

08 T(21)c

MFD: 480

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

CONSTRUCCION DE LINEAS ELECTRICAS

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por:

I. AMADEO GARCIA ZEPEDA

En el acto de su investidura de:

INGENIERO CIVIL



Guatemala, Noviembre de 1966.

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Decano:	Ing. Amando Vides T.
Vocal 1o.:	Ing. Otto E. Becker M.
Vocal 2o.:	Ing. Francisco Ubiero B.
Vocal 3o.:	Ing. Leonel Pinot L.
Vocal 4o.:	Br. Roberto Orantes
Vocal 5o.:	Br. Alfonso Padilla
Secretario:	Ing. José A. Massanet P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Humberto Olivero H.
Vocal :	Ing. Jorge Erdmenger
Secretario :	Ing. Rubén Ruiz Silva
Examinador:	Ing. Julio Obiols
Examinador:	Ing. Héctor David Torres

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En Cumplimiento con lo que establece la ley universitaria, presento a vuestra consideración el presente trabajo de tesis: "CONSTRUCCION DE LINEAS ELECTRICAS", tema que en su oportunidad fuera aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

ACTO QUE DEDICO

A:

MIS SERES QUERIDOS

Agradezco la decisiva intervención de mi Asesor Ing. Jorge Bendix para dar forma este trabajo.

Agradezco a mis amigos chilenos de -
Endesa los que me encaminaron dentro del campo de estos conocimientos.

CONTENIDO

	(1)
	<u>Pag.</u>
Análisis de la explotación eléctrica en Guatemala	1
LINEAS ELECTRICAS	5
I) Generalidades	5
1) Tensión baja	8
2) Tensión media	8
3) Tensiones alta y superiores.	8
II) CONSTRUCCION DE LINEAS ELECTRICAS	9
Elementos de una línea eléctrica	10
Postes. Tratamientos de postes de madera	10
Procedimiento de tanque abierto	12
Procedimiento de tanque a presión	13
Procedimiento de células llenas de Bethel	13
Procedimiento de células vacías	15
Procesos Rueping y Lowry	15
Procedimientos de campo	16
Cálculo de resistencia para postes	16
Postes Metálicos: Diferentes diseños de postes metálicos	19
Postes de concreto reforzado	20
Profundidad de hincado de los postes	22
Longitudes usuales para postes	22
Diferentes esfuerzos que actúan sobre las estructuras	23
Esfuerzos longitudinales	23
Esfuerzos transversales	23
Esfuerzos verticales	24
Cimentaciones	26
Estructuras de Apoyo. Clasificación según su uso	27

(3)

Pag.

IV) ANEXOS:

Costos de las líneas eléctricas para el
presupuesto de 1965.

Estimación individual Q/Km.

Río Negro

Atitlán

Bibliografía

Láminas:

INTRODUCCION

ANALISIS DE LA EXPLOTACION ELECTRICA EN GUATEMALA

Guatemala puede considerarse, por diversas razones, un país privilegiado, en cuanto a la disponibilidad de recursos naturales abundantes, entre los cuales la energía hidráulica es uno de los más importantes.

Según los últimos avalúos sobre los recursos hidráulicos del país, se dispone de 60 ríos aprovechables - que podrían generar millón y medio a dos millones de kilovatios. Con sólo la explotación del lago de Atitlán y Jurún con plantas reguladoras, y el río Negro, Chixoy, o Salinas con plantas de escurrimiento se obtiene una potencia combinada que está en el orden de 1,000,000 de Kw. (ver anexo No. 3).

Toda esta riqueza permanece esperando ser utilizada, y mientras tanto se desperdicia la enorme promesa, lo que mantiene una situación de frustración, que da por resultado la situación de subdesarrollo, en que actualmente se vive.

Cuando los dirigentes del Estado, con visión de futuro y sentido patriótico, se impangan la tarea de impulsar el desarrollo del país, no tendrán que desviar su atención en vanas elucubraciones. Bastará con que dirijan sus esfuerzos en favor de la explotación de los recursos hidráulicos, que son la base indiscutible para imprimir una nueva dinámica al desarrollo nacional.

Muchas son las razones por las que Gobiernos anteriores no prestaron la debida atención a la solución de

este problema, pero la más importante y que no es de consenso general, consiste en la presión de intereses financieros y políticos íntimamente ligados a la Compañía norteamericana que a partir de 1919 comienza a intervenir a través del World and Trade Board y luego obtiene la propiedad de la incipiente Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. que fuera confiscada a los propietarios alemanes en 1920. (1)

La primera vez que se abordó el problema en forma amplia, científica y patriótica, fue durante el Gobierno del Coronel Jacobo Arbenz Guzmán, época en que se hicieron los estudios para aprovechar racionalmente la energía de las aguas que como excedentes del embalse natural de Lago de Amatitlán, recoge el río Michatoya. Este estudio es conocido con el nombre de Jurún-Marinalá. La potencia instalada para este proyecto está en el orden de 60,000 Kw. En esa época, el proyecto hubiera cubierto la demanda requerida por la Zona Central hasta el año 1968, pero en su lugar, se procedió a un desarrollo a base de plantas térmicas, (24 MW, con unidades de vapor, 7 MW con unidades Diesel y 25 MW con turbinas de gas), menospreciando la producción hidroeléctrica.

En los últimos 5 años se ha organizado el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, lo que es una gran conquista, siempre que ésta institución proceda sobre una base metódica, científica y con sentido patriótico.

(1) Ministerio de Economía. El Problema de la Electricidad en Guatemala. 1950.

Por ahora no se dispone de los equipos técnicos necesarios, materiales y humanos, pero esta deficiencia puede salvarse recurriendo a la asesoría de Técnicos Latinoamericanos, procedentes principalmente de aquellos países que van sobre la vía de encontrar una solución a problemas similares.

El INDE ha realizado estudios estadísticos de la explotación de la energía eléctrica en todo el país y con especialidad, en la zona central. Estos estudios abarcan desde 1950 hasta 1964, es decir 15 años. De su estudio y análisis podemos extraer las siguientes conclusiones: (3) (ver cuadros) en 1950 había 17 000 Kw. instalados de origen hidráulico y 9 000 de orígenes varios a base de combustibles, haciendo un total de 26 200 Kw; éstas cantidades en 1964, 15 años más tarde, suben a 27 374 Kw. de origen hidráulico y a 59 058 Kw. de origen térmico, total 86 432 Kw, lo que acusa un aumento total de 229,9%. Del estudio de estas cantidades se infiere que el aumento operado en la instalación de energía hidráulica durante los 15 años es de 59,15%, en tanto que el operado en la instalación de energía generado por combustión es de 556,2%, lo que denota una marcada tendencia a producir corriente eléctrica a base de termoeléctricas. Es obvio que esta operación necesita de combustibles, lubricantes etc., elementos todos de importación, lo que produce un constante y censurable drenaje de divisas en nuestras reservas monetarias, además de elevar el costo del producto. De manera obligada tenemos que culpar a los dirigentes de la política energética de esa época, por haber permitido estas operaciones, que esperamos, sean reducidas al mínimo indispensable.

En cuanto a consumos por habitantes, siempre a

(3) "Secretaría Gral. del Consejo de Planificación Económica": SITUACION DEL DESARROLLO SOCIAL - DE GUATEMALA. pag. 138 - 156.

través de los cuadros desarrollados por el INDE, encontramos los siguientes y sugestivos datos: (4) ver cuadros. En 1950 el consumo per-cápita para todo el territorio nacional fué de 36,6 Kwh, el cual en 1964 - 15 años más tarde, sube a 85,6 Kwh., consumo sumamente bajo y superado negativamente solo por Honduras, que junto con Guatemala, abanderan el puesto de menores consumidores de energía eléctrica en América Latina. Esto, desde el punto de vista económico tiene un significado: ATRASO Y SUBDESARROLLO.

Es importante apuntar, como medio de comparación, que en 1962 el consumo per-cápita, promedio para la Europa Occidental, fué de 1.100 Kwh. y para América Latina de 200 Kwh. No se debe perder de vista que estos datos son promedios estadísticos, y en ese sentido, si aislamos la zona central de Guatemala, encontramos que en 1950 había un consumo per-cápita de 102,3 Kwh. promedios, que ascendió en 1964 a 277.7 Kwh, lo que en realidad viene a ser un poco más alto que el promedio para América Latina. Ahora bien, si aislamos 19.5 departamentos de la República encontramos que el consumo per-cápita es de 17.7 Kwh, que en 15 años solamente tuvo un aumento de 5%, datos que denotan claramente la discriminación de que son objeto en cuanto a elementos de progreso los habitantes del interior del país.

El estudio y análisis de los datos que anteceden y el exámen cuidadoso de la realidad nacional vuelven un imperativo el insistir en el desarrollo energético del país, como una unidad, evitando monopolios sobre los mercados de alto nivel.

Como una modesta contribución en este campo, - me permití desarrollar la tesis que someto a consideración del Honorable Tribunal Examinador.

(4) ibid 3

LINEAS ELECTRICAS

I. Generalidades

Después de considerar por largo tiempo la posibilidad de entregar a la Facultad de Ingeniería una memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, decidí que el tema fuera de tal naturaleza, que constituyera una modesta contribución a la Ingeniería Nacional y, por ende, al desarrollo de la técnica y la ciencia en nuestro país, por considerar, que los trabajos de tesis deben fundamentarse en la experiencia, en el estudio reposado y en la investigación de temas generales o particulares de la ingeniería.

Este trabajo es fruto modesto de tres años de experiencia, obtenida y acumulada fuera del país, actuando como contratista y para contratistas de la Empresa Nacional de Electricidad, S.A. de la República de Chile (ENDESA) en su Departamento de Distribuciones Urbanas.

El contenido de este trabajo lo constituye la última fase de un programa de electrificación relativamente sencillo, si se toma en consideración los complejos problemas que plantea un sistema total de electrificación. Su interés reside, en todo caso, en la circunstancia de que se oriente a alcanzar un objetivo que constituye la finalidad esencial de todo programa eléctrico: poner la energía eléctrica al servicio de las necesidades civiles, industriales y agrícolas. Es, pues, un intento de manual, cuya pretensión no va más allá de sistematizar las operaciones que deban llevarse a cabo para transportar la energía eléctrica desde una fuente, hasta un centro de utilización o consumo.

Por otra parte la elección del diseño eléctrico y

mecánico, para la transmisión de energía eléctrica constituye un hecho de gran actualidad debido a la rápida electrificación en todos los países del mundo. El mejor diseño será aquel que proveendo los requerimientos mínimos de seguridad y estética, permita transmitir la potencia con la mayor economía y efectividad.

De todo esto se deduce que el proyecto de una línea de transmisión abarca una amplia gama de factores de los cuales podemos considerar como principales los siguientes:

1. Selección de los voltajes económicos para el sistema.
2. Selección del calibre económico, para la línea.
3. Selección del voltaje más adecuado; para los equipos de transformación, de protección y de mando.
4. Estática para las construcciones.
5. Estudios del subsuelo.
6. Análisis de metalografía.
7. Operación y mantenimiento etc.

Al enfocar el diseño desde el punto de vista eléctrico, se obtiene la siguiente clasificación de líneas:

<u>VOLTAJE</u>	<u>CLASIFICACION</u>	<u>Campos de Aplicación</u>
----------------	----------------------	-----------------------------

Hasta 1 KV Tensión baja	En nuestro medio estas líneas también son denominados "de distribución secundaria", y se utilizan para alimentar consumidores de poca potencia tales como residen-
-------------------------	--

- cias, pequeñas indus-
trias, comercios, hoteles,
granjas.
- Hasta 35 KV Tensión media Estas líneas se denomi-
nan de distribución pri-
maria, y se utilizan para
alimentar los puntos de
transformación de los
que salen las líneas se-
cundarias, o bien las
subestaciones de consu-
midores grandes, que dis-
ponen de sus propias re-
des secundarias, o direc-
tamente a equipos y mo-
tores industriales de ma-
yor tamaño.
- Hasta 150 KV Tensiones
superiores. Estas líneas corresponden
a la transmisión de ener-
gía de los centros de pro-
ducción a las subestacio-
nes de distribución prima-
ria, en un sistema regio-
nal.
- Mayores de
150 KV Tensiones
superiores Estas líneas se aplican pa-
ra la transmisión de po-
tencia de mayor tamaño
y para la interconexión-
de sistemas regionales.

1) Tensión baja.

Las tensiones que caen dentro de esta clasificación se norman por las prescripciones de cada país.

2) Tensión media.

Debido a su poco alcance, las líneas de tensión baja son abastecidas normalmente a través de un número de unidades de transformación, alimentados por una línea de tensión media. La práctica ha demostrado que para redes con cables, el voltaje medio más económico se encuentra entre los 10 y 20 KV. En las redes con líneas aéreas el voltaje medio más económico se encuentra entre los 10 y 45 KV. En vista de lo anterior, los especialistas de la IEC (Intermetronal Electrical Commitee) recomendaron en su asamblea celebrada en Estocolmo en 1958, no elegir en el futuro, voltajes inferiores a 10 KV. para las redes públicas de distribución primaria.

3) Tensiones altas y superiores.

Las dos primeras tensiones son determinadas por condiciones técnicas generalizables como, voltajes de distribución reglamentarios, técnico y producción en masa de equipos etc. En cuanto a estas últimas, están grandemente influenciadas por las condiciones y características de las áreas por cubrirse, como centros de producción, agrupamiento y densidad de las áreas de consumo etc. Por otra parte conviene mantener una relación razonable entre las tensiones y proveer un desarrollo a largo plazo, lo cual no siempre es fácil, así por ejemplo el Ingeniero Bendix en el trabajo titulado:

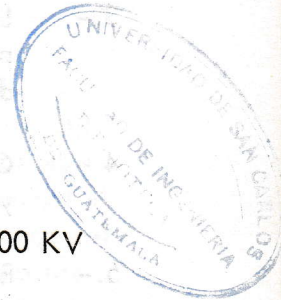
La Empresa Eléctrica y el desarrollo de la Industria eléctrica en la Zona Central.

Recomienda: 110: 69 - 33 y 13,2 KV. Pero el mismo Ingeniero en un nuevo estudio que prevee la interconexión de los sistemas Guatemaltecos con el Salvadoreño y el hondureño recomienda lo siguiente:

Redes de distribución primarios:

7620/13200 V
/33000 V

Líneas de transmisión regionales	69 000 KV
Líneas de transmisión para potencias mayores y de interconexión	220 000 KV



II.- Construcción de Líneas eléctricas.

Sería muy extenso abarcar todos los problemas relacionados con el diseño y construcción de las líneas eléctricas, por lo que dentro del marco de este trabajo, sólo se tratarán las características de interés para la construcción, los problemas relacionados con la planificación inmediata y la construcción de los dos grupos principales líneas, con cables y líneas aéreas, dándosele el enfoque principal a las últimas por ser las de mayor aplicación en nuestro medio.

Resueltos los factores eléctricos, el diseño de una línea depende no solamente de la distancia geográfica entre el punto de alimentación y el centro de consumo, sino además, del estudio de los factores siguientes:

- 1.- Economía en el valor de las estructuras de apoyo; tomando en cuenta las condiciones topográficas.

- 2.- Cercanía de caminos existentes o vías de acceso, para vigilancia, fácil transporte de los materiales durante la construcción o el mantenimiento, mejoramiento o ampliaciones.
- 3.- Lugares que puedan llegar a ser asiento de explotaciones industriales, agrícolas o ganaderas, dando primacia a las ya existentes.
- 4.- Cantidad de poblaciones a fin de servir el mayor número de consumidores.
- 5.- Reducción al mínimo de los daños por derechos de vía.

Elementos de una línea eléctrica.

- 1.- Estructuras de apoyo. Se entiende por estructura al elemento soportante, y equipado con todos los accesorios necesarios para sostener en forma estable, los conductores de la corriente. Los elementos verticales soportantes se denominan: - Postes, Portales y Torres.

Postes: Hay varias clases de postes, postes de madera, de hierro y de concreto reforzado. El amplio desarrollo de las técnicas de construcción, ha hecho recomendable los de concreto pre-esforzado. La importancia de una línea eléctrica, las disponibilidades económicas y la facilidad de su empleo, según el equipo que se disponga y las condiciones topográficas, son determinantes para la escogencia de uno u otro tipo de estructuras. Es obvio que el poste de madera representa la inversión inicial más baja y

que en realidad desempeña bien su función, pero hay una serie de inconvenientes que vale la pena enumerar:

1. Tiene poca vida;
2. Adolece de falta de uniformidad algunas veces.
3. Se quema con facilidad.

La poca vida de los postes se debe a la gran cantidad de enemigos que tiene la madera, especialmente cuando presentan una superficie más o menos aspera, rugosa o rústica, aún refinando la corteza, pues son fácilmente atacables por los bichos y la humedad. Las polillas o termitas los roen y destruyen continuamente en relación inversa a su dureza; la humedad les produce el efecto de azumagamiento, que es una especie de combustión lenta. Las maneras de preservar los postes contra estos males consisten en: a) labrado del poste; b) impregnación a base de elementos químicos o aceites repelentes, como: creosota, aceite quemado y otros; c) quemado superficial del poste, hasta una altura de sesenta o setenta centímetros sobre el suelo; d) el montaje del poste sobre una base de concreto, teniendo cuidado que el apoyo del poste sobre la base de concreto no permita depósito de agua; e) labrarle la punta expuesta en forma de cuña para que el agua resbale fácilmente.

Otros cuidados posteriores son: que al hacerle perforaciones o cortes para la colocación de los herrajes y sostenes de los aisladores y crucetas, estos sean de tal naturaleza que no lo debiliten demasiado y que no permitan depósitos de humedad. En todo caso, cualquier cortadura o labradura que se hiciere, será inmediata-

mente pintada con creosota mineralizada hasta lograr alguna impregnación.

El tratamiento preservativo que deba darse a los postes de madera, dependerá de la clase de madera usada. Por ejemplo: las maderas finas no necesitan ser impregnadas más que en la parte de la base, según quedo indicado antes, y, en cambio las coníferas deben ser impregnadas a presión en toda su longitud. En general, el tratamiento debe perseguir sellar el poro de la madera para cegar la respiración de los bichos en unos casos, impregnar de veneno en otros o la combinación de ambos. Las sustancias preservativas que se emplean son de dos clases: creosota y sales venenosas, siendo estas últimas pentaclorofenol, cloruro de zinc, sulfato de cobre, cloruro de sodio, bicloruro de mercurio (Sistema Kyan) y compuestos arsénicos tales como el arseniato de cobre, y meta-arseniato de zinc. Las sales tienen el inconveniente de ser solubles y su efecto es neutralizado paulativamente con la lluvia; sin embargo, pueden prepararse sales compuestas insolubles como las llamadas Wholman. En los Estados Unidos se usa el procedimiento llamado comúnmente "Z.M.A.", en el cual los postes son sometidos a Inmersión en la misma forma que el creosotado, pero usando la solución del meta-arseniato de zinc. Para mayor abundamiento, paso a describir en detalle algunos de los procedimientos de tratado de mayor uso. (*):

Procedimiento de tanque abierto.

Se sumergen los postes por ambas puntas en tanques de creosota hirviendo, durante más o menos ocho horas. Se sacan de los tanques de hervido y se sumergen en tanques de creosota fríos. La creosota hirviendo dilata las moléculas de la madera y al imergirlos en tanques

con creosita fría, ésta sigue penetrando en virtud de la presión atmosférica. Cuando los postes no están bien secos, es común que el aceite no penetre con facilidad porque las moléculas de la albura presentan anillos casi impermeables y cuando están secos se rompe esa impermeabilidad por la formación de grietas.

Para asegurar la penetración durante la inmersión de los postes, se le hacen en la mayor área de la albura pinchaduras o incisiones en el sentido de la fibra, hasta una profundidad de 12 mm., pues la albura tiene un promedio de espesor de 25 mm. Este procedimiento es usado casi exclusivamente para postes de ciprés.

Procedimiento de tanque a presión. (*)

Este método se usa para los postes de coníferos y consiste en colocar el poste con la ayuda de una carretilla dentro de un cilindro donde se le somete a la presión del vapor, cuidando que la temperatura no exceda de 126° C. Se retira la presión y se sustituye por vacío, la que permite la condensación de la célula para la que difieren por el uso a que se destina la pieza de madera. Estas consisten en la cantidad de aceite que se desee inyectar y la profundidad a que deba penetrar.

Procedimiento de células llenas de Bethel.

Este consiste en que la creosota inyectada penetre totalmente en la madera siendo especialmente utilizado en postes de pilotaje y obras submarinas.

(*) Pag. 9 Knwlton, Archer E. Manuel Standard del Ingeniero electricista. Pag. 1577. T. II.

(*) Pag. Castelfranchi, Giuseppe- Instalaciones eléctricas pag. 162.

con cociente triple este tipo penetrando en virtud de la presión atmosférica. Cuando los gases no están bien se-
cos, es común que el aceite no penetre con facilidad por
que las moléculas de la misma presentan densidad que im-
pede el paso, cuando en el momento se trata de su impenetrabilidad por la tensión de vapor.

Para asegurar la penetración durante la inmersión de los postes, se le hacen en la mayor área de la abertura pinholes o ranuras en el sentido de la fibra, hasta una profundidad de 1/2 pulg. para la abertura tiene un grosor de espesor de 25 mil. Este procedimiento es usado casi exclusivamente para postes de ciprés, álamo, etc.

Procedimiento de tanque a presión. Este procedimiento consiste en colocar el poste con la ayuda de un mecanismo dentro de un cilindro donde se le somete a la presión de vapor, reduciendo que la temperatura no exceda de 125°. Se retiene presión y se sustituye por vapor de agua. El procedimiento consiste en hacer la célula para la que se tienen por el uso que se destina la pieza de madera. En las consisten en la cantidad de aceite que se debe inyectar por la profundidad a que debe penetrar en las partes

Procedimiento de célula a vapor de agua. Este procedimiento consiste en que la célula a vapor de agua se inyecta en la

totalmente en la medida siendo especialmente utilizado de en postes de pilotes y otros subterráneos de madera.

(*) Pag. 2. Kilmoryn-Antares Manual Standard del Inge-
niero eléctrico. Pag. 1577. J. I.
(*) Pag. 2. Kilmoryn-Antares Manual Standard del Inge-
niero eléctrico. Pag. 1577. J. I.

Procedimiento de células vacías.

Este consiste en un recubrimiento de las paredes de la madera, especialmente empleado en piezas que deben trabajar a la intemperie y al aire libre, como en el caso de los postes y crucetas.

El procedimiento de células vacías, el que más nos interesa, puede hacerse a base de los procesos Rueping y Lowry, siendo ambos satisfactorios, aunque es más usado el Lowry.

El proceso Rueping consiste en que después del tratamiento de vapor, se aplica aire a presión, sin retirar ésta, se fuerza la entrada del aceite caliente dentro del cilindro, manteniendo la misma presión y conservando una temperatura de 93° C. mediante serpentina de vapor dentro del cilindro, durante varias horas. Se retira el aceite y se reduce la presión; el aire comprimido dentro de las células de la madera, expulsa el exceso de aceite en una cantidad que dependen de las presiones aplicadas y del tiempo de tratamiento.

El proceso Lowry es similar al Rueping, con la diferencia de que no se aplica aire a presión, sino que, después de haber forzado la entrada del aceite dentro de la madera, a presión, se practica un vacío elevado, produciéndose una expansión del aire contenido en las células de la madera, lo cual provoca la salida de la sustancia preservativa. El éxito del tratamiento depende de: a) Pureza de la creosota, no diluida, de alquitrán de hulla; b) La mayor penetración posible de la albura; c) Maderos fuertes y densos.

Debe controlarse la calidad de la creosota de al

quitrán de hulla por medio de su procedencia. La penetración del aceite se controla por medio de la cantidad inyectada, pero el factor determinante es el de la calidad de la madera, por lo cual un inspector de maderas debe que calificarla, con base en la historia del árbol. Algunas veces, el azumagamiento de la madera principia desde el momento del corte y sólo puede detenerse mediante el tratamiento adecuado.

Existen los procedimientos llamados de CAMPO, - que consisten en tratamientos ligeros, con dos o tres aplicaciones con brocha de aceite de creosota, a maderos secos. Estos, desde luego, no pueden nunca compararse a los de inmersión en tanques. La aplicación del polvo preservador Anaconda Wood Preservative, que es un sub-producto de las fundiciones de cobre que contiene arsénico y, por lo tanto, venenoso, da también resultados satisfactorios.

En varios países, cuando las condiciones geológicas y climatéricas lo permiten, se han usado los postes sin ningún tratamiento, pero es una práctica que no se puede generalizar.

Asimismo existen algunos tratamientos de postes, después de que estos han sido instalados. La base de estos tratamientos es la inyección a presión de soluciones de poca viscosidad en agujeros previamente practicados, - especialmente a la altura de la línea de tierra.

Cálculo de resistencia para postes. Generalidades

El poste se considera trabajando como una viga en valadizo; por lo tanto, la sección crítica será la que esta a nivel del suelo. Sin embargo, dadas las condiciones físicas de la estructura, en lo que respecta a su regu-

laridad para formar el cono, pueden darse secciones críticas en otros niveles, difíciles de localizar.

Los postes pueden clasificarse según las dimensiones de la A.S.A., que considera el esfuerzo nominal de rotura igual para todas las longitudes y especies de la misma clase. La A.S.A. clasifica los postes en 10 grupos, exigiendo una circunferencia mínima a una altura de 1.80 metros de la base, dando un esfuerzo de rotura como resultado experimental de gran número de pruebas con distintas especies de madera. Para el diámetro de la cúspide sólo se exige un mínimo, igual para todas las especies. Como referencia, véase la tabla siguiente, extractada del reglamento español de líneas eléctricas para más de 1,000 volts.:

ALTURA TOTAL EN METROS.	DIAMETRO EN CMS. A 2 M. EN LA CUSPIDE.	
8.00	16	10
10.00	18	12
12.00	20	13
14.00	22	14
16.00	24	15
18.00	26	15
20.00	28	15
22.00	30	15

En general el diámetro de la cúspide no debe ser menor de 11 o 12 centímetros y a 2 metros de línea de tierra de 17 a 27 centímetros para longitudes de 8 a 12 metros.

La norma DIN 57210 sigue otro proceso que se traduce literalmente así:

Al calificarse un poste de crecimiento recto deberá asumirse un incremento en el diámetro de 0.7 cms. por metro.

Para postes simples de soporte el diámetro mínimo (en la punta) se calculará según la siguiente fórmula experimental:

$$Z = 0.65 H + K \sqrt{A \sum d}$$

Z= diámetro mínimo admisible en cms.

H= largo total del poste en Mts.

A= Vano en Mts.

$\sum d$ = Suma de todos los diámetros de los conductores colocados en el poste en mm.

K= 0.22 para un esfuerzo de flexión admisible de 145 kg/cm²

K= 0.19 para un esfuerzo de flexión admisible de 190 Kg/cm² (Maderas duras).

El uso de otras estructuras, por ejemplo, cuando se trabaja en terreno montañoso, áspero y sin vías de acceso, el transporte es una operación difícil y ciertamente es el poste de madera el que mejor se puede llevar de un lugar a otro debido a su maniabilidad, poco peso y elasticidad. El costo por estructura resulta en el poste de madera mucho más bajo que el de otras y el personal necesario para su erección, así como el quipo para su manipuleo y preparación es barato y poco complicado. Cuando se usa en poblaciones con calles angostas, por lo general soportan mejor que otra clase de estructuras, los roces e impactos del tráfico y su remoción en caso de

avería. Otra de las grandes ventajas es la facilidad con que se resuelve el problema de cambios en los planos de montaje, cosa que con otras estructuras se convierte en un quebranto de cabeza.

Postes Metálicos.

Los postes de hierro se han usado ampliamente aprovechando en algunos casos elementos metálicos de deshecho o piezas destinadas a otros usos. Es así como vemos, a lo largo de América, muchas ciudades, incluyendo Guatemala en la capital y algunas provincias, líneas de distribución sobre postes de rieles adaptados, piezas en sección U ó H ó cañerías de hierro galvanizado. El costo de la ferretería necesaria para la fijación de las crucetas, aisladores, etc. es muy elevado y la naturaleza de la misma es muy diversa.

Diferentes diseños de postes metálicos.

Se construyen tres tipos, en forma de armadura, en forma de armadura expandida (expanded truss), en forma tubular y torres.

- 1.- En forma de armadura. Esta consiste en ángulos o canales unidos por barras diagonales o brazos.
- 2.- Armadura expandida. La armadura expandida se hace a base de secciones H de la cual se han sacado bocados circulares para economía en peso y material. El poste entonces se calienta al rojo cereza y se estira hasta la longitud deseada. Estos dos tipos de poste se usan para un voltaje mediano y soportan longitudes de 250 a 350 pies. Duran de 25 a 50 años y más, dependiendo

do del mantenimiento que les dé.

- 3.- Postes Tubulares. Los postes tubulares son corrientemente de sección tubular de mayor diámetro inferior y diámetro menor en la punta. Estos se usan por lo general en ciudades, para trolebuses ó tranvías aprovechando su aspecto estilizado. Su elevado costo no permite que se usen fuera de las ciudades.
- 4.- Torres. Las torres se construyen por lo general - con 4 angulares principales unidos en formas diversas por piezas o tirantes de menor sección y su uso se circunscribe a tensiones mayores.

Postes de concreto reforzado.

Su diseño requiere mucho conocimiento técnico. Cuando alguien sin experiencia en esta rama se vea comprometido a hacerlo, es mejor que acepte la ayuda de los ejemplos existentes en esta materia y así, puede fácilmente conseguir el folleto de la Portland Cement Co, de Pittsburgh. Como ilustración, un poste de concreto, diseñado para una velocidad de 70 mph. de viento, soportando 3 crucetas con una longitud total de 308' le diseñará como una viga en voladizo, con la carga aplicada a 12" de la corona y a 23'3" y $\frac{1}{2}$ de la línea de tierra, considerando que tendrá enterrados 5' 8 $\frac{1}{2}$ ". El diseño se hará sobre la base de un esfuerzo de tensión de 24,000#/pulg.² de compresión, 12,000#/pulg.² para el acero y 1,100#/pulg.² para el concreto. Particularmente considero el diseño demasiado recargado tanto en el refuerzo del acero como en las dimensiones finales de la estructura, pero se copia el ejemplo a base de ilustración (pag. 1097, A.E.H.Croft.)

(Ver figura No. 19.)

Según este manual, los postes de concreto son los más permanentes o durables, pero a la vez más caros, aunque se pueden considerar eternos. Sin embargo, he tenido la oportunidad de experimentar con la duración de los postes de concreto sometidos a ambientes salinos e hincados en terrenos salitrosos o sumamente cargados de óxidos minerales, como es el caso siguiente: En 1956, trabajando para la empresa constructora de Líneas Eléctricas - OMJI, Chile, reforzando la red de la población Puerto de Tocopilla, hubo que cambiar varios cientos de postes - que por su diseño y tamaño o su estado exterior no se acomodaban al plan de modernización y encontramos que todos los postes estaban dañados en la zona de la línea del asfalto hasta unos 50 cms. bajo tierra; el concreto aparecía completamente atacado por el salitre y los óxidos y el daño estaba operándose ya en el refuerzo de acero, lo que me ha permitido concluir que para la edad que tenían, 20 años, ya no podrían seguir dando servicio por mucho tiempo.

Los postes de concreto se clasificarán según la carga que se aplica a 2ª de la cabeza.

CLASE	A	B	C	D	E
Carga horizontal aplicada 2ª bajo corona.	4000 #	3000 #	2000 #	1,500 #	1000 #

Sin embargo el poste de concreto armado ha venido a solucionar muchos de los inconvenientes que se aducen a las otras clases de estructuras, perfilándose como

una estructura económica, estética, fácilmente construable, y de duración indefinida, en condiciones normales.

Profundidad de hincado de los postes.

Como regla general, deben hincarse a $1/6$ de su longitud total para suelos normales. Tabla pag. 1098. (*)

La altura de los postes depende de las condiciones y necesidades locales. Para ellos desde luego se tiene que atender a las condiciones y necesidades del lugar y también se tiene que atender a las reglamentaciones municipales y problemas concurrentes.

- a) En pasos de ferrocarril deben estar a $18'$ y mejor $21'$
- b) Los alambres deben estar a $15'$ de las aceras y la altura del poste dependerá de la cantidad de crucetas. Debe evitarse cambios bruscos en el perfil conductor ya tendido.

Longitudes usuales para postes.

$35'$ es una buena altura para ciudades
 $40'$ cuando lleva de 3 a 4 crucetas
 $45'$ cuando lleva de 4 a más crucetas
 $30'$ es buena para áreas sub-urbanas
 $25'$ se usa para líneas poco pesadas o livianas.

(*) Croft, terrell: American Electricians Handbook Pag. 1098.

LA LONGITUD DEL POSTE SIEMPRE ES CONSIDERADA COMO LA LONGITUD TOTAL DE LA ESTRUCTURA.

Diferentes esfuerzos que actúan sobre las estructuras.

Son tres las clases de esfuerzos a considerar: longitudinales, transversales, y verticales. Hay una cuarta clase de esfuerzo, que es el esfuerzo combinado.

Esfuerzos longitudinales:

Los ejercidos por la tensión de los conductores y los cables de tierra. Por lo general las tensiones están equilibradas entre tramos adyacentes pero puede darse el caso de rotura de uno de los conductores laterales que producirá un desequilibrio considerable y a la vez un esfuerzo de torsión en la estructura. El viento en el sentido longitudinal ejerce una presión que para los fines de diseño es despreciable, pues su mayor efecto lo produce en el sentido transversal.

Esfuerzos transversales.

Son debidos a la acción del viento sobre los conductores. Por otra parte los componentes horizontales de las tensiones en los conductores, en las vertices de la línea, representan el otro factor de importancia. En este caso debe calcularse la resultante por una simple relación trigonométrica. La fuerza será $F=2t \text{ Sen } \alpha$ a partir de la figura número 25.

A continuación copiamos la tabla que para dife

rentes ángulos dá las fuerzas resultantes a partir de una tensión de mil unidades de fuerza ya sean libras o kilogramos. Estas fuerzas permiten calcular los momentos respecto al suelo, los que sumados a los producidos por la presión del viento dan el momento máximo a que está trabajando una estructura. Al aplicar las cargas del viento sobre la estructura se considera como regla práctica que la cara a sotavento es la mitad de la superficie de la cara frente al viento debido al efecto de pantalla. La presión del viento sobre una estructura se supone de 13 a 20 libras por pie cuadrado aplicado a una superficie de 1.5 veces la de la cara expuesta al viento en dirección horizontal.

1)	Angulo		Resultante	Angulo		Resultante
α°	α°	$\alpha/2^\circ$	\bar{F}	α°	$\alpha/2^\circ$	\bar{F}
	10	5	174.4	70	35	1147.2
	20	10	347.2	80	40	1285.6
	30	15	517.6	90	45	1414.2
	40	20	684.0	100	50	1532.0
	50	25	845.2	110	55	1638.4
	60	30	1000.0	120	60	1732.2

Esfuerzos verticales.

Son los producidos por las componentes verticales de las otras fuerzas, el peso de los cables más el peso propio de las estructuras y accesorios. Hay casos en que los esfuerzos verticales se invierten ejerciendo una acción hacia arriba.

Esfuerzos combinados.

(se extractan literalmente del manual Standard del Ingeniero Eléctricista, Tomo II, de Archer S. Knowlton, Página 1556, Edición de 1953).

"Al determinar los máximos esfuerzos que obran sobre torres y postes, es necesario combinar las fuerzas transversales, las longitudinales (incluida la torsión) y las verticales, considerando que actúan simultáneamente.

Pueden considerarse diferentes combinaciones entre las posibles condiciones de cargas, a saber:

- a) Todos los cables intactos y actuando la totalidad de las fuerzas transversales y verticales.
- b) Todos los cables intactos, excepto los que se consideren rotos, con las fuerzas verticales y transversales correspondientes a cada cable, según se suponga roto o no. Las fuerzas longitudinales originadas por los conductores rotos deben combinarse con las transversales y verticales en todos los puntos de apoyo donde se suponen cables rotos. Cuando se supone roto más de un conductor, se acostumbra a considerar todas las roturas en el mismo vano, y en los apoyos que producen el máximo momento de torsión, el máximo par, o una combinación de ambos.
- c) Condiciones propias de localidades en que se producen cargas verticales extrapesadas, originadas por formaciones de hielo de espesor excepcional. Estas sobrecargas se combinan con el peso de la estructura.

- d) Existencia de cargas verticales obrando hacia arriba en los apoyos del cable.

Nota: No se acostumbra cominar los esfuerzos transversales ni los longitudinales con las cargas especificadas en c y en d.

"En la determinación de los esfuerzos que obran sobre una estructura de soporte pueden intervenir otros factores tales como los componentes verticales y horizontales de las tensiones ejercidas por vientos y tirantes y la adición de transformadores sobre postes, desconectores, interruptores y plataformas para operación."

Cimentaciones.

El estudio de la cimentación de estructuras, involucra en sí toda una especialidad. En el caso de torres, pueden cimentarse sobre parrillas o cajas soldadas de fierros angulares, dependiendo las dimensiones del valor soporte del suelo. La duración de estas cimentaciones viene siendo casi la misma que la de la torre si el terreno no tiene componentes salitrosos abundantes. En terrenos secos y no muy arcillosos se dispone de valores soporte mucho más generosos y cuando se trata de roca, la cimentación se puede hacer con anclajes o dovelas. Cuando las torres son de anclaje, de remate o estructuras muy especiales, la cimentación se hace con hormigón. Cualquier manual de suelos dará los factores de valor soporte a la comprensión necesario para dimensionar las zapatas correspondientes.

En nuestro medio será más corriente el caso de cimentar postes. Este problema es sencillo y lo más importante a considerar será la profundidad del agujero en

que tenga que hincarse, que dependerá de la altura del poste.

Se presentan a veces casos típicos de estructuras muy esforzados o cargados con aparatos especiales, y sobre terrenos muy flojos, húmedos o arenosos. En cada caso particularmente se tomarán las precauciones que el ingeniero encargado de las obras disponga, basado en su experiencia.

Estructuras de apoyo. Clasificación según su uso.

La técnica desarrollada en electrificación en la República de Chile es una guía segura en este campo. Actualmente todas las principales líneas de distribución se construyen en ese país, a base de postes de concreto. Para ello, ENDESA, Empresa Nacional de Electrificación S.A. semifiscal o semiautónoma, manifiesta que mantiene en puntos claves del territorio una serie de fábricas de postes para abastecer las exigencias de desarrollo del plan de electrificación. El costo de estas estructuras resulta aproximadamente un 40% más elevado que el de las maderas tratadas, pero su vida, independientemente de condiciones especiales tiene duración prácticamente ilimitada. Las principales estructuras de apoyo se clasifican en:

- | | | |
|----------|---|----------------------------|
| Fig. No. | 1 | Portante |
| " " | 2 | Portante en ángulo. |
| " " | 3 | Arranque |
| " " | 4 | Remate |
| " " | 5 | Anclaje en ángulo recto |
| " " | 6 | Cruce con derivación |
| " " | 7 | Semianclaje líneas pesadas |

- Fig. No. 8 Semianclaje líneas livianas
- " " 9 Portal Portante
- " " 10 Portal de anclaje
- " " 11 Sub-estación aérea.
- " " 12 Sub-estación aérea monofásica
- " " 13 Portante con derivación y tensión mecánica reducida
- " " 14 Portante con cruceta lateral.
- " " 15 Remate con derivación y tensión mecánica reducida
- " " 16 Desconector fusible
- " " 17 Reconector fusible

Cada figura de las que aparecen en el anexo final llevan detallados todos los elementos que sirven para completar la estructura de apoyo como tal.

La enumeración de las estructuras anteriores en su orden, corresponden a los dibujos que aparecen en el anexo, todos ellos, tienen numerados los accesorios que les corresponden y al remitirse a la lista de materiales que está a continuación de las láminas, se hallará el nombre de cada accesorio. Las figuras a que nos referimos tienen los números del 2 al 18, y la lista de materiales correspondientes a todas esas estructuras representadas, los 19 y 20.

GENERALIDADES SOBRE AISLADORES

Aisladores.

Los aisladores son aditamentos que permiten sujetar los conductores a las estructuras de apoyo, de tal manera que no puedan moverse transversal y longitudinalmente. Esta sujección a la estructura, debe ser tal, que permita el paso de la corriente a la misma y por lo tanto a tierra, por lo cual debe construirse los aisladores con materiales que provean: resistencia mecánica, aislamiento eléctrico y fácil manejo.

El material que mejor resultado ha dado es la porcelana vidriada (mezcla de feldespato, cuarzo y caolín).

Los aisladores de vidrios son de gran calidad aislante, pero tienen el inconveniente de ser muy quebradizos. Se ha desarrollado una nueva clase de vidrio, llamado Pyrex, que posee altas cualidades de resistencia a los impactos.

Técnicamente, el funcionamiento de una línea depende de las condiciones de aislamiento, su eficiencia es en función de esto. Para que un aislador sea efectivo se requiere que haya sido diseñado y construido para una tensión de arco en seco de 3 a 5 veces la tensión nominal de funcionamiento de la línea y que la línea de fugas sea el doble en longitud que la mayor distancia entre puntos con tensión en el aire. En la actualidad se tiende a elevarse mucho más estas especificaciones y en casos especiales, de nieblas, salinas, polvos, o ambientes químicamente cargados, se aconseja darle un tratamiento especial al diseño.

Aislador tipo delta.

La norma DIN 57 210 recomienda proceder en la selección del voltaje de flameo en húmedo para los aisladores de espiga según las siguientes fórmulas experimentales:

$$V = 1.1. (2 U + 10)$$

Condiciones difíciles:

$$V = 1.1. (2.2 U + 20)$$

V= voltaje de flameo o disrupción

U= Voltaje nominal de la línea en KV

El desarrollo superficial externo es mayor que el de ningún otro tipo de aislador; está formado de dos partes unidas por cemento entre sí, lo que da mayor resistencia mecánica a la unidad total, además le da mayor resistencia eléctrica, haciéndolo trabajar en la realidad como un solenoide. Hay aparatos diseñados para probar la resistencia mecánica de los aisladores. Este aislador tipo delta ha sido probado a tracción, apoyado en un soporte de hierro de 60 mm. de sección y el esfuerzo de 40,000 # se produjo primero en la dobladura del soporte, antes de hacer fallar al aislador. Estos aisladores tienen el inconveniente del poco espesor de las bolsas de aire entre campanas, lo que provoca la ozonización del aire con facilidad, la presencia del campo eléctrico entre ellos, fenómeno que disminuye la tensión de disrupción. Este inconveniente se salva con el diseño del aislador de la figura B, que es más racional por ajustar la forma de los platos a las líneas equipotenciales del diagrama de líneas de fuerza, o de otro modo,

las líneas de fuerza deben estar siempre perpendiculares a las superficies exteriores de las campanas. Estos estudios han sido desarrollados por la fábrica de porcelana de Hermandorf (Turingia).

Esta misma casa ha desarrollado otro tipo de aislador para tensiones de 25 a 100 Kv. el llamado aislador de pantalla metálica. Puede decirse que la campana de porcelana deja de ser totalmente aislante cuando está húmeda y al hacer la comparación de este aislador de pantalla metálica con los otros aisladores, surge una contradicción, más sin embargo, la eficiencia de este tipo de pantalla consiste en la protección que dá el sistema contra la lluvia, pues en su borde se forma un campo eléctrico que proyecta radialmente las gotas de lluvia impulsadas por la carga del mismo signo. Son pues raras las descargas de chispas desde el reborde al apoyo, aún bajo lluvias torrenciales.

A medida que aumenta la tensión de la línea, se necesita aumentar el tamaño de los aisladores, esto dá por resultado que para altas tensiones se prefiere cambiar el tipo de los aisladores por los de cadena de suspensión. Hewlett, un norteamericano fué el primero en lograr hacer esta sustitución exitosa, que ahora se usa en forma modificada. (1) Ver fig. 1.

La fijación de los aisladores se hace a las crucetas (que a la vez son los elementos de fijación a los postes o torres) por medio de espigas de madera o metálicas. El fabricante de aisladores los entrega provistos de una bulba roscada, en la propia porcelana por lo general para ser fijado a una espiga de hierro o de madera con cabeza de metal blando roscada según el aislador algunas veces esta bulba se entrega recubierta de zinc.

para ser adaptada directamente a la rosca de la espiga.

Los aisladores rígidos de columna o pedestal, se construyen en forma integrada como una superposición de faldones similares a la campana de un aislador corriente de soporte. La altura de uno de estos aisladores depende del voltaje a que sea destinado, atendiendo a la distancia de arco para lluvia y longitudes de la línea de fugas. Su uso más corriente es en reconectores, desconectores o en barras horizontales de subestaciones. Un aislador de columna o pedestal también se puede preparar por la superposición de la cantidad de aisladores del tipo similar al de espiga para neblina, pero preparados especialmente para poder ser apernados en la base a las barras y ser apernados uno con otro, base con corona, también por medio de pernos con aditamentos metálicos.

Esta clase de aisladores no puede soportar ningún esfuerzo transversal, por lo que su uso no es aconsejado para líneas de transmisión, en las que los esfuerzos producidos por el viento y la tensión inherentes al peso de los conductores son más o menos considerables.

Aisladores de suspensión.

Deben su nombre a la forma en que se cuelgan de las crucetas de las torres o postes para sostener los conductores de corriente. Básicamente constan de una campana de porcelana, provista de ranuras en la parte envolvente, o inferior. Esta campana de porcelana tiene a la vez un sombrerete sólido, de acero, de alta resistencia, pegado firmemente al plato por medio de un cemento especial, el que tiene el dispositivo necesario para ser fijado (por lo general una doble argolla formando horqueta, en la que entra una simple argolla similar, a través de la cual entra un pasador, que a su vez tiene una cabeza -

semiesférica y un agujero que sirve de pasador de seguridad en el extremo). La fijación a la cruceta, como la veremos detalladamente después, se hace por un eslabón angular y con un grillete con pasador y chaveta especialmente diseñados para los agujeros practicados en las crucetas. La parte envolvente del plato lleva, ya sea una simple argolla o un vástago o perilla de acero. Esta argolla sirve para hacer la conexión de disco a disco, formando cadenas, o para recibir, como en el caso del último disco de una cadena, la correspondiente grampa especial para sostener al conductor.

En las líneas mayores de 69 Kv. se usan exclusivamente aisladores de suspensión o discos, sin que se prescinda de uso de los mismos en las líneas de bajo voltaje para las estructuras especiales como anclajes, ángulos, aranques y remates, seccionamientos, pasos sobre el ferrocarril y cualquier paso con tensión mecánica reducida en los conductores. En estos casos por lo general se usan los aisladores de discos en un mínimo de 2 por conductor, de los del tipo de 14.6 cms. de diámetro. Para éstos aisladores, la tensión de arco por contorno es proporcional a la distancia a tierra en el aire y aproximadamente igual a la tensión con ligero aumento para las tensiones más elevadas. Por ejemplo, para 69 Kv. se usan de 4 a 5 discos, para 110 Kv. de 7 a 8, para 132 Kv. de 8 a 10, para 154 Kv. de 9 a 11. En las líneas de Boulder Dam, las cadenas de aisladores tienen 24 a 5" de diámetro. Antiguamente se usaban de diámetro de $4\frac{3}{4}$ a $6\frac{1}{2}$ para los discos, ahora son más usados los diámetros $4\frac{1}{8}$ y $6\frac{3}{4}$. La longitud de arco en cadenas del mismo número de discos es aproximadamente proporcional a la longitud de la unidad. Si bien la línea de fugas es mayor por unidades más cortas. Los diseños de discos más modernos tienen una resistencia máxima de 15,000 libras, (6,800 kgs.) promedio,

pero una gran cantidad alcanza un 25% más que este módulo. Se considera que cualquiera de estos discos soporta una carga más simple de 10,000 a 12,000 Lbs. por el término de varios días en forma continua, de tal manera que aconsejando una carga máxima de 5,000 a 6,000 lbs. y se tendrá un coeficiente de seguridad de 2, sobre la prueba de carga de tiempo.

Especificaciones para aisladores.

Es de mucho interés consultar la publicación "High Voltage Specifications Standards" de la N.E.M.A. (National Electric Manufacturers Association, 155 East 44 Street, New York, U.S.A.) para que sirva de guía en el diseño y selección de aisladores, pues en la actualidad el dato de los fabricantes, es lo único que puede guiarnos con respecto a las cualidades mecánicas y eléctricas de los aisladores.

CLASE DE CONDUCTORES ELECTRICOS

Conductores aéreos y cables subterráneos.

Se emplean conductores de varios metales, en atención a sus cualidades de conductibilidad, a su abundancia en el mercado, al precio y a sus características físicas.

Los metales de mayor uso como conductores con el cobre, el aluminio y el acero, aunque la plata tiene un índice de conducción más elevado, su alto precio la torna prohibitiva.

El cobre es sustituido en muchos casos por el aluminio, sin embargo, en la mayoría de las redes se sigue usando sustancialmente cobre.

Hay dos clases de conductores de cobre: el estirado en frío y el recocido o blando. El conductor de cobre estirado en frío tiene casi el doble de resistencia a la tracción que la del cobre blando de igual sección, por lo cual se prefiere el primero en líneas al aire, para salvar distancias más largas, y el segundo en cables, debido a su mayor flexibilidad.

La resistencia a la tracción del cobre estirado en frío, es de 3,000 kilogramos por centímetro cuadrado y la resistencia de prueba 4,000 Kg/cm²., las tracciones admisibles son según DIN 57210 las siguientes:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Conductores unifilares de cobre | 12 Kgs/mm ² |
| Conductores cableados de cobre | 19 |
| Conductores cableados de aluminio | 8 |
| Conductores cableados de alumi- | |

nio con alma de acero 20 aprox.

Cuando los cálculos eléctricos obligan a usar secciones mayores al No, 4 B&S (Calibre americano), es necesario recurrir a conductores cableados. Al respecto, la norma DIN 57210 dice: "Conductores unifilares de acero y de aluminio no son admisibles en líneas aéreas (excepción de líneas de telecomunicaciones). Conductores unifilares de cobre son admisibles hasta una sección máxima de 16 mm^2 . (la fatiga del material en los apoyos fijos aumenta con el diámetro del conductor por cristalización). Las secciones mínimas admisibles son para los conductores unifilares de cobre 10 mm^2 y el vano máximo admisible es de 80 metros."

Las uniones usadas para añadir los conductores son: Manguito McIntyre, (para conductor estirado en frío), que consiste en un doble tubo de cobre especialmente dimensionado en diámetro interior y longitud para cada medida de conductor. Para hacer una junta se introducen los dos extremos del alambre o cable a través del doble tubo en forma opuesta y se retuerce el tubo por medio de prensas especiales. El número de vueltas que se aplican dependerá del calibre de alambre. Hay sistemas de hacer juntas, como el de las Uniones Nicopres, que consisten en un tubito de cobre corto (4"), especial para cada calibre de alambre, en el que se introducen los extremos del alambre y se prensa a todo lo largo con lastenazas llamadas NICOPRESS. Las uniones descritas no van soldados, sin embargo, hay otras uniones que sí exigen ser soldadas.

Una de las ventajas del cobre sobre el aluminio es su mayor resistencia a los factores atmosféricos corrosivos.

En ambientes salinos o donde abundan los gases corrosivos se recurre a conductores de cobre, en último caso de bronce, y las juntas tienen que ser soldadas.

B.- Cables. Subterráneos.

La elevada seguridad en el funcionamiento de los cables subterráneos, los cuales en esa forma están protegidos de influencias exteriores como viento, escarcha y descargas eléctricas, así como por ser en muchas redes urbanas la solución obligada, conduce a que se utilicen en el mismo volumen que las líneas al aire, a pesar de los costos más elevados, especialmente en los puntos de transformación.

La construcción y el uso de estos cables, está sujeto a normas que reflejan la experiencia de los usuarios, los resultados de investigaciones de los fabricantes y la teoría de los diseñadores.

- 1) Cables para tensiones bajas y medias.
En la construcción de cables con conductores de 25 mm^2 para arriba y hasta un voltaje de 10 Kv.- se utilizan conductores trenzados.

La norma VDE 0255 recomienda para cables de cobre desde 25 mm^2 y tensiones hasta 10 KV, utilizar conductores con perfiles ovalados en lugar de circulares, para reducir el diámetro del cable. Esto es válido también para cables con conductores de aluminio desde 50 mm^2 .

La aislación inmediata sobre los conductores consiste en capas de tiras de papel en espesores de

0.08 a 0.2 mm, que se enrollan con máquinas tejedoras (con o sin traslapes). Normalmente no se usa pegamento y el papel se fabrica con una celulosa especial. El espesor total de las capas es fijado por los voltajes de servicio, aunque para los voltajes bajos se coloca por razones mecánicas una capa muy superior a la requerida eléctricamente.

Seguidamente se humedece la aislación de papel, (la humedad representa del 6% al 10% de su peso), y se procede a la impregnación. Después de enfriada la masa de impregnación, se prensa una capa de plomo. Cuando se trata de cables que van directamente enterrados (sin canalización), se agrega una protección adicional de yute, impregnada con una emulsión bituminosa, que actúa como defensa del manto de plomo.

Además de estos cables relativamente baratos, se construyen cables armados con una cubierta de protección contra daños mecánicos. La armadura de estos cables consiste de alambres o bandas de acero, ó, lo que es aún más caro, una combinación de capas de alambre redondo ó bandas sencillas de acero poco magnetizante colocadas en contraposición. Sobre la armadura se coloca nuevamente una capa de yute bituminizado.

Cables de corriente trifásica. Los cables trifásicos pueden estar formados por tres conductores aislados bajo una sola envoltura protectora, o de tres cables independientes, de un conductor, ya sea solo o entrelazados, ó con una envoltura

protectora adicional. Los primeros se utilizan - normalmente solo en voltajes hasta de 10 Kv. pues para voltajes superiores el mayor espesor - de aislación dificulta la fabricación dentro de una sola envoltura.

Los cables descritos anteriormente, son cables - subterráneos normales. Para otros casos como cables autoportantes (expuestos a tracción), cables con envoltura especial anticorrosiva, cables expuestos a dilataciones termica, etc. existe una amplia gama de diseños obtenibles comercialmente, siendo los de mayor interés, los forrados únicamente con polyvinil de polyetilen, éste último más caro pero de mayor duración.

Colocación y cargas admisibles en los cables subterráneos. La corriente máxima admisible en los cables, esta fijada por la clase de aislación, y por la forma en que absorbe el medio exterior el calor producido. Con ello, la colocación del cable influye sobre la carga admisible.

2) CABLES de alta tensión.

El avance en los conocimientos sobre las relaciones entre temperaturas, campos eléctricos, fuerzas electrodinámicas que actúan sobre los componentes aislantes, hace posible que en la actualidad se fabriquen comercialmente cables para voltajes hasta 110 Kv. (en algunos casos hasta 220 Kv.). De especial interés en estas construcciones son los cables en los que un relleno de aceite, rodea al conductor, con lo cual, se mejora el dieléctrico y la seguridad de la aislación.

El relleno de aceite es mantenido bajo una presión de 0.5 a 1.5 Kg/cm², y en la construcción - deben considerarse, la viscosidad del aceite y la resistencia química de los materiales en contacto con el aceite.

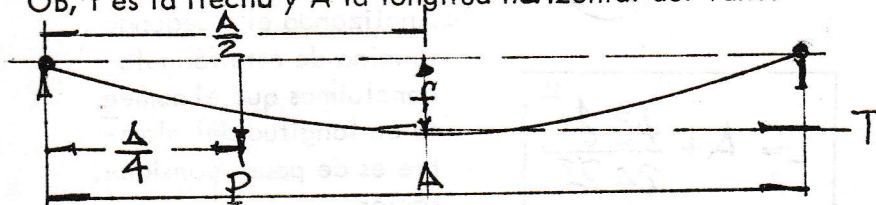
CALCULO MECANICO DE FLECHAS.

Las líneas al aire de menos de 1 KV., deberán estar a 5 metros sobre la tierra y 6 en cruces, en el punto más bajo de la comba; para más de 1 KV se reglamentan 6 metros sobre tierra y 7 en los cruces. A esto obedece que para aprovechar al máximo la altura de los postes, la flecha que forma el conductor sea un mínimo. La magnitud de la flecha no se hace en forma caprichosa, sino debe armonizar con la fatiga máxima admisible de los conductores.

La fatiga del conductor depende de la flecha (f), y ésta a su vez de la magnitud del vano (A) en cms., del peso del conductor en Kg./cm^3 (gama γ), de la fatiga admisible en Kg./cm^2 (sigma σ), del módulo de elasticidad en cms., que aumenta 1 cm. por Kg./cm^2 (alfa α), del coeficiente de dilatación en $\text{cms./C}^\circ \times \text{cm.}$ y (f)= flecha en cms.

La curva adoptada por un conductor suspendido entre dos apoyos, es una Catenaria. Para los efectos del cálculo puede considerarse como una parábola; sólo en casos especiales de vanos muy largos, arriba de los 300 metros, la curva deberá calcularse como una catenaria.

En la figura siguiente, que representa una parábola, P es igual al peso del conductor en la media comba OB , f es la flecha y A la longitud horizontal del vano:



En la práctica se constata que el largo real del conductor no es mayor que un 0.2% la distancia entre apoyos; entonces la relación $\frac{L}{2} = \frac{A}{2}$ es de exactitud satisfactoria, y P, (peso): $P = \frac{A}{2} S(\text{Kg})$; S=Sección.

T= tracción $\times S$ = Fatiga admisible \times Sección.

Imaginando el punto P aplicado en el centro de la media longitud, o sea entre B y O, existirá la siguiente relación de momentos:

$$P \cdot \frac{A}{4} = T \cdot f \quad \therefore$$

$$\left(\frac{A}{2} \cdot S \right) \cdot \frac{A}{4} = 2 \cdot S \cdot f$$

$$\frac{A^2 \cdot S}{8} = 2 \cdot f \quad \therefore$$

$$f_{\text{CMS}} = \frac{A^2 \cdot S}{8 \cdot 2}$$

El largo verdadero del conductor es:

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

$$L = A + \frac{A^3 \cdot S^2}{24 \cdot T^2}$$

Analizando el segundo término de esta fórmula concluimos que el aumento en longitud del alambre es de poca consideración.

Pero, debemos tomar en cuenta que la flecha es afectada por la temperatura ambiente, y a la vez la fatiga del conductor es afectada por la flecha por lo que para efectos de cálculo nos interesan las siguientes relaciones:

- 1o.) La flecha mínima para conocer la fatiga máxima
- 2o.) La flecha máxima, para que los conductores no se toquen y para adoptar la mínima altura en los postes.
- 3o.) Flecha correspondiente a la temperatura ambiente durante el montaje de los conductores.

Podemos analizar la siguiente ecuación:

$$z_a - z - \frac{A^2}{24d} \left(\frac{P_a^2}{z^2} - \frac{P^2}{z^2} \right) = \frac{W}{\alpha} (t - t_a)$$

En las que:

- $z_a =$ Fatiga máxima admisible en Kgs./cm.²
- $P_a =$ Peso máximo del conductor (peso adicional por viento o escarcha), en Kgs./cm.³
- $t_a =$ Temperatura correspondiente a z_a y P_a . en grados celsius: C°.)
- $f_a =$ Flecha con los factores anteriores en cms.
- $z =$ Fatiga a que se somete el conductor durante la instalación en Kgs/cm²

P = Peso del conductor durante la instalación. En general igual a Kgs/cm.^3

t = Temperatura durante la instalación, en grados celsius.

f = Flecha durante la instalación en centímetros.

No puede rebasarse el valor de sigma máximo, según el reglamento español, cuando ocurren circunstancias de sobrecarga como las siguientes:

- 1.- Peso propio más una capa de hielo, o manguito, de un centímetro de espesor, sumado al viento transversal de 30 Kgs./M^2 , con coeficiente de reducción de 0.5, al actuar sobre superficies cilíndricas y la temperatura de -5° C .

Nota: el reglamento alemán combina acción de viento y peso de escarcha en la siguiente fórmula experimental:

$$\sigma_{ADM.} = \frac{180\sqrt{t}}{1000} \text{ KGS / MT. LINEAL}$$

- 2.- El Peso propio más el viento transversal a 120 Kgs./M^2 . con coeficiente de reducción de 0.5 al actuar sobre superficies tubulares o cilíndricas y a 5° C de temperatura.

- 3.- Peso propio sin viento o carga adicional y a 20° C .

Nota: Hay una distancia en que el gamma máxima es igual para -20° C sin carga adicional y -5° C más carga adicional, llamada DISTANCIA CRITICA.

Las condiciones anteriores plantean problemas válidos para países con circunstancias críticas de tipo climatérico. Para nuestro país podemos prescindir de todos esos casos críticos, salvo para regiones de vientos extraordinarios, - los que valdrá la pena efectuar la corrección correspondiente, en cuyo caso aplicamos la fórmula siguiente:

$$\delta_{MAX} - \delta = \frac{P^2 \cdot A^2}{24 \alpha} \left(\frac{1}{\delta_{MAX}^2} - \frac{1}{\delta^2} \right) = \frac{w}{\alpha} (t - t_a)$$

en la cual, si se tiene que t_a toma signo negativo, la expresión se convierte en $t + t_a$, siendo t_a la temperatura aceptada como mínima de la región considerada.

La fórmula es una ecuación mixta de segundo grado en gamma () y para su solución se emplean varios métodos.

Veamos el siguiente ejemplo:

1. Calcular la flecha mínima correspondiente a gamma admisible, A y P, que son factores conocidos.

$$f_{MIN} = \frac{D (KGS/CM^3) \cdot A^2 (CM^2)}{8 \delta_{MAX} \cdot \alpha (KGS/CM^2)} \quad [CMS]$$

2. Luego aumentese la flecha de 10 en 10 centímetros, o de 20 en 20 centímetros, y calcúlese a partir de la fórmula anterior la fatiga correspondiente.



3. Conocido gamma (máximo (γ_{max}), gamma (γ) y la temperatura mínima t_a que corresponde a gamma máximo (γ_{max}), es posible determinar la temperatura t que corresponde a gamma de la fórmula.

$$\gamma_{MAX} - \gamma = \frac{P \cdot A^2}{24 \alpha} \left(\frac{1}{\gamma_{MAX}^2} - \frac{1}{\gamma^2} \right) = \frac{W}{\alpha} (t - t_a)$$

Con esos datos se procede a formular la tabla de montaje siguiente:

FLECHA	FATIGA	TEMPERATURA UN.

4. En nuestro medio consideramos la presión del viento como de 120 Kg./m², reducida en 0.5 pa para superficies cilíndricas. Pa a una temperatura de 20° C. Al llegar al cálculo de las flechas a una temperatura cercana a 20° C, se revisa si gamma, con la flecha correspondiente a esa temperatura, está dentro de los límites de gamma máximo. Considerando en la fórmula $f = \frac{PA^2}{8\gamma}$,

P se compone entonces de peso propio más la acción del viento transversal. En caso que gamma sea superior a gamma máximo, aumentese la flecha, y repítase el cálculo aunque la flecha mínima sin viento corresponda a una temperatura mucho menor de la especificada.

5. Después, determinese la flecha máxima que corresponde a la temperatura máxima, ya que esta flecha influye en la distancia entre los conductores y en la altura de los postes.

NOTA: Es evidente que cuando se trata de vanos excesivamente largos, se impone el cambio de materiales de mayor resistencia o la reducción del vano.

La norma DIN 57210 fija, aplicando mayores factores de seguridad, los siguientes vanos -que también pueden aplicarse en nuestro medio:

Líneas con conductores unifilares: 80 metros de vano--
Tabla DIN 17210 Página 5.

Consultando las tablas de las páginas....., constatamos.

Ejemplo: Debe tenderse una línea de alambre de cobre desnudo #7 AWG sobre postes separados uno de otro un promedio de 80 metros. Hallamos en la tabla que gamma máximo es de 1200 Kg/cm.² Temperatura ambiente de 10° C; temperatura máxima de 70° C. Determinese la flecha mínima, la flecha máxima, la tabla de montaje sin considerar en los cálculos la acción del viento.

La flecha mínima se producirá a la mínima temperatura y será cuando el conductor soportará la máxima fatiga admisible de 1200 Kg/cm.²

$$f = \frac{P \cdot A^2}{8 \sigma_{\text{máx.}}} \text{ [CMS]}$$

$$P = \frac{\sigma}{1000} = \frac{8.9}{1000} \text{ [Kgs/cm}^2\text{]}$$

$$f = \frac{8.9 \times 8000 \times 8000}{1000 \times 8 \times 1200} = 59.4 = 60 \text{ CMS.}$$

$$f_{\text{MÍN.}} = 60 \text{ CMS.}$$

$$Z_{\text{MAX}} = 1200 \text{ KG/KM}^2$$

$$t_a = +10^\circ \text{C}$$

Si $f = 70 \text{ CMS.}$

$$Z = \frac{P \cdot A^2}{8 \cdot f}$$

$$Z = \frac{8.9 \times 8000 \times 8000}{1000 \times 8 \times 70}$$

$$Z = 1030 \text{ KG/KM}^2$$

$$Z_{\text{MAX}} - Z = \frac{P^2}{24\alpha} \cdot A^2 \left(\frac{1}{Z_{\text{MAX}}^2} - \frac{1}{Z^2} \right) = \frac{W}{\alpha} (t - 10^\circ)$$

$$1200 - 1030 - [4.29 \cdot 8000^2 \left(\frac{1}{1.22^2} - \frac{1}{1.032^2} \right) 10^{-6}] = 22.1(t - 10^\circ)$$

$$170 [4.29 \cdot 64(0.695 - 0.971)] = 22.1(t - 10^\circ)$$

$$170 [275 - (-76)] = 22.1(t - 10^\circ)$$

$$170 - (-76) = 22.1(t - 10^\circ)$$

$$\frac{246}{22.1} = t - 10^\circ$$

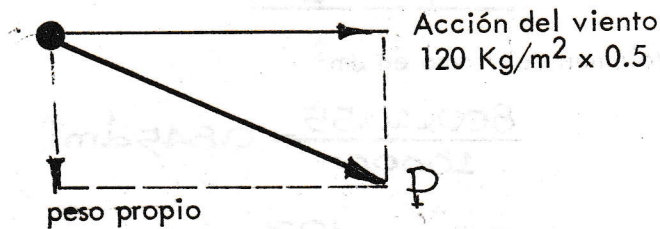
$$t = \frac{246}{22.1} + 10^\circ$$

$$t = 11.1 + 10^\circ$$

$$t = 21.2^\circ \text{C}$$

$f = 70 \text{ CMS}$
$\sigma = 1030 \text{ KGS/CM}^2$
$t = 21.2^\circ \text{C}$

Averiguemos ahora si al considerar la acción del viento el esfuerzo σ no pasa de 1200 Kg/m^2 pues la tabla de montaje corresponde a tiempo teórico normal.



Alambre calibre "7 AWG tiene 3.665 mm. diámetro.

$$\begin{aligned} \text{Acción del viento} &= \frac{80 \times 3.665}{1000} \times 60 \\ &= 17.7 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

en que 80 es la distancia entre postes

$$\begin{aligned} \text{Peso propio: } & 93.78 \text{ KGS/1000 MTS } \underline{\text{POR METRO?}} \\ \left. \begin{array}{l} 1000 - 93.78 \\ 80 - x \end{array} \right\} & x = 80 \times 93.78 \times \frac{1}{1000} \\ & \underline{x = 7.5 \text{ KGS/MT. L.}} \end{aligned}$$

Resultante $P = \sqrt{7.5^2 + 17.7^2}$

$$P = \sqrt{56 + 314}$$

$$P = \sqrt{370}$$

$$P = \underline{19.2 \text{ Kes.}}$$

Volúmen del tramo en dm^3

$$\frac{800 \times 10.55}{10000} = 0.845 \text{ dm}^3$$

$$P = \frac{192}{0.845 \times 1000}$$

$$= \frac{22.8}{1000} \text{ Kes/cm}^3$$

SEGÚN LA FÓRMULA: $f = \frac{P \cdot A^2}{8Z_{\text{MÁX}}}$

$$f = \frac{P \cdot A^2}{8Z_{\text{MÁX}}}$$

la flecha para esta temperatura y considerada la acción del viento.

$$f = \frac{22.8 \times 8000 \times 8000}{1000 \times 8 \times 1200} = 153 \text{ CMS.}$$

$$f = 150 \text{ CMS.}$$

$$\text{Si } f = 80 \text{ CMS.}$$

$$Z = \frac{P \cdot A^2}{8f}$$

$$Z = \frac{8.9 \times 8000 \times 8000}{8 \times 1000 \times 800}$$

$$Z = 890 \text{ KGS/CM}^2$$

$$\therefore 1200 - 890 - 4.29 \times 8000^2 \left(\frac{1}{1.22} - \frac{1}{0.892} \right) \frac{1}{10^6} = -$$
$$\text{---} = 22.1 (t - 10^\circ)$$

$$310 \times 4.29 \times 64 (0.695 - 1.261) = 22.1 (t - 10^\circ)$$

$$310 \times 275 (-0.567) = 22.1 (t - 10^\circ)$$

$$t - 10^\circ = \frac{467}{22.1}$$

$$t = 21 + 10^\circ$$

$$\underline{t = 31^\circ \text{C}}$$

-52- $\therefore t = 31^{\circ}\text{C}$
 $f = 80\text{ CMS}$
 $\underline{z = 890\text{ KG/CM}^2}$

Si $f = 100\text{ CMS}$.

$$z = \frac{71200}{100}$$

$$z = 712\text{ KG/CM}^2$$

$$1200 - 712 - 275(-1.275) = 22.1(t - 10^{\circ})$$

$$\therefore t = 47.5^{\circ}\text{C}$$

y — — —

$$f = 100\text{ CMS}$$

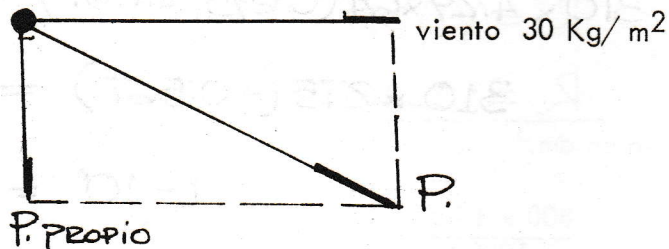
$$z = 712\text{ KG/CM}^2$$

PARA $f = 120\text{ CMS}$, $z = 592\text{ KG/CM}^2$

LA FLECHA MÍNIMA ES = 60 CMS.

LA FLECHA MÁXIMA ES = 120 CMS.

Si consideramos una acción del viento de 30 Kg/m^2
 P será:



Resultante:

Alambre #7 AWG = 3.665 mm. diámetro

$$\text{Acción del viento} = \frac{80 \times 3.665}{1000} \times 30$$

$$\text{Acción del viento} = 8.9 \text{ Kg.}$$

Peso propio #7 AWG

$$\text{Sección} = 10.55 \text{ m.m}^2$$

$$P = 93.78 \text{ Kg/1000 m}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ — } 93.78 \\ 80 \text{ — } x \end{array} \right\} x = 75 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Resultante: } R = \sqrt{7.5^2 + 8.9^2}$$

$$R = \sqrt{135}$$

$$R = 11.6 \text{ Kgs.}$$

Volúmen en dm.³

$$\frac{800 \times 10.55}{10000} = 0.865 \text{ dm}^3$$

Chequeo:

$$\frac{93.78}{8.9} = 10.5 \text{ dm}^3/1000$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 - 10.5 \\ 80 - x \end{array} \right\} \therefore x = \dots P$$
$$P = \frac{11.60}{0.845 \times 1000} = \frac{13.7}{1000} \text{ Kg/cm}^3$$

Si suponemos que el viento máximo ocurra a temperatura de 30° C. La flecha para ésta temperatura (31° C).- Se ha determinado en 80 cms. y prescindiendo del alargamiento debido al coeficiente de elasticidad, con esta flecha y

$$P = \frac{13.7}{1000} \text{ Kg/cm}^3 \text{ Se obtiene } \sigma$$

$$\sigma = \frac{13.7 \times 8000 \times 8000}{1000 \times 8 \times 80} = 1370 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1370 \text{ Kg/cm}^2$$

Lo que indica que la fatiga está dentro de los límites admisibles.

Si no se desea sobrepasar el esfuerzo de 12000 Kg/cm² conservamos las flechas para las temperaturas calculadas y se pasa a reducir equidistancia de postes en lugares accesibles a expuestos al público.

$$A^2 = \frac{80 \times 8 \times 1200 \times 1000}{13.7}$$

$$A^2 = \frac{766000000}{13.7}$$

$$A = \underline{75 \text{ MTS.}}$$

max ADMISIBLE

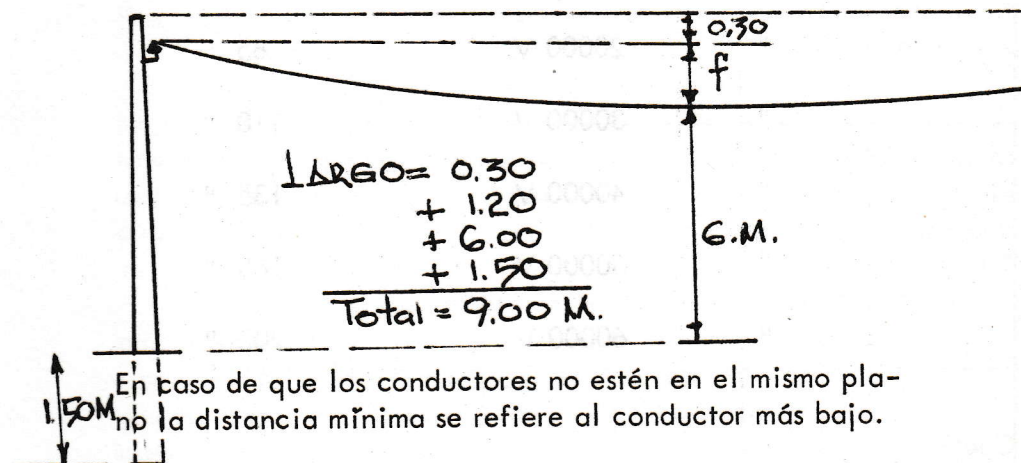
Conductores unifilares de cobre duro	$\sigma_{ADM} = 1200-1400 \text{ KGS/CM}^2$	
Conductores unifilares de cobre duro	$\sigma_{RUPT} = 4000-4500$	✓
Conductores cableados de cobre duro	$\sigma_{ADM} = 1600-1900$	✓
Conductores cableados de cobre duro	$\sigma_{RUPT} = 4000-4500$	✓
Conductores unifilares de bronce	$\sigma_{ADM} = 1800-1900$	✓
Conductores unifilares de bronce	$\sigma_{RUPT} = 6000-6500$	✓
Conductores cableados de bronce	$\sigma_{ADM} = 2400-2500$	✓
Conductores unifilares de Aluminio	$\sigma_{ADM} = 700$	✓
Conductores cableados de Aluminio	$\sigma_{ADM} = 700$	✓
Conductores unifilares y cableados de Hierro galvanizado	$\sigma_{ADM} = 2000$	✓
Conductores unifilares y cableados de acero.	$\sigma_{ADM} = 3000-4000$	✓

Estos factores son las garantías ofrecidas por las fábricas. En la práctica se usa no exceder para $\sigma_{ADMISIBLE} = 0.4 \sigma_{RUPTURA}$.

CONSTANTE

	Cobre duro	Bronce	Aluminio	Hierro	Acero
Peso P Kg./cm ³	$\frac{8.9}{1,000}$	$\frac{8.9}{1,000}$	$\frac{2.72}{1,000}$	$\frac{7.85}{1,000}$	$\frac{7.95}{1,000}$
Módulo de elasticidad cm por 1 Kg/cm ²	$\frac{1}{1,000,000}$	$\frac{1}{1,300,000}$	$\frac{1}{715,000}$	$\frac{1}{200,000}$	$\frac{1}{2,100,000}$
Coefficiente de dilatación cm. por 1°C	$\frac{17}{1,000,000}$	$\frac{17}{1,000,000}$	$\frac{23}{1,000,000}$	$\frac{12.3}{1,000,000}$	$\frac{12.3}{1,000,000}$
$\frac{p^2}{24.}$	4.291	4,291	0.221	5.14	5.53
	22.1	22.1	6.45	24.6	25.8
$K = \frac{1}{}$	57	40	34.8	7.25	4,9 a 5.7

La flecha durante el montaje se determina según la temperatura de la tabla y es controlada con instrumento optico o con dinámó-metros. Para distancias cortas no es necesario un cálculo siendo suficiente dejar una flecha que en centímetros corresponde a la distancia entre postes en metros. Para el ejemplo anterior el poste tendrá entonces



En caso de que los conductores no estén en el mismo plano la distancia mínima se refiere al conductor más bajo.

Para determinar la distancia mínima a entre conductores vales como se expresará más adelante, la formula:

Para aluminio y sus aleaciones:

$$a = \sqrt{f_{\text{MÁX.}}} + \frac{U_{\text{LÍNEA}} [\text{KV}]}{150} [\text{MTS}]$$

Para cobre:

$$a = \sqrt{f_{\text{MÁX.}}} + \frac{U_{\text{LÍNEA}}}{150} [\text{MTS}]$$

Pero en ningún caso podrá ser menor que:

Hasta	1000 V	40 cm
"	3000 V	60 "
"	10000 V	80 "
"	20000 V	85 "
"	30000 V	110 "
"	40000 V	135 "
"	50000 V	165 "
"	60000 V	200 "

Con esta fórmula se determina la distancia entre conductores para el ejemplo en:

$$\begin{aligned} A &= 0.75 + \sqrt{1.20 + \frac{30}{150}} \\ &= 0.75 \times 1.10 + 0.20 \\ &= 0.825 + 0.20 = 1.025 \text{ M} \end{aligned}$$

se optó por 1.25 cms.

Separación de los conductores.

El montaje de los conductores en una línea aérea se hace apoyándolos sobre aisladores, los que, a su vez, son montados sobre crucetas de madera o hierro. Además de lo indicado en el párrafo anterior, la lámina contiene 10 disposiciones distintas que pueden usarse en postes de concreto y bajo voltaje.

Cuando se usan aisladores de suspensión, por lo general la distancia entre conductores es mayor que la eléctricamente calculada, para evitar que éstos se acerquen demasiado a las estructuras cuando son balanceados por el viento.

Thomas propuso el uso de la siguiente fórmula para la separación de los conductores en el centro del vano, donde los vientos subitos extraordinarios y ráfagas pudieran producir vibraciones de diferentes frecuencias en los conductores.

$$o = \frac{CdD}{w + L/2}$$

Siendo:

- o= separación horizontal en pies.
- C= factor experimental deducido de pruebas hechas con distintas satisfactorias; Thomas propuso valor usado de 4 para el cobre y 3.5 para el aluminio-curias.
- D= Flecha en %
- D= diámetro exterior del conductor.
- w= peso del conductor en Lbs/pies, el mismo valor usado en el cálculo de d;

A= distancia del arco correspondiente a la tensión de la línea, que para cada 100 Kv es de 12" o sea 0.28 metros para 100 Kv.

L= Longitud en pies de la porción oscilante de la cadena de aisladores.

La fórmula anterior para el sistema métrico es: $\sigma = 0.0179 C d D / w A L / 2 L$, y de en metros, D. en mm. y w en Kg. ml. Se ha logrado probar que D= 1 es suficiente para terrenos no ventosos. Parece haberse probado también que la magnitud L/2 no debe sumarse, debido a que es muy raramente podría vibrar asincrónicamente la cadena de aisladores.

Como ilustración, copiamos la tabla siguiente, deducida de vanos que han funcionado satisfactoriamente en todas las pruebas.

TENSIONES	Vanos 2	Separación en Centímetros			
		A	B	C	E
22 Kv.		91	152	76	91
33 "		102		91	102
44 "		122		152	152
66 "		183		183	---

Estas son las separaciones normales para líneas con aisladores de soporte, o campana. Consideramos flechas convenientes para cables pesados, y con el factor experimental C= 1.9.

Como orientación doy a continuación una serie de datos prácticos para estimar la distancia que deben guardar los conductores.

- 1) La distancia entre conductores debe aumentarse - de 25 a 30 centímetros por cada 10,000 volts., adicionales, siempre que los vanos no sean muy largos.
- 2) Cuando se trata de portales, de postes ó la misma disposición en torres, la distancia del conductor - al poste o a la torre, debe ser de 60 cm. para tensiones de 110 Kv.
- 3) La distancia indicada con la letra B en las figuras 10 y 11 debe ser de 1.20 mts. para líneas de 33 Kv.; de 2.75 a 3.05 mts. para 66 Kv.; y de 4.00 a 4.60 mts. para las de 110 Kv.
- 4) En el caso de que en una misma línea de estructuras se coloquen dos circuitos, la distancia entre los conductores será como sigue: Cuando se trate de los mismos circuitos: Horizontal A de 3 a 3.60 mts. para 66 Kv. de 4.60 mts. para 110 Kv. y de 4.90 a 6.00 mts. para 220 Kv. si se comparan estos datos prácticos con los resultados arrojados - por los cálculos analíticos apoyados en los procedimientos expuesto, se hallará alguna diferencia considerable; pero en la práctica estos datos sirven para en un momento dado poder dar una distancia mínima ausente de toda peligrosidad, así como un dato de partida para los casos de preparar un anteproyecto.

En el caso de líneas de bajo voltaje la coloca-

ción de los conductores adapta a las condiciones físicas, observando únicamente los espaciamientos mínimos requeridos por la norma de construcción a aplicar.

Cuando se trata de voltajes medios o altos la capacitancia y la inductancia de la línea dependen en alto grado de la posición de los conductores, obteniéndose el óptimo resultado cuando los conductores están colocados en forma de triángulo isosceles.

Sin embargo, por medio de transposiciones se pueden equilibrar y compensar los factores eléctricos de influencia mutua. Ver fig. 24.

Respecto a la disposición de los conductores aéreos sobre un posteo, la norma DIN 57210 dice en forma genérica:

Conductores bajo tensión de ben mantener una separación entre ellos (y de alambros de guarda) que impida que se toquen por la influencia del viento. Esta condición se supone cumplida cuando las separaciones son las siguientes:

Aluminio y sus aleaciones:

$$S \text{ mínimo} = \sqrt{f} + V_n/150 \text{ (mts.)}$$

Cobre:

$$S \text{ mínimo} = \sqrt{-f} + V_n/150 \text{ "}$$

S = separación

f = flecha en mts. a 40° C

V_n = tensión nominal de la línea en Kv.

Sin embargo deberá observarse que de 3 Kv. para arriba, la distancia para conductores de aluminio y sus aleaciones no deberá ser menor de 1 mt. y para otros materiales 0.8 mts.

En líneas de baja tensión la distancia mínima admisible es de 0.35 mts., y los conductores forrados deberán ser tratados como sin aislación.

El estudio de las propiedades físicas y químicas de los materiales conductores y aislantes es fundamental para el diseño de dispositivos electrónicos. En particular, la resistencia eléctrica y el coeficiente de expansión térmica son parámetros clave que afectan el rendimiento y la fiabilidad de los componentes.

En el presente trabajo se han realizado mediciones de resistencia eléctrica y coeficiente de expansión térmica en una serie de materiales conductores y aislantes. Los resultados obtenidos muestran que la resistencia eléctrica aumenta con la temperatura, mientras que el coeficiente de expansión térmica disminuye.

Estos resultados son importantes para el diseño de dispositivos electrónicos, ya que permiten predecir el comportamiento de los materiales en condiciones de operación real. Además, se han observado diferencias significativas entre los materiales estudiados, lo que sugiere la necesidad de seleccionar cuidadosamente los materiales para cada aplicación.

IV. TRAZO DE LINEAS Y UBICACION DE LAS ES-
TRUCTURAS DE APOYO

Preparativos para la construcción; los preparativos para la construcción de una línea son una etapa de mucha importancia, tanto que muchas veces determinan el éxito económico del proyecto. Los derechos de paso, gastos en la apertura de la brecha, trabajo topográfico, planos, replanteos, perfiles, caminos de acceso, equipos técnicos usados, excavaciones, son los principales factores a considerarse.

Trabajo topográfico, estacado.

Esta etapa del trabajo debe estar precedida de reconocimientos cuidadosos y tanteos para determinar la mejor solución.

Es deseable disponer de un plano cartográfico o de fotografías aéreas para escoger la dirección más económica de la línea y luego de ello, determinar los puntos obligados desde el punto de vista del servicio, explotaciones agrícolas, haciendas, industrias, o futuras áreas de desarrollo. Luego debe sobrevolarse la franja escogida y luego se impone el recorrido terrestre.

Conviene que la línea escogida siga siempre lo más cercana posible a los caminos para facilitar la inspección y el mantenimiento, así como la construcción. En casos en que deba alejarse de los caminos, es deseable que pueda hacerse la inspección con anteojos de larga vista.

El estudio eléctrico y mecánico establece la dis-

tancia promedio de las estructuras, de manera que la labor del estacado se hará ciñéndose a ellos, aprovechando al máximo las condiciones topográficas. En lo posible conviene desarrollar la línea más recta posible con la menor cantidad de vértices y anclajes.

El trazo de la línea se hace con la ayuda de un taquímetro y es suficiente la exactitud de la estadia para la medida de la distancia. Suponiendo un terreno plano y una equidistancia entre apoyos de 150 metros, una vez orientado el aparato en la dirección escogida, el estadalero determinará en pasos la distancia a cada 150 m. la cual es afinada desde el aparato. Una vez afinada la separación o distancia, con margen de 0.50 a 1.00 m., se afina la alineación y se le indica por señas colocar la estaca en el punto correspondiente, limpiándose el alrededor de la misma para que el punto pueda encontrarse con facilidad. Con la misma estación de parato se puede continuar la operación de estacado hasta agotar la fidelidad de las lecturas, siempre que el terreno lo permita.

En terrenos quebrados el estacado se hará atendiendo a: 1) Clase de estructura. 2) Clase de conductor, y 3) Vanos máximos admisibles. En estos casos, la experiencia del topógrafo es factor importante.

Registro topográfico.

Se lleva un registro topográfico del estacado - el que es similar a los registros corrientes de trabajos de agrimensura, indicando en columnas: 1) Estación, 2) punto observado, 3) ángulos, 4) distancia, y 5) observaciones, indicando paralelamente por medio de un croquis la forma de la línea y la posición relativa de

los accidentes, del terreno y ubicación de las propiedades, caminos, cercos, linderos y nombres de los propietarios, de las líneas telegráficas, o de otros servicios, edificios, casas, puentes etc. Es útil tomar al mismo tiempo los datos para una nivelación trigonométrica, que en el caso de terreno muy quebrado se hará con la inclusión de todos los puntos culminantes bajos y altos. Cuando se crucen líneas de servicio telefónico, telegráfico o de ferrocarril y caminos debe indicarse y controlarse el ángulo de intersección y la altura de las líneas en las estructuras adyacentes, así como también la altura máxima en el cruce.

Casi todas las reglamentaciones exigen que el ángulo de cruce con estas líneas debe ser no menor de 60°.

Al tiempo de ir controlando en la libreta el nombre de los propietarios de los terrenos, se anotan sus generales y dirección postal, telegráfica o telefónica. Si es factible, el operador debe obtener de los propietarios al mismo tiempo que hace el estacado los permisos de paso, para lo cual llevará formularios debidamente autorizados.

Derechos de paso.

Son documentos por los cuales los propietarios de los terrenos por donde pasa una línea de servicio eléctrico se comprometen a permitir que la empresa o corporación propietaria de la línea, Estudie, Construya y Mantenga o Repare la línea eléctrica en cuestión. - El ancho de la faja de derecho de paso es fijada por los reglamentos, y se establece una veda de cultivos forestales en la misma.

Para trabajos de primera importancia, la organización de las operaciones es como sigue:

- a) Grupo de alineación.
- b) Grupo de estacado.
- c) Grupo de nivelación.
- d) Grupo de derecho de paso.

Los datos acoplados por toda esta organización de campo, son inmediatamente enviados al gabinete donde se prepara el plano definitivo. Estos planos deben hacerse en hojas especiales de planta y perfil llamadas "Hojas finales", quedando listos para utilizarlos en la realización de la obra.

Para completar el proyecto se agregan hojas típicas o planos de cada estructura, con su respectiva lista de materiales debidamente relacionadas con el dibujo. De estas listas se determina un cuadro-resumen al que se agregan los mantos de conductores y uniones.

Realización de la obra.

Una vez que se dispone de la planificación completa del proyecto la manera más usual de realizarlo, de acuerdo con la experiencia es la siguiente:

1) TRANSPORTE DE LOS POSTES

Se procede a efectuar un recorrido por todo el trayecto de la línea, anotando en un esquema la cantidad de estructuras de apoyo y los materiales correspondientes, fijando los lugares más convenientes para depositar los postes.

Por lo general se colocan en grupos de tres a cinco tomando en cuenta para ello las facilidades que brinda el terreno para ser llevados después hasta el lugar en que en definitiva serán erigidos.

Si se trata de postes de concreto se toma siempre en cuenta una reserva de postes del 2 al 3% por los que durante el transporte pudieran inutilizarse o dañarse. Si se trata de postes de madera las fallas pueden llegar al 0.5%, y con postes de acero podemos considerar que ninguno de ellos sufrirá en esta operación.

2) AHOYADURAS PARA POSTES

La forma de hacer los hoyos para hincar los postes depende fundamentalmente del equipo disponible para la erección de los mismos. Cuando se dispone de plumas mecánicas el agujero podrá ser lo más reducido posible. Hay topografías que no permiten usar una pluma mecánica. Este caso impone el empleo de una pluma manual; la forma del hoyo se acondicionará al sistema de hincado y consistirá en una excavación de dimensiones tales que permitan a una persona trabajar con chuzo y pala corta, para alcanzar la profundidad más usual de 1.50 m. Para hacer un hoyo de este tipo se considera la posición que deberá tener el poste al iniciar la operación del levantado, que por lo general es pendiente arriba. El hoyo debe orientarse en esa dirección previniéndose un plano inclinado por el que se desliza la base del poste a medida que progresa la operación del levantado. La pared opuesta del hoyo debe ser vertical y en ella se apoya un molde tablon, o mejor un hierro

perfilado donde topa la base del poste y contra el cual desliza hasta que la base ocupa el fondo del hoyo.

Los hoyos practicados en terreno arenoso tienen su característica especial, por requerir moldes (barriles de dos bocas) ya que de otra manera no cobra forma la excavación; una práctica parecida se puede seguir en terreno pantanoso.

Ubicación de los postes de anclaje.

Cuando se tiene una línea en recta más allá de los 1500 metros, es necesario seccionarla, intercalando una estructura llamada de anclaje. Esta aparece designada en la lista de estructuras de apoyo con las figuras números 6, 8, 9 y 11. Podría llamarse una estructura de compensación y control y sirve para el tendido, y para controlar los esfuerzos que experimenta una línea cuando se rompe alguna estructura o alguno o todos los conductores. La catástrofe queda localizada y restringida en estos casos al tramo comprendido entre dos anclajes. Un cambio brusco en el perfil de una línea también requiere un anclaje, especialmente cuando se trata de puntos culminantes.

Colocación de los postes en el sitio de erección.

Primero se han transportado los postes colocados en grupos de 3 a 5 en cada sitio equidistante de 3 a 5 estacas, ó en el lugar de acceso más favorable hacia las mismas. Se comprende que cada estaca corresponderá a una estructura de la línea. Esta operación tiene que hacerse sirviéndose de un carrito ma-

nual a dos ruedas, por lo general de neumáticos, sobre el cual se coloca el poste en forma balanceada. Este carro, llamado "Camarón" en Chile, lleva una plataforma y una pendola más o menos larga, que sirve para guiar el carro y amarrar a él el poste. Para empujar bastan 3 o 5 operarios, según el peso de la estructura y el tipo de carro que se disponga. Cuando hay accidentes topográficos, que por lo general se presentan al ubicar una estructura en la cresta de un monte o cuando hay que salvar barrancos, hondonadas o ríos, el problema del traslado de los postes se complica y es entonces cuando se necesita de una gran capacidad del jefe de los trabajadores para dirigir exitosamente la operación. En veces es necesario usar polipastos o tecles, o llevar desarmada la estructura, según el acceso que se logre establecer.

Preparación de las estructuras para su erección.

Muchas veces es conveniente apernar crucetas y accesorios antes de proceder al parado de los postes. Por lo general la cruceta siempre se debe colocar, pues sirve para la erección del poste y para la alineación transversal. En consecuencia es conveniente disponer de un grupo que coloque cruceros y accesorios y los ponga al poste en la posición conveniente ante el hoyo, precediendo a la cuadrilla que se encarga de la erección.

Erección de los postes.

La operación de parar postes o erigirlos puede hacerse con grúa mecánica automóvil, provista de Winch, o con una pluma de mano, que por lo general consiste en dos piezas metálicas, tubos, lo más livia-

nas y resistentes posibles. Para el caso manual se necesita de un tecle, del que hay de varias clases, de palanca, con cable de acero o cadena, de cadena y cremallera y los más elementales que consisten en poleas dobles o triples con cable de manila.

El equipo más sencillo y económico para parar - postes consiste en una pluma de cinco a seis metros de largo, seis cuñas de acero exagonal de pulgada y media de diámetro por 1.50 metros de largo, 4 cordeles o lazos de 15 metros de largo y $3/4$ de diámetro y un tecle de cordeel o cable de manila para extenderse hasta 15 metros mínimo.

Descripción de la operación de erección.

- a) Se coloca el poste pendiente arriba con la base apoyada sobre el plano inclinado del hoyo;
- b) Se le amarra un estrobo que consiste en un cable de acero de $3/8$ o $1/2$ en 1.20 de largo y dos gasas de 15 cms. de desarrollo en los extremos más o menos a $1/4$ de la longitud del poste a partir de la cabeza, para enganchar en doble gasa el garfio de la polea tiradora del tecle.
- c) Se colocan 4 estacas de acero en cruz a 10 ó 12 metros de distancia del hoyo, a los lados y enfrente, para amarrar los tirantes o vientos que parten del poste y precisamente arriba del punto donde se ha amarrado el estrobo de la polea tiradora y la otra estaca unos dos metros más alejada que las de los vientos o sea 12 ó 13 metros con doble estaca o "muerto", que se dispone con otro estrobo similar al citado partiendo de la estaca muerto,-

dando doble vuelta en la estaca principal y lo que sobre de este recibe el garfio de la polea trasera del tecle; pieza de madera de 3" x 4" x 6" liviana y resistente, llamada yegua;

- d) Se levanta el poste a pulso por el lado de la cabeza, se levanta nuevamente a pulso poco a poco para cobrar altura y se avanza el apoyo o yegua que se sustituye luego por otra más larga que consiste en otra pieza de madera cuya cabeza encaja al poste y cuando éste ha logrado una inclinación de 30 o 40 grados se afirman los vientos laterales con doble vuelta mordida y se amarra y sostiene el tecle operados cada uno por un ayudante, otro tira del extremo del cordel del tecle hasta dejarlo en tensión y en ese momento se pegan de la punta del cordel 3 ó 4 operarios más y uno o dos controlan el soporte que mantiene al poste inclinado y que no le permite caer. A partir de este momento se tira con toda la fuerza del cordel del tecle hasta que el poste haya asentado en el fondo del hoyo. Deslizándolo la base por el molde, que al asentar el poste es lo primero que se saca.

La operación siguiente será de alineado, lo que se hace por medio de palancas que se aplican en la base del poste y al borde del hoyo, que abarcan el poste en grifas especiales para colocarlo de tal manera que la cruzeta quede transversal a la línea. Ya en esta posición cada uno de los operarios se dispone con un maso a afirmar la tierra que uno o dos paleros echan alrededor del poste y dentro del hoyo. Cuando un dato práctico y tomando en cuenta que el estacado está bien hecho para que el poste quede hecho enfrente de la estaca está bien hecho

para que el poste quede hecho enfrente de la estaca que no se cambió de posición al hacer el hoyo. Una vez afirmado el poste queda recoger: 1.- los vientos y 2.- desatar la polea tiradora que quedaron en alto. Para ellos se usa un sistema de amarras que con solo tirar uno de los cordeles libere a los demás y caigan al suelo todas las amarras.

Toda la operación necesita como máximo de diez hombres si se trata de un poste de concreto de 9 a 12 metros, 700 kg. a 900 kg. Si se trata de un poste de madera 300 kg. máximo, basta con 6 ó 7 hombres. Para postes de concreto arriba de 12 metros hay que disponer de equipos más pesados. Los postes de concreto centrifugados huecos por dentro son livianos, son desde luego más livianos.

Tendido los conductores.

Los únicos accesorios que no se colocan durante la operación anterior para evitar que puedan sufrir roturas son los aisladores. Estos se colocan antes de proceder al tendido de los conductores. Conductores livianos como alambres o cables de poco diámetro se deslizan sobre las cabezas de los aisladores. Si se trata de conductores más pesados, es conveniente disponer de poleas auxiliares. También se usan pequeños polines con cojinetes colgados o montados sobre las crucetas. Los conductores pueden ser levantados del mismo lado, utilizando las mismas poleas, para espaciarlos posteriormente sobre su aislador.

En algunos casos esta operación se vuelve tan difícil que impone el uso de tracción animal o vehículos tractores para llevar la punta del cable de un an-

claje a otro. Se recomienda que los conductores no se arrastren sobre el suelo especialmente aluminio para evitar que la capa exterior (endurecida por tratamiento) sea lastimada y se originen focos de oxidación. Si la operación de desenvolver el conductor se hace en terreno llano donde pueda entrar un vehículo se deja la punta en el inicio de la línea y se monta el carrete de cable sobre la plataforma de un camión o pick up y sobre un torno. Esta es la mejor forma de hacer más suave y segura la operación, pero no siempre lo permite la topografía del terreno. Durante el desenrollado debe tenerse especial cuidado para que el conductor no se envuelva sobre sí mismo formando cocas y sufra rozaduras ó quebraduras. El tendido se efectúa de anclaje a anclaje o de vértice a vértice. Cuando una carreta se ha terminado sin cubrir la distancia propuesta será necesario unir el extremo con la punta de un carrete nuevo por medio de una unión y proseguir el tendido.

Como una regla práctica, la flecha se mide en uno o dos vanos a partir de los aisladores, colocando una mirilla o tabla horizontalmente en los dos postes considerados para dirigir la visual. Señaladeros aporados de banderas dirigen la operación. Se aconseja dejar por encima de la visual, el primer conductor y hasta que se haya levantado en la misma forma los demás conductores se efectúa la operación de emparejar las flechas. El operador que trabaje en el templado de los conductores debe ser experimentado en estas operaciones. Los extremos de los conductores van fijados por grampas de anclaje especiales que tienen formas de orejas y que le impiden al conductor una curva para que no se deforme. Cuando ya se han templado todos los conductores de la línea se procede a realizar los remates y puentes en los anclajes.

Datos prácticos para efectuar el templado de los conductores. La tendida de los conductores puede hacerse sobre el suelo, al lado del poste, sobre las crucetas, sobre polines colocados en las crucetas, sobre los aisladores y através de poleas que penden de las crucetas o que se apoyan en ellas. Todo dependerá de la clase de conductor y del equipo que se disponga. Por lo general los carretes se desenvuelven en su totalidad a lo largo de la línea, no importa la distancia entre anclajes, en los que tendrán que cortarse el conductor a la hora del templado.

La primera operación del templado consiste en colocar los extremos del conductor en las grampas de anclaje y éstas a su vez se suben a las cadenas de aisladores de discos que penden del poste arranque.

La segunda operación consiste en levantar los conductores si se tendieron sobre el terreno y colocarlos y engancharlos a sus correspondientes aisladores de poste en poste, cuidando que el conductor quede completamente libre, para que deslice suavemente durante la operación del templado.

La tercera operación consiste en marcar por medio de mirillas, en dos vanos característicos la flecha calculada a fin de que la línea imaginaria entre estas mirillas señale el punto más bajo del conductor a la hora del templado.

La cuarta operación consiste en el templado de los conductores. El desarrollo de esta operación requiere el equipo siguiente: un tecle de cordel que puede extenderse hasta 12 o 15 metros, con poleas dobles de 4" y cordel de manila de 5/8 a 3/4, un tecle de palanca tipo estilson, dos o tres comolones o uñas del diablo, que ser-

virán para pescar el conductor sin deformarlo y el cual será halado por el gancho extremo de los tecles. Cuando no se dispusiera de un buen comolón, se podrá preparar uno con cordel de manila arrollándolo al cable en forma de acolchadura, iniciada y terminada por un nudo. Para colocar el comolón en el conductor deben hacerse dos nudos a lo largo de unos 75 cms. antes de prenderlo al conductor para que no salte al tirar de él.

Con el tecle de cordel se avanza para enfrente del poste de templado, hasta pescar con el comolón el conductor lo más avanzado posible. Pero antes ha sido halado el conductor hasta templarlo lo más posible a mano. El otro extremo de tecle de cordel se fija al pie del poste o a la barra del anclaje del muerto, y entonces se tira del extremo tirador del tecle hasta que el conductor se levanta mucho más de lo necesario. Algunas veces es necesario cambiarle posición al comolón dos o tres veces. Después de haberlo estirado se pasa la punta del conductor al operador de altura para que lo fije a la grampa de anclaje. Cuando ya se han levantado los tres conductores, el operador de altura procede al templado de los mismo, usando para ello un tecle de palanca y cadena, recogiendo los conductores mucho más de lo necesario para que las flechas logren la altura de diseño. Es en sentido inverso o sea aflojando que los conductores se llevan hasta dejar la flecha deseada. Veinticuatro horas después puede iniciarse la operación definitiva de nivelar las flechas de los conductores para que todos tengan la misma altura en cada tramo y la flecha deseada en los vanos. Corrientemente la operación de nivelado se hace desde el anclaje opuesto. No debe olvidarse usar vientos de arrostamiento auxiliares de los extremos de la cruceta durante la operación de templado para evitar que la torsión dañe al poste.

Operaciones finales.

Estas consisten en colocar los tomatierros y los aparatos de seguridad, como son los desconectores - fusibles, los reconectores automáticos, los pararrayos etc. y finalmente debe hacerse el chequeo de aislamiento, en el que se usan aparatos especiales para el efecto.

Entrega de la obra.

La ENDESA nombra para el efecto una comisión que procede más o menos en la siguiente forma:

Revisa poste por poste; comprueba si los pernos corresponden a los planos y si están perfectamente apretados; comprueba la forma en que están hechas las colchas y amarras a los aisladores; revisa que no hayan puntas de cable o alambre que puedan provocar fugas por arco; comprueba la verticalidad de los vértices y la seguridad de los tirantes.

Para la revisión de las flechas hay un sistema que consiste en hacer vibrar el conductor por medio de un cordel sin peso, dándole un violento tirón y contando el número de vibraciones por minuto. Con este dato se determina la flecha. En su defecto, se hacen medidas ópticas.

Seguidamente se efectuará la prueba de aislamiento de tramo a tramo. Algunos inspectores ordenan no efectuar los punteos hasta que no se haya hecho la prueba de aislamiento de tramo a tramo y en toda la línea.

Por último se evalúan los detalles estéticos de la línea y la limpieza de su realización.

of the ...

...

...

...

...

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Para un país en desarrollo, debe enfatizarse el esfuerzo por estructurar una reglamentación que sirva de norma para la planificación de los trabajos eléctricos, en función de su economía, recursos potenciales, necesidades y metas.
- SEGUNDA:** Como complemento a lo anterior, es indispensable que se proceda a la elaboración de un Código para la construcción de obras eléctricas, el cual deberá contener normas que partan de la realidad nacional, en función de una zonificación del territorio, por virtud de climatología e importancia de las obras.
- TERCERA:** Los centros de producción, las líneas de transmisión y las redes de distribución, forman un todo en conjunto; ninguna de ellas puede ser restringida o relegada a segundo orden, cuando el propósito principal es el óptimo desarrollo de un sistema eléctrico.
- CUARTA:** Para el caso de líneas aéreas y redes de distribución en distritos urbanos de segunda importancia o semiurbanos y rurales, el poste de madera, como estructura de apoyo presenta en la actualidad la mejor solución para nuestro país.

-82-

(f) I. Amadeo García Zepeda

V° B°

(f) Ing. Jorge Bendix
Asesor

IMPRIMASE:

(f) Ing. Amando Vides T.
Decano

A N E X O No. 1

COSTOS DE LAS LINEAS ELECTRICAS PARA EL PRESUPUESTO 1965

PRIMERA APROXIMACION

	COSTO UNITARIO			DISTRIBUCION DE COSTOS (prom.)	
7.6 KV	Q. 1 600.00	Km	a)	Conductores y accesorios	28%
13.2 "	" 2 600.00	Km	b)	Postes y cruceros	13%
22 "	" 3 000.00	Km	c)	Aisladores	8%
			d)	Mano de obra	18%
34.5 "	" 4 000.00	Km	e)	Montajes Vehículos y equipos	6%
50 "	" 5 600.00	Km	f)	Administración	6%
69 "	" 7 000.00	Km	g)	Derechos de vía y compras de terreno	7%
			h)	Estudios	2%
			i)	Ingeniería ejecución	6%
			j)	Imprevistos	6%
					100%

A N E X O No. 2

ESTIMACION INDIVIDUAL: Q/Km

	7.6 Kv	132 Kv	22 Kv	34.5 Kv	50 Kv	69 Kv
a) Conductores y accesorios	Q. 400.-	800	1,000	1,200	1,560	2,000
b) Postes y cruceros	" 300.-	350	400	600	730	900
c) Aisladores	" 150.-	210	300	400	450	600
d) Montajes mano de obra	" 250.-	600	600	800	1,000	1,500
e) Montajes vehiculos y equipos	" 80.-	100	100	200	340	340
f) Montajes administración	" 80.-	100	120	300	340	340
g) Derechos de vía y terrenos	" 110.-	150	150	150	400	400
h) Ingeniería estudios	" 30.-	50	50	80	110	110
i) Ingeniería ejecución	" 80.-	100	120	120	340	340
j) Imprevistos	" 100.-	160	180	180	340	400
SUMA EN.....	Q1,580.-	2,620	3,020	4,030	5,610	6,930

A N E X O No. 3

RIO NEGRO

NOMBRE	CAIDA Media en Mts.	CAUDAL - Medio Anual en M ³ /Seg.-	POTENCIA Instalada en KW.	PRODUCCION Anual en M. 10 Kw. H	COSTO
Carrizal	80	30.0	36.000	150	7,200.000
Río Negro	250	37.5	140.000	600	35,000.000
Choxoy	260	45.0	180.000	700	41,400.000
Chamá	60	70.0	60.000	270	13,200.000
Peyan	40	120.0	70.000	300	16,800.000
Salinas	25	160.0	64.000	255	14,720.000
	715		550.000	2 275	128,320.000

A N E X O No. 4

ATITLÁN

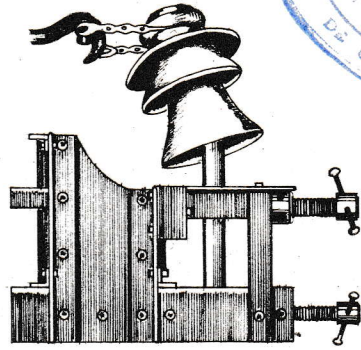
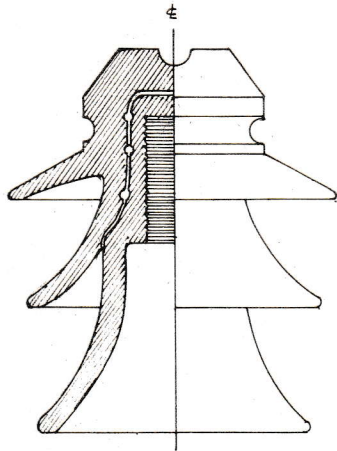
NOMBRE	CAIDA Media en Mts.	CAUDAL Medio Anual en M ³ /Seg.	POTENCIA Instalada en KW	PRODUCCION Anual en M. 10 Kw H	COSTO
Nahualate	620	7.5	85.000	250	15.000.000
Atitlán	860	14.5	300.000	870	60.000.000
La Corona	130	14.5	50.000	170	14.000.000
			435.000	1.290	89.000.000

BIBLIOGRAFIA

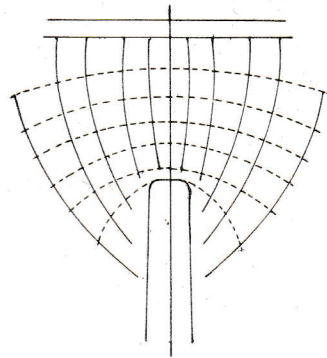
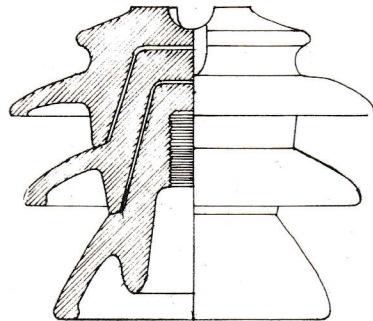
- 1) "MANUAL STANDARD" del INGENIERO ELECTRICISTA
Por: Archer E. Knowlton
TOMO II
Edición 1953 Editorial Labor
- 2) "INSTALACIONES ELECTRICAS"
Por el Ing. Giuseppe Castelfranchi
Editorial Gustavo Gili 1961.
- 3) "AMERICAN ELECTRICIAN'S HANDBOOK"
Por: Terrel Crift.
Mcgraw-Hill Book Company, Inc. 1953.
- 4) "LA ESCUELA DEL TECNICO ELECTRICISTA"
Editorial Labor 1951.
- 5) "MANUAL PARA CONSTRUCCION DE LINEAS Y REDES ELECTRICAS"
Empresa Nacional de Electrificación S. A.
Chile 1950.
- 6) "EL PROBLEMA DE LA ELECTRICIDAD EN GUATEMALA"
Un Problema Nacional. Ministerio de Economía.
Guatemala 1950.
- 7) "LA EMPRESA ELECTRICA Y EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN LA ZONA CENTRAL"
Por: Ing. Jorge Bendix.

- 8) "LA SITUACION DEL DESARROLLO ECONÓMICO SOCIAL DE GUATEMALA"
Secretaría General del Consejo de Planificación Económica. Junio 1965.
- 9) NORMA DIN 57210.
Vorschriften Für den
Bau von Starksfrom-
Freileitungen
- 10) PUBLICACIONES DE LA REA.

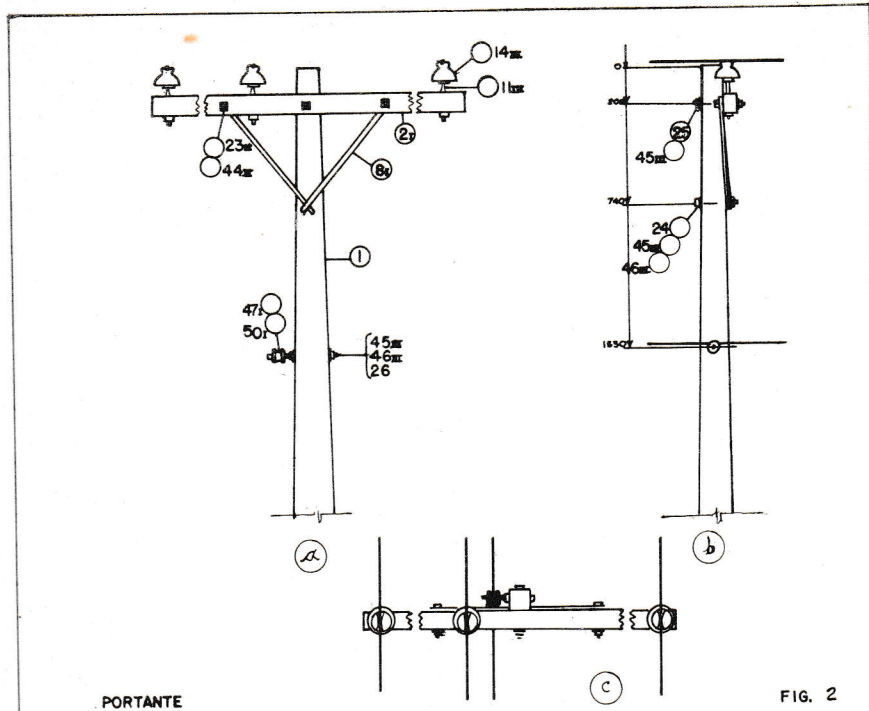
FIG. 1



AISLADOR DELTA "1"

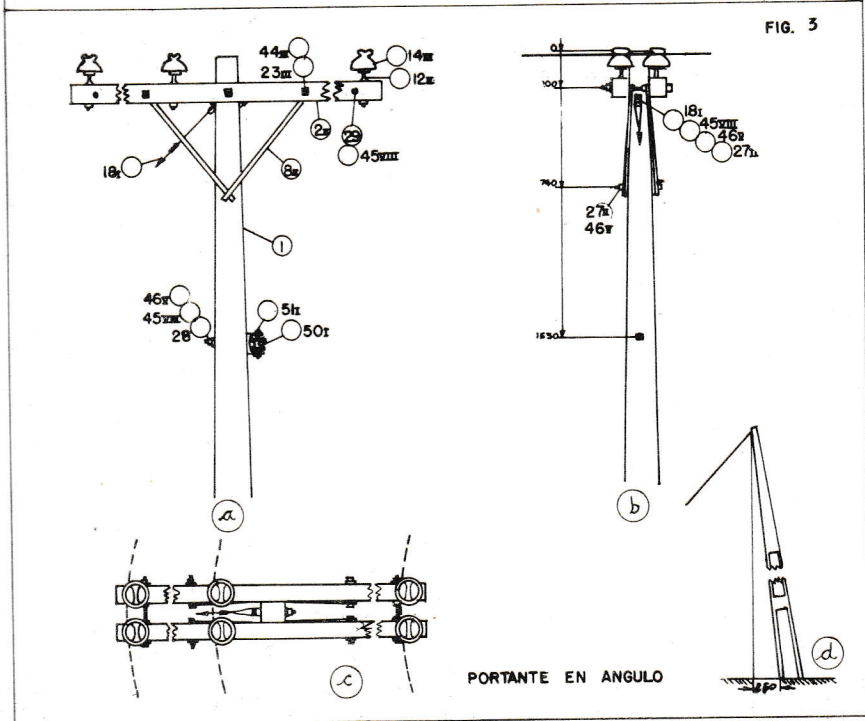


AISLADOR DELTA "2"



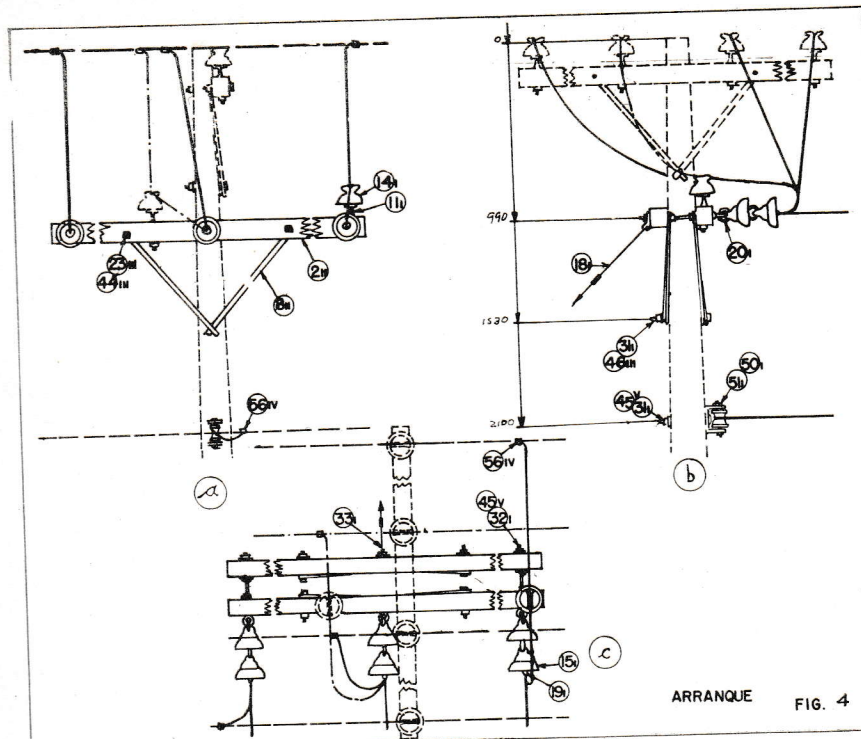
PORTANTE

FIG. 2



PORTANTE EN ANGULO

FIG. 3



ARRANQUE FIG. 4

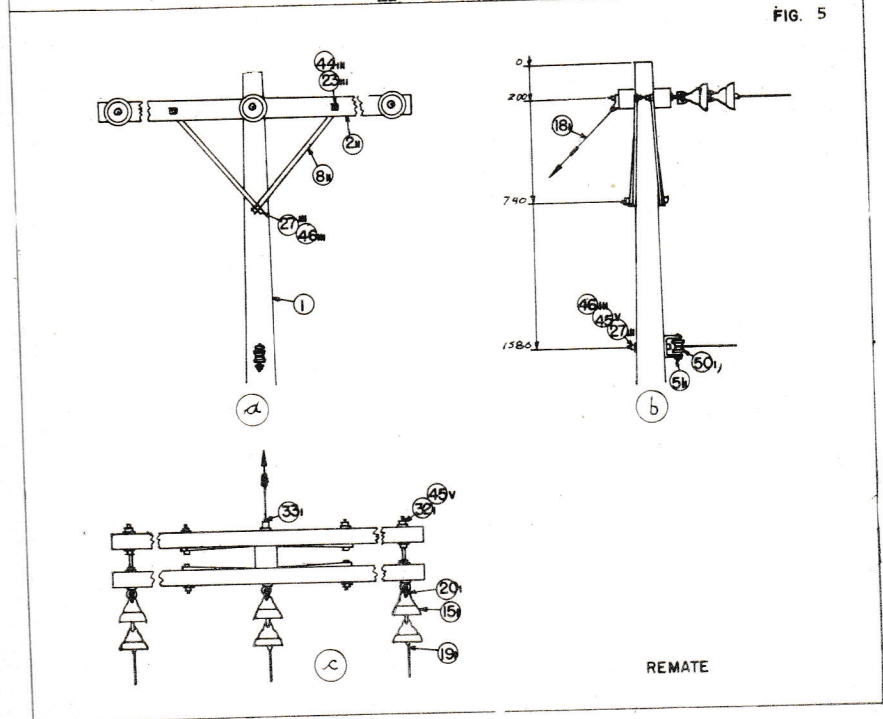
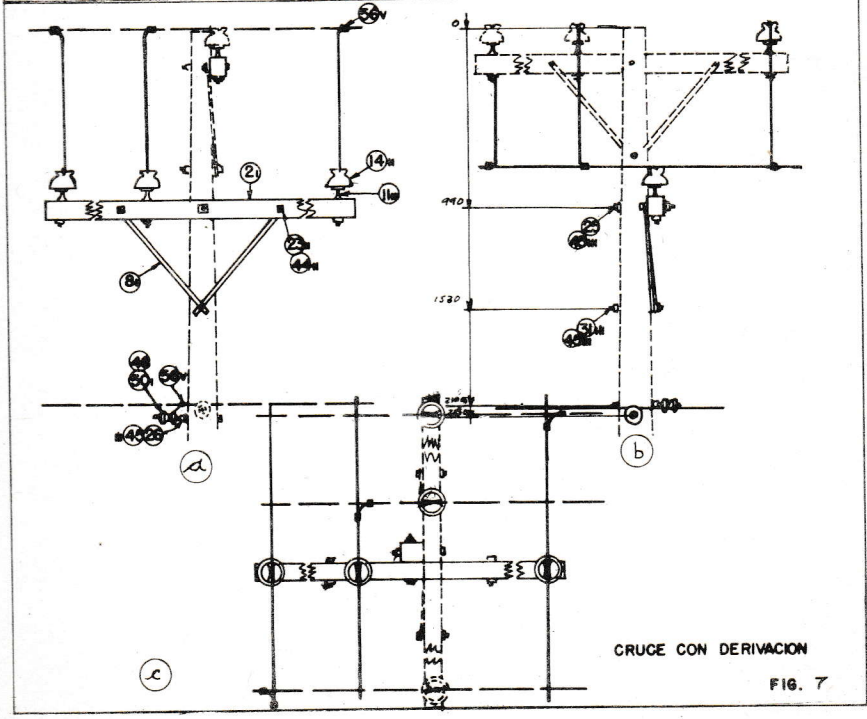
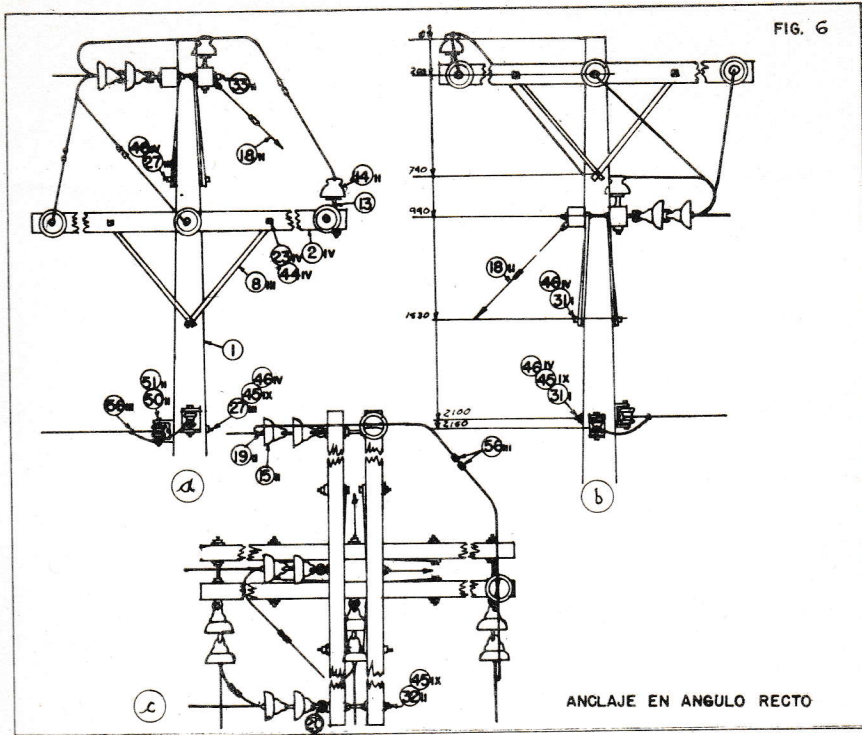
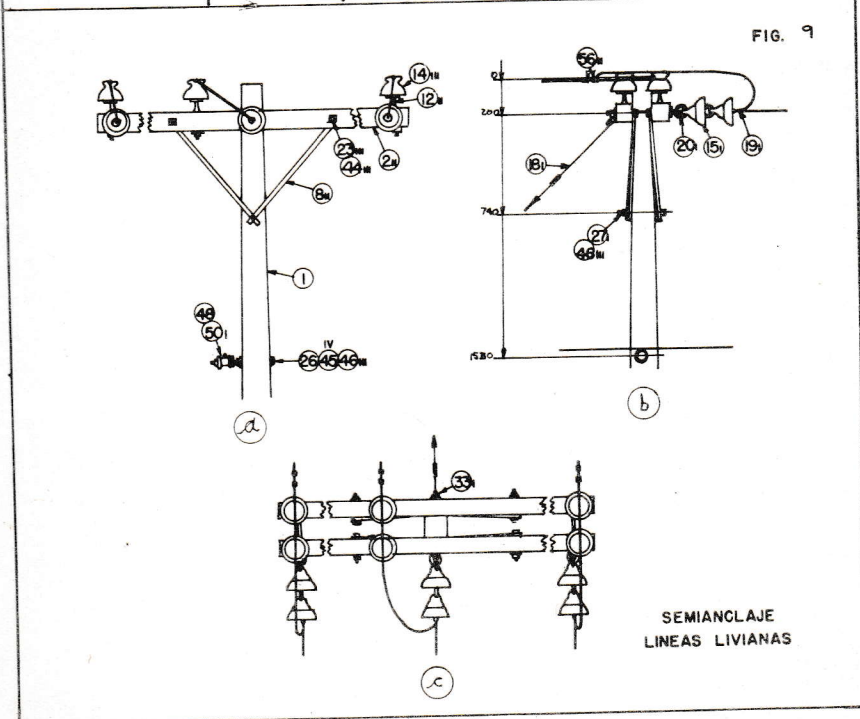
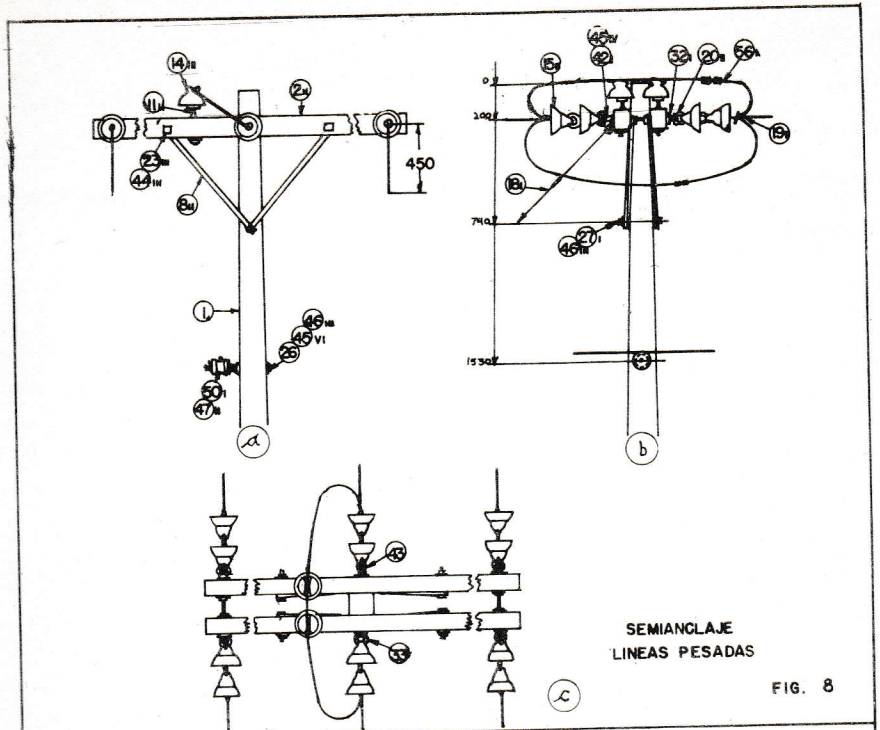
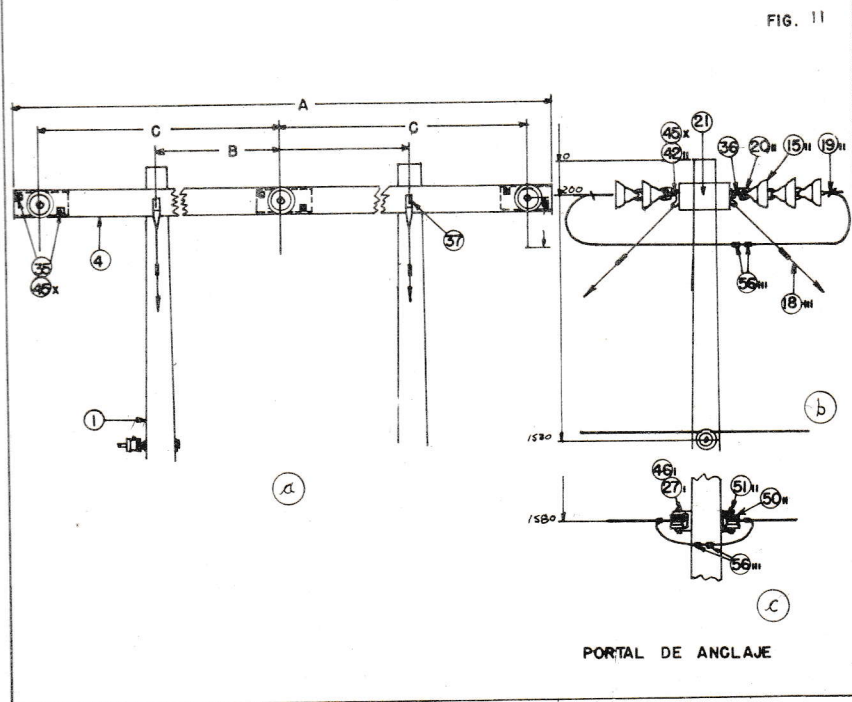
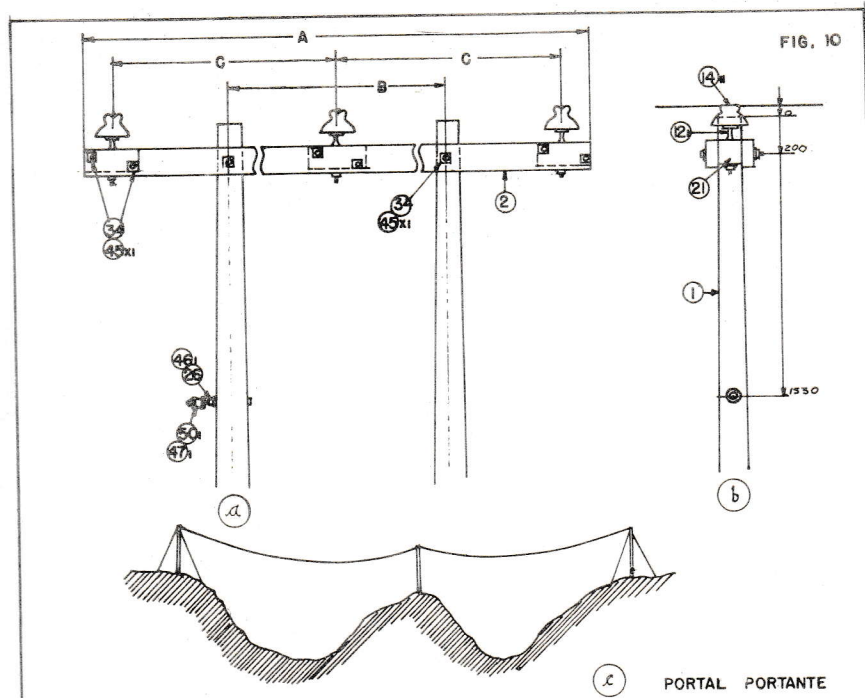


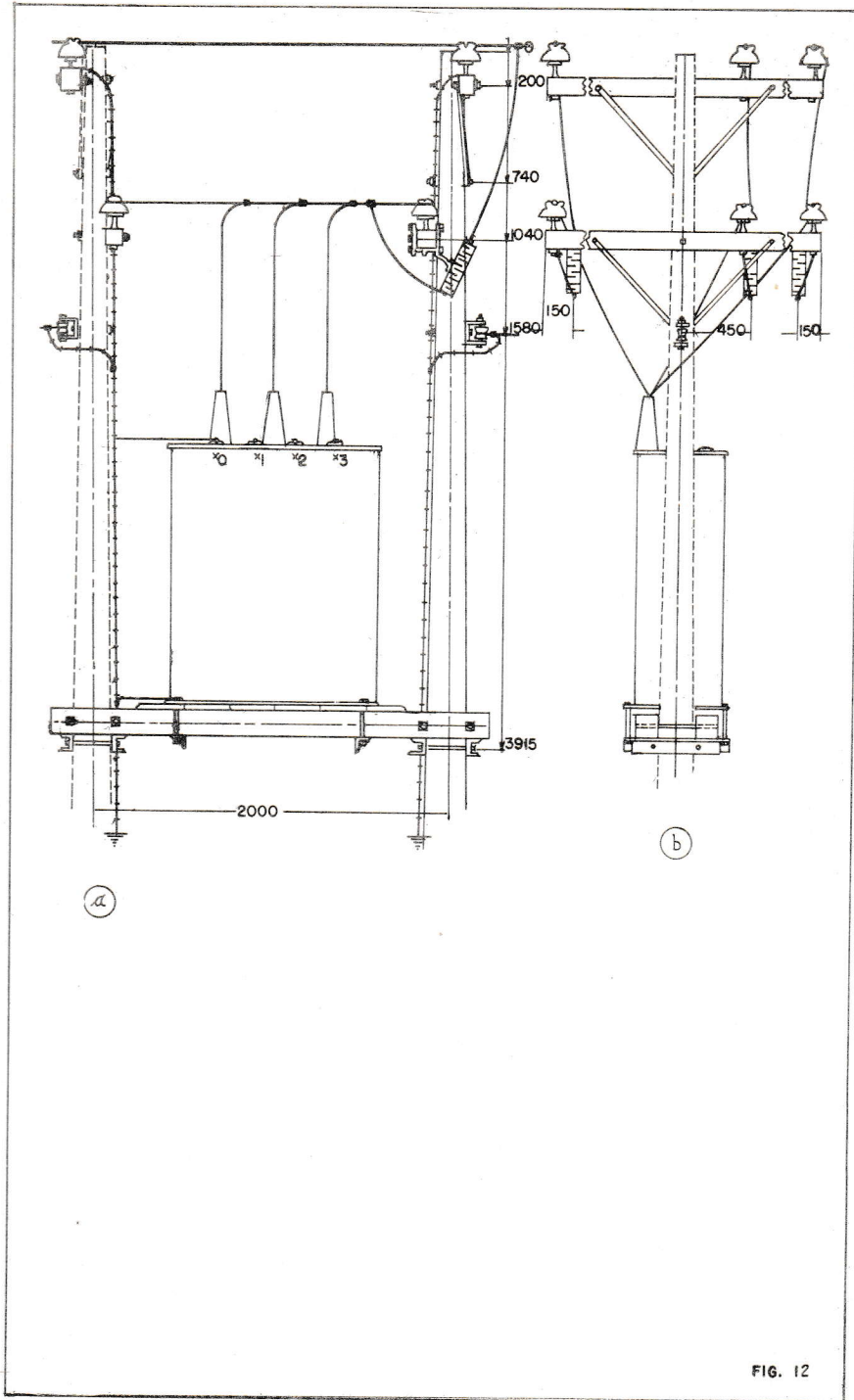
FIG. 5

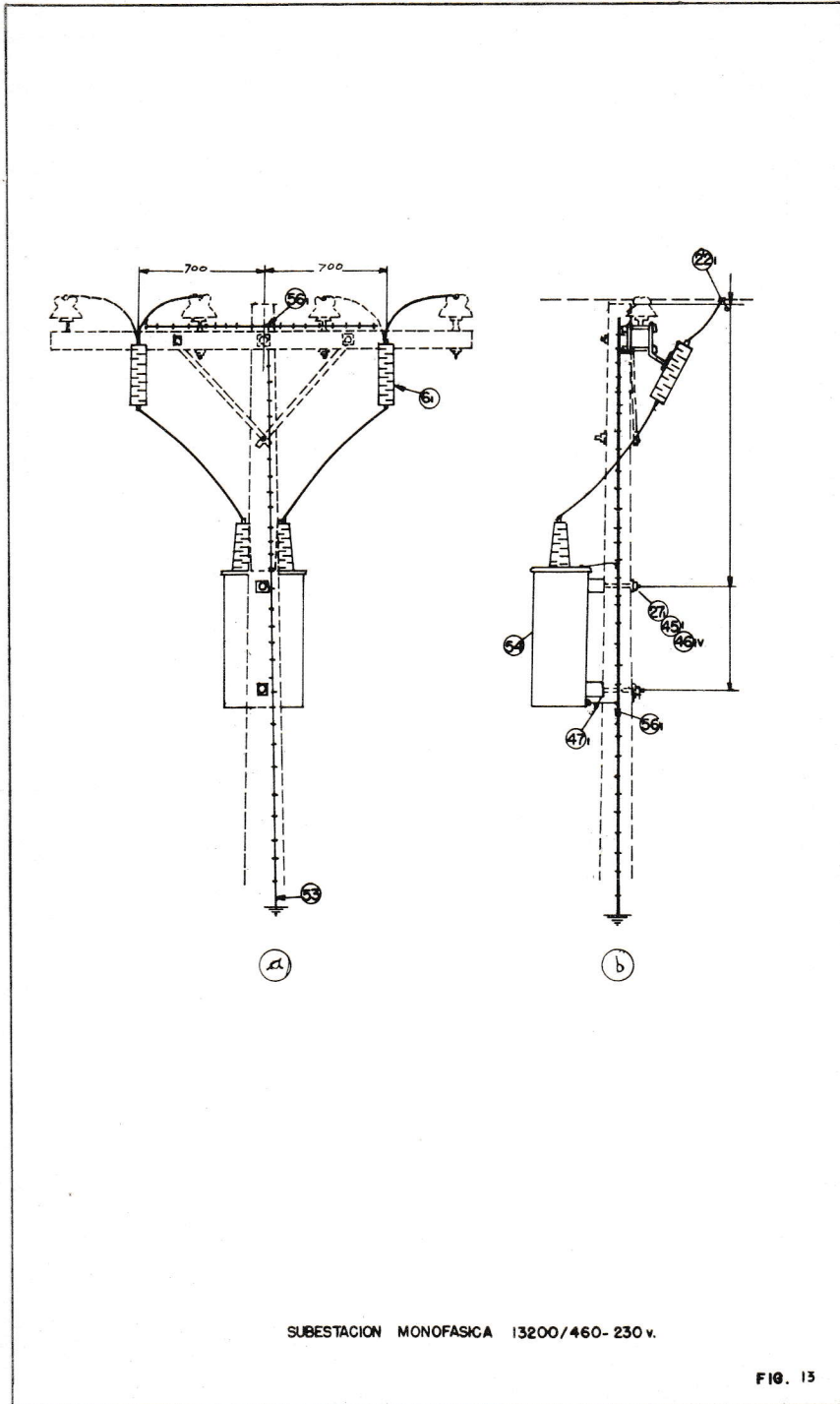
REMATE

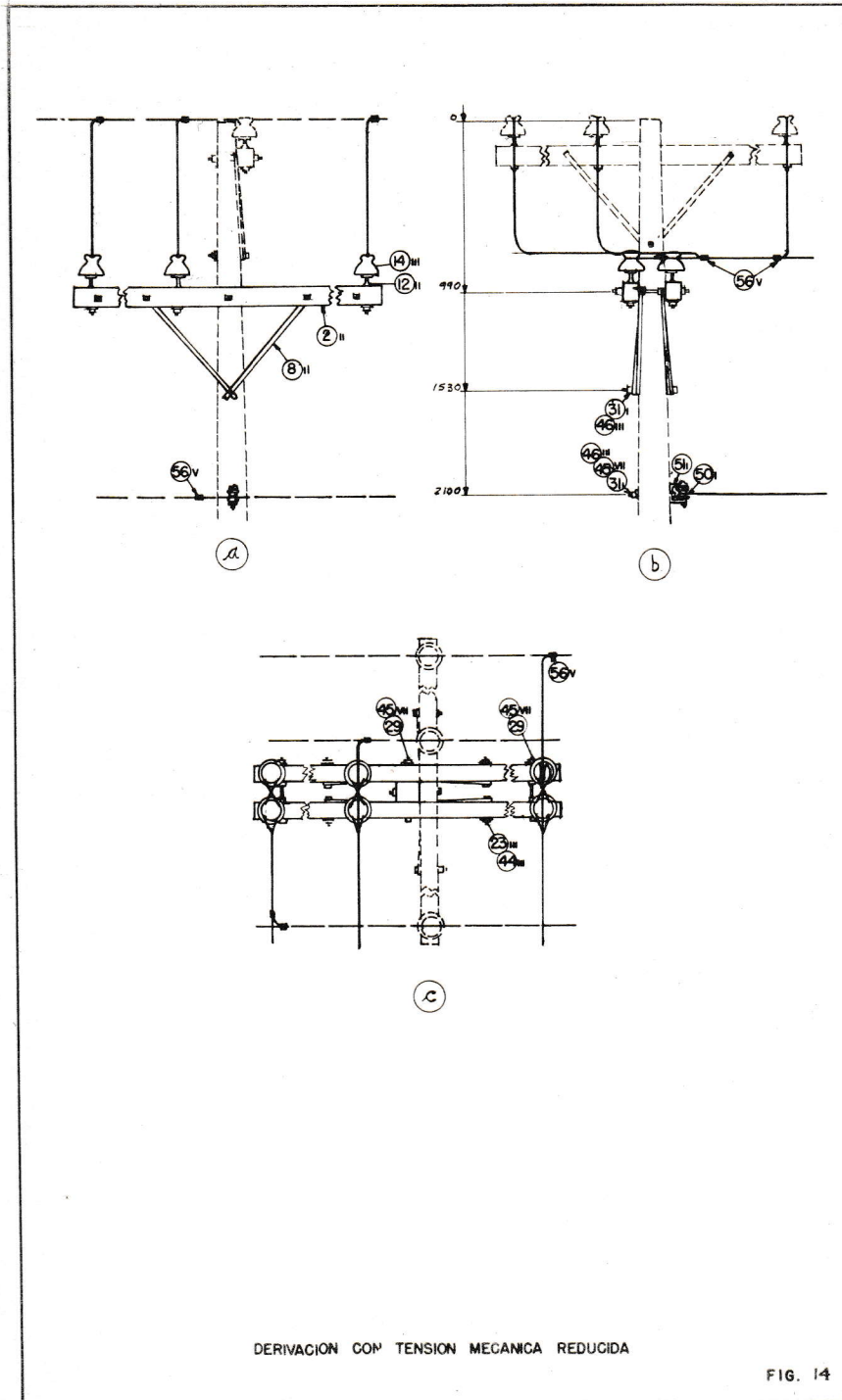






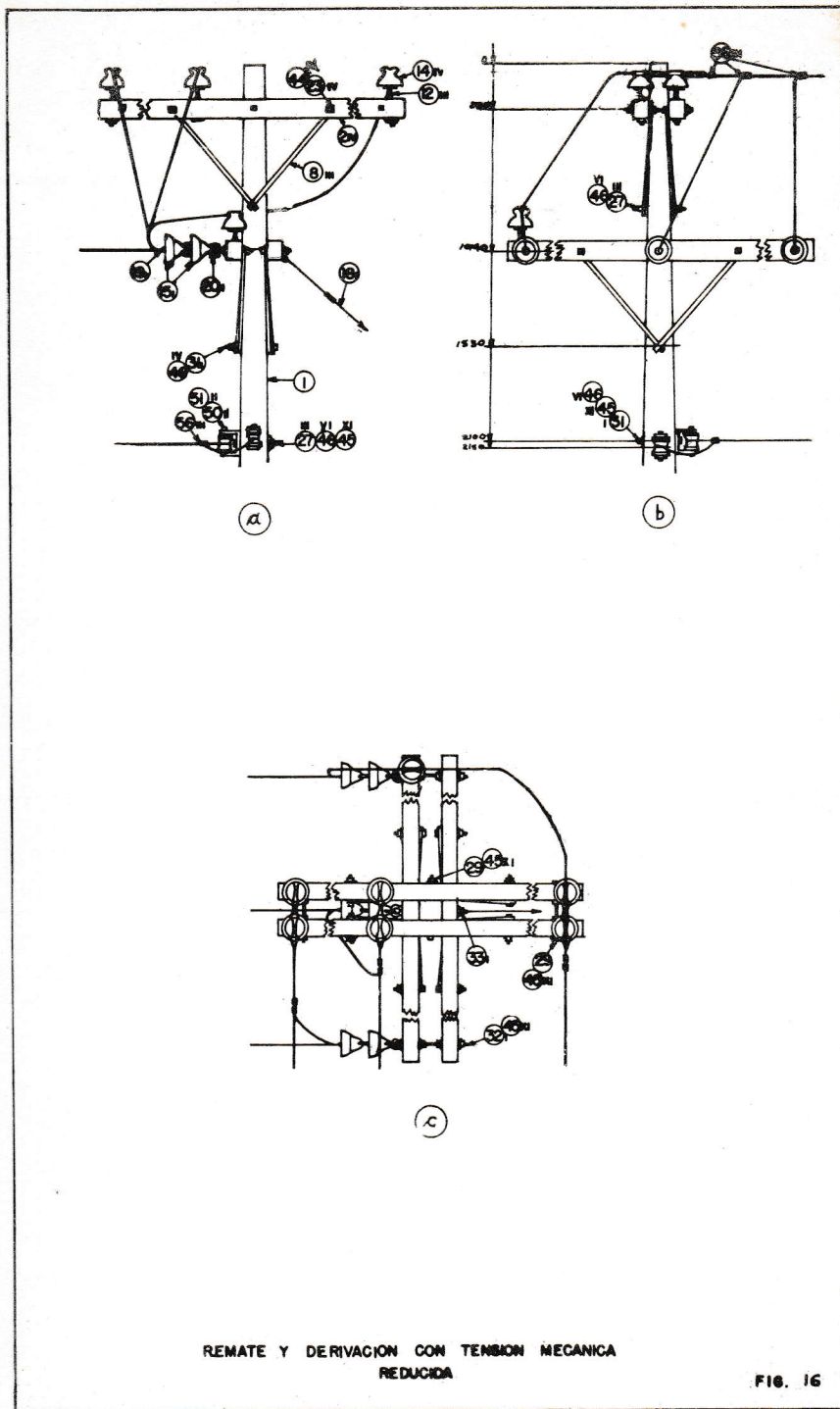


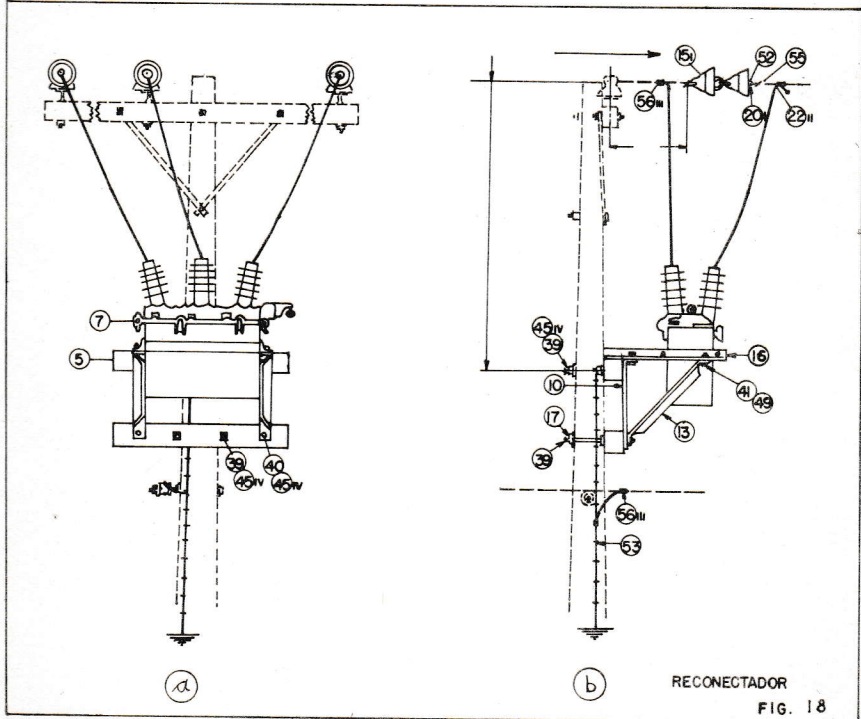
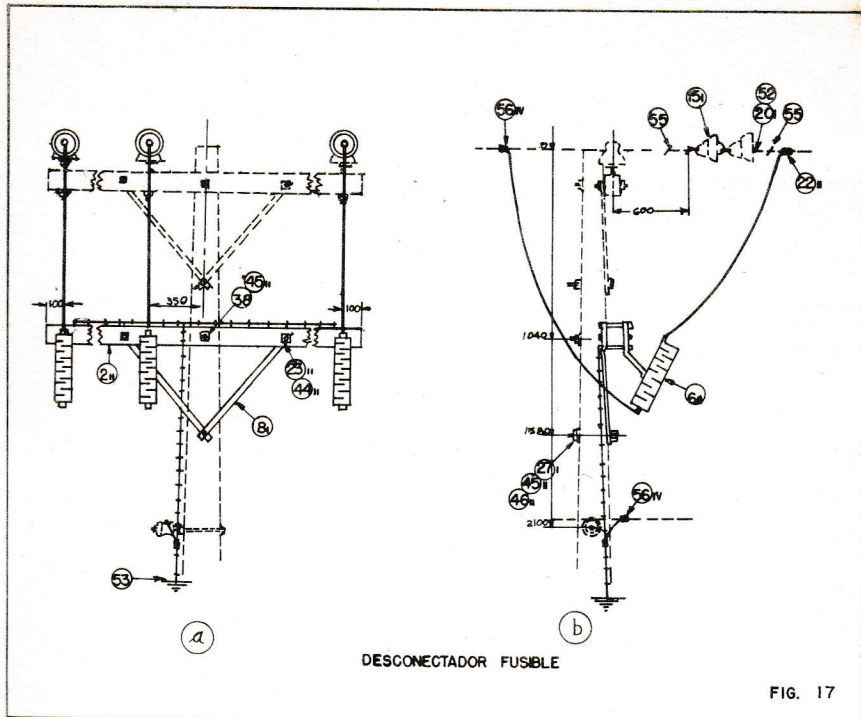


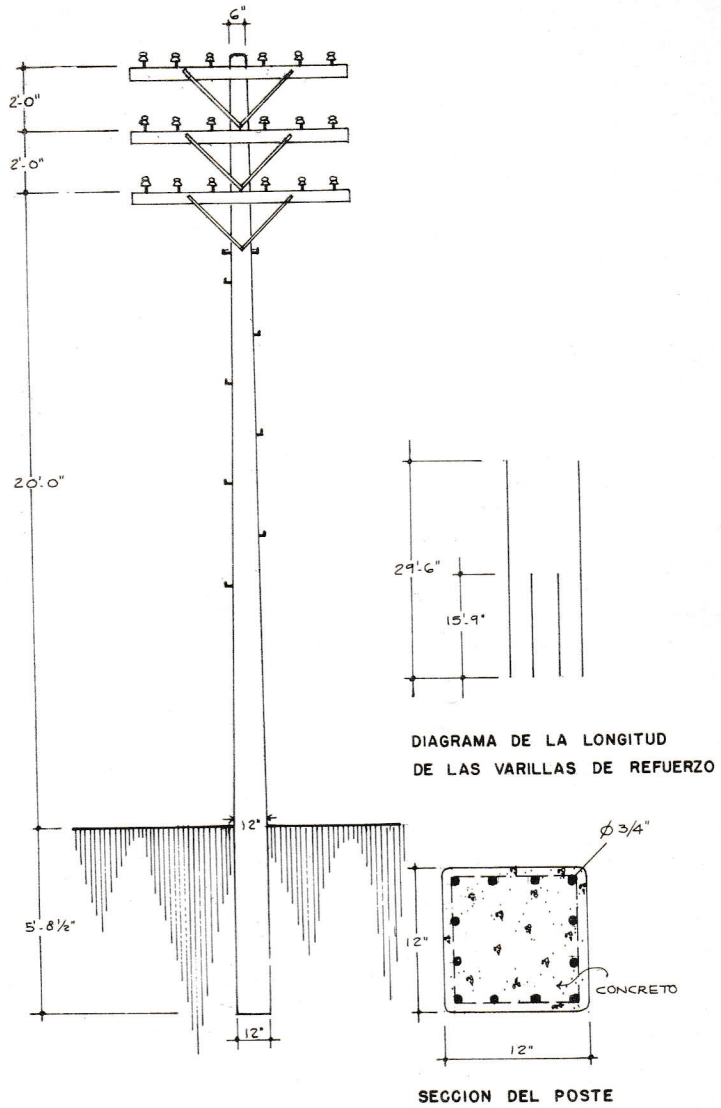


DERIVACION CON TENSION MECANICA REDUCIDA

FIG. 14





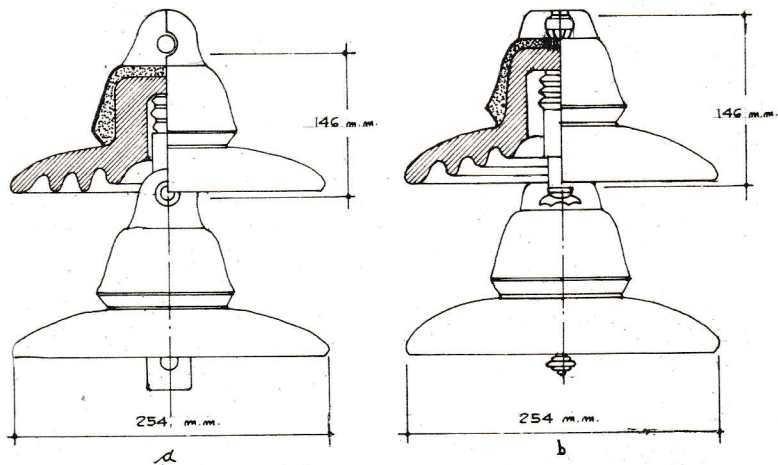


POSTE DE CONCRETO REFORZADO

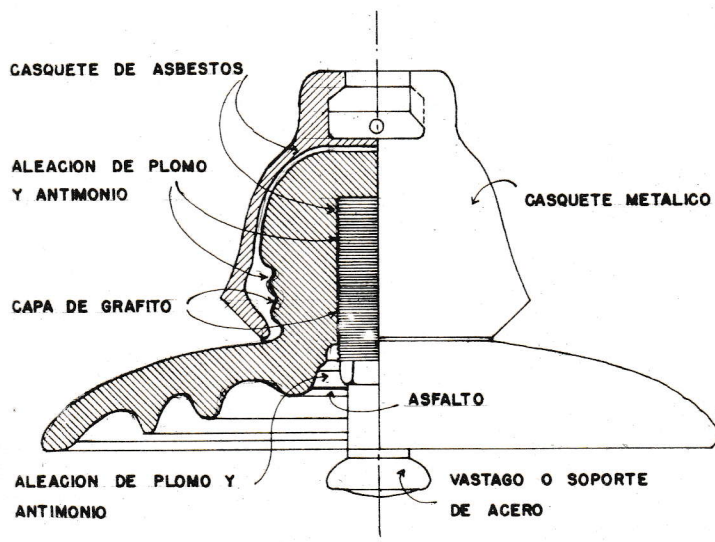
DIAGRAMA DE LA LONGITUD DE LAS VARILLAS DE REFUERZO

SECCION DEL POSTE

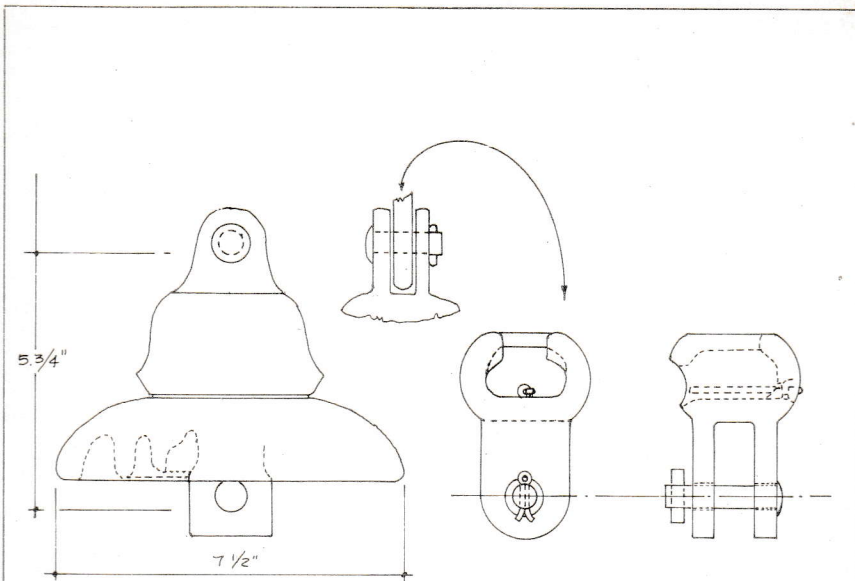
FIG. 19



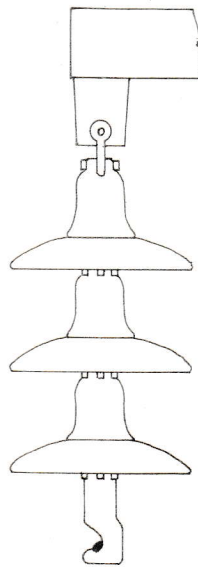
AISLADORES DE SUSPENSION, CEMENTADOS : a: TIPO DE CHARNELA
 b: TIPO DE BOLA O ROTULA FIG. 20



AISLADOR DE SUSPENSION DE PYREX FIG. 21



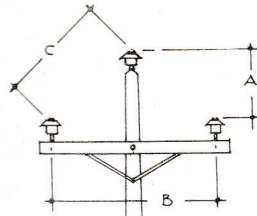
AISLADOR DE SUSPENSION



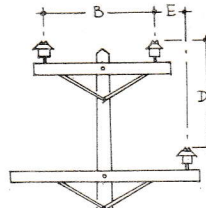
AISLADORES DE SUSPENSION ENSAMBLADOS

SEPARACIONES EN CENTIMETROS

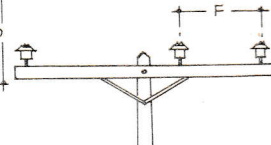
A	B	U	E	F
0.91	1.52	0.76	1.52	0.91
1.02	1.52	0.91	1.52	1.02
1.22	2.13	1.52	1.52	1.52
1.83	2.44	1.83	1.52	—



(a)



(b)



(c)

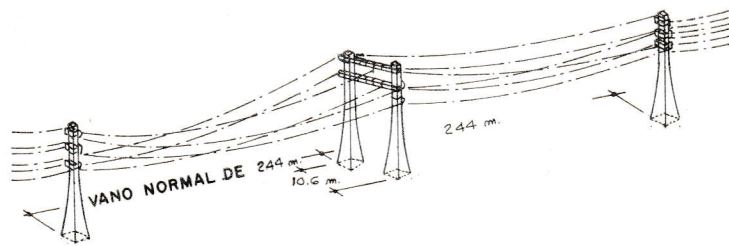
AISLADOR EN EL EXTREMO DEL POSTE

DOS GRUCETAS

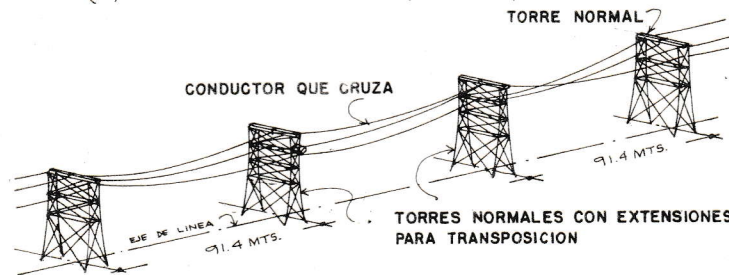
UNA SOLA GRUCETA

SEPARACIONES NORMALES PARA LINEAS CON AISLADORES DE SOPORTE

FIG. 23



(a) TIPO ROTACION DE FASES (DOS VANOS)



(b) TIPO ROTACION DE FASES (TRES VANOS)

FIG. 24

MATERIALES		cantidad = a. neutro c. neutro	
1	Poste de concreto de 11.50 m.	1	1
2i	Cruceta de madera de 3 1/2 x 4 1/2 largo:	2	2
2ii	Cruceta de madera de 3 1/2 x 4 1/2 largo:	4	4
2iv	Cruceta de madera de 3 1/2 x 4 1/2 largo:	1	1
3	Cruceta de madera de 3 1/2 x 4 1/2 largo: 1.80 m.	2	2
4	Cruceta de madera de 3 x 6 largo:	2	2
5	Cruceta de madera de 4 x 4 largo: 0.90- m.	2	2
6i	Desconector fusible	3	3
6ii	Desconector fusible	1	1
7	Reconector trifasico	2	2
8i	Diagonal de Fe Galv. PL. 1 1/4" x 3/16" largo: 0.75 m.	4	4
8ii	Diagonal de Fe Galv. PL. 1 1/4" x 3/16" largo: 0.75 m.	8	8
8iii	Diagonal de Fe Galv. PL. 1 1/4" x 3/16" largo: 0.75 m.	1	1
9	Diagonal de Fe Galv. L. 50x50x5 mm. largo: 1.68 m.	2	2
10	Platina de Fe. Galv. 52x58x5 mm. doblada en angulo recto	1	1
11i	Espiga de Fe. Galv. Ø 5/8" x 125 mm.	2	2
11ii	Espiga de Fe. Galv. Ø 5/8" x 125 mm.	5	3
11iii	Espiga de Fe. Galv. Ø 5/8" x 125 mm.	3	3
12i	Espiga de Fe Galv. Ø 3/4" x 125 mm.	3	3
12ii	Espiga de Fe Galv. Ø 3/4" x 125 mm.	6	6
12iii	Espiga de Fe Galv. Ø 3/4" x 125 mm.	7	7
13	Diagonal de Fe Galv. 50x50x5 mm.	2	2
14i	Aislador de espiga para 13.2 Kv.	1	1
14ii	Aislador de espiga para 13.2 Kv.	3	3
14iii	Aislador de espiga para 13.2 Kv.	6	6
14iv	Aislador de espiga para 13.2 Kv.	7	7
15i	Aislador de disco Ø 6" para 13.2 Kv	6	6
15ii	Aislador de disco Ø 6" para 13.2 Kv.	15	15
16	Vigueta Fe Galv. L. 65x50x5 mm. con platina soldada	2	2
17	Vigueta Fe Galv. L. 40x40x5 mm. x 0.25 m.	1	1
18i	Tirante para poste de concreto	1	1
18ii	Tirante para poste de concreto	2	2
18iii	Tirante para poste de concreto	4	4
19i	Grampa de anclaje para conductor No. 8 a No. 1 AWG	3	3
19ii	Grampa de anclaje para conductor No. 8 a No. 1 AWG	6	6
20i	Grillete de 13mm. con abertura y pasador 7/8"	3	3
20ii	Grillete de 13mm. con abertura y pasador 7/8"	6	6
21	Taco de madera de 4 3/4" x 4 1/2" x 16" para union	3	3
22i	Conector desmontable	2	2
22ii	Conector desmontable	3	3
23i	Perno Fe Galv. de 1/2" x 5" x 3"	1	1
23ii	" " " " 1/2" x 5" x 3"	2	2
23iii	" " " " 1/2" x 5" x 3"	4	4
23iv	" " " " 1/2" x 5" x 3"	8	8
24i	Perno Fe Galv. de 5/8" x 7" x 4"	1	1
25	" " " " 5/8" x 11" x 8"	1	1
26	" " " " 5/8" x 12" x 5" con chaveta	1	1
27i	" " " " 5/8" x 8" x 5"	1	1
27ii	" " " " 5/8" x 8" x 5"	2	2
27iii	" " " " 5/8" x 8" x 5"	1	1
28	Perno Fe Galv. de 5/8" x 9" x 5" de agarre	1	1
29	" " " " 5/8" x 14" x 3" con 3 tuercas	1	1
30	" " " " 5/8" x 11" x 7"	1	1
31i	" " " " 5/8" x 9" x 6"	1	1
31ii	" " " " 5/8" x 9" x 6"	2	2
32i	Perno con ojo de Fe Galv. 5/8" x 15" x 3" con 3 tuercas	2	2
32ii	" " " " 5/8" x 15" x 3" " " "	4	4
33i	" " " " " " 3/4" x 15" x 9"	1	1
33ii	" " " " " " 3/4" x 15" x 9"	2	2
34	Perno Fe Galv. de 5/8" x 13" x 5"	8	8
35	" " " " 5/8" x 13" x 10"	6	6
36	Perno con ojo de Fe Galv. 5/8" x 13" x 3"	3	3
37	Perno Fe Galv. de 3/4" x 14" x 10"	2	2
38	" " " " 5/8" x 11" x 6"	1	1
39	" " " " 5/8" x 11" x 4"	3	3
40	" " " " 5/8" x 6" x 4"	4	4
41	" " " " 1/2" x 1/2" x 1 1/4"	8	8
42i	Tuerca con ojo para perno de 5/8"	2	2
42ii	" " " " " " 5/8"	3	3
43	" " " " " " 3/4"	1	1
44	Golilla cuadrada 40x40x5 mm. Ø 14mm	1	1
44i	" " " " " " " " " "	2	2
44ii	" " " " " " " " " "	4	4
44iii	" " " " " " " " " "	8	8
44iv	" " " " " " " " " "	8	8
45i	" " " " 40x40x5 mm. Ø 18mm	2	2
45ii	" " " " " " " " " "	3	3
45iii	" " " " " " " " " "	3	3

ITEM	MATERIALES	cantidad =	
		s. neutro	c. neutro
45iv	Gollita cuadrada 40x40x5mm. Ø18mm.		
45v	" " " " " " " "	6	6
45vi	" " " " " " " "	6	7
45vii	" " " " " " " "	6	8
45viii	" " " " " " " "	10	11
45ix	" " " " " " " "	11	12
45x	" " " " " " " "	12	14
45xi	" " " " " " " "	15	15
46i	Gollita de presion para perno de 5/8"	16	18
46ii	" " " " " " " "	-	1
46iii	" " " " " " " "	1	1
46iv	" " " " " " " "	1	2
46v	" " " " " " " "	2	2
46vi	" " " " " " " "	2	3
47i	Gollita redonda para perno de 5/8"	2	4
47ii	" " " " " " " "	2	2
48	" " " " " " " " Ø 18 mm.	2	2
49	Gollita de presion para perno Ø 1/2"	-	2
50i	Aislador de carretilla de 3" y Ø 19mm.	8	8
50ii	" " " " " " " "	-	1
51i	Soporte l via para aislador de carretilla de 3"	-	2
51ii	" " " " " " " "	-	1
52	Guardacabo para cable Ø 3/8"	-	2
53	Tomatierra para poste de concreto	6	6
54	Transformador monofasico 13200/460-230 v.	-	1
55	Union doble tubo, dimension segun seccion conductor	12	12
56i	Conector de bronce para conductor No. 8 a No. 1 AWG	-	2
56ii	" " " " " " " "	6	6
56iii	" " " " " " " "	6	8
56iv	" " " " " " " "	6	7
56v	" " " " " " " "	12	14

Editorial "PAPELERA FUENTES"
Frente Parque Morazán Zona 2
Teléfono 28301