.03
	a-II	100	30.94	769.00	375.04	53.47	1/0	0.56	1.16	1.72	6.38	2.98
B	T ₁ -I	130	38.80	1148.10	559.93	21.14	4	0.92	4.40	5.32	5.32	2.47
C	T ₁ -c	90	69.34	1956.15	954.01	53.47	1/0	1.42	2.97	4.39		
	c-I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.46	1.66	6.05	2.82
	c-II	50	7.85	134.50	65.60	13.30	6	0.11	0.82	0.93	5.32	2.48
	c-III	100	21.81	508.00	247.75	33.63	2	0.39	1.22	1.61	6.00	2.80
D	T ₁ -I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	1.81	0.82

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 2 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P_L$ KW - M	$\sum P_L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Cafda reactiva δ_L en volts.	Cafda activa δ en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₂ -a	100	57.57	1770.50	863.47	53.47	1/0	1.28	2.68	3.96		
	a-I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	5.77	2.69
	a-II	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	5.77	2.69
B	T ₂ -I	85	43.15	1095.10	534.08	33.63	2	0.84	2.64	3.48		
	I-II	100	19.62	470.50	229.46	21.14	4	0.38	1.81	2.19	5.67	2.64
C	T ₂ -I	130	41.86	1266.70	617.77	33.63	2	0.97	3.05	4.02	4.02	1.86
D	T ₂ -d	85	57.10	1501.40	732.23	33.63	2	1.15	3.62	4.77		
	d-I	85	23.53	523.90	255.50	33.63	2	0.40	1.26	1.66	6.43	3.01
	d-II	40	13.95	191.20	93.25	13.30	6	0.16	1.16	1.32	6.09	2.84

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 3 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₃ -a	56	86.74	1663.76	811.41	53.47	1/0	1.21	2.52	3.73		
	a-I	140	44.02	1352.05	659.39	53.47	1/0	0.98	2.05	3.03	6.76	3.17
	a-II	100	28.75	694.00	338.46	33.63	2	0.64	1.67	2.16	5.89	2.75
B	T ₃ -I	100	58.86	1343.50	655.22	33.63	2	1.03	3.24	4.27		
	I-II	100	23.53	604.50	294.81	21.14	4	0.48	2.32	2.80	7.07	3.32
C	T ₃ -I	140	38.80	1145.60	558.71	33.63	2	0.87	2.76	3.63	3.63	1.67

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 4 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P_L$ KW - M	$\sum P_r$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₄ -I	66	67.15	1429.23	697.03	53.47	1/0	1.04	2.16	3.20		
	I-II	150	47.53	1598.50	779.58	53.47	1/0	1.16	2.42	3.58	6.78	3.17
B	T ₄ -b	80	58.42	1439.60	702.09	53.47	1/0	1.04	2.18	3.22		
	b-I	90	19.62	423.45	206.52	13.30	6	0.35	2.58	2.93	6.15	2.87
	b-II	45	15.27	235.35	114.78	13.30	6	0.20	1.43	1.63	4.85	2.25
C	T ₄ -I	145	52.75	1852.15	903.29	53.47	1/0	1.34	2.81	4.15		
	I-II	45	7.85	121.05	59.04	13.30	6	0.10	0.74	0.84	4.99	2.32

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 5 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	ΣP_L KW - M	ΣP_r KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Cafda reactiva δ_L en volts.	Cafda activa δ en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₅ -I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	1.81	0.82
B	T ₅ -b	60	61.48	1263.60	616.25	33.63	2	0.97	3.05	4.02		
	b-I	65	33.57	512.15	249.77	21.14	4	0.41	1.96	2.37	6.39	2.99
	b-II	20	13.95	95.60	46.62	13.30	6	0.08	0.58	0.66	4.68	2.17
C	T ₅ -I	100	27.03	664.50	324.07	21.14	4	0.53	4.05	4.58	4.58	2.12

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 6 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₆ -I	100	49.72	1464.00	713.99	53.47	1/0	1.06	2.22	3.28		
	I-II	100	21.81	508.00	247.75	13.30	6	0.43	3.10	3.53	6.81	3.19
B	T ₆ -b	50	49.25	843.50	411.37	21.14	4	0.67	3.23	3.90		
	b-I	50	11.76	201.50	98.27	13.30	6	0.17	1.23	1.40	5.30	2.46
	b-II	95	25.72	557.65	271.96	21.14	4	0.45	2.14	2.59	6.49	3.04

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 7 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva S_L en volts.	Caída activa S en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₇ -I	100	53.22	1688.50	823.48	53.47	1/0	1.22	2.56	3.78		
	I-II	140	33.60	949.50	463.07	33.63	1/0	0.72	2.29	3.01	6.79	3.18
B	T ₇ -I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	1.65	0.75
C	T ₇ -o	70	60.61	1359.05	662.81	53.47	1/0	0.98	2.06	3.04		
	c-I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	4.85	2.25
	c-II	145	35.76	1107.05	539.90	33.63	2	0.84	2.67	3.51	6.55	3.06
D	T ₇ -I	150	29.66	911.50	444.54	21.14	4	0.73	3.50	4.23	4.23	1.96

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 8 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distri buidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\Sigma P L$ KW - M	$\Sigma P L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWC	Cafda reactiva S_L en volts.	Cafda activa S en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₈ -I	90	25.72	577.80	281.79	21.14	4	0.46	2.22	2.68	2.68	1.23
B	T ₈ -I	50	11.76	201.50	98.27	13.30	6	0.17	1.23	1.40	1.40	0.64
C	T ₈ -c	60	53.63	1102.20	537.54	33.63	2	0.84	2.66	3.50		
	c-I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.46	1.66	5.16	2.40
	c-II	100	25.72	642.00	313.10	21.14	4	0.51	2.46	2.97	6.47	3.03
D	T ₈ -I	50	16.99	291.00	141.92	13.30	6	0.25	1.77	2.02	2.02	0.93

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 9 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 30 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en $\frac{mm^2}{mm^2}$	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₉ -I	90	23.53	544.05	265.33	21.14	4	0.44	2.08	2.52	2.52	1.15
B	T ₉ -I	90	12.23	269.50	131.44	13.30	6	0.23	1.64	1.87	1.87	0.86
C	T ₉ -I	85	35.79	982.10	478.97	33.63	2	0.75	2.37	3.12		
	I-II	100	27.03	664.50	324.07	21.14	4	0.53	2.55	3.08	6.20	2.90
D	T ₉ -I	50	7.85	134.50	65.60	13.30	6	0.11	0.82	0.93	0.93	0.42

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 10 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distri buidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - V	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva $\sum L$ en volts.	Caída activa $\sum S$ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₀ -a	85	74.16	2037.95	993.91	53.47	1/0	1.48	3.09	4.57		
	a-I	135	43.18	1310.85	639.30	53.47	1/0	0.95	1.98	2.93	7.50	3.52
	a-II	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	6.38	2.98
B	T ₁₀ -I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	1.65	0.75
C	T ₁₀ -c	90	62.80	1720.80	839.23	53.47	1/0	1.25	2.61	3.86		
	c-I	95	23.12	517.05	252.16	21.14	4	0.42	1.98	2.40	6.26	2.92
	c-II	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	5.51	2.56
D	T ₁₀ -I	120	30.10	801.85	391.06	21.14	4	0.64	3.07	3.71	3.71	1.71

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 11 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P_r L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₁ -I	90	25.72	577.80	281.79	21.14	4	0.46	2.21	2.67	2.67	1.22
B	T ₁₁ -b	80	63.24	1625.20	792.61	53.47	1/0	1.18	2.46	3.64		
	b-I	150	35.76	1120.50	546.47	53.47	1/0	0.81	1.70	2.51	6.15	2.87
	b-II	50	11.76	201.50	98.27	13.30	6	0.17	1.23	1.40	5.04	2.34
C	T ₁₁ -I	90	27.91	645.60	314.86	21.14	4	0.52	2.47	2.99	2.99	1.37

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 12 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₂ -I	68	38.80	812.26	396.14	21.14	4	0.65	3.11	3.76		
	I-II	40	16.99	232.80	113.54	13.30	6	0.19	1.42	1.61	5.37	2.50
B	T ₁₂ -I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	1.65	0.75
C	T ₁₂ -c	55	55.38	1043.35	508.84	33.63	2	0.79	2.51	3.30		
	c-I	40	13.95	191.20	93.95	13.30	6	0.16	1.16	1.32	4.62	2.14
	c-II	100	23.12	530.50	258.72	21.14	4	0.43	2.03	2.46	5.76	2.68
D	T ₁₂ -I	180	54.51	2197.10	1071.52	53.47	1/0	1.59	3.33	4.92		
	I-II	50	7.85	134.50	65.60	13.30	6	0.11	0.82	0.93	5.85	2.73

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 13 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P_L$ KW - M	$\sum P_L$ KVAR - M	Sección en $\frac{mm^2}{2}$	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₃ -a	90	67.15	1908.80	930.92	53.47	1/0	1.38	2.89	4.27		
	a-I	50	7.85	134.50	65.60	13.30	6	0.11	0.82	0.93	5.20	2.42
	a-II	100	32.26	814.00	396.98	53.47	1/0	0.59	1.23	1.82	6.09	2.84
B	T ₁₃ -I	200	52.75	2270.00	1107.07	53.47	1/0	1.65	3.44	5.09	5.09	2.36
C	T ₁₃ -I	50	11.76	201.50	98.27	13.30	6	0.17	1.23	1.40	1.40	0.64
D	T ₁₃ -I	64	40.11	793.28	386.88	21.14	4	0.64	3.04	3.68		
	I-II	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	5.33	2.48

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 14 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distri buidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P_L$ KW - M	$\sum P_r$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₄ -a	120	62.33	1877.00	915.41	53.47	1/0	1.36	2.85	4.21		
	a-I	50	13.95	339.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	5.86	2.73
	a-II	50	7.85	134.50	65.60	13.30	6	0.11	0.82	0.93	5.14	2.39
B	T ₁₄ -I	50	15.27	261.50	127.53	13.30	6	0.22	1.59	1.81	1.81	0.83
C	T ₁₄ -I	107	33.98	954.48	465.50	21.14	4	0.77	3.66	4.43	4.43	2.05

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 15 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δL en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₅ -I	200	67.56	2970.50	1448.71	53.47	1 0	2.15	4.50	6.65	6.65	3.11
B	T ₁₅ -I	100	32.26	814.00	396.98	21.14	4	0.65	3.12	3.77	3.77	1.74
C	T ₁₅ -I	176	54.07	2044.80	997.24	53.47	1/0	1.48	3.10	4.58	4.58	2.12

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 16 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KV - M	$\sum P L^2$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWC	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₆ -I	100	52.75	814.00	396.98	21.14	4	0.65	3.12	3.77	3.77	1.74
B	T ₁₆ -I	164	64.52	2097.94	1023.16	53.47	1/0	1.52	3.18	4.70	4.70	2.18

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 17 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₇ -I	150	50.56	1680.00	819.33	33.63	2	1.28	4.05	5.33	5.33	2.48
B	T ₁₇ -I	208	66.27	2714.24	1323.73	53.47	1/0	1.97	4.12	6.09	6.09	2.84

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 18

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P_r L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Cafda. reactiva δ_L en volts.	Cafda. activa δ en volts.	Cafda. parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₈ -I	100	38.80	1194.50	582.55	33.63	2	0.91	2.88	3.79		
	I-II	50	16.99	291.00	141.92	13.30	6	0.24	1.77	2.01	5.80	2.70
B	T ₁₈ -I	90	29.22	665.55	324.58	21.14	4	0.53	2.55	3.03	3.03	1.39
C	T ₁₈ -I	135	47.53	1404.45	684.95	33.63	2	1.07	3.39	4.46	4.46	2.07

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 19 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en en Metros	Corriente en Amperes	$\Sigma P L$ KW - M	$\Sigma P_r L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₁₉ -I	145	39.67	1396.95	681.29	33.63	2	1.07	3.37	4.44	4.44	2.05
B	T ₁₉ -I	126	24.00	769.22	375.15	21.14	4	0.61	2.95	3.56	3.56	1.64
C	T ₁₉ -I	90	33.57	752.85	367.16	21.14	4	0.60	2.89	3.49	3.49	1.61

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 20 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₀ -I	190	58.83	2257.10	1100.78	53.47	1/0	1.64	3.42	5.06	5.06	2.35
B	T ₂₀ -I	216	71.06	3289.82	1604.44	53.47	1/0	2.39	4.99	7.38	7.38	3.47
C	T ₂₀ -I	135	50.97	1571.40	766.37	33.63	2	1.20	3.79	4.99	4.99	2.32

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 21 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P_x L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWC	Cafda reactiva δ_L en volts.	Cafda activa δ en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₁ -I	190	60.14	2279.50	1111.71	53.47	1/0	1.65	3.46	5.11	5.11	2.37
B	T ₂₁ -I	150	54.91	1881.00	917.36	33.63	2	1.44	4.53	6.97	6.97	3.27

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 22 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P_x L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Caída reactiva δ_L en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₂ -I	180	58.83	2377.40	1159.45	53.47	1/0	1.72	3.60	5.32	5.32	2.47
B	T ₂₂ -I	85	54.83	1477.80	720.72	53.47	1/0	1.07	2.24	3.31		
	I-II	95	35.29	866.40	422.54	33.63	2	0.66	2.09	2.75	6.06	2.83
C	T ₂₂ -I	100	36.61	940.50	458.68	21.14	4	0.75	3.61	4.36	4.36	2.02

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 23 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 75 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	ΣP_L KW - M	$\Sigma P_r L$ KVAR - M	Sección en mm^2	Calibre AWG	Cafda reactiva δ_L en volts.	Cafda activa δ en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₃ -I	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	1.65	0.75
B	T ₂₃ -I	90	28.75	624.70	304.66	13.30	6	0.52	3.81	4.33	4.33	2.00
C	T ₂₃ -I	140	41.86	1314.50	641.08	33.63	2	1.00	3.17	4.17	4.17	1.93
D	T ₂₃ -I	245	63.24	3053.30	1489.09	53.47	1/0	2.22	4.63	6.85	6.85	3.20

CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

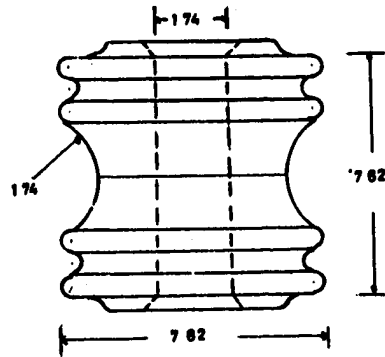
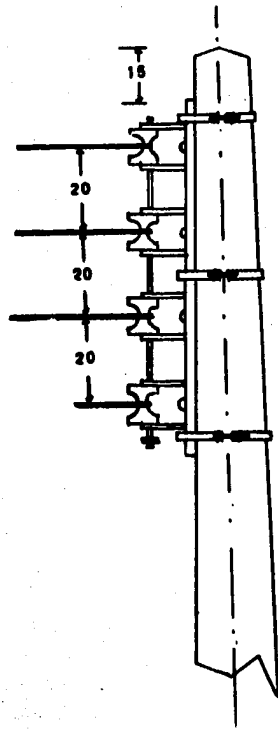
CIRCUITO NO. 24 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P_r L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Cafda reactiva δL en volts.	Cafda activa δ en volts.	Cafda parcial Δ en volts.	Cafda total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₄ -I	90	32.26	732.60	357.28	21.14	4	0.59	2.81	3.40	3.40	1.57
B	T ₂₄ -I	140	23.56	726.30	354.21	21.14	4	0.58	2.78	3.36	3.36	1.55
C	T ₂₄ -I	200	58.45	2457.50	1198.52	53.47	1/0	1.78	3.73	5.51	5.51	2.56

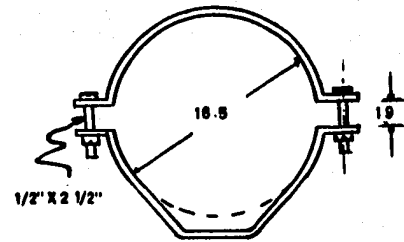
CALCULO ELECTRICO DE LINEAS SECUNDARIAS.

CIRCUITO NO. 25 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 45 KVA.

Distribuidor	Tramo	Longitud en Metros	Corriente en Amperes	$\sum P L$ KW - M	$\sum P L$ KVAR - M	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δL en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	T ₂₅ -a	65	39.67	883.35	430.81	21.14	4	0.71	3.39	4.10		
	a-I	40	11.76	161.20	78.61	13.30	6	0.13	0.98	1.11	5.21	2.42
	a-II	50	13.95	239.00	116.56	13.30	6	0.20	1.45	1.65	5.75	2.68
B	T ₂₅ -I	100	30.54	784.50	382.60	21.14	4	0.63	3.01	3.64	3.64	1.68
C	T ₂₅ -c	30	55.79	573.30	279.60	21.14	4	0.46	2.20	2.66		
	c-I	100	21.81	612.50	298.71	21.14	4	0.49	2.35	2.84	5.50	2.56
	c-II	50	16.99	291.00	141.92	13.30	6	0.24	1.77	2.01	4.67	2.16



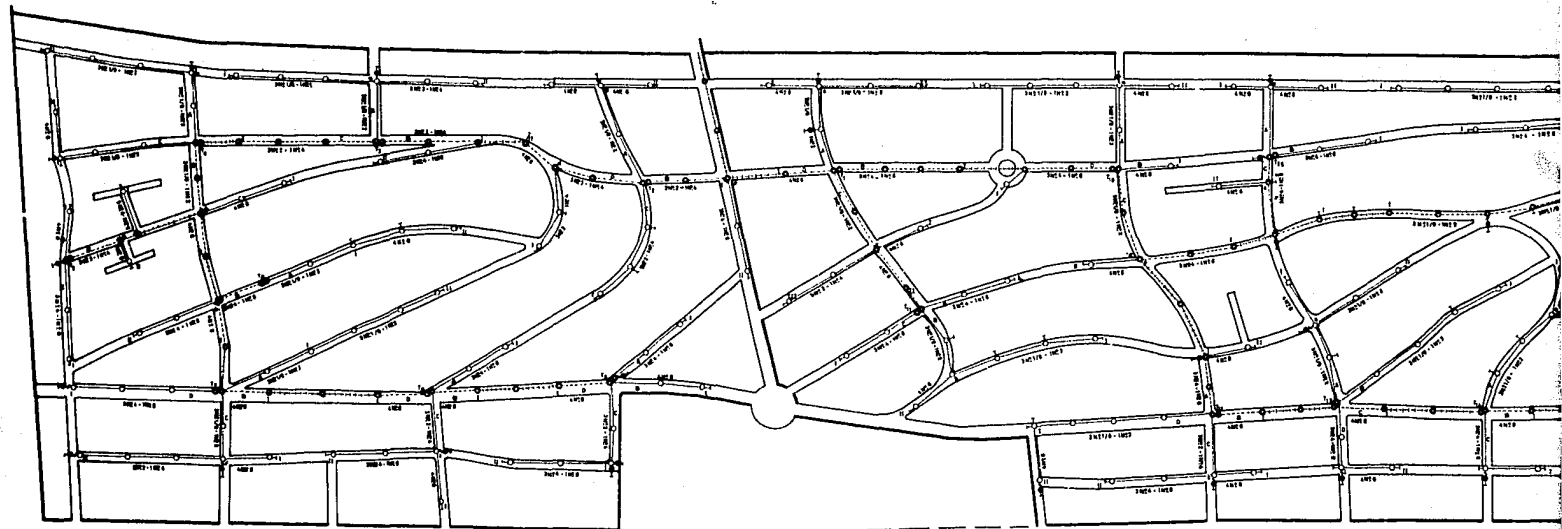
AISLADOR PORCELANA TIPO CARRETE



ABRAZADERA DE Fe GALVANIZADO

ACOTACIONES EN CENTIMETROS

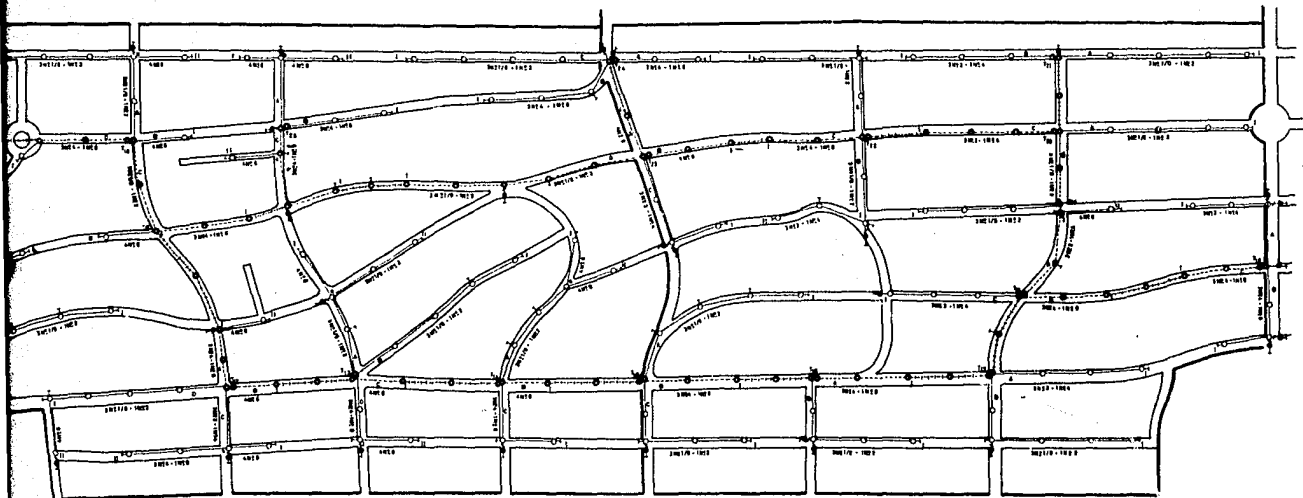
DETALLE DE LINEAS SECUNDARIAS



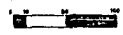
O C E A N O P A C I F I C O

- * SIGNOS CONVENCIONALES
 ● subestación de agua potable
 ○ punto de control de 10.00 m
 ○ " " " " 5.00 m
 ○ " " " " 3.00 m
 --- obra de obra
 - - - - - obra de obra
 - - - - - obra de obra
 - - - - - obra de obra
 - - - - - obra de obra





A C I F I C O



T E S I S P R O F E S I O N A L			
C I R C U I T O S S E C U N D A R I O S			
FERNANDO	ROBERTO	EIMBCKE	IRIARTE
1 9 6 3		P L A N O N O 2	

CIRCUITOS PRIMARIOS

La alimentación del fraccionamiento es tomada de una fuente trifásica, tres hilos, con un voltaje entre fases de 6600 volts y frecuencia de 60 c.p.s.

Se toman dos distribuidores principales A y B (Plano No. 3), - que parten de un punto de alimentación P. . El distribuidor A, surte un anillo que abarca la mayor parte del fraccionamiento, que es donde la densidad de carga es mayor; ésto es con el objeto de obtener una mayor continuidad de servicio y una mejor regulación; de este anillo parten ramificaciones que alimentan los transformado--res que están más alejados, como se indica en el Plano No. 3 de líneas primarias.

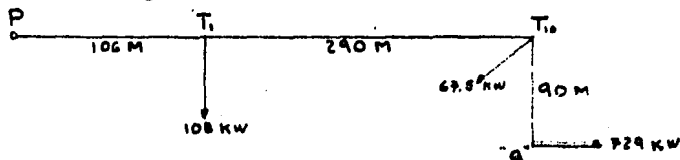
Las letras minúsculas a, b, c, etc., se utilizan para señalar los puntos o postes en los que hay ramificación y las ramificacio--nes que parten de un punto en que haya transformador, la designa--ción de éstos sirve para señalar dichas ramificaciones y sus rema--tes en los planos y cálculos.

A diferencia de las líneas secundarias, el cálculo de la sec--ción en este caso, se hace tomando en cuenta primeramente la co---rriente, que circula por los conductores, por ser ésta la que fija, como se verá más adelante, una sección mayor que la obtenida tomando la máxima caída de tensión.

Una vez que se eligen secciones termicamente aceptables, se determina la caída de tensión, que no deberá ser mayor del 3 % de la tensión nominal.

DISTRIBUIDOR "A"

Como se dijo anteriormente, el distribuidor "A" alimenta el a--nillo formado por los dos distribuidores C y D, pudiendose conside--rar para su cálculo con la carga del anillo concentrado en el pun--to "a", quedando en la siguiente forma:



$$\cos \theta = 0.9$$

$$\operatorname{tg} \theta = 0.4877$$

TABLA NO. 3
CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE CONDUCTORES DESNUDOS
DE COBRE SEMIDURO.

Sección AWG	Sección en mm ²	Diámetro en mm	Corriente admisible en Amperes	Resist. por Km. a 20° en ohms	Peso en Kg/Km
0000	107.225	11.684	484	0.1608	953.1
000	85.032	10.403	416	0.2027	755.8
00	67.419	9.266	359	0.2556	599.4
0	53.477	8.252	309	0.3224	475.4
1	42.406	7.348	266	0.4064	377.0
2	33.632	6.543	230	0.5128	298.9
3	26.670	5.827	198	0.6463	237.0
4	21.148	5.189	171	0.8152	188.0
5	16.774	4.620	147	1.027	149.1
6	13.303	4.115	127	1.296	118.2

Para el cálculo de la sección de conductores de éste distribuidor, se toma como base la corriente que circula por el primer tramo resultando:

$$I = \frac{904.50}{1.73 \times 6.6 \times 0.9} = 87.98 \text{ Amp.}$$

De la tabla No. 3 se toma la sección de conductor de 13.30 mm² Calibre # 6 AWG, que es termicamente aceptable.

Una vez obtenido el calibre de conductores, se puede determinar la caída de voltaje calculando el valor de reactancia X' para una disposición de conductores indicada en la figura siguiente:

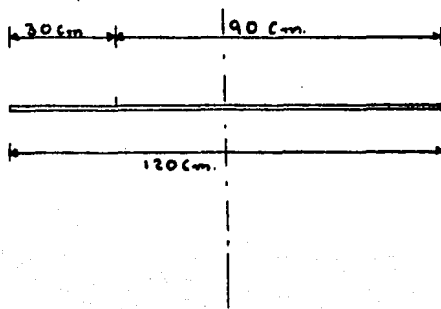


FIG. 11

Aplicando la fórmula de inductancia de servicio resulta:

$$L'_s = 0.46 \log \frac{2.57 \text{ Dmg}}{d} \times 10^{-3} \text{ H/Km.}$$

$$\text{Dmg} = \text{Distancia media geométrica} = \sqrt[3]{30 \times 90 \times 120} = 68.7 \text{ cm.}$$

$$d = \text{diámetro del conductor} = 0.4115 \text{ cm.}$$

$$L'_s = 1.21 \times 10^{-3} \text{ H/Km.}$$

La reactancia será:

$$X' = 2\pi f L'_s = 6.28 \times 60 \times 1.21 \times 10^{-3} = 0.4559 \Omega / \text{Km.}$$

$$X' = 0.4559 \Omega / \text{Km.}$$

La caída de tensión será:

$$\Sigma P L = 729.00 \times 486 = 354294.00$$

$$67.50 \times 396 = 26730.00$$

$$108.00 \times 106 = 11448.00$$

$$\Sigma P L = \underline{392472.00} \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P L = 392.47 \text{ KW - Km.}$$

$$\Sigma P_{rL} = 392.47 \times 0.4877 = 191.41 \text{ KVAR} - \text{Km.}$$

$$\delta_L = X' \frac{\Sigma P_{rL}}{U} = 0.4559 \frac{191.41}{6.6} = 13.22 \text{ volts.}$$

$$\delta = \frac{P}{S} \frac{\Sigma P L}{U} = \frac{392472}{56 \times 13.30 \times 6.6} = 80.31 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{\text{Total p-a}} = 80.31 + 13.22 = 93.53 \text{ volts.}$$

ANILLO a-a'

Una línea de anillo puede suponerse abierta en el punto de alimentación (en este caso "a"), con lo cual se convierte en una línea con dos puntos de alimentación y voltajes iguales en cada uno de ellos.

Antes de emprender el cálculo de la sección de la línea, hay que determinar con que parte contribuye cada punto de alimentación a la carga.

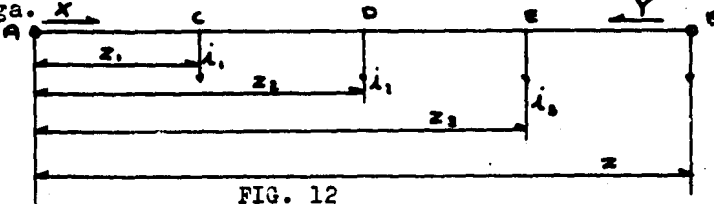


FIG. 12

Tomando como ejemplo la Fig. 12 y admitiendo que ambos lados están a una misma tensión, la suma de todas las caídas de tensión de B a A, ha de ser igual a cero. Si en el tramo de línea de B a A la intensidad es Y amperes; la caída de tensión correspondiente será: tomando como Z_1 , Z_2 , Z_3 y Z las impedancias.

$$\Delta_{B-E} = (Z - Z_3) Y$$

$$\Delta_{E-D} = (Z_3 - Z_2) (Y - i_3)$$

$$\Delta_{D-C} = (Z_2 - Z_1) (Y - i_3 - i_2)$$

$$\Delta_{C-A} = Z_1 (Y - i_3 - i_2 - i_1)$$

$$\Delta_{B-E} + \Delta_{E-D} + \Delta_{D-C} + \Delta_{C-A} = 0.$$

Substituyendo y efectuando operaciones resulta:

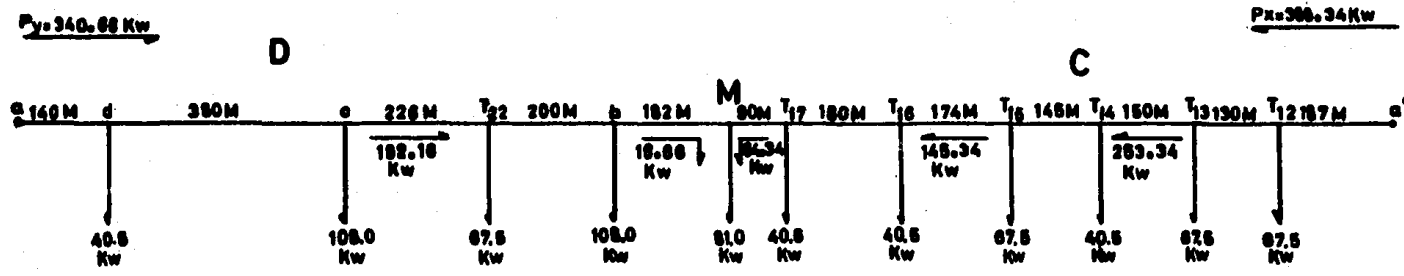
$$Y = \frac{Z_1 i_1 + Z_2 i_2 + Z_3 i_3}{Z}$$

Escribiendo la fórmula para un número cualquiera de puntos de consumo toma la forma:

$$Y = \frac{\sum Z_n i}{Z}$$

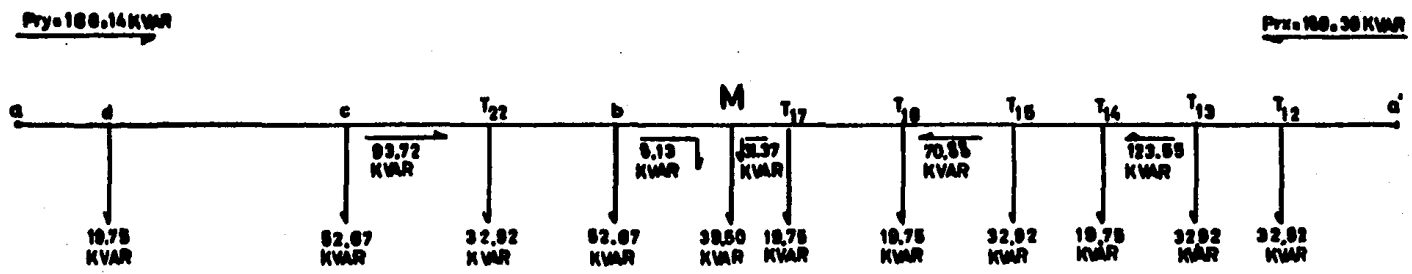
Siendo Z_n , el vector de impedancia del conductor entre cada carga y el punto de alimentación A; y Z la impedancia total de un conductor.

Si la línea es de sección uniforme, designando por Z' el vector de impedancia por kilómetro de conductor se tiene:



CARGAS ACTIVAS

FIG (a)



CARGAS REACTIVAS

FIG (b)

$$Z' = R' + j X'$$

$$Z = \sum l Z'$$

$$Z_1 = l_1 Z'$$

$$Z_2 = l_2 Z'$$

$$Z_3 = l_3 Z'$$

$$Z_n = l_n Z'$$

y la fórmula se simplifica como sigue:

$$Y = \frac{\sum Z' l_i}{\sum l Z'} = \frac{\sum l_i}{\sum l}$$

substituyendo los vectores por sus complejos, se halla:

$$Y \cos \theta \text{ y } -j Y \sin \theta \text{ y} = \frac{\sum l (i \cos \theta - j i \sin \theta)}{\sum l}$$

igualando las partes reales e imaginarias de ambos miembros, - se obtiene:

$$Y \cos \theta \text{ y} = \frac{\sum l_i \cos \theta}{\sum l}$$

$$Y \sin \theta \text{ y} = \frac{\sum l_i \sin \theta}{\sum l}$$

Tomando las cargas en potencias estas fórmulas se transforman en las siguientes:

$$P_y = \frac{\sum l P}{\sum l}$$

$$P_{ry} = \frac{\sum l P_r}{\sum l}$$

Las fórmulas anteriores demuestran que para resolver una línea cerrada o de anillo de sección uniforme, basta establecer los dos-datos siguientes:

1.- Línea solamente con las cargas activas, cuya distribución de - cargas está de acuerdo con la fórmula:

$$P_y = \frac{\sum l P}{\sum l}$$

2.- Línea solamente con cargas reactivas, cuya distribución viene-determinada por la fórmula:

$$P_{ry} = \frac{\sum l P_r}{\sum l}$$

La superposición vectorial de las cargas de éstos dos estados, nos da la distribución de las corrientes o las cargas en la línea.

Determinada de este modo la distribución de la carga, se puede encontrar fácilmente el punto del circuito, que recibe corriente - por ambos lados. En este punto, especie de centro de gravedad de - la línea, la caída de tensión es máxima y en él la tensión es míma.

Para el cálculo de la distribución de cargas activas y veacti-vas, se utilizan las fórmulas encontradas anteriormente.

Haciendo referencia a la lámina No. 2, en la que se representa el anillo alimentado por dos puntos (a-a'), que tienen el mismo -- voltaje.

$$\Sigma P L = 67.5 \times 187 + 317 \times 67.5 + 40.5 \times 467 + 67.5 \times 612 + \\ 40.5 \times 786 + 40.5 \times 966 + 81 \times 1056 + 108 \times 1238 + \\ 67.5 \times 1438 + 108 \times 1664 + 40.5 \times 2044$$

$$\Sigma P L = 743,998.50 \text{ KW} - M$$

$$P_y = \frac{743,998.50}{2184} = 340.66 \text{ KW}$$

$$P_x = P_r - P_y = 729.00 - 340.66 = 388.34 \text{ KW}$$

La distribución de cargas activas queda de acuerdo con la Fig. (a), encontrándose el punto de mínima M, donde concurren alimenta- ciones de las dos fuentes a y a', o sea donde el voltaje para cada lado es mínimo.

Las cargas veactivas se determinan multiplicando las cargas activas por la tangente del ángulo de defasamiento entre corriente y voltaje, quedando:

El factor de potencia de las cargas de los transformadores es- de 0.9, resultando un ángulo $\theta = 26^\circ$

$$\text{tang } \theta = \text{tang } 26^\circ = 0.4877$$

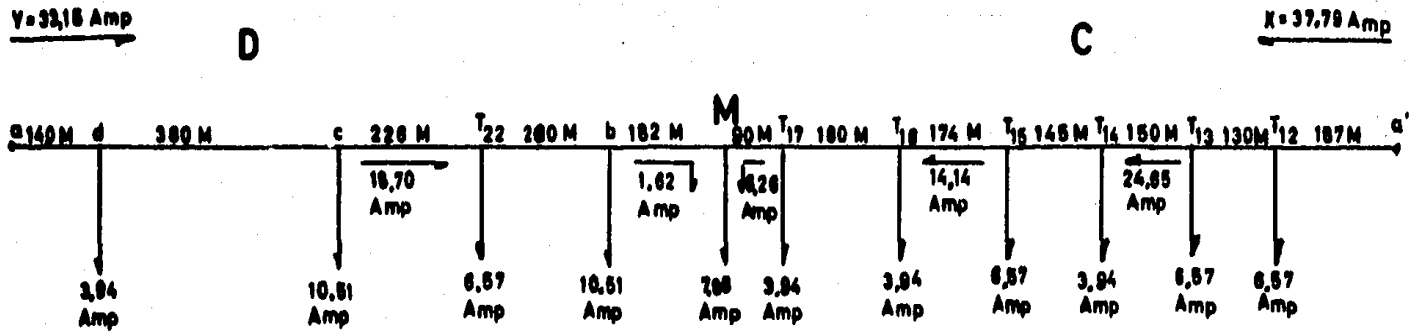
Considerando todos los transformadores con el mismo factor de- potencia, queda:

$$P_{ry} = 340.66 \times 0.4877 = 166.14 \text{ KVAR}$$

$$P_{rx} = 388.34 \times 0.4877 = 189.39 \text{ KVAR}$$

Teniendo la distribución de cargas en la forma representada en la Fig. (b).

El punto de mínima en los dos casos de cargas activas y veacti-vas coincide en M, pudiendo calcularse la corriente que circula -- por los conductores, a partir de cualquiera de los dos casos, uti-



DISTRIBUCION DE CORRIENTES EN EL ANILLO a-a' LAMINA Nº 3

lizando las fórmulas:

$$I = \frac{KW}{\sqrt{3} KV \cos \theta} \quad ; \quad I = \frac{KVAR}{\sqrt{3} KV \sin \theta}$$

Obteniéndose una distribución de corriente en el anillo, según la lámina 3, en que se representa igualmente abierto, alimentado - por dos fuentes con tensiones iguales.

La mayor corriente que circula por el anillo, tiene un valor - de 37.79 Amp., encontrándose ésta en el tramo comprendido entre a' y el transformador No. 12.

$$I = \frac{388.34}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 0.9} = 37.79 \text{ Amp.}$$

La sección de conductor necesaria para transportar la mayor -- carga encontrada, se toma de la Tabla No. 3. Siendo termicamente - aceptable la sección de 13.303 mm², o sea el Calibre No. 6 AWG.

Una vez encontrada la sección de conductor termicamente acepta - ble para el anillo a-a', se procede a calcular las caídas de ten- - sión, de la misma manera como se encontraron las de líneas secunda - rias.

En el punto de mínima M, por ser alimentado por ambos lados, - se puede considerar abierto el anillo, reduciéndose el problema a - la resolución de dos distribuidores abiertos D y C, los cuales de - berán tener la misma caída de tensión en el punto M.

DISTRIBUIDOR "D"

Para el cálculo en la forma ilustrada en la Fig. 13, se toma - éste distribuidor independientemente. La reactancia de servicio X' es la misma que la que se utilizó para el distribuidor "A", ya que es el mismo calibre de conductor y la misma disposición de ellos.

$$X' = 0.4559 \Omega / \text{Km.}$$

La cual se tomará para todo el anillo, ya que éste es de sec- - ción uniforme:

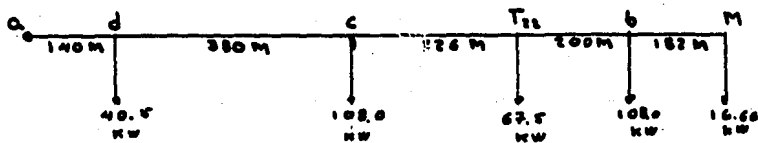


FIG. 13

Tramo a - d

$$\Sigma P L = 340.60 \times 140 = 47684.00 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_R L = 47.684 \times 0.4877 = 23.26 \text{ KVAR} - \text{KM.}$$

$$\delta = \frac{47684}{56 \times 13.30 \times 6.6} = \frac{47684.00}{4916.80} = 9.70 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{23.26}{6.6} = 1.61 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{a-d} = 9.70 + 1.61 = 11.31 \text{ volts.}$$

Tramo d - c

$$\Sigma P L = 300.16 \times 380 = 114,060.80 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_R L = 114.06 \times 0.4877 = 55.63 \text{ KVAR} - \text{KM.}$$

$$\delta = \frac{114,060.80}{4,916.80} = 23.19 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{55.63}{6.6} = 3.84 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{d-c} = 23.19 + 3.84 = 27.03 \text{ volts.}$$

Tramo c - b

$$\Sigma P L = 124.66 \times 426 = 53105.16$$

$$67.50 \times 226 = 15255.00$$

$$\Sigma P L = 68360.16 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_R L = 68.36 \times 0.4877 = 33.34 \text{ KVAR} - \text{Km.}$$

$$\delta = \frac{68360.16}{4916.80} = 13.90 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{33.34}{6.6} = 2.30 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{c-b} = 13.90 + 5.05 = 16.20 \text{ volts.}$$

Tramo b - M

$$\Sigma P L = 16.66 \times 182 = 3032.12 \text{ KW} - \text{M}$$

$$\Sigma P_R L = 0.4877 \times 3.032 = 1.48 \text{ KVAR} - \text{Km.}$$

$$\delta = \frac{3032.12}{4916.80} = 0.616 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{1.48}{6.6} = 0.1 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{b-M} = 0.616 + 0.1 = 0.71 \text{ volts.}$$

La caída de tensión, desde el punto de alimentación del anillo hasta el punto de mínima "M", es igual a la suma de las caídas parciales y quedando.

$$\Delta_{a-M} = 11.31 + 27.03 + 16.20 + 0.71 = 55.25 \text{ volts.}$$

A ésta caída de tensión encontrada, hay que agregarle la del distribuidor "A", para obtener la caída total desde el punto "P" hasta el punto de mínima "M", resultando:

$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{P-a} + \Delta_{a-M} = 93.53 + 55.25 = 148.78 \text{ volts.}$$

La regulación resulta:

$$\% \text{ Reg} = \frac{148.78 \times 100}{6451.22} = 2.30 \%$$

Siendo ésta la regulación del conjunto formado por el distribuidor "A" y los distribuidores "C" y "D", del anillo.

Las características de los ramales que parten del anillo y de cada uno de los tramos, están indicados en la tabla de cálculo eléctrico de líneas primarias; tomándose las designaciones como se dijo anteriormente, del plano de líneas primarias.

DISTRIBUIDOR "B"

El distribuidor "B" es una línea abierta que parte del punto de alimentación "P", alimentando a lo largo de ella a los transformadores y rematando en el transformador No. 9, teniendo una sola ramificación en el punto "a", para su cálculo ésta línea la tomamos independientemente en la forma ilustrada en la figura:

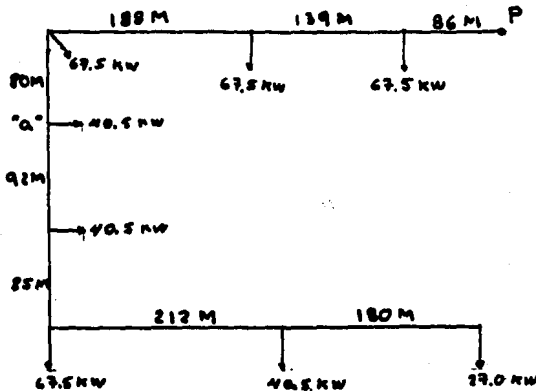


FIG. 14

La corriente que circula por el primer tramo, que es la mayor, resulta:

$$I = \frac{KW}{\sqrt{3} KV \cos \theta} = \frac{418.50}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 0.9} = 40.71 \text{ Amp.}$$

Para ésta corriente, es termicamente aceptable la sección de conductor de 13.303 mm² Calibre # 6 AWG.

La sección de conductores y disposición sobre el poste para éste distribuidor, es el mismo que para el anillo y distribuidor "A" por lo que se toma la misma reactivancia X' de la línea para la determinación de la caída de tensión:

$$X' = 0.4559 \Omega / \text{Km.}$$

Tramo P - a

$$\begin{aligned} \Sigma P L &= 216.00 \times 493 = 106488.00 \\ &67.50 \times 413 = 27877.50 \\ &67.50 \times 225 = 15187.50 \\ &67.50 \times 86 = 5130.00 \end{aligned}$$

$$\Sigma P L = 154683.00 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_r L = 154.683 \times 0.4877 = 75.44 \text{ KVAR - Km.}$$

$$\delta = \frac{154683}{56 \times 13.303 \times 6.6} = 31.46 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{75.44}{6.6} = 5.21 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{P-a} = 31.46 + 5.21 = 36.67 \text{ volts.}$$

Tramo a - T_g

$$\begin{aligned} \Sigma P L &= 27.0 \times 569 = 15363.00 \\ &40.5 \times 389 = 15754.50 \\ &67.5 \times 177 = 11947.50 \\ &40.5 \times 92 = 3726.00 \end{aligned}$$

$$\Sigma P L = 46791.00 \text{ KW - M}$$

$$\Sigma P_r L = 46.791 \times 0.4877 = 22.82 \text{ KVAR - KM.}$$

$$\delta = \frac{46791.00}{4916.86} = 9.52 \text{ volts.}$$

$$\delta_L = 0.4559 \times \frac{22.82}{6.6} = 1.58 \text{ volts.}$$

$$\Delta_{a-T_g} = 9.52 + 1.58 = 11.10 \text{ volts.}$$

La caída total de tensión para este distribuidor es:

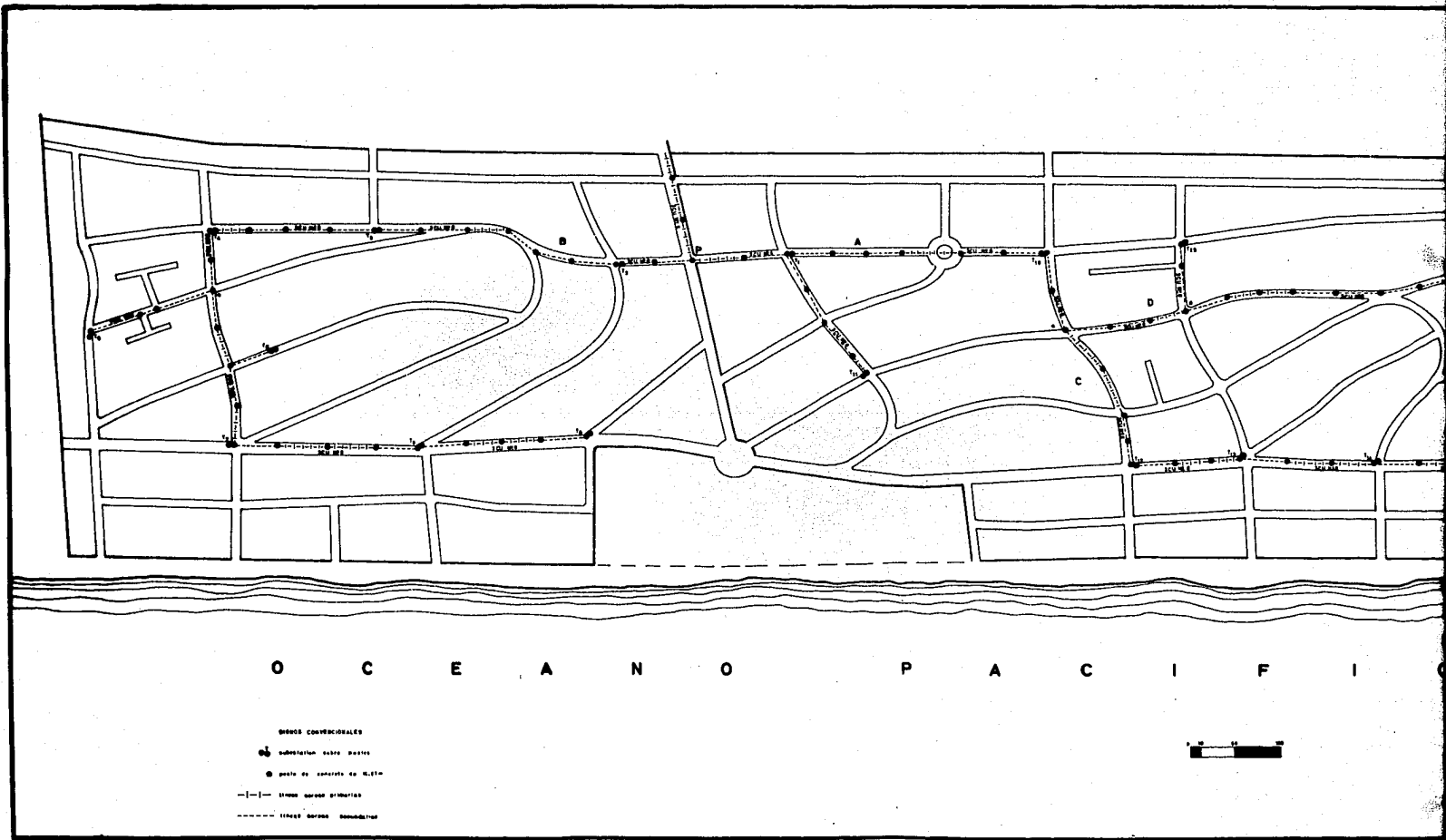
- 74 -

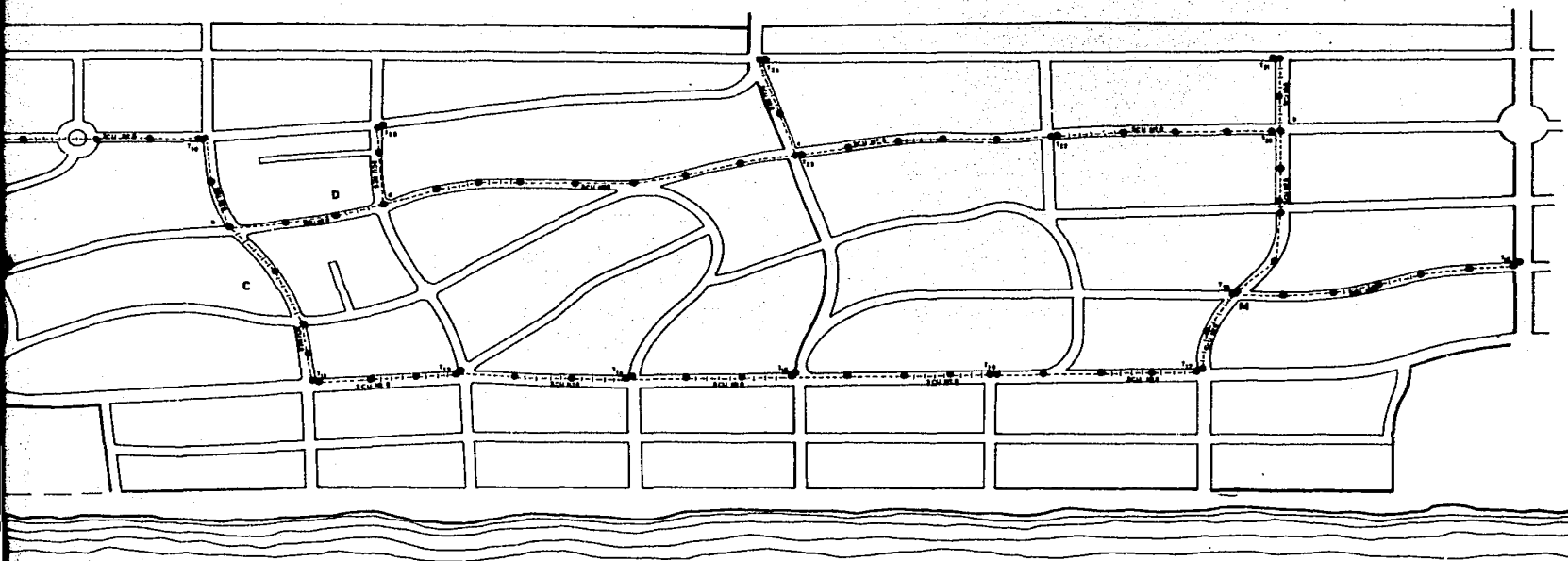
$$\Delta_{\text{Total}} = \Delta_{\text{P-a}} + \Delta_{\text{a-Tg}} = 36.67 + 11.10 = 47.77 \text{ volts.}$$

La regulación del distribuidor será:

$$\% \text{ Reg} = \frac{47.77 \times 100}{6552.23} = 0.73 \%$$

Distribuidor	Tramo	Corriente en Amperes	ΣP_L KW - M	ΣP_T KW - KM	Sección en mm ²	Calibre AWG	Caída reactiva δL en volts.	Caída activa δ en volts.	Caída parcial Δ en volts.	Caída total en volts.	Regulación en %
A	P - a	87.98	392,472.00	191.41	13.303	6	13.22	80.31	93.53	93.53	
D	a - d	33.15	47,684.00	23.26	13.303	6	1.61	9.70	11.31	104.84	
	d-T ₂₅	3.94	3,240.00	1.58	13.303	6	0.11	0.66	0.77	105.61	1.63
	d - o	29.21	114,060.80	55.63	13.303	6	3.84	23.19	27.03	131.87	
	o-T ₂₄	3.94	4,202.00	2.05	13.303	6	0.14	0.86	1.00	132.87	2.05
	o - b	18.70	68,360.16	33.34	13.303	6	2.30	13.90	16.20	148.07	
	b-T ₂₁	3.94	3,240.00	1.58	13.303	6	0.11	0.66	0.77	148.84	2.29
	b - M	1.62	3,032.12	1.48	13.303	6	0.10	0.61	0.71	148.78	2.30
	M-T ₁₉	3.94	10,206.00	4.98	13.303	6	0.34	2.01	2.35	151.13	2.34
C	a' - M	37.79	233,145.48	113.68	13.303	6	7.85	47.40	55.25	148.78	2.30
B	P - a	40.71	154,683.00	75.44	13.303	6	5.21	31.46	36.67	36.67	
	a-T ₅	3.94	5,751.00	2.80	13.303	6	0.19	1.17	1.36	38.03	0.68
	a-T ₉	17.07	46,791.00	22.82	13.303	6	1.58	9.52	11.10	47.77	0.73





P A C I F I C O



T E S I S P R O F E S I O N A L	
C I R C U I T O S P R I M A R I O S	
FERNANDO	ROBERTO EIMBRE IRIARTE
1963	PLANO Nº 3

CAPITULO IV
CALCULO MECANICO.

Cálculo de Tensiones y Flechas de Conductores.- Las líneas aéreas se cuelgan entre soportes independientes y han de tenderse de tal manera que alcancen una flecha perfectamente definida. Al hacer el tendido del conductor, se produce en su sección un esfuerzo de tracción, el cual no debe exceder un límite fijado, tomando en cuenta la resistencia mecánica del conductor.

Cuando la tensión en los conductores es poca, es necesario utilizar postes más altos, puesto que entre el punto más bajo del cable y la tierra, ha de quedar siempre una altura mínima. Existe además, el peligro cuando hay vientos fuertes, que los conductores pueden llegar a tocarse debido al balanceamiento, ocasionando un corto circuito que provoca la interrupción en el servicio y el arco eléctrico que daña el material.

Cuando al contrario, la tensión de los conductores es demasiada se encuentran expuestos al peligro de rupturas, porque la fatiga -- del material se eleva a consecuencia de una disminución de temperatura, de la sobrecarga por la presión del viento, o por el peso de la nieve o el hielo; causas por las cuales puede rebasarse fácilmente el límite de la fatiga a la tracción y producirse la ruptura del conductor.

Por medio del cálculo se determina la flecha que debe darse al cable para que en las condiciones más desfavorables, tenga todavía suficiente resistencia y quede un cierto margen de seguridad.

La figura siguiente representa un conductor tendido entre los puntos de sujeción A y B, tomando la forma de una catenaria; siendo a la distancia entre soportes y f la flecha del conductor, l la longitud, p , el peso o carga por unidad de longitud y T la tensión mecánica a que está sometido el conductor en el punto más bajo de la curva.

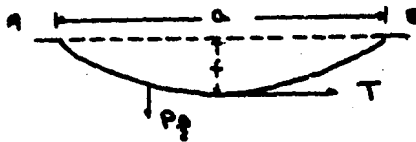


FIG. 15

Imaginando suprimida la mitad derecha del clavo y substituyéndola por la tensión T , aplicada horizontalmente en el punto más bajo de la curva, la suma de momentos con respecto a A, de las cargas -- que actúan en la mitad izquierda, deben resultar igual a cero, suponiendo además que la flecha sea pequeña comparada con el clavo, o-- que el conductor se separa poco de la recta AB, la ecuación de momentos será:

$$Tf = P \frac{a}{2} \times \frac{a}{4} = \frac{P a^2}{8}$$

$$T = \frac{P a^2}{8 f}$$

$$f = \frac{P a^2}{8 T}$$

Según esta fórmula, si para una distancia interpostal dada, P aumenta a causa del viento, hielo o nieve, la tensión aumentaría en la misma proporción si la flecha quedara invariable, pero en realidad la tensión T aumenta menos, pues la flecha crece debido al incremento elástico del hilo. Análogamente, si por un descenso de temperatura, el conductor se contrae, el aumento de tensión provoca -- otro del alargamiento elástico, que compensa en parte el efecto de la baja de temperatura.

Según el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas vigente en la República Mexicana, para calcular la tensión mecánica de los conductores, se considera como la carga total la resultante del peso propio del conductor y de la fuerza producida por el viento actuando horizontalmente y en ángulo recto con la dirección de la línea, a la temperatura mínima.

La fuerza ejercida por el viento se calcula como la correspondiente a una presión no menor de 39 Kg/cm^2 del área proyectada de superficies cilíndricas y se supone que los conductores estarán sometidos a una temperatura de (-10°C)

Para el cálculo de las tensiones y flechas de montaje para las condiciones climatológicas existentes, se utiliza la ecuación de -- cambio de condiciones, la cual resulta en la siguiente forma:

En el supuesto de que la flecha sea pequeña comparada con el -- clavo, la catenaria puede substituirse con suficiente aproximación por una parábola, siendo en este caso la longitud del hilo igual:

$$l = a + \frac{8 f^2}{3 a}$$

Substituyendo f por el valor encontrado anteriormente, resulta:

$$l = a + \frac{a^3 P^2}{24 T^2}$$

Según esta fórmula, la diferencia de longitudes del hilo en los dos estados es:

$$l_1 - l_2 = \frac{a^3 P_1^2}{24 T_1^2} - \frac{a^3 P_2^2}{24 T_2^2} = \frac{a^3}{24} \left(\frac{P_1^2}{T_1^2} - \frac{P_2^2}{T_2^2} \right)$$

Por otra parte, la diferencia de longitudes es igual a la suma algebraica de la dilatación o contracción debida a la variación de temperatura y del alargamiento o acortamiento elástico motivado por la diferencia de tensiones $T_1 - T_2$. Designando δ por el coeficiente de dilatación lineal, la diferencia de longitudes de origen térmico será:

$$\delta (t_1 - t_2)$$

y representando por ϵ el alargamiento elástico por unidad de longitud y por una variación de tensión de un Kg. por milímetro cuadrado (inverso del modulo de elasticidad), la diferencia de longitudes debida a la elasticidad será siendo S la sección:

$$\epsilon \frac{T_1 - T_2}{S}$$

Formando la igualdad resulta:

$$\frac{a^2}{24} \left(\frac{P_1^2}{T_1^2} - \frac{P_2^2}{T_2^2} \right) = \delta (t_1 - t_2) + \frac{\epsilon}{S} (T_1 - T_2)$$

que es la ecuación de cambio de condiciones.

Designando por t , P y T la temperatura, carga lineal y tensión de tendido en el momento de montaje, siendo entonces P igual simplemente al peso del conductor en Kg/m (sin viento); por t_a y P_a la temperatura y carga lineal en las condiciones más severas fijadas por el reglamento ($t_a = -10^\circ\text{C}$ y $P_a = \sqrt{Q^2 + P^2}$ y por T_m la tensión máxima del conductor. Entonces la ecuación se escribe:

$$\frac{a^2}{24} \left(\frac{P^2}{T^2} - \frac{P_a^2}{T_m^2} \right) = \delta (t - t_a) + (T - T_m) \frac{\epsilon}{S}$$

Esta ecuación es de tercer grado en T , pero puede resolverse fa

cilmente poniéndola bajo la forma siguiente:

$$T^2 \left(T + \delta (t - t_a) \frac{S}{\epsilon} + \frac{a^2}{24} \frac{Pa^2}{T_m^2} \frac{S}{\epsilon} - T_m \right) = \frac{a^2 P^2 S}{24 \epsilon}$$

y calculando los valores:

$$\delta (t - t_a) \frac{S}{\epsilon} + \frac{a^2}{24} \frac{Pa^2}{T_m^2} \frac{S}{\epsilon} - T_m = A \frac{a^2 P^2 S}{24 \epsilon} = B$$

con lo que la ecuación se reduce a:

$$T^2 (T + A) = B$$

Efectuando el cálculo de T para distintas temperaturas y para diferentes distancias interpostales, se forman tablas utilizadas para la construcción de gráficas, obteniendo así las tensiones y flechas de montajes a temperaturas comprendidas entre 10°C y 40°C, entamos de 35, 45, 55 y 65 Mts. Este procedimiento se explica tomando como ejemplo el montaje de conductor de cobre semiduro No.6 AWG, tendido a una temperatura de 10°C y con las siguientes características:

TABLA NO. 4

CARACTERISTICAS MECANICAS Y CARGAS DE CONDUCTORES DESNUDOS
DE COBRE SEMIDURO.

CALIBRE AWG	Diámetro en mm	Sección en mm ²	Carga de ruptura en Kg.		Carga ligera en Kg. por metro					
			Macizo	Cable de 7 hilos	Conductor Macizo			Cable de 7 hilos		
					Peso del conduct. (sin hie- lo)	Presión del vien- to (43 ₂ Kg / M ² sin hielo)	Resultan- te.	Peso del conduct. (sin hie- lo)	Presión del vien- to (43 ₂ Kg. / M ² sin hielo)	Resultan- te.
0000	11.68	107.22	3166	3297	0.9532	0.5134	1.1571	0.9722	0.5826	1.2078
000	10.40	85.03	2570	2636	0.7558	0.4572	0.9578	0.7710	0.5179	1.0032
00	9.26	67.42	2086	2105	0.5994	0.4072	0.8734	0.6115	0.4621	0.4808
0	8.25	53.47	1692	1680	0.4755	0.3627	0.6724	0.4847	0.4107	0.7097
1	7.35	42.40	1372	1342	0.3770	0.3229	0.5707	0.3845	0.3661	0.6054
2	6.54	33.63	1111	1071	0.2989	0.2875	0.4892	0.3049	0.3259	0.5207
3	5.82	26.67	900		0.2371	0.2561	0.4234			
4	5.19	21.15	719		0.1881	0.2280	0.3700			
5	4.62	16.77	574		0.1491	0.2030	0.3264			
6	4.11	13.30	458		0.1182	0.1808	0.2905			

Tomadas de la Tabla No. 4.

Distancia interpostal	$a = 35$ Mts.
Sección del conductor	$s = 13.30$ mm ²
Diámetro	$d = 4.11$ mm
Temperatura mínima	$t_a = -10^{\circ}\text{C}$
Temperatura de montaje	$t = 10^{\circ}\text{C}$
Peso del conductor	$= 0.1182$ Kg/Mt.
Carga de viento	$= 0.1808$ Kg/Mt.
Resultante	$= 0.2905$ Kg/Mt.
Coefficiente de dilatación lineal	$= 1.7 \times 10^{-5}$
Inverso del modulo de elasticidad	$= \frac{1}{1.3 \times 10^4}$

La carga de ruptura de este conductor es $T_r = 458$ Kg.

Tomando un factor de seguridad de 1.7 resulta:

Tensión máxima $T_m = 269.41$ Kg.

Aplicando la ecuación de cambio de condiciones en la forma descrita se tiene:

$$A = \delta(t - t_a) \frac{s}{\epsilon} + \frac{a^2}{24} \frac{Pa^2}{T_m^2} \frac{s}{\epsilon} - T_m$$

$$B = \frac{a^2 p^2}{24} \frac{s}{\epsilon}$$

$$\frac{a^2}{24} = \frac{1265}{24} = 51.04 ; \quad \frac{Pa^2}{T_m^2} = \left(\frac{0.2905}{0.2694 \times 10^3} \right)^2 = 1.16 \times 10^{-6}$$

$$\frac{s}{\epsilon} = 13.3 \times 1.3 \times 10^4 = 0.173 \times 10^6$$

$$A = 1.7 \times 10^{-5} \times (10 + 10) \times 0.173 \times 10^6 \times 51.04 \times 1.16 \times 10^{-6} \times 1.73 \times 10^6 - 269.41$$

$$A = 41.52 + 10.24 - 269.41 = - 217.65$$

$$B = 51.04 \times 0.01397 \times 0.173 \times 10^6 = 123.349$$

$$T^2 (T - 217.65) = 123.349$$

$$T = 220.2 \text{ Kg. (Tensión de montaje)}$$

Para ésta tensión se tiene una flecha de montaje igual a:

$$f = \frac{0.1182 \times 1225}{8 \times 220.2} = 0.0822 \text{ Mts.}$$

$$f = 8.22 \text{ cm.}$$

Flecha que se tiene que dar al conductor para resistir la tensión ocasionada por el peso propio del mismo, acción del viento y cambio de temperatura hasta una mínima de $- 10^{\circ}\text{C}$.

TENSIONES Y FLECHAS DE MONTAJE

Temp. mm -10°C .

Carga de viento $43/\text{Kgs}/\text{m}^2$ sin hielo.

CALIBRE NO. 6 AWG

Temp. de mont. en $^{\circ}\text{C}$.	Tramo en Metros							
	35		45		55		65	
	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.
10	220.20	8.22	215.30	13.89	207.50	21.33	203.00	30.75
20	175.00	10.34	171.00	17.47	166.80	26.79	162.00	38.53
30	147.20	12.29	144.80	20.66	141.60	31.56	138.50	45.07
40	120.70	14.99	119.50	25.03	118.70	37.65	117.80	52.99

CALIBRE NO. 4 AWG

Temp. de mont. en $^{\circ}\text{C}$.	Tramo en Metros							
	35		45		55		65	
	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.
10	323.40	8.90	319.70	14.89	315.20	22.56	310.20	32.02
20	278.30	10.35	275.70	17.27	272.70	26.08	269.20	36.90
30	234.20	32.30	233.20	20.42	232.20	30.63	231.00	43.00
40	192.00	35.00	193.35	24.62	195.00	36.47	196.50	50.50

CALIBRE NO. 2 AWG

Temp. de Mont. en ° C.	Tramo en metros							
	35		45		55		65	
	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.
10	475.40	9.82	471.70	16.36	467.20	24.67	462.30	34.83
20	404.60	11.54	403.00	19.15	401.20	28.73	399.40	40.32
30	336.00	13.89	337.70	22.85	339.50	33.96	341.60	47.14
40	271.50	17.19	277.80	27.76	284.20	40.56	290.70	55.39

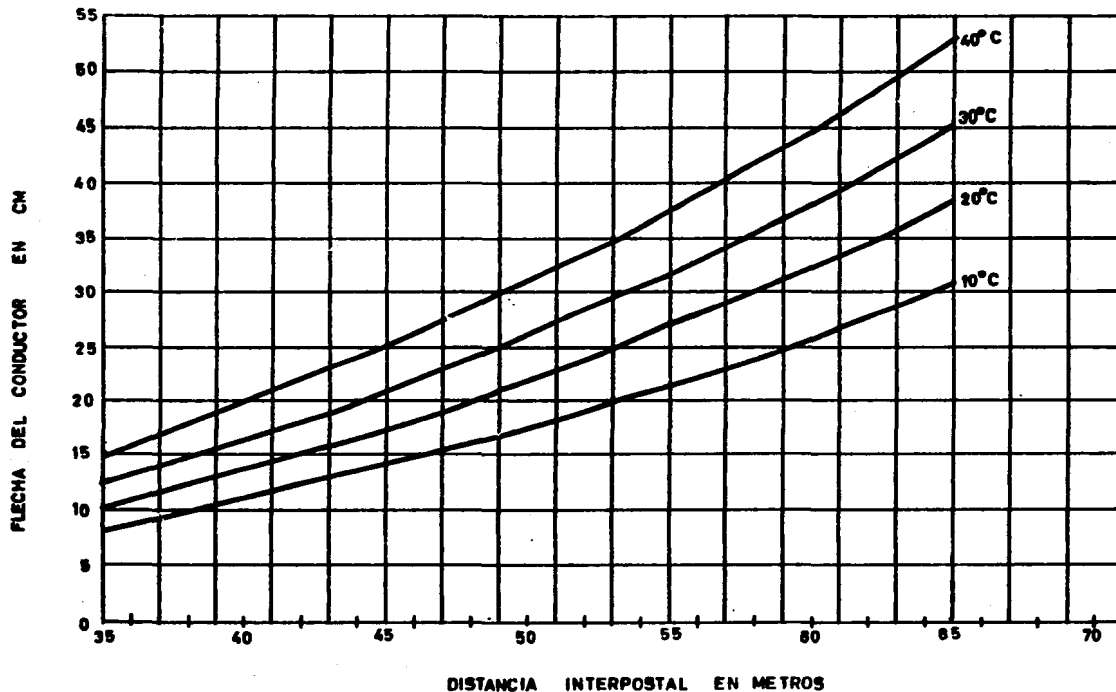
CALIBRE NO. 1/0 AWG

Temp. de mont. en ° C.	Tramo en Metros							
	35		45		55		65	
	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.	Tensión Kgs.	Flecha cm.
10	748.50	9.91	746.40	16.44	743.90	24.64	741.20	34.53
20	636.10	11.67	637.40	19.25	639.00	28.68	640.70	39.95
30	527.70	14.06	534.10	22.97	541.10	33.87	548.50	46.67
40	425.30	17.45	438.80	27.96	452.90	40.48	466.50	54.87

DATOS PARA MONTAJE DE CONDUCTORES CALIBRE Nº6 AWG

TEMP MINIMA -10°C

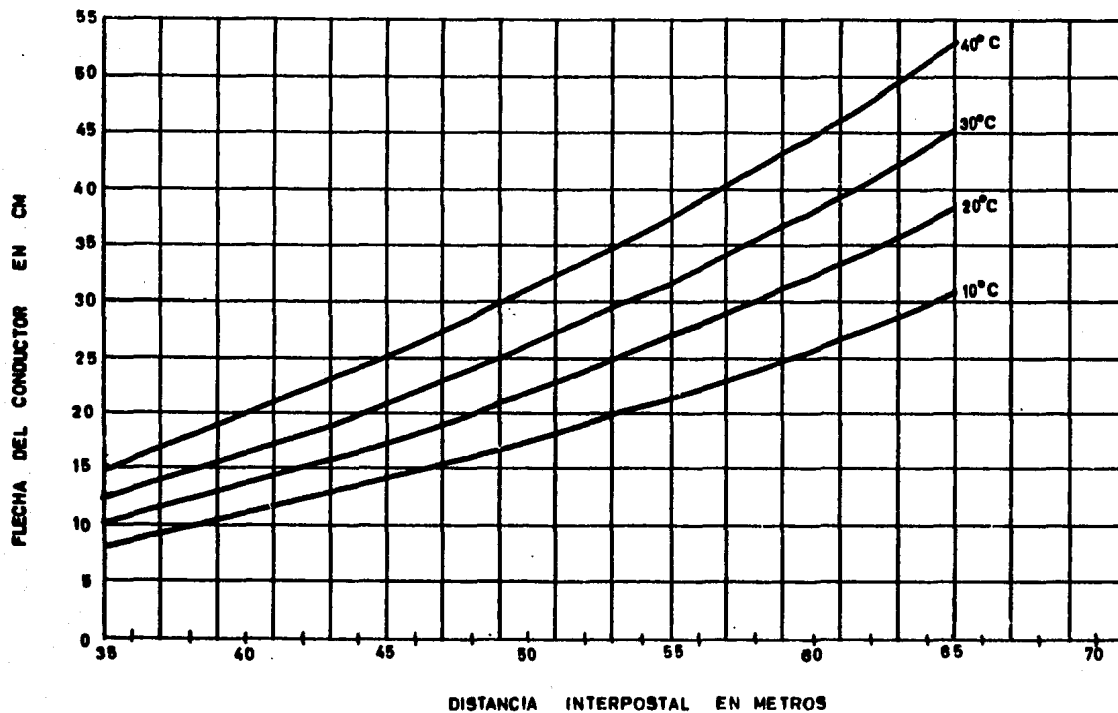
CARGA DE VIENTO 43 Kg/m²



DATOS PARA MONTAJE DE CONDUCTORES CALIBRE N°6 AWG

TEMP MINIMA -10°C

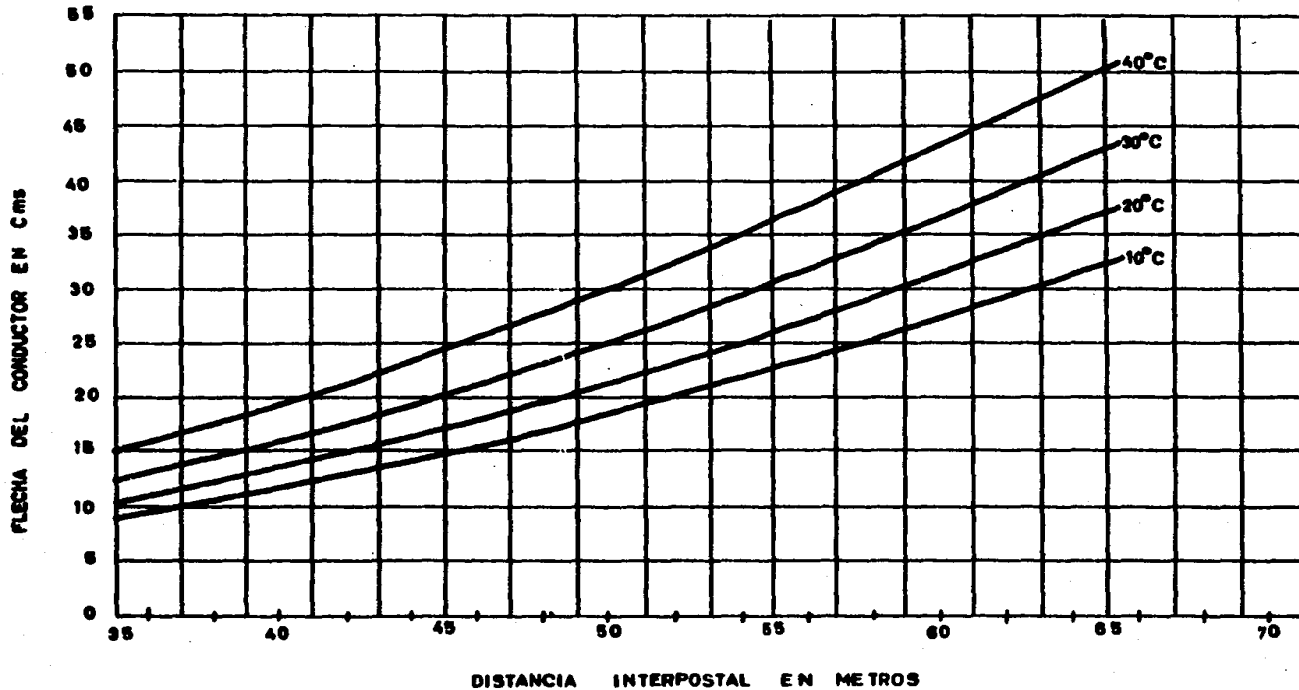
CARGA DE VIENTO 49 kg/m²



DATOS PARA MONTAJE DE CONDUCTORES CALIBRE N°4 AWG

TEMP MINIMA -10°C

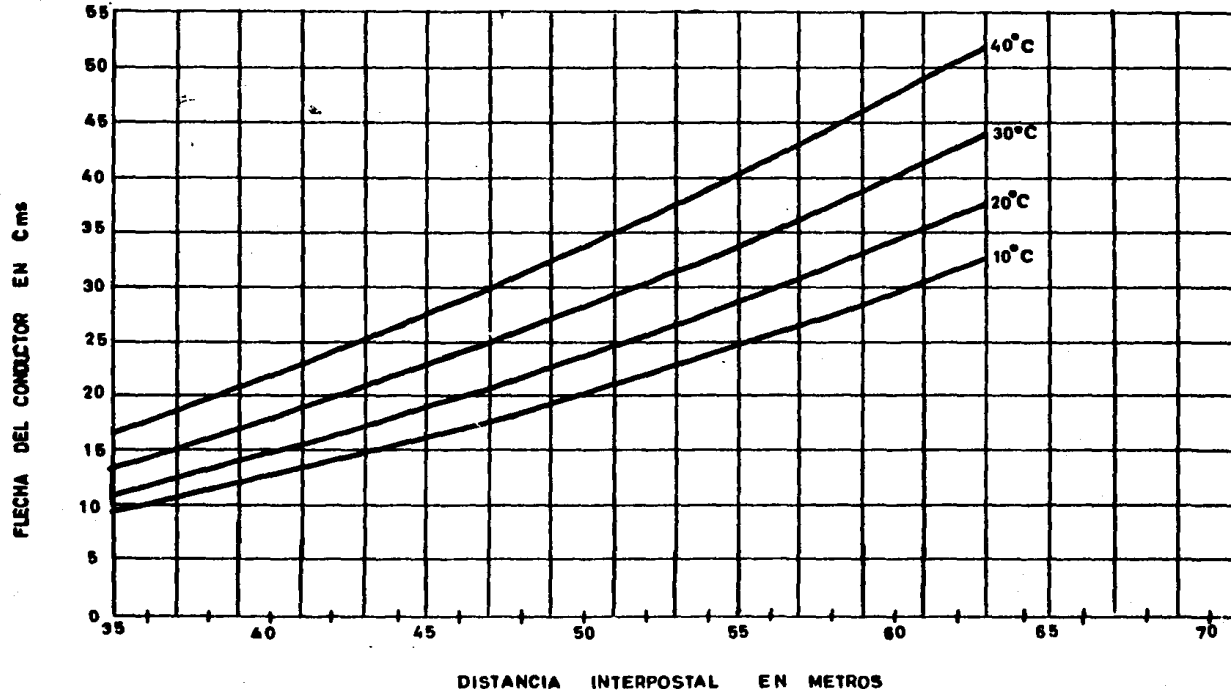
CARGA DE VIENTO 43 Kg/M²



DATOS PARA MONTAJE DE CONDUCTORES CALIBRE Nº2 AWG

TEMP MINIMA -10°C

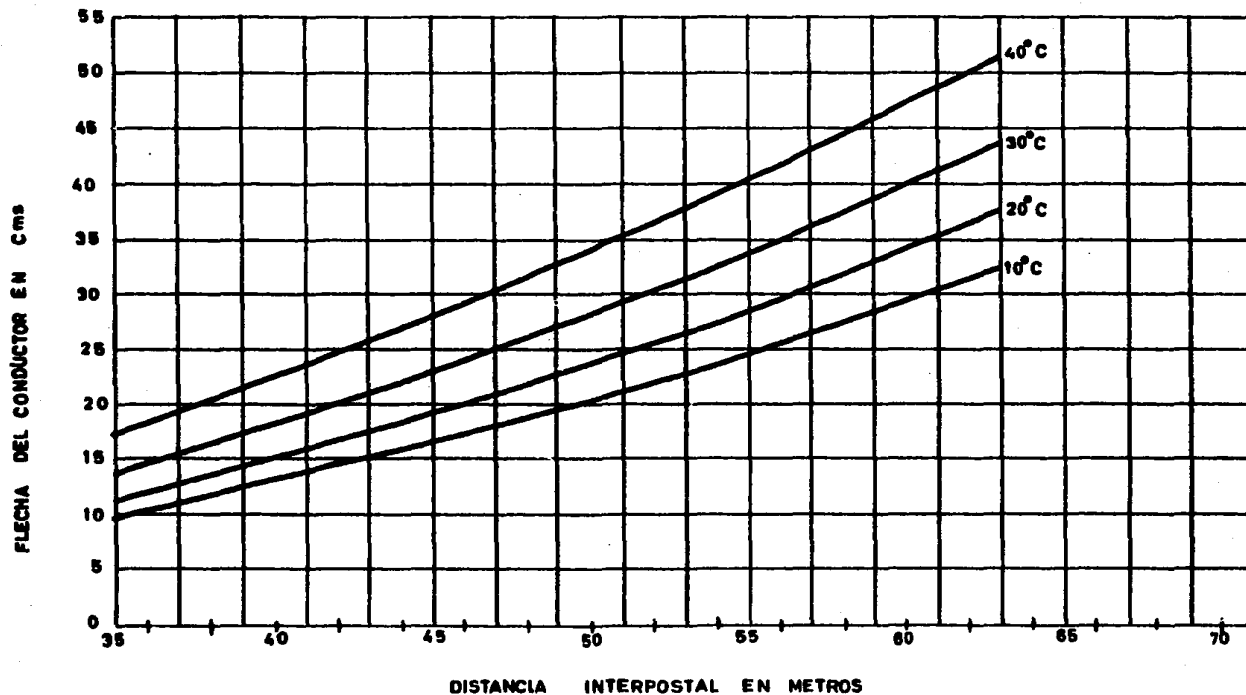
CARGA DE VIENTO 43 Kgs/M^2



DATOS PARA MONTAJE DE CONDUCTORES CALIBRE Nº 1/0 AWG

TEMP MINIMA -10°C

CARGA DE VIENTO $43 \text{ Kgs}/\text{M}^2$



Acción de viento transversal sobre postes y conductores.- El caso más desfavorable que se puede presentar en éste proyecto de la acción del viento sobre conductores y postes, es el que se obtiene del montaje de tres conductores calibre 1/0 y un conductor calibre-2 en línea secundaria sobre postes de 35 pies que soportan a su vez una línea primaria calibre No. 6. En este caso, los esfuerzos ocasionados por el viento que sopla transversalmente a las líneas, se obtienen considerando una presión de 39 Kg/m^2 de su superficie cilíndrica proyectada (Reg. 1 Obr. e Inst. Eléct.)

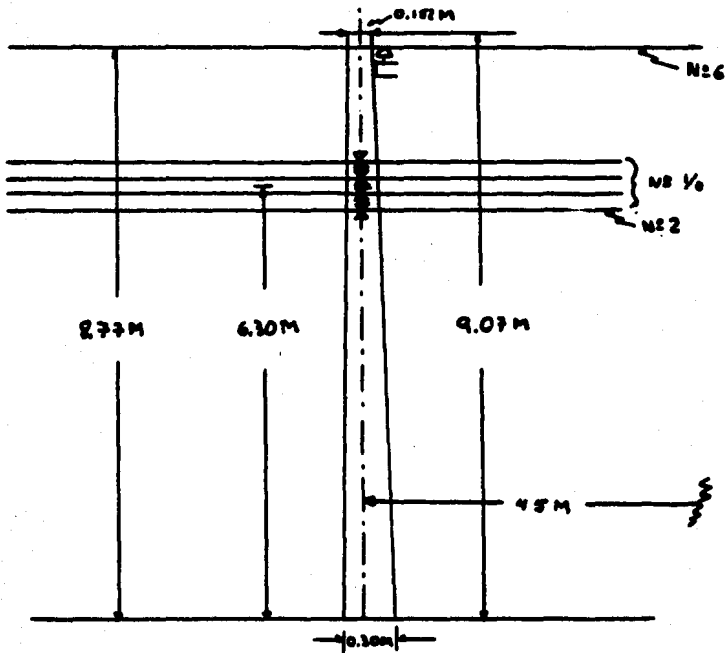


FIG. 16

La carga del viento actuando sobre el poste con 9.07 mts. expuestos a la acción del viento, con diámetro de 15.2 cm. en el vertice y 30 cm. en la base resulta:

$$\text{Area proyectada} = \frac{(0.152 + 0.30)}{2} \times 9.03 = 2.05 \text{ m}^2$$

Tomando la presión de 39 Kg/mt²

$$\text{Fuerza total actuando sobre el poste} = 39 \times 2.05 = 79.95 \text{ Kg.}$$

Esta fuerza actúa en el centro de gravedad del área (trapecio alargado) situado éste a una altura sobre el piso de:

$$y = \frac{h}{3} \frac{(2d + D)}{(D + d)}$$

$$y = \frac{9.07}{3} \frac{(2 \times 0.152 + 0.30)}{(0.30 + 0.152)} = 4.03 \text{ M.}$$

El momento respecto a la sección de empotramiento vale por consiguiente:

$$M_1 = F \times y = 79.95 \times 4.03 = 322.20 \text{ Kg} - \text{M.}$$

De la tabla No. 4 se toma la carga de viento sobre conductores en Kg/m de conductor.

$$\text{Calibre No. 6 Presión viento} = 0.1808 \text{ Kg/m.}$$

Para tramos adyacentes de 45 mts. con tres conductores resulta:

$$\text{Fuerza} = 0.1808 \times 45 \times 3 = 24.408 \text{ Kg.}$$

y como ésta carga actúa a una altura de 8.77 mts., el momento flector será:

$$M_2 = 24.408 \times 8.77 = 214.06 \text{ Kg} - \text{M}$$

En la misma forma para los conductores secundarios de Calibre No. 1/0 y No. 2 resulta:

$$\text{Calibre 1/0 Presión viento} = 0.41 \text{ Kg/mt.}$$

$$\text{Fuerzas} = 0.41 \times 45 \times 3 = 55.35 \text{ Kg.}$$

$$\text{Calibre No. 2 Presión viento} = 0.326 \text{ Kg/mt.}$$

$$\text{Fuerza} = 0.326 \times 45 \times 1 = 14.67 \text{ Kg.}$$

Estas cargas se toman actuando en el mismo punto a una altura sobre la tierra de 6.40 mts., resultando:

$$\text{Fuerza viento línea secundaria} = 55.35 + 14.67 = 70.02 \text{ Kg.}$$

$$M_3 = 70.02 \times 6.30 = 441.12 \text{ Kg} - \text{M}$$

El momento flector total actuando sobre el poste es:

$$M_{\text{Total}} = M_1 + M_2 + M_3 = 322.20 + 214.06 + 441.12 = 977.38 \text{ Kg} - \text{M}$$

De la tabla No. 5 se obtiene la carga de ruptura del poste de -

concreto de 10.67 Mts. de altura, según normas de construcción ----
C.F.E.

Carga ruptura = 1000 Kg. actuando a 0.60 Mts. de la cuspide

Tomando un factor de seguridad de 2 (Línea clase B)

Carga de trabajo = $\frac{1000}{2}$ = 500 Kg.

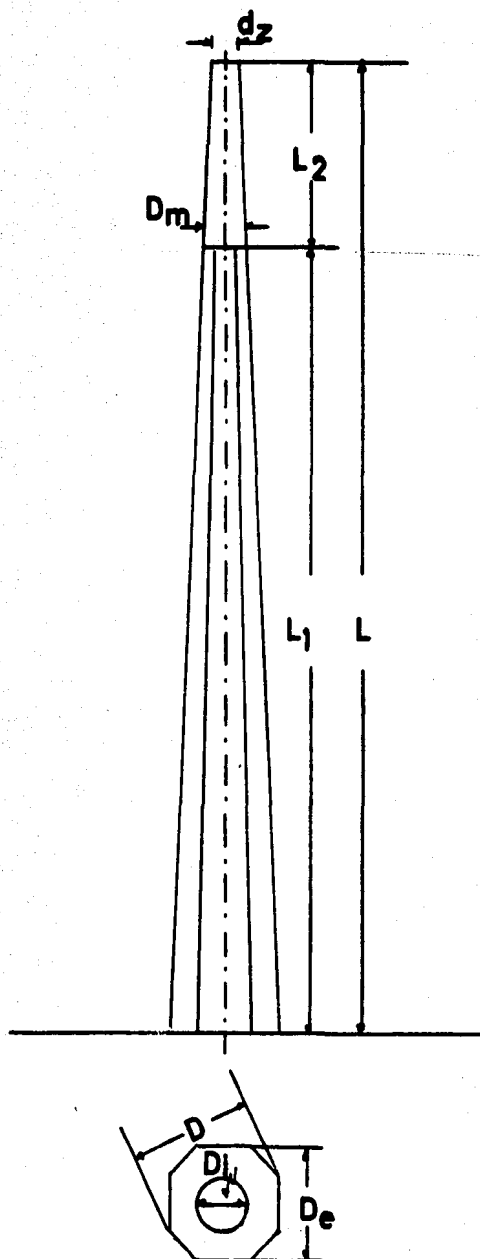
Momento flector resistente de trabajo = $500 \times 8.47 = 4235$ Kg-M.

Comparando el momento flector de las cargas de viento que actúan sobre el poste y conductores y el momento resistente de trabajo, se desprende que en el caso más desfavorable que puede presentarse en éste proyecto, los postes de concreto de construcción normal resisten plenamente la acción del viento sin presentar peligro de ruptura.

TABLE NO.

Características de los postes de concreto para líneas aéreas según normas C.F.E.

Longitud	Metros	5.48	6.09	9.14	10.67	12.19	13.72
	Pies	18'	20'	30'	35'	40'	45'
Peso en Kgs.		625	570	850	950	1100	1240
Carga ruptura a 0.60 Mts. (de la cúspide)		1050.	1043	1025	1000	975	950
L ₁ Long.Secc.Octagonal Base		3.66	5.721	7.315	8.839	10.36	10.36
L ₂ Long.Secc.Octagonal Cúsp.		1.82	0.304	1.829	1.829	1.829	3.353
D Diámetro circunscrito de la base (entre aristas)		0.27	0.27	0.307	0.33	0.354	0.354
De Diámetro inscrito (apoteca) de la base		0.25	0.260	0.283	0.305	0.327	0.327
Dm Diámetro a 1.82 Mts. de la cúspide		0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178
D1 Diámetro interior de la base		0.135	0.150	0.164	0.184	0.204	0.204
Dz Diámetro exterior de la cúspide		0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.130
Di Diámetro interior de la cúspide		0.065	0.065	0.044	0.044	0.044	0.024



ESQUEMA DE POSTES DE CONCRETO

Retenidas de Postes.- Cuando los postes no tienen la suficiente resistencia para soportar la flexión producida por un desequilibrio de cargas, se utilizan retenidas de cables de acero fuertemente galvanizado, que absorben por sí solas la totalidad de los esfuerzos, reservándole al poste el servicio de columna. Por economía y para evitar confusiones en el montaje de líneas, es más práctico emplear el mismo calibre de acero en todos los casos, siendo éste el calculado para soportar el mayor desequilibrio.

La Tabla No. 6 da las características mecánicas de los cables trenzados de acero galvanizado empleados para retenidas.

TABLA NO. 6

Características Mecánicas de Cables de acero para retenidas.

Diámetro en mm	Número y diámetro de los cordones	Peso en Kg/Km.	Carga de ruptura Kg. ² 16.5 Kg/ mm ²
5.6	7 x 1.8	149.0	2857
6.3	7 x 2.1	185.0	3855
7.9	7 x 2.6	298.0	5897
9.5	7 x 3.0	400.0	8164
11.1	7 x 3.7	596.0	11793
12.7	7 x 4.2	745.0	15286

Las causas que originan un desequilibrio de cargas en un poste, son principalmente las siguientes:

- a) Remate de líneas.
- b) Cambio de dirección de la línea.

Una línea aérea al rematar o tener un cambio de dirección en un poste, ocasiona sobre éste una tensión desequilibrada en el sentido de los conductores, pudiendo ocasionar la rotura del poste, si la carga que soporta es mayor que su resistencia. Cuando el momento -- flexor ocasionado por la carga desequilibrada sobrepasa al momento admisible del poste (fact. de seguridad 2), es necesario colocar una retenida que absorba el desequilibrio, quedando el poste actuando como columna.

Para determinar si es necesario utilizar retenida y en su caso la sección de ésta, las tensiones de los conductores se toman para los casos más desfavorables que fija el reglamento (39 Kg/m² de presión de viento y temperatura mínima de -10°C) y actuando sobre el poste una presión de viento de 39 Kg/m² en el mismo sentido que la tensión desequilibrada.

Las flechas y tensiones que se dan a los conductores en el momento del tendido, son tales, que al presentarse las condiciones -- más desfavorables, el conductor sufre una tensión que no sobrepasa a la máxima de trabajo. El coeficiente de seguridad usado para conductores de líneas tipo E es igual a 1.7 por lo que queda:

$$T_{\max} = \frac{T_{\text{ruptura}}}{1.7}$$

$$\text{Tensión Max. 1/0} = \frac{1680}{1.7} = 988.23 \text{ Kg.}$$

$$\text{Tensión Max. No. 2} = \frac{1071}{1.7} = 630.00 \text{ Kg.}$$

$$\text{Tensión Max. No. 4} = \frac{719}{1.7} = 422.94 \text{ Kg.}$$

$$\text{Tensión Max. No. 6} = \frac{458}{1.7} = 269.41 \text{ Kg.}$$

Estos valores de tensiones de conductores, son utilizados para todos los cálculos de desequilibrio de las cargas.

a) Remate de líneas .- En todos los remates de líneas que se --
presentan en el fraccionamiento, se utilizan retenidas de una sec--
ción de cable igual para todos los casos, siendo éste el que resis--
te el caso más desfavorable que es el remate de tres conductores de
calibre 1/0 y un conductor calibre 2 soportados en un bastidor mon--
tado sobre un poste de 30 pies (9.14 Mts.) de altura.

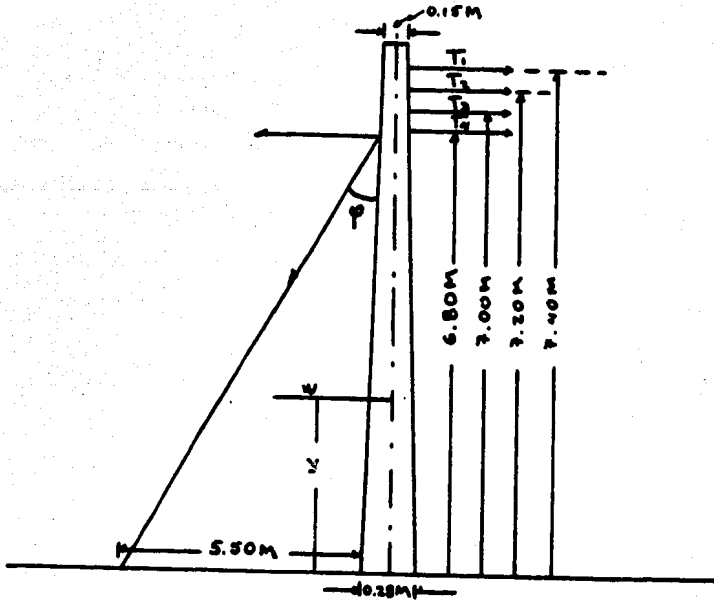


FIG. 17

Los tres conductores calibre 1/0 producen tensiones iguales, --
siendo:

$$T_1 = T_2 = T_3 = 988.23 \text{ Kg. (fases)}$$

$$T_4 = 630 \text{ Kg. (neutro)}$$

La carga del viento actuando sobre el poste que tiene 7.64 Mts.
sobre el nivel del suelo y diámetros de 0.15 Mts. y 0.28 Mts. en la
cúspide y empotramiento respectivamente, resulta:

$$\text{Area proyectada} = \frac{(0.15 + 0.28)}{2} \times 7.64 = 1.64 \text{ M}^2$$

$$W = 39 \times 1.64 = 64 \text{ Kg.}$$

La altura a la cual actúa esa fuerza es:

$$Y = \frac{7.64}{3} \times \frac{(2 \times 0.152 + 0.28)}{0.152 + 0.28} = 3.43 \text{ M.}$$

La fuerza resultante de todas las cargas, actuando en el punto-
de amarre de la retenida será igual a:

$$T = \frac{988.23 \times 7.40 + 988.23 \times 7.20 + 988.23 \times 7.00 + 630 \times 6.80 + 64 \times 3.43}{6.80}$$

$$T = \frac{25,849.28}{6.80} = 3801.36 \text{ Kg.}$$

La tensión que soporta el cable de retención es:

$$L = \frac{3801.36}{\text{sen } \theta} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{5.50}{6.80} = 38.8^\circ$$

$$L = \frac{3801.36}{0.63} = 6033.90 \text{ Kg.}$$

El factor de seguridad empleado para retenidas en remates de lí-
neas es 1.1, por lo que el cable de acero de 9.5 mm (3/8 Pulg.) de
diámetro (Tomado de la Tabla No. 6), que tiene una carga de ruptura
de 8164 Kgs. Se puede tomar para todos los remates de líneas.

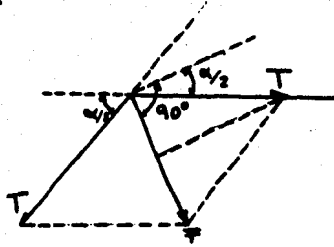
$$\text{Tensión de trabajo de cable de 9.5 mm diám} = \frac{8164}{1.1} = 7421.81 \text{ Kgs.}$$

b) Cambio de dirección de la línea.- El esfuerzo que se origina
al efectuarse un cambio de dirección en una línea aérea, se calcula
buscando la resultante de las tensiones ejercidas por los conducto-
res en los tramos adyacentes.

Tomando como α el ángulo que forma la línea al cambiar de direc-
ción y las tensiones T de los tramos contiguos, se tienen iguales -
entre sí, la fuerza resultante será:

$$\frac{F}{2} = T \cos (90 - \alpha/2)$$

$$F = 2T \operatorname{sen} \alpha/2$$



Teniendo la carga de trabajo de los postes, tomada de la tabla No. 5 (carga de ruptura/2), se determina con la tabla siguiente --- No. 7, si es necesario colocar retenidas a los postes para diferentes ángulos y calibres de conductores.

En la determinación de la fuerza resultante, se toma la carga de viento en los postes de 9.14 Mts. (30 pies), que es igual a 64 Kgs., actuando a una altura sobre el piso de 3.43 mts.; ésta fuerza tiene como equivalente actuando a 0.60 Mts. de la cúspide la siguiente:

$$P \times 7 = W \times 3.43$$

$$P = \frac{64 \times 3.43}{7} = 31.4 \text{ Kg.}$$

Con una carga de 31.4 Kgs., actuando a 0.60 M. de la cúspide, se tiene un momento flector equivalente.

Esta fuerza del viento encontrada, se suma a la tensión resultante de los conductores, para determinar la fuerza total actuando sobre el poste a 0.60 M de la cúspide.

TABLA NO. 7

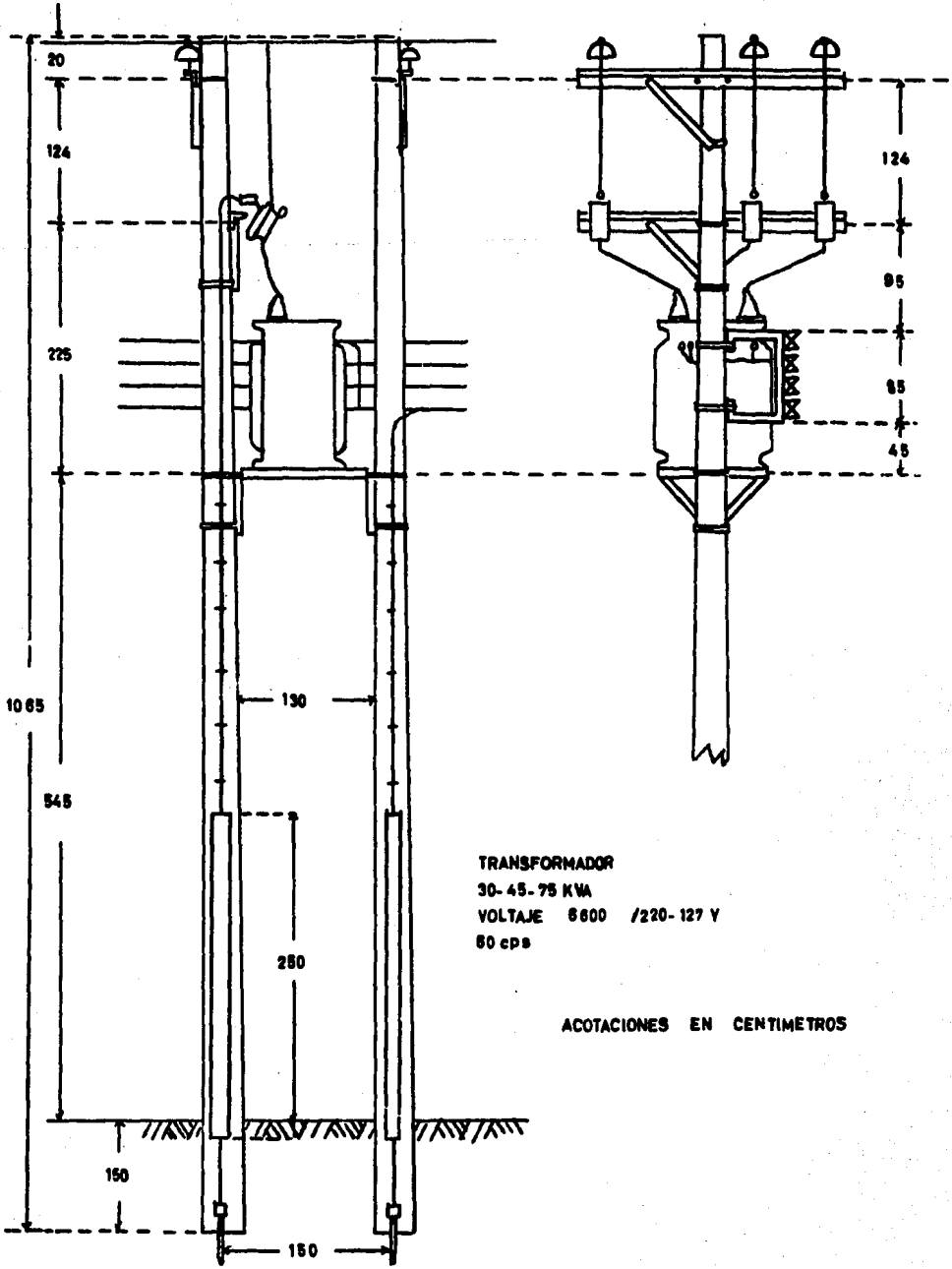
Fuerza resultante por cambio de dirección en tramos iguales.

(Cargas de viento 39 Kg/M^2 en postes de 9.14 Mts.)

Angulo de la línea en grados	Calibre de conductores			
	1/0	2	4	6
10	658.19	434.77	299.67	219.34
20	1279.23	834.44	565.47	405.56
30	1891.65	1128.58	827.59	589.18
40	2489.69	1513.45	1083.55	768.50
50	3069.05	1936.29	1331.51	942.22
60	3626.40	2344.34	1569.63	1109.04

El neutro de la línea se toma de calibre dos números más delgado.

Calibre mínimo No. 6 AWG.



TRANSFORMADOR
 30-45-75 KVA
 VOLTAJE 6600 / 220-127 V
 80 cps

ACOTACIONES EN CENTIMETROS

SUBESTACION SOBRE POSTES

LAMINA Nº 5

CAPITULO V

SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO.

Al aumentar la circulación de vehículos por las calles, ha sido necesario aumentar la iluminación de éstas, efectuando estudios en su mayoría prácticos, para establecer normas que den una seguridad en el tráfico, análogo a lo que se obtiene con la iluminación diurna, reduciendo al mínimo los accidentes.

Un buen alumbrado de calles, además de proporcionar seguridad a los conductores de vehículos, evita las actividades criminales y protege a los peatones contra ellas, adquiriendo las calles una apariencia atractiva.

Para el proyecto del alumbrado se toman los siguientes requisitos:

a) Iluminación horizontal media.- Expresada ésta por el cociente entre el flujo total que incide en la superficie y el área de ésta en metros cuadrados.

El fin primordial del alumbrado, es ofrecer seguridad en el tráfico de vehículos, siendo éste el que se toma como punto principal para determinar la iluminación media necesaria, según el volumen en la hora de la noche de mayor tráfico, teniéndose la siguiente clasificación:

Muy poco tráfico, menos de 150 vehículos por hora en ambas direcciones.

Poco tráfico, 150 a 500

Medio tráfico, 500 a 1200

Intenso tráfico, 1200 a 2400

Muy intenso tráfico, 2400 a 4000

Intensísimo tráfico, más de 4000

En la clasificación anterior, al alumbrado en proyecto le corresponde el de muy poco tráfico, o sea de menos de 150 vehículos por hora, por ser un fraccionamiento residencial en el que el movimiento en horas de la noche es muy bajo.

Con la clasificación anterior y con la tabla que se tiene a continuación, según prácticas recomendadas, se toma el valor de la intensidad media de iluminación, a partir del tráfico de vehículos y peatones que circulan por las calles en la hora máxima.

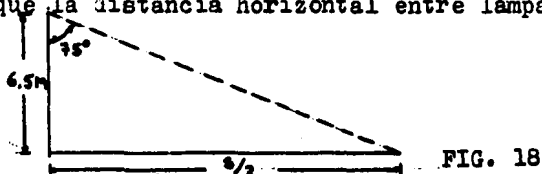
TABLA NO. 8

Tráfico de Peatones	Clasificación del tráfico de vehículos			
	Muy ligero (menos de 150)	Ligero (150-500)	Medio (500-1200)	Intenso a muy intenso (más de 1200)
	Lúmenes por metro cuadrado.			
Intenso	---	8.6	10.7	13.0
Medio	---	6.5	8.6	10.7
Ligero	2.1	4.3	6.5	8.6

En éste fraccionamiento, teniendo que el tráfico de peatones es ligero y el de vehículos muy ligero (menos de 150), será necesaria una intensidad media de iluminación no menor de 2.1 Lúmenes por M².

B) Uniformidad de distribución.- Esta exige que se eviten en el pavimento de las calles manchas alternadas de luz y sombra, pues -- los obstáculos que se presentan sobre un fondo discontinuo, se advierten con gran dificultad o demasiado tarde, para evitar éstas -- sombras, se requiere una cierta relación entre la altura de montaje de las lámparas, el espaciamiento horizontal entre una y otra y el ángulo vertical de máxima intensidad luminosa.

La altura de montaje escogida en éste caso es de 6.5 Mts. y las luminarias tienen un ángulo vertical de máxima intensidad luminosa de 75°, resultando que la distancia horizontal entre lámparas es:



$$S = 2 \times 6.5 \operatorname{tg} 75^{\circ} = 48.5 \text{ Mts.}$$

Separación entre arbotantes = 45 mts.

c) Selección de las luminarias.- La selección de la distribución de luz de las luminarias, está determinada por la anchura de la calle, altura de montaje, separación entre arbotantes y la loca-

lización transversal.

La práctica recomienda que la luz emitida por la lámpara, sea -- principalmente dirigida hacia el pavimento de la calle y distribui-- da propiamente para asegurar eficiencia y el mínimo de iluminación-- media recomendada.

Parte de la luz deberá ser dirigida hacia las aceras, para tener una iluminación adecuada en éstas y en las areas adyacentes.

El tipo de distribución de la luz que es más recomendada y que -- se toma para éste proyecto, está representada en la Fig. 19. Esta -- distribución tiene máxima intensidad luminosa y máximo flujo entre -- los ángulos de 70° y 80° de la vertical (o 20° y 10° de la horizon-- tal).

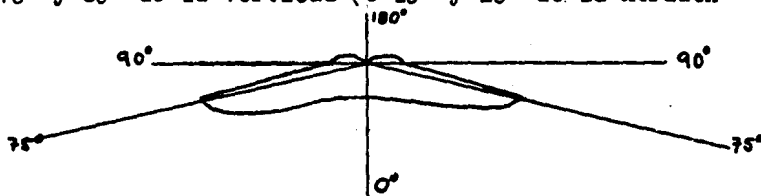


FIG. 19

En éste caso se toma el cono de máxima iluminación en un ángulo-- de 75° de la vertical.

El ancho que tienen las calles del fraccionamiento es de 9 a 15-- Mts., por lo que el tipo de distribución de iluminación lateral de -- las luminarias escogidas, tiene una curva lateral con una profundi-- dad de 40° (con rango aceptable de 30° a menos de 50°), siendo colo-- cados alternadamente en una y otra acera, con una distancia entre -- ellas de 45 mts. La curva de distribución lateral de las luminarias -- está representada en la Fig. 20

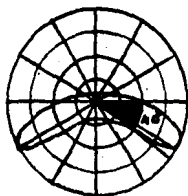


FIG. 20

Las luminarias utilizadas, con las características descritas anteriormente, están dotadas con una lámpara de filamento de 300 ---- Watts, base mogul, con la que se obtiene un flujo luminoso medio de 4970 Lumenes. De estos Lumenes producidos por la lámpara, se pierden en el cuerpo metálico de la luminaria de 5 a 10 %, el 10 al --- 20 % lo absorben los vidrios del globo y aproximadamente la mitad de los Lumenes que parten de la luminaria llegan al pavimento.

Con éstos datos prácticos, se puede determinar la iluminación media obtenida al instalar éste tipo de luminaria, con lámpara de - 300 Watts, colocadas con una separación de 45 Mts. alternadamente - sobre cada acera en las calles del fraccionamiento que tienen una - anchura de 9 a 15 Mts.

$$\begin{aligned} \text{Superficie iluminada por luminaria} &= 45 \times 15 = 675 \text{ M}^2 \\ \text{Lumenes producidos por lámpara de 300 Watts} &= 4970 \text{ Lumenes} \\ \text{Pérdida Lumenes en cuerpo metálico} &= 4970 \times 0.10 = 497 \text{ Lumenes} \\ \text{Pérdida Lumenes vidrio globo} &= 4970 \times 0.20 = 994 \text{ Lumenes} \\ \text{Lumenes que parten de la luminaria} &= 4970 - 1491 = 3479 \text{ Lumenes} \\ \text{Lumenes que llegan al pavimento} &= \frac{3479}{2} = 1739.5 \text{ Lumenes} \\ \text{Iluminación media de la calle} &= \frac{1739.5}{675} = 2.58 \text{ Lm/M}^2 \end{aligned}$$

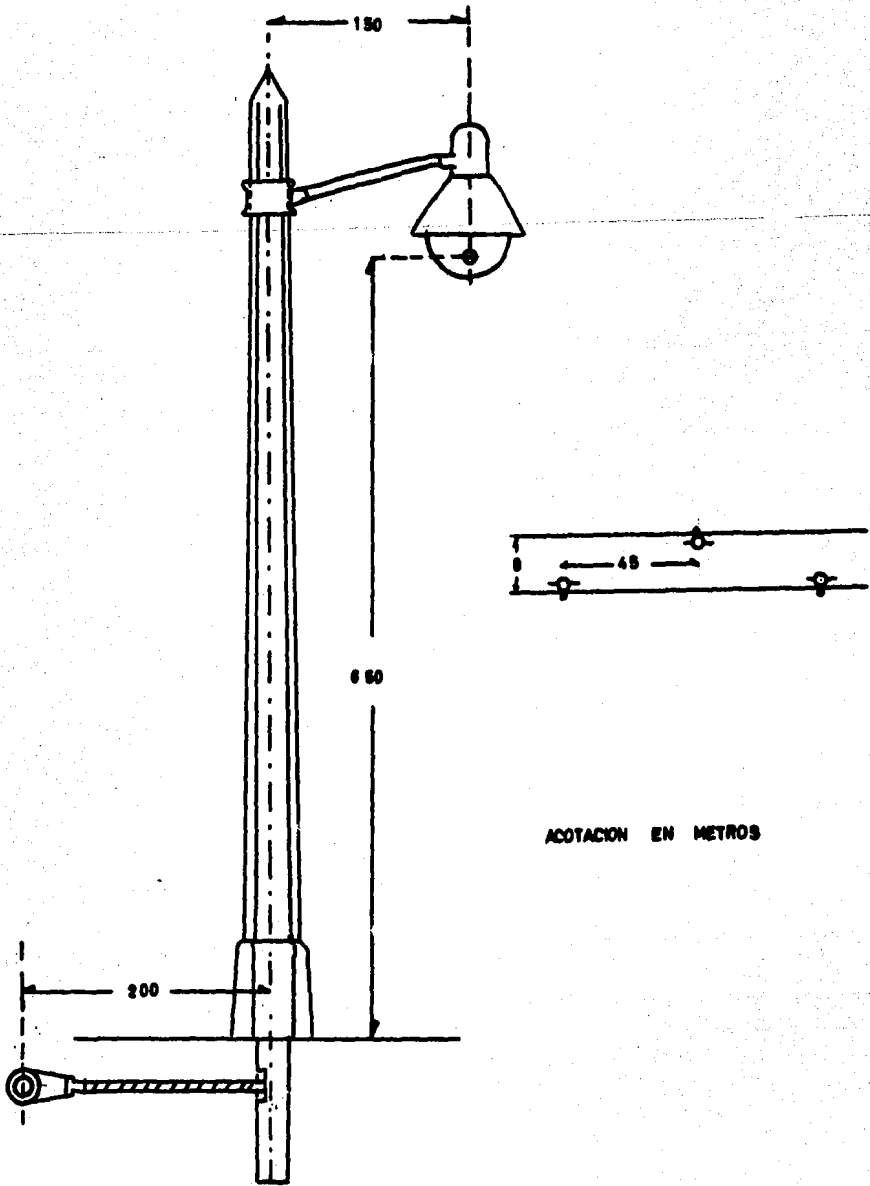
Cantidad que está por encima del mínimo prescrito para éste tipo de calles.

Para la alimentación de las lámparas de alumbrado público, se utiliza cable armado de dos conductores macizos Calibre # 6 AWG, -- protegido por un fleje de acero y envoltura de yute para evitar daños mecánicos, una capa protectora de plomo que impide la penetración de la humedad del exterior y un aislamiento de papel impregnado que separa eléctricamente los conductores entre sí y de la tierra. Por la protección que tiene este cable, es posible enterrarlo directamente sin utilizar ductos, siendo ésta la forma en que se -- llevará a cabo su instalación en éste fraccionamiento.

Cuando se hace necesario cruzar una calle con el cable armado, -- se emplean ductos de asbesto-cemento de 5 pulgadas de diámetro, enterrados a una profundidad de 0.70 Mts., ésto es con el fin de poder efectuar reparaciones sin necesidad de romper el pavimento.

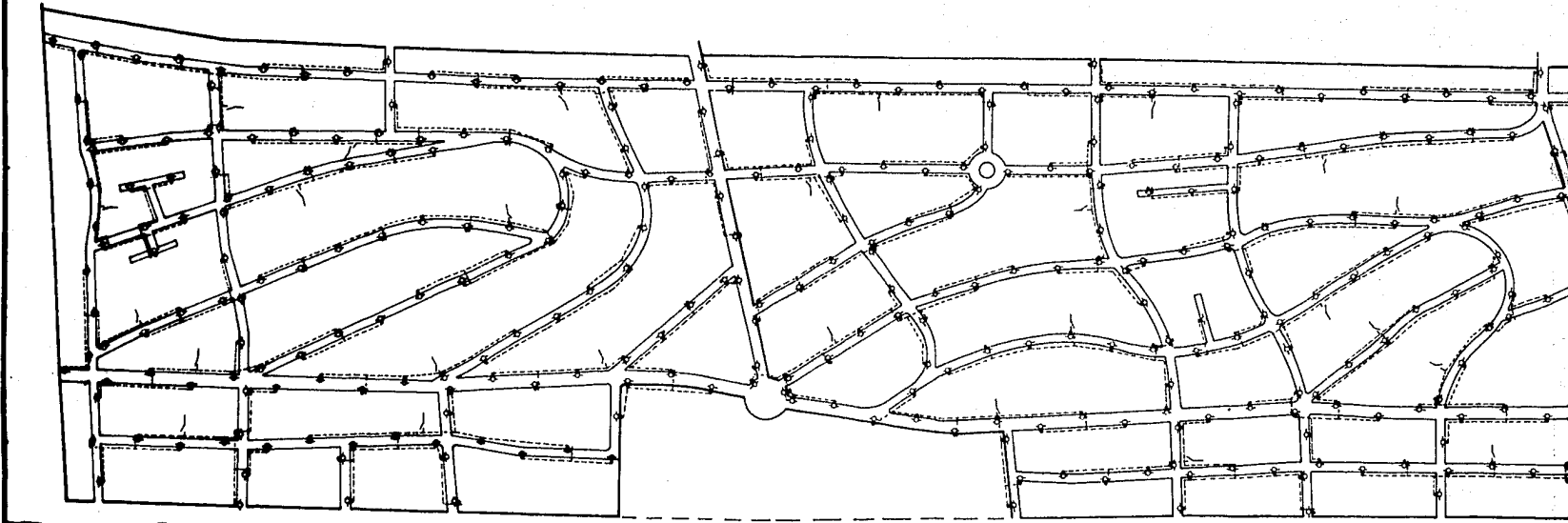
En todas las conexiones que se deben efectuar al cable, se colocan mufas, las que son llenadas de compound para impedir el paso de humedad hacia la conexión, evitando así los cortos circuitos.

Los circuitos subterráneos de alumbrado público, están conectados a las líneas aéreas de baja tensión a través de un switch, haciendo la conexión con el cable armado, en una mufa terminal sellada. En el plano No. 4 están indicados los circuitos de alumbrado, - las lámparas que alimenta cada uno de ellos y el lugar donde se hace la alimentación.



LAMPARAS ALUMBRADO PUBLICO

LAMINA Nº 6



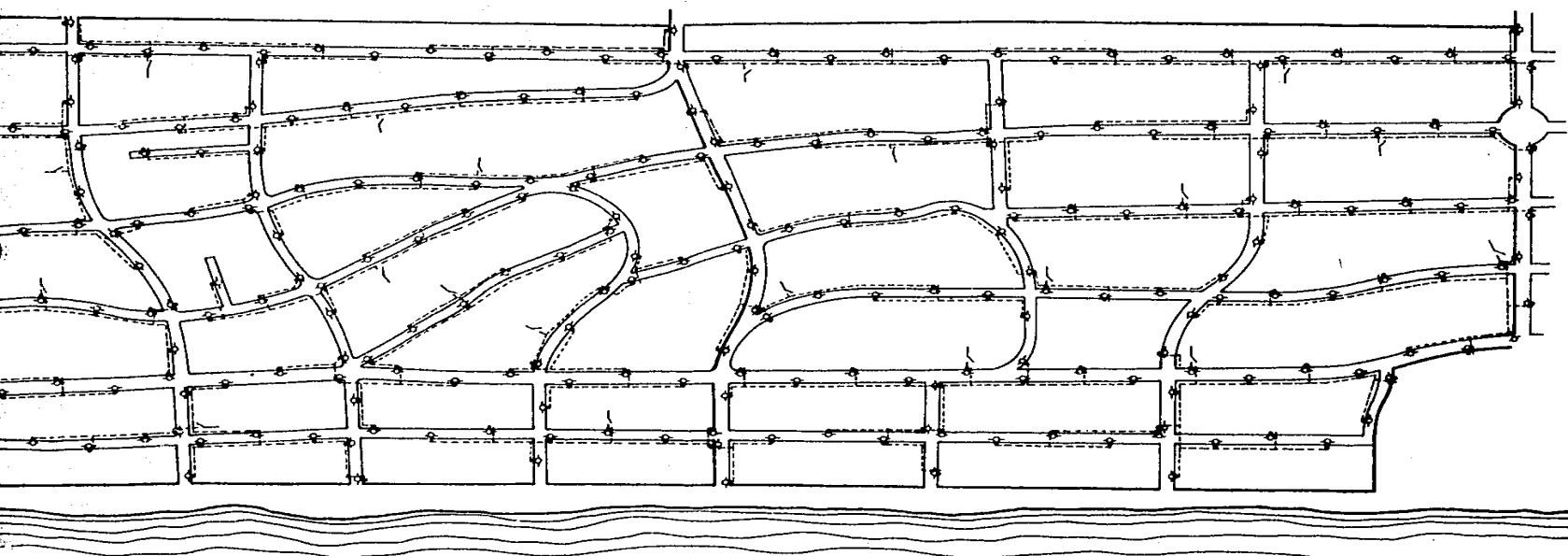
O C E A N O P A C I F I C

LEGENDA

- camino de tránsito público
- camino de tránsito privado
- camino de tránsito de 200 cm

En todos los casos se utilizará
señal para tránsito





A C I F I C O



T E S I S P R O F E S I O N A L	
A L U M B R A D O P U B L I C O	
FERNANDO	ROBERTO EIMCKE IRIARTE
1 9 8 3	P L A N O N º 4

CAPITULO VI
PRESUPUESTO DEL SISTEMA COMPLETO.

CALCULO ECONOMICC
LINEAS.-

Partida	Cantidad	Descripción	Valor
1	129	Postes de concreto de 10.67 Mts. - (35') de altura a \$ 625.00 c/u.	\$ 80,625.00
2	203	Postes de concreto de 9.14 Mts. -- (30') de altura de \$ 475.00 c/u.	" 96,425.00
3	45	Postes de concreto de 6.09 Mts. -- (20') de altura a \$ 325.00 c/u.	" 14,625.00
4	6720	Kgs. de cable de cobre semiduro Ca libre No. 1/0 a \$ 14.00 c/u.	" 94,080.00
5	6269	Kgs. de cable de cobre semiduro Ca libre No. 2 a \$ 14.00 c/u.	" 87,766.00
6	2999	Kgs. de alambre de cobre semiduro- Calibre No. 4 a \$ 14.00 c/u.	" 41,986.00
7	3628	Kgs. de alambre de cobre semiduro- Calibre No. 6 a \$ 14.00 c/u.	" 50,792.00
8	145	Retenidas completas con cable de - acero galvanizado de 9.5 mm (3/8") de diámetro, aislador tipo nuez, - varilla y ancla a \$ 170.00 c/u.	" 24,650.00
9	263	Bastidores reforzados de fierro -- galvanizado con cuatro aisladores- tipo carrete a \$ 51.00 c/u.	" 13,413.00
10	179	Crucetas de Fierro canal galvaniza do de 0.10 x 1.52 Mts. con tres -- aisladores tipo alfiler para volta je de operación 6600volts a ----- \$ 140.00 c/u.	" 25,060.00
11	789	Abrazaderas solera de Fierro galva nizado de 6.4 x 3.8 mm con diáme-- tro de 7 1/2" (191 mm) a \$ 16.00 - c/u.	" 12,624.00

Partida	Cantidad	Descripción	Valor
12	25	Camas para transformadores de 77.7 x 130 cm. hechos de Fierro angulo 4" x 1/4" y solera de 1 1/2" x 3/8" a \$ 400.00 - c/u.	\$ 10,000.00
13	75	Cuchillas fusibles General Electric tipo abierto de desenganche, 100 Amperes y 7.8 KV a \$ 790.00 c/u.	" 59,250.00
14	75	Apartarrayos General Electric "Tipo "Thyrite" de válvula magnetica con voltaje máximo permitido a tierra de 6 KV a --- \$ 472.00 c/u.	" 35,400.00
15	12	Transformadores de distribución trifásicos para servicio en poste, con capacidad de 75 KVA, 6600 volts. Δ/Y 220-127, frecuencia 60 c.p.s. con 4 derivaciones de 2 1/2 % abajo y arriba de 6600 volts a ----- \$ 21,822.00 c/u.	" 261,864.00
16	12	Transformadores de distribución trifásica de 45 KVA y -- las mismas características a -- \$ 16,524.00 c/u.	" 198,288.00
17	1	Transformador de distribución trifásica de 30 KVA y las mismas características a ----- \$ 13,266.00.	" 13,266.00
18		Acarreos y Maniobras.	" 39,204.00

Partida	Cantidad	Descripción	Valor
19		Materiales Diversos	\$ 22,402.00
20		Mano de Obra	" 106,411.00
21		Honorarios 5 %	" 64,406.00
		Sub-total	\$ 1,352,537.00

Número total de Lotes = 1200

Costo de las líneas por Lote = \$ 1,127.11

ALUMBRADO PUBLICO.

Partida	Cantidad	Descripción	Valor
1	21077	Mts. de cable armado para 1000 volts de dos conductores, macizos calibre # 6 a \$ 25.00 c/u.	\$ 526,800.00
2	415	Postes ornamentales de concreto, para alumbrado público a \$ 600.00 c/u.	" 249,000.00
3	440	Luminarias para alumbrado público con lámpara incandescente de 300 Watts, base mogul a \$ 420.00 c/u.	" 184,400.00
4	440	Brazos sencillos para luminarias de alumbrado público a \$ 160.00 c/u.	" 70,400.00
5	2088	Mts. de ducto de asbesto cemento de 5" de diámetro a \$ 20.00 c/u.	" 41,760.00
6	305	Mufas "Tee" para sellado de conexiones a \$ 50.00 c/u.	" 15,250.00
7	272	Mufas rectas a \$ 32.00 c/u.	" 8,704.00
8	37	Mufas terminales a \$ 56.00 c/u	" 2,072.00
9	37	Switch protegidos 3 x 60 Amperes con cartuchos a \$ 60.00 c u	" 2,220.00
10	1842	Kgs. de compound para relleno de mufas a \$ 10.00 c/u.	" 18,400.00
11	200	Carretes de cinta aislante Cambray, a \$ 24.00 c/u.	" 4,800.00
12	300	Carretes de cinta aislante --- plástica a \$ 20.00 c/u.	" 6,000.00
13	300	Carretes de cinta de lino a --- \$ 9.00 c/u.	" 2,700.00

Partida	Cantidad	Descripción	Valor
14	1	Lote de Material vario	\$ 22,650.00
15		Acarreos y Maniobras	" 28,312.00
16		Mano de Obra	" 79,275.00
17		Honorarios 5 %	" 63,137.00
		Sub - Total	\$ 1,325,880.00
		Costo total de la obra	\$ 2,678,417.00

(DOS MILLONES SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS DIEZ Y SIETE PESOS 00/100 M. N.)

Costo total por lote (Alumbrado Público-Líneas) = \$ 2,232.00