

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Diseño Mecánico de Redes Telefónicas Aéreas, Aplicable a la Compañía Peruana de Teléfonos S. A.

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

BLAS ENRIQUE SAAVEDRA FARFAN

PROMOCION: 1985 - I

LIMA • PERU • 1990

EXTRACTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECANICO-ELECTRICISTA

TITULO: "DISEÑO MECANICO DE REDES TELEFONICAS AEREAS,
APLICABLE A LA C.F.T. S.A."

AUTOR: BLAS ENRIQUE SAAVEDRA FARFAN

LIMA - 1990

.....

El objetivo principal del tema es establecer un procedimiento práctico con fundamento teórico, que sirva al propósito del Diseño de Redes Telefónicas Aéreas en el ámbito de concesión de la Compañía Peruana de Teléfonos S.A. (C.F.T.S.A.), en lo referente a condiciones de tendido de cables (tensiones y flechas), dimensionamiento de postes así como también de anclajes; tratando básicamente de optimizar el uso de estos elementos habitualmente utilizados.

El método utilizado parte del procedimiento clásico de cálculo en líneas aéreas: Primero, cálculo en cables

(haciendo uso de la ecuación de cambio de estado), luego en postes y finalmente en anclajes.

A lo largo de los cálculos, muchos de ellos son repetitivos y un tanto engorrosos, esto por el proceso iterativo de cálculo. Por lo que ha sido necesario pre-calcularlos, evitando así el tener que realizarlos continuamente; elaborándose para los casos habituales, las tablas y gráficos con los resultados respectivos.

Este método se ha consolidado en una "secuencia de cálculo simplificado", en la que se indican los pasos a seguir y las tablas a consultar, de fácil utilización, tanto por los ingenieros y técnicos encargados del diseño.

Asimismo, el uso adecuado de los criterios condiciones de diseño, complementados con la amplia experiencia práctica de los especialistas encargados del tendido de cables, nos da como resultado tensiones balanceadas en los cables y selección apropiada de anclajes; evitándose así deformaciones anormales en postes que dan una apariencia de gran inseguridad. Esto redundará en ahorro de costos de instalación y mantenimiento y a la vez un plantel aéreo seguro y de impecable presentación.

INDICE

	Pág.
CAPITULO 1: INTRODUCCION	1
CAPITULO 2: CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE REDES TELEFONICAS AEREAS	
2.1 Definiciones Basicas	8
2.2 Estructuras de la Planta Telefónica	12
2.3 Clasificación de la Planta Externa	22
2.4 Simbología y Nomenclatura	28
2.5 Planos	34
CAPITULO 3: CALCULO MECANICO EN EL DISEÑO DE REDES TELEFONICAS AEREAS	
3.1 Generalidades	48
3.2 Secuencia de Cálculo	49
CAPITULO 4: ANALISIS DEL COMFORTAMIENTO DE UN CABLE TENDIDO ENTRE 2 PUNTOS	
4.1 Generalidades	52
4.2 Análisis de la curva Real	52
4.2.1 Condiciones de Instalación	52
4.2.2 Ecuación General de la Curva	52

	Pág.
4.2.3 Longitud Real del Cable Tendido	57
4.2.4 Flecha Real	57
4.3 Análisis de la Curva Aproximada	58
4.3.1 Ecuación General Aproximada	58
4.3.2 Longitud Aproximada de cable Tendido	59
4.3.3 Flecha Aproximada	60
CAPITULO 5: CALCULO JUSTIFICATIVO EN CABLES	
5.1 Características de Cables utilizados	62
5.2 Ecuación de Cambio de Estado, Parametros	70
5.3 Hipótesis de Cálculo	75
5.4 Cálculo de Esfuerzos, Flechas y Longitud de Cable - Tablas	77
5.5 Consideraciones en Cables devanados - Tablas y Gráficas	98
5.6 Consideraciones en Tramos Flojos - Tablas	107
CAPITULO 6: SELECCION DE POSTES	
6.1 Material del Poste	115
6.2 Longitud del Poste	117
6.3 Cálculo de Esfuerzos Actuales	121
CAPITULO 7: CALCULO DE ANCLAJE	
7.1 Cálculo de Ancias Normales - Tablas	142
7.2 Cálculo de Ancias Verticales - Tablas	146
7.3 Postes en Anqulo - Tablas	149
7.4 Postes Finales sin Anclaje - Tablas	150

CAPITULO 8: DISEÑO MECANICO DE REDES	
TELEFONICAS AEREAS - APLICACION	
8.1 Consideraciones	151
8.2 Procedimiento de Diseño	154
8.3 Ejemplo Aplicativo	164
8.4 Presentacion de Resultados - Simbologia y Nomenclatura Especial	169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	177
PLANOS	179

RELACION DE TABLAS

<u>Número</u>	<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Tabla 1 :	Dimensiones y pesos nominales de cable FEAT-8 (Autosoportado)	67
Tabla 2 :	Dimensiones y pesos nominales de cable FEAT (Cilindrico devanado)	68
Tabla 3 :	Requisitos de cables de acero para mensajero	69
Tabla 4 :	Uso de mensajero Ø4.76 mm	69
Tabla 5 :	Uso de mensajero Ø6.35 mm	69
Tabla 6 :	Características de cables autosoportados mas usados	78
Tabla 7 :	Características de cables cilindrico mas usados	78
Tabla 8 :	Características de cable mensajero	79
Tabla 9 :	Características de alambre para devanar	79
Tabla 10:	Características de cable cilindrico devanado	79
Tabla 11:	Temperaturas y velocidad de viento, según SENAMHI	89
Tabla 12:	Vanos ideales en tramos anclados, características de instalación	96-97
Tabla 13:	Tensión y flecha iniciales del mensajero para cable aereo devanado	100

<u>Número</u>	<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Tabla 14:	Longitudes máximas de Tramos Flojos	113
Tabla 15:	Tramos Flojos, características de instalación	114
Tabla 16:	Distancias mínimas al terreno	119
Tabla 17:	Distancias mínimas a estructuras	119
Tabla 18:	Profundidad de cimentación	120
Tabla 19:	Requerimiento de longitud de poste	121
Tabla 20:	Características de postes usados por C.F.T. S.A.	124
Tabla 21:	Altura de poste expuesta al viento	128
Tabla 22:	Diametro de empotramiento	129
Tabla 23:	Punto de aplicación de fuerza del viento sobre el poste; "Z"	129
Tabla 24:	Fuerza del viento sobre el poste	130
Tabla 25:	Vanos ideales en tramos no anclados, características	135
Tabla 26:	Tensiones actuantes en postes en ángulo	139-140
Tabla 27:	Tensión a compensar por ancla normal	146
Tabla 28:	Tensión a compensar por ancla vertical	149
Tabla 29:	Ángulos admisibles de anclaje en postes en ángulo	150

<u>Numero</u>	<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Tabla 30:	Tensiones admisibles de anclaje en postes en ángulo	150
Tabla 31:	Vanos máximos admisibles en tramos no anclados	151
Tabla 32:	Vanos máximos admisibles en tramos anclados	151
Tabla 33:	Determinación del ángulo de desviación del tramo	141
Tabla 34:	Tabla de templado de cables	171

RELACION DE FIGURAS

<u>Número</u>	<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Fig. 1.1	Area de influencia C.F.T. S.A.	7
Fig. 2.1	División de la planta telefonica	15
Fig. 2.2	División de la Planta Externa	17
Fig. 2.3	Conformación de Red Local	19
Fig. 2.4	Esquema de Conexión Central-Abonado	21
Fig. 2.5	Tamaños de Planos	35
Fig. 3.1	Instalación de cable aéreo	39
Fig. 3.2	Fijación de cable autosoportado en poste intermedio	40
Fig. 3.3	Fijación de cable cilindrico en poste intermedio	41
Fig. 3.4	Fijación de cable aéreo en poste en anulo-anclado	42
Fig. 3.5	Fijación de cable aéreo en poste inicial o final-anclado	43
Fig. 3.6	Tramo flojo	44
Fig. 3.7	Ancia normal	45
Fig. 3.8	Ancia normal con doble ristra en "V"	46
Fig. 3.9	Ancia Vertical	47
Fig. 3.10	Diagramá de bloques de secuencia de diseño	50
Fig. 3.11	Diagrama de flujo de secuencia de cálculo	51

<u>Numero</u>	<u>Descripcion</u>	<u>Fig.</u>
Fig. 4.1	Cable tendido entre 2 puntos	53
Fig. 4.2	Análisis en un tramo de cable	53
Fig. 4.3	Representacion vectorial de fuerzas actuantes en el cable	54
Fig. 4.4	Longitud de cable tendido	57
Fig. 4.5	Flecha real	58
Fig. 5.1	Cable autosoportado	64
Fig. 5.2	Cable cilindrico	65
Fig. 5.3	Tensión inicial vs tension final del cable mensajero para cable aéreo devanado-20 pares	101
Fig. 5.4	Tensión inicial vs tensión final del cable mensajero para cable aéreo devanado-50 pares	102
Fig. 5.5	Tensión inicial vs tensión final del cable mensajero para cable aéreo devanado-100 pares	103
Fig. 5.6	Tensión inicial vs tension final del cable mensajero para cable aéreo devanado-200 pares	104
Fig. 5.7	Tensión inicial vs tensión final del cable mensajero para cable aéreo devanado-300 pares (300-600 kg)	105
Fig. 5.8	Tensión inicial vs tensión final del cable mensajero para cable aéreo devanado-300 pares (600-900 kg)	106

Numero	<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Fig. 5.9	Tramo Flojo	108
Fig. 6.1	Esfuerzos actuantes en un poste	122
Fig. 6.2	Usos de postes	123
Fig. 6.3	Poste de concreto usado por C.P.T.S.A. (9.0 m. de longitud)	125
Fig. 6.4	Poste de concreto usado por C.P.T.S.A. (11.0 m. de longitud)	126
Fig. 8.1	Secuencia simplificada de cálculo	153

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Actualmente, en el Perú la explotación del servicio telefónico está a cargo de dos empresas, la Compañía Peruana de Teléfonos (C.P.T. S.A.) y la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Entel Perú S.A.); cada una de ellas en áreas geográficas claramente definidas. En el caso de C.P.T. S.A., de acuerdo al contrato de concesión suscrito con el estado, su área de concesión está enmarcada dentro de la provincia de Lima y del Callao; cuyos límites son: por el Norte, Ancón; por el Sur, Conchán; por el Este, Ricardo Palma (Chosica) y por el Oeste, el Océano Pacífico; tal como se muestra en la Fig. 1.1. Siendo, por lo tanto, la jurisdicción de Entel Perú S.A. el resto del país sin incluir el área antes señalada.

Una de las funciones esenciales de la telefonía es establecer una vía de comunicación entre dos usuarios cualesquiera, la cual para hacerse posible requiere de 3

elementos principales: el aparato telefonico, la central telefonica y las lineas de transmisi3n; este 3ltimo elemento requiere de medios de soporte y protecci3n que de acuerdo a la clasificaci3n pueden ser redes subterr3neas o aereas; las del tipo a3reas necesitan fundamentalmente de postes, anclas y cables a3reo.

Se puede se1alar que la red telefonica de la C.F.T. S.A. contaba aproximadamente con 240,000 lineas, antes del plan de expansi3n, actualmente cuenta con 320,000 lineas, cantidad que aumentar3 a 390,000 una vez concluido el plan referido.

Considerando solamente el 3ltimo plan de expansi3n, se ha contemplado la instalaci3n aproximada de 28,000 postes, 12,000 anclas y 1,000 Km de cable a3reo, cuyo costo unitario promedio es 1/.8'000,000, 1/.1'500,000 y 1/.250'000,000 respectivamente; lo cual da por resultado una cantidad que bordea el 10% de la inversi3n total del proyecto mencionado, cuyo monto asciende a 324.8 millones de d3lares americanos.

Como vemos, la magnitud de inversi3n justifica el realizar un estudio t3cnico donde se optimice la utilizaci3n de estos elementos en el dise1o de redes telef3nicas a3reas y complemente o refuerce los procedimientos actualmente utilizados; toda vez que ya se habla de un nuevo plan de expansi3n donde se podria volcar totalmente los conceptos desarrollados.

El propósito principal de esta tesis es presentar los aspectos concernientes al diseño mecánico de redes telefónicas aéreas pertenecientes a la C.F.T.S.A., es decir, desarrollar un procedimiento de cálculo que sea útil a los ingenieros y técnicos de la compañía en el diseño de redes aéreas dentro de su área de concesión; referente a condiciones de tendido de cables (tensión y flecha), así como también la ubicación óptima de postes y anclas.

Para tal propósito ha sido necesario considerar 2 aspectos fundamentales:

- Formación de una base teórica que permita fundamentar los procedimientos de cálculo empleados, a fin de posibilitar una posterior ampliación o una aplicación especial si las condiciones requieran.
- Elaboración de gráficas y tablas de templado de cables que se requieren para su instalación.

Es conveniente señalar, actualmente, tanto en el diseño como en el proceso constructivo de redes (en C.F.T. S.A.), la ubicación de postes, anclas, colocación de ríostros y tendido de cables, obedecen la experiencia práctica del personal encargado; siendo necesaria una sustentación técnica del proceso, es decir, los cálculos justificativos de diseño en los elementos de la red, antes señalados, que complementen o refuercen los procedimientos utilizados.

Así mismo, el uso adecuado de los criterios y condiciones de diseño a desarrollarse, completados con la amplia experiencia práctica de los técnicos especialistas en tendido de cables, nos dará como resultado esfuerzos balanceados en tramos de cables; así como también la selección y ubicación apropiada de anclajes y postes. Evitándose así deformaciones anormales en postes, debido a la absorción innecesaria de esfuerzos desbalanceados, de apariencia insegura.

Esto redundará en ahorro de costos de instalación y mantenimiento y a la vez un plantel aéreo seguro y de impecable presentación.

Para cumplir los objetivos planteados, el desarrollo del tema ha sido dividido en 12 capítulos; según se indica en la tabla de contenido. El primer capítulo es la introducción. En el segundo capítulo se tratan los diferentes conceptos propios de la telefonía, así como también, los formatos, simbología y nomenclatura que actualmente se utiliza en C.F.T. S.A.

El tercer capítulo muestra la secuencia de cálculo a efectuarse en el diseño de redes aéreas; la cual se inicia por el análisis del cable tendido entre 2 puntos, seguido del cálculo justificativo en cables, selección de postes y cálculo de anclaje. Los capítulos, del 4to al 7mo, tratan por separado cada uno de estos puntos respectivamente.

El capítulo 8 es la aplicación de todo el análisis y cálculos antes realizados: para este propósito se ha tomado un área menor dentro del área de influencia de la oficina central "Monterrico", ubicada en la Urb. Sta. Patricia, 2da Etapa, Distrito de La Molina. Se plantea el procedimiento típico a seguirse en el diseño mecánico de redes telefónicas de cualquier zona, dentro del área de concesión de la C.F.T. S.A., que se desea diseñar; indicándose también el uso adecuado de las tablas y gráficas elaboradas en los capítulos anteriores.

El noveno capítulo es donde transcribimos todas las conclusiones de los diversos aspectos tratados en la tesis y servirán para reforzar o aclarar criterios pre-establecidos.

La Bibliografía, Apéndice y Planos están encuadrados de acuerdo a las indicaciones especificadas por la Universidad.

El desarrollo del tema está limitado por los siguientes aspectos: en lo geográfico, al área de concesión de la C.F.T. S.A.; en cuanto a cables, dos tipos, cable autoportado y cilíndrico devanado; en las capacidades de 20, 50, 100, 200 y 300 pares; el uso de los diferentes tipos de postes ha sido reducido a postes de concreto de 9 y 11 m y las anclas ha utilizarse son de dos tipos, normal y vertical. Las consideraciones se indican en el desarrollo de los capítulos respectivos: y

por último el marco de aplicación de estos conceptos es la Compañía Peruana de Teléfonos S.A.

Es importante señalar que los aspectos técnicos y económicos obedecen a las disposiciones nacionales e internacionales existentes sobre la materia; principalmente el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía, el Código Nacional de Electricidad del Perú y las normas existentes en la C.P.T. S.A. e ITINTEC.

Agradezco a la Compañía Peruana de Teléfonos S.A., en especial al personal de los Departamentos de Ingeniería y Normas, por la invaluable colaboración e información proporcionadas. Asimismo, a la Universidad Nacional de Ingeniería, profesores compañeros de estudio, de quienes viviré eternamente agradecido por la cantidad inmensurable de conocimientos que me supieron transmitir, especialmente al Ing. Carlos Huayllasco Montalva por la acertada y oportuna asesoría.

AREA DE INFLUENCIA CPTSA PLANO DISTRICTAL

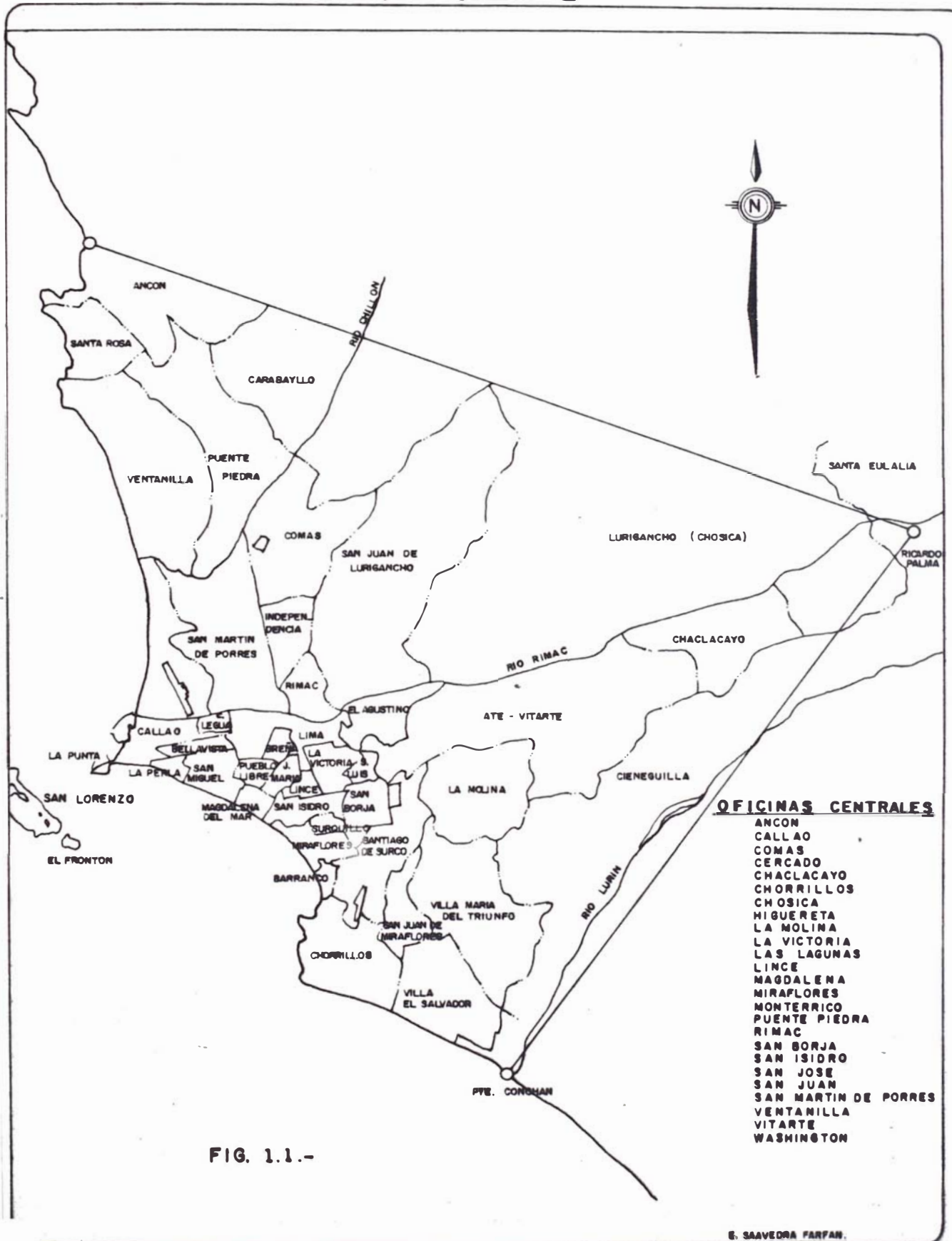


FIG. 1.1.-

CAPITULO

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE REDES TELEFONICAS AEREAS

2.1 Definiciones Básicas

Las siguientes definiciones son establecidas en:

"Ley General de Telecomunicaciones" DL. 19020

"Planificación de Redes Locales" C.C.I.T.T.

UIT

- "Redes Telefonicas" C.F.T.S.A.

"Diseño de Redes de Abonado" INICTEL

Documentos que rigen en gran parte el desarrollo de la telefonía en la Compañía Peruana de Teléfonos.

Telecomunicaciones

Transmisión o recepción a distancia de signos, señales, escritura, imágenes, sonidos o información de cualquier

naturaleza por medio de líneas físicas u ondas electromagnéticas.

Servicio de Telecomunicaciones

Actividad desarrollada bajo responsabilidad de una persona natural o jurídica, para posibilitar y ofrecer una modalidad específica de telecomunicaciones.

Servicio Público de Telecomunicaciones

El que está a disposición del público en general y que se caracteriza porque ofrece facilidades de telecomunicaciones a cambio del pago de tarifas.

Se considera públicos a los servicios telefónico, telegráfico, telex y cualquier otro que se pueda establecer con las mismas características.

Servicio Privado de Telecomunicaciones

El que no esté a disposición del público en general y que se caracteriza porque es de uso exclusivo de personas naturales y/o jurídicas debidamente autorizadas.

El Servicio Telefónico

El destinado a la transmisión y recepción a distancia de la voz o, en algunos casos, de otros sonidos.

Sistema de Telecomunicaciones

Conjunto de procedimientos y medios físicos y/o electromagnéticos, utilizados para la prestación de un determinado servicio de telecomunicaciones.

Telefonía

Es el sistema de telecomunicación que estudia los procedimientos necesarios para establecer una vía de conversación entre dos usuarios cualesquiera pertenecientes a la red en el menor tiempo posible y en forma confidencial.

Concesión (de telecomunicaciones)

Autorización que otorga el estado a los particulares para la prestación, por estos, de un servicio público con sujeción a un contrato en el que se establece las obligaciones y derechos del concesionario.

Explotación (de telecomunicaciones)

Actividad mediante la cual se opera equipos de telecomunicaciones para prestar un servicio de telecomunicaciones.

Administración (de telecomunicaciones)

Expresión que se utiliza para designar, en forma abreviada, a una empresa pública o privada dedicada a la explotación de servicios de telecomunicaciones.

Abonado

Término con que se denomina al usuario del sistema telefonico; ya que el servicio telefonico se da por medio de un abono que se paga periódicamente.

Conmutación

Es la acción de establecer una conexión entre dos abonados mediante órdenes emanadas del control de la red.

Central Telefónica

Es el conjunto de equipos que conforman toda una realidad técnica donde se realizan las operaciones de conmutación y control de las diferentes líneas correspondientes a cada abonado, para ponerlos en comunicación en el menor tiempo posible.

Oficina Central

Edificación, donde se alojan los equipos de conmutación a los cuales se conectan los abonados.

Armarío

Equipo que por medio de hilos puentes permite conectar un par primario con cualquier par secundario, sirviendo de interconexión a la red primaria con

Caja Terminal

Ultimo punto de la red de cables de la zona de la central a partir del cual se distribuyen los pares que van a los domicilios de los abonados.

Línea de Acometida

Parte de la línea de abonado que va de la caja terminal al inmueble del abonado.

Empalme

Union de 2 o mas cables multipares, necesario para dar continuidad a los circuitos de abonados.

C.C.I.T.T.

Iniciales de "Comite Consultivo Internacional Telegráfico Telefónico" Ginebra.

2.2 Estructura de la Planta Telefónica

El sistema telefónico está conformado por el conjunto de dispositivos físicos que permiten suministrar el servicio de la comunicación telefónica. Es decir, para proporcionar adecuadamente dicho servicio, es necesario que el sistema telefónico contenga los medios adecuados para conectar los aparatos telefónicos específicos al inicio de la comunicación y desconectarlos una vez que esta termine. En el proceso de conexión y desconexión se

incorporan las funciones imprescindibles de: Conmutación, señalización y transmisión.

Básicamente, el sistema telefónico está constituido por 3 elementos:

- a) Aparato Telefónico
- b) Central Telefónica
- c) Líneas de Transmisión

a) Aparato Telefónico

Cumple dos funciones principales:

- Actuar como transductor electro-acústico bidireccional, para convertir la energía acústica en energía eléctrica y viceversa.
- Codificar la información de señalización para accionar la conmutación en las centrales telefónicas que seleccionará al abonado (señales de descolgar, de discado, de timbrado, de ocupado, etc.)

b) Central Telefónica

Es un centro de conmutación cuya función primaria es suministrar medios de conexión para enlazar dos abonados entre sí, la cual debe cumplir con las siguientes funciones:

- Cualquier punto de comunicación debe tener la posibilidad de conectarse con cualquier otro punto.

- Debe ser capaz de recibir información procedente del abonado para que puedan realizarse tales conexiones.
- Debe enviar información al abonado para comunicarle del progreso de una llamada y requerirle más información en el caso que sea necesario.

c) Líneas de Transmisión

Son medios conductores para la interconexión entre el aparato telefónico y la central, y entre centrales; que permite la transmisión de cualquiera de las informaciones (señales de voz y corrientes de señalización).

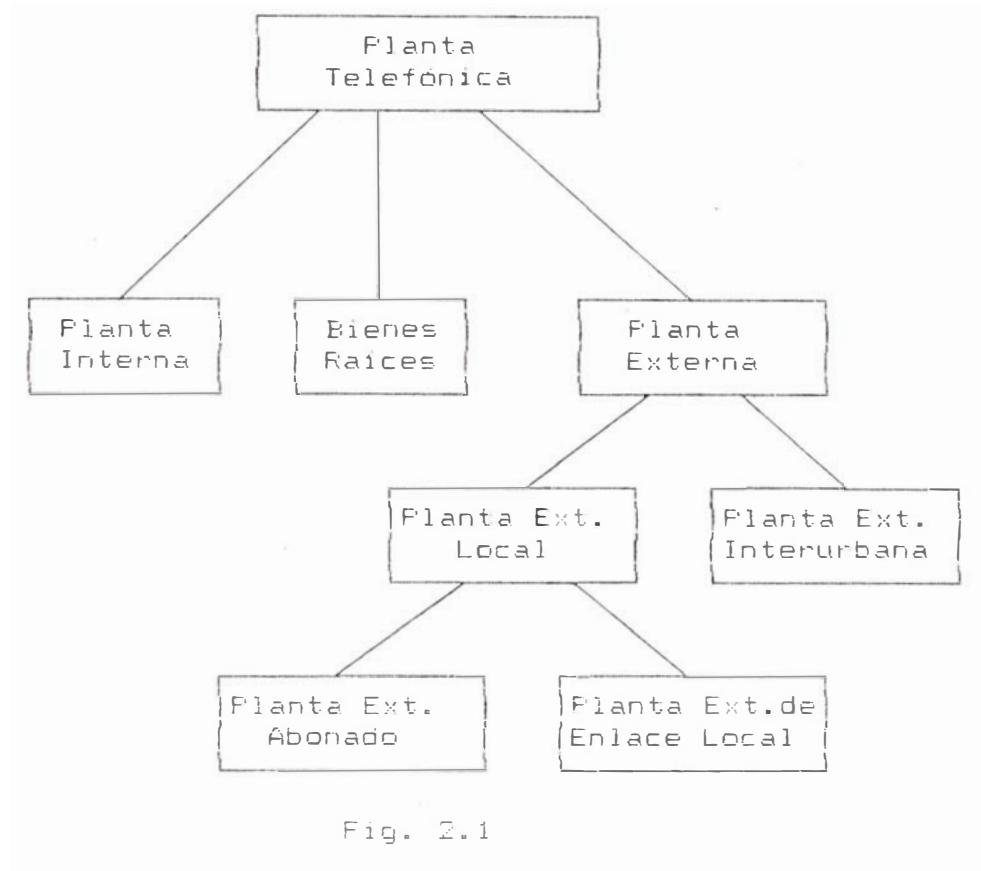
Estos medios conductores pueden ser líneas desnudas (o líneas físicas), cables multipar, cables coaxiales o cables de fibra óptica. Para las redes interurbanas o de larga distancia generalmente se utiliza la transmisión por microondas o vía satélite.

2.2.1 División de la Planta Telefónica

En el lenguaje telefónico, se denomina en forma genérica planta telefónica al conjunto de elementos que conforman una red de comunicación, desde el implemento menos significativo, hasta el más complicado equipo de conmutación o de radio.

De acuerdo a las funciones operativas el planteo telefónico se puede dividir en: (ver Fig. 2.1)

- a) Planta Interna
- b) Bienes Raices
- c) Planta Externa



a) Planta Interna

Comprende todos los equipos e instalaciones que están dentro de los edificios de las oficinas centrales, tales como: los equipos de conmutación, señalización, transmisión, energía y equipos auxiliares de las centrales telefónicas.

b) Bienes Raíces

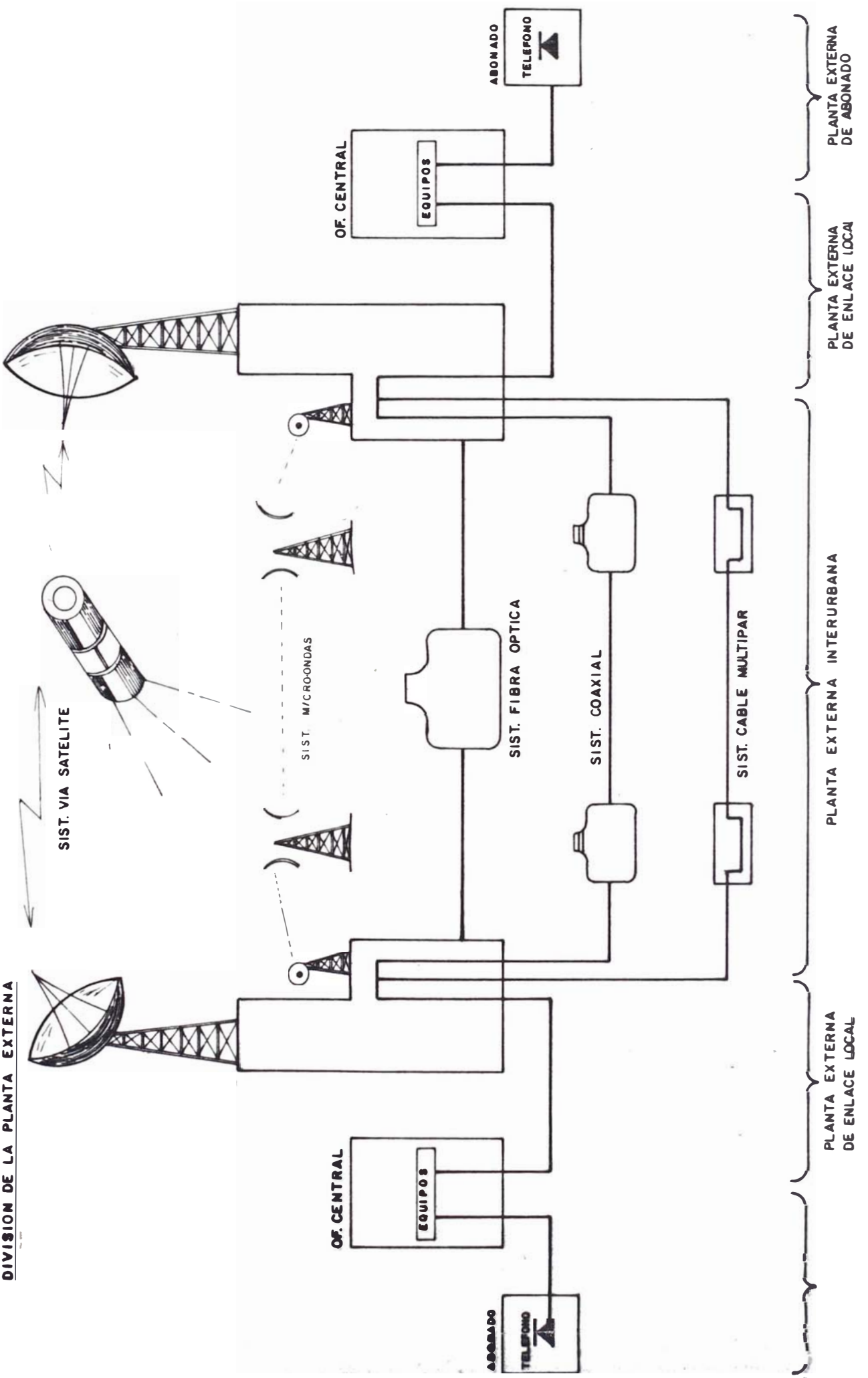
Están constituidos por terrenos y edificios, estos últimos pueden ser destinados para oficinas centrales, concentración de tareas operativas y/o actividades administrativas.

c) Planta Externa

Comprende todos los elementos e instalaciones que están situados en el exterior de los edificios de las oficinas centrales. Ellos constituyen el soporte para enlazar los abonados con su respectiva central telefónica, así como para enlazar centrales telefónicas entre sí.

La podemos dividir en Planta Externa Interurbana (Interconectan áreas urbanas) y en Planta Externa Local (dentro de una localidad determinada); esta última a su vez puede sub-dividirse en Planta Externa de Abonados y Planta Externa de Enlaces Locales. La Planta Externa de Abonados corresponden a la red que vincula a cada uno de los abonados con su Central Local. La Planta Externa de Enlaces Locales, son los vínculos que unen las centrales locales, dentro de una misma área urbana. (Ver Fig. 2.2)

FIG. 22
DIVISION DE LA PLANTA EXTERNA



2.2.2 Conformación

La Planta Externa puede dividirse en dos clases que están perfectamente diferenciadas y poseen características propias.

- Por un lado, está la red interurbana, tal como indica su nombre, es la formada por dos elementos que unen entre sí telefónicamente unas poblaciones con otras.
- Por otro lado, está la red local o urbana, es la que se extiende dentro de una misma población o área urbana.

En esta red local está comprendido todo el conjunto de conductores que unen a los abonados con sus centrales respectivas y los circuitos que enlazan unas centrales con otras, dentro de la misma población. (Ver Fig. 2.3)

La conexión de los abonados a sus centrales, presenta una gran variedad en su ejecución. De la Central parten cables con elevado número de circuitos y se llaman cables primarios (principales o alimentadores).

Estos cables terminan en puntos denominados de distribución primarios; de ellos salen cables de menor capacidad que distribuye los circuitos aportados por el cable principal en paquetes más pequeños, en distintas direcciones.

AREAS DE ARMARIO

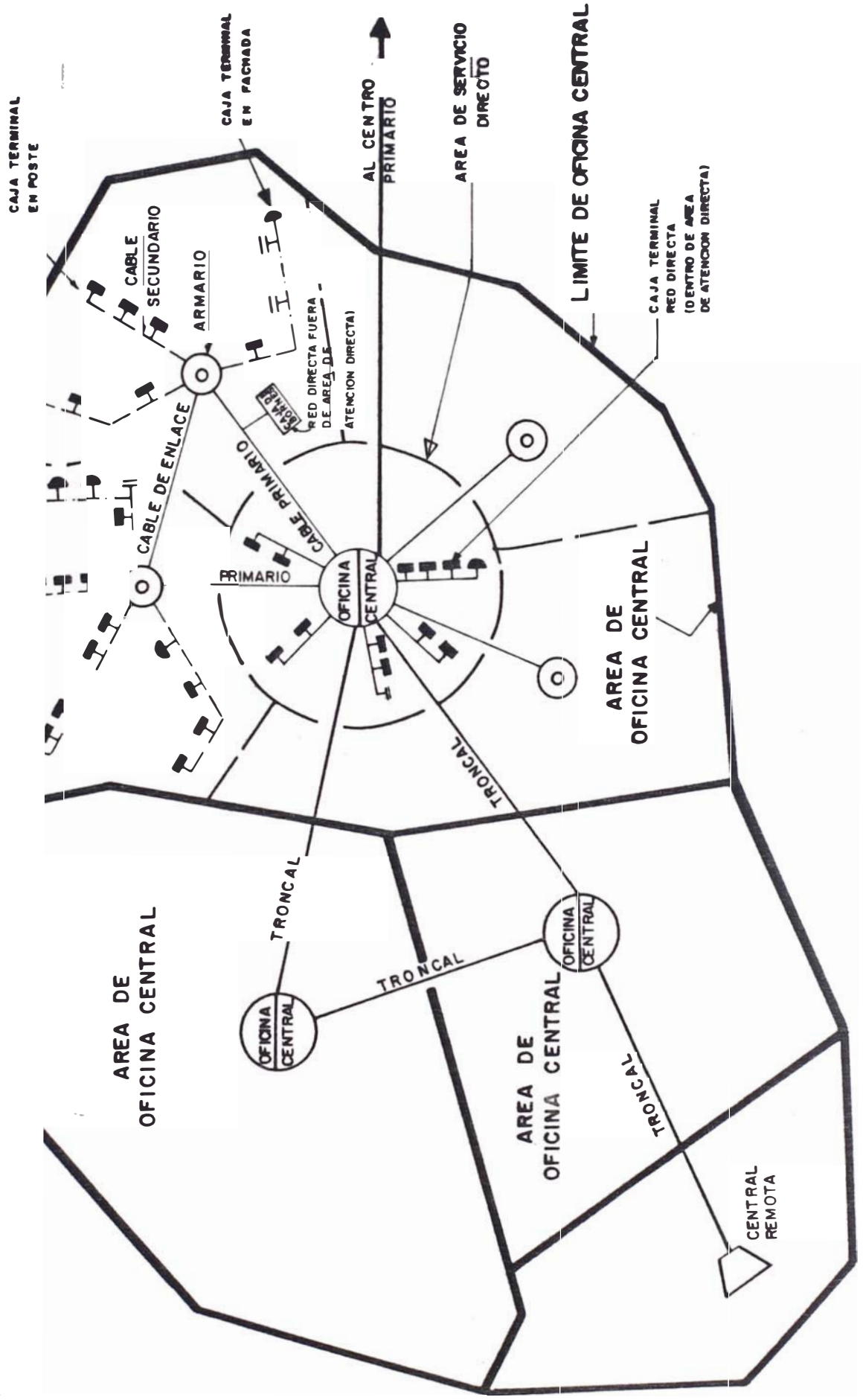


FIG. 2.3.- CONFORMACION DE RED LOCAL

Estos cables, llamados cables de distribución primarios, **terminan** a su vez en puntos de distribución secundaria; en donde otros cables, llamados de distribución secundarios, **redistribuyen** nuevamente los circuitos en grupos aun más pequeños. Por último, los circuitos van parar a cada uno de los abonados a través de las llamadas líneas de acometida.

Se trata entonces de una especie de estructura de un árbol. Un tronco (cable primario) que se divide en varias ramas (cable distribuidor primario), **cada una** de estas a su vez se sub-dividen en otras ramas pequeñas (cable distribuidor secundario), luego una serie de ramas más finas (líneas de acometida), hasta llegar a la hojas, que son los abonados.

Pues bien, cada uno de estas divisiones de la red local **emplea**, generalmente, un tipo diferente de planta. En la **figura 2.4** tenemos una **perspectiva** simplificada de como se realizan las instalaciones entre una central y el abonado.

En **general**, la **Planta Externa** está constituida por:

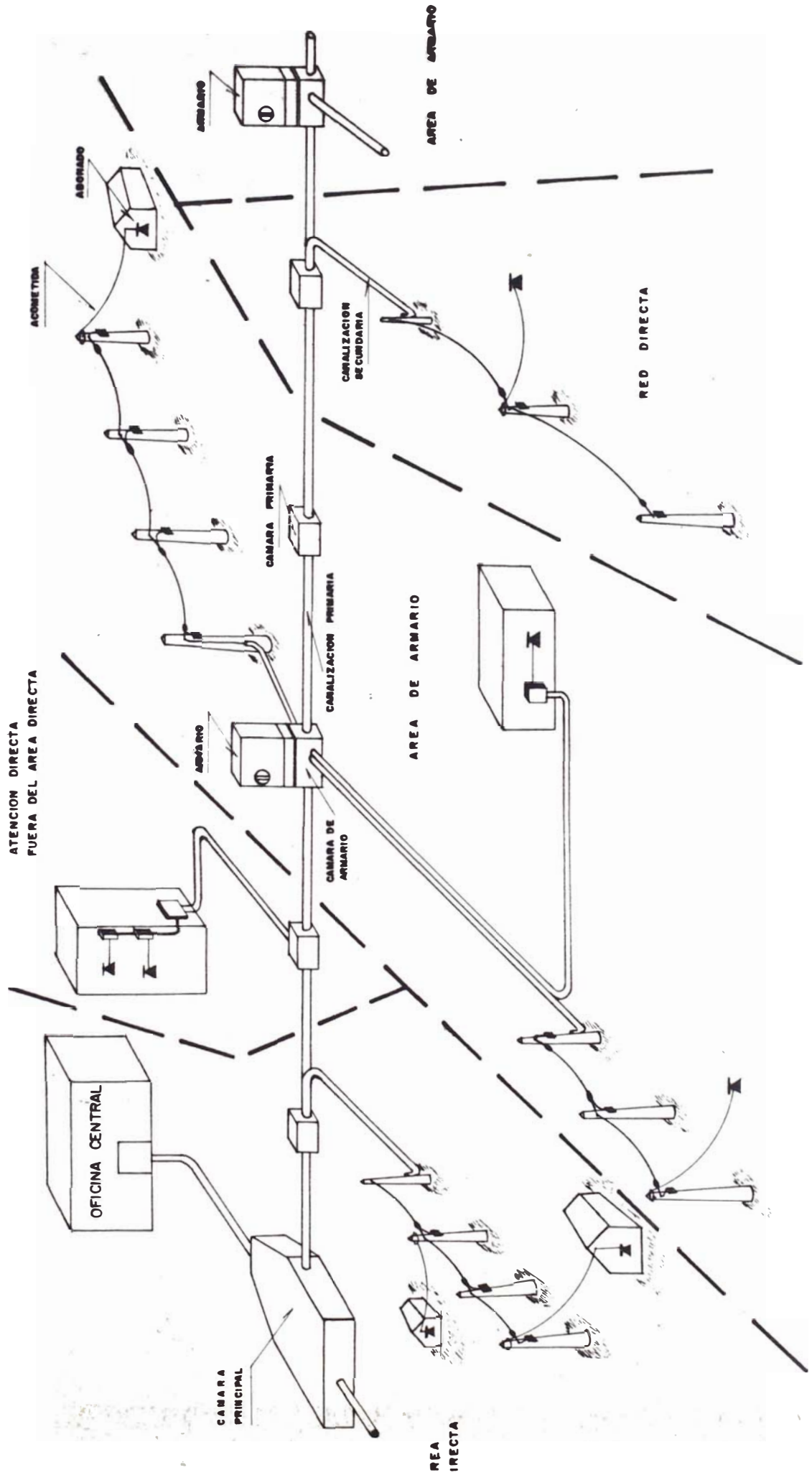
- Medios Conductores:

Líneas físicas, cables multipares, cables coaxiales, cables de fibra óptica.

- Medios de Interconexión:

Armarios, cajas terminales, borneras.

ESQUEMA DE CONEXION CENTRAL - ABONADO



- Medios de Soporte

Postes, anclas, riostras, cruzetas, ferretería

- Medios de Protección

Los ductos y cámaras son usados para proteger empalmes, cables subterráneos y equipos especiales (regeneradores, bobinas de carga)

2.3 Clasificación de la Planta Externa

En los inicios de la telefonía, la línea física se usó como medio de transmisión. Con el aumento de la demanda telefónica, el cable multipar tomó su lugar, debido a que este tipo de línea se presta para acomodar muchos circuitos. Y además porque esta no es afectada fácilmente por el clima y otros factores ambientales.

El cable puede acomodar más circuitos y es más estable que la línea física, pero tiene una gran pérdida de transmisión; por lo que apareció el cable cargado, el que juega un rol importante en los circuitos de larga distancia.

Sin embargo, el cable cargado tiene sus desventajas, tales como: baja velocidad de transmisión, existencia de una frecuencia de corte y fluctuación de la impedancia característica, presentándose en la línea problemas de silbido, eco y tiempo de retardo. La técnica de onda portadora resolvió estos problemas y aportó la mayor economía en los circuitos interurbanos; con el progreso

de esta técnica el número de canales telefónicos por par de conductores ha continuado aumentando, acompañado de la explotación de las frecuencias altas (el cable no cargado primero fue usado en sistemas de onda portadora para 6 canales; el número de canales ha aumentado a 60).

En un sistema de onda portadora con cable no cargado, la diafonía ha sido factor limitante en el uso de altas frecuencias. El cable coaxial está libre del problema de diafonía en altas frecuencias. Hoy este tipo de cable es usado en sistemas de 960 hasta 10,800 canales telefónicos.

Por otro lado, el papel y el plomo han sido usados por mucho tiempo como aislamiento de conductores y cubierta del cable, respectivamente. Actualmente, los materiales plásticos son usados ampliamente para estos propósitos. El plástico presenta muchas ventajas, tales como: peso ligero, resistente a la corrosión, alta rigidez dieléctrica, alta resistividad, alta rigidez mecánica, impenetrabilidad de la humedad, etc.

La cubierta de plástico ha contribuido mucho en la simplificación de los trabajos de instalación y mantenimiento, y también ha girado el desarrollo de nuevos métodos de distribución en las redes de cable.

2.3.1 Por el Tipo de Red

a) Planta de líneas de abonados, es aquella por la cual el aparato de abonado es conectado a la central.

A su vez se sub-clasifica en cable alimentador y en cable distribuidor.

- El cable alimentador constituye el cable del abonado desde la Central hasta el punto donde se origina el cable de distribución.

El punto de conexión entre el cable alimentador y el cable de distribución es denominado punto de distribución primario.

- El cable de distribución secundario es por lo tanto, la parte del cable de abonado al cual están conectadas las cajas terminales. Los alambres de acometida, para los abonados, son instalados desde estas cajas terminales. (Ver Figs. 2.3 y 2.4).

b) Planta de líneas de enlace; es aquella que interconecta las centrales telefónicas. A su vez, las líneas de enlace entre centrales se sub-clasifican en líneas de enlace local (conectan centrales dentro de una misma área local o urbana) y las líneas de enlace interurbanas que conectan centrales de diferentes áreas locales (encaminan comunicaciones de larga distancia).

Los cables usados para las líneas de enlace se denomina cables de enlace o cable troncal.

2.3.2 Por el Tipo de Instalación

Las instalaciones de planta externa son clasificadas como aéreas, subterráneas (canalizadas directamente enterradas) y bajo agua.

A) Planta Externa Aérea

La conforman la red de cables instalados a lo largo de posteria o suspendida de edificios, muros u otros elementos a considerable altura. Aunque las líneas aéreas tienen defectos fundamentales por las acciones de influencias naturales y artificiales, es extensivamente usada, especialmente como líneas de abonado. Esto es debido a que las plantas aéreas son muy económicas, comparadas con las plantas subterráneas. Las plantas aéreas consisten de cables, alambres, líneas desnudas (líneas físicas) y elementos de soporte, tales como postes, anclas, mensajeros y ferrreteria.

Para la planta aérea se requiere la suficiente seguridad de las obras de construcción la estabilidad contra severas condiciones aéreas.

B) Planta Externa Subterránea

Esta conformada por la red de cables instalados dentro de canalizaciones, incluyendola; y la red de cables instalada directamente en el subsuelo, el cual debe tener señalización y protección mecánica.

Como el cable subterráneo es aproximadamente instalado a un metro de profundidad, éste debe ser estable contra las perturbaciones naturales y artificiales. Sin embargo, los costos de construcción son varias veces mayor que los costos de la planta aérea. Este tipo de instalación es generalmente usado para los cables troncal y el cable alimentador de la línea de abonado. Ellos están enterrados o instalados a través de cámaras y ductos.

Debido a condiciones particulares que presentan ciertas áreas metropolitanas, las instalaciones enterradas de los cables de distribución, están volviéndose a considerar.

2.3.3 For el Sistema de Transmisión

a) Sistema de Transmisión Vocal

Normalmente las frecuencias de la voz humana ocupa un rango entre 50 y 6000 Hz, pero en el caso de una conversación telefónica no es necesario transmitir integralmente este rango de frecuencias. Es claro que

fácilmente puede ser comprendida la conversación transmitiendo en el rango 300 a 3400 Hz (canal telefónico).

Las líneas físicas, el cable no cargado y el cable cargado son usados en el sistema de transmisión vocal para circuitos de abonado, locales e interurbanos de corta distancia.

b) Sistema de Onda Portadora

Este sistema emplea el multiplex por división de frecuencia (FDM) para transmitir un mayor número de canales telefónicos través de una sola línea. Para estos sistemas pueden emplearse líneas físicas, cables de pares balanceados o cables coaxiales

c) Sistemas de Onda Portadora por Líneas Físicas

Es adecuado en casos que se tengan líneas físicas existentes y se requieran circuitos adicionales. Existen varios tipos de estos sistemas, tales como de 2, 3, 6 y 12 canales.

d) Cable Coaxial

Los diversos sistemas de onda portadora emplean cables coaxiales de 2.6/9.5 mm y otros emplean los cables de 1.2/4.4 mm. Ambos cables son normalizados por el CCITT. Este tipo de cable presenta mejores características a frecuencias altas y también se

mejora la diafonía, por lo tanto no es necesario usar por separado los cables para los circuitos en direcciones opuestas. Estos cables, generalmente, son instalados en forma subterránea.

e) **Sistemas de Transmisión Digital**

Estos emplean la modulación por división en el tiempo (TDM). Dentro de este método de modulación, el más empleado para las comunicaciones telefónicas es el sistema de modulación por impulsos codificados (MIC o PCM) para la transmisión de 30 hasta 1920 canales telefónicos (2 Mbit/s a 140 Mbit/s). Los cables empleados son los cables de pares balanceados, cables coaxiales y últimamente los cables de fibra óptica.

2.4 Simbología y Nomenclatura

Con la finalidad de representar en los planos esquemas los diferentes elementos que componen la red telefónica se utilizan símbolos; para indicar detalles relativos a dichos elementos y de las instalaciones de la red telefónica se utilizan nomenclaturas.



























Para ellos se deberá tener en cuenta los materiales a utilizar, sus tipos, características, los métodos y normas de diseño y construcción a emplearse.

Las nuevas instalaciones proyectadas se representan mediante trazos gruesos; las instalaciones existentes,




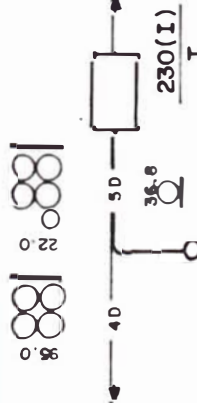
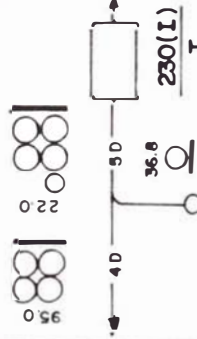











con trazo mediano y las instalaciones a retirar, con trazos cruzados. Así queda bien diferenciado en el dibujo cada instalación y tarea a realizar.


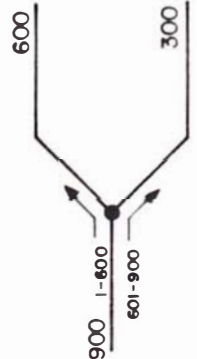
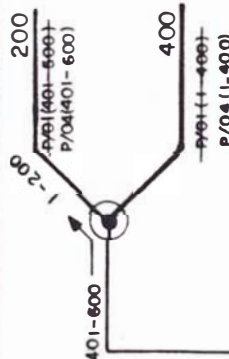
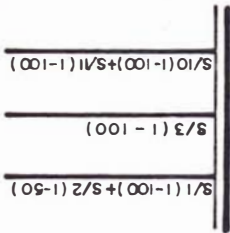
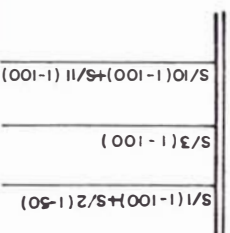
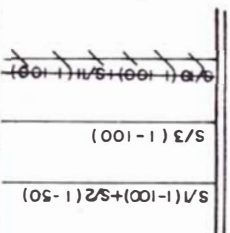
En los cuadros siguientes se muestra la simbología y nomenclatura adoptada por C.F.T. S.A.

SIMBOLOGIA

PROYECTO	EXISTENTE	RETIRO ó MODIFICACION	SIGNIFICADO
			POSTE DE CONCRETO
		 	POSTE CON ANCLA NORMAL
			POSTE CON ANCLA VERTICAL
			POSTE DE SERVICIO ELECTRICO
			CABLE MENSAJERO
			CABLE EN CANALIZACION CABLE AEREO CABLE ENTERRADO
			CAJA TERMINAL EN POSTE
			CAJA TERMINAL EN FACHADA
			BLOCK DE CONEXION

SIMBOLOGIA

PROYECTO	EXISTENTE	RETIRO ó MODIFICACION	SIGNIFICADO
 <p>SB - A022</p>			<p>ARMARIO</p>
		<p>CANALIZACION DE SUBIDA A POSTE</p>	<p>CANALIZACION DE SUBIDA A POSTE</p>
			<p>BUZON DE OTROS SERVICIOS A. AGUA, E. ELECTRICIDAD, D. DESAGUE.</p>
			<p>LIMITES DE AREAS DE INFLUENCIA 1.- DE ARMARIO 2. DE CAJA TERMINAL 3. DE OFICINA CENTRAL</p> <p>TELEFONO PUBLICO</p>
			<p>APARATO TELEFONICO</p>
			<p>PUESTA A TIERRA</p>

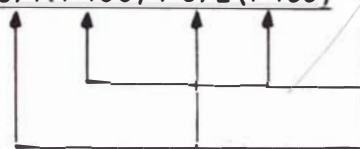
SIMBOLOGIA			
PROYECTO	EXISTENTE	RETIRO ó MODIFICACION	SIGNIFICADO
			<p>EMPALMES CON SUS CUENTAS FISICAS</p>
			<p>SALIDA DE ARMARIO</p>

S/1(1-100) + S/2(1-100)

CABLE SECUNDARIO IDENTIFICACION POR SU CUENTA

CUENTAS INICIAL Y FINAL DE CADA CABLE

Nº DE CABLES SECUNDARIOS 1y2 = Nº DE BLOCK 1 y 2 DEL ARMARIO



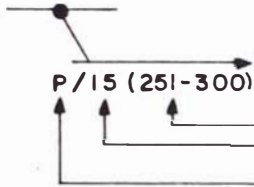
RESERVA DE PARES

P/15 (251-300)

CUENTA RESERVADA

Nº DE CABLE

- P PRIMARIO
- S SECUNDARIO
- D DIRECTO



TIPO DE TERRENO

- T = TIERRA
- V = VEREDA
- J = JARDIN
- PC = PISTA DE CONCRETO
- PA = PISTA DE ASFALTO
- PCA = PISTA DE CONCRETO + ASFALTO
- EMP = EMPEDRADO
- OT = OTROS

(11 m)

15

Nº DE POSTE

POSTE DE CONCRETO DE 11 m. (Sin esta Indicación sera de 9 m.)



CAJAS TERMINALES DE RED SECUNDARIA

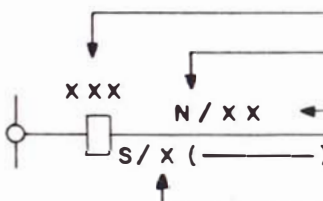
Nº DIRECCION

Nº DE CAJA TERMINAL (SECUENCIAL POR ARMARIO)

PARES CONECTADOS

CUENTA

Nº DE CABLE SECUNDARIO



SIMBOLO VARIABLE

SIMBOLO EN PLANO ESQUEMATICO RED SECUNDARIA Y ETIQUETA PEGADA EN LA PARTE INTERIOR DE LA PUERTA DE CADA ARMARIO

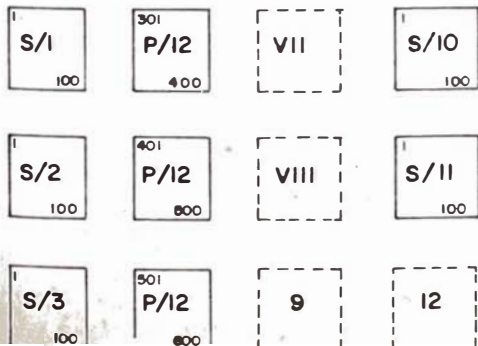
EJEMPLO DE ARMARIO

AV. BRASIL 1550	
SB - A022	
300	P/12(301-600)
500	37

ARMARIO 022

300 PARES DEL CABLE PRIMARIO 12, CUENTA 301-600

500 PARES SECUNDARIOS Y 37 CAJAS TERMINALES



EL CABLE P/12 VA CONECTADO A LOS BLOCKS IV, V y VI. PUDIENDO CONECTARSE MAS PARES PRIMARIOS EN LOS BLOCKS VII Y VIII DE CUALQUIER CABLE Y CUENTA PRIMARIA POR EXPANSION.

CADA BLOCK SECUNDARIO DEFINIRA UN CABLE SECUNDARIO EL QUE TOMARA EL NUMERO DEL BLOCK CON LAS CUENTAS DE 1 A 100 COMO MAXIMO.

PARA EL EJEMPLO SE HAN CONECTADO LOS CABLES SECUNDARIOS 1, 2, 3, 10 y 11. DE 100 PARES CADA UNO, A LOS BLOCKS DEL MISMO NUMERO, PUDIENDO AÑADIRSE LOS CABLES CORRESPONDIENTES A LOS BLOCKS 9 y 12 POR EXPANSION

2.5 Planos

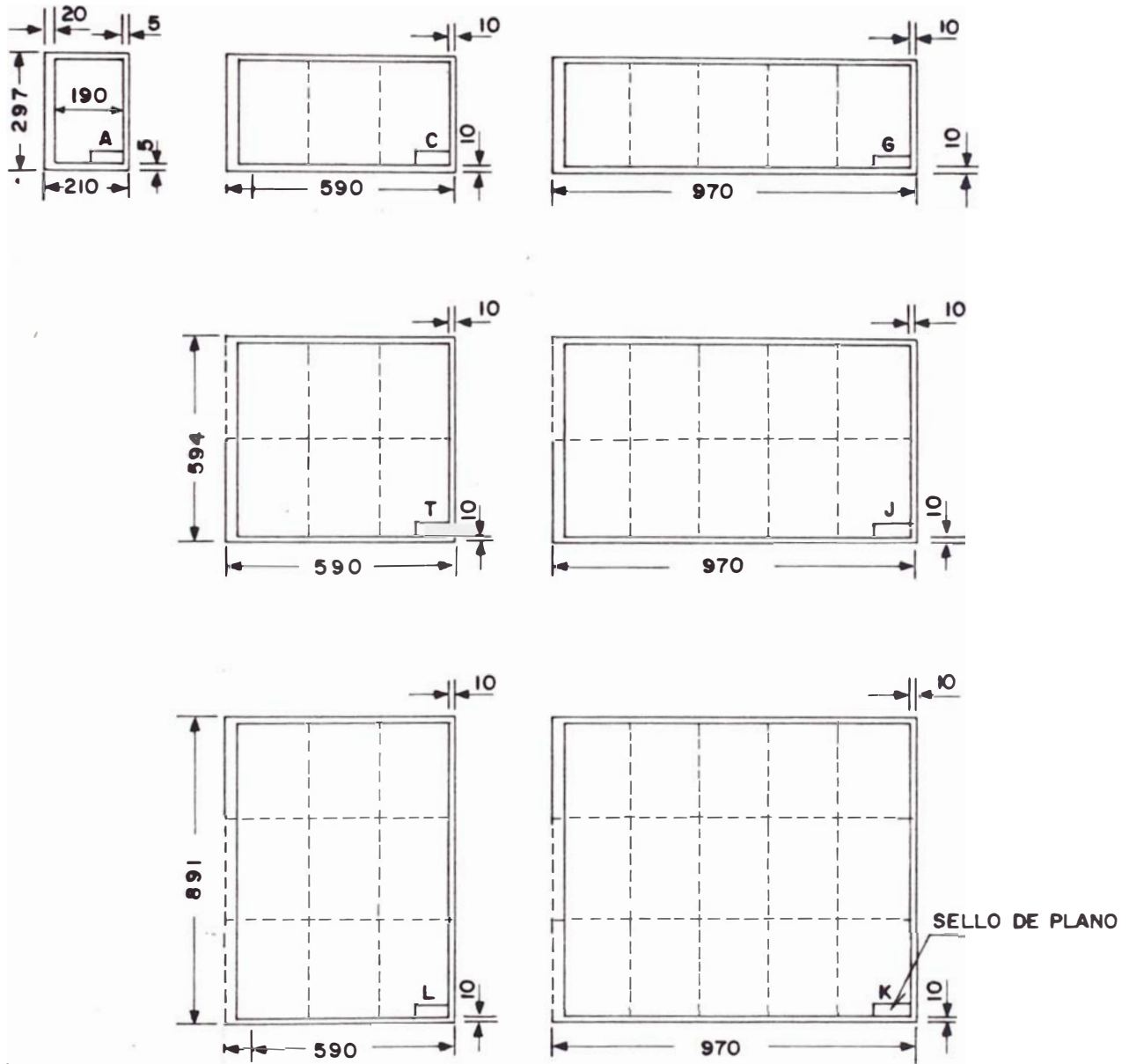
2.5.1 Tamaño de Planos

A fin de que el manejo de los planos en terreno u oficina, sea cómodo y uniforme su archivo, su tamaño está reglamentado. Estos tamaños se muestran en la Fig. 2.5. conforme a las normas ITINTEC.

En el membrete del plano se especifica: Título, escala, responsables de la preparación, diseño y supervisión.

FIG. 2.5 TAMANO DE PLANOS

A	=	210	x	297
C	=	590	x	297
G	=	970	x	297
J	=	970	x	594
T	=	590	x	594
L	=	590	x	891
K	=	970	x	891



DIMENSIONES EN m m.

2.5.2 Tipos de Planos

Los planos utilizados en el diseño de planta externa los podemos agrupar en 3 tipos: planos esquemáticos, planos de detalles especiales y planos de detalle para la construcción.

a) Planos esquemáticos

Son los llamados "Planos Llave", donde se presenta en forma global aspectos referentes al diseño realizado. Dentro de los cuales tenemos los siguientes:

- Plano catastral de áreas de armario y rutas principales por Oficina Central
- Plano catastral de canalización por Oficina Central
- Plano esquemático de canalización - por oficina Central
- Plano esquemático de red primaria

Generalmente, se utiliza el formato tipo "K"

b) Planos de detalles Especiales

En este tipo están incluidos todos los planos necesarios para aclarar ciertos aspectos especiales para construcción.

- Plano de estructura de cables
- Plano esquemático del túnel de cables
- Plano esquemático de distribuidor principal

- Planos de detalles adicionales.

Generalmente se utiliza el formato tipo "J"

c) Planos de detalle para la construcción

Son los planos donde se vuelca todo el diseño realizado; se indica con precisión la ubicación tipo de planta a utilizarse, tanto para la construcción de la canalización y posteria como para el tendido y conexionado de cables. Estos planos son:

Plano catastral de armario red directa (ver plano SC-035).

En este plano se mostrará la totalidad de cajas terminales, postes y anclas correspondientes al área de influencia del armario red directa; indicándolos de acuerdo a la simbología y nomenclatura, ubicación y numeración; así como las cajas o cámaras de bornes que pudieran haber como distribución directa.

La numeración de las cajas terminales de red secundaria es secuencial y continúa por oficina central.

Además se indica la ubicación del armario o punto de alimentación, rutas de los cables secundarios (aéreas y/o subterráneas); diferenciando lo existente de lo proyectado (trazo grueso). Se utiliza el formato tipo "T".

secundaria o red directa

Plano SE-035)

Estos planos se elaboran por cada área de armario o de red directa en los cuales se muestra la distribución total de los pares secundarios indicando las cuentas que terminan en cada caja terminal, capacidad, número de terminal y su dirección; capacidad, calibre, tipo y longitud de cables secundarios. Se utiliza el formato tipo "T"

Plano de Detalle de Canalización

En estos planos se indicará los detalles e información necesarios para la construcción de la canalización y cámaras; especificándose debidamente la ubicación, dimensiones y cotas. (Formato "J").

Plano de Detalle de la Red Primaria

En este tipo de plano se detallará con precisión los parámetros necesarios para ejecutar el tendido y conexionado de los cables primarios. (Formato "I").

CAPITULO

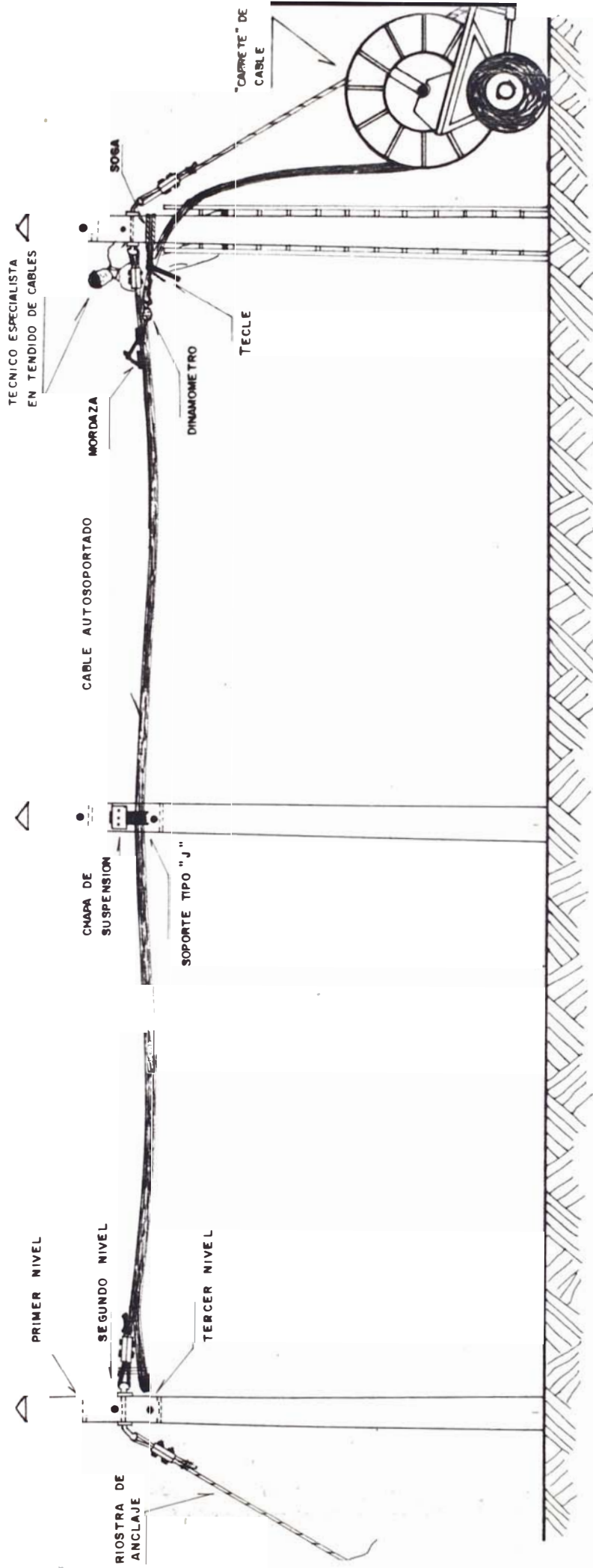
CALCULO MECANICO EN EL DISEÑO DE REDES TELEFONICAS AEREAS

3.1 Generalidades

Este metodo se refiere a los calculos de tension y flecha que se presentan en cables tendidos a lo largo de posteria. También incluye el calculo en los elementos principales de soporte de la red aérea, es decir en postes y anclas.

Para una mejor comprension de la secuencia de los cálculos en estos elementos describiremos la ubicación habitual de los elementos que conforman la red telefonica aérea en C.F.T. S.A. (Ver Figs. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9).

FIG. 3.1.- INSTALACION DE CABLE AEREO



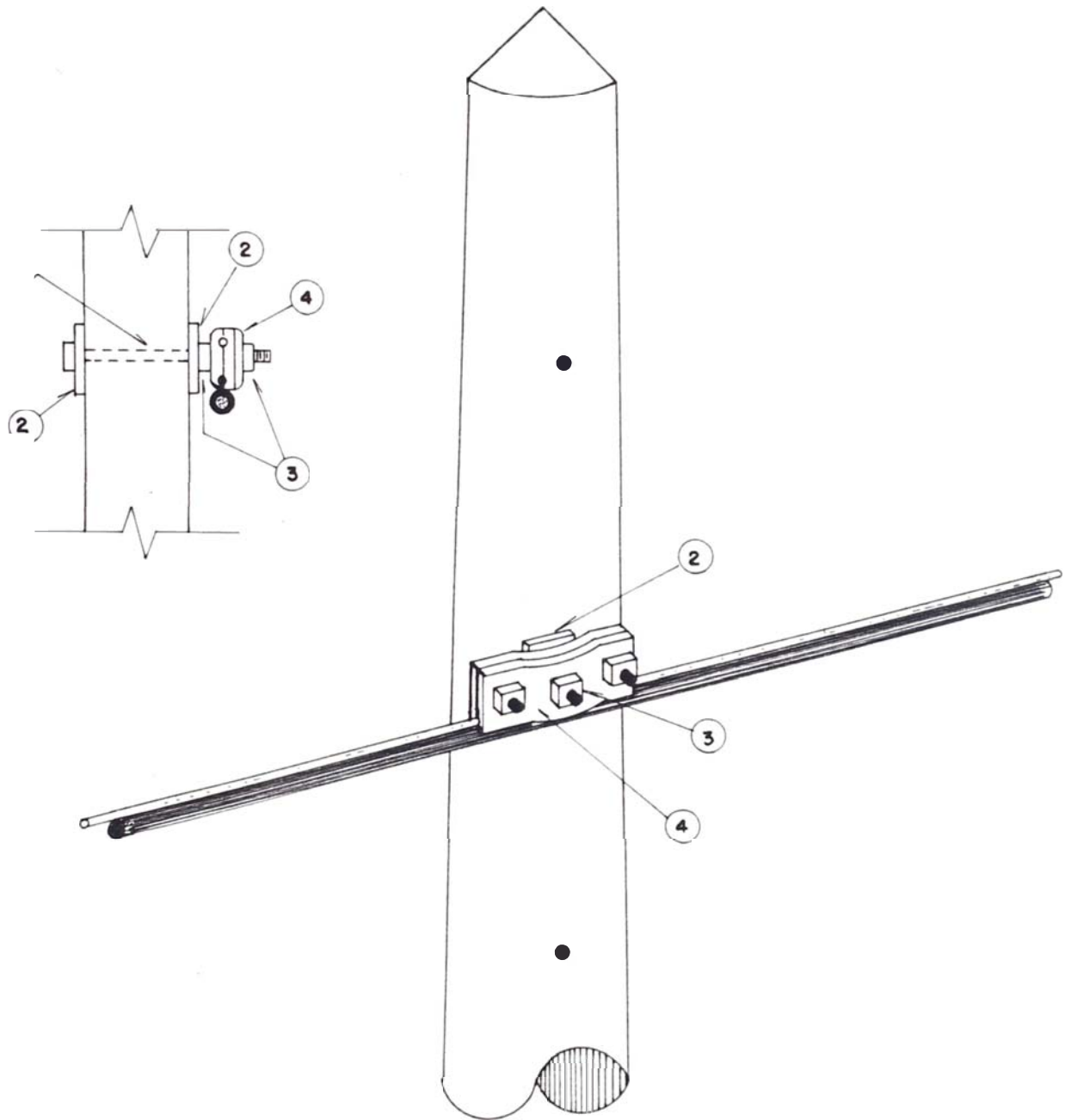


FIG.3.2.— FIJACION DE CABLE AUTOSOPORTADO EN POSTE INTERMEDIO

Nº	DESCRIPCION	CANT.
1	PERNO CABEZA CUADRADA	1
	ARANDELA CURVA	2
	TUERCA CUADRADA	2
4	CHAPA DE SUSPENSION PARA CABLE AUTOSOPORTADO	

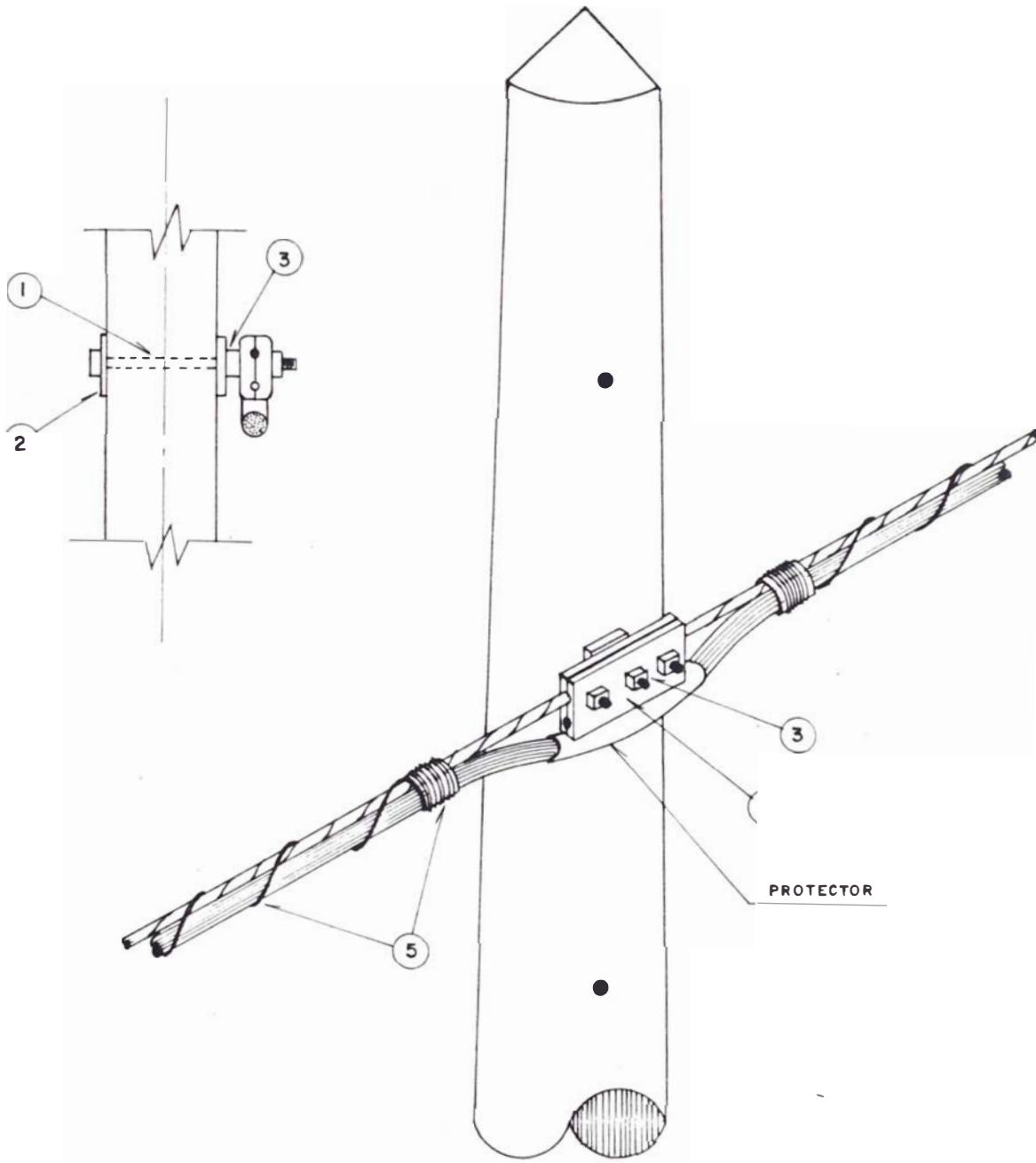


FIG. 3.3.- FIJACION DE CABLE CILINDRICO EN POSTE INTERMEDIO

N	DESCRIPCION	CANT.
1	PERNO CABEZA CUADRADA	1
2	ARANDELA CURVA	2
3	TUERCA CUADRADA	2
4	CHAPA DE SUSPENSION	
	ALAMBRE DE DEVANADO	

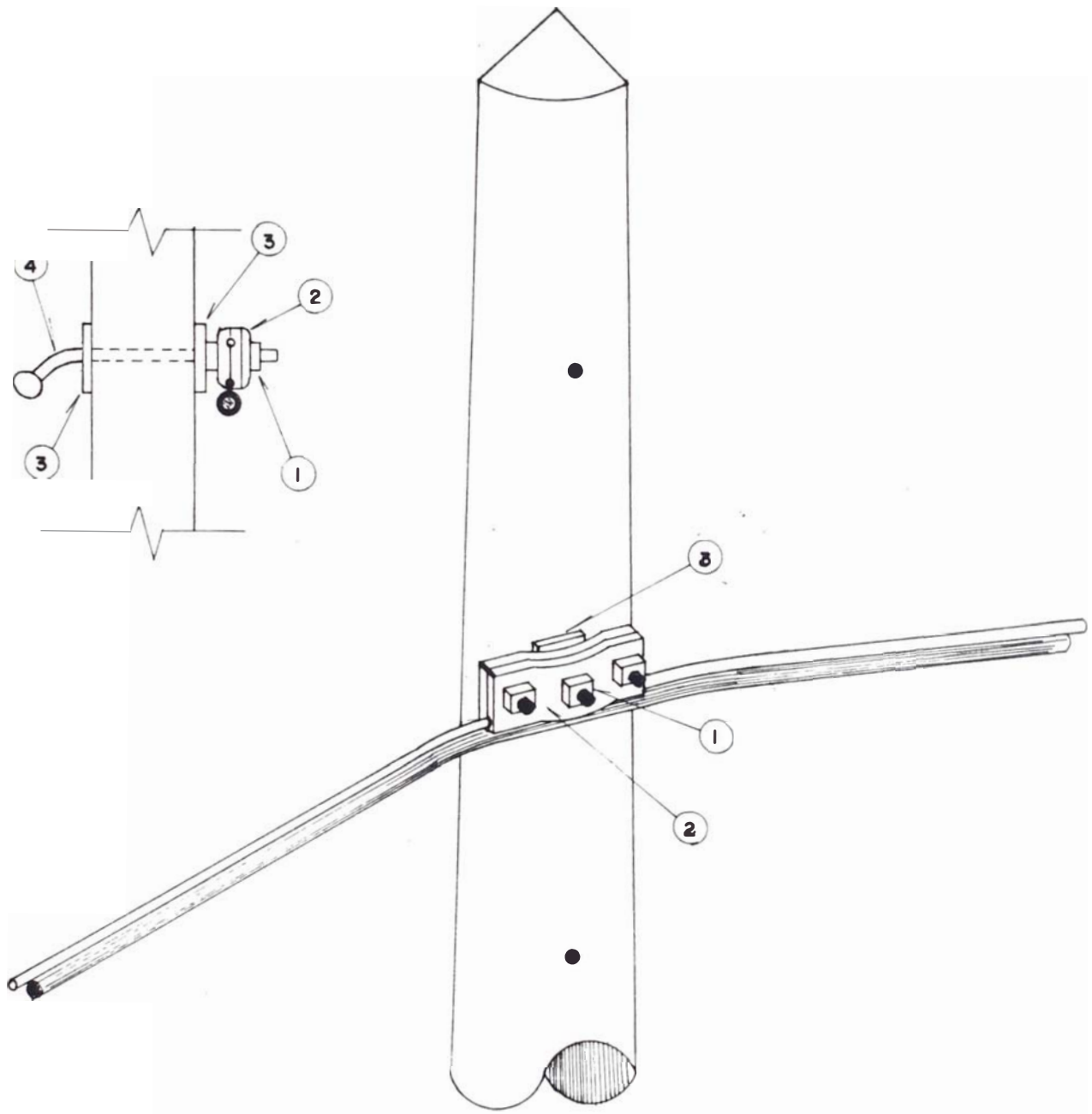


FIG. 3.4.- FIJACION DE CABLE AEREO EN POSTE EN ANGULO

N	DESCRIPCION	CANT.
1	TUERCA CUADRADA	2
2	CHAPA DE SUSPENSION	1
3	ARANDELA CURVA	
	PERNO FINAL TORCIDO	1

FIG. 3.5.- POSTE INICIAL y/o FINAL

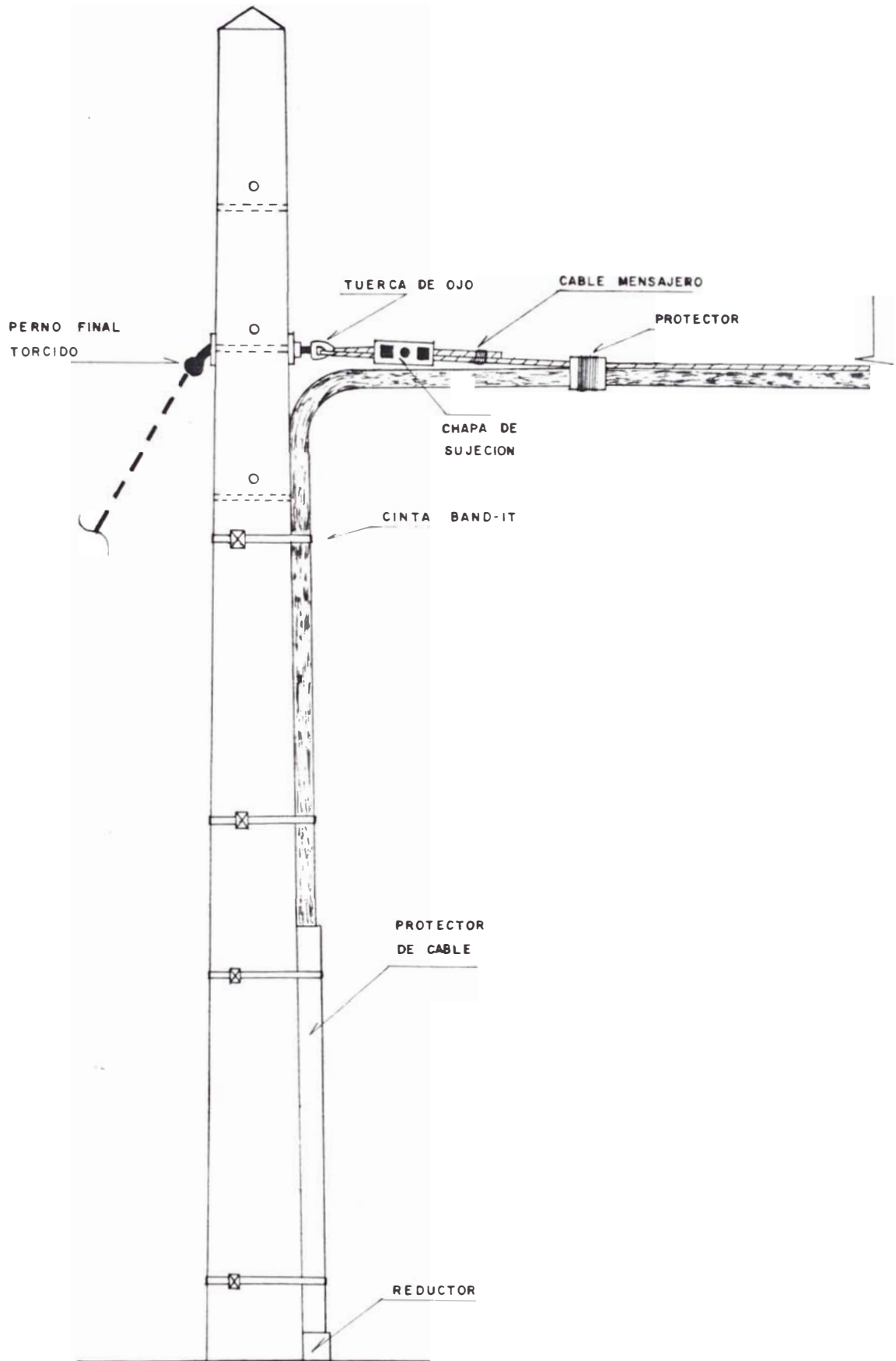
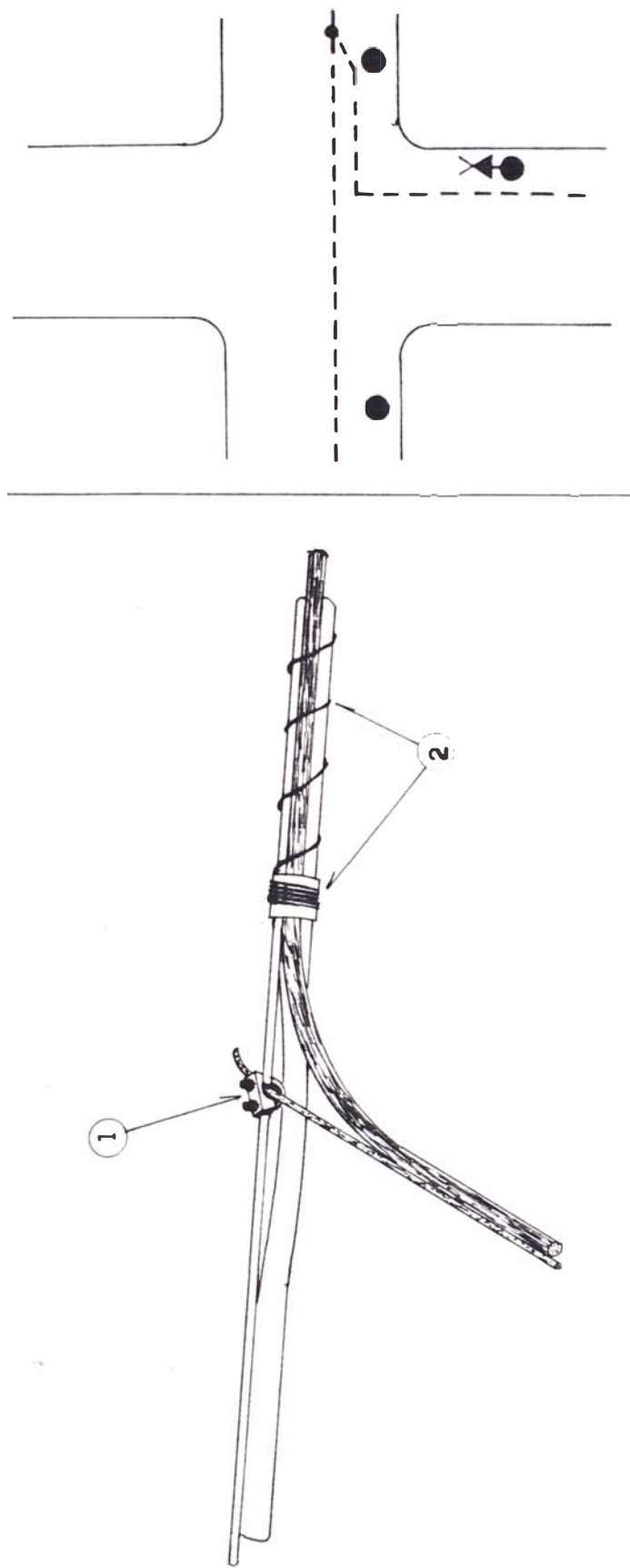


FIG. 3.6.— TRAMO FLOJO



DESCRIPCION

N	DESCRIPCION
1	GRAMPA TIPO CANDADO
2	ALAMBRE PARA DEVANADO

FIG. 3.7.- ANCLA NORMAL

N	DESCRIPCION	CANT.	UNID.
1	ARANDELA PLANA	1	C/U.
2	ARANDELA CURVA	2	C/U.
	ALAMBRE GALVANIZADO Nº 14	2	m.
4	BLOCK DE CONCRETO	1	C/U.
	CHAPA DE SUJECION		C/U.
6	CABLE MENSAJERO	10	m.
7	PASADOR FINAL TORCIDO	1	C/U.
8	PROTECTOR DE RIOSTRA	1	C/U.
	VARILLA PARA ANCLA	1	C/U.

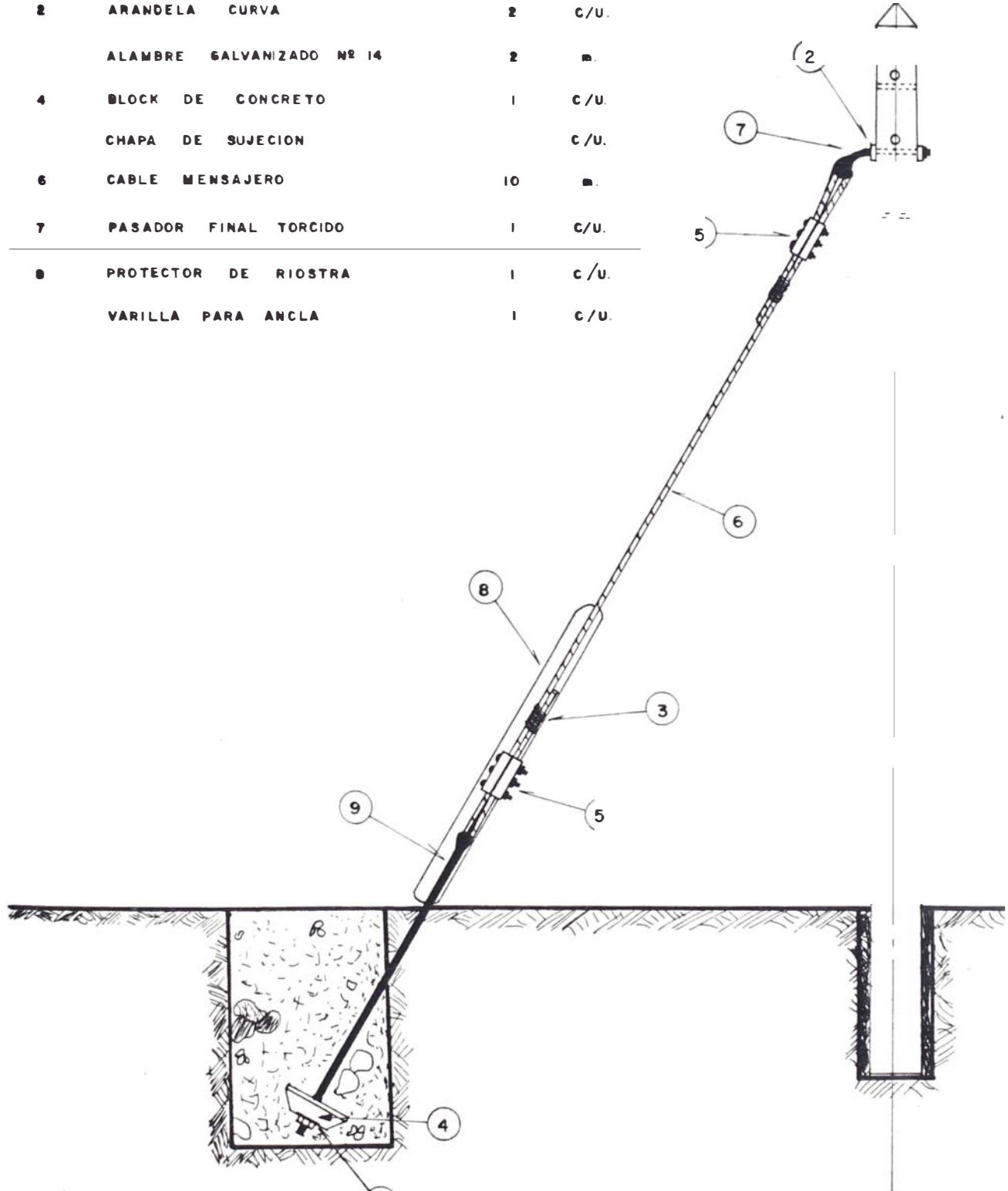
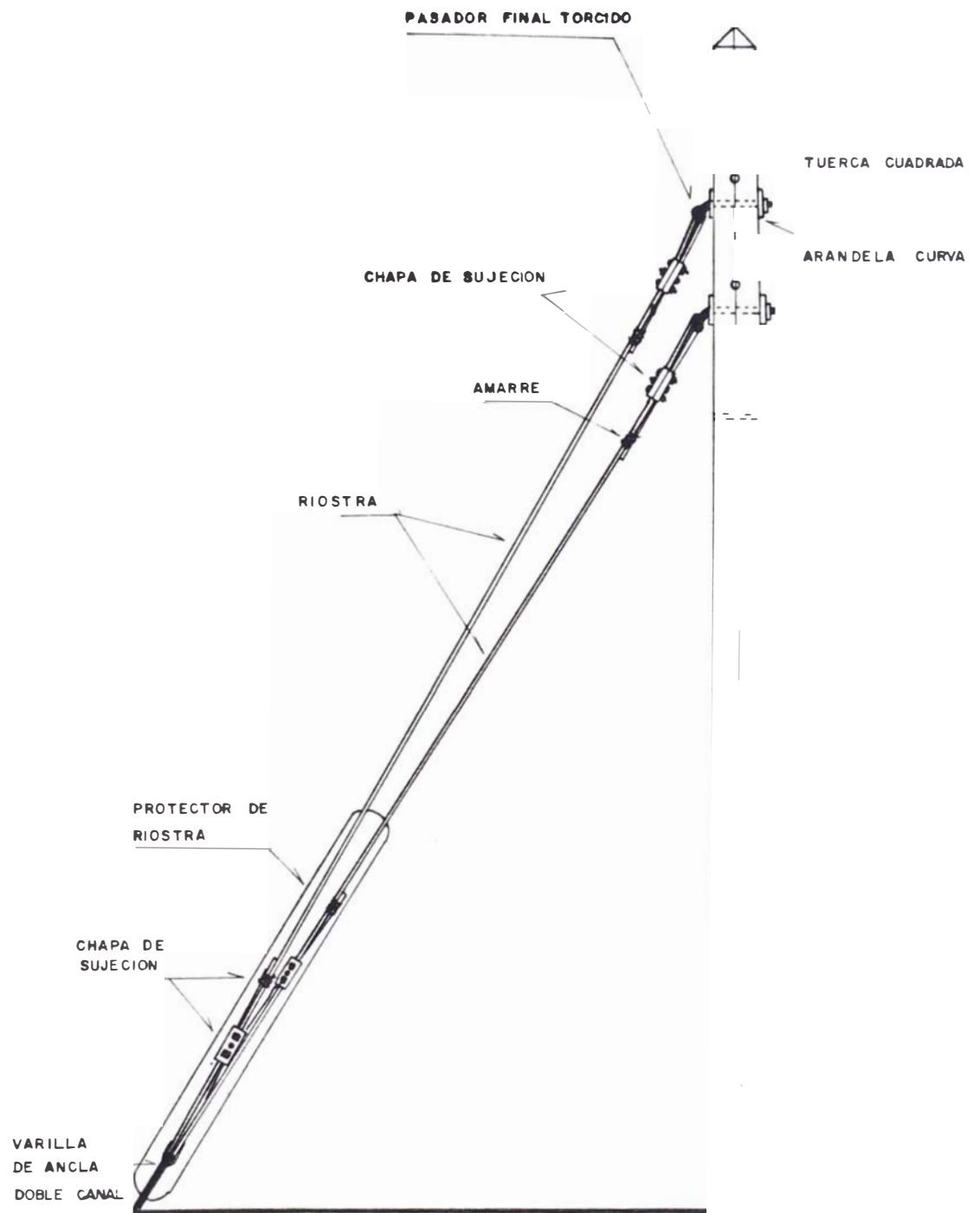


FIG. 3.8.- ANCLA CON DOBLE RIOSTRA EN "V"



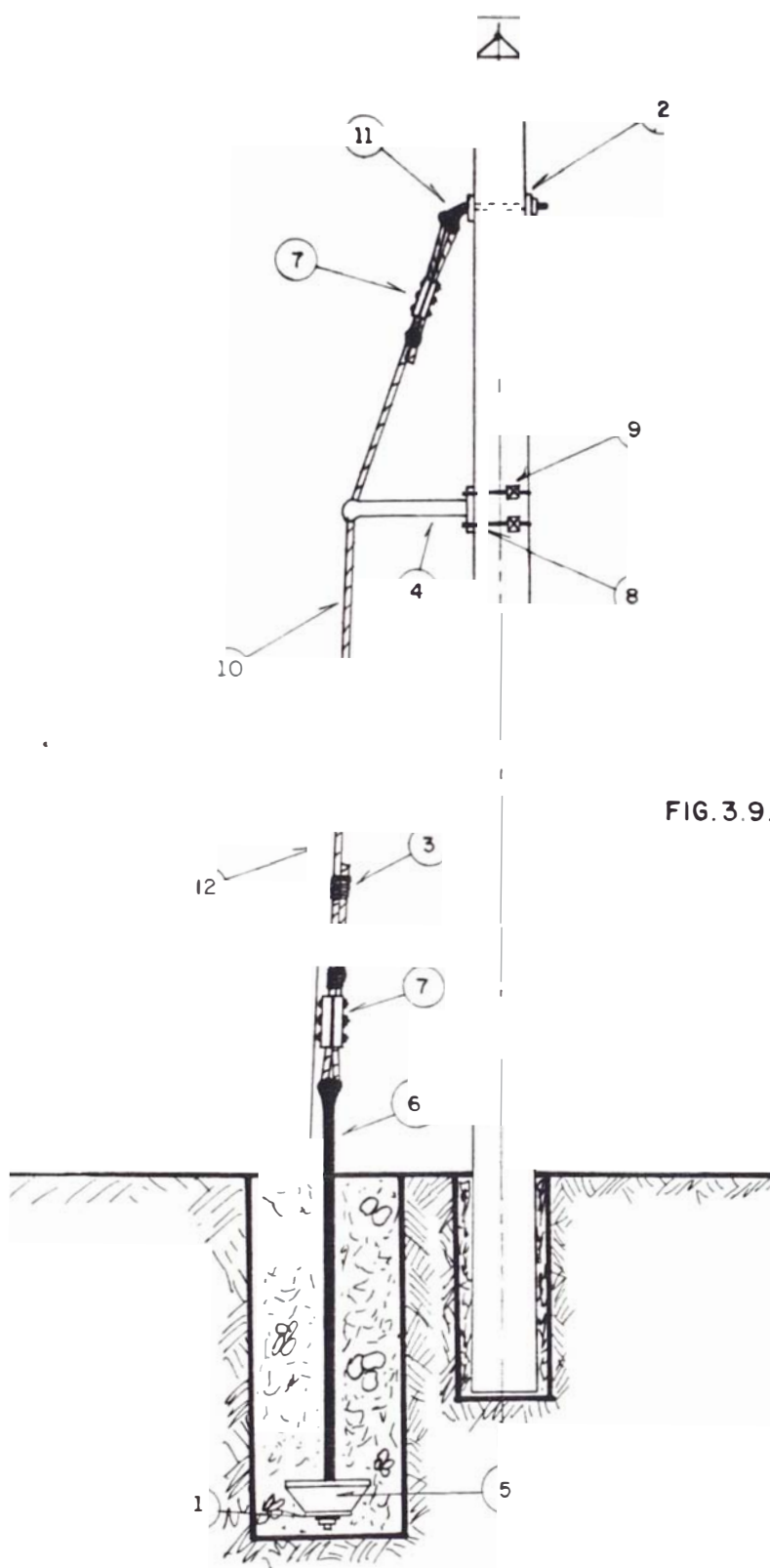


FIG.3.9.- ANCLA VERTICAL

Nº	DESCRIPCION	CANT.	UNID.
1	ARANDELA PLANA	1	C/U
2	ARANDELA CURVA	2	C/U.
3	ALAMBRE GALVANIZADO Nº14	2	m.
	BRAZO PARA ANCLA VERTICAL	1	C/U.
	BLOCK DE CONCRETO	1	C/U.
6	VARRILLA PARA ANCLA	1	C/U.
7	CHAPA DE SUJECION	2	C/U.
	CINTA ACERADA	1.5	m.

3.2 Secuencia de Cálculo

El **diseño** mecánico de redes telefónicas aéreas se inicia luego de culminado el **diseño** telefónico propiamente dicho, es decir, la ubicación de postes, determinación de **capacidades** de cables y rutas, de acuerdo al catastro y la distribución de la **demanda** telefónica.

El cálculo se **inicia** por los cables, luego los postes y finalmente las **anchas**, según se muestra en forma general, en el **diagrama de bloques** mostrado en la Fig. 3.10.

Cada uno de **estos elementos** involucra una secuencia de cálculos más detallados cuyo orden es importante **conservar** para facilitar el procedimiento y **entendimiento** de los resultados.

Este procedimiento se detalla en el **diagrama de flujo** de la Fig. 3.11.

El análisis y fórmula de cálculo correspondiente a cada punto **indicado** en el diagrama, lo detallaremos en los capítulos siguientes.

DISEÑO MECANICO DE REDES TELEFONICAS AEREAS

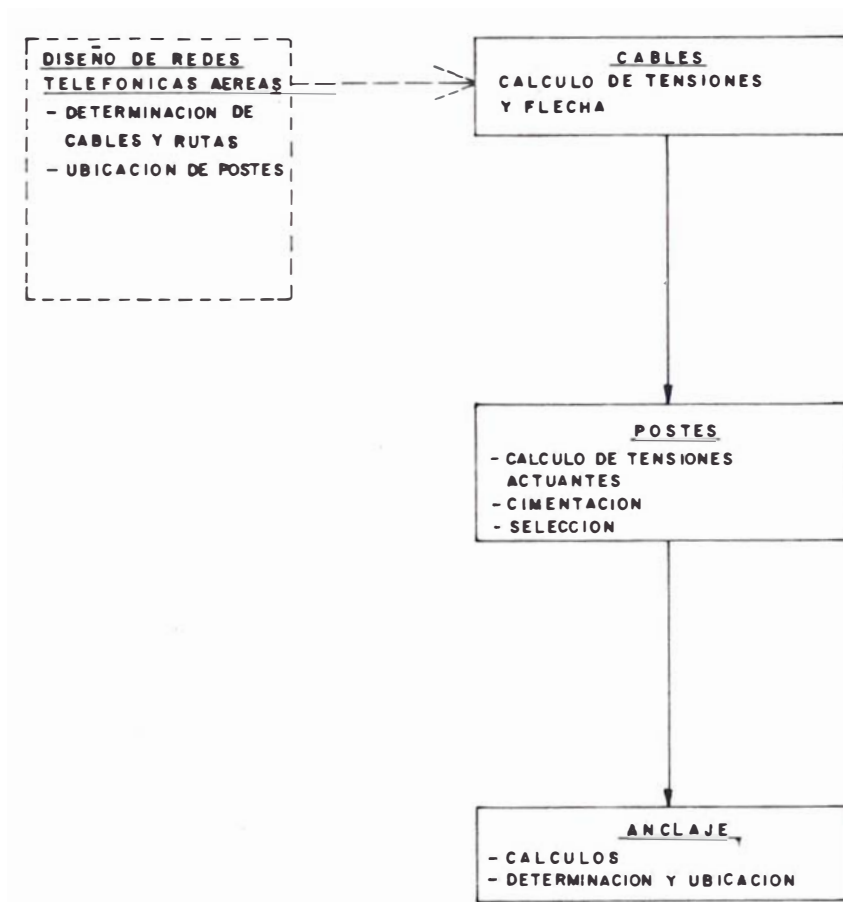


FIG. 3.10.-

SECUENCIA DE CALCULO EN CABLES, POSTES Y ANCLAS

CABLES

POSTES

ANCLAJE

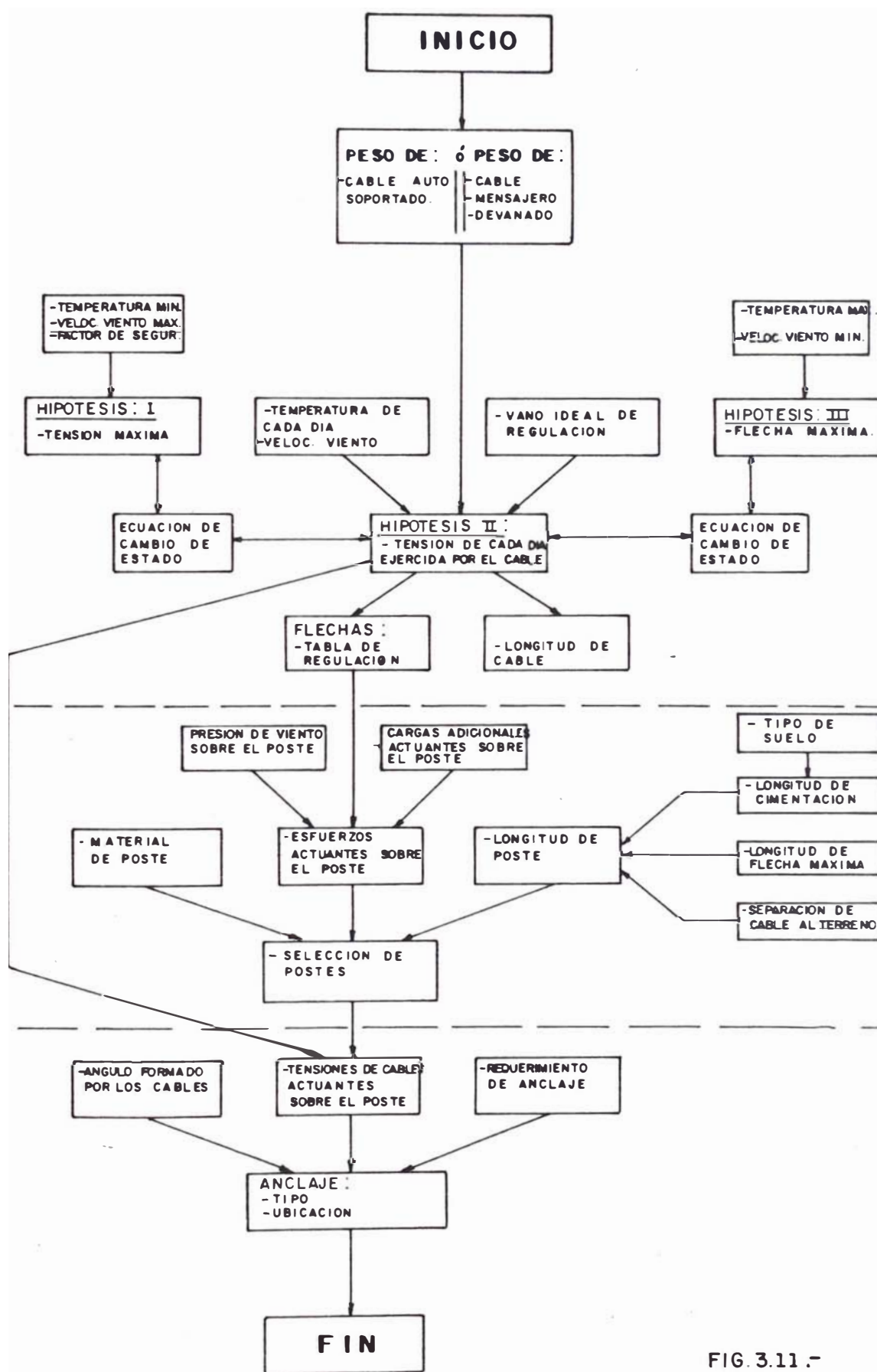


FIG. 3.11.-

CAPITULO 4
ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN CABLE TENDIDO
ENTRE 2 PUNTOS

4.2 Análisis de la Curva Real

4.2.1 Condiciones de Instalación del Cable

- Peso del cable por unidad de longitud uniforme.
- Cable completamente flexible (lo cual no produce momentos en el cable y la acción de la tensión actuante en cualquier punto del cable es tangencial a la curva)
- Cable sujeto a la acción de su propio peso o una carga uniformemente repartida a lo largo del mismo.

4.2.2 Ecuación General de la Curva

Supongamos un cable soportado en los extremos "A" y "B", estando instalado bajo las condiciones antes señaladas. Demostraremos que la forma adoptada es una catenaria.

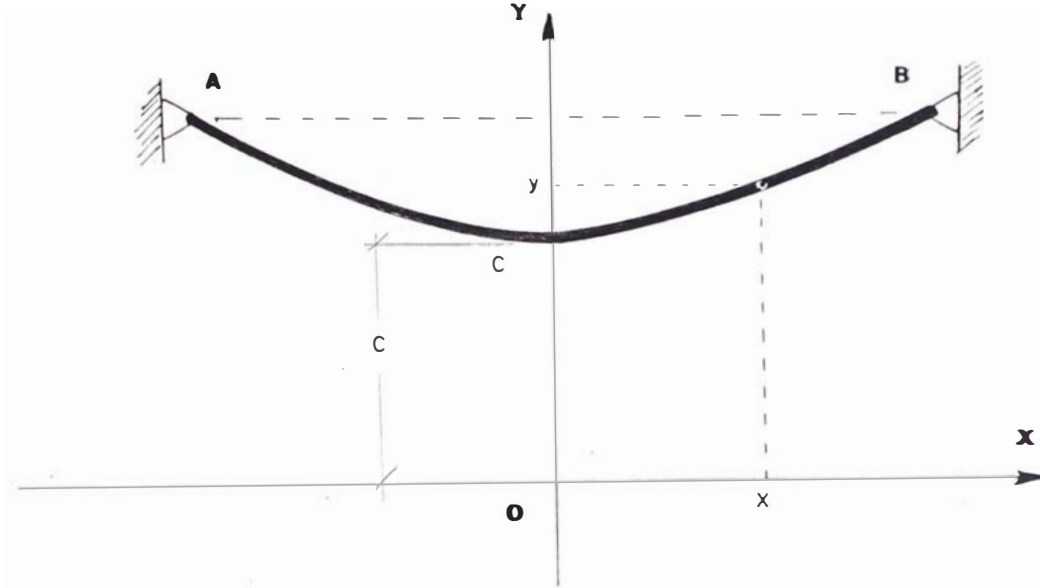


Fig. 4.1

Analizando un tramo de cable tendremos:

Donde: $W = w \times l$

W = peso del cable

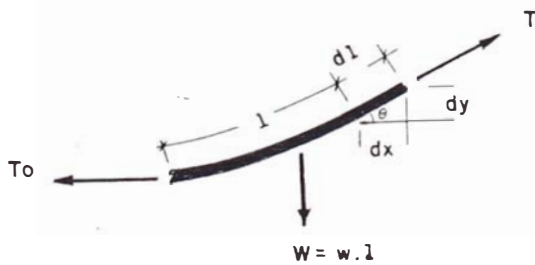
w = peso del cable por
unidad de longitud

l = longitud del cable

T = tensión en el
punto superior de
soporte

T_0 = tensión en el
punto más bajo

Fig.4.2



Puesto que el sistema se encuentra en equilibrio, tendremos:

$$T = \sqrt{T_0^2 + W^2} \quad 4.1$$

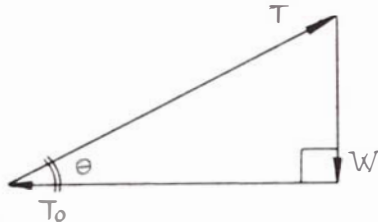
como $T_0 = \text{constante}$

$W = \text{constante}$

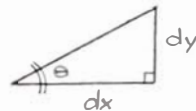
Hacemos el artificio

$$C = \frac{T_0}{W} \Rightarrow T_0 = C \times W \quad 4.2$$

Fig.4.3



De la Fig. 4.2



$$\text{tg } \theta = \frac{dy}{dx}$$

De la Fig. 4.3

$$\text{tg } \theta = \frac{W}{T_0}$$

Iguando ambas expresiones:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{W}{T_0}$$

Como:

$$W = w \times l$$

$$T_0 = W \times C \quad (\text{de Ec. 4.2})$$

Simplificando:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{l}{C}$$

4.3

Hallamos previamente "l" en función de "x"

De Fig. 4.2 $dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}$

Haciendo el artificio:

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2} \left(\frac{dx}{\sqrt{dx^2}} \right)$$

$$dl = \sqrt{\frac{dx^2 + dy^2}{dx^2}} dx$$

$$dl = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

De Ec. 4.3

$$dl = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{C}\right)^2} dx$$

Despejando:

$$\frac{dl}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{C}\right)^2}} = dx$$

De acuerdo a la Fig. 4.1, establecemos un sistema de coordenadas ubicando el origen en el punto $O(0,0)$. Para hallar "l" en el tramo comprendido entre los puntos $C(0,C)$ y $P(x,y)$; integramos en los límites:

$$\times \int_0^1 \quad , \quad 1 \int_0^1$$

Integrando:

$$\int_0^x dx = \int_0^1 \frac{dl}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{C}\right)^2}}$$

$$x = C \operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{1}{C} \right) \Bigg|_0^1$$

$$\operatorname{senh} \left(\frac{x}{C} \right) = \operatorname{senh} \left(\operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{1}{C} \right) \right)$$

$$1 = C \cdot \operatorname{senh} \left(\frac{x}{C} \right) \quad \text{Ec. 4.4}$$

De Ec. 4.3 $dy = \frac{1}{C} dx$

Reemplazando la Ec. 4.4 en la Ec. 4.3 e integrando en los límites antes indicados:

$$\int_C^y dy = \int_0^x \frac{C \cdot \operatorname{senh} \left(\frac{x}{C} \right)}{C} dx \implies y - C = C \cosh \left(\frac{x}{C} \right) - C$$
$$y = C \cdot \cosh \left(\frac{x}{C} \right) \quad \text{Ec. 4.5}$$

Expresión que corresponde a la Ec. general de la catenaria, donde "C" se denomina parámetro de la catenaria.

De acuerdo a la ecuación, el punto más bajo de la catenaria se encuentra en el punto $C(0, C)$.

4.2.3 Longitud Real del Cable Tendido "L"

Ambos puntos de soporte a igual nivel

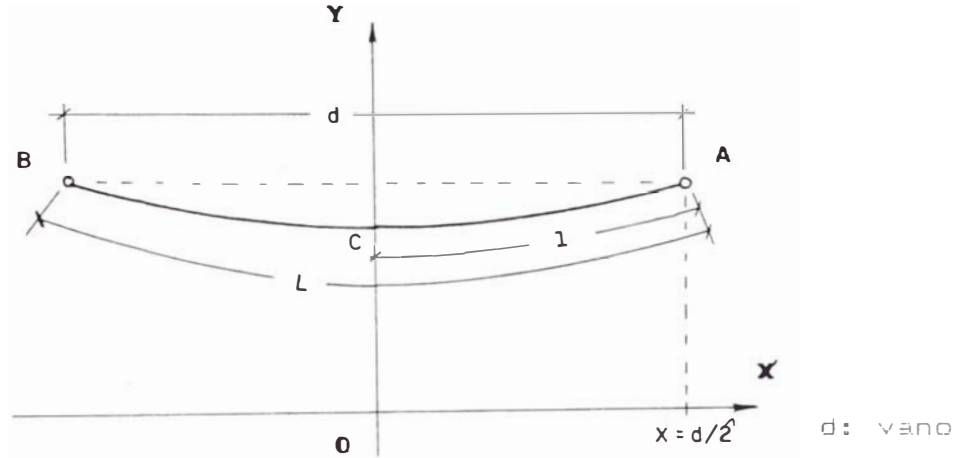


Fig. 4.4

Dada la simetria y de la Ec. 4.4

$$L = 2l$$

$$L = 2C \operatorname{senh} \left(\frac{x}{C} \right) \left. \begin{array}{l} x = \frac{d}{2} \\ x=0 \end{array} \right\} \text{Mida}$$

$$L = 2C \operatorname{senh} \left(\frac{d}{2C} \right) \quad \text{Ec. 4.6}$$

4.2.4 Flecha Real "f"

Ambos puntos de soporte a igual nivel

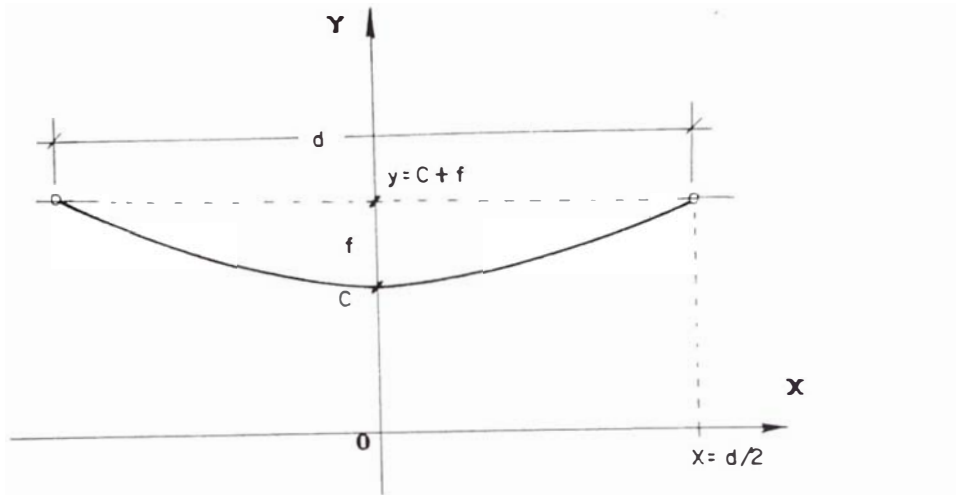


Fig. 4.5

De la fig.

$$f = y - C$$

De Ec. 4.5

$$f = C \cdot \cosh\left(\frac{x}{C}\right) - C \Bigg|_{x=d/2}$$

$$f = C \left[\cosh\left(\frac{d}{2C}\right) - 1 \right] \quad \dots \dots \dots \text{Ec. 4.6}$$

4.3 Análisis de la Curva Aproximada

4.3.1 Ecuación General Aproximada

Desarrollando por series, la Ec. 4.5

$$y = C \cdot \cosh\left(\frac{x}{C}\right) = C \left[1 + \frac{x^2}{2! C^2} + \frac{x^4}{4! C^4} + \dots \right]$$

Recordando que:

$$C = \frac{T_0}{w}, \text{ y generalmente "T}_0\text{" tiene un}$$

valor elevado en comparación con "w" (Ej. $T_0 = 450$,
 0.304); resulta que "C" es un valor elevado. Mayor aun si

es elevado a una potencia mayor que 2. Por lo tanto, es posible despreciar de la anterior expresión los términos de la serie a partir del tercero, sin cometer errores sensibles.

$$v = C \left[1 + \frac{x^2}{2C^2} \right]; \text{ donde, } C = \frac{T_e}{w} \begin{cases} \text{Rangos} \\ T_e = \langle 150 - 1000 \rangle \text{ kg} \\ w = \langle 0.304 - 1.411 \rangle \text{ kg/m} \end{cases}$$

$$y = C = \left(\frac{1}{2C} \right) x^2 \quad \text{Ec. 4.8}$$

Expresión que corresponde a la ecuación de la parábola.

4.3.2 Longitud Aproximada del Cable Tendido

Usando la aproximación parabólica y desarrollando por series la Ec. 4.8

$$L = 2C \cdot \text{sen } n \left(\frac{d}{2C} \right) = 2C \left[\frac{d}{2C} + \frac{d^3}{3! (2C)^3} + \frac{d^5}{5! (2C)^5} + \dots \right]$$

Tomando las consideraciones anteriormente señaladas, despreciamos de la expresión los términos de la serie a partir del tercer término, sin cometer errores sensibles.

$$L = 2C \left[\frac{d}{2C} + \frac{d^3}{3! (2C)^3} \right]$$

Como $C = \frac{T_e}{w}$

$$L = d + \frac{d^3 \times w^2}{24 T_e^2} \quad \text{Ec. 4.9}$$

4.3.3 Longitud de Flecha Aproximada

Sabemos que:

$$f = y - C$$

De Ec. 4.8, que es la forma aproximada:

$$f = \left(\frac{1}{2C}\right) x^2$$

La flecha máxima ocurre a mitad de vano: $x = \frac{L}{2}$

Es decir:

$$f = \frac{d^2}{8C}$$

$$f = \frac{d^2 w}{8 T_0} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Que es la expresión usual de la "flecha máxima".

Con fines comparativos de las ecuaciones reales con las aproximadas, tomaremos como ejemplo el siguiente caso.

Parámetros		Real (m)	Aproximada (m)
Cable : 100/A w : 0.591 kg/m T ₀ : 450 kg d : 50 m	Longitud	50.008984	50.008983
			↓ variación
	Flecha	0.410453	0.410416
			↓ variación

Con lo cual confirmamos el uso correcto de la aproximación parabólica, ya que las diferencias recién se dan alrededor de las diez milésimas, que para nuestro propósito es despreciable.

CAPITULO 5

CALCULO JUSTIFICATIVO EN CABLES

5.1 Características de cables utilizados

Los cables utilizados por la C.F.T. S.A. son suministrados generalmente por los fabricantes de cables CEPER o INDECO, los cuales son fabricados de acuerdo a la norma ITINTEC 370-047.

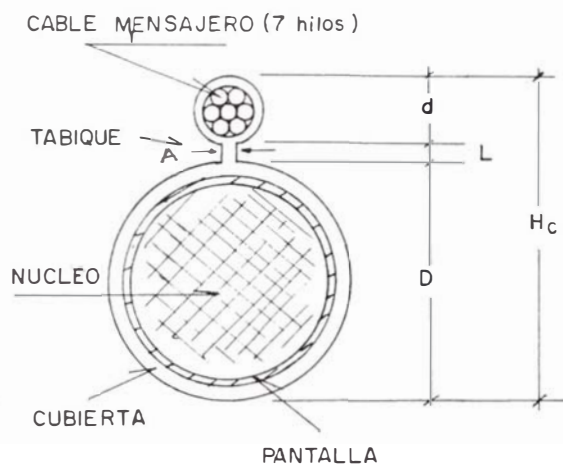
De toda la variedad de cables, en redes aéreas se utilizan tipos, los cuales especificamos en la tabla siguiente:

TIPO DE CABLE	DENOMINACION DE CABLES		
	Segun Norma ITINTEC 370-047	Denominacion Comercial de Fabricante CEPER	Denominacion Comercial de Fabricante INDECO PERUANA S.A.
Cables Autosoportados	Cable auto-soportado tipo PEAT-8	Cable auto-soportado tipo TEALE-8	Cable auto-soportado tipo FAP-8
Cables Cilindricos para se devanados	Cable Tipo PEAT	Cable Tipo TEALE	Cable Tipo FAPE

Cable Telefónico Autosoportado

Este cable esta diseñado para prestar servicio en líneas aéreas urbanas o rurales, con grandes distancias entre apoyos y con condiciones climáticas muy variadas y rigidas.

La configuración de este tipo de cable es la siguiente:



$$H_c = d + L + D$$

H_c = altura total del cable

d = diámetro externo del mensajero

L = longitud de tabique

D = diámetro externo del conductor

A = espesor de tabique

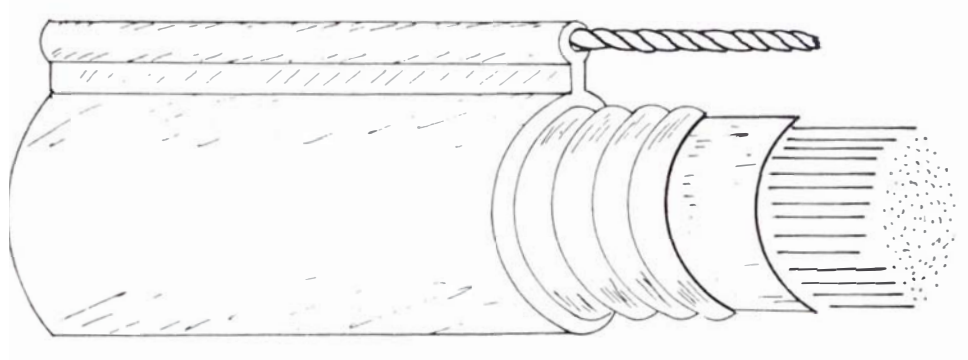


Fig. 5.1

Descripción

Conductor de cobre electroлитico. temple suave.
 aislamiento de polietileno alta densidad coloreado.
 Formación en pares, estos en grupos y finalmente reunión
 de varios grupos.

Identificación mediante código de colores para los
 conductores y espiral de hilos coloreados para los
 grupos. Cintura de cintas plásticas.

Fantalla de aluminio helicoidal o longitudinal corrugada.
 Mensajero de alta resistencia.

Cubierta de polietileno negro. resistente a la
 intemperie. cubriendo los conductores y el mensajero en
 forma de figura en "8".

Cable cilindrico

Este cable esta diseñado para ser utilizado en instalaciones subterráneas en ductos o en instalaciones aéreas, para lo cual es necesario fijarlo de un cable de acero (mensajero), mediante un devanado de alambre de pequeña sección (Ver Fig. 5.2).

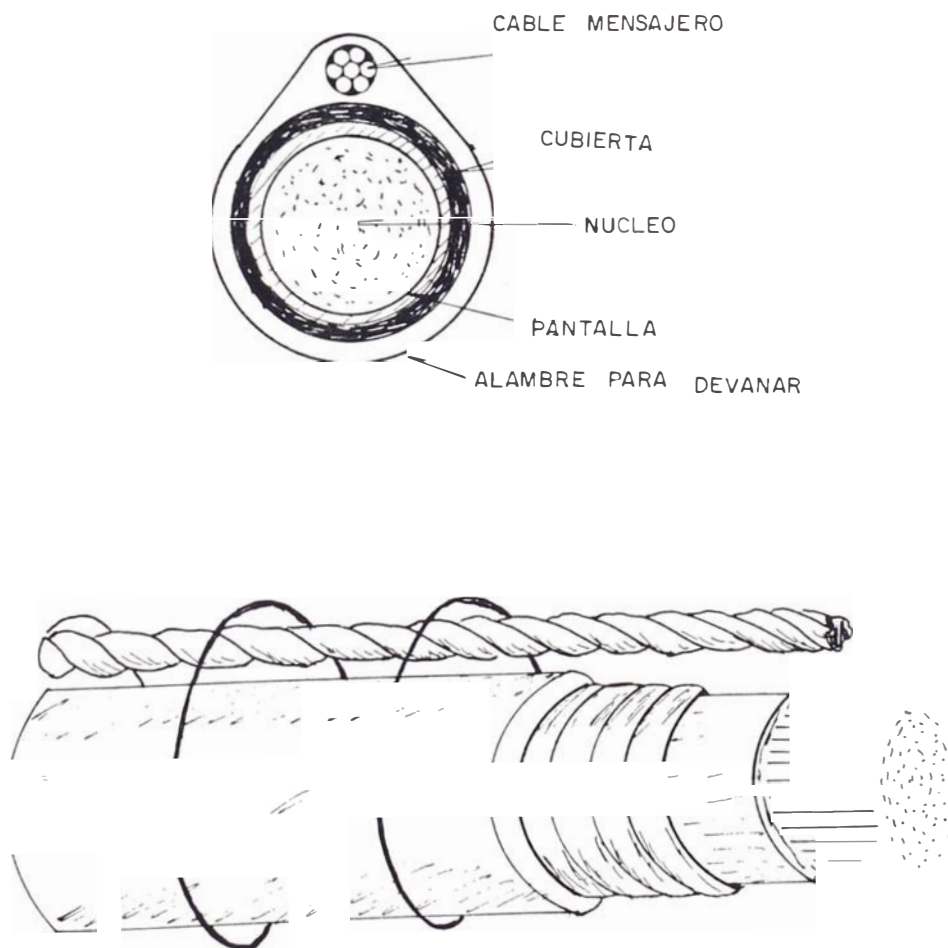


Fig. 5.2

Descripción

Conductor de cobre electrolítico, temple suave. Aislamiento de polietileno alta densidad. Formación en pares, reunidos en grupos y reunión de varios grupos. Identificación mediante código de colores para los grupos. Cintura de cintas plásticas. Pantalla de aluminio helicoidal o longitudinal corrugada.

Cubierta de polietileno negro resistente a la intemperie.

Capacidad de Cables

Para efectos de nuestro cálculo consideraremos cables de las siguientes capacidades: 20, 50, 100, 200 y 300 pares.

Estas capacidades están referidas a los dos tipos de cables (autosoportado y cilíndrico).

En las tablas siguientes indicamos las características de los cables antes mencionados, según las especificaciones exigidas por la norma de fabricación de cables ITINTEC 370.047.

TABLA 2.- DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES DE CABLE PEAT (CILINDRICO DEVANADO)
 (SEGUN NORMA DE FABRICACION DE CABLES ITINTEC 370.047)

N° de Pares	Diámetro 0.4 mm			Diámetro 0.5 mm			Diámetro 0.64 mm			Diámetro 0.9 mm		
	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)	Altura Total (mm)	Masa (Kg/Km)
10	13	142	13	146	13	163	15	267				
20	13	151	13	184	15	255	19	440				
25	13	160	14	214	16	304	21	527				
30	13	180	14	245	17	352	22	613				
50	15	264	18	365	21	536	29	953				
70	17	340	19	475	24	712	33	1323				
100	20	450	23	638	29	976	38	1827				
150	23	628	29	921	35	1420	46	2678				
200	28	831	31	1193	38	1860	53	3525				
300	32	1184	37	1730	46	2730	64	5193				
400	36	1534	43	2266	52	3558						
600	43	2200	56	3285								
900	52	3230										

TABLA 3.- REQUISITOS MECANICOS Y DIMENSIONALES DE LOS CABLES DE ACERO PARA MENSAJERO

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro de los Hilos componentes		Esfuerzo de rotura mínimo (N)	Elongación mínima a la rotura (%)	Masa nominal del cable (Kg/Km)
	Mínimo	Máximo			
4.76	1.5	1.65	17770	4	108
6.35	1.96	2.11	29620	4	180

TABLA 4.- USO DEL CABLE MENSAJERO DE 4.76 mm DE DIAMETRO

Diámetro Nominal del conductor (mm)	Número de Pares									
	0.40	10	20	30	40	50	70	100	150	200
0.50	10	20	30	40	50	70	100	150		
0.64	10	20	30	40	50	70	100			
0.90	10	20	30	40	50					

TABLA 5.- USO DEL CABLE MENSAJERO DE 6.35 mm DE DIAMETRO

Diámetro Nominal del conductor (mm)	Número de Pares									
	0.40							300	400	
0.50							200	300		
0.64				150	200					
0.90		70	100							

5.2 Ecuación de Cambio de Estado

Las condiciones iniciales de instalación de un cable: tensión, flecha y longitud, no permanecen constantes en el transcurso del tiempo ya que estas dependen de las condiciones de temperatura, presión del viento, tiro mecánico: estas experimentan una variación geométrica en su longitud, debido a los efectos físicos de dilatación por cambio de temperatura y a la variación por la tensión mecánica que está sometido (tiro y presión de viento).

Suponiendo las deformaciones elásticas, se tiene que la suma de ambas se igualan a la variación geométrica total.

$$\Delta L_{TOTAL} = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde:

ΔL_1 = variación de longitud de cable por cambio de temperatura

ΔL_2 = variación de longitud de cable por cambio de tensión mecánica

ΔL_{total} = variación de longitud equilibrada como consecuencia de la combinación de L_1 y L_2

Sabemos:

Por cambio de temperatura: $\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_1)$

Por cambio de tensión: $\Delta L_2 = \frac{L_1 (T_0_2 - T_0_1)}{AE}$

Además: $\Delta L_{TOTAL} = L_2 - L_1$

Reemplazando respectivamente en Ec. 5.1

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha (t_2 - t_1) + \frac{L_1 (T_{o2} - T_{o1})}{AE} \quad \text{Ec. 5.2}$$

Donde:

L_2 = longitud final del cable (m)

L_1 = longitud inicial del cable (m)

α = coeficiente de dilatación lineal ($1/^\circ\text{C}$)

t_2 = temperatura final ($^\circ\text{C}$)

t_1 = temperatura inicial ($^\circ\text{C}$)

T_{o2} = tensión final en el punto más bajo del cable (kg/m)

T_{o1} = tensión inicial en el punto más bajo del cable (kg/m)

A = sección del cable mensajero (mm^2)

E = módulo de elasticidad del cable (kg/mm^2)

De Ec. 4.9

$$L_2 = d + \frac{d^3 w_2^2}{24 T_{o2}^2}$$

$$L_1 = d + \frac{d^3 w_1^2}{24 T_{o1}^2}$$

Donde:

$$w_2 = \sqrt{w_{c2}^2 + w_{v1}^2}$$

$$w_1 = \sqrt{w_{c2}^2 + w_{c1}^2}$$

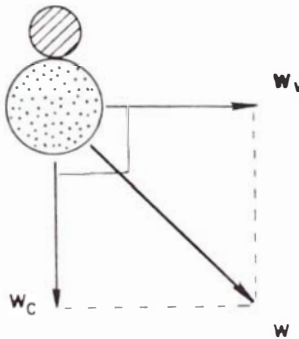
w_2, w_1 = carga unitaria resultante en el cable
en las condiciones final e inicial (k-g/m)

w_{c2}, w_{c1} = peso unitario propio del cable (k-g/m)

w_{v2}, w_{v1} = fuerza unitaria por acción del viento (k-g/m)

d = vano (m)

Debido a:



Reemplazando en la Ec. 5.2

$$\left[d + \frac{w_2 \cdot d^3}{24 T_{o2}} \right] - \left[d + \frac{w_1 \cdot d^3}{24 T_{o1}} \right] = L_1 \alpha (t_2 - t_1) + L_1 \frac{(T_{o2} - T_{o1})}{AE}$$

Para nuestro caso, debido a que la flecha no es de gran magnitud, se puede considerar que "d" difiere poco de "L1" y podemos dividir por "d" al primer miembro y por

"L1" al segundo sin cometer errores sensibles;

ordenando términos:

$$\frac{T_{o2} - T_{o1}}{AE} + \alpha (t_2 - t_1) + \frac{w_1^2 \cdot d^2}{24 T_{o1}^2} = \frac{w_2^2 \cdot d^2}{24 T_{o2}^2}$$

Multiplicando por $\frac{T_{o2}^2}{A^2}$. En ambos términos

$$\frac{T_{o2}^2}{A^2} \left[\frac{T_{o2} - T_{o1}}{A} + \alpha E (t_2 - t_1) + \frac{w_1^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 \cdot T_{o1}^2} \right] = \frac{w_2^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 A^2}$$

Empleando el concepto de esfuerzo unitarios

$$\sigma_{o2} = \frac{T_{o2}}{A} \quad \text{y} \quad \sigma_{o1} = \frac{T_{o1}}{A}$$

$$\sigma_{o2}^2 \left[\sigma_{o2} + \alpha \cdot E \cdot (t_2 - t_1) + \frac{w_1^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 A^2 \cdot \sigma_{o1}^2} - \sigma_{o1} \right] = \frac{w_2^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 A^2} \quad \dots\dots\dots \text{Ec. 5.3}$$

Corresponde a la llamada ecuación de cambio de estado; la variable a determinar es " σ_{o2} " y el método utilizar es por iteraciones sucesivas (Método de Newton).

De una manera práctica haremos:

$$\sigma_{o2}^2 \left[\sigma_{o2} + M \right] = N \quad \dots\dots\dots \text{Ec. 5.4}$$

Donde:

$$M = \left[\alpha \cdot E \cdot (t_2 - t_1) + \frac{w_1^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 A^2 \cdot \sigma_{o1}^2} - \sigma_{o1} \right]$$

$$N = \frac{w_2^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 A^2}$$

Para resolver esta ecuación de tercer grado, con una variable, es decir, una función polinómica, creciente o decreciente, es correcto aplicar el Método de Newton; el cual consiste en:

$$x'' = x' + \frac{f(x)}{f'(x)}$$

Haremos:

$$x = \sigma_{o_2}$$

y de Ec. 5.4:

$$f(x) = \sigma_{o_2}^3 (\sigma_{o_2} + M) - N$$

$$f'(x) = 3 \sigma_{o_2}^2 + 2 M \sigma_{o_2}$$

Reemplazando variables:

$$\sigma_{o_2}'' = \sigma_{o_2}' + \frac{\sigma_{o_2}'^3 (\sigma_{o_2}' + M) - N}{3 \sigma_{o_2}'^2 + 2 M \sigma_{o_2}'} \quad \dots \quad \text{Ec. 5.5}$$

Iniciamos el proceso iterativo con: $\sigma_{o_2}' = \sigma_{o_1}$

Hasta obtener: $\left| \sigma_{o_2}'' - \sigma_{o_2}' \right| < 0.00001$

Para lo cual, entonces: $\sigma_{o_2} = \sigma_{o_1}'$

Dado que el proceso es repetitivo, hacemos uso de un programa en lenguaje basic para acelerarlo; según sea el caso.

Los valores numéricos de los parámetros, los obtenemos de acuerdo a las características para cada cable, vano, temperatura y velocidad del viento.

5.3 Hipótesis de Cálculo

El esfuerzo mecánico que se presenta en los cables varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas (presión de viento, temperatura). Es necesario para el cálculo establecer y analizar los casos críticos; debido que no existe uno solo de estos casos que se pueda decir, se dan siempre las condiciones críticas; de acuerdo al Código Nacional de Electricidad; formulamos cuando menos 3 hipótesis básicas de trabajo, las cuales denominaremos:

HIPOTESIS I. DE ESFUERZO MAXIMO

Se analiza el caso de máxima exigencia del conductor consideraremos:

Minima temperatura

- Velocidad de viento maxima
- Factor de seguridad menor

Para estas condiciones consideraremos un menor factor de seguridad dado que las condiciones son de extrema exigencia de trabajo.

El valor considerado es recomendado por el fabricante y por administraciones telefónicas internacionales.

HIPOTESIS II. DE CONDICIONES DE TEMPLADO

Se analiza las condiciones de instalación y operación normal del cable, consideraremos:

Temperatura promedio

Presión de viento promedio

- Factor de seguridad mayor

Las condiciones atmosféricas se analizan del reporte proporcionado por el SENAMHI; y el valor de factor de seguridad es mayor, dado que las exigencias de trabajo del cable son menores.

HIPOTESIS III. DE FLECHA MÁXIMA

Se establece las condiciones de máximo acercamiento del cable al terreno. Estas condiciones generalmente se presenta cuando se tiene:

- Máxima temperatura

Sin viento

..

En algunos casos es necesario analizar la siguiente variante:

HIPOTESIS IV. ALTERNATIVA DE MÁXIMA FLECHA

- Máxima temperatura

- Máxima velocidad de viento

En este caso debe proyectar la flecha obtenida al plano vertical para los fines de comparación con el resultado de la Hipótesis III y consideramos el caso crítico de los dos.

5.4 Cálculo de Esfuerzos, Flechas y Longitud de Cable - Tablas

A) Peso Propio del Cable " w_c "

Es el peso del cable solo, expresado en kg/m

Para cable autoportado, considerar el peso del cable indicado en la Tabla 6.

- Para cable cilíndrico devanado considerar la suma del cable cilíndrico, cable mensajero y alambre para devanar, indicado en la Tabla 10.

A continuación tenemos las tablas comparativas de características de los cables utilizarse.

Para nuestro cálculo utilizaremos los valores de la norma ITINTEC, puesto que cualquier fabricante tiene que adecuarse a estas especificaciones.

TABLA 6
CABLE AUTOSOPORTADO (FIGURA 8)

CALIBRE DE CONDUCTOR	N° DE PARES	I T I N T E C		
		ALTURA TOTAL (mm)	PESO PROPIO (kg/m)	MENSAJERO \varnothing (mm)
0.4	20	23	0.304	4.76
	50	25	0.400	4.76
	100	30	0.591	4.76
	200	37	0.962	4.76
	300	44	1.411	6.35
0.5	20	23	0.320	4.76
	50	28	0.497	4.76
	100	33	0.782	4.76
	200	43	1.417	6.35
	300	48	1.935	6.35

TABLA 7
CABLE CILINDRICO (NUCLEO DE AIRE)

CALIBRE DE CONDUCTOR	N° DE PARES	I T I N T E C	
		ALTURA TOTAL (mm)	PESO PROPIO (kg/m)
0.4	20	13	0.151
	50	15	0.264
	100	20	0.450
	200	28	0.831
	300	32	1.184
0.5	20	13	0.184
	50	18	0.365
	100	23	0.638
	200	31	1.193
	300	37	1.730

TABLA 8.- CABLE MENSAJERO (ACERO GALVANIZADO TREFILADO)

Ø NOMINAL (mm)	N° DE HILOS	SECCION NETA (mm ²)	TENSION DE ROTURA MINIMA DEL CABLE		MODULO DE ELASTICIDAD (Kg/mm ²)	COEF. DE DILATACION (1/°C)	PESO PROPIO kg/mts
			Kg/mm ²	Kg			
4.76	7	13.64	132.6	1,808	18,500	11.5x10 ⁻⁶	0.108
6.35	7	22.66	133.2	3,018	18,500	11.5x10 ⁻⁶	0.180

TABLA 9.- ALAMBRES PARA DEVANAR

Ø NOMINAL (mm)	PESO PROPIO (gr/m)	PESO PROPIO DE ALAMBRE DEVANADO (Kg/m)	ROLLO DE EMBALAJE	USO (PARA DEVANAR)
1.143	0.008	0.005	2.75 Kg ----- 365 mt	20, 50, 100, 200, FARES
1.651	0.016	0.018	3.2 Kg ----- 198 mt	300 FARES

TABLA 10.- CABLE CILINDRICO DEVANADO (CABLE CILINDRICO +
CABLE MENSAJERO + ALAMBRE PARA DEVANAR)

CALIBRE	N° DE FARES	I T I N T E C		
		ALTURA TOTAL (mm)	PESO PROPIO (Kg/m)	MENSAJERO Ø (mm)
0.4	20	18	0.268	4.76
	50	20	0.381	4.76
	100	25	0.567	4.76
	200	33	0.948	4.76
	300	38	1.382	6.35
0.5	20	18	0.301	4.76
	50	23	0.381	4.76
	100	28	0.567	4.76
	200	37	1.391	6.35
	300	43	1.928	6.35

B) Sobrecargas en los Cables

Las sobrecargas en los cables pueden ser debidas a la presion del viento, o al peso de una "costra" de hielo que se pudiera formar sobre los cables, debido las condiciones atmosfericas. En todo caso para nuestro proposito solo consideraremos la presion del viento puesto que dentro del area de concesion de la C.F.T. S.A. no se da el fenomeno de formacion de hielo.

El estudio de la presion del viento sobre una superficie batida, por el mismo, es un problema muy complejo. Por lo tanto, nos limitaremos a exponer como puede calcularse de forma elemental, la sobrecarga de viento en un cable; utilizado con excelentes resultados en el tendido de lineas electricas de alta tension:

La presion que ejerce el viento en función de su velocidad se determina así:

$$P = C_{\Delta} \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right)$$

Donde:

P = presion del viento (kg/m²)

C_{Δ} = coeficiente aerodinamico $C_{\Delta} = 1$ para conductores,
 $C_{\Delta} = 2$ para estructuras

Usaremos $C_{\Delta} = 1.5$

$$\rho = 0.125 \frac{\text{kg } \gamma \text{ seg}^2}{\text{m}^4} \text{ (densidad relativa del aire)}$$

V = Velocidad del viento (m/seg)

A partir de dicha expresion podemos obtener la presion unitaria por metro lineal de cable. Considerando el area proyectada de superficie cilindrica, es decir la altura total del cable. A su vez es util expresar la presion unitaria en funcion de la velocidad del viento, para lo cual tenemos la siguiente expresion.

$$P = 1.5 \left(\frac{1}{2} \times 0.123 \times \frac{1}{3.6^2} \right) \times V^2 \times h \times C_R \quad \text{Ec. 5.6}$$

$$P = 0.007 \times V^2 \times h \times C_R$$

= presion unitaria de viento por metro lineal de cable (kg/m)

V = velocidad de viento (km/hora)

C_R = coeficiente de reduccion

$C_R = 0.6$ para superficies cilindricas

$C_R = 1$ para superficies planas

Consideraremos:

$C_R = 0.6$ para postes

$C_R = 0.65$ para cables

Reemplazando valores en Ec. 5.6, tenemos:

$$\text{para postes} \quad P = 0.0042 \times V^2 \times h \quad (\text{kg/m}) \quad \text{Ec. 5.7}$$

$$\text{para cables} \quad P = 0.0045 \times V^2 \times h \quad (\text{kg/m}) \quad \text{Ec. 5.8}$$

V = velocidad del viento (km/hora)

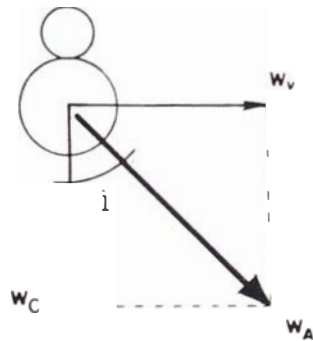
h = altura total de cable (m)

C) Peso aparente de Cable " w_A "

Las cargas que actúan sobre el cable son

w_C = peso propio de cable (kg/m)

w_V = presión unitaria del viento (kg/m)



Puesto que " w_C " actúa verticalmente hacia abajo y w_V horizontal, el peso aparente del cable se puede calcular de la siguiente forma:

$$w_A = \sqrt{w_C^2 + w_V^2} \quad \text{kg/m} \quad \text{Ec. 5.9}$$

D) Coeficiente de Sobrecarga " m "

Le llamaremos así la relación entre el peso aparente y el peso propio del cable.

$$m = \frac{w_A}{w_C} = \frac{\sqrt{w_C^2 + w_V^2}}{w_C} \quad \text{Ec. 5.10}$$

también:

$$\cos i = \frac{1}{m} \quad \text{Ec. 5.11}$$

Para calcular los valores del peso aparente y coeficiente de sobrecarga se plantean las condiciones de las 3 hipótesis antes analizadas.

E) Flecha Vertical

Cuando se considera la presión que ejerce el viento sobre el cable se observa que este produce el efecto de "elevar" el cable. Al haber sobrecarga de viento la flecha será inclinada y no vertical, ya que el plano del cable quedará inclinado respecto al vertical que pase por los dos apoyos del cable.

Para efecto de cálculo consideraremos siempre la proyección vertical de la flecha inclinada. De acuerdo a la Fig. 12 podemos establecer:

$$\text{Flecha vertical} = \text{Flecha inclinada} \times \cos i$$

Como:

$$m = \frac{1}{\cos i} \quad (\text{coef. de sobrecarga})$$

Entonces:

$$\text{Flecha Vertical} = \frac{\text{Flecha inclinada}}{m} \quad \text{Ec. 5.12}$$

F) Vano ideal de regulación

Durante el tensado de los conductores en la práctica se presenta los hechos siguientes:

- Se debe templar los conductores en tramos comprendidos entre 2 anclajes.

- Generalmente las longitudes de los vanos contiguos difieren entre si.
- Usualmente predominan los vanos alineados en cada tramo de cables comprendidos entre 2 anclajes.

Si adoptamos el criterio de establecer la relacion tension-flecha vano por vano, en funcion de las longitudes de cada uno de ellos, las tensiones aplicadas a los soportes ubicados entre 2 vanos de diferente longitud, serian diferentes, y por consecuencia si se trata de un poste en alineamiento, este tendera a inclinarse hacia el vano de mayor tension. Esta situacion seria inapropiada, por lo tanto, debe ser resuelta.

Como en una ruta de cable constituido por una serie de postes alineados, limitada por 2 anclajes, no deben absorber las diferencias de tensado que se puedan presentar debido a las distintas longitudes de los vanos de la ruta, a diferentes tipos de cables a posibles desniveles, las variaciones de temperatura, o a las condiciones meteorologicas, se admite que las tensiones de los cables, deben ser iguales en todos los vanos y variará como lo haria en un vano teórico que le llamamos "vano ideal de regulaci3n".

En la practica, los vanos que existan en una ruta de cable limitado por 2 postes de anclaje serán mas o menos distintos entre si, puesto que la configuracion del terreno y ubicacion de demanda obligará a ello.

Es necesario, por consiguiente, calcular una tabla de regulación de modo que la tensión de los cables sea uniforme a lo largo de todo el tramo alineado.

Para determinar el vano ideal de regulación usaremos la ecuación de cambio de estado (de Ec. 4.9 y Ec. 5.2).

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$\frac{L^3}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right] = L \left[\alpha(t_2 - t_1) + \frac{\sigma_{o2} - \sigma_{o1}}{E} \right]$$

La misma ecuación, generalizada al tramo de cable, se obtiene haciendo la suma de las ecuaciones de cambio de estado correspondientes a cada uno de los vanos de longitudes $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ que lo conforman. La ecuación generalizada es de la forma:

$$\Sigma \Delta L = \Sigma (L_2 - L_1)$$

$$\frac{1}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right] \Sigma l^3 = \left[\alpha(t_2 - t_1) + \frac{(\sigma_{o2} - \sigma_{o1})}{E} \right] \Sigma l$$

Donde:

$$\Sigma l^3 = l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3$$

$$\Sigma l = l_1 + l_2 + \dots + l_n$$

$$\frac{1}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right] \frac{\Sigma l^3}{\Sigma l} = \alpha(t_2 - t_1) + \frac{(\sigma_{o2} - \sigma_{o1})}{E}$$

También se cumple para el vano ideal de regulación (L_R):

$$\frac{L_R^2}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right] = \alpha (t_2 - t_1) + \frac{(\sigma_{o2} - \sigma_{o1})}{E}$$

Igualando y simplificando las ecuaciones:

$$\frac{1}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right] \frac{\Sigma 1^3}{\Sigma 1} = \frac{L_R^2}{24} \left[\frac{w_2^2}{\sigma_{o2}^2} - \frac{w_1^2}{\sigma_{o1}^2} \right]$$

$$\therefore L_R = \sqrt{\frac{\Sigma 1^3}{\Sigma 1}} \quad \text{Ec. 5.13}$$

En rigor esta expresión es sólo aplicable si los apoyos se encuentran al mismo nivel o ligeramente desnivelados.

En forma práctica también puede calcularse por:

$$L_R = l_{\text{promedio}} + \frac{2}{3} (l_{\text{máx}} - l_{\text{promedio}}) \quad \text{Ec. 5.14}$$

según UNESA 3.413A, Pág. 4.

Siendo:

L_R = vano ideal de regulación

l_{promedio} = media aritmética de los vanos componentes del tramo.

l_{max} = vano de mayor longitud

Si comprendemos que las longitudes reales de los vanos no se conocen sino después de realizar la distribución de postes y para realizar dicha labor se requiere haber concluido con los cálculos mecánicos del cable, se comprenderá que en un caso real, el valor del vano ideal debería calcularse por un proceso iterativo.

6) Tensión de cada día (T.C.D)

Por la experiencia adquirida se llegó a la conclusión de que cuanto más elevada sea la tensión mecánica de un cable mayores son las probabilidades de que aparezca en el fenómeno de vibraciones.

Por la importancia de este fenómeno se estima adecuado recomendar límites para la tensión mecánica del conductor, de tal forma de eliminar o atenuar la presencia de vibraciones que ocasionan roturas de hilos componentes del conductor o cables.

Se llega así a un concepto nuevo, llamado "tensión de cada día", la cual se define de cualquiera de las siguientes formas:

- La tensión a que esté sometido el cable la mayor parte del tiempo correspondiente a la temperatura media o próxima a esta, sin que exista sobrecarga alguna.

- La tensión máxima admisible en un cable durante el periodo de tiempo más largo del año sin que experimente vibraciones eólicas.

Cabe resaltar que no hay uniformidad de criterio entre los especialistas y se comprende que así sea, debido a que los fenómenos vibratorios tienen diversos factores como las características topográficas, temperatura de cada día, cuantificación de la frecuencia e intensidad de los vientos suaves, que son los que causan las vibraciones de conductores más peligrosas.

Existe el criterio conservador que recomienda, aunque se coloquen accesorios antivibratorios, no se debe sobrepasar del siguiente valor:

T.C.D. = 25% (porcentaje del tiro de rotura) que es el valor que asumiremos para nuestro cálculo, es decir factor de seguridad = 4.

El valor representativo de la tensión de cada día se acostumbra a expresarlo en tanto por ciento de la carga de rotura del cable y está ligado a una temperatura que se llama "temperatura de cada día".

H) Temperatura de cada día

El valor de la tensión de cada día está relacionado con una temperatura llamada de cada día, la cual se

recomienda sea la media aritmética de las temperaturas medias diarias registradas mas de diez dias al año.

La temperatura media es la media aritmética de las registradas durante el día (a las 7.00, 13.00, 19.00 horas).

La temperatura media diaria es la que se presenta en mayor frecuencia durante el año.

Del análisis del informe de SENAMI (Ver Apéndice)

Podemos establecer lo siguiente:

TABLA 11

MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMB	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMB
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	1.9	1.9	1.8	1.7	1.8	1.6	1.5	1.3	1.5	1.9	1.8	1.9
TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA °C	29.2	29.4	29.6	29	27.5	25.9	22.4	21.1	20.3	21.4	23.7	27.3
TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA °C	18.6	19.3	18.6	17.1	14.8	14.3	13.4	12.8	13.1	13.8	14.8	17.8
TEMPERATURA MEDIA °C	22.2	22.9	22.6	21.0	18.9	17.6	16.6	16.1	16.2	17.3	18.8	21

De acuerdo al reporte de SENAMHI y al código Nacional de Electricidad consideraremos:

Temp. máxima = 40°C

Temp. mínima = 5°C

Velocidad viento máxima = 75 km/h

Velocidad viento mínima = 0 km/h

Temperatura de cada día = 20°C

Condiciones de
Templado

- Sin viento

- Temperatura: 15°C, 20°C, 25°C.

Se consideran estos 3 valores para simplificar la elaboración de las tablas de templado: dado que los cables pueden ser instalados en cualquier día del año y las temperaturas respectivas varían alrededor de estos valores.

Al instalar los cables, de acuerdo al mes, consideramos:

15°C - para julio, agosto, setiembre.

20°C - para mayo, junio, octubre, noviembre

25°C para enero, febrero, marzo, abril, diciembre.

I) Tabla de regulación del cable

Fuente que como se sabe las líneas están formadas por un conjunto de vanos distintos entre sí, la

regulación de los cables hay que hacerla en función del "vano ideal de regulación" de cada ruta comprendida entre dos anclajes.

Así pues, las longitudes de vano que figuran en la tabla de regulación corresponden a los diversos vanos que pueda haber a lo largo de la línea. En la tabla deben figurar tanto las tensiones como las flechas correspondientes. Se calcula para todas las temperaturas que se estime puedan presentarse; en nuestro caso, 5°, 15°, 20°, 25°, 40°.

Fuesto que para cada temperatura la tensión ha de ser uniforme, sea cualquiera la longitud de los vanos de la ruta limitada por dos postes de anclaje, el cálculo de las distintas flechas es sencillísimo ya que la flecha correspondiente a un determinado vano es proporcional al cuadrado de la longitud del mismo.

En efecto, para dos vanos cualesquiera l_1 y l_2 , sus flechas serán respectivamente:

$$f_1 = \frac{l_1^2 \cdot w_1}{8T_1} \quad \text{y} \quad f_2 = \frac{l_2^2 \cdot w_2}{8T_2}$$

De cumplirse $T_1 = T_2$ entonces:

a) Si $w_1 = w_2$

$$f_2 = f_1 \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^2 \dots \dots \dots \text{Ec. 5.15}$$

b) si $w_1 \neq w_2$, entonces:

$$f_2 = f_1 \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^2 \frac{w_2}{w_1} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.16}$$

Esto es, cuando los cables que soporta el poste a ambos lados son de diferentes pesos unitarios.

Por ejemplo:

Si " f_1 " es la flecha ya calculada para el vano l_1 , 50 m. (supuesto) a una temperatura cualquiera " t ", la fórmula permite determinar la serie de flechas " f_2 " a dicha temperatura " t " para la serie de vanos de longitudes l_2, l_3, \dots, l_n .

De acuerdo a las definiciones anteriores y a la secuencia mostrada en la fig. 3.11, podemos establecer, referente a las condiciones atmosféricas, los siguientes criterios:

Según el Código Nacional de Electricidad del Perú:

$$T_{MIN} = 5^\circ$$

$$T_{MAX} = 40^\circ$$

$$\text{Velocidad Viento}_{max.} = 75 \text{ km/h}$$

Sin formación de hielo.

De acuerdo al análisis de la información proporcionada por Senamhi:

$T_{MIN} = 17^{\circ}$

$T_{MAX} = 30^{\circ}$

Veloc. Viento_{min.} = 10.8 km/h

Sin formación de hielo.

Lo cual determina para propósito de su utilización en las hipótesis de cálculo lo siguiente:

Hipótesis I: Max. esfuerzo

$T_{min.} = 5^{\circ}$

Veloc. Viento_{max.} = 75 km/h

Fact. seguridad = 3

Hipótesis II: Condiciones de templado

Temp. de cada día = 20°C

Temp. consideradas = 15°, 20° y 25°C.

Tensión de cada día = 25% tensión ruptura
(factor de seg. = 4)

Sin viento.

Hipótesis III : Flecha Máxima

$T_{max.} = 40^{\circ}$

Sin viento

Hipotesis IV: Flecha max. alternativa

$T_{max.} = 40^{\circ}C$

Veloc. Viento $_{max.} = 75$ km/h

Análisis de Hipótesis:

Al realizar los cálculos partiendo de la Hip. I (factor seg. 3) hacia la Hipót. II. El valor de fact. de seguridad es inferior a 4, no cumple la condición. Por lo tanto reiniciamos el cálculo partiendo de la hipótesis II (fact. seg. 4) hacia la Hipót. I, en este caso el factor de seguridad resulta mayor que 3 lo cual cumple la condición. Por lo cual se optó por este procedimiento; realizando los cálculos de acuerdo a las características de cables de 20, 50, 100, 200, 300 pares (ver tab. 6) de acuerdo al vano (cada 5.0 m) y de acuerdo a la temperatura (5°, 15°, 20°, 25°, 40°C).

Elaboramos un programa en lenguaje BASIC, en base a la ecuación de cambio de estado (Ec. 5.3), el cual presentamos a continuación:

P09: "Vanos Ideales en Tramos Anclados, características de Instalación"

```
5 CLEAR
10 INPUT "T01";T
15 INPUT "AREA MENS";A
17 INPUT "WC";WC,"ALT.CAB";H
30 INPUT "T1";T1
50 INPUT "VV1";V1
55 INPUT "VANO";L
60 INPUT "T2";T2
70 INPUT "VV2";V2
85 K=(T/A)
90 Y1=(.0045*V1^2*H/1000)
93 Y2=(.0045*V2^2*H/1000)
95 W1=SQR(WC^2+Y1^2)
100 W2=SQR(WC^2+Y2^2)
105 M=((11.5*10^-6*18500)*(T2-T1)+
      (W1^2*L^2*18500/24/A^2/K^2)-K)
110 N=(W2^2*L^2*18500/24/A^2)
190 J=K
200 F=(J^3+M*J^2-N)
210 F1=(3*J^2+2*M*J)
220 J1=(J-(F/F1))
230 IF ABS (J1-J)<0.00001 THEN 300
240 J=J1
250 GOTO 200
300 U=(J*A)
302 PRINT "SOLUC. K02 =";J
303 PRINT "P.APRTE = KG";W2
304 PRINT "T02 = KG";U
305 G=(W2/WC)
310 FV=((L^2*W2)/(8*U*G))
315 PRINT "FLECHA = M";FV
317 LC=(L+(L^3*W2^2/24/U^2))
319 PRINT "LONG.CAB = M";LC
325 INPUT "IGUAL VANO? SI=0/NO=1";Z
327 IF Z=0 THEN 60
330 GOTO 55
```

Estos resultados los mostramos en la Tabla 12.

De la Hipótesis III e Hipótesis IV, se optó por considerar la Hip. III, que de acuerdo a los resultados obtenidos y mostrados en la Tabla 12 es la hipótesis crítica (mayor flecha vertical).

HIP. I (CON VIENTO) - FACT. SEG. (CABLE) = 3
HIP. II (SIN VIENTO) - FACT. SEG. (CABLE) = 4

TABLA 12.- VANDOS IDEALES EN TRAMOS ANCLADOS, CARACTERISTICAS

		V A N O I D E A L															
CAP. (TON)	VELOC. (M/HR)	L = 25 M		L = 30 M		L = 35 M		L = 40 M		L = 45 M							
CABLE PERA DE	PESO APARENT (KG/M)	T(Kg)	fu (M)	T(Kg)	fu (M)	T(Kg)	fu (M)	T(Kg)	fu (M)	T(Kg)	fu (M)	T(Kg)	fu (M)				
CANT. TURAS	TIPO	Long.		Long.		Long.		Long.		Long.		Long.					
20	5	0.657	474.12	25.000	0.050	479.05	0.072	30.002	482.50	0.096	35.003	487.38	0.125	40.005	492.64	0.156	45.007
	10	0	0.304	450.00	0.053	450.00	0.076	30.001	450.00	0.103	35.000	450.00	0.135	40.001	450.00	0.171	45.002
	15	0	0.304	435.69	0.055	435.69	0.078	30.001	435.69	0.107	35.001	435.69	0.139	40.001	436.12	0.176	45.002
	20	0	0.304	421.40	0.056	421.40	0.081	30.001	421.40	0.110	35.001	422.03	0.144	40.001	420.30	0.182	45.002
	25	0	0.304	407.14	0.058	407.14	0.084	30.001	407.14	0.114	35.001	408.13	0.149	40.001	408.54	0.188	45.002
50	5	0.749	475.60	25.000	0.065	481.18	0.094	30.001	486.95	0.127	35.001	494.28	0.154	40.002	494.86	0.195	45.002
	10	0	0.304	450.00	0.065	450.00	0.094	30.001	450.00	0.127	35.001	450.00	0.154	40.002	450.00	0.195	45.002
	15	0	0.304	435.69	0.067	435.69	0.094	30.001	435.69	0.127	35.001	435.69	0.154	40.002	435.69	0.195	45.002
	20	0	0.304	421.40	0.068	421.40	0.094	30.001	421.40	0.127	35.001	421.40	0.154	40.002	421.40	0.195	45.002
	25	0	0.304	407.14	0.069	407.14	0.094	30.001	407.14	0.127	35.001	407.14	0.154	40.002	407.14	0.195	45.002
100	5	0.962	485.38	30.004	0.137	491.63	0.184	35.000	498.24	0.220	40.000	505.07	0.263	45.000	511.90	0.306	45.009
	10	0	0.591	450.00	0.148	450.00	0.201	35.003	450.00	0.263	40.005	450.00	0.306	45.000	450.00	0.352	45.007
	15	0	0.591	436.51	0.152	436.51	0.207	35.003	436.51	0.270	40.005	436.51	0.306	45.000	436.51	0.352	45.007
	20	0	0.591	423.12	0.157	423.12	0.214	35.003	423.12	0.278	40.005	423.12	0.306	45.000	423.12	0.352	45.007
	25	0	0.591	409.83	0.162	409.83	0.220	35.004	409.83	0.284	40.005	409.83	0.306	45.000	409.83	0.352	45.007
200	5	1.343	484.86	40.006	0.166	491.24	0.220	45.000	498.24	0.295	50.000	505.07	0.338	55.000	511.90	0.381	55.009
	10	0	0.962	450.00	0.172	450.00	0.247	40.005	450.00	0.306	45.000	450.00	0.352	45.007	450.00	0.398	45.018
	15	0	0.962	437.27	0.177	437.27	0.254	40.006	437.27	0.313	45.000	437.27	0.352	45.007	437.27	0.398	45.018
	20	0	0.962	424.67	0.182	424.67	0.261	40.006	424.67	0.320	45.000	424.67	0.352	45.007	424.67	0.398	45.018
	25	0	0.962	412.23	0.188	412.23	0.268	40.006	412.23	0.327	45.000	412.23	0.352	45.007	412.23	0.398	45.018
300	5	1.798	491.74	50.009	0.170	498.24	0.239	55.000	505.07	0.316	60.000	511.90	0.359	65.000	518.42	0.402	65.009
	10	0	1.411	450.00	0.172	450.00	0.247	40.005	450.00	0.306	45.000	450.00	0.352	45.007	450.00	0.398	45.018
	15	0	1.411	438.24	0.177	438.24	0.254	40.006	438.24	0.313	45.000	438.24	0.352	45.007	438.24	0.398	45.018
	20	0	1.411	426.67	0.182	426.67	0.261	40.006	426.67	0.320	45.000	426.67	0.352	45.007	426.67	0.398	45.018
	25	0	1.411	415.14	0.188	415.14	0.268	40.006	415.14	0.327	45.000	415.14	0.352	45.007	415.14	0.398	45.018
400	5	2.257	491.74	75.015	0.170	498.24	0.239	70.000	505.07	0.316	75.000	511.90	0.359	80.000	518.42	0.402	80.009
	10	0	1.411	450.00	0.172	450.00	0.247	40.005	450.00	0.306	45.000	450.00	0.352	45.007	450.00	0.398	45.018
	15	0	1.411	438.24	0.177	438.24	0.254	40.006	438.24	0.313	45.000	438.24	0.352	45.007	438.24	0.398	45.018
	20	0	1.411	426.67	0.182	426.67	0.261	40.006	426.67	0.320	45.000	426.67	0.352	45.007	426.67	0.398	45.018
	25	0	1.411	415.14	0.188	415.14	0.268	40.006	415.14	0.327	45.000	415.14	0.352	45.007	415.14	0.398	45.018

TABLA 12.- VANDOS IDEALES EN TRANÇOS ANCLADOS, CARACTERISTICAS: HIP. I (CON VIENTO) .- FACT. SEG. (CABLE) = 3
 HIP. II (SIN VIENTO) .- FACT. SEG. (CABLE) = 4

CAP. (CANT. PARES)	TEM- FERRA (°C)	PESO APARENT (Kg/m)	L = 50 m	L = 55 m	L = 60 m	L = 65 m	L = 70 m	L = 75 m
			T(Kg) fu (m)	T(Kg) fu (m)	T(Kg) fu (m)	T(Kg) fu (m)	T(Kg) fu (m)	T(Kg) fu (m)
			Long.	Long.	Long.	Long.	Long.	Long.
20	5	0.657	498.20	504.00	510.01	516.16	522.43	528.76
	10	0.304	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
	15	0.304	436.26	436.41	436.57	436.74	436.92	437.11
	20	0.304	422.58	422.58	422.23	423.59	423.96	424.34
	25	0.304	409.00	409.49	410.01	410.55	411.13	411.72
30	5	0.304	395.50	396.17	396.89	397.65	398.44	399.26
	10	0.304	368.81	369.91	371.07	372.29	373.55	374.85
	15	0.657	416.35	424.55	432.82	441.14	449.45	457.72
	20	0.249	502.16	508.36	514.68	521.10	527.55	534.01
	25	0.4	436.77	437.01	437.26	437.52	437.79	438.07
50	5	0.4	423.65	424.14	424.66	425.20	425.75	426.32
	10	0.4	410.64	411.41	412.21	413.03	413.89	414.75
	15	0.4	397.77	398.82	399.92	401.05	402.21	403.39
	20	0.4	372.49	374.16	375.90	377.67	379.48	381.30
	25	0.749	424.09	432.92	441.75	450.51	459.18	467.73
100	5	0.962	512.01	518.99	525.93	532.79	539.53	546.11
	10	0.591	458.01	458.00	458.00	458.00	458.00	458.00
	15	0.591	438.01	438.43	438.85	439.28	439.70	440.12
	20	0.591	426.19	427.04	427.90	428.76	429.61	430.45
	25	0.591	414.56	415.85	417.16	418.46	419.74	421.01
200	5	0.962	403.12	404.87	406.63	408.38	410.14	411.88
	10	0.591	380.89	383.58	386.27	388.91	391.49	394.00
	15	0.962	442.12	452.14	461.92	471.41	480.60	489.49
	20	0.578	519.77	526.21	532.32	538.09	543.53	548.73
	25	0.668	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
300	5	0.962	440.65	441.29	441.89	442.48	443.06	443.63
	10	0.692	431.50	432.78	434.06	435.34	436.61	437.88
	15	0.962	422.57	424.48	426.27	428.06	429.84	431.61
	20	0.962	413.86	416.36	418.75	421.13	423.51	425.88
	25	1.343	463.43	473.41	482.74	491.41	500.00	508.59
300	5	1.798	826.24	833.09	839.71	846.11	852.32	858.43
	10	1.411	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00
	15	1.411	733.10	734.09	735.04	735.94	736.83	737.72
	20	1.411	716.56	718.53	720.43	722.33	724.23	726.12
	25	1.411	700.37	703.33	706.17	708.99	711.72	714.45
300	5	1.411	694.55	698.00	701.26	704.43	707.51	710.58
	10	1.411	654.05	659.92	665.49	670.76	675.73	680.40
	15	1.798	721.72	734.66	746.97	758.64	769.67	780.04
	20	1.411	716.56	718.53	720.43	722.33	724.23	726.12
	25	1.411	700.37	703.33	706.17	708.99	711.72	714.45
300	5	1.798	716.56	718.53	720.43	722.33	724.23	726.12
	10	1.411	700.37	703.33	706.17	708.99	711.72	714.45
	15	1.411	694.55	698.00	701.26	704.43	707.51	710.58
	20	1.411	678.36	681.51	684.56	687.51	690.36	693.11
	25	1.411	662.17	665.12	667.97	670.72	673.37	675.92

5.5 Consideraciones en cables devanados

Sabemos que para instalar un cable devanado primero se fija el mensajero y luego se suspende el cable cilíndrico a lo largo de éste mediante un devanado de alambre galvanizado de poca sección. Para esta condición final utilizaremos los mismos valores para cada cable autoportado (ver Tabla 12).

Con esto aseguramos la compatibilidad de los dos tipos de cables a fin de poder realizar su uso combinado.

La particularidad del uso de este cable devanado es el valor inicial de tensión de mensajero, de tal manera que al agregarse el cable cilíndrico debidamente devanado se comporte como el autoportado ya instalado.

Para determinar este valor aplicamos de Ec. de cambio de estado Ec.(5.3) usando un programa en lenguaje basic que se muestra a continuación, partiendo de la condición final (cable ya devanado) hacia la inicial (solo mensajero instalado), cuyo resultado presentamos en la Tabla 13 y que graficamos debidamente en las Figs. 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 que facilitan la rápida determinación de las condiciones requeridas.

P05 "Tensión, Flecha Iniciales del Mensajero para Cable
Aéreo Devanado".

```

5 CLEAR
15 INPUT "AREA MENS";A
17 INPUT "WC1";F1,"WC2";F2
18 INPUT "ALT.CAB1";H1
19 INPUT "ALT.CAB2";H2
30 INPUT "T1";T1
50 INPUT "VV1";V1
60 INPUT "T2";T2
70 INPUT "VV2";V2
71 INPUT "VANO";L
73 INPUT "T01";T
85 K=(T/A)
90 Y1=(0.0045*V1^2*H1/1000)
93 Y2=(0.0045*V2^2*H2/100)
95 W1=SQR(F1^2+Y1^2)
100 W2=SQR(F2^2+Y2^2)
105 M=((11.5*10^-6*18500)*(T2-
T1)+(W1^2*L^2*18500/24/A^2/F^2)-K)
110 N=(W2^2*L^2*18500/24/A^2)
190 J=K
200 F=(J^3+M*J^2-N)
210 F1=(3*J^2+2*M*J)
220 J1=(J-(F/F1))
230 IF ABS(J1-J)<.00001 THEN 300
240 J=J1
250 GOTO 200
300 U=(J*A)
302 PRINT"SQL.K02=";j
303 PRINT"PESAPAR=F B";W2
304 PRINT "T02=KB";W2
310 FV=((L^2+P2)/(8*U))
315 PRINT "FLE.VERT=M";FV
317 LC=(L+(L^3*W2^2/24/U^2))
319 PRINT"LONG.CABA=M";LC
325 INPUT "IGUAL VANO? SI=0/NO=1";Z
327 IF Z=0 THEN 73
330 GOTO 71

```

Resultados: Ver Tabla 13.

TABLA 13.- TENSION Y FLECHA INICIALES DEL MENSAJERO PARA CABLE AEREO DEVANADO

CABLE (PARES)	TENSION FINAL DEL MENSAJERO (KG)	L = 20 M		L = 30 M		L = 40 M		L = 45 M		L = 50 M		L = 55 M		L = 65 M	
		Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm	Tinic. fm	Lmic. fm
20	150	126.67	111.95	104.69	98.01	0.261	0.344	0.443	0.549	0.711	92.15	0.686	83.15		
	225	139.11	119.70	107.44	101.12	0.285	0.374	0.487	0.608	0.811	307.30	0.173	300.53		
	300	152.70	131.12	121.89	115.09	0.315	0.418	0.549	0.711	0.949	324.66	0.160	325.75		
	375	167.94	145.38	137.67	131.85	0.353	0.472	0.625	0.827	1.109	361.59	0.139	363.58		
	450	184.42	161.45	155.46	148.65	0.402	0.533	0.711	0.949	1.344	399.21	0.121	401.41		
	525	202.29	179.70	175.00	167.05	0.464	0.616	0.827	1.109	1.578	441.51	0.111	443.27		
	600	221.56	199.70	195.70	187.05	0.541	0.711	0.949	1.344	1.862	488.58	0.105	490.40		
	675	242.29	221.56	219.70	209.70	0.635	0.827	1.109	1.578	2.203	541.22	0.105	543.10		
	750	264.42	245.38	243.12	234.66	0.749	0.964	1.344	1.862	2.611	601.41	0.105	603.29		
	825	288.01	270.42	267.94	261.85	0.887	1.140	1.578	2.203	3.098	671.22	0.105	673.10		
50	150	126.67	111.95	104.69	98.01	0.261	0.344	0.443	0.549	0.711	92.15	0.686	83.15		
	225	139.11	119.70	107.44	101.12	0.285	0.374	0.487	0.608	0.811	307.30	0.173	300.53		
	300	152.70	131.12	121.89	115.09	0.315	0.418	0.549	0.711	0.949	324.66	0.160	325.75		
	375	167.94	145.38	137.67	131.85	0.353	0.472	0.625	0.827	1.109	361.59	0.139	363.58		
	450	184.42	161.45	155.46	148.65	0.402	0.533	0.711	0.949	1.344	399.21	0.121	401.41		
	525	202.29	179.70	175.00	167.05	0.464	0.616	0.827	1.109	1.578	441.51	0.111	443.27		
	600	221.56	199.70	195.70	187.05	0.541	0.711	0.949	1.344	1.862	488.58	0.105	490.40		
	675	242.29	221.56	219.70	209.70	0.635	0.827	1.109	1.578	2.203	541.22	0.105	543.10		
	750	264.42	245.38	243.12	234.66	0.749	0.964	1.344	1.862	2.611	601.41	0.105	603.29		
	825	288.01	270.42	267.94	261.85	0.887	1.140	1.578	2.203	3.098	671.22	0.105	673.10		
100	150	126.67	111.95	104.69	98.01	0.261	0.344	0.443	0.549	0.711	92.15	0.686	83.15		
	225	139.11	119.70	107.44	101.12	0.285	0.374	0.487	0.608	0.811	307.30	0.173	300.53		
	300	152.70	131.12	121.89	115.09	0.315	0.418	0.549	0.711	0.949	324.66	0.160	325.75		
	375	167.94	145.38	137.67	131.85	0.353	0.472	0.625	0.827	1.109	361.59	0.139	363.58		
	450	184.42	161.45	155.46	148.65	0.402	0.533	0.711	0.949	1.344	399.21	0.121	401.41		
	525	202.29	179.70	175.00	167.05	0.464	0.616	0.827	1.109	1.578	441.51	0.111	443.27		
	600	221.56	199.70	195.70	187.05	0.541	0.711	0.949	1.344	1.862	488.58	0.105	490.40		
	675	242.29	221.56	219.70	209.70	0.635	0.827	1.109	1.578	2.203	541.22	0.105	543.10		
	750	264.42	245.38	243.12	234.66	0.749	0.964	1.344	1.862	2.611	601.41	0.105	603.29		
	825	288.01	270.42	267.94	261.85	0.887	1.140	1.578	2.203	3.098	671.22	0.105	673.10		
200	150	126.67	111.95	104.69	98.01	0.261	0.344	0.443	0.549	0.711	92.15	0.686	83.15		
	225	139.11	119.70	107.44	101.12	0.285	0.374	0.487	0.608	0.811	307.30	0.173	300.53		
	300	152.70	131.12	121.89	115.09	0.315	0.418	0.549	0.711	0.949	324.66	0.160	325.75		
	375	167.94	145.38	137.67	131.85	0.353	0.472	0.625	0.827	1.109	361.59	0.139	363.58		
	450	184.42	161.45	155.46	148.65	0.402	0.533	0.711	0.949	1.344	399.21	0.121	401.41		
	525	202.29	179.70	175.00	167.05	0.464	0.616	0.827	1.109	1.578	441.51	0.111	443.27		
	600	221.56	199.70	195.70	187.05	0.541	0.711	0.949	1.344	1.862	488.58	0.105	490.40		
	675	242.29	221.56	219.70	209.70	0.635	0.827	1.109	1.578	2.203	541.22	0.105	543.10		
	750	264.42	245.38	243.12	234.66	0.749	0.964	1.344	1.862	2.611	601.41	0.105	603.29		
	825	288.01	270.42	267.94	261.85	0.887	1.140	1.578	2.203	3.098	671.22	0.105	673.10		
300	150	126.67	111.95	104.69	98.01	0.261	0.344	0.443	0.549	0.711	92.15	0.686	83.15		
	225	139.11	119.70	107.44	101.12	0.285	0.374	0.487	0.608	0.811	307.30	0.173	300.53		
	300	152.70	131.12	121.89	115.09	0.315	0.418	0.549	0.711	0.949	324.66	0.160	325.75		
	375	167.94	145.38	137.67	131.85	0.353	0.472	0.625	0.827	1.109	361.59	0.139	363.58		
	450	184.42	161.45	155.46	148.65	0.402	0.533	0.711	0.949	1.344	399.21	0.121	401.41		
	525	202.29	179.70	175.00	167.05	0.464	0.616	0.827	1.109	1.578	441.51	0.111	443.27		
	600	221.56	199.70	195.70	187.05	0.541	0.711	0.949	1.344	1.862	488.58	0.105	490.40		
	675	242.29	221.56	219.70	209.70	0.635	0.827	1.109	1.578	2.203	541.22	0.105	543.10		
	750	264.42	245.38	243.12	234.66	0.749	0.964	1.344	1.862	2.611	601.41	0.105	603.29		
	825	288.01	270.42	267.94	261.85	0.887	1.140	1.578	2.203	3.098	671.22	0.105	673.10		

Es decir, con la capacidad del cable y con el valor tensión para las condiciones finales representado en la abscisa, interceptar con la curva del vano respectivo, lo que determina en la ordenada el valor de la tensión inicial del mensajero.

Ej. Para un cable devanado de 100 pares y 50 metros de vano (ver fig. 5.5)

TEMPERATURA °C	TENSION FINAL NOMINAL (DE TABLA 12)	TENSION INICIAL MENSAJERO (DE TABLA 13 Y FIG. 5.5)
5	512	480
15	438	396
20	426	382
25	415	358
40	381	325

5.6 Consideraciones en tramos flojos

Determinar las condiciones de instalación de cable en tramo flojo con gran precisión es complicado, por lo que simplificaremos el cálculo haciendo algunas consideraciones cuyo resultado nos proporciona un grado de precisión adecuado.

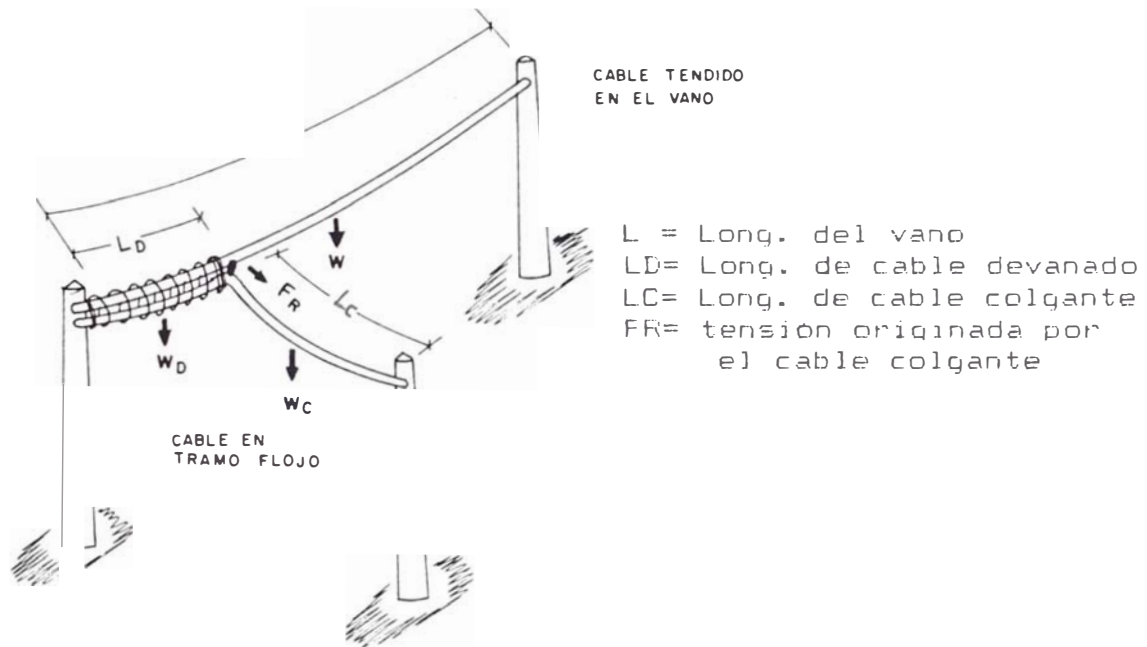


Fig. 5.9 Tramo flojo

El peso del tramo de cable devanado, lo consideramos como uniformemente distribuida a lo largo del cable en el vano, es decir:

$$5.17 \text{ ----> } w' = w + \frac{w_D \times L_D}{L}$$

w - Peso unitario de cable tendido en el vano

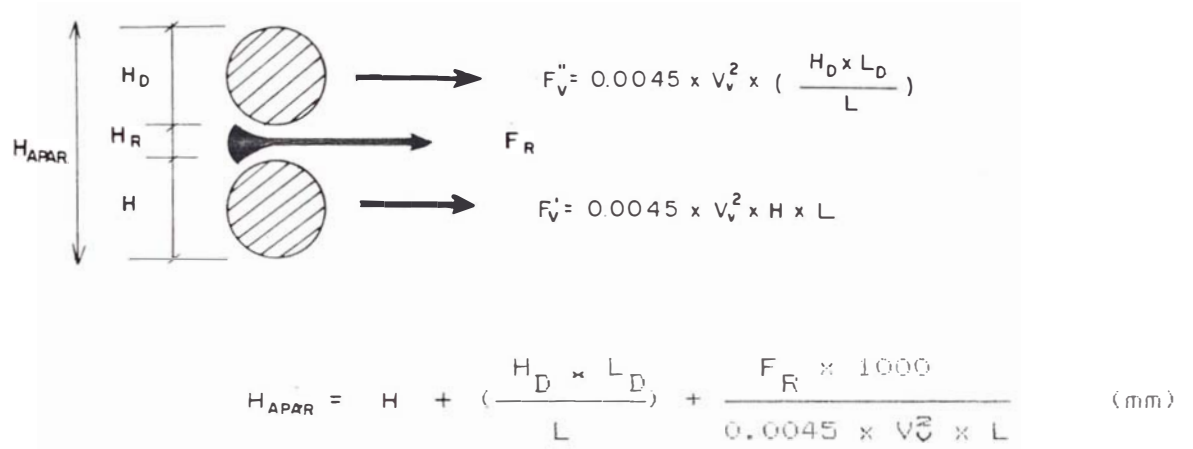
w_D = Peso unitario de cable de tramo flojo

w' = Peso aparente de cable tendido en el vano.

Debido a que no existe variación sensible en la flecha y la nueva curva que se forma como producto de la

acción de la carga parcial uniformemente distribuida, que ocasiona el tramo de cable devanado.

- La tensión ocasionada por el cable colgante sobre el cable tendido "FR" la consideraremos como si se tratara de una fuerza adicional ejercida el viento, es decir:



$F_V' =$ Fza. del viento sobre el cable tendido en el vano.

$F_V'' =$ Fza. del viento sobre el tramo devanado (del tramo flojo)

$H =$ Diám. ext. de cable del vano

$H_D =$ Diám. ext. del cab. devanado

$V_V =$ Veloc. de viento

Donde $H_{APAR} =$ altura cable aparente, es decir, un diámetro externo cable cuya acción de viento sobre él, ocasiona una fuerza igual a la resultante de las ejercidas separadamente (Ver fig. anterior).

Para calcular " F_R ", consideramos lo sgte:

El viento puede actuar sobre la instalación de 2 formas:

1. Perpendicular al cable tendido en el vano y paralelo al cable colgante del tramo flojo.
2. Paralelo al cable tendido en el vano y perpendicular al cable colgante del tramo flojo.

Sabemos que el viento sólo se considera cuando actúa perpendicular al cable y es proporcional al área expuesta, entonces el caso crítico es el 2. debido a que la long. de cable expuesto es mayor (a igual altura de cable).

Por lo tanto al analizar el tramo colgante no consideraremos viento.

Elaboramos una tabla con los valores escalonados cada 5.0 m. para los cables 20/A, 50/A, 100/A, 200/A y 300/A, teniendo en consideración una flecha máxima de 55.0 cm. para 40°C, el esfuerzo máximo para $T=5^{\circ}\text{C}$ y las condiciones de templado para 20°C. este cálculo lo hacemos usando la ecuación de cambio de estado para las 3 hipótesis de cálculo antes expuestas.

Para lo cual elaboramos un programa en lenguaje Basic, que se muestra a continuación:

PO3 "Tramos flojos, Caracteristicas de Instalacion"

```

1 CLEAR
2 INPUT "T01";T
3 INPUT "AREA MENS";A
4 INPUT "VANO";L
5 INPUT "H1";H1,"HTF";HT
6 INPUT "W";P1,"WTF";FT
7 INPUT "LD";LD,"LC";LC
8 INPUT "FR";FR
9 P2=(P1+FT*(2*LD+LC)/2/L)
10 H2=(H1+HT*LD/L+FR*1000/.0045/75/75/L)
11 T1 = 0
12 V1 = 0
13 T2 = 5
14 V2 = 75
85 K=(T/A)
90 Y1=(.0045*V1^2*H1/1000)
93 Y2=(.0045*V2^2*H2/1000)
95 W1=SQR(P1^2+Y1^2)
100 W2=SQR(P2^2+Y2^2)
105 M = ((11.5*10^-6*18500) * (T2-T1) + (W1^2 *L^2 *
      18500/24/A^2/K^2) -K)
110 N = (W2^2*L^2*18500/24/A^2)
190 J = K
200 F = (J^3+M*J^2-N)
210 F1= (3*J^2+2*M*J)
220 J1= (J-(F/F1))
230 IF ABS(J1-J)< .00001 THEN 300
240 J = J1
250 GOTO 200
300 U = (J*A)
304 PRINT "T02 = KG":U
310 FV=((L^*P2)/(8*U))
315 PRINT "FLE.VERT = M":FV
325 PRINT = IGUAL VANO ? SI=0/NO=1;Z
327 IF Z=0 THEN 7
GOTO 1

```

Resultados: Ver tabla 15.

Con el valor de tensión máxima obtenida en el cable colgante " F_R ", la adicionamos a la fuerza de viento ejercida sobre el cable tendido de poste a poste y la fuerza que ejerce el viento sobre el tramo devanado del tramo flojo y calculamos la altura aparente del cable según la Ec. 5.18, que será el estado final de la altura al aplicar la Ec. de cambio de estado. (Nuevamente para el cab. tendido en el vano).

Al valor de peso unitario del cable tendido en el vano, adicionar el peso del tramo devanado (del tramo flojo) como uniformemente distribuido a lo largo del cable tendido en el vano. Según la Ec. 5.17, que será el estado final del peso unitario de cable al aplicar la Ec. de cambio de estado, cuyos resultados los presentamos en la Tabla 15.

TABLA 14

TRAMOS FLOJOS - LONGITUDES MAXIMAS

CABLE DEL VANO	CABLE DEL TRAMO FLOJO					
	LD (m)	Lc (m)				
		20 PARES	50 PARES	100 PARES	200 PARES	300 PARES
20 PARES L = 65 m	5	19	16	13	10	8
	10	18	15	12	8	6
	15	17	14	11	6	3
	20	15	12	9	3	-
	25	14	11	6	-	-
	30	12	10	2	-	-
	35	10	6	-	-	-
50 PARES L = 55 m	5	20	17	14	11	8
	10	19	16	13	9	6
	15	18	15	11	7	4
	20	17	14	10	5	-
	25	15	12	8	-	-
	30	14	11	5	-	-
100 PARES L = 55 m	5	19	16	13	10	7
	10	17	15	12	8	5
	15	16	13	10	5	1
	20	15	12	8	1	-
	25	13	10	5	-	-
	30	11	8	-	-	-
200 PARES L = 45 m	5	20	17	14	10	8
	10	18	16	13	8	6
	15	17	15	11	6	1
	20	16	13	10	1	-
	25	14	11	7	-	-
300 PARES L = 45 m	5	28	25	21	16	12
	10	28	24	20	15	12
	15	27	24	19	14	11
	20	26	23	18	13	9
	25	26	22	18	12	7

TABLA 15

TRAMOS FLOJOS - CARACTERISTICAS DE INSTALACION

LONGITUD DE CABLE COLGANTE (Lc) m	T(°C)	20 PAR.		50 PAR.		100 PAR.		200 PAR.		300 PAR.	
		TENSION (Kg)	FLECHA (cm)	TENSION (Kg)	FLECHA (cm)	TENSION (Kg)	FLECHA (cm)	TENSION (Kg)	FLECHA (cm)	TENSION (Kg)	FLECHA (cm)
		FR	f	FR	f	FR	f	FR	f	FR	f
5.0	5	1.8	52.4	2.3	54.0	3.4	54.0	5.5	54.3	8.1	54.8
	20	1.8	52.3	2.3	54.5	3.4	54.5	5.5	54.8	8.1	54.6
	40	1.8	55.0	2.3	55.0	3.4	55.0	5.5	55.0	8.0	55.0
10.0	5	7.1	53.7	9.3	53.6	13.7	53.7	22.5	53.5	32.8	53.7
	20	7.0	54.3	9.2	54.4	13.6	54.0	22.3	54.0	32.4	54.4
	40	6.9	55.0	9.1	55.0	13.4	55.0	21.9	55.0	32.0	55.0
15.0	5	16.6	51.6	21.7	51.7	32.0	51.9	52.1	51.9	76.5	51.9
	20	16.1	53.0	21.1	53.2	31.2	53.3	50.8	53.3	74.6	53.2
	40	15.6	55.0	20.5	55.0	30.2	55.0	49.2	55.0	72.2	55.0
20.0	5	30.9	49.3	40.5	49.4	59.6	49.6	96.7	49.7	142.0	49.7
	20	29.4	51.7	38.6	51.8	56.9	52.0	92.4	52.0	135.7	52.0
	40	27.7	55.0	36.4	55.0	53.7	55.0	87.5	55.0	128.3	55.0
25.0	5	51.2	46.4	67.0	46.7	98.2	47.0	157.5	47.7	231.9	47.5
	20	47.3	50.2	62.1	50.3	91.4	50.5	147.7	50.9	217.0	50.8
	40	43.2	55.0	56.8	55.0	84.0	55.0	136.6	55.0	200.4	55.0
30.0	5	78.6	43.4	102.2	44.0						
	20	70.4	50.2	92.1	48.8						
	40	62.2	55.0	81.82	55.0						
35.0	5	113.0	41.2								
	20	98.6	47.2								
	40	84.6	55.0								

Velocidad del viento = 0

CAPITULO 6

SELECCION DE POSTES

De una manera **general** la seleccion de postes obedece 3 aspectos:

- Material
- Longitud
- Esfuerzo en la punta

6.1 Material del Poste

Para la telefonia es **posible** utilizar segun sea el caso postes de concreto, de madera o de fierro, cada uno de los cuales tienen una aplicacion especial segun el cuadro siguiente:

USO	MATERIAL DE POSTE	POSTE DE CONCRETO	POSTE DE MADERA	POSTE DE FIERRO
AREA NORMAL		✓	✓	✓
AREA DONDE EXISTE EL PELIGRO DE ATAQUE O ACCION DE FAJAROS O INSECTOS		✓		✓
AREAS CERCANAS AL MAR		✓		
AREA SUJETA A INUNDACIONES CONTINUAS		✓		
ZONAS DE ESPECIAL TRATAMIENTO ESTETICOS (ASPECTOS ARQUITECTONICOS)			✓	
FACILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE POSTES A C.P.T.S.A (FABRICACION)		✓		✓
FACILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS O INSUMOS PARA LA FABRICACION DE POSTE		✓		
FACILIDAD DE TRANSPORTE DE POSTES			✓	✓
PESO DE POSTE				
COSTO DE MANTENIMIENTO		✓		
AREA DONDE HAY PELIGRO DE CONTACTO DE UNA LINEA DE POTENCIA CON LA RED TELEFONICA			✓	

En el caso especial de la C.P.T.S.A. se ha normalizado el uso de postes de concreto, preferentemente.

Debido a los costos que representa tener una gran variedad de postes y las dificultades de orden logístico que representa. Es por esto que para simplificar su uso y adquisición se optó por usar solamente postes de concreto y dejar de usar postes de madera ya que estos últimos presentan una gran dificultad

para abastecerse de madera para su fabricación, si se pensara en adquirir nacionales. Cabe mencionar que los postes de madera existentes en la planta externa de la C.F.T.S.A. son importados.

6.2 Longitud del Poste

Para la determinación de la longitud, se debe tener en cuenta la altura necesaria, según el lugar donde va a instalarse, la flecha que se produce en el cable, la distancia mínima del cable al terreno, la porción de longitud de poste necesaria para su cimentación o enterrado.

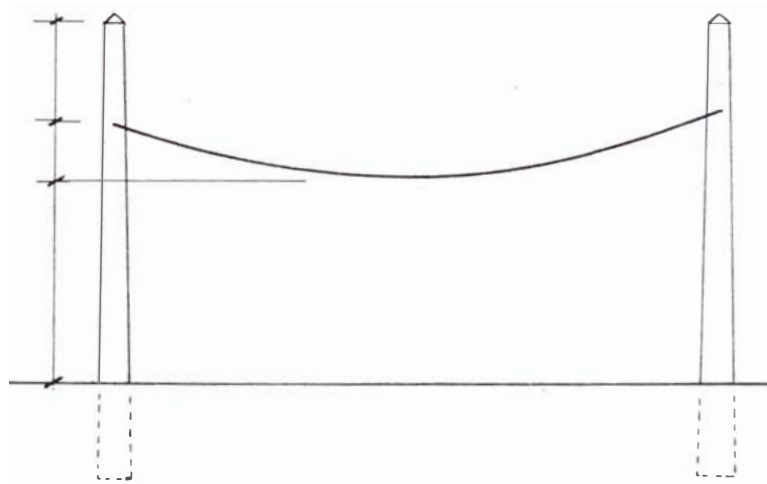
Por lo explicado en el punto anterior, comprobamos si las longitudes de los postes utilizados en C.F.T.S.A (9.0 m y 11.0) satisfacen los requerimientos.

Cresta

Longitud de flecha máxima

Separación mínima del cable al terreno

Profundidad de cimentación



Longitud de poste = Cresta + (Flecha) + (Separación mínima del terreno) + (Profundidad de cimentación)

.... 6.1

CRESTA.- Es la longitud de poste comprendida entre la punta del poste y el nivel donde se instalara el cable.

Para nuestro caso asumiremos que el cable se instalara en el agujero más cercano al terreno (3er. nivel) cuya longitud es:

Para poste 9.0 m = 1.45

Para poste 11.0 m = 1.45

FLECHA MAXIMA.- De acuerdo a la Ec. 6.1 podríamos establecer que es la variable a determinar, puesto que los demás parámetros son conocidos. El valor resultante lo compararemos con los de la Tabla 12, para establecer vanos máximos admisibles adecuados.

SEPARACION MINIMA AL TERRENO.- De acuerdo al Código Nacional de Electricidad, los cables telefónicos serán considerados como líneas eléctricas de tensión secundaria (2.2.5.4), el punto 4.2.4.3 (del código) establece la distancia mínima del cable al terreno; en condiciones de flecha máxima no deberán ser menores que las señaladas en la Tabla 16.

TABLA 16

DISPOSICION	CARRETERAS Y AVENIDAS (m)	CALLES Y CAMINOS (m)	AREAS NO TRANSITADAS POR VEHICULOS (m)
AL CRUCE	6.5	5.5	4.0
A LO LARGO	5.5*	5.0*	4.0

* En zonas rurales, esta distancia podrá disminuirse en 0.50 m

DISTANCIA MINIMA A LA SUPERFICIE DEL TERRENO.-

El término "Terreno" incluye todas las áreas elevadas y no techadas accesibles al tránsito o lugares concurridos como terrazas, plataformas o puentes y paraderos.

TABLA 17.- DISTANCIAS MINIMAS A ESTRUCTURAS

VERTICALMENTE ENCIMA DE CUALQUIER PARTE DE CUALQUIER TECHO O ESTRUCTURA SIMILAR NORMALMENTE ACCESIBLE SOLO AL TRAFICO PEATONAL	3.0 m
VERTICALMENTE ENCIMA DE CUALQUIER TECHO O ESTRUCTURA SIMILAR SOBRE LA QUE NO SE PUEDA PARAR UNA PERSONA.	1.8 m
EN CUALQUIER DIRECCION DESDE PAREDES PLANAS U OTRAS ESTRUCTURAS NORMALMENTE NO ACCESIBLES	0.2 m
EN CUALQUIER DIRECCION DESDE CUALQUIER PARTE DE UNA ESTRUCTURA NORMALMENTE ACCESIBLE A PERSONAS INCLUYENDO ABERTURA DE VENTANAS, BALCONES O LUGARES DE ESTADIA SIMILARES	1.0 m

TABLA 18.- PROFUNDIDAD DE CIMENTACION

LONGITUD DE POSTE	PROFUNDIDAD DE CIMENTACION		
	EN TERRENOS NORMALES (APRX. 1/6 LONG.)	EN TERRENO PLANOS O ARENOSOS (APROX. 1/5 LONG.)	EN TERRENO ROCOSO (APROX. 1/9 LONG.)
9.0 m	1.5 m	1.8 m	1.0 m
11.0 m	1.8 m	2.2 m	1.2 m

- En caso de terrenos con diferentes características se adoptará la que nos de mayor profundidad de cimentación.
- Para postes de otras alturas, se calculará la profundidad, según la expresión:

$$x = H \times 0.10 + 0.60$$

Donde:

x - profundidad de cimentación (m)

H - longitud de poste (m)

Por lo tanto de las Tablas 16, 17, y 18, y para zonas urbanas en terrenos normales. Los valores de los parámetros a considerar son:

TABLA 19.- REQUERIMIENTOS DE LONGITUD DE POSTE

LONG. DE POSTE	NIVEL DE INS. DE CABLE	CRESTA (m)	SEPARAC. MIN. DEL TERRENO	PROF. DE CIMENTACION (m)	FLECHA MAX. (m)
9.00	3er	1.45	5.5	1.5	0.55
11.00	3er	1.45	6.5	1.8	1.25

Para postes de 9.0 m consideramos como flecha máxima 0.55 m que en casos muy especiales se puede admitir hasta 0.65 m debido a que en la generalidad de los casos, se instala un cable en el 2do. nivel; además existe siempre la posibilidad de instalar cables en ambos niveles y mantener una separación uniforme, evitando la fricción entre ellos.

Por lo anterior expuesto podemos determinar que es apropiado el uso de postes de 9.0 y 11.0, por cumplir con los requerimientos. En la generalidad de los casos utilizaremos postes de 9.0 m. y en casos excepcionales de 11.0 m., específicamente en cruce de carreteras, ruta de ferrocarriles o para compensar desniveles considerables, aun así la utilización de postes de 11.0 m debe ser muy restringido.

6.3 Cálculo de Esfuerzos Actuantes

Para determinar el esfuerzo total que soporta el poste, consideramos:

a) Fuerza del viento sobre el poste (F_{VR})

- b) Tracción de los conductores (F_c)
- c) Fuerza del viento sobre los conductores (F_{Vc})
- d) Cargas adicionales (F_A)

Las cuales actúan de la siguiente forma:

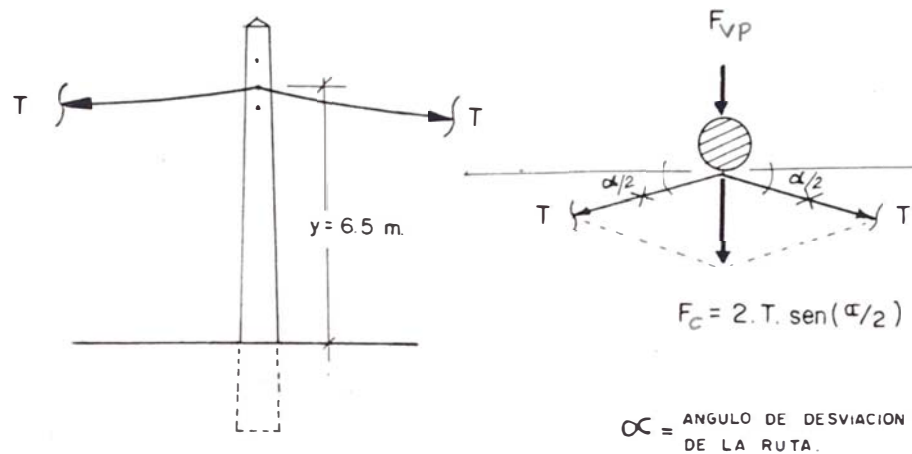


Fig. 6.1

Estas actúan en mayor o menor grado, de acuerdo a la disposición y ubicación dentro del tramo, las cuales pueden ser: Poste intermedio, poste en ángulo, poste final. Es decir:

I) Poste Intermedio.- Se les denomina así porque se ubican alineados y entre postes. Se considera: F_{Vp} y F_A . Debido a que no existe ángulo de desviación y la tensión balanceada a ambos lados; no consideramos F_c ni F_{Vc} (Ver Fig. 6.2)

II) Poste en Ángulo.- Existiendo una desviación en la ruta, es el que se ubica justamente en el ángulo de la

desviación, se considera: F_{VP} , F_C , F_{VC} , y F_A (Ver Fig. 6.2)

III) Poste Final.- Le denominamos así a aquel poste que se ubica al inicio o final del tramo (Ver Fig. 6.2)

Para postes finales anclados, reemplazamos los valores de F_C y F_{VC} por el valor de máxima tensión del tramo que lo obtenemos de la Tabla 12 (para 5°C). Luego de aplicar las hipótesis de cálculo. Se hace esta consideración debido a que en la mayoría de los casos éstos postes van anclados.

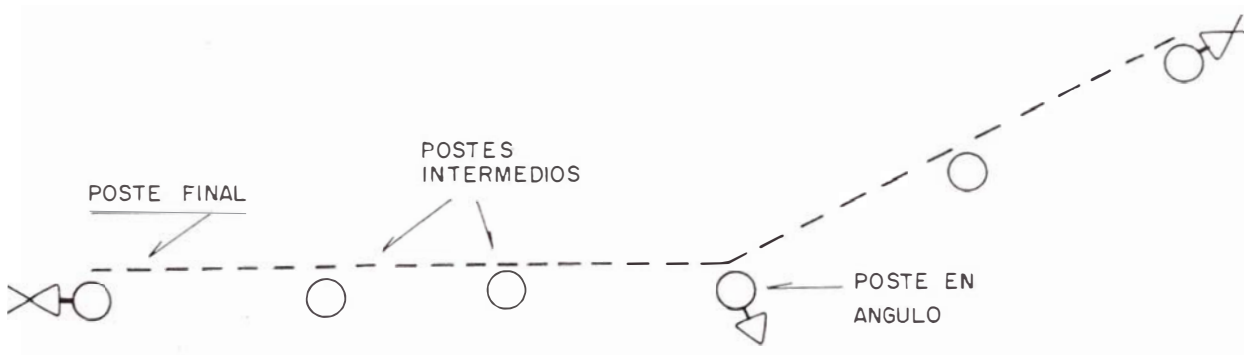


Fig. 6.2

Los postes utilizados por la C.F.T.S.A. son de concreto centrifugado, cuyas características se resumen en la Tabla siguiente:

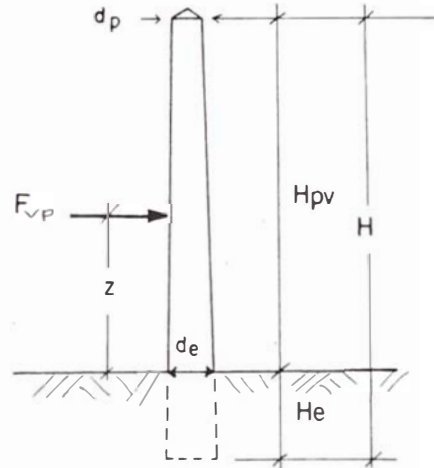
TABLA 20

	ESFUERZO EN LA PUNTA (kg)	FACTOR DE SEGURIDAD	DIAMETRO DE LA PUNTA (m)	DIAMETRO EN LA BASE (m)
9.0	250	2	0.14	0.275
11.0	350	2	0.165	0.330

Ver Fig. 6.3 y 6.4

Calculos de Esfuerzos Actuantes:

a) Fuerza de viento sobre el Poste



$$F_{vp} = F_v \times A_{pv}$$

$$F_v = kV^2$$

$$A_{pv} = H_{pv} \left(\frac{d_p + d_e}{2} \right)$$

$$z = \frac{H_{pv}}{3} \left(\frac{d_e + 2d_p}{d_e + d_p} \right)$$

Donde:

F_v = Presion debida al viento (kg/m^2)

V = Velocidad del Viento (km/hora)

$k = 0.0042$ (constante para superficies cilíndricas)

A_{pv} = Area proyectada del poste expuesta al viento (m^2)

H_{pv} = Altura del poste expuesta al viento (m)

H_e = Altura del empotramiento (m)

d_p = Diámetro del poste en la punta (m)

d_e = Diámetro del poste en el empotramiento (m)

Z = Punto de aplicación de F_{vp} (m)

Área proyectada del poste al viento (A_{pv})

Sabemos:

$$A_{pv} = H_{pv} \left(\frac{d_p + d_e}{2} \right)$$

Entonces:

$$H_{pv} = \frac{\text{Longitud de Poste} - \text{Profundidad de cimentación}}$$

De acuerdo a la Tabla 18, obtenemos:

TABLA 21.- ALTURA DE POSTE EXPUESTA AL VIENTO PARA DIFERENTES TERRENOS (H_{pv})

LONG. POSTE (m)	H_{pv} TERRENO NORMAL	H_{pv} (m) TERRENO BLANDO ARENOSO	H_{pv} (m) TERRENO ROCOSO
9.0	7.5	7.2	8.0
11.0	9.2	8.8	9.8

- Diámetro del poste en el empotramiento (d_e)

$$de = db - \frac{(db - dp)}{H_T} \times H_e$$

TABLA 22

LONGI- TUD (m) DE POSTE	db (m)	dp (m)	DIAMETRO DE EMPOTRAMIENTO "de" (m)					
			de (TERRENO NORMAL)		(TERRENO BLANDO O ARENOSO)		TERRENO ROCOSO	
			de (m)	Apv (m ²)	de (m)	Apv (m ²)	de (m)	Apv (m ²)
9.0	0.275	0.140	0.253	1.474	0.248	1.397	0.260	1.6
11.0	0.330	0.165	0.303	2.153	0.297	2.033	0.312	2.337

- Punto de Aplicación de F_{pv} (Z)

$$Z = \frac{H_{pv}}{3} \left(\frac{de + 2 dp}{de + dp} \right)$$

TABLA 23

LONG. POSTE (m)	"z" (m)		
	TERR. NORMAL	TERRENO BLANDO O ARENOSO	TERRENO ROCOSO
9.0	3.39	3.27	3.60
11.0	4.15	3.98	4.4

$$F_v = kV^2$$

Tomaremos el caso crítico, es decir, velocidad de viento máxima

$$V = 75 \text{ km /hora}$$

$$k = 0.0042$$

Por lo tanto:

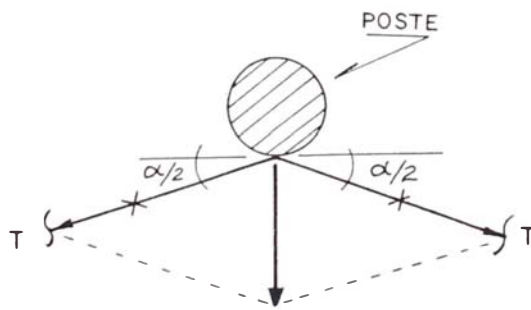
$$F_v = 0.0042 \times 75^2 \text{ kg/m}^2$$

$$F_v = 23.63 \text{ kg/m}$$

TABLA 24.- FUERZA DE VIENTO SOBRE EL POSTE (F_{VP})

LONGI- TUD (m) DE POSTE	F_v (kg/m)	TERRENO NORMAL			TERRENO ARENOSO O FLOJO			TERRENO ROCOSO		
		APV (m ²)	Z (m)	F_{VP} (Kg)	APV	Z	F_{VP}	APV	Z	F_{VP}
9.0	23.63	1.474	3.39	34.82	1.397	3.27	33.0	1.6	3.6	37.8
11.0	23.63	2.153	4.15	50.88	2.033	3.98	48.04	2.337	4.4	55.22

b) Tracción de los conductores (F_c). - Esta fuerza se calcula en base al máximo esfuerzo de trabajo del mensajero.



$$F = 2 \cdot T \cdot \text{sen}(\alpha/2)$$

$$F_c = 2T \text{ sen}(\alpha/2)$$

$$T = \frac{\text{Trotura}}{\text{Fact. seg.}}$$

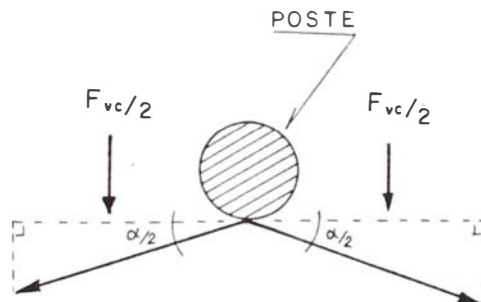
T = máximo tiro de trabajo del mensajero

α = ángulo de desviación de la ruta

Fact. seg. =

DIAMETRO MENSAJERO	TENSION ROTURA (Kg)	TIRO DE TRABAJO (Kg)	FC (Kg) ECUACION 6.2
4.76 mm	1,808	≈ 900	1,800 sen(α/2)
6.35	3,018	≈ 1,500	3,000 sen(α/2)

c) Fuerza del Viento sobre los conductores: F_{vc}



$$F_{vc} = P_v \times A_c$$

$$P_v = 0.0045 V^2$$

$V = 75$ km/hora (velocidad de viento máxima)

A_c = Área de conductor proyectada (normal a la acción del viento).

$$A_c = A_c \times \cos(\alpha/2)$$

$$A_c = L_R \times d_c$$

L_R = Vano ideal de regulación

d_c = diámetro exterior del conductor

Luego:

$$F_{\text{de}} = 25.31 \times d_c \times L_R \times \cos(\alpha/2) \dots\dots \text{Ec. 6.3}$$

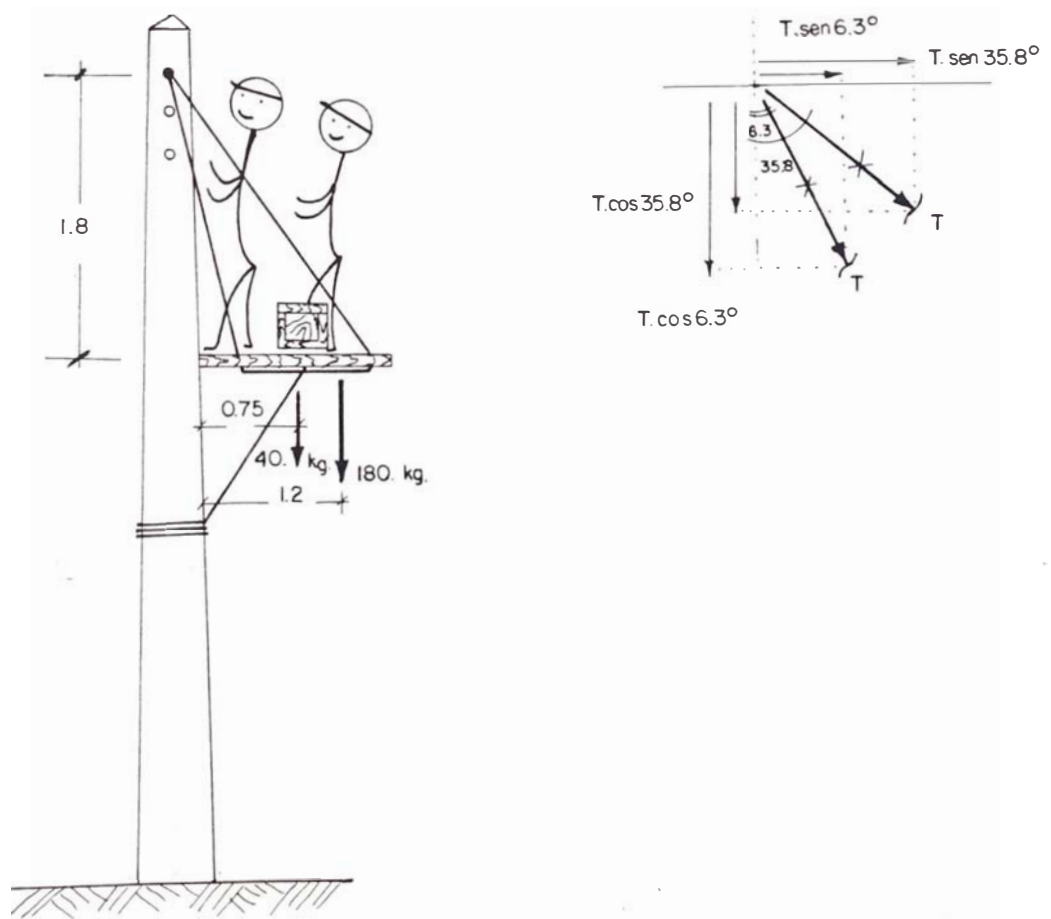
d) Cargas adicionales "F_A"

Básicamente:

Peso de la plataforma de ejecución de empalme + Equipo = 40.0 kg.

Personal técnico que ejecuta empalme (x 2) = 180.0 kg.

Cuya disposición es la sate:



$$T \cdot \cos(6.3^\circ) + T \cdot \cos(35.8^\circ) = 40 + 180$$

$$T = 121.88$$

$$F_A = T \cdot \sin(6.3^\circ) + T \cdot \sin(35.8^\circ)$$

$$F_A = 84.67 \text{ kg.}$$

Cabe mencionar que esta carga adicional solo actúa cuando se ejecuta el empalme. Por lo que podemos establecer la siguiente conclusión:

Postes intermedios: Debido a que la tensión de los cables= ambos lados está balanceada, solo actúan: F_{VP} y F_A .

$$F_{VP} = 34.82 \text{ kg (Z = 3.39 m)}$$

$$F_A \approx 85 \text{ kg (Z_A = 6.95 m)}$$

Si consideramos, el lado crítico (ambos en igual sentido) la fuerza actuante referida a la punta será:

$$F_A = \frac{34.82 \times 3.39 + 85 \times 6.95}{7.4} = 95.78 \text{ kg} \approx 100 \text{ kg}$$

Y referida al segundo nivel:

$$F'_A = \frac{95.78 \times 7.4}{6.41} = 110 \text{ kg}$$

Entonces el esfuerzo en la punta del poste intermedio debe ser mayor de 100 kg, además debe absorber un posible desbalance momentáneo de tensiones en los cables (consideraremos 50 kg).

Entonces, podemos considerar para poste intermedio:
9.07/150/2.

Postes finales:

Consideramos inicialmente la posibilidad de no anclarlo (esto nos representa una menor inversión), para lo cual debe considerarse que el esfuerzo total actuante sobre el poste no supere el esfuerzo en la punta del poste, habitualmente utilizado. un poste de mayor resistencia representa un mayor costo dada la robustez del poste para satisfacer estos requerimientos (más fierro y concreto); comprobando siempre los postes usados por C.F.T.S.A. tenemos, poste de 9.0 m.

Carga de rotura nominal = 500 ko.

Carga de rotura real \approx 600 - 700 ko.

Si el factor de seguridad es 2, (esf. punta 250), al considerar la fuerza adicional transitoria (\approx 85), este factor lo calcularemos por:

$$\text{Factor seg. del poste} = \frac{500}{250 - 85} = \phi$$

Con este valor obtenido y para los diferentes tipos de cables y vanos, haciendo uso de un programa simple, calculamos los valores de tensión actuante sobre el poste y que presentamos en la Tabla 25 para las temperaturas de 5°, 15°, 20°, 25°, 40°C.

TABLA 25.- VANOS IDEALES EN TRAMOS NO ANCLADOS, CARACTERISTICAS
 HIP. I (CON VIENTO) .- FACT. SEG. (POSTE) = 2.5, FACT. SEG (CABLE) = 9
 HIP. II (SIN VIENTO) .- FACT. SEG. (POSTE) = 3.0, FACT. SEG (CABLE) = 11

CAPACIDAD DE CABLE (N° PARES)	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD DE VIENTO (KM/HORA)	PESO AFARENTE (Kg/m)	VANO IDEAL				L 25 M	L 30 M	L 40 M	L 50 M	L 60 M	L 70 M					
				T	fv	Long.	T							fv	Long.	T	fv	Long.
20	5	75	0.657	200.00	0.304	40.029	200.00	0.233	35.019	200.00	0.171	30.012	200.00	0.119	25.007	200.00	0.076	20.004
	15	0	0.304	112.47	0.541	40.019	117.83	0.395	35.012	124.95	0.274	30.007	133.96	0.177	25.003	144.29	0.105	20.001
	20	0	0.304	108.10	0.562	40.021	112.17	0.415	35.013	117.63	0.291	30.008	124.68	0.190	25.004	133.07	0.114	20.002
	25	0	0.304	104.08	0.584	40.023	107.01	0.435	34.014	110.95	0.308	30.008	116.13	0.205	25.004	122.51	0.124	20.002
50	40	0	0.304	93.78	0.648	40.026	94.06	0.495	34.019	94.44	0.362	30.012	94.94	0.250	25.007	95.60	0.159	20.003
	5	75	0.749	200.00	0.306	35.025	200.00	0.225	30.016	200.00	0.156	25.010	200.00	0.100	20.005	200.00	0.076	20.004
	15	0	0.400	124.17	0.493	35.019	129.16	0.348	30.011	135.87	0.230	25.006	144.35	0.139	20.003	151.35	0.091	20.002
	20	0	0.400	119.74	0.512	35.020	123.37	0.365	30.012	128.29	0.244	25.006	134.66	0.149	20.003	141.15	0.100	20.002
100	25	0	0.400	115.63	0.530	35.021	118.04	0.381	30.013	121.32	0.258	25.007	125.65	0.159	20.003	130.96	0.100	20.002
	40	0	0.400	104.98	0.583	35.026	104.50	0.431	30.016	103.85	0.301	25.010	102.97	0.194	20.005	102.97	0.194	20.005
	5	75	0.962	200.00	0.332	30.026	200.00	0.231	25.015	200.00	0.148	20.008	200.00	0.100	20.005	200.00	0.076	20.004
	15	0	0.591	134.54	0.494	30.022	138.51	0.333	25.012	144.24	0.205	20.006	151.35	0.139	20.003	158.46	0.100	20.002
200	20	0	0.591	130.75	0.508	30.023	133.38	0.346	25.013	137.18	0.215	20.006	141.15	0.139	20.003	145.06	0.100	20.002
	25	0	0.591	127.20	0.523	30.024	128.61	0.359	25.014	130.66	0.226	20.007	134.57	0.149	20.003	138.58	0.139	20.003
	40	0	0.591	117.75	0.565	30.029	116.23	0.397	25.017	114.04	0.259	20.009	111.94	0.205	25.004	110.95	0.308	30.008
	5	75	1.343	200.00	0.376	25.029	200.00	0.276	25.029	200.00	0.241	20.015	200.00	0.171	30.012	200.00	0.119	25.007
300	15	0	0.962	148.95	0.505	25.027	148.95	0.505	25.027	151.35	0.318	20.013	155.66	0.205	20.006	159.74	0.149	20.003
	20	0	0.962	145.93	0.515	25.028	147.02	0.515	25.028	149.43	0.327	20.014	153.04	0.215	20.006	157.15	0.149	20.003
	25	0	0.962	143.04	0.525	25.029	142.94	0.525	25.029	145.06	0.337	20.016	149.15	0.226	20.007	151.35	0.139	20.003
	40	0	0.962	135.17	0.556	25.033	132.05	0.556	25.033	134.57	0.241	20.015	137.18	0.259	20.009	140.16	0.160	20.004
300	5	75	1.798	200.00	0.551	25.053	200.00	0.451	20.027	200.00	0.353	20.027	200.00	0.241	20.015	200.00	0.171	30.012
	15	0	1.411	156.56	0.704	25.053	156.56	0.704	25.053	158.46	0.451	20.027	161.47	0.318	20.013	164.48	0.215	20.006
	20	0	1.411	154.64	0.713	25.054	153.51	0.713	25.054	155.66	0.460	20.028	158.46	0.327	20.014	161.47	0.318	20.013
	25	0	1.411	152.78	0.722	25.056	150.81	0.722	25.056	152.78	0.468	20.029	155.66	0.337	20.016	159.74	0.149	20.003
300	40	0	1.411	147.56	0.747	25.060	143.39	0.747	25.060	145.06	0.488	20.029	149.15	0.259	20.009	151.35	0.139	20.003

Para el caso de los postes finales anclados consideraremos los factores de seguridad recomendados, es decir:

Hipótesis I ----> Fact. seg. ≥ 3 (en cable)

Hipótesis II ----> Fact. seg. ≥ 4 (en cable)

y utilizaremos también los resultados mostrados en la Tabla 12, de lo que podemos mantener como esfuerzo en la punta 250 kg (fact. seg. poste = 2), igual a la usada habitualmente en C.F.T.S.A. y en el país, ya que los vanos alcanzados y las flechas que se forman son admisibles.

Entonces, usar para postes

Final con anclaje o
Poste de tramo
sin anclaje
(Final e intermedio)

} 9.0 m/250/2

Postes en ángulo

Debido que en muchos casos el ángulo de desviación no es considerable y que inclusive no es necesario anclarlos, consideramos como protección los valores máximos que se puedan presentar de las fuerzas actuantes.

$$F = F_{vp} + F_c + r_{vc}$$

Para verificar las características del poste de 9.0 m usado actualmente por C.F.T.S.A. y en condiciones normales, tenemos:

De las ecuaciones 6.2 y 6.3 y Tabla 24

$$F = \text{viento sobre el poste} + 2 \left(\frac{\text{Fza. del cable}}{\text{Fact.}} \right) \text{sen}(\alpha/2) + 25.31 \times \text{dcx} \times L_R \times \text{cos}(\alpha/2) \quad \text{kg.}$$

(34.82 kg) seq.

Ec. 6.4

Calcularemos estos valores para los diferentes tipos de cables, vanos y ángulos de desviación. Haciendo uso de un programa en lenguaje BASIC, que se muestran a continuación y cuyos resultados presentamos en la Tabla 26.

P07: "Tensiones actuantes en postes en ángulo (para cables de 20, 50, 100 y 200 pares)."

```

5 CLEAR
7 PRINT "PROG.FARAMENS = 4.76"
20 INPUT "VANO = M";L
30 INPUT "ALT.CAB = MM";H
40 INPUT "% =";A
50 FV=(COS(A/2)*25.3125*H/1000*L)
55 FC=(1800*SIN(A/2))
60 FP=((34.82*3.39+(FV+FC)*6.5)/7.4
70 PRINT "FV = KG";FV
80 PRINT "FC = KG";FC
90 PRINT "FP = KG";FP
100 GOTO 40

```

Fig 8 "Tensiones actuantes en postes en ángulo (para cables de 300 pares).

```
5 CLEAR
7 PRINT "PROG.PARA MENS = 6.35"
20 INPUT "VANO = M":L
30 INPUT "ALT.CAB = MM":H
40 INPUT "%":A
50 FV=(25.3125*H/1000*L*CO5(A/2))
55 FC=(3000*SIN(A/2))
60 FP=((34.82*3.39+(FV+FC)*6.5)/7.4)
70 PRINT "FVC = KG":FV
80 PRINT "FC   KG":FC
90 PRINT "FP = KG":FP
100 GOTO 40
```

Del analisis de los resultados podemos mantener como esfuerzo en la punta 250 kg (fact.seq. = 2) habitual, ya que los vanos alcanzados, flechas y ángulos de desviación son admisibles, y que este rango se puede ampliar si utilizamos anclaje. Para facilitar la determinación de ángulos de desviación en la practica, en la continuación tenemos una Tabla comparativa de las medidas realizadas en el terreno y que nos proporcionan el mencionado ángulo.

TABLA 26.- TENSIONES ACTUANTES EN POSTES EN ANGULO Fu poste = 34.82 Kg Fact. 500. (poste) = 2 Fact. 500. (cable) = 2

Table with columns for cable type (CA-BLE), post height (20p, 50p, 100p, 200p, 300p), and tension values for various angles (30, 35, 40 degrees). The table lists tension values for different cable types and post heights, organized by angle.

CONTINUA .. TABLA 26.- TENSIONES ACTUANTES EN POSTES EN ANGULO FU poste = 34.82 Kg Fact. Seg. (poste) = 3
M POSTES DE 3.0 M Fact. Seg. (cable) = 2

CABLE	45 (M)					50 (M)					55 (M)				
	20P	50P	100P	200P	300P	20P	50P	100P	200P	300P	20P	50P	100P	200P	300P
1FVCI	26.16	29.44	34.13	42.09	50.06	29.07	31.60	37.92	46.77	55.62	31.97	34.76	41.71	51.44	61.18
10FC	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20	94.20
1FP	121.70	123.66	128.67	135.67	142.66	124.26	126.43	132.00	139.78	147.20	126.82	129.20	135.33	143.89	151.62
2FVCI	26.13	28.41	34.10	42.05	50.00	29.03	31.57	37.88	46.72	55.55	31.94	34.72	41.67	51.39	61.11
9*1FC	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56	125.56
1FP	149.23	151.19	156.19	163.19	170.18	151.79	153.96	159.52	167.30	175.41	154.35	156.73	162.85	171.41	180.50
3FVCI	26.12	28.40	34.07	42.02	49.97	29.02	31.55	37.85	46.68	55.52	31.92	34.71	41.64	51.35	61.07
9*1FC	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23	141.23
1FP	162.98	164.94	169.94	176.94	184.93	165.54	167.71	173.27	181.05	189.16	168.10	170.48	176.50	183.52	191.64
10FC	26.10	28.37	34.04	41.99	49.94	29.00	31.52	37.82	46.65	55.48	31.90	34.67	41.60	51.32	61.03
10FC	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88	156.88
1FP	175.71	178.67	183.68	190.67	198.65	179.27	181.44	187.01	194.78	202.82	181.83	184.21	190.34	198.89	207.91
11FC	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52	172.52
1FP	190.35	192.31	197.31	204.27	212.22	192.86	195.09	200.61	208.34	217.05	195.41	197.84	203.91	212.41	221.88
15FC	25.98	28.25	33.93	41.79	49.70	28.87	31.37	37.65	46.43	55.22	31.75	34.50	41.42	51.08	60.74
15FC	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95	234.95
1FP	245.21	247.17	252.15	259.12	266.08	247.77	249.94	255.48	263.23	271.56	250.26	252.69	258.76	267.26	276.35
16FC	25.95	28.20	33.84	41.73	49.64	28.83	31.33	37.60	46.37	55.15	31.72	34.47	41.36	51.00	60.67
16FC	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51	250.51
1FP	258.78	260.76	265.71	272.64	279.51	261.31	263.51	269.01	276.71	284.07	263.84	266.26	272.31	280.78	289.30
17FC	25.91	28.17	33.80	41.69	49.58	28.78	31.20	37.55	46.32	55.08	31.66	34.43	41.31	50.95	60.59
17FC	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06	265.06
1FP	272.41	274.39	279.34	286.27	293.14	274.94	277.14	282.64	290.34	298.00	277.47	279.89	285.94	294.41	303.43
20FC	25.80	28.05	33.66	41.51	49.35	28.67	31.17	37.40	46.12	54.83	31.59	34.28	41.14	50.79	60.32
20FC	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57	312.57
1FP	313.20	315.16	320.11	327.02	333.83	315.73	317.91	323.41	331.09	338.56	318.26	320.66	326.71	335.16	343.59
30FC	25.31	27.51	33.00	40.71	48.41	28.12	30.57	36.87	45.23	53.78	30.93	33.62	40.33	49.76	59.16
30FC	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87	465.87
1FP	447.57	449.52	454.39	461.21	468.01	450.10	452.27	457.69	465.28	472.64	452.63	455.02	460.99	469.35	478.47
40FC	24.62	26.76	32.12	39.60	47.10	27.35	29.73	35.98	44.00	52.33	30.03	32.71	39.25	48.40	57.57
40FC	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64	615.64
1FP	578.33	580.21	584.91	591.15	596.80	580.73	582.82	588.04	594.90	602.06	583.13	585.43	591.17	598.65	606.80
50FC	23.75	25.82	30.98	38.19	45.42	26.38	28.68	34.42	42.43	50.47	29.02	31.55	37.96	46.68	55.51
50FC	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71	760.71
1FP	705.01	706.82	711.34	717.70	723.59	707.33	709.34	714.36	721.43	727.93	709.65	711.86	717.38	725.16	732.36
60FC	22.70	24.66	29.60	36.50	43.41	25.22	27.40	32.89	40.55	48.23	27.74	30.14	36.17	44.61	53.06
60FC	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
1FP	826.41	828.16	832.49	838.55	844.11	828.62	830.57	835.98	842.11	848.00	830.83	832.98	839.27	846.67	854.12
70FC	21.47	23.33	27.99	34.53	41.06	23.85	25.92	31.10	38.37	45.52	26.24	28.51	34.21	42.20	50.18
70FC	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44	1032.44
1FP	941.66	943.32	947.43	953.15	958.37	943.75	945.60	950.17	956.52	962.48	945.84	947.88	952.91	959.89	967.49
90FC	20.07	21.81	26.18	32.28	38.40	22.30	24.23	29.08	35.87	42.57	24.53	26.66	31.99	39.45	46.93
90FC	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02	1157.02
1FP	1049.88	1051.41	1055.23	1060.61	1065.43	1051.84	1053.54	1057.78	1063.76	1069.23	1053.80	1055.67	1060.33	1066.91	1073.97
90FC	18.53	20.13	24.16	29.80	35.43	20.59	22.37	26.84	33.11	39.37	22.64	24.61	29.53	36.43	43.31
90FC	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79	1272.79
1FP	1150.22	1151.62	1155.17	1160.10	1164.53	1152.03	1153.58	1157.59	1163.00	1168.33	1153.84	1155.54	1160.89	1167.20	1173.28

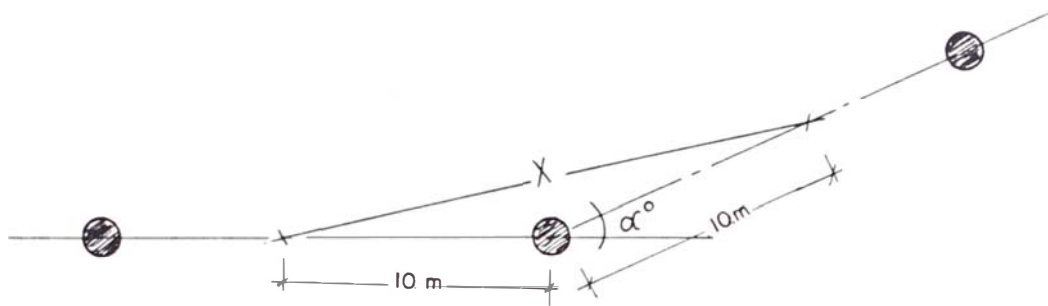


TABLA 33

α°	X (m)	α°	X (m)	α°	X (m)	α°	X (m)	α°	X (m)
1	19.999	16	19.81	31	19.27	46	18.41	62	17.14
2	19.997	17	19.78	32	19.23	47	18.34	64	16.96
3	19.993	18	19.75	33	19.18	48	18.27	66	16.77
4	19.988	19	19.73	34	19.13	49	18.20	68	16.58
5	19.981	20	19.70	35	19.07	50	18.13	70	16.38
6	19.973	21	19.66	36	19.02	51	18.05	72	16.18
7	19.963	22	19.63	37	18.97	52	17.98	74	15.97
8	19.951	23	19.60	38	18.91	53	17.90	76	15.76
9	19.938	24	19.56	39	18.85	54	17.82	78	15.54
10	19.924	25	19.52	40	18.79	55	17.74	80	15.32
11	19.908	26	19.49	41	18.73	56	17.66	82	15.09
12	19.890	27	19.45	42	18.67	57	17.58	84	14.86
13	19.871	28	19.41	43	18.61	58	17.49	86	14.63
14	19.851	29	19.36	44	18.54	59	17.41	88	14.39
15	19.829	30	19.32	45	18.48	60	17.32	90	14.14

Estos valores los determinamos rápidamente utilizando el siguiente programa en lenguaje BASIC.

```

5 CLEAR
10 INPUT "&":A
20 X=(20*SIN(90-A/2))
30 PRINT "X =":X
40 GOTO 5
    
```


CAPITULO 7

CALCULO DE ANCLAJES

Cuando el poste está sometido a esfuerzos desbalanceados este inicialmente tiende a flexionarse (debido al momento flector que produce el esfuerzo resultante), que debido a las características particulares, básicamente seguridad, es necesario compensar más aun si este desbalance supera el esfuerzo de diseño del poste.

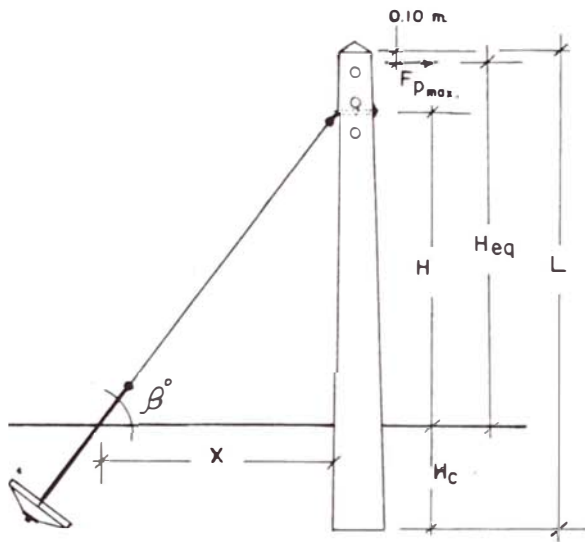
Esta compensación se efectúa utilizando elementos llamados anclas, las cuales pueden ser de 2 tipos:

- Ancla normal
- Ancla vertical

7.1 Ancla normal

Son anclajes que tiene la disposición mostrada en la figura 3.7 y a continuación:

Nota: poste de concreto, de 9.0 m en terreno normal.



- L = Long. del poste
- H_{eq} = altura equivalente (del suelo hasta 10 cm de la punta)
- H = altura de fijación del cable
- H_c = longitud de cimentación
- x = separación del poste al ancla
- β° = ángulo formado por la riostra y el suelo.

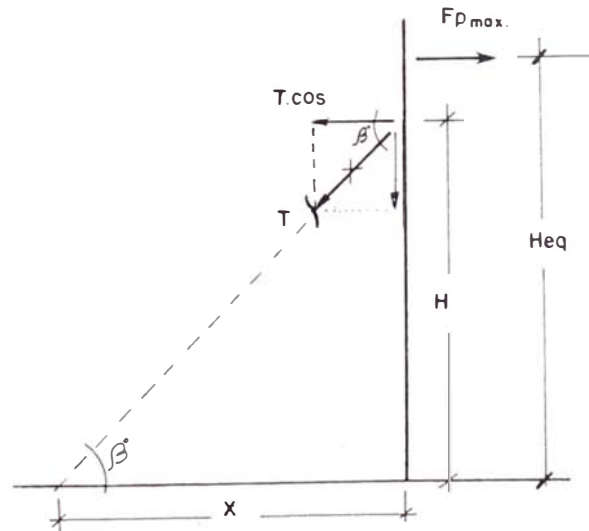
Si consideramos postes de concreto de 9.0 m, en terreno normal el diagrama de cuerpo libre, es:

$L = 9.0 \text{ m}$

$H_{eq} = 7.4$

$H = 6.41$

$H_c = 1.5$



y las retinadas utilizadas son:

Material: Acero galvanizado

Nº de hilos:

Diám. exterior: 6.35 mm

Carga de rotura (T_R): 3018 kg

Factor de seguridad (F.S.):

$$\text{Carga de trabajo (T): } T = \frac{T_R}{F.S.}$$

Para compensar el momento flector:

$$F_{p \text{ MAX}} \times H_{eq} = T \cos \beta \times H$$

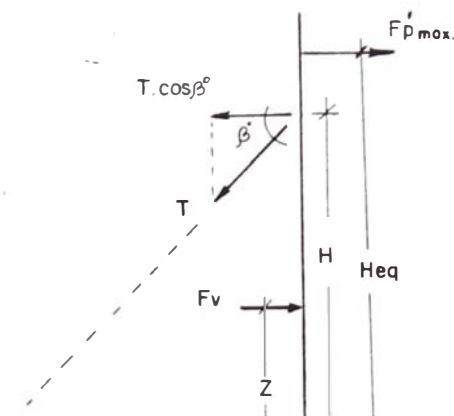
$$F_{p \text{ MAX}} = \left(\frac{H}{H_{eq}} \times T \right) \cos \beta$$

Reem. valores $F_{p \text{ MAX}} = (1.307 \times \cos \beta)$ (kg) Ec. 7.1

Donde:

$$\cos \beta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + H^2}}$$

Podemos analizar el caso, considerando la acción del viento. Para tal caso tenemos:



$F_v =$ Fza. del viento sobre el poste = 34.82 kg.

$Z =$ altura del punto de acción del viento sobre el poste = 3.39 m

Según las condiciones anteriores tenemos:

$V_{viento} = 75$ km/hora.

$$F'_{P \text{ MAX}} \times H_{eq} - F_v \times Z = T \times \cos\beta \times H$$

$$F'_{P \text{ MAX}} = \left(\frac{T \cos\beta \times H - F_v \times Z}{H_{eq}} \right)$$

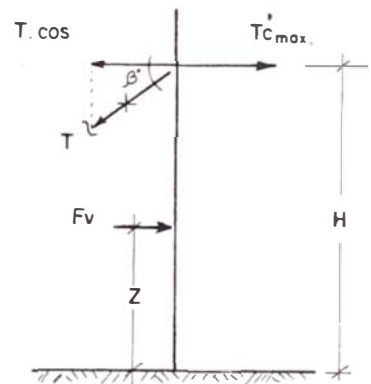
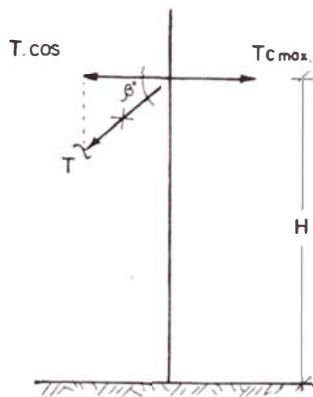
Reemplazando valores:

$$F'_{P \text{ MAX}} = 1,307 \times \cos\beta - 15,95 \dots\dots\dots \text{Ec. 7.2}$$

En ambos casos anteriores, se puede referir a la tensión máxima del cable a instalarse, según lo siguiente:

Sin considerar al viento

Considerando viento



$$T_{c \text{ MAX}} = T \cos\beta \dots\dots\dots \text{Ec. 7.3}$$

$$T'_{c \text{ MAX}} = T \cos\beta - F_v \times Z$$

$$\dots\dots\dots \text{Ec. 7.4}$$

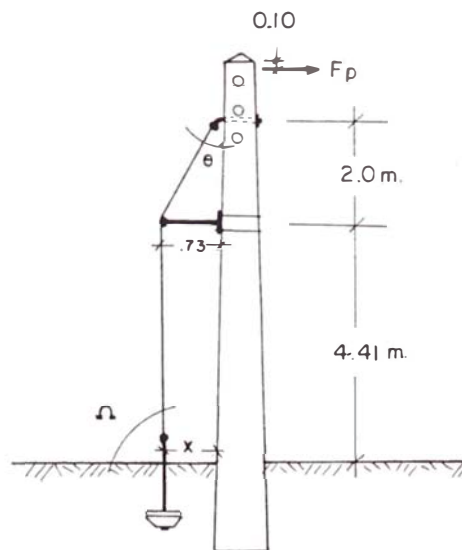
Al reemplazar valores de "x" para los 4 casos anteriores en las Ecs. 7.1, 7.2, 7.3, 7.4; tenemos la siguiente tabla:

TABLA 27

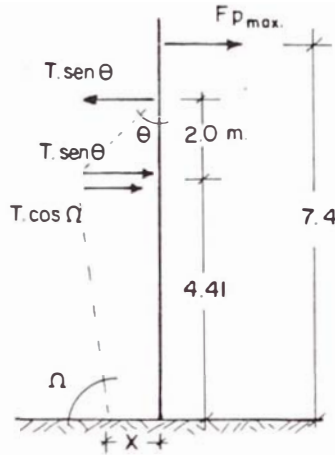
X	β	SIN CONSIDERAR EL VIENTO SOBRE EL POSTE		CONSIDERANDO EL VIENTO SOBRE EL POSTE	
		FP MAX (Kg)	TENSION MAXIMA DE CABLE A INSTALARSE	FP MAX (Kg)	TENSION MAXIMA DE CABLE A INSTALARSE
1	81.1°	202	233	186	214
2	72.7°	388	448	372	429
2.5	68.7°	474	548	458	529
3.0	64.9°	554	640	538	621
3.5	61.4°	625	722	609	703
4.0	58.0°	692	799	676	780
4.5	54.9°	751	867	735	848
5.0	52.0°	804	929	788	910
5.5	49.4°	850	982	834	963
6.0	46.9°	893	1,031	877	1,012

7.2 Ancla vertical

Son anclajes, cuya disposición es mostrada en la fig. 3.9 y a continuación:



Al realizar el diagrama de cuerpo libre, tenemos:



$$F_{p \text{ MAX}} \times 7.4 = T \text{sen} \theta \times 6.41 - T \text{sen} \theta \times 4.41 - T \cos \Omega \times 4.41$$

$$F_{p \text{ MAX}} = \frac{T (\text{sen} \theta \times 2 - \cos \Omega \times 4.41)}{7.4}$$

Sabemos:

$$\theta = \text{arc tg} \left(\frac{0.73}{2} \right) = 20.1^\circ$$

$$T = 1509 \text{ Kg}$$

Luego:

$$F_{p \text{ MAX}} = 139 - 899 \cos \Omega \dots\dots\dots \text{Ec. 7.6}$$

Donde:

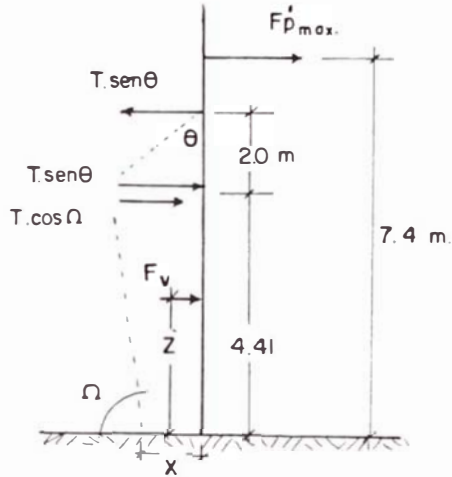
$$\cos \Omega = \frac{0.73 - x}{\sqrt{(0.73 - x)^2 + 4.41^2}} \dots\dots\dots \text{Ec. 7.5}$$

Considerando la acción del viento ~~del~~ ~~sobre~~ sobre el poste, a la expresión anterior le restamos:

$$\frac{F_v \times Z}{6.41} = 15.95$$

Obteniendo:

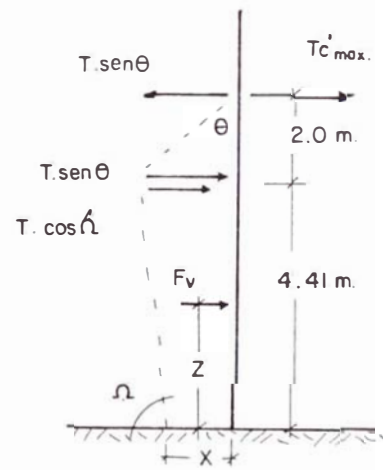
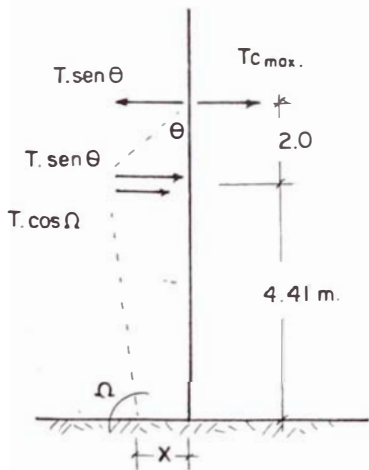
$$F'_{MAX} = 123 - 899 \cos \dots \dots \dots \text{Ec.7.6}$$



Este esfuerzo, referido al punto donde se instala el cable, tenemos:

Sin considerar el viento

Considerando el viento



$$T_{c\ MAX} = 162 - 1039 \times \cos \Omega \text{ (kg)}$$

$$T'_{c\ MAX} = 144 - 1039 \times \cos \Omega \text{ (kg)}$$

Ec.7.7

..... Ec.7.8

los valores de "x" en las Ecs. 7.5, 7.6, 7.7, 7.8 y tabular los resultados, tenemos la sqte. tabla:

TABLA 28

X	Ω	SIN CONSIDERAR AL VIENTO		CONSIDERANDO AL VIENTO	
		FP MAX (Kg)	TENSION MAXIMA DE CABLE A INSTALARSE	FP' MAX (Kg)	TENSION MAXIMA DE CABLE A INSTALARSE
0.40	85.7°	71	84	53	66
0.50	87.0°	91	107	73	89
0.55	87.7°	102	120	84	102
0.60	88.3°	112	131	94	113
0.65	89.0°	123	143	105	125
0.70	89.6°	132	154	114	136
0.73	90.0°	139	162	121	144
0.75	+90.3°	143	167	125	149
0.80	+90.9°	153	178	135	160
0.85	+91.6°	164	191	146	173
0.90	+92.2°	173	201	155	183
1.00	+93.5°	193	225	175	207

7.3 Postes en ángulo

Para estos postes utilizaremos la tabla 28 de la que podemos deducir:

TABLA 29

VANO IDEAL	CAPACIDAD DE CABLE (PARS)	ANGULO DE DESVIACION	CONSIDERACION DE ANCLAJE
MENOR O IGUAL A 30 m	20,50,100,200	0 - 10°	SIN ANCLAJE
	20,50,100,200	11 - 16°	ANCLA VERTICAL
	20,50,100,200	MAYOR DE 16	ANCLA NORMAL Y/O COMBINACION
MAYOR DE 30 m	20,50,100,200	0 - 9°	SIN ANCLAJE
	20,50,100,200	10 - 16°	ANCLA VERTICAL
	20,50,100,200	MAYOR DE 16	ANCLA NORMAL Y/O COMBINACION
0 - 55 m	300	0 - 5° 6 - 10° MAYOR DE 10	SIN ANCLAJE ANCLA VERTICAL ANCLA NORMAL Y/O COMBINACION

Considerando:

TABLA 30

PARA EL POSTE	
SIN CABLE ANCLAJE	---> FACT. SEG. ≈ 3 (166 Kg)
ANCLAJE VERTICAL	---> FACT. SEG. ≈ 2 (250 Kg)
ANCLAJE NORMAL	---> ESFUERZO MAYOR DE 250 Kg

7.4 Postes finales sin anclaje

Para estos postes utilizar la tabla 25 considerando los siguientes vanos máximos admisibles:

TABLA 31

	VANO	FLECHA
20 PARES ---->	40 m	64.8 cm
50 PARES ---->	35 m	58.3 cm
100 PARES ---->	30 m	56.5 cm
200 PARES ---->	25 m	55.6 cm
300 PARES ---->	20 m	49.2 cm

Para estos casos consideramos:

FACT.SEG = 3	PARA EL POSTE COND.NORMALES-HIP.II	CABLE MENOS DE 166 Kg
FACT.SEG = 2.5	COND.MAX ESFUERZO-HIP.I 200 Kg	

Y como máximo 2 vanos. Preferible 1 vano y cables de 20 y 50 pares esto, por condiciones de seguridad.

TABLA 32

VANOS MAXIMOS ADMISIBLES EN TRAMOS ANCLADOS

CAPACIDAD (PARES)	VANO MAXIMO RECOMENDADO (m)	FLECHA (m)
20	70.0	0.5
50	65.0	0.56
100	55.0	0.58
200	45.0	0.62
300	45.0	0.55

CAPITULO 8

DISEÑO MECANICO DE REDES TELEFONICAS AEREAS - APLICACION

8.1 Consideraciones

A continuación veremos la aplicación de todo el análisis cuyo fundamento teórico se desarrolló en los capítulos anteriores.

Para propósito del ejemplo aplicativo tomaremos una porción de Área, dentro del área de influencia de la Oficina Central Monterrico. La cual está enmarcada por las avenidas principales: Prol. Av. Javier Prado, Av. Colectora, Av. Los Ingenieros y Av. La Fontana. Ubicada en la Urb. Sta. Patricia - 2da. etapa, en el distrito de la Molina.

Parte del diseño telefónico es subdividir el área en otras menores llamadas áreas de armario, en este caso corresponden a las áreas de armario denominadas MD-A035, MD-A036,

Nuestro diseño mecánico de redes aéreas se inicia una vez terminado el diseño telefónico propiamente dicho, es decir, agrupación de los abonados para ser atendidos de una misma caja terminal, determinación de rutas, capacidades de cables la ubicación tentativa de postes.

Las premisas fundamentadas consideradas son:

Capacidad de armarios: 1,200 pares, de los cuales 700 pares son secundarios y 500 pares primarios.

Capacidad de cajas terminales: 10 y 20 pares.

Capacidad de los cables:

Autosoportado: 20, 50, 100, 200, 300 pares.

- Cilindro devanado: 20, 50, 100, 200, 300 pares.

Postes:

Generalmente de concreto de 9.0 m:
(9/250/2/140/275)

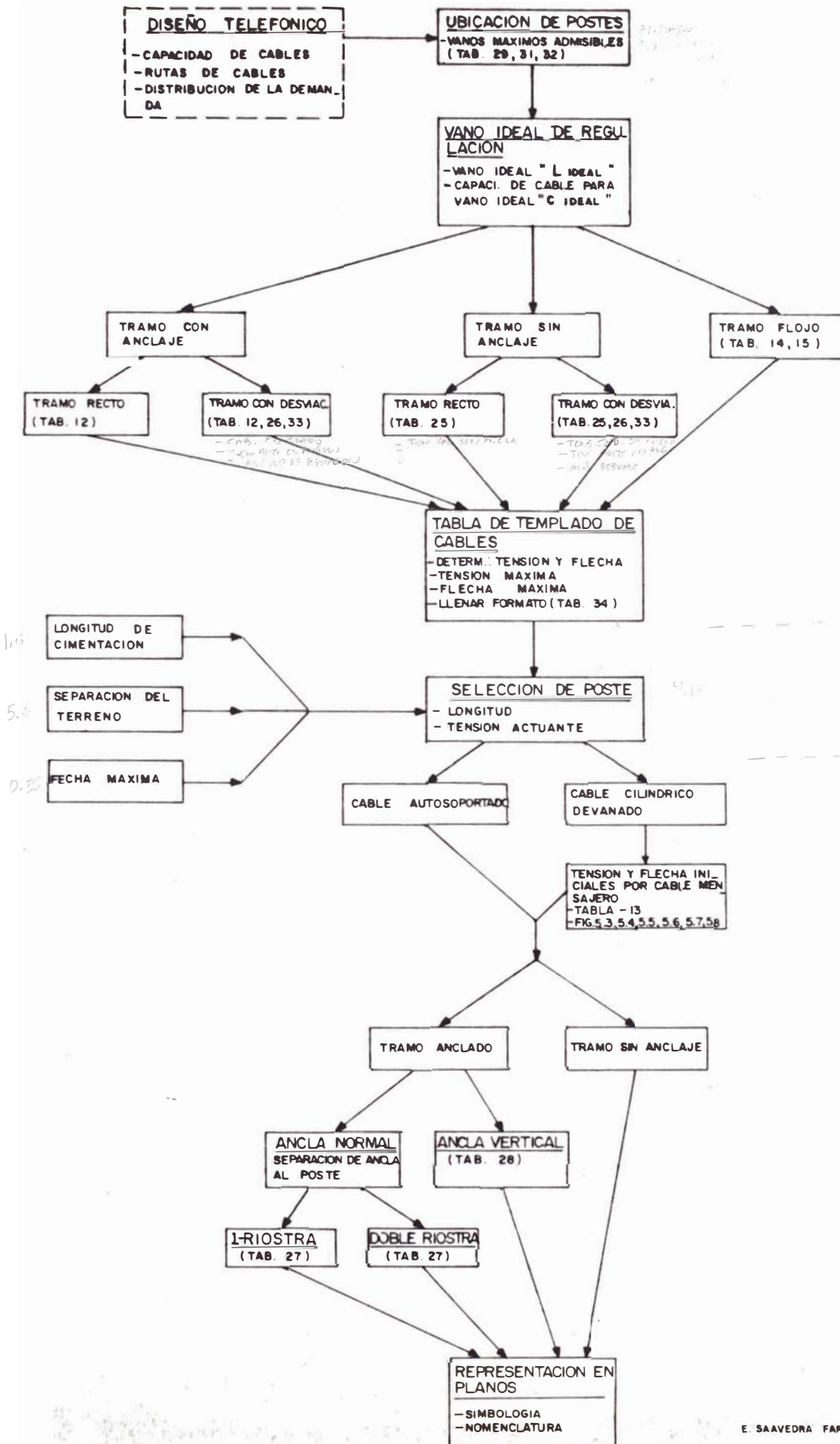
Uso muy especial: de concreto de 11.0 m:
(11.0/350/2/165/330).

--Tipos de anclas: ancla normal, ancla vertical.

Riostras: de acero galvanizado de 7 hilos con:

exterior	- 6.35 mm
sección neta	- 22.66 mm ²
tensión ruptura	3,018 Kg

SECUENCIA SIMPLIFICADA DE CALCULO CON USO DE TABLAS



8.2 Procedimiento de Diseño

La secuencia general de calculo expuesta en el capitulo 3 (punto 3.2) desarrollada en los capitulos 4, 5, 6 y 7 queda simplificada segun el diagrama siguiente (ver fig. 8.1). Esto como consecuencia del analisis y elaboracion previa de calculos en los casos de mayor incidencia, debidamente tabulados.

Para los casos especiales no contemplados, necesariamente se tendra que aplicar los conceptos teoricos y criterios expuestos en los capitulos antes indicados.

A continuacion se presenta la relacion de tablas que se utilizan para simplificar la secuencia:

Tabla 12: Vanos ideales en tramos anclados, características de instalacion.

Tabla 13: Tension y flecha iniciales del mensajero para cable aereo devanado.

Tabla 14: Longitudes máximas de tramos flojos.

Tabla 15: Tramos flojos, características de instalacion

TABLA 25: TENSIONES ACTUAENTES EN POSTES EN ANGULO

Tabla 26: Tensiones actuantes en postes en ángulo.

Tabla 27: Tensión a compensar por ancla normal.

Tabla 28: Tensión a compensar por ancla vertical.

Tabla 29: Ángulos admisibles de anclaje en postes en ángulo.

Tabla 30: Tensiones admisibles de anclaje en postes en ángulo

Tabla 31: Vanos máximos admisibles en tramos no anclados.

Tabla 32: Vanos máximos admisibles en tramos anclados

Tabla 33: Determinación del ángulo de desviación del tramo.

Secuencia de diseño. (Ej. armario MD-A036)

Se requiere:

Plano esquemático, indicándose tipos y capacidades de cables.

Plano catastral, indicándose ruta de cables, ubicación de postes y área de influencia.

De acuerdo a la secuencia señalada en el diagrama anterior tenemos:

1ª Ubicación de postes.- De acuerdo a la capacidad del cable a instalarse, verificar el vano entre postes con los valores de vanos recomendaciones en la tabla 29, 31 y 32. Para los casos que excedan estos rangos recurrir a las tablas 12, 25 o 26. Considerando la tensión flecha máxima admisibles en cada caso específico.

1º Vano ideal de regulación.- Es importante definir lo sgte:

- Vano distancia entre postes adyacentes, en los cuales se sostiene un cable determinado.

- Tramo vano o conjunto de vanos sucesivos y adyacentes en los cuales se apoyan determinados cables (puede ser anclado o no).

Semi-tramo Porción de tramo de un armario, que se une a otro tramo de algún armario adyacente por un cable mensajero y evitar colocarse anclas.

A) Vano ideal de regulación "L_R"; de acuerdo a Ecs. 5.13 y 5.14 se calcula de las siguientes formas:

$$a) L_R = \sqrt{\frac{\sum Li^3}{\sum Li}} = \sqrt{\frac{47.8^3 + 42.0^3 + 42.6^3}{47.8 + 42.0 + 42.6}} = 44.4$$

$$b) L_R = L_{FROM} + (L_{MAX} - L_{FROM}) = 46.6 \text{ m}$$

Tomaremos:

$$L_{REAL} = 45 \text{ m}$$

Recomendación:

Debido a que el valor de "L_{REAL}" calculado por el método b) resulta mayor que el calculado por el método a), y para no realizar doblemente el cálculo, se recomienda usar el método a) redondear un múltiplo de 5.0 m según lo sgte:

$$\left[0 - 2.0 \text{ m} \right] \approx 0 \quad \text{Ej. } 51.7 \approx 50 \text{ m}$$

$$\left[2.0 - 5.0 \text{ m} \right] \approx 5 \quad \text{Ej. } 53.8 \approx 55 \text{ m}$$

Puesto que los cálculos previamente elaborados y tabulados están referidos vanos multiples de 5.0 m.

Como ayuda al cálculo rápido del vano ideal, elaboramos un programa en lenguaje BASIC que se muestra a continuación.

Fig 6 "Cálculo de vano ideal de regulación"

```
5 CLEAR
10 INPUT "NUM.DE VANOS =";
11 L1=0
14 L2=0
16 L3=0
18 L4=0
20 L5=0
22 L6=0
24 L7=0
26 L8=0
28 L9=0
30 I0=0
32 I1=0
40 INPUT "L1 =";L1
45 X=1
47 IF X=N THEN 200
50 INPUT "L2 =";L2
55 X=2
57 IF X=N THEN 200
60 INPUT "L3 =";L3
65 X=3
67 IF X=N THEN 200
70 INPUT "L4";L4
75 X=4
77 IF X=N THEN 200
80 INPUT "L5 =";L5
85 X=5
87 IF X=N THEN 200
90 INPUT "L6 =";L6
95 X=6
97 IF X=N THEN 200
100 INPUT "L7 =";L7
105 X=7
```

```
107 IF X=N THEN 200
110 INPUT "L8 =":L8
115 X=8
117 IF X=N THEN 200
120 INPUT "L9 =":L9
125 X=9
127 IF X=N THEN 200
130 INPUT "L10=":I0
135 X=10
137 IF X=N THEN 200
140 INPUT "L11 =":I1
145 X=11
147 IF X=N THEN 200
200 A=(L1^3+L2^3+L3^3+L4^3+L5^3+L6^3+L7^3+L8^3+L9^3+I0^3+
I1^3)
205 B=(L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8+L9+I0+I1)
207 LI=SQR(A/B)
210 LP=(B/N)
```

B) Capacidad de cable para vano ideal. "C_{IDEAL}":

Se determina considerando:

Las flechas de los vanos que conforman el tramo, no excedan los valores máximos admisibles.

La variación de flechas entre vano y vano sea la menor posible. Según esto: Ej.

Calle 14; tenemos 3 vanos que lo conforman:

20/A		
- 50/A		Tomaremos C _{IDEAL} = 50/A (por ser el
- 50/A		que más predomina).

Calle 7:

- 100/A		C _{IDEAL} =200/A (para evitar que se
- 200/A		exceda la flecha máx.admisible)

Calle 5: Un sólo vano

20/A C_{IDEAL} = 20/A (El único cable)

Calle 13:

- 50/A $C_{IDEAL} = 50/A$ (más predomina. capac.
- 50/A intermedia. menor variación de fle-
- 100/A chas, verificar que no se exceda la
- 50/A flecha máx. adm. en el vano de 100/A)
- 20/A

Es decir, que podemos establecer lo sqte:

Nº DE VANOS DEL TRAMO	CAPAC. DE CABLE	C IDEAL
1	C_1	C_1
2	$C_1 < C_2$	C_2
3	$C_1 < C_2 < C_3$	C_2
3	$C_1 = C_2 < C_3$	C_2
3	$C_1 < C_2 = C_3$	C_2
	$C_1 < C_2 = C_3 < C_4$	C_2

En función a lo anterior tenemos:

Calle 6, $C_{IDEAL} = 20/A$

Calle 12, $C_{IDEAL} = 50/A$ (postes 18, 19, 20)

Calle 12, $C_{IDEAL} = 50/A$ (Postes 21, 22, 23, 24)

Calle 11, $C_{IDEAL} = 200/A$

Calle 10, puesto que el tramo se prolonga hasta el armario MD-A035, consideraremos todas las capacidades que conforman el tramo.

100/A	}	C _{IDEAL} - 100/A (Puesto que vanos son menores o iguales y sólo 3 vanos son de mayor capacidad).
50/A		
- 50/A		
- 20/A		
- 200/A		
- 200/A		
- 200/A		
- 100/A		

3° Tipo de tramo.- Diferenciar si se trata de tramo con anclaje, sin anclaje o tramo flojo y a su vez si es recto o con desviación.

Ejm.

Cable 14: Tramo recto y anclado

Y así sucesivamente todos los demás tramos, estos nos encaminará al uso de la tabla correspondiente, es decir:

- Tramo recto con anclajes : Tab. 12
- Tramo en desviación con anclaje : Tab. 12 y 26
- Tramo recto sin anclaje : Tab. 25
- Tramo en desviación sin anclaje : Tab. 25 y 26
- Tramo flojo : Tab. 14 y 15
- Angulo de desviación del tramo : Tab. 33

Paralelamente a los pasos anteriores llenar el formato respectivo mostrado en la pag. siguiente

Ubicación del Tramo: Calle donde están los postes que lo conforman.

- Postes del Tramo: Los números de los postes que lo conforman

Vano ideal y la capacidad: Calculados según el paso 2.

Tensión y flecha para el vano ideal: De acuerdo al paso 3, transcribimos los valores, indicados en la tabla respectiva.

- Flechas para los vanos que conforman el tramo: En función a la flecha del vano ideal la capacidad las determinamos según Ecs. 5.15 y 5.16 de la siguiente forma:

$$T_2 = f_{IDEAL} \times \left(\frac{L_2}{L_R} \right)^2 \times \left(\frac{W_2}{W_{IDEAL}} \right)$$

Donde:

f_{IDEAL} = Flecha en el vano ideal para una temperatura determinada (5, 15, 20, 25, 40°C)

L_R = vano ideal de regulación

W_{IDEAL} = Peso unitario del cable para el vano ideal

Peso unitario del cable, cuya flecha se desea calcular

Flecha a calcularse

- En observaciones: Indicaremos el tipo de tramo, especialmente si es en ángulo y si es o no anclado. (Ver tabla 34).

5° Selección de poste.- En condiciones normales usaremos siempre el poste de concreto de 9.0 m de altura, esfuerzo en la punta 250 kg (Factor de seguridad = 2), el cual satisface las condiciones requeridas.

6° Anclaje.-

A) Tipo de cable, es importante diferenciar si se trata de cable autoportado o de cable devanado, para establecer las condiciones de tendido de los cables respectivos, es decir, se tiene que determinar las condiciones iniciales de instalación del cable mensajero para que finalmente al adicionar el cable cilíndrico las condiciones sean como si se tratara de un cable autoportado, esto para determinar la compatibilidad entre vanos de un tramo con los 2 tipos de cables.

Para determinar las condiciones iniciales del mensajero, recurrimos a la tabla 13 y las figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8. (De acuerdo a la capacidad del cable). Con el valor de tensión final en la abscisa intersectar con la curva del vano respectivo, lo que determina el valor de la tensión de instalación

B) Tipo de anclaje.- Con el valor de **tensión** máxima que **se presentará** en el cable y de acuerdo al tipo de **anclaje** recurrir a las tablas.

Ancla normal, 1 riostra = Tabla 27

Ancla normal, doble riostra = Tabla 27

Ancla vertical = Tabla 28

Determinándose la separación mínima del ancla al poste.

7° Representación en planos.- Aparte de los símbolos y nomenclatura actualmente utilizada agregaremos:

- El ángulo de desviación de la ruta
- Número de riostras (si es mayor de 1)
- Separación mínima del ancla al poste

Condición de tensión y flecha inicial del mensajero (solo para cable cilindro devanado).

- **Ángulo de instalación** del ancla.

Simbología y nomenclatura que **indicaremos** sobre los **planos catastrales o esquemáticos** según convenga.

Asimismo transcribimos los resultados de todos los cálculos efectuados en la tabla de **templado de cables** respectiva.

8.3 Ejemplo Aplicativo

Para este fin tomaremos los armarios antes indicados, MD-A035, MD-A036, MD-A038 y MD-A039. Pertenecientes a la oficina central de Monterrico.

Armario MD-A036

1° De tablas 29, 31, 32, vanos máximos admisibles - OK

2° Vano ideal de regulación y capacidad ideal de cable, por tramos.

CALLE 14	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 47.8 \text{ (20/A)} \\ L_2 = 42.0 \text{ (50/A)} \\ L_3 = 42.6 \text{ (50/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 44.37 \approx 45$ $C_{IDEAL} = 50/A$
CALLE 7	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 55.0 \text{ (100/A)} \\ L_2 = 45.0 \text{ (200/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 50.74 \approx 50 \text{ m}$ $C_{IDEAL} = 200/A$
CALLE 5	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 39.4 \text{ (20/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 40 \text{ m}$ $C_{IDEAL} = 20/A$
CALLE 13	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 39.0 \text{ (20/A)} \\ L_2 = 50.0 \text{ (50/A)} \\ L_3 = 55.0 \text{ (50/A)} \\ L_4 = 59.4 \text{ (100/A)} \\ L_5 = 55.6 \text{ (20/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 53.17 \approx 55 \text{ m}$ $C_{IDEAL} = 50/A$
CALLE 6	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 40.0 \text{ (20/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 40 \text{ m}$ $C_{IDEAL} = 20/A$

CALLE 12	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 53.0 \text{ (20/A)} \\ L_2 = 52.0 \text{ (50/A)} \\ L_3 = 53.0 \text{ (20/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 52.57 \approx 55 \text{ m}$							
MZA-K)			$C_{IDEAL} = 50/A$							
CALLE 12	$\left\{ \begin{array}{l} L_2 = 42.2 \text{ (50/A)} \\ L_3 = 46.0 \text{ (50/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 47.71 \approx 50 \text{ m}$							
(MZA-Q)			$C_{IDEAL} = 50/A$							
CALLE 10	MD-A036	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 52.0 \text{ (20/A)} \\ L_2 = 44.2 \text{ (50/A)} \\ L_3 = 34.2 \text{ (50/A)} \\ L_4 = 34.1 \text{ (20/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	$L_{IDEAL} = 40.7 \approx 40 \text{ m}$ $C_{IDEAL} = 100/A$						
					MD-A035	$\left\{ \begin{array}{l} L_5 = 37.7 \text{ (100/A)} \\ L_6 = 39.6 \text{ (200/A)} \\ L_7 = 32.0 \text{ (200/A)} \\ L_8 = 40.2 \text{ (200/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$			
								MENSAJERO	$\left\{ L = 56.0 \right.$	$\left. \begin{array}{l} \end{array} \right\}$
								CALLE 13	$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 43.7 \text{ (100/A)} \\ L_2 = 34.1 \text{ (200/A)} \\ L_3 = 42.1 \text{ (200/A)} \\ L_4 = 45.0 \text{ (200/A)} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$
	$L_{IDEAL} = 200/A$									

3° Tipo de tramo

- CALLE 14 = TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 12
- CALLE 7 = TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 12
- CALLE 5 = TRAMO RECTO, SIN ANCLAJE : VER TABLA 25
- CALLE 13 = TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 17
- CALLE 6 = TRAMO RECTO, SIN ANCLAJE : VER TABLA 25

CALLE 12 = TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 12
(MZA.K).

CALLE 12 = TRAMO RECTO, ANCLADOS : VER FIGURA 12
(MZA Q).

CALLE 10 = SEMI-TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 12

CALLE 11 = TRAMO RECTO, ANCLADO : VER TABLA 12

4° Tabla de templado

Procederemos al llenado del formato respectivo indicándose inicialmente.

Por tramo: ubicacion, numero de postes, vano ideal y capacidad.

Por vano: numero de los postes que lo limitan y capacidad del cable.

De tablas: Transcribir los valores de tensión y flecha para el vano ideal que nos proporcionan las tablas respectivas.

Con esta información procedemos al calculo de las flechas de los vanos del tramo diferentes al vano ideal, para que la tensión a lo largo del tramo sea uniforme:

$$\text{POSTES, 1-2: } f_2 = f_{\text{IDEAL}} \times \left(\frac{47.8}{45}\right) \cdot \left(\frac{0.304}{0.4}\right)$$

PARA:

$$\begin{aligned} T = 15, f_{\text{IDEAL}} = 23.2 & \implies f_2 = 19.9 \text{ cm} \\ T = 20, f_{\text{IDEAL}} = 23.9 & \implies f_2 = 20.5 \text{ cm} \\ T = 25, f_{\text{IDEAL}} = 24.7 & \implies f_2 = 21.2 \text{ CM} \\ T = 40, f_{\text{IDEAL}} = 27.3 & \implies f_2 = 23.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{POSTES, 2-3: } f''_2 = f_{\text{IDEAL}} \times \left(\frac{42.2}{45}\right) \cdot \left(\frac{0.4}{0.4}\right)$$

PARA:

$$\begin{aligned} T = 15, f_{\text{IDEAL}} = 23.2 & \implies f''_2 = 20.2 \text{ cm} \\ +T = 20, f_{\text{IDEAL}} = 23.9 & \implies f''_2 = 20.8 \text{ cm} \\ T = 25, f_{\text{IDEAL}} = 24.7 & \implies f''_2 = 21.5 \text{ cm} \\ T = 40, f_{\text{IDEAL}} = 27.3 & \implies f''_2 = 23.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

CALLE 14

$$\text{POSTES, 3-4: } f''_2 = f_{\text{IDEAL}} \times \left(\frac{42.6}{45}\right) \cdot \left(\frac{0.4}{0.4}\right)$$

PARA:

$$\begin{aligned} T = 15, f_{\text{IDEAL}} = 23.2 & \implies f''_2 = 20.8 \text{ cm} \\ T = 20, f_{\text{IDEAL}} = 23.9 & \implies f''_2 = 21.4 \text{ cm} \\ T = 25, f_{\text{IDEAL}} = 24.7 & \implies f''_2 = 22.1 \text{ cm} \\ T = 40, f_{\text{IDEAL}} = 27.3 & \implies f''_2 = 24.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos los transcribimos a la tabla en su respectiva ubicacion.

De una manera análoga procedemos a calcular para todos los vanos cuyo resultado se muestra en la tabl.

5° Dada las condiciones normales, usaremos postes de concreto de 9.0 m (250 Kg de esfuerzo en la punta, factor de seguridad = 2).

6° Del valor de tensión máxima (para T = 5°C) y del tipo de anclaje, recurrimos en este caso a la tabla 27, obteniéndose:

UBICACION DEL TRAMO	TENSION MAXIMA Kg	CARGA ADICIONAL TEMPORAL (kg)	SEPARACION MINIMA DEL ANCLA AL POSTE (m)	TENSION A COMPENSAR Kg
CALLE 14:	496	110	3.0	621 A 640
CALLE 7:	520	110	3.0	621 A 640
CALLE 13:	508	110	3.0	621 A 640
CALLE 12: (MAZA. R)	508	110	3.0	621 A 640
CALLE 12: (MZA. Q)	502	110	3.0	621 A 640
CALLE 10	498	110	3.0	621 A 640
CALLE 11	506	110	3.0	621 A 640

7° Finalmente procedemos a la presentación de los resultados. Para este caso, indicar sobre el plano catastral la separación mínima del ancla al poste y completar la información requerida en la tabla de remplado de cables. (Ver planos SC-036, SE-036 y la tabla para el armario MD-A036).



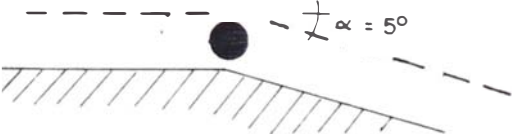
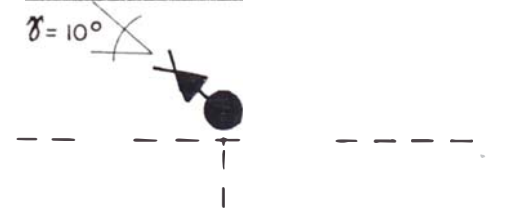









De manera análoga desarrollamos el diseño de los armarios MD-A035, MD-A038 y MD-A039, cuyos resultados los mostramos en las tablas de templado y los planos SE-035,

SC-035, SE-038, SC-038, SC-039, SC-039 y las tablas de templado respectivas.

8.4 Presentación de resultados

Todos los cálculos finalmente los presentamos en dos formas:

A) Simbología nomenclatura especial, la cual se requiere sobre los planos (catastral o esquemático).

DESCRIPCION	SIMBOLO																				
SEPARACION MINIMA DEL ANCLA AL POSTE * FLANO CATASTRAL	 ANCLA 3.0 m.																				
NUMERO DE RIOSTRAS (MAYOR DE UNA) * FLANO CATASTRAL	 DOBLE RIOSTRA																				
ANGULO DE DESVIACION DE LA RUTA. FLANO CATASTRAL																					
ANGULO DE INSTALACION DEL ANCLA RESPECTO A LA RUTA * FLANO CATASTRAL																					
CONDICION DE INSTALCION INICIAL DEL MENSAJERO (PARA CABLE CILINDRICO DEVANADO) * FLANO ESQUEMATICO	<table border="0"> <tr> <td></td> <td>50/C/60.0</td> <td></td> <td>100/C/55.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>T₁₅ = 300.0 Kg</td> <td></td> <td>T₁₅ = 275.0 Kg.</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>T₂₀ = 250.0</td> <td></td> <td>T₂₀ = 230.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>T₂₅ = 200.0</td> <td></td> <td>T₂₅ = 185.0</td> <td></td> </tr> </table>		50/C/60.0		100/C/55.0			T ₁₅ = 300.0 Kg		T ₁₅ = 275.0 Kg.			T ₂₀ = 250.0		T ₂₀ = 230.0			T ₂₅ = 200.0		T ₂₅ = 185.0	
	50/C/60.0		100/C/55.0																		
	T ₁₅ = 300.0 Kg		T ₁₅ = 275.0 Kg.																		
	T ₂₀ = 250.0		T ₂₀ = 230.0																		
	T ₂₅ = 200.0		T ₂₅ = 185.0																		

B) Tabla de templado de cables (Ver tabla 34), la cual resume todos los cálculos desarrollados y su vez indica las condiciones en las cuales deben ser instalados los cables, de acuerdo a las condiciones ambientales (basicamente temperatura), es decir se debe considerar:

MES DEL AÑO EN QUE SE INSTALA EL CABLE	VALOR DE TENSION Y FLECHA A CONSIDERAR	INFORMACION ADICIONAL
JULIO, AGOSTO, SETIEMBRE	$T = 15^{\circ}\text{C}$	$T = 5^{\circ}\text{C} \rightarrow$ TENSION MAXIMA
MAYO, JUNIO, OCTUBRE, NOVIEMBRE	$T = 20^{\circ}\text{C}$	$T = 40^{\circ}\text{C} \rightarrow$ FLECHA MAXIMA
DICIEMBRE, ENERO, FEBRERO, MARZO, ABRIL	$T = 25^{\circ}\text{C}$	

Debido a que es impreciso determinar en que época del año se efectuarán los trabajos de construcción del diseño, realizaremos los cálculos para las 3 temperaturas (15° , 20° y 25°) indicadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El procedimiento de diseño desarrollado, además de ser enteramente aplicable a la red aérea de la Compañía Peruana de Teléfonos, también puede asimilarse a otras administraciones (especialmente, ENTEL PERU S.A): teniendo en consideración para efectos del análisis y cálculo las características particulares de algunos materiales diferentes los utilizados por C.F.T.S.A., así como también las condiciones climatológicas de la zona a diseñarse (temperatura y velocidad del viento). El tema desarrollado cubre básicamente un vacío del diseño de redes telefónicas en C.F.T.S.A.: Optimizar la utilización de los elementos principales que conforman el plantel aéreo (cables, postes y anclas) y que actualmente se emplean en la compañía, asimismo proporciona algunos lineamientos para su dimensionamiento; pero no es propósito del tema analizar el dimensionamiento propiamente dicho, ya que esto nos desviaría de nuestro objetivo principal y que inclusive por los múltiples aspectos técnicos ...

económicos a considerarse, podría tomarse como tema de futuras tesis a desarrollarse.

- Después de analizar las alternativas podemos establecer que la ecuación de cambio de estado, fundamental para los cálculos efectuados, la aplicamos a las 3 hipótesis siguientes:

- HIPOTESIS I: Velocidad de viento máxima - 75 km/h
DE MÁXIMO Temperatura mínima - 5°
ESFUERZO - Factor de seguridad mínimo = 3

- HIPOTESIS II Sin viento
CONDICIONES - Temperatura 15°, 20°, 25°C
DE TEMPERALDO - Factor de seguridad mínimo =

HIPOTESIS III

- MAXIMA Sin viento
FLECHA Temperatura máxima - 40°C

Dadas las diferencias entre cables producidos por diferentes fabricantes, aunque ligeras, para efecto de realizar los cálculos, los parámetros correspondientes ha considerarse son los indicados en la norma de fabricación de cables telefónicos ITINTEC 370.047, la misma que se ha elaborado con participación de los usuarios y fabricantes más importantes del país.

- De la variedad existente de capacidades de cables y de acuerdo a nuestras características particulares de

demanda telefónica y ubicación, es conveniente restringir el uso cables de 20, 50, 100, 200 y 300 pares, del tipo Feat-8 autosoportado Feat (cable cilindro) para ser utilizado en redes aéreas. Esto facilita los procedimientos logísticos, agiliza el tendido y conexión de cables, mejora la continuidad de transmisión al reducirse los empalmes y así los puntos probables de falla y en muchos de los casos una menor inversión económica.

Es apropiado el uso de la ecuación parabólica aproximada en reemplazo de la ecuación hiperbólica real, para analizar el comportamiento del cable tendido entre dos postes, dadas las flechas, vanos y pesos de los cables relativamente menores las condiciones climatológicas moderadas, según se ha comprobado

- Ante la posibilidad de utilizarse indistintamente cable autosoportado cilíndrico devanado es preferible el tipo autosoportado debido al menor costo, cantidad de materiales y uso de equipos (máquina devanadora), a la vez que rapidez y facilidad de instalación.
- Para uso de postes intermedios es suficiente que soporten en la punta 150 kg y para postes finales o iniciales 250 kg. Pero dadas las complicaciones de orden logístico y económico, resulta más práctico dadas las condiciones actuales y por seguridad utilizar el de 250 kg de esfuerzo en la punta, para todos los casos.

- En C.F.T.S.A. se intento utilizar postes de 350 Kg de esfuerzo en la punta con el propósito de usarlos como postes en ángulo y así evitar el uso de anclas: esto resultó antieconómico, pues se requería una reducida cantidad de postes y el pedido especial implicaba implementar toda una línea de producción de los fabricantes, resultando éstos de un costo mayor que utilizar postes de 250 Kg y ancla vertical conjuntamente.
 - Se recomienda instalar los postes finales, iniciales o en ángulo, ya sean anclados no con una ligera inclinación de aproximadamente 15 cm en la punta, que se oponga la tensión de los cables, de tal manera que compense la cimentación que no es perfecta y porque es la elongación normal que desarrolla el poste al sometérselo la tensión de diseño del poste: obteniéndose finalmente un poste en posición vertical.
 - Al realizar la prueba de rotura de los postes se determinó que la sección crítica se encuentra a 3.0 m de la base, es aquí donde disminuye el fierro de la estructura. Rotura que se produce en la mayoría de los casos al someterse aproximadamente 700 Kg de esfuerzo en la punta.
- Por seguridad, en los casos de tramos no anclados considerar como máximo 2 vanos y cables hasta de 50 pares.

- Las anclas verticales compensan hasta 175 kg en la punta del poste, por esto no es recomendable utilizar las en reemplazo de anclas normales, cuando se necesite compensar tensiones mayores. Es preferible aplicarlas para disminuir la flecha que desarrolla el poste al soportar tensiones que borden su tensión de diseño. Dado que las flechas desarrolladas por los cables en el rango de 15°C a 25°C no es resaltante en muchos casos, se recomienda preferentemente el uso del dinamómetro y reforzar con el método de la longitud de flecha, para tensar adecuadamente los cables.

BIBLIOGRAFIA

- Lev General de Telecomunicaciones
- Planificación de Redes Locales C.C.I.T.T. U.I.T. (Ginebra), 1976
 - Telephone Outside Plant Engineering (Volumen 1) NTT.FC (Japon). 1975.
- Redes Telefonicas C.P.T.S.A., 1987
- Diseño de Redes de Abonado INICTEL, 1988
- Actualización de la Programación del Proyecto-Expansión 150,000 Líneas (Volumen IV, Edición III Revisada) - C.P.T.S.A., Junio, 1987
- Cables Telefonicos Norma ITINTEC 370.047
 - Postes de Concreto Armado para Líneas Aéreas Norma ITINTEC 339.027, 1981
 - Postes Para Uso Telefónico Norma C.P.T.S.A., 106-1036, 1987
 - Normas de Construcción de Planta Externa - C.P.T.S.A.
 - Actas de Aceptación y Ensayos de Postes Telefónicos - Oficina de Control de Calidad C.P.T.S.A.
 - Norma de Diseño de Planta Externa - Entel Peru S.A.

Código Nacional de Electricidad (Tomo IV) - Ministerio
de Energía y Minas, 1978

Líneas de Transporte de Energía Inq. CHECA, Luis
María (España), 1979

- Proyecto de Electrificación Aérea - Inq. ORTIZ R.,
Wilfredo, 1985.